T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZLEM DIŞI PERDE DUVARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ DEPREM DAVRANIŞI YETERSİZ BETONARME ÇERÇEVELERİN DAVRANIŞINA PENCERE BOŞLUKLARININ ETKİSİ

Fatih BAHADIR

DOKTORA TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalını

Aralık-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

DÜZLEM DIŞI PERDE DUVARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ DEPREM DAVRANIŞI YETERSİZ BETONARME ÇERÇEVELERİN DAVRANIŞINA PENCERE BOŞLUKLARININ ETKİSİ

Fatih BAHADIR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2012, 293 Sayfa

Jüri
Danışman Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ
İkinci Danışman Doç. Dr. Mehmet KAMANLI
Prof. Dr. M. Yaşar KALTAKCI
Doç. Dr. Dicle AYDIN
Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN

Türkiye, dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerindedir. Son yüzyılda birkaç yıkıcı deprem sonucunda yüksek can kaybı meydana gelmiştir. Bu da gösteriyor ki, deprem performansı düşük konutların hızlı, ekonomik, uygulanabilir ve etkili güçlendirme metotları ile iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'deki binalarda sıklıkla gözlenen kusurlara sahip 1/3 geometrik ölçekli, iki katlı ve tek açıklıklı 6 adet betonarme çerçeve, deprem yükü benzeştirilmiş tersinir-tekrarlanır yatay yükler ve sabit düşey yükler altında test edilmiştir. İlk numune güçlendirme uygulaması yapılmamış referans numunesidir. Diğer numuneler ise pencere boşluksuz düzlem dışı tam betonarme perde duvarla ve pencere boşluğuna sahip düzlem dışı betonarme perde duvarlarla güçlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan parametreler, pencere boşluğunun boyutu ve konumudur. Güçlendirme uygulaması yapılan numunelerin kolonları betonarme manto ile sarılmıştır.

Test edilen bu deney elemanlarına ait histeresis eğrileri, zarf eğrileri, rijitlik, süneklik ve tüketilen enerji grafikleri verilmiş, bu deney elemanları arasındaki farklar incelenerek yorumlanmıştır. Son bölümde ise elde edilen deneysel sonuçlar irdelenerek değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur. Test sonuçları gösteriyor ki düzlem dışı dıştan perde duvarlar betonarme çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini, rijitliğini ve enerji tüketimini önemli oranlarda arttırdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme çerçeve, Düzlem dışı betonarme perde duvar, Tersinir-tekrarlanır yatay yükleme, Güçlendirme, Pencere boşluğu,

ABSTRACT

Ph.D THESIS

WINDOW OPENING EFFECTS IN STRENGTHENING OF RC FRAMES WITH INADEQUATE EQ PERFORMANCE BY USING EXTERNAL RC SHEARWALL

Fatih BAHADIR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN CIVIL ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2012, 293 Pages

Jury
Advisor Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ
Vice-Advisor Assoc. Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
Prof. Dr. M. Yaşar KALTAKCI
Assoc. Prof. Dr. Dicle AYDIN
Assist. Prof. Dr. S. Kamil AKIN

Turkey lies over one of the most active seismic zones in the world. Several destructive earthquakes resulted in high dead losses in the last century. This shows that the residental buildings with poor earthquake resistance must be rehabilitated with rapid, economical, feasible, functional and effective strengthening methods.

In this study, six reinforced concrete frames were produced two storey and one bay in 1/3 geometric scales which contained the deficiencies commonly observed problems in residential buildings in Turkey were tested under reverse-cyclic lateral loading as well as constant vertical loading until failure. First specimen was the reference specimen and didn't contain any strengthening. The other specimens were strengthened with external RC shear walls with or without openings. The size and position of the openings are parameter in the study. Columns of the frames also jacketed with reinforced concrete.

The hysteresis curves, envelope curves, relative displacement curves, energy absorption curves and rigidity curves were presented and compared within the thesis. In the conclusion, the capacity increase of the frame was discussed and several recommendations were presented. Test results showed that external shear walls significantly improved the lateral load carrying capacity, stiffness and energy dissipation capacity of the bare frame.

Keywords: RC frames, Reverse-cyclic lateral loading, External Shear Wall, Strengthening, Window opening,

ÖNSÖZ

Doktora çalışmamın her aşamasında verdikleri desteklerden dolayı danışman hocam Doç. Dr. H. Hüsnü KORKMAZ'a ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet KAMANLI 'ya öncelikle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında fikirleriyle destek olan ve mesleki anlamda ilerlememde büyük emeği geçen değerli hocam Prof. Dr. M.Yaşar KALTAKCI başta olmak üzere öğrenimim boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Yine doktora çalışmama fikirleriyle destek olan Doç. Dr. Dicle AYDIN'a, çalışmalarımın her aşamasında yanımda olan Öğr. Gör. Fatih Süleyman BALIK'a, Arş. Gör. Alptuğ ÜNAL'a, laboratuvar çalışmalarımda emeği geçen Yüksel ÇİFTÇİ'ye ve Alaaddin ALTUNTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasını, maddi olarak destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne de ayrıca teşekkür ederim.

Desteklerini ve dualarını esirgemeyen sevgili annem, babam ve abime, sevgili eşim Meral'e, oğlum Bilgehan ve kızım Erva'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Depreme karşı güvensiz olan betonarme yapılarda güçlendirme uygulamalarının önündeki büyük engellerden olan bina kullanımının aksaması ve mimari kaygıların giderilmesine olanak sağlayacak bu tez çalışmam, bu konuda çalışma yapacak meslektaşlarıma yardımcı olacağı kanaatindeyim.

Fatih BAHADIR
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **vii**

ABSTRACT ..... **viii**

ÖNSÖZ ..... **ix**

İÇİNDEKİLER ..... **x**

ŞEKİLLERİN LİSTESİ ..... **xii**

ÇİZELGELER LİSTESİ ..... **xxiv**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xxvi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. YAPI HASARLARININ NEDENLERİ **3**

1.1.1. Yapım sürecindeki kusurlardan meydana gelen hasarlar 3

1.1.2. Betonarme yapıların kullanım sürecindeki kusurlardan meydana gelen hasarlar 17

1.2. GÜÇLENDİRME SAFHALARI **20**

1.2.1. Binalardan Bilgi Toplanması 21

1.2.2. Projelendirme Safhası 26

1.3. GÜÇLENDİRME SINIFLANDIRILMASI **30**

1.3.1. Eleman Güçlendirmesi 31

1.3.2. Sistem Güçlendirmesi 37

1.4. Çalışmanın Amacı **44**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **47**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **63**

3.1. Deney Numuneleri **63**

3.1.1. Deney numunelerinin detayları 65

3.2. Deney Düzeneği ve Ölçüm Tekniği 91

3.2.1. Yükleme düzeneği 92

3.2.2. Ölçüm tekniği 102

3.2.3. Ölçümlerin değerlendirilmesi 104

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA 115

4.1. Deney Sonuçları 116

4.1.1. Perde duvarsız B/A çerçeve (RS) 116

4.1.2. Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (2x600x350 mm) numune (OSWSBW) 133

4.1.3. Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu (2x400x350 mm), numune 158

4.1.4. Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (2x400x350 mm), numune 182

4.1.5. Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencere boşluklu (2x600x350 mm) numune 210

4.1.6. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune 235

4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması 255

4.2.1. Grup 1'de yer alan numunelerinin karşılaştırılması 256

4.2.2. Grup 2'de yer alan numunelerinin karşılaştırılması 263

4.2.3. Çalışma kapsamındaki tüm numunelerin karşılaştırılması 270

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 278

5.1. Sonuçlar 279

5.2. Öneriler 286

KAYNAKLAR 288

ÖZGEÇMİŞ 294

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası (Anonim, 2012a).....1
Şekil 1.2. Van-Erciş depreminde yıkılan binalarda karşılaşılan eksiklikler (ODTÜ, 2011).....2
Şekil 1.3 Van-Erciş depremi nihai hasar oranları (ODTÜ, 2011). 3
Şekil 1.4. 17 Ağustos 1999 depreminde Sakarya da zemin sıvılaşması nedeniyle yan yatmış bir bina (Şahan, E., 2009).....4
Şekil 1.5.Döşemede bulunan büyük boşlukların oluşturduğu düzensizlik (DBYBHY, 2007).....6
Şekil 1.6. Deprem yüklerini güvenle aktarabilmesini güçleştiren bir döşeme kalıp planı ve düşük döşemeden kaynaklı rijitlik ve dayanımda ani değişiklik durumu (Topçu, A., 2011).....6
Şekil 1.7. Kat planlarında çıkıntı yapan kısımların ve plan boyutlarının gösterilmesi (DBYBHY, 2007). 7
Şekil 1.8. Deprem yükleri altında çıkıntılardan kaynaklanan hasarlar (Beyen, 2006).....7
Şekil 1.9. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumunu gösteren kalıp planı (DBYBHY, 2007). 7
Şekil 1.10. Düşey taşıyıcı elemanların deprem yönüne göre etkili kesit alanlarının gösterimi (DBYBHY, 2007).....8
Şekil 1.11. Zayıf kat düzensizliğinden kaynaklanan hasarlar (Topçu, A., 2011). 9
Şekil 1.12. Yumuşak kat düzensizliğinden Van-Erciş depreminde hasar gören yapılar (ODTÜ, 2011).....9
Şekil 1.13. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğini gösteren şekil ve fotoğraflar (Topçu A., 2011).....10
Şekil 1.14. 1998'den önce yapılmaya başlamış bir yapıda güçlü kiriş-zayıf kolon düzensizliği görülmektedir (Korkmaz, H., 2012). 11
Şekil 1.15. Güçlü kiriş-zayıf kolon durumunda depremde yıkılan binalar görülmektedir (Çelebi E. ve ark., 2011).....11
Şekil 1.16. Kısa kolon oluşumu ve kısa kolon oluşmasına yol açan kısımlar (Topçu, A., 2011).....12
Şekil 1.17. Kısa kolon durumu ve serbest boyu.....13
Şekil 1.18. 1998'den önceki yönetmeliklere göre yapılan binalarda kalitesiz beton görülmektedir (Korkmaz, H., 2012).....14

Şekil 1.19. Van-Erciş depreminde yıkılan binalarda kullanılan betonun genel durumu (Çelebi ve ark.,2011). 15
Şekil 1.20. Etriye kancalarının doğru (135^0) ve yanlış uygulanması (90^0), etriye sıklaştırılması yapılmaması ve düz donatı (S220) kullanılmasından kaynaklanan depremde mafsallaşan kolonlar görülmektedir (Çelebi ve ark.,2011) 16
Şekil 1.21. 1998'den önce yapılmaya başlamış, yapım sürecinde bir yapıda donatı yerleştirilmesi neticesinde oluşan kusurlar (Korkmaz, H., 2012). 16
Şekil 1.22. İlave kat eklenerek yapı yükünün artmasına neden olan bina örnekleri (Anonim, 2012b). 17
Şekil 1.23. Kolon kesilmesi nedeniyle kusurlu hale getirilmiş bir yapı (Topçu, A., 2011). 18
Şekil 1.24 Kiriş ve kolondaki kesit eksiltmeleri (Korkmaz, H., 2009) 19
Şekil 1.25. Yapıların çatısında ilave yük oluşturan ekipmanlara bir örnek. 19
Şekil 1.26. Donatısı korozyona uğramış bir kolon-kiriş birleşim detayı (Korkmaz, H., 2009). 20
Şekil 1.27. Binanın performans hesabı neticesinde yeterli güvenliğe sahip olup olmadığını gösteren akış şeması gösterilmiştir. 21
Şekil 1.28. Mevcut yapı elemanından karot alınması (Korkmaz, H., 2009). 22
Şekil 1.29. Kısa kolon durumu ve serbest boyu. 27
Şekil 1.30. Yapı elemanlarında sınır durumlar (DBYBHY, 2007). 28
Şekil 1.31. Eleman güçlendirmesi (Moehle,2000) 31
Şekil 1.32. Kirişe dıştan etriye ekleme (DBYBHY, 2007) 32
Şekil 1.33. Kirişin mantolanması. 32
Şekil 1.34. Kiriş-kolon birleşimlerinde LP sarma uygulaması (Korkmaz, H., 2009). 33
Şekil 1.35. Kirişlerin çelik sargı ile güçlendirilmesi ve deneysel çalışması (Korkmaz, H., 2009). 33
Şekil 1.36. Betonarme manto uygulanması örnekleri (AFAD, 2011). 35
Şekil 1.37. Dikdörtgen ve dairesel kolonların çelik sargı ile güçlendirilmesine örnekler (Korkmaz, H., 2009). 36
Şekil 1.38. Dairesel ve dikdörtgen kolonlarda LP uygulaması örneği (Korkmaz, H., 2009). 37
Şekil 1.39. Sistem güçlendirmesi (Moehle,2000) 37
Şekil 1.40. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi (DBYBHY, 2007). 38

Şekil 1.41. Dolgu duvarlarının lifli polimerler ile güçlendirilmesi (DBYBHY, 2007) .39
Şekil 1.42. Dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi (DBYBHY, 2007).....40
Şekil 1.43. Çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi ile ilgili deneysel çalışma. 41
Şekil 1.44. Çelik diyagonallerle güçlendirme (AFAD, 2011) 42
Şekil 1.45. Farklı firmaların sismik izolatörleri ve uygulanması (MEGEP, 2011). 43
Şekil 1.46. Temelin kalıp ve donatı detayları (a) beton döküldükten sonraki hali (b). (Korkmaz, H., 2009).....45
Şekil 1.47. Bodrum katın dıştan perde duvar ile güçlendirmesi donatı düzenlenmesi (Korkmaz, H., 2009).....45
Şekil 1.48. Mevcut kolonların mantolanması (Korkmaz, H., 2009) 45
Şekil 1.49. Zemin kat ve birinci katın dıştan perde ile güçlendirilmesi (Korkmaz, H., 2009).....46
Şekil 3.1. Yapılarda uygulanan bazı pencere çeşitleri.....65
Şekil 3.2. Betonarme çerçevelerin donatı ve boyut detayları 66
Şekil 3.3. Betonarme çerçevelerin üretilmesine ait bazı fotoğraflar 69
Şekil 3.4. Beton basınç dayanımlarının belirlenmesi 70
Şekil 3.5. Donatı çeliği çekme deneyi 71
Şekil 3.6. Güçlendirme numunelerinde kullanılan hasır donatıların hazırlanması 73
Şekil 3.7. Güçlendirme numunelerinde kullanılan ⊂ şeklindeki gövde donatıları 74
Şekil 3.8. Çerçeveye eklenen mantonun üst görünüşü ve donatı yerleşim planı.....74
Şekil 3.9. Çerçevelerin mantosunda kullanılan donatıları.....75
Şekil 3.10. Kolon ve kirişlerde kullanılan ankraj donatıları.....76
Şekil 3.11. Temellerde kullanılan ankraj donatıları 76
Şekil 3.12. Düzlem dışı B/A perde duvarla güçlendirilmiş numunelerin ön yüzünde kullanılan ankraj donatı detayları.....77
Şekil 3.13. Düzlem dışı B/A perde duvarla güçlendirilmiş numunelerin arka yüzünde kullanılan ankraj donatı detayları.....78
Şekil 3.14. Ankraj donatılarının ve deliklerin hazırlanarak donatıların ekilmesi 79
Şekil 3.15. Ankraj donatısı ekme işleminde kullanılan kartuş epoksi 80
Şekil 3.16. Pencere boşluklu betonarme dolgu duvarlı numunelerin arka yüzeyinde bulunan kalıplara, pencere boyutlarına göre hazırlanan sunta çerçeveler 81
Şekil 3.17. Gövde donatılarının betonarme çerçeve içine yerleştirilmiş hali 82

Şekil 3.18. Betonarme perde duvarla güçlendirmek için yapılan beton döküm işlemi...82
Şekil 3.19. Deney numunesi 2'ye ait boyut ve donatı detayları 84
Şekil 3.20. Deney numunesi 3'e ait boyut ve donatı detayları 85
Şekil 3.21. Deney numunesi 4'e ait boyut ve donatı detayları 86
Şekil 3.22. Deney numunesi 5'e ait boyut ve donatı detayları 87
Şekil 3.23. Deney numunesi 6'ya ait boyut ve donatı detayları 88
Şekil 3.24. Silindir ve küp numuneler 89
Şekil 3.25. Silindir numuneler için beton basınç dayanımlarının belirlenmesi 90
Şekil 3.26. 500 kN'luk yük hücresi (loadcell) 92
Şekil 3.27. Yük dağıtma aparatı, mafsallı yük aktarma levhaları, yük hücresi ve hidrolik kriko.....93
Şekil 3.28. Çekme çevrimlerinde yük aktarımı sağlayan levha ve mafsallı gergi milleri 93
Şekil 3.29. Eksenel yükleme sistemi 95
Şekil 3.30. Numunelerinin düzlem dışı hareketlerini engelleyen destek elemanları 97
Şekil 3.31. Yük dağıtma aparatının destek elemanları.....98
Şekil 3.32. Numune temellerinin hareketinin engellenmesi için yapılan uygulama.....99
Şekil 3.33. LVDT iskelesi ve yükleme düzeneğinin genel görünümü.....100
Şekil 3.34. Yükleme düzeneğinin şematik gösterimi 101
Şekil 3.35. Deneylerde kullanılan veri toplama sistemi 102
Şekil 3.36. Deneylerde kullanılan yük hücrelerinin sistemdeki yerleri 103
Şekil 3.37. Deneyler için LVDT'lerin numunelere yerleşim düzeni 104
Şekil 3.38. Toplam yatay yüke ve üst kat deplasmanına göre yük geçmişleri 105
Şekil 3.39. Numunelere uygulanan yatay yüklerin ve deplasman ölçümlerinin isimlendirilmesi.....106
Şekil 3.40. Kat hizalarına indirgenmiş deplasman ölçümlerinin isimlendirilmesi 106
Şekil 3.41. Toplam yatay yük-tepe deplasman histeresis eğrileri ve zarf eğrisine bir örnek.....107
Şekil 3.42. Üst kat ve orta kat yatay yük-deplasman histeresis eğrileri ve zarf eğrilerine bir örnek.....108
Şekil 3.43. Üst kat ve alt kat yük-göreceli kat deplasmanları histeresis eğrileri ve zarf eğrilerine bir örnek 108
Şekil 3.44. Rijitlik azalımının belirlenmesi 109
Şekil 3.45. Rijitlik azalımı-tepe deplasman grafiğine bir örnek 110

Şekil 3.46. Eğim açısının hesaplanması 110
Şekil 3.47. Her bir çevrim için eğim açısının gösterildiği grafiğe bir örnek.....111
Şekil 3.48.Tüketilen enerji grafiği 112
Şekil 3.49. Birinci enerji grafiği.....113
Şekil 3.50. İkinci enerji grafiği 113
Şekil 3.51. Deney numunesi 2'nin süneklik değerlendirilmesi için oluşturulan grafik (Park, 1989).....114
Şekil 4.1. Deney Numunesi 1'in deney öncesi görünümü 116
Şekil 4.2. Deney numunesi 1'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre) 117
Şekil 4.3. Deney numunesi 1'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre).....117
Şekil 4.4. Deney numunesi 1'de, itme ve çekme çevrimlerinde oluşan ilk çatlaklar ...118
Şekil 4.5. Deney numunesi 1'in, nominal akma yüküne ($0.75.V_{max}$) ait görünümü (+8 itme çevrimi).....120
Şekil 4.6. Deney numunesi 1'in, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) görünümü 122
Şekil 4.7. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) ön yüzden görünümü.123
Şekil 4.8. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) ön ve arka yüzden görünümü.....124
Şekil 4.9. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) kolon-temel birleşiminde oluşan hasarlar.....124
Şekil 4.10. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar 125
Şekil 4.11. Deney numunesi 1'in kolon-temel birleşiminde göçme anında ($0.8V_{max}$) oluşan çatlaklar 125
Şekil 4.12. Deney numunesi 1'deki kolonların iç ve dışında meydana gelen çatlaklar ve hasarlar.....126
Şekil 4.13. Deney numunesi 1'deki kirişlerin alt ve üstünde meydana gelen çatlaklar ve hasarlar.....126
Şekil 4.14. Deney numunesi 1'de oluşan çatlakların ve hasarların, ön yüzden şematik olarak gösterimi.....127
Şekil 4.15. Deney numunesi 1'de oluşan çatlakların ve hasarların, arka yüzden şematik olarak gösterimi.....128

Şekil 4.16. Deney numunesi 1'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi.....129
Şekil 4.17. Deney numunesi 1'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (RS).....129
Şekil 4.18. Deney numunesi 1'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (RS).....129
Şekil 4.19. Deney numunesi 1'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (RS).....130
Şekil 4.20. Deney numunesi 1'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (RS).....130
Şekil 4.21. Deney numunesi 1'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (RS) 131
Şekil 4.22. Deney numunesi 1'e ait, rijitlik azalımı grafiği (RS) 132
Şekil 4.23. Deney numunesi 1'e ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (RS) 132
Şekil 4.24. Deney numunesi 1'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (RS) 133
Şekil 4.25. Deney Numunesi 2'nin deney öncesi görünümü.....134
Şekil 4.26. Deney numunesi 2'ye uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre) 134
Şekil 4.27. Deney numunesi 2'ye uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre).....135
Şekil 4.28. Deney numunesi 2'nin nominal akma yükünde ($0.75V_{max}$) ön yüzden görünüşü (itme yönünde).....140
Şekil 4.29. Deney numunesi 2'nin nominal akma yükünde ($0.75V_{max}$) arka yüzden görünüşü (itme anında).....141
Şekil 4.30. Deney numunesi 2'nin nominal akma yükünde ($0.75V_{max}$) ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme anında) 142
Şekil 4.31. Deney numunesi 2'nin itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü.....145
Şekil 4.32. Deney numunesi 2'nin itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü 146
Şekil 4.33. Deney numunesi 2'nin itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde ön yüzden görünüşü 148
Şekil 4.34. Deney numunesi 2'nin itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde arka yüzden görünüşü 149

Şekil 4.35. Deney numunesi 2'de, göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki il çevrimde oluşan kısa kolon davranışı.....150
Şekil 4.36. Deney numunesi 2'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar 151
Şekil 4.37. Deney numunesi 2'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar.....152
Şekil 4.38. Deney numunesi 2'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi.153
Şekil 4.39. Deney numunesi 2'ye ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW) 154
Şekil 4.40. Deney numunesi 2'ye ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWSBW).....154
Şekil 4.41. Deney numunesi 2'ye ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW).....155
Şekil 4.42. Deney numunesi 2'ye ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW).....155
Şekil 4.43. Deney numunesi 2'ye ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW).....155
Şekil 4.44. Deney numunesi 2'ye ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWSBW) 156
Şekil 4.45. Deney numunesi 2'ye ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWSBW) 157
Şekil 4.46. Deney numunesi 2'ye ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWSBW) 157
Şekil 4.47. Deney numunesi 2'ye ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWSBW) 158
Şekil 4.48. Deney Numunesi 3'ün deney öncesi görünümü.....159
Şekil 4.49. Deney numunesi 3'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre) 159
Şekil 4.50. Deney numunesi 3'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre).....160
Şekil 4.51. Deney numunesi 3'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön yüzden görünüşü (itme yönünde).....166
Şekil 4.52. Deney numunesi 3'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü (itme yönünde).....167
Şekil 4.53. Deney numunesi 3'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme anında).....168

Şekil 4.54. Deney numunesi 3'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü 170
Şekil 4.55. Deney numunesi 3'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü 171
Şekil 4.56. Deney numunesi 3'de, itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) perde-temel birleşiminde oluşan hasar 172
Şekil 4.57. Deney numunesi 3'ün itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde ön yüzden görünüşü 173
Şekil 4.58. Deney numunesi 3'ün itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde arka yüzden görünüşü 174
Şekil 4.59. Deney numunesi 3'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar 175
Şekil 4.60. Deney numunesi 3'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar 176
Şekil 4.61. Deney numunesi 3'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi . 177
Şekil 4.62. Deney numunesi 3'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW) 178
Şekil 4.63. Deney numunesi 3'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWMSW) 178
Şekil 4.64. Deney numunesi 3'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW) 179
Şekil 4.65. Deney numunesi 3'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW) 179
Şekil 4.66. Deney numunesi 3'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW) 179
Şekil 4.67. Deney numunesi 3'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWMSW) 180
Şekil 4.68. Deney numunesi 3'e ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWMSW) 181
Şekil 4.69. Deney numunesi 3'e ait her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWMSW) 181
Şekil 4.70. Deney numunesi 3'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWMSW) 182
Şekil 4.71. Deney Numunesi 4'ün deney öncesi görünümü 183
Şekil 4.72. Deney numunesi 4'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre) 183
Şekil 4.73. Deney numunesi 4'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre) 184

Şekil 4.74. Deney numunesi 4'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön yüzden görünüşü (itme yönünde).....193
Şekil 4.75. Deney numunesi 4'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü (itme yönünde).....194
Şekil 4.76. Deney numunesi 4'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme anında).....195
Şekil 4.77. Deney numunesi 4'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü.....198
Şekil 4.78. Deney numunesi 4'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü.....199
Şekil 4.79. Deney numunesi 4'de, itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesinde V_{max} perde-temel birleşiminde oluşan hasar.....200
Şekil 4.80. Deney numunesi 4'de, itme yönünde göçme yükünde ($0.8V_{max}$) P201 perdesinde oluşan hasarlar (ön yüz).....200
Şekil 4.81. Deney numunesi 4'de, itme yönünde göçme yükünde ($0.8V_{max}$) P101 perdesinde oluşan hasarlar (ön yüz).....201
Şekil 4.82. Deney numunesi 4'ün itme yönünde göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde arka yüzden görünüşü.....201
Şekil 4.83. Deney numunesi 4'de, göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevrimde kısa kolon davranışı.....202
Şekil 4.84. Deney numunesi 4'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar.....203
Şekil 4.85. Deney numunesi 4'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar.....204
Şekil 4.86. Deney numunesi 4'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi.205
Şekil 4.87. Deney numunesi 4'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW).....206
Şekil 4.88. Deney numunesi 4'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWSSW).....206
Şekil 4.89. Deney numunesi 4'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW).....207
Şekil 4.90. Deney numunesi 4'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW).....207
Şekil 4.91. Deney numunesi 4'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW).....207
Şekil 4.92. Deney numunesi 4'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWSSW)..208

Şekil 4.93. Deney numunesi 4'e ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWSSW).....209
Şekil 4.94. Deney numunesi 4'e ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWSSW).209
Şekil 4.95. Deney numunesi 4'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWSSW).....210
Şekil 4.96. Deney Numunesi 5'in deney öncesi görünümü.....211
Şekil 4.97. Deney numunesi 5'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre) 212
Şekil 4.98. Deney numunesi 5'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre).....212
Şekil 4.99. Deney numunesi 5'in, nominal akma sınırından sonraki ($0.75V_{max}$) ilk çevrimde ön yüzden görünüşü (itme yönünde).....218
Şekil 4.100. Deney numunesi 5'in, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü (itme yönünde).....219
Şekil 4.101. Deney numunesi 5'in, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme yönünde).....220
Şekil 4.102. Deney numunesi 5'in, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü.....223
Şekil 4.103. Deney numunesi 5'in, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü.....224
Şekil 4.104. Deney numunesi 5'in itme yönünde göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön yüzden görünüşü 226
Şekil 4.105. Deney numunesi 5'in itme yönünde göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü 227
Şekil 4.106. Deney numunesi 5'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar.....228
Şekil 4.107. Deney numunesi 5'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar.....229
Şekil 4.108. Deney numunesi 5'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi 230
Şekil 4.109. Deney numunesi 5'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW) 231
Şekil 4.110. Deney numunesi 5'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWMBW) 231
Şekil 4.111. Deney numunesi 5'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW) 231

Şekil 4.112. Deney numunesi 5'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW) 232
Şekil 4.113. Deney numunesi 5'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW) 232
Şekil 4.114. Deney numunesi 5'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWMBW) 233
Şekil 4.115. Deney numunesi 5'e ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWMBW).....234
Şekil 4.116. Deney numunesi 5'e ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWMBW) 234
Şekil 4.117. Deney numunesi 5'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWMBW).....235
Şekil 4.118. Deney Numunesi 6'nın deney öncesi görünümü.....236
Şekil 4.119. Deney numunesi 6'da uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre).....236
Şekil 4.120. Deney numunesi 6'da uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre) 237
Şekil 4.121. Deney numunesi 6'nın, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ön yüzden görünüşü (itme yönünde).....243
Şekil 4.122. Deney numunesi 6'nın, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme yönünde).....244
Şekil 4.123. Deney numunesi 6'nın, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü.....246
Şekil 4.124. Deney numunesi 6'nın, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden perspektif görünüşü.....247
Şekil 4.125. Deney numunesi 6'da deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar.....248
Şekil 4.126. Deney numunesi 6'da deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar.....249
Şekil 4.127. Deney numunesi 6'da oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi 250
Şekil 4.128. Deney numunesi 6'ya ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF).....251
Şekil 4.129. Deney numunesi 6'ya ait üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWF).....251
Şekil 4.130. Deney numunesi 6'ya ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF).....252

Şekil 4.131. Deney numunesi 6'ya ait üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF).....252
Şekil 4.132. Deney numunesi 6'ya ait alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF).....252
Şekil 4.133. Deney numunesi 6'ya ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWF) ...253
Şekil 4.134. Deney numunesi 6'ya ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWF) 254
Şekil 4.135. Deney numunesi 6'ya ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWF)...254
Şekil 4.136. Toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 1).....257
Şekil 4.137. Üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 1) 257
Şekil 4.138. Alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 1) 258
Şekil 4.139. Sistem süneklikllerinin belirlenmesi için oluşturulan grafikler (Grup1) (Park, 1989) 259
Şekil 4.140. Rijitlik azalımı grafikleri (Grup 1) 260
Şekil 4.141. Kümülatif toplam tüketilen enerji grafikleri (Grup1) 262
Şekil 4.142. Tüketilen enerji grafikleri (Grup1) 263
Şekil 4.143. Toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 2).....264
Şekil 4.144. Üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 2) 265
Şekil 4.145. Alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 2) 265
Şekil 4.146. Sistem süneklikllerinin belirlenmesi için oluşturulan grafikler (Grup2) (Park, 1989) 266
Şekil 4.147. Rijitlik azalımı grafikleri (Grup 2) 267
Şekil 4.148. Kümülatif toplam tüketilen enerji grafikleri (Grup 2) 269
Şekil 4.149. Tüketilen enerji grafikleri (Grup 2) 270
Şekil 4.150. Tüm numunelere ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği 271
Şekil 4.151. Tüm numunelere ait üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği 271
Şekil 4.152. Tüm numunelere ait alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği 272
Şekil 4.153. Tüm numunelere ait rijitlik azalımı grafikleri 273
Şekil 4.154. Tüm numunelere ait eğim açısı grafikleri 275
Şekil 4.155. Tüm numunelere ait tüketilen enerji grafikleri.....276

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Türkiye'de son 100 yılda meydana gelen önemli depremler (İnel ve ark., 2008).....2
Çizelge 1.2. Binalar için Bilgi Düzey Katsayıları (DBYBHY, 2007). 22
Çizelge 1.3. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (DBYBHY, 2007).....28
Çizelge 2.1. Kara (2006), deney elemanlarında yapılan parçasal dolgu duvarlar 53
Çizelge 2.2. Kaltakcı ve ark (2006), deney elemanlarında yapılan dış perde duvarlar...54
Çizelge 2.3. Kaltakcı ve Yavuz (2006), deney elemanlarında yapılan dış perde duvarlar 55
Çizelge 2.4. Anıl ve Altın (2007) çalışmalarında, deney elemanlarında yapılan parçasal dolgu duvarlar 57
Çizelge 2.5. Ünal (2012) tez çalışmasında, deney elemanlarında yapılan düzlem dışı parçasal dolgu duvarlar.....61
Çizelge 3.1. Deney numuneleri ve deneysel değişkenler 64
Çizelge 3.2. Çerçevelerin üretiminde kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı.....70
Çizelge 3.3. Donatı çubuklarının test sonuçları 71
Çizelge 3.4. Deney numunelerinin B/A dolgu duvarlarında kullanılan gövde donatıları 83
Çizelge 3.5. Kolon mantosu ve perde duvarlarda kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı 89
Çizelge 3.6. Donatı çubuklarının test sonuçları 90
Çizelge 3.7. Düzlem dışı perde duvarda kullanılan hasır donatıların geometrik özellikleri 91
Çizelge 4.1. Deney numunesi 1'de, yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu 118
Çizelge 4.2. Deney numunesi 2'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu 135
Çizelge 4.3. Deney numunesi 3'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu 160
Çizelge 4.4. Deney numunesi 4'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu 185

Çizelge 4.5. Deney numunesi 5'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu 213
Çizelge 4.6. Deney numunesi 6'da, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu 237
Çizelge 4.7. Numuneler arasında oluşturulan karşılaştırma grupları 256
Çizelge 4.8. Numunelerin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları (Grup 1).258
Çizelge 4.9. İtme ve çekme çevrimleri için numunelere ait süneklik oranları (Grup 1) 260
Çizelge 4.10. 1. çevrimdeki, maksimum yükteki rijitlik değerleri ve hesaplanan rijitlik oranları (Grup 1) 261
Çizelge 4.11. Tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri 262
Çizelge 4.12. Numunelerin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları (Grup 2) 264
Çizelge 4.13. İtme ve çekme çevrimleri için numunelere ait süneklik oranları (Grup 2) 266
Çizelge 4.14. 1. çevrimdeki, maksimum yükteki rijitlik değerleri ve hesaplanan rijitlik oranları (Grup 2) 268
Çizelge 4.15. Grup 2'e ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri 269
Çizelge 4.16. Deney numunelerinin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları 272
Çizelge 4.17. Tüm numunelere ait, itme ve çekme çevrimleri için süneklik oranları ..273
Çizelge 4.18. Tüm numuneler için hesaplanan rijitlik değerleri ve rijitlik azalım oranları 274
Çizelge 4.19. Tüm numuneler için eğim açısı azalım değerleri ve eğim açısı azalımı oranları 274
Çizelge 4.20. Tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri 277

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_c : Kolonlarda tüm kesit beton alanı

A_{st} : Toplam çekme donatısı kesit alanı

b_w : Kiriş gövde genişliği veya perde duvar kalınlığı

d : Kiriş faydalı yüksekliği

$f_{c\ 28.gün}$: 28. gün beton basınç dayanımı

f_{cm} : Beton ortalama basınç dayanımı

f_{ctd} : Beton tasarım eksenel çekme dayanımı

f_{su} : Boyuna donatı kopma dayanımı

f_y : Boyuna donatı akma dayanımı

f_{yd} : Boyuna donatı tasarım akma dayanımı

f_{yk} : Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı

F_t : Hidrolik krikoyla uygulanan toplam yatay yük

F_1 : Üst kata uygulanan toplam yatay yük

F_2 : Alt kata uygulanan toplam yatay yük

F_i : Deneylerin itme ve çekme çevrimlerinde ölçülen yatay yük değerleri

f_1 ve f_2 : Deneylerin itme ve çekme çevrimlerinde anlık yük okumaları

h : Kiriş toplam yüksekliği veya kat yüksekliği

H_w : Perde duvar yüksekliği

l_w : Perde duvarın plandaki uzunluğu

Nd : Tasarım eksenel kuvveti

s : Enine donatı aralığı

Δ_1 : Üst kat deplasmanı

Δ_2 : Alt kat deplasmanı

Δ_3 : Temelde ölçülen deplasman

Δ_1* : Üst kat hizasına indirgenmiş deplasman değeri

Δ_2* : Alt kat hizasına indirgenmiş deplasman değeri

Δ_{g1}* : Alt kat göreceli kat ötelenmesi

Δ_{g2}* : Üst kat göreceli kat ötelenmesi

δ_i : Deneylerin itme ve çekme çevrimlerinde ölçülen yatay deplasman değerleri

δ_u : Numunenin göçme anındaki maksimum yatay deplasman değeri

δ_y : Numunenin akma anındaki maksimum yatay deplasman değeri

μ_s : Numuneye ait deplasman süneklik oranı

ρ : Çekme donatısı oranı

ρ_{min} : Minimum çekme donatısı oranı

ρ_{kolon} : Kolonlarda ankraj donatısı oranı

$\rho_{kiriş}$: Kirişlerde ankraj donatısı oranı

ρ_d : Perdelerde düşey gövde donatısı oranı

ρ_y : Perdelerde yatay gövde donatısı oranı

ϕ_i : Rijitlik değeri

ϕl : En küçük veya en büyük boyuna donatı çapı

Kısaltmalar

DBYBHY 2007 : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

B/A : Betonarme

LVDT : Linear variable differential transformer

OSWF : Düzlem Dışı B/A tam perde duvarlı pencere boşluksuz numune

OSWMBW : Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencere boşluklu numune

OSWMSW : Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu numune

OSWSBW : Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu numune

OSWSSW : Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu numune

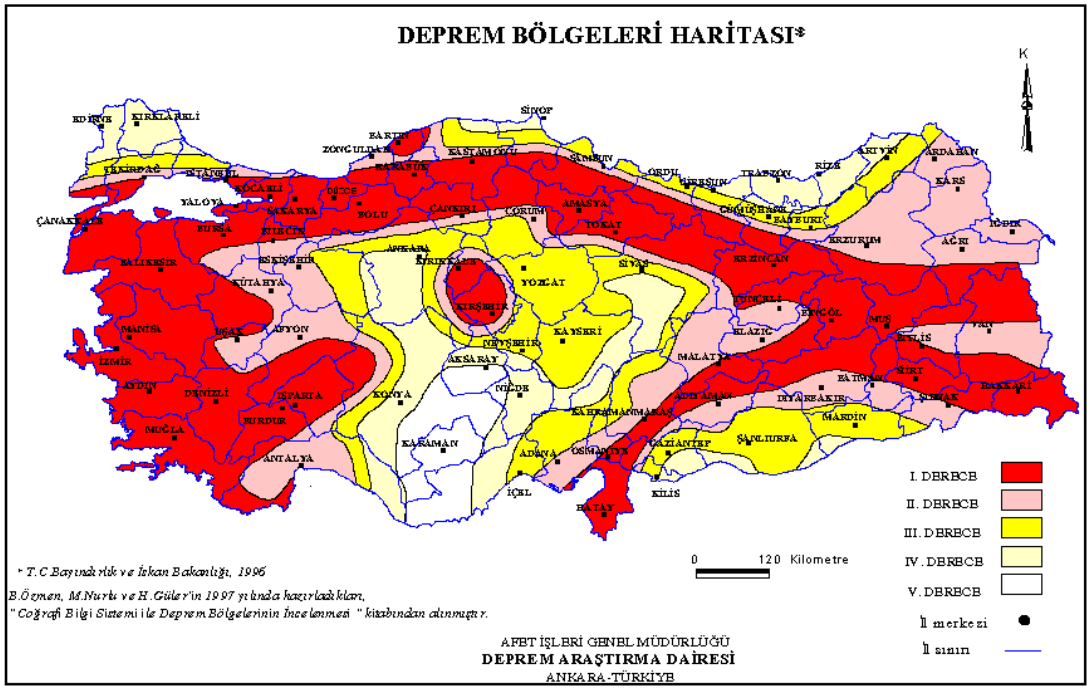
RS : Dolgu duvarsız betonarme çerçeve (Referans numune)

TS500-2000 : Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları

1. GİRİŞ

Dünyada her yıl yaklaşık 3.500.000 adet deprem meydana gelmektedir. Bunların yalnızca 1.000.000 tanesi kayıt edilebilir niteliktedir. Hissedilebilen deprem sayısı yalnızca 34.000 adettir. Her yıl 800 adet orta büyüklükte (5.0-5.9) ve daha az büyüklükte deprem meydana gelir. Yılda yaklaşık 120 adet büyük depremler (6.0-6.9) meydana gelerek orta büyüklüğe göre daha fazla zarar verebilir. Ortalama bir yılda potansiyel olarak yıkıcı olan 18 deprem (7.0-7.9) olur ve her 10-20 yılda bir felakete yol açabilecek bir deprem (8.0-8.9) meydana gelir (Boğaziçi, 2005).

Bu gerçeklerden yola çıkarak, Türkiye aktif bir deprem fayı üzerinde olmasından dolayı orta ve daha büyüklükteki deprem olma riski oldukça fazladır. Türkiye'nin deprem bölgeleri haritası Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası (Anonim, 2012a)

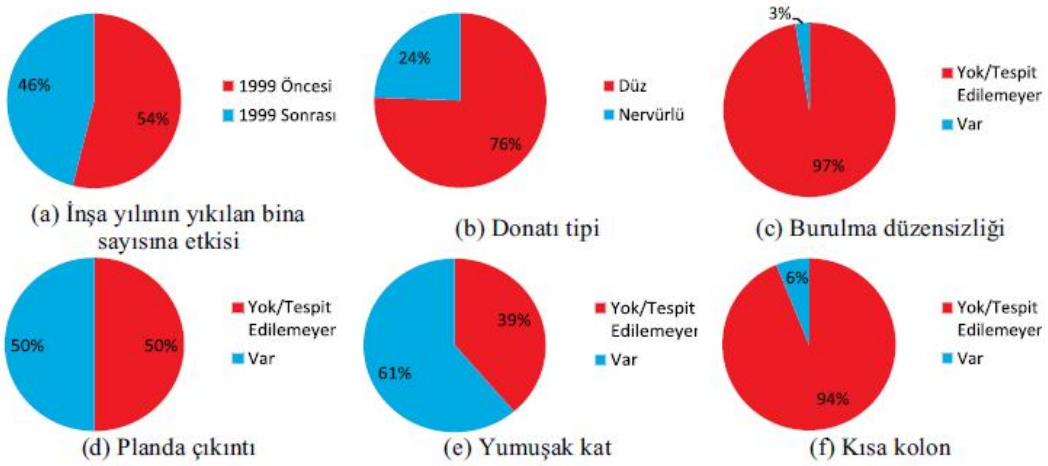
Ülkemizde geçmişten günümüze kadar yaşanan süreçte önemli maddi hasarlara ve can kayıplarına neden olan birçok deprem meydana gelmiştir. Türkiye'de son 100 yılda meydana gelmiş ve büyük can ve mal kayıplarına neden olmuş önemli depremler Çizelge 1.1'de verilmiştir (İnel ve ark.,2012)

Çizelge 1.1. Türkiye'de son 100 yılda meydana gelen önemli depremler (İnel ve ark., 2008)

NO	TARİH	Saat	YER	MS	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
1	09.08.1912	03:29	Mürefte (TEKİRDAĞ)	7.3	216	5540
2	**07.05.1930**	**00:34**	**TÜRK –İRAN SINIRI**	**7.2**	**2514**	**3000**
3	27.12.1939	01:57	ERZİNCAN	7.9	32968	116720
4	**20.12.1942**	**16:03**	**Erbaa (TOKAT)**	**7**	**3000**	**32000**
5	27.11.1943	00:20	Ladik (SAMSUN)	7.2	4000	40000
6	**01.02.1944**	**05:22**	**Gerede-Çerkeş (BOLU)**	**7.2**	**3959**	**20865**
7	18.03.1953	21:06	Yenice (ÇANAKKALE)	7.2	265	6750
8	**25.04.1957**	**04:25**	**FethiyeRodos (MUĞLA)**	**7.1**	**67**	**3200**
9	26.05.1957	08:33	Abant (BOLU)	7.1	52	5200
10	**06.10.1964**	**16:31**	**Manyas (BALIKESİR)**	**7**	**23**	**5398**
11	28.03.1970	23:02	Gediz (KÜTAHYA)	7.2	1086	19291
12	**24.11.1976**	**14:22**	**Muradiye (VAN)**	**7.5**	**3840**	**9232**
13	17.08.1999	03:01	Gölcük (KOCAELİ)	7.8	17480	73342
14	**12.11.1999**	**18:57**	**DÜZCE**	**7.5**	**763**	**35519**
15	23.10.2011	13:41	Erciş (VAN)*	7.2	644	30990
				TOPLAM	**70.877**	**411.057**

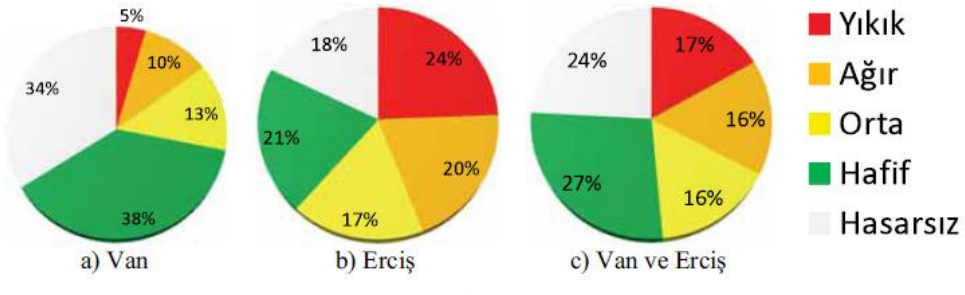
* TMMOB Mimarlar Odasının 20 Ocak 2012'de yaptığı Van Depremi Hasar Tespit Raporu

Ülkemizde yaşanan can ve mal kaybına neden olan en son deprem Van-Erciş 2011 depremidir. Bu depremde 30000 den fazla bina hasar görmüştür (Mimarlar Odası, 2012). ODTÜ (2011) yaptığı çalışmada elde edilen raporlarda yıkılan betonarme binaların birçoğunda Şekil 1.2'de DBYBHY 2007'de bulunan eksikler görülmüştür.



Şekil 1.2. Van-Erciş depreminde yıkılan binalarda karşılaşılan eksiklikler (ODTÜ, 2011).

Van-Erciş depreminin etkisiyle hasar gören yapıların hasar durumlarına göre grafikleri Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Van-Erciş depremi nihai hasar oranları (ODTÜ, 2011).

Yapılan çalışmalar neticesinde ülkemizde bulunan yapı stokunun önemli bir bölümü bu depremleri karşılayabilecek nitelikte olmadığı en son meydana gelen deprem olan Van-Erciş depremi göstermektedir. Van-Erciş depreminde elde edilen sonuçlara göre deprem riski olan bütün binaların güçlendirme safhalarından geçmesi gerekmektedir.

1.1. YAPI HASARLARININ NEDENLERİ

Betonarme yapıların deprem yükü altında gerekli can güvenliğini sağlayabilmesi için gerek yapım sürecinde gerekse yapıların kullanım sürecinde dikkat edilmesi gerekir. Bu konulara dikkat edilmemesi durumunda yapının deprem gibi afetlerden olumsuz etkilenmesi sonucu yapılarda hasarlar meydana gelir.

1.1.1. Yapım sürecindeki kusurlardan meydana gelen hasarlar

1.1.1.1. Zemin Durumu

Yapının üzerine oturduğu kısım olan zemin, farklı tabakalanma ve farklı boyutlardan oluşmaktadır. Yani zemin homojen bir yapıya sahip değildir. Deprem dalgaları, zemin tabakasının bulunduğu yerkabuğunun belirli bir derinlikte fayda gelen ani hareketten meydana gelmektedir. Her yönde yayılan bu deprem dalgaları yeraltındaki birçok zemin tabakalarında değişikliğe uğrayarak farklı etki göstermektedir. Deprem dalgaları kayalık zeminlerde hızlı aralıklarla sallanırken,

yumuşak zeminlerde daha uzun aralıklarla salınım yapmaktadır. Yani deprem dalgaları kayalık zeminlerde çok kısa aralıklarla yayılmakta, hızla uzaklaşmakta; yumuşak zeminlerde ise uzun aralıklarla yayılmakta ve geç uzaklaşmaktadır. (AFAD, 2011)

Kat sayısı düşük olan yapılarda deprem kuvveti altında sık aralıklarla sallanmaktadır. Bu etki zeminin davranışıyla birleştiği zaman farklı etkilere neden olmaktadır. Az katlı bir yapı kayalık zemine inşa edildiğinde sık aralıklarla sallanması nedeniyle çok daha büyük deprem etkileri görülebilmektedir. Çok katlı yüksek yapılarda çok uzun aralıklarla sallanacaklarından, yumuşak zemin üzerinde yapının rezonansa girmesi nedeniyle normalden daha büyük deprem kuvveti etkisinde olacaktır. (AFAD, 2011)

Suya doygun, gevşek kum/kumlu zeminler, tekrarlı yükler etkisinde yani deprem etkisinde, sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu eğilim, drenajın olmadığı koşullarda, boşluk suyu basıncını artırır. Tekrarlı yükler kum tabakası içindeki boşluk suyu basıncının artmasını desteklediği zaman, toplam normal gerilme, boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşabilir (Das,1983). Bu durumda, kohezyonsuz zemin kayma direnimini kaybeder ve bir sıvı gibi davranarak büyük yer değiştirmelerine maruz kalır. Böylece sıvılaşma evresine geçilmiş olur (Das,1983).

Şekil 1.4'de deprem sırasında sıvılaşan zemin katmanları üstündeki ağırlık nedeniyle yollara doğru taşarak binaların altını boşaltmış ve bina batma eğilimi göstermiştir.



Şekil 1.4. 17 Ağustos 1999 depreminde Sakarya da zemin sıvılaşması nedeniyle yan yatmış bir bina (Şahan, E., 2009).

Sonuç olarak zemin etüdü iyi yapılmamış, deprem etkileri yapı-zemin etkileşiminde iyi analiz edilememiş yapılarda deprem kuvveti can ve mal güvenliğini tehlikeye atan yapı hasarlarına neden olmaktadır.

1.1.1.2. Yapı Geometrisi

Yapının plandaki ve düşeydeki geometrisi deprem davranışı açısından önemli noktalardan birisidir. Yapının deprem sırasında etkin davranabilmesi için plan boyutlarının birbirine yakın olması ve mümkün olduğunca simetrik olması gerekir.

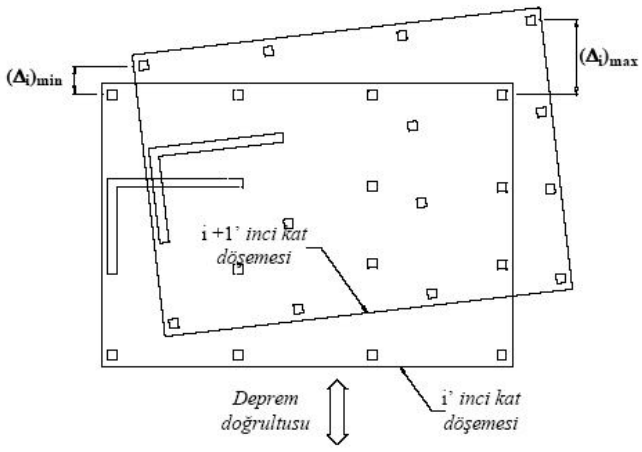
A. Yapı Planında olan A tipi Düzensizlikler (X-Y ekseninde)

a) A1 Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden "Burulma Düzensizliği Katsayısı" η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumunda söz konusudur (DBYBHY, 2007).

$$\Delta_{iort} = \frac{1}{2}\left[\Delta_{i\max} + \Delta_{i\min}\right]$$

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{i\max}}{\Delta_{iort}} > 1.2$$



b) A2 Döşemenin Süreksiz Olması Durumu

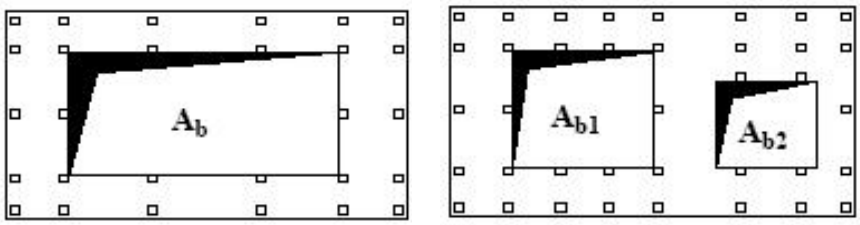
Yapının herhangi bir katının kat planında; merdiven, asansör, havalandırma, aydınlatma ve diğer sebeplerden dolayı bırakılmış boşlukların alanlarının toplamının, ilgili katın toplam alanına oranı 1/3'den büyük olması durumunda oluşan düzensizliktir. Döşemede bulunan büyük boşlukların oluşturduğu düzensizlikler Şekil 1.5'de gösterilmiştir (DBYBHY, 2007).

A_b : Bir kattaki toplam boşluk oranı

A : Brüt kat alanı

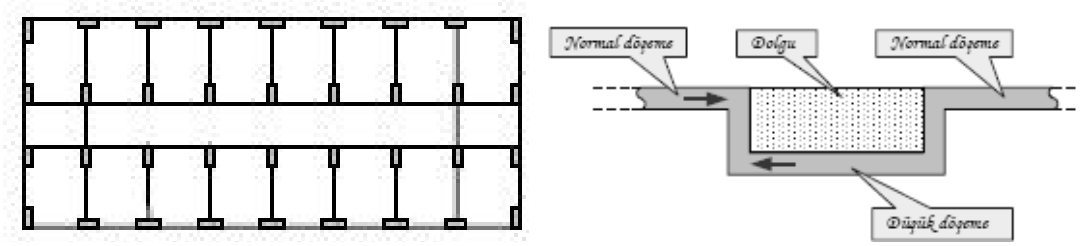
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

$$\frac{A_b}{A} > \frac{1}{3}$$



Şekil 1.5.Döşemede bulunan büyük boşlukların oluşturduğu düzensizlik (DBYBHY, 2007).

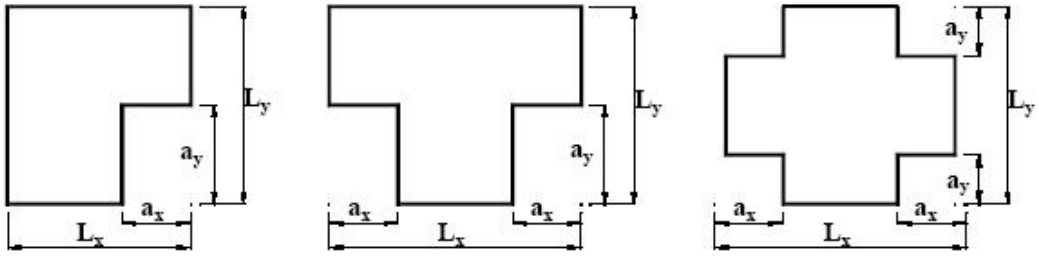
Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini güçleştiren döşeme boşluklarının bulunması bu tür düzensizliktendir. Koridor boşluğunun uzun ve kirişler tarafından diğer düşey taşıyıcı elemanlara aktaramamasını gösteren düzensiz bir kalıp planı Şekil 1.6'da gösterilmiştir. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalarının olması durumu Şekil 1.6'da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Deprem yüklerini güvenle aktarabilmesini güçleştiren bir döşeme kalıp planı ve düşük döşemeden kaynaklı rijitlik ve dayanımda ani değişiklik durumu (Topçu, A., 2011).

c) A3 Yapı Planının Kare veya Dikdörtgen Olmaması Durumu

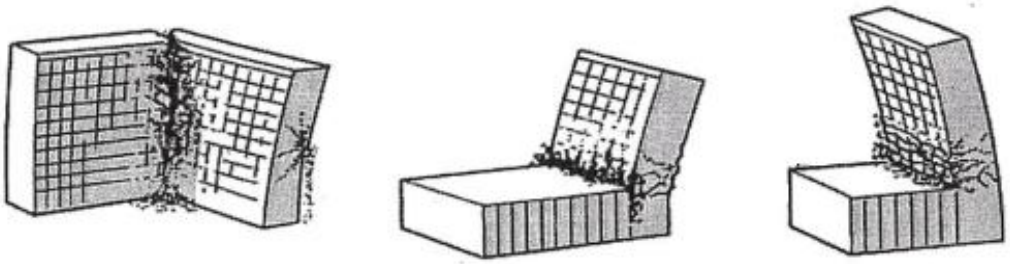
Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımlarının birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumundan dolayı oluşan düzensizliktir. Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların ve plan boyutları Şekil 1.7'de gösterilmiştir (DBYBHY, 2007).



Şekil 1.7. Kat planlarında çıkıntı yapan kısımların ve plan boyutlarının gösterilmesi (DBYBHY, 2007).

$$a_x > 0.2L_x; a_y > 0.2L_y$$

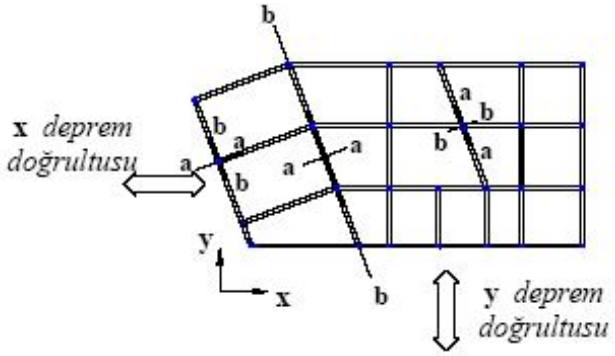
Kat planlarında düzensizliğe yol açacak durumlarda deprem yükleri altında davranışını Şekil 1.8'de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Deprem yükleri altında çıkıntılardan kaynaklanan hasarlar (Beyen, 2006).

d) A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumundan kaynaklı düzensizlik Şekil 1.9'da gösterilmiştir (DBYBHY, 2007).



Şekil 1.9. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumunu gösteren kalıp planı (DBYBHY, 2007).

B. Yapı Yüksekliğinde olan B tipi Düzensizlikler (X-Z ekseninde)

a) B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanına* oranı *"Dayanım Düzensizliği Katsayısı"* olarak adlandırılır (DBYBHY, 2007).

η_{ci} :Dayanım düzensizlik katsayısı $\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$

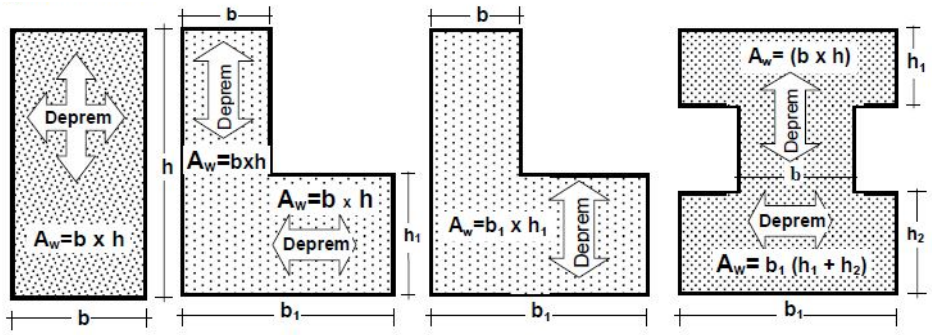
$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$

$\sum A_e =$ Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanı

$\sum A_w =$ Herhangi bir katta kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı Şekil 1.10'de gösterilmiştir.

$\sum A_g =$ Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde enkesit alanlarının toplamı.

$\sum A_k =$ Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı.



Şekil 1.10. Düşey taşıyıcı elemanların deprem yönüne göre etkili kesit alanlarının gösterimi (DBYBHY, 2007).

Zayıf kat düzensizliğinden kaynaklanan hasarlar Şekil 1.11'de görüldüğü gibidir.

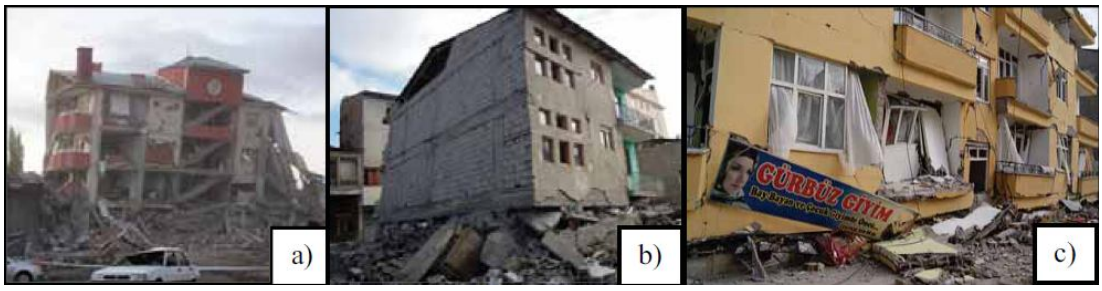


Şekil 1.11. Zayıf kat düzensizliğinden kaynaklanan hasarlar (Topçu, A., 2011).

b) B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'nci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı "*Rijit* Düzensizlik *Katsayısı"* η_{ki} değerinin 1.5'den fazla olması durumunda meydana gelmektedir (DBYBHY, 2007).

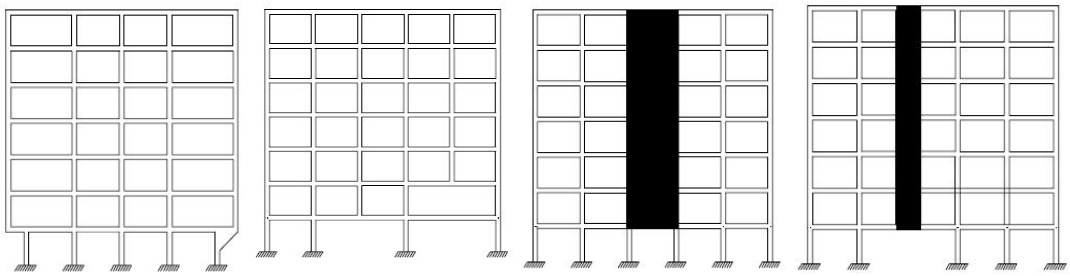
$$\eta_{ci} = \Delta_{(i)ort} / \Delta_{(i+1)ort} > 1.5$$



Şekil 1.12. Yumuşak kat düzensizliğinden Van-Erciş depreminde hasar gören yapılar (ODTÜ, 2011)

c) B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği Durumu

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon ve perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumdur (DBYBHY, 2007).





(a) Topçu, A., 2011



(b) Topçu, A., 2011



(c)

Şekil 1.13. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğini gösteren şekil ve fotoğraflar (Topçu A., 2011).

C. Taşıyıcı Elemanlar Arasında Düzensizlikler (güçlü kiriş-zayıf kolon)

Zayıf kolon-güçlü kiriş halinde kolonlar mekanizma durumuna geçerek, yapı göçme moduna girebilmektedir. Yapının istenmeyen bu davranışını engellemek için deprem yönetmeliği kolonların kirişlerden daha güçlü olacak şekilde tasarlanmasını öngörüyor. Bunun için de düğüm noktasına bağlanan kolon ve kirişlerin moment taşıma güçlerinin karşılaştırılmasını zorunlu tutmaktadır.

Kolonların güçlü, kirişlerin zayıf olması halinde ise plastik mafsallaşma kiriş uçlarında meydana gelmekte, büyük deformasyonlarda sistem stabilitesini koruyarak sünek bir davranış gösterebilmektedir. 1998'den önce yapılmaya başlamış bir yapıda güçlü kiriş-zayıf kolon düzensizliği Şekil 1.14'de görülmektedir.



Şekil 1.14. 1998'den önce yapılmaya başlamış bir yapıda güçlü kiriş-zayıf kolon düzensizliği görülmektedir (Korkmaz, H., 2012).

Plastik mafsallarının bir katın kolonlarının alt ve üst uçlarında oluşması sonucunda az sayıda plastik mafsal oluşumuyla yapı göçme konumuna gelecek ve can kaybı olabilecektir. Şekil 1.15'de güçlü kiriş-zayıf kolon düzensizliğinden kaynaklı yıkım görülmektedir. Bunun engellenmesi ve yapının plastik mafsalların kiriş uçlarında oluşacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

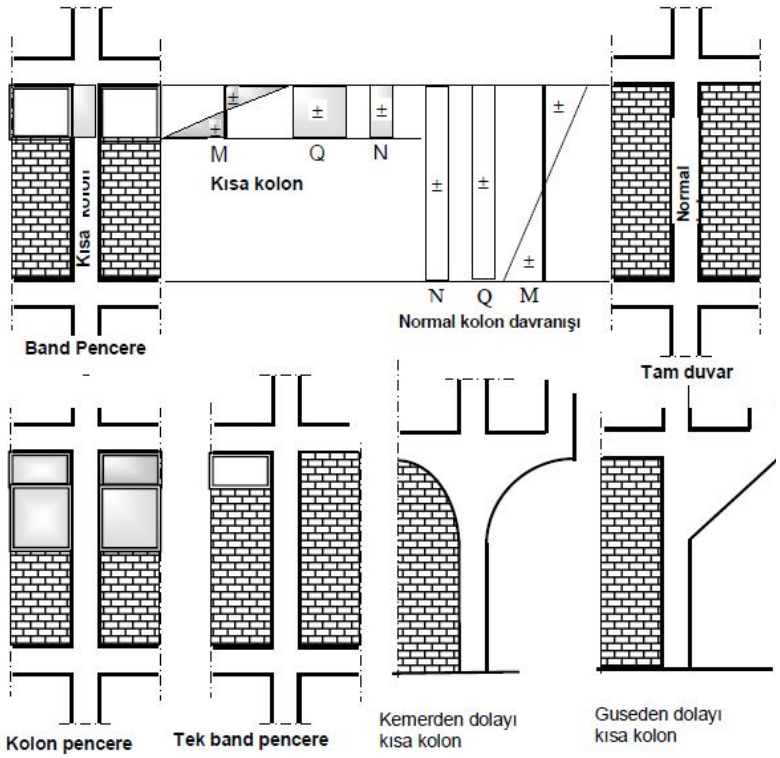


Şekil 1.15. Güçlü kiriş-zayıf kolon durumunda depremde yıkılan binalar görülmektedir (Çelebi E. ve ark., 2011).

D. Taşıyıcı Sistemde Kısa-kolon Davranışı

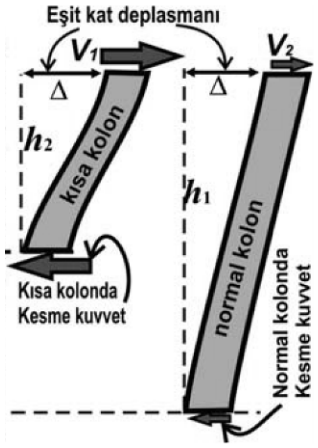
Yaygın olarak rastlanan hasar durumlarından biri de yapıda kısa kolonların oluşturulmasıdır. Özellikle bodrum katlarda dışta yapılan bant pencereli yığma duvarlar, yapıda kısa kolon oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle oluşan kesme kuvvetindeki artış, yapıda önemli hasarlara yol açmaktadır.

Yapılarda iki kolon arasında veya kolon yüzeyindeki dolgu duvarların veya beton perdelerin aydınlık, mimari görünüm ve havalandırma gibi sebeplerden dolayı eksik yapılması sonucunda kısa kolon oluşmaktadır. Yapının herhangi bir kattaki kolon boylarının diğer kattaki kolon boylarından küçük olması veya yapının eğimli bir araziye yapılması sonucu kısa kolon oluşturmaktadır. Yapılarda kısa kolon genellikle zemin ve bodrum katlarda bulunmaktadır. Yapıda bir pencerenin bir kenarının kolona diğer kenarının duvara gelmesi sonucu da kısa kolon oluşur. Özellikle bodrum katlarda dışta yapılan bant pencereli yığma duvarlar, yapıda kısa kolon oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle oluşan kesme kuvvetindeki artış, yapıda önemli hasarlara yol açmaktadır. Şekil 1.16'de kısa kolon oluşumu ve kısa kolon oluşmasına neden olan kısımlar gösterilmiştir.



Şekil 1.16. Kısa kolon oluşumu ve kısa kolon oluşmasına yol açan kısımlar (Topçu, A., 2011).

Kolonun belli bir yüksekliğine kadar duvar olması halinde kolonun belirli bir yüksekliğe kadar yatay etkiye karşı duvarlar tarafından desteklendiği ve kolon boyunun duvarsız kısmı normal kolon kesme kuvvetine oranla daha yüksek kesme kuvvetine maruz kaldığı bilinen bir gerçektir. Kısa kolon durumunu oluşturan duvardır. Şekil 1.17'de kısa kolon durumu ve kısa kolonun gerçek serbest boyu gösterilmiştir. Kısa kolon durumundaki kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları (h_2) ile tanımlanacaktır.



Şekil 1.17. Kısa kolon durumu ve serbest boyu.

1.1.1.3. Taşıyıcı elemanlarda kullanılan malzemelerin uygun olmaması

A. Beton kalitesi

1998'den önceki yönetmeliklerde elle dökülen betonların kullanılması ve yeterli denetimin yapılmaması neticesinde beton projede öngörülen basınç dayanımını sağlayamamaktadır. Şubat 2000 tarihinde revize edilen TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı", hacim usulüyle beton imalatını yasaklayarak, otomatik tartım usulüyle beton imalatını zorunlu kılmakta ve C14 ve daha düşük mukavemet sınıflarındaki betonların taşıyıcı sistemlerde kullanılamayacağını hükme bağlamaktadır.

01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği bu durumu göz önüne alarak, yapı kalitesinin yükseltilmesi ve depreme gerçekten dayanıklı binalar üretilmesi için deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20 olarak belirlemiştir. Böylelikle bir deprem esnasında olası can ve mal kaybını en aza indirmeye yönelik önemli bir adım atılmıştır.

1998'den önceki yönetmeliklere göre yapılan binalarda yönetmeliklerden uzak kalınmış C6, C8, C10, C12 gibi betonlar, yapılardan alınan karotlardan ortaya çıkmaktadır. Birkaç kusurda birleştiğinde deprem gibi bir etki olmadan bile kendi ağırlığından yapı hasar görmektedir. 1998'de önceki yönetmeliğe göre yapılmaya başlanmış, fakat bitirilememiş bir yapıda kullanılan kalitesiz beton Şekil 1.18'de görülmektedir.



Şekil 1.18. 1998'den önceki yönetmeliklere göre yapılan binalarda kalitesiz beton görülmektedir (Korkmaz, H., 2012).

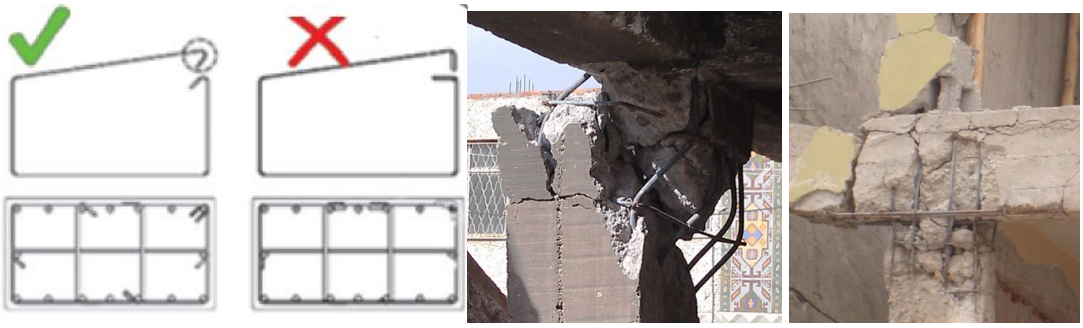
Van-Erciş depreminde İMO Diyarbakır şubesi (2011), tamamen göçmüş olan binaların 6 tanesinden beton karot numuneleri almış ve yapılan basınç deneyleri sonucunda binaların beton dayanımlarının 4.70 MPa ile 15.60 MPa arasında değiştiğini ve ortalama beton dayanımlarının 9 MPa olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca betonun şantiyede el ile karılarak yapıldığı ve tuvenan agrega, yani herhangi bir eleme ve yıkama işleminden geçirilmeyen dere malzemesi kullanıldığı bilgilerine ulaşmışlardır. Deprem bölgesindeki betonlarda yaygın olarak dere kumu kullanıldığı, granülometrinin çok kötü olduğu, agrega olarak yuvarlak yüzlü ve yumruk büyüklüğüne varan taşların kullanıldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, yerinde yapılan gözlemlerde betonun el ile sökülebildiğini belirtmişlerdir (Çelebi ve ark.,2011). Şekil 1.19'de deprem bölgesinde yıkılan binalarda kullanılan kalitesiz beton görülmektedir.



Şekil 1.19. Van-Erciş depreminde yıkılan binalarda kullanılan betonun genel durumu (Çelebi ve ark.,2011).

B. Donatı Detayı ve Kalitesi

1998'den önceki yönetmeliklerde S220 çelik sınıfının kullanılması mümkün olması ve yeterli denetimin yapılmaması neticesinde donatı projede öngörülen gerekli görevini yapamamaktadır. Şekil 1.20'de düz donatının (S220) kullanılmasından kaynaklanan mafsallaşma görülmektedir. Ayrıca donatı detaylarının özenli yapılmaması nedeniyle; dayanımı ve sünekliliği doğrudan etkileyen, donatı kenetlenme boyunun yetersiz olması, kiriş ve kolon uçlarında etriye sıklaştırması yapılmaması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kolon etriyesinin devam etmemesi ve etriye kancalarının dik yapılması neticesinde yapılar büyük hasar görebilmektedir. Şekil 1.20'de ayrıca etriye sıklaştırılmasının yapılmaması neticesinde Van-Erciş depreminde mafsallaşan kolon-kiriş birleşimlerini görülmektedir. Beton kalitesinin kötü olması nedeniyle de, aderans ve kenetlenme sorunları ortaya çıkmaktadır. Depremde hasar gören yapılarda meydana gelen donatı detaylarından kaynaklanan kusurlar Şekil 1.20'de görülmektedir.



Şekil 1.20. Etriye kancalarının doğru (135^0) ve yanlış uygulanması (90^0), **e**triye sıklaştırılması yapılmaması ve düz donatı (S220) kullanılmasından kaynaklanan depremde mafsallaşan kolonlar görülmektedir (Çelebi ve ark.,2011)

Deprem etkisi görmemiş, hasar görmemiş yapılarda da aynı kusurlar görülmektedir. Etriye sıklaştırılmasının yapılmaması, donatıların korozyonu, aks kayması neticesinde donatıların üst kolona şartnameye uygun olarak yerleştirilmemesi sonucunda yapı deprem etkisi görmeden zarar görebilmektedir. Şekil 1.21'de deprem etkisi görmemiş bir yapıda görülen donatı detayı kusurları görülmektedir.



Şekil 1.21. 1998'den önce yapılmaya başlamış, yapım sürecinde bir yapıda donatı yerleştirilmesi neticesinde oluşan kusurlar (Korkmaz, H., 2012).

1.1.2. Betonarme yapıların kullanım sürecindeki kusurlardan meydana gelen hasarlar

1.1.2.1. Yapının geometrisinde yapılan değişiklikler

Özellikle denetimden uzak gecekondu bölgelerinde ve kırsal bölgelerde yapılara kat eklenerek yapının geometrisinde, dolayısıyla davranışında değişikliğe neden olan kusurlar görülmektedir. Yapının mimari ve statik tasarımı neticesinde belirlenmiş kat adedi değiştirilmemelidir. Betonarme elemanlarının tasarımı belirlenen bu kat adedine göre yapılmaktadır. İlave edilen katlar deprem yükü altında yapının davranışını değiştirmektedir. Bu nedenle kesinlikle ilave kat uygulaması yapılmamalıdır.

Örneğin; Rize şehir merkezine yakın bir mahallede, kaçak olarak inşa edilen 2 katlı yapının üzerine ilave 2 kat daha eklenerek, yapının yükünü arttırılmıştır. Ancak temeli sağlam olmayan bina 4 katın ağırlığını taşıyamayarak, 22 Haziran 2011'de çökmüştür. Can kaybı olmayan bu tür olaylar, ülkemizin birçok bölgesinde görülmektedir (Anonim, 2011). İlave kat eklenerek yapı yükünün artmasına neden olan bina örneği Şekil 1.22'de gösterilmiştir.



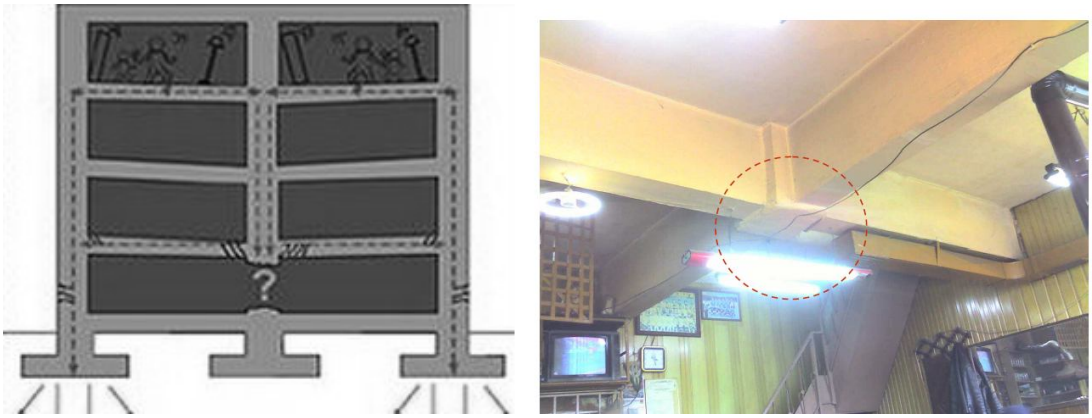
Şekil 1.22. İlave kat eklenerek yapı yükünün artmasına neden olan bina örnekleri (Anonim, 2012b).

1.1.2.2. Yapıların kullanım amacını değiştirmek

Binalara gelecek deprem yükü, yapının kullanım amacına göre hesap edilmektedir. Deprem yönetmeliğinde belirtilen "Bina önem katsayısı" yapının kullanım amacını gösteren ve hesaplarda kullanılan bir katsayıdır. Örneğin bir konut yapısı, daha sonra yurt binası gibi hizmet vermemelidir. Çünkü içerisinde bulunan yükler farklılık gösterecektir. Gazetelerin emlak sayfalarında, bir konut, emlakçılarda "yurt binası olarak satın alınabilir" gibi değerlendirilmeye çalışılsa da yapı kullanım amacına uygun hesap edilmediği için performans analizi yapılmalıdır. Ülkemizde konut ve/veya işyeri olarak hesap edilmiş yapılar okul, yurt ve otopark olarak kullanılmaktadır.

1.1.2.3. Yapının taşıyıcı elemanlarını değiştirmek veya kaldırmak

Yapı kullanım amaçlarına uygun yapılmadığı durumlarda, yeni amacına uygun olacak şekilde bazı yapı elemanlarını kaldırmak veya kesitini değiştirmek suretiyle yapının performansı düşürülmektedir. Bu durum, kesinlikle yapılmaması gereken bir uygulamadır. Şekil 1.23'de kolon kesilmesi olayı görülmektedir.



Şekil 1.23. Kolon kesilmesi nedeniyle kusurlu hale getirilmiş bir yapı (Topçu, A., 2011).

Ayrıca, yanlış detaylandırılmış tesisat boruları gibi elemanlar, yapı elemanlarının kesit ve davranışını değiştirecek şekilde zarar vermesi de istenmeyen bir durumdur. Şekil 1.24'de kiriş ve kolondaki kesit eksiltmeleri görülmektedir.



Şekil 1.24 Kiriş ve kolondaki kesit eksiltmeleri (Korkmaz, H., 2009)

1.1.2.4. Yapılara ağır makine, su deposu ve malzeme eklemek

Yapıların bodrum katlarına ve/veya zemin katlarına dinamik yük oluşturan makinelerin yerleştirilmesi, çatıların üzerine tasarım aşamasında hesaba dahil edilmeyen su deposu, güneş enerjisi panelleri, baz istasyon ekipmanlarının yerleştirilmesi yapıya ilave bir yük getirmektedir. Deprem yükü etkidiğinde bu yükler yapı davranışında olumsuz etkilere neden olmaktadır. Şekil 1.25'de bir yapının çatısında bulunan ilave yükler görülmektedir.



Şekil 1.25. Yapıların çatısında ilave yük oluşturan ekipmanlara bir örnek.

1.1.2.5. Yapıların su yalıtımının uygun yapılmaması durumu

Binaya dışarıdan ve içeriden gelebilecek, yapıya zarar veren su ve nemi binadan uzaklaştırmak gerekmektedir. Binaya giren su ve nem yapının taşıyıcı elemanlarında, betonunun çatlamasına ve betonarme donatısının korozyona uğrayarak taşıma kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Şekil 1.26'de yapı elemanlarındaki donatının korozyonu görülmektedir.

Su yalıtımı yapıları su ve nemden korumak amacı ile uygulanmaktadır. Su yalıtımı yaparak taşıyıcı elemanlarda yer alan donatının korozyonunu engelleyerek yapının taşıma kapasitesinin düşmemesini sağlamalıyız.

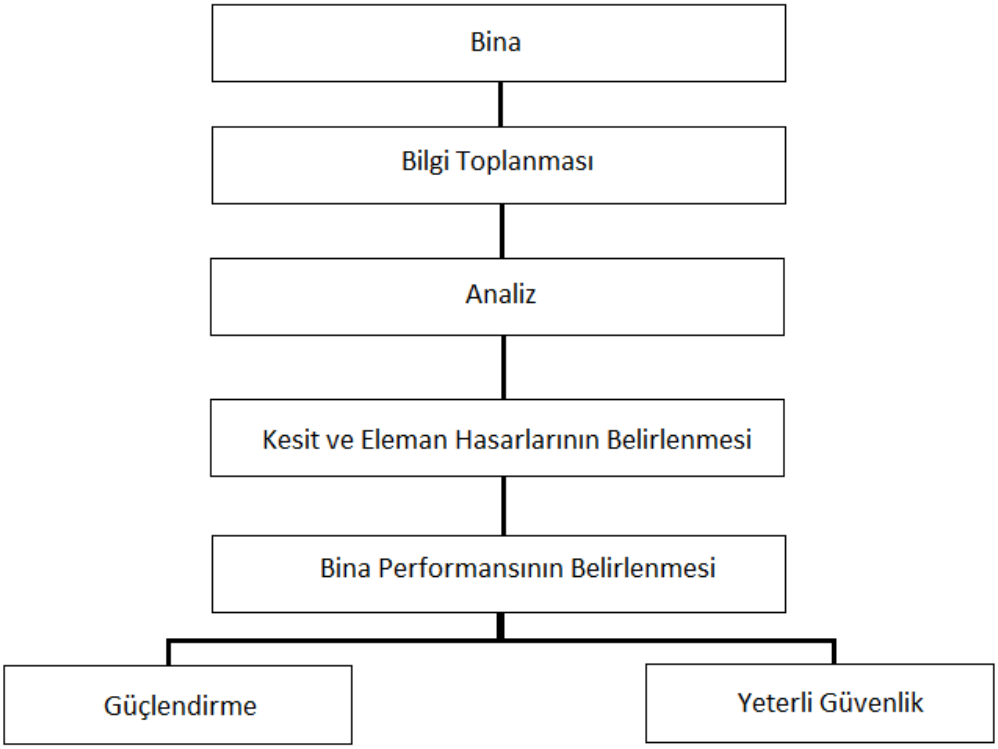


Şekil 1.26. Donatısı korozyona uğramış bir kolon-kiriş birleşim detayı (Korkmaz, H., 2009).

1.2. GÜÇLENDİRME SAFHALARI

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri bu bölümde anlatılacaktır (DBYBHY, 2007).

Performans binanın deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturmamasına, deprem sonrasında binanın tekrar kullanılıp kullanılmamasına göre ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir. Bir binanın performans hesabı neticesinde yeterli güvenliğe sahip olup olmadığı Şekil 1.27'de gösterilen akış şemasına göre yapılmalıdır.



Şekil 1.27. Binanın performans hesabı neticesinde yeterli güvenliğe sahip olup olmadığını gösteren akış şeması gösterilmiştir.

1.2.1. Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir (DBYBHY, 2007).

Bir binanın taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde öncelikle kapsamlı zemin etütlerin yapılması gerekmektedir. Zemin etütlerinde, analizde kullanılmak üzere zemin sınıfı, zeminin emniyetli taşıma gücü, zemin yataklanma katsayısı, zemin hakim titreşim periyodu parametrelerinin bilinmesi gereklidir.

Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri, taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Çizelge 1.2'de verilmektedir. Malzeme dayanımları, özellikle TS500'de belirtilen malzeme katsayılarına bölünmeyecek ve eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır. Mevcut malzeme dayanımları karot alınarak bulunacaktır. Şekil 1.28'da mevcut yapı elemanından karot alınması gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Binalar için Bilgi Düzey Katsayıları (DBYBHY, 2007).

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,0



Şekil 1.28. Mevcut yapı elemanından karot alınması (Korkmaz, H., 2009).

1.2.1.1. Betonarme Elemanlarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

- ✓ *Bina Geometrisi:* Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılmalıdır. Binanın mimari projesi mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanlarının ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve bu bilgiler hesap modelinin oluşturulması için yeterli düzeyde

olmalıdır. Temel tipi binanın içinde veya dışında açılacak yeterli miktarda muayene çukuru ile belirlenmelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri düzensizlikler/olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenmelidir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirtilmelidir (DBYBHY, 2007).

- ✓ *Eleman Detayları:* Sınırlı bilgi düzeyinde betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki yönetmelikteki minimum donatı koşullarını sağladığı düşünülür. Bu düşüncenin doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonlarının %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyları tespiti yapılmalıdır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümünde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılmalıdır. Ayrıca paspayı sıyrılmayan yapı elemanlarının %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenmelidir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer yapı elemanlarında uygulanarak donatı miktarları hesaplanacaktır (DBYBHY, 2007).
- ✓ *Malzeme Özellikleri:* Her katta kolonlardan ve perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton karot alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanım olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, sıyrılan yüzeylerde yapılan gözle muayene ile düz veya nervürlü olmasına göre akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktı. Gözle muayenede donatısında korozyon gözlenen yapı elemanı röleveden elde edilen planda işaretlenerek, bu durum kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır (DBYBHY, 2007).

1.2.1.2. Betonarme Elemanlarda Orta Bilgi Düzeyi

- ✓ *Bina Geometrisi:* Binanın betonarme projesi mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Projede bazı detaylar yok ise, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılmalıdır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanlarının ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve bu bilgiler hesap modelinin oluşturulması için yeterli düzeyde olmalıdır. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri düzensizlikler/olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenmelidir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirtilmelidir. Temel tipi binanın içinde veya dışında açılacak yeterli miktarda muayene çukuru ile belirlenmelidir (DBYBHY, 2007).
- ✓ *Eleman Detayları:* Orta bilgi düzeyinde betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyindeki eleman detayları geçerlidir. Ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısı %10'undan az olmamalıdır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için bilgi düzeyi sınırlı olan binalardaki gibi olmalıdır. Ayrıca paspayı sıyrılmayan yapı elemanlarının %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenmelidir. Betonarme proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunan durumlarda betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer yapı elemanlarında uygulanarak donatı miktarları hesaplanacaktır (DBYBHY, 2007).
- ✓ *Malzeme Özellikleri:* Her katta kolonlardan ve perdelerden toplam 3 adetten az olmamak şartıyla ve binada toplam 9 adetten az olmamak kaydıyla, her 400 m^2'den TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde beton karot alınarak deney yapılacaktır. Örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanım olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deneyleri sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilmektedir. Donatı sınıfı, sıyrılan yüzeylerde

yapılan gözle muayene ile düz veya nervürlü olmasına göre akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktı. Gözle muayenede donatısında korozyon gözlenen yapı elemanı röleveden elde edilen planda işaretlenerek, bu durum kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır (DBYBHY, 2007).

1.2.1.3. Betonarme Elemanlarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

- ✓ *Bina Geometrisi:* Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle projedeki verilerin uygunluğu kontrol edilir. Projeler röleve sonucu elde edilen verilerle önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri düzensizlikler/olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenmelidir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirtilmelidir. Temel tipi binanın içinde veya dışında açılacak yeterli miktarda muayene çukuru ile belirlenmelidir (DBYBHY, 2007).
- ✓ *Eleman Detayları:* Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyindeki işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payları sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyindeki eleman detayları kısmı geçerlidir. Ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısı %10'undan az olmamalıdır (DBYBHY, 2007).

Betonarme proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunan durumlarda betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer yapı elemanlarında uygulanarak donatı miktarları hesaplanacaktır (DBYBHY, 2007).

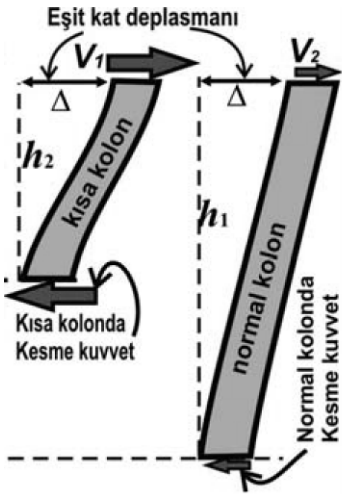
- ✓ *Malzeme Özellikleri:* Her katta kolonlardan ve perdelerden toplam 3 adetten az olmamak şartıyla ve binada toplam 9 adetten az olmamak kaydıyla, her 200 m^2'den TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde beton karot alınarak deney yapılacaktır. Örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanım olarak alınmalıdır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deneyleri sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilmektedir. Donatı sınıfı, sıyrılan yüzeylerde yapılan gözle muayene ile tespit edilmelidir. Her sınıftaki çelik için (S220, S420 vb.) birer adet örnek alınarak çekme deneyi yapılacaktır. Bu deney sonucunda çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Betonarme projeye uygun ise eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değilse, en az üç adet örnek alınarak deney yapılmalı, elde edilen en elverişsiz değer mevcut çelik dayanımı olarak alınmalıdır. Gözle muayenede donatısında korozyon gözlenen yapı elemanı röleveden elde edilen planda işaretlenerek, bu durum kapasite hesaplarında dikkate alınmalıdır (DBYBHY, 2007).

1.2.2. Projelendirme Safhası

1.2.2.1. Mevcut Yapının Analizi

Betonarme elemanlarda elde edilen bina geometrisi, betonarme elemanların detayları ve malzeme özellikleri 3 boyutlu olarak modellenmelidir. Bu modellemede zemin parametreleri, bilgi düzeyine göre elde edilmiş mevcut beton dayanımı, mevcut çelik dayanımı, bilgi düzeyine göre bulunmuş donatı çap ve yerleşimi ayrıntılı olarak girilmelidir. Analiz yapılırken aşağıdaki hususlara dikkate alınmalıdır.

- ✓ Deprem etkisinin tanımında azaltılmamış ivme spektrumu (R_a=1) kullanılmalıdır.
- ✓ Deprem hesabında bina önem katsayısı I=1 alınmalıdır.
- ✓ Kısa kolon durumundaki kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları (h_2) ile tanımlanacaktır.



Şekil 1.29. Kısa kolon durumu ve serbest boyu.

Şekil 1.29'da kısa kolon durumu ve kısa kolonun gerçek serbest boyu gösterilmiştir.

- ✓ Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- ✓ Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak ve kütle merkezlerine ek dış merkezlik uygulanmayacaktır. (tasarımda ek dış merkezlik %5 olarak uygulanır)

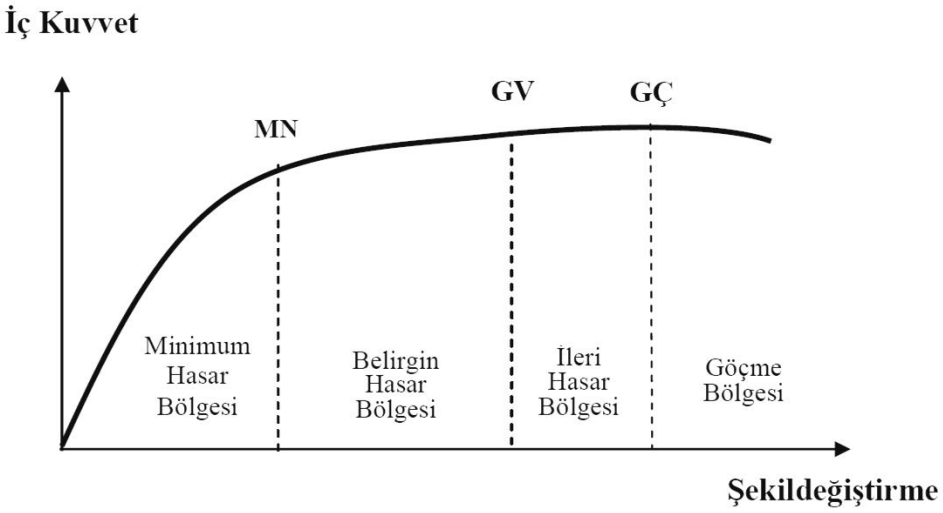
1.2.2.2. Performans Analizi

Binaların deprem etkisi altında güçlendirmeye gerek duyup duymadıkları performans seviyeleri ile belirlenmektedir. Performans seviyeleri, binanın deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binada bulunan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlardaki hasarın miktarına, oluşan hasarın can güvenliği açısından bir tehlike oluşturup oluşturmadığına ve deprem sonrasında binanın hemen kullanılıp kullanılmadığına göre belirlenir. Sınır durumlar Şekil 1.30'da gösterildiği gibidir. Deprem sonrası hasarlı binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi performans analizine göre yapılmaz (DBYBHY, 2007).

MN: Minimum hasar sınırıdır.

GV: Güvenli sınırdır. Dayanımı güvenli olarak sağlayabilecek davranış sınırıdır.

GÇ: Göçme Sınırıdır.



Şekil 1.30. Yapı elemanlarında sınır durumlar (DBYBHY, 2007).

Çizelge 1.3. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (DBYBHY, 2007).

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Depremin Aşılma Riski		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	---	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	---	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri, vb.	HK	CG	---
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksit, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu binalar, vb.	---	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları vb.)	---	CG	---

- ✓ **Hemen kullanım seviyesi (HK):** Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'nde bulunabilir. Ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde olmalıdır. Binayı güçlendirmeye gerek yoktur (DBYBHY, 2007).

- ✓ **Can güvenliği seviyesi (GÖ):** Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (*) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir (DBYBHY, 2007).

  (*) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olmalıdır (DBYBHY, 2007).

  Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (DBYBHY, 2007).
- ✓ **Göçme Öncesi Performans Seviyesi (GÖ):** Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Fakat binanın herhangi bir katında alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (DBYBHY, 2007).
- ✓ **Göçme Durumu:** Bina Göçme Öncesi performans seviyesini sağlamıyorsa Göçme Durumundadır. Binanın mevcut durumunda kullanımı, can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirme, ekonomik olarak verimli olmayabilir (DBYBHY, 2007).

1.2.2.3. Güçlendirme Durumu Hesapları

Analizler sonucunda güçlendirme gerektiği sonucuna varılan yapıda güçlendirme metodunun seçilmesi gerekmektedir. Örnek olarak en sık kullanılan yöntemlerden betonarme perdelerle güçlendirme yöntemi ele alınırsa;

- ✓ Yapıya eklenecek betonarme perdeleri yapının mimari fonksiyonlarına en az müdahale içerecek şekilde düzenlenmelidir.
- ✓ Betonarme perdeler A1 burulma düzensizliğini oluşturmayacak şekilde ve planda simetriye dikkat edilerek yerleştirilmelidir.
- ✓ Güçlendirme projesi statik hesaplarında mevcut yapıdaki beton ve donatı kalitesi ile güçlendirme elemanlarının beton ve donatı kalitelerinin ayrı olarak tanımlanmalıdır.
- ✓ Yapıya ilave edilen betonarme perdeleri yapı yüksekliği boyunca sürekli olacak şekilde düzenlenmelidir.
- ✓ Deprem yönetmeliğinde belirtilen düzensizliklerin oluşmamasına dikkat edilmeli ve göreceli kat ötelenmeleri sınır değerlerin altında kalınmalıdır.

1.3. GÜÇLENDİRME SINIFLANDIRILMASI

Deprem dayanımı zayıf yapılarda veya deprem sonrası yönetmelikte belirlenen hasarların oluştuğu yapılarda, yetersizlikleri ve hasarları gidermek, yapıları güvenli olarak kullanılabilir duruma getirmek için söz konusu yapının veya bazı yapı elemanlarının onarımı ve/veya güçlendirilmesi gereklidir.

Güçlendirme: Yapı veya yapı elemanlarının, yük taşıma kapasitesinin, rijitliğinin ve sünekliğinin artırılarak istenilen düzeye çıkartılmasıdır (Celalettin ve ark., 2000).

Onarım: Hasar görmüş yapı veya yapı elemanlarının kapasitelerinin yeterli düzeye getirilmesi olarak tanımlanabilir (Celalettin ve ark., 2000).

Esas olarak güçlendirme ve onarım yöntemlerin temel amaçları şu şekilde sıralanabilir;

a) Yapıların deprem yükü taşıma kapasitelerini,
b) Yapıların rijitliklerini
c) Yapıların sünek davranışını ve
d) Yapının enerji tüketme kapasitesini arttırmaktır.

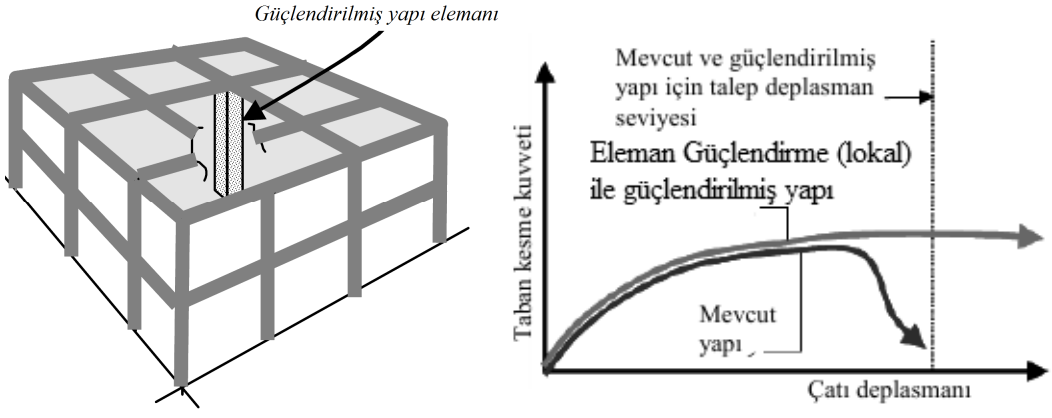
Binanın hedeflenen performans düzeyine erişmesi için aşağıdaki işlemlere başvurulur;

- Deprem hasarlarına neden olacak kusurların giderilmesi (yapı elemanlarının güçlendirilmesi).
- Deprem güvenliğini arttıran yeni yapı elemanlarının eklenmesi (çerçeve sistem eklenmesi, güçlendirme, betonarme perde eklenmesi gibi).
- Yapının ölü yükünün azaltılması.
- Yapı elemanlarında kuvvet aktarımının sürekliliğin sağlanması (aks kayması, saplama kiriş problemlerini kaldırılması gibi).

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için eleman ve bina sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Sistem ve eleman güçlendirmesi olarak uygulanmaktadır.

1.3.1. Eleman Güçlendirmesi

Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin arttırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemlere, *eleman güçlendirmesi* denir (DBYBHY, 2007). Şekil 1.31'de mevcut yapıya eleman güçlendirmesinin katkısı görülmektedir.

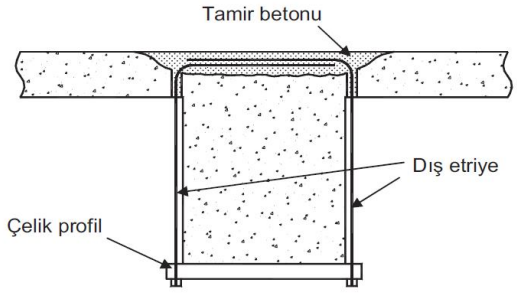


Şekil 1.31. Eleman güçlendirmesi (Moehle,2000)

1.3.1.1. Kirişlerin Güçlendirilmesi

Betonarme kirişler, kesme dayanımını ve süneklilik kapasitelerin arttırmak için güçlendirilebilir. Yeterli performansa sahip olmayan kirişler; dıştan etriye ekleme, çelik levha yapıştırılması, lifli polimer sargı ile güçlendirme ve kirişlerin mantolanması ile güçlendirilebilir.

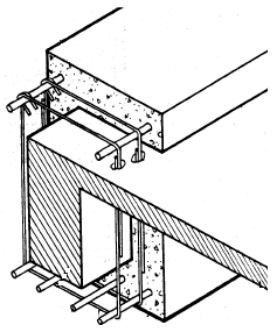
A. Dıştan etriye eklemek: Kesme dayanımı yetersiz olan kirişlerin mesnet bölgelerinde yapı elemanının performans değerine göre, yeterli sayıda etriye kirişin iki tarafına Şekil 1.32'da gösterildiği gibi dıştan eklenecektir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilecektir. Daha sonra betonda açılan boşluklar yüksek mukavemetli beton ile doldurulacaktır (DBYBHY, 2007).



Şekil 1.32. Kirişe dıştan etriye ekleme (DBYBHY, 2007)

B. Kirişlerin mantolanması

Yapının performans hesabına göre kirişin hem kesme dayanımını hem de eğilme kapasitesini arttırmak amacı ile ilave boyuna donatılar ve etriyeler kullanılarak güçlendirilme yapılabilir (AFAD, 2011). Şekil 1.33'de kirişin mantolanması görülmektedir.



Şekil 1.33. Kirişin mantolanması.

C. Lifli polimer (LP) ile sarma

Kirişlerin sünekliliğini ve kesme dayanımını yükseltmek amacı ile bu yöntem uygulanabilir. Bu yöntemin verimli olarak uygulamak için tüm kesit çevresinin sarılması ve kirişlerde köşelerin minimum 30 mm yarıçapında yuvarlatılması gereklidir. LP ile sargılamalarda sargı sonunda minimum 200 mm bindirme yapılmalıdır (DBYBHY, 2007). Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. İnşaat Müh. Bölümü Deprem Laboratuvarında LP sarma uygulaması Şekil 1.34'de görülmektedir.



Şekil 1.34. Kiriş-kolon birleşimlerinde LP sarma uygulaması (Korkmaz, H., 2009).

D. Çelik Sargı

Çelik sargı dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanması ile oluşturulur. Köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalıdır. Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır (DBYBHY, 2007).



Şekil 1.35. Kirişlerin çelik sargı ile güçlendirilmesi ve deneysel çalışması (Korkmaz, H., 2009).

1.3.1.2. Kolonların güçlendirilmesi

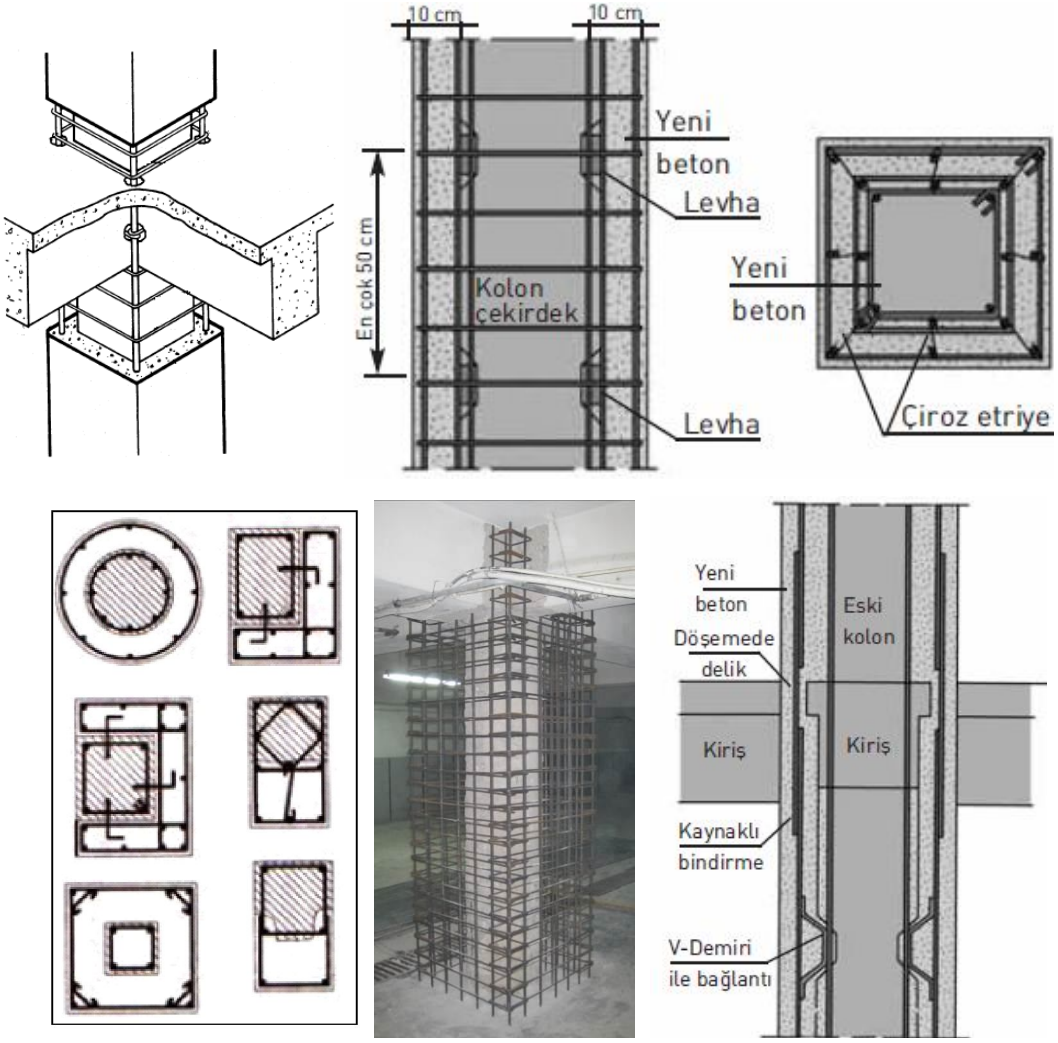
Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının arttırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için betonarme sargı, çelik sargı, lifli polimer sargı kullanılarak güçlendirme yapılır. Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için betonarme manto yapılarak güçlendirme yapılır. Böyle yapılarak kolonların eğilme kapasitesini arttırmanın yanında kolonun kesme ve basınç dayanımının artmasına neden olur.

A. Betonarme Manto:

Mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanacaktır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. Minimum manto kalınlığı 100 mm olmalıdır. Betonarme manto alt kat döşemesinin üstünde başlamalı ve tavana kadar sürmelidir. Şekil 1.36'de betonarme mantosunun uygulanmasına ait örnekler gösterilmektedir. Mantolanmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları (mevcut beton ve donatı+ manto betonu ve donatısı) ile manto betonunun tasarım dayanımı olarak kullanılacak, ancak elde edilen dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılmalıdır. Betonarme mantosunda aşağıdaki hususlar sağlanmalıdır (DBYBHY, 2007).

- ✓ Manto boyuna donatısı, etriyelerle sarılmalıdır.
- ✓ Bu etriyelerin serbest boyu etriye çapının 25 katını ($25\phi_e$) geçmeyecek bir biçimde seçilmelidir (ara boyuna donatısı özel ankrajla mevcut betona tutturularak ek süneklik sağlanmalıdır.)
- ✓ Manto boyuna donatısının sürekliliği dolayısıyla moment aktarımı iki ayrı yöntemle sağlanabilir;
    - Kirişe açılan deliklere epoksi ile yerleştirilen filizlerle
    - Kiriş derinliğinin az olduğu durumlarda, kirişe boydan boya açılan deliklerle donatının sürekliliği sağlanmalıdır.
- ✓ Epoksi uygulamasında delik derinliği, donatı çapının 15 katından az olmamalıdır.

- ✓ Ankraj içilen açılan delik ankraj donatısının ve epoksi reçinesini içine alacak şekilde geniş (≈5 mm) açılmalıdır.
- ✓ Yeni ve eski betonun aderansının sağlanması için mevcut kolonun yüzeyindeki sıva tabakası sıyrılacak ve beton yüzeyleri pürüzlendirilecektir.



Şekil 1.36. Betonarme manto uygulanması örnekleri (AFAD, 2011).

Mantolama işleminin üst katlarda da devam etmesi durumunda donatılar kat düzeyini geçerken kullanılan bindirmeli ek uygulamasının şematik gösterimi Şekil 1.36'da verilmiştir (AFAD, 2011).

B. Çelik Sargı:

Bu güçlendirme yönteminde güçlendirilecek kolonun dört köşesine boyuna olacak şekilde köşebent yerleştirilerek ve köşebentler belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanması ile oluşturulur. Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır. Dört köşede bulunan köşebentler mevcut kolona iyice yaslanması için gerektiğinde işkenceyle sıkılmalıdır. Eksenel yük kapasitesini, kesme kapasitesini ve sünekliği artırmak için kullanılan bu yöntem titiz ve ustalık gerektiren bir uygulamadır (DBYBHY, 2007). Şekil 1.37'da dikdörtgen ve dairesel kolonların güçlendirilmesine örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.37. Dikdörtgen ve dairesel kolonların çelik sargı ile güçlendirilmesine örnekler (Korkmaz, H., 2009).

C. Lifli polimer (LP) sargı:

Lifli polimer sargı güçlendirilecek kolonun çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile yapılır. LP sargısı ile betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları ile boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetlenme dayanımını arttırmaktadır. LP sargılama ile yapılan güçlendirmelerde tüm kesit çevresinin sarılmalı ve sargı sonunda minimum 200 mm bindirme yapılmalıdır. LP sargısı dikdörtgen kolonlarda kolon köşelerinin minimum 30 mm yarıçapında yuvarlatılması gereklidir. LP uygulaması üretici firma tarafından önerilen yönteme ters düşmemelidir (DBYBHY, 2007).

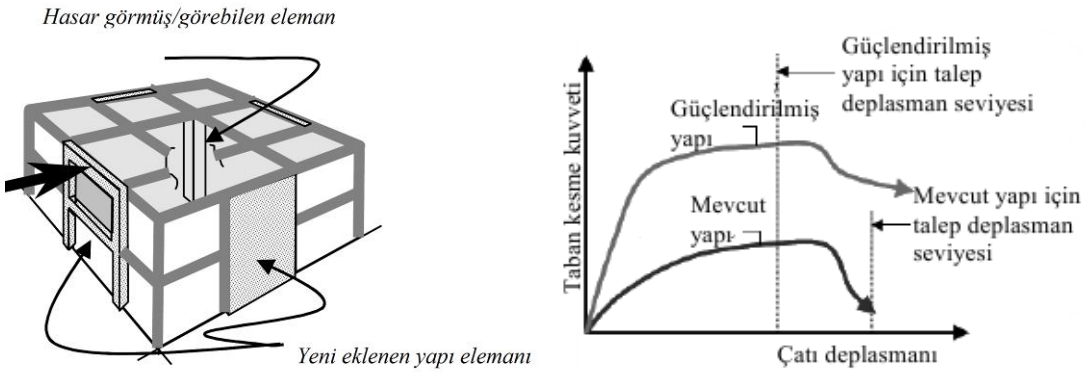
LP ile sargılanan kolonlarda kesme, eksenel basınç ve kenetlenme dayanımlarında ve süneklik artışında artışı meydana gelmektedir. Şekil 1.38'de dairesel ve dikdörtgen kolonlarda uygulanan LP güçlendirme metodu görülmektedir.



Şekil 1.38. Dairesel ve dikdörtgen kolonlarda LP uygulaması örneği (Korkmaz, H., 2009).

1.3.2. Sistem Güçlendirmesi

Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin arttırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütlesinin azaltılmasıyla gerçekleştirilen *sistem güçlendirmesidir* (DBYBHY, 2007). Şekil 1.39'da mevcut yapıya sistem güçlendirmesinin katkısı görülmektedir. Deprem dayanımı oldukça yetersiz yapılarda genelde uygulanan güçlendirme yöntemi, sistem iyileştirilmesidir.



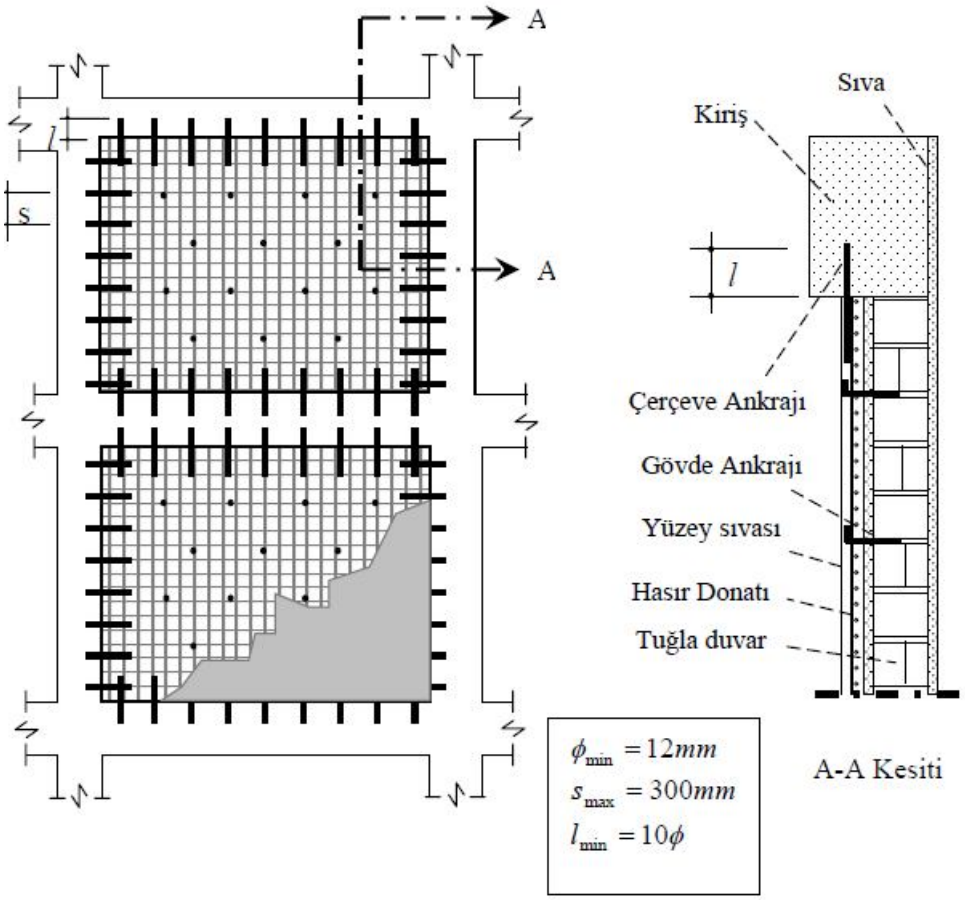
Şekil 1.39. Sistem güçlendirmesi (Moehle,2000)

1.3.2.1. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

Bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı güçlendirme yöntemleri ile arttırılabilir.

A. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi

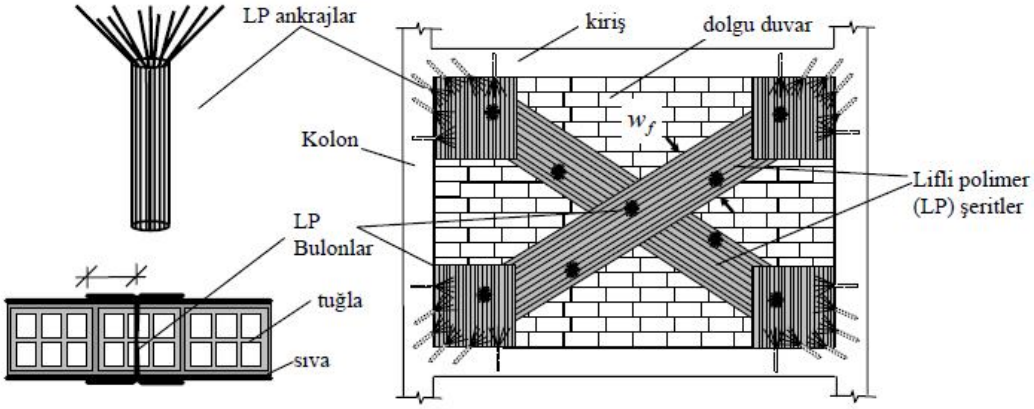
Dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan hasır çelik donatılı, özel karışımlı sıva tabakası ile arttırılabilir (DBYBHY, 2007). Şekil 1.40'de dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesinin detayları görülmektedir.



Şekil 1.40. Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi (DBYBHY, 2007).

B. Dolgu duvarlarının lifli polimerler (LP) ile güçlendirilmesi

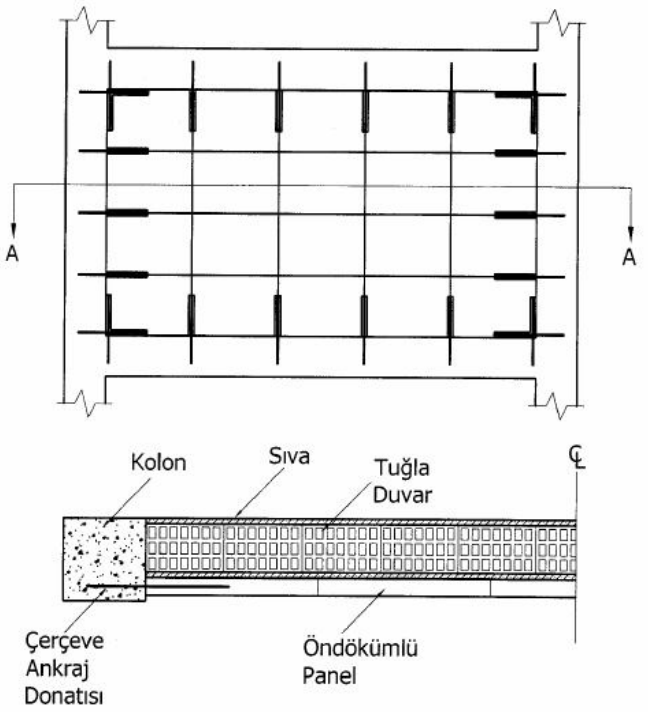
Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan lifli polimerler (LP) ile arttırılabilir (DBYBHY, 2007). Şekil 1.41'de dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi ilgili detaylar gösterilmektedir.



Şekil 1.41. Dolgu duvarlarının lifli polimerler ile güçlendirilmesi (DBYBHY, 2007)

C. Dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi

Dolgu duvarların kesme dayanımı ve rijitliği, ön dökümlü beton panel elemanlar kullanılarak artırılabilir. Bu tip güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında değişen duvarlarda uygulanmalıdır. Bu uygulamada prefabrike paneller, mutlaka çerçeve içinde kalacak şekilde yerleştirilecek, dış merkezli olarak yerleştirilmeyecektir. Çerçeveye yük aktarımın düzgün olması için ankraj düzenlemesi titiz yapılmalıdır. Uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü arasında minimum panel kalınlığı kadar boşluk olmalıdır ki bu tür bir duvar güçlendirilmesi uygulanabilsin. Şekil 1.42'de dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi ilgili detaylar gösterilmektedir (DBYBHY, 2007).



Şekil 1.42. Dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi (DBYBHY, 2007).

1.3.2.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Yanal rijitliği ve dayanımı yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

A. Çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi

Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve ihtiyaç halinde perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen perde elemanı arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılayabilecek şekilde düzenlenmelidir (DBYBHY, 2007). Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu konuyla ilgili Öğr. Gör. Fatih Süleyman Balık'ın (2012) yaptığı doktora çalışması Şekil 1.43'de verilmiştir.



Şekil 1.43. Çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi ile ilgili deneysel çalışma.

B. Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi:

Betonarme sisteme eklenecek perdeler dış çerçeve aksının dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenerek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Perdeler bitişik olduğu çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışması sağlanmalıdır. Bu çubuklar, mevcut çerçeve ile sisteme eklenen dış merkezli erde elemanı arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında meydana gelen kayma gerilmelerini karşılayabilmelidir (DBYBHY, 2007). Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınmalıdır. Doktora çalışması için yapılan deneysel çalışmalar bu tip güçlendirmenin konusu içerisindedir. Daha detaylı hesaplar ve çalışmalar materyal ve metot kısmında yer almaktadır.

1.3.2.3. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi

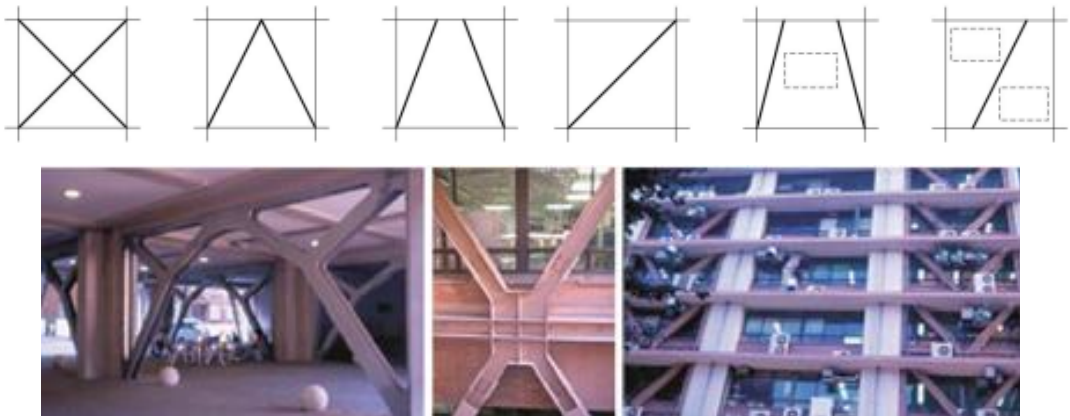
Betonarme sistemin dışına yeni çerçeveler eklenerek yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenecektir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlanacaktır.

1.3.2.4. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin azalan kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olacaktır. En etkili kütle azaltılması türleri binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb. tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkonların, parapetlerin, bölme duvarların, cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesidir (DBYBHY, 2007).

1.3.2.5. Çelik diyagonal çubuklarla bağlantı yapılması:

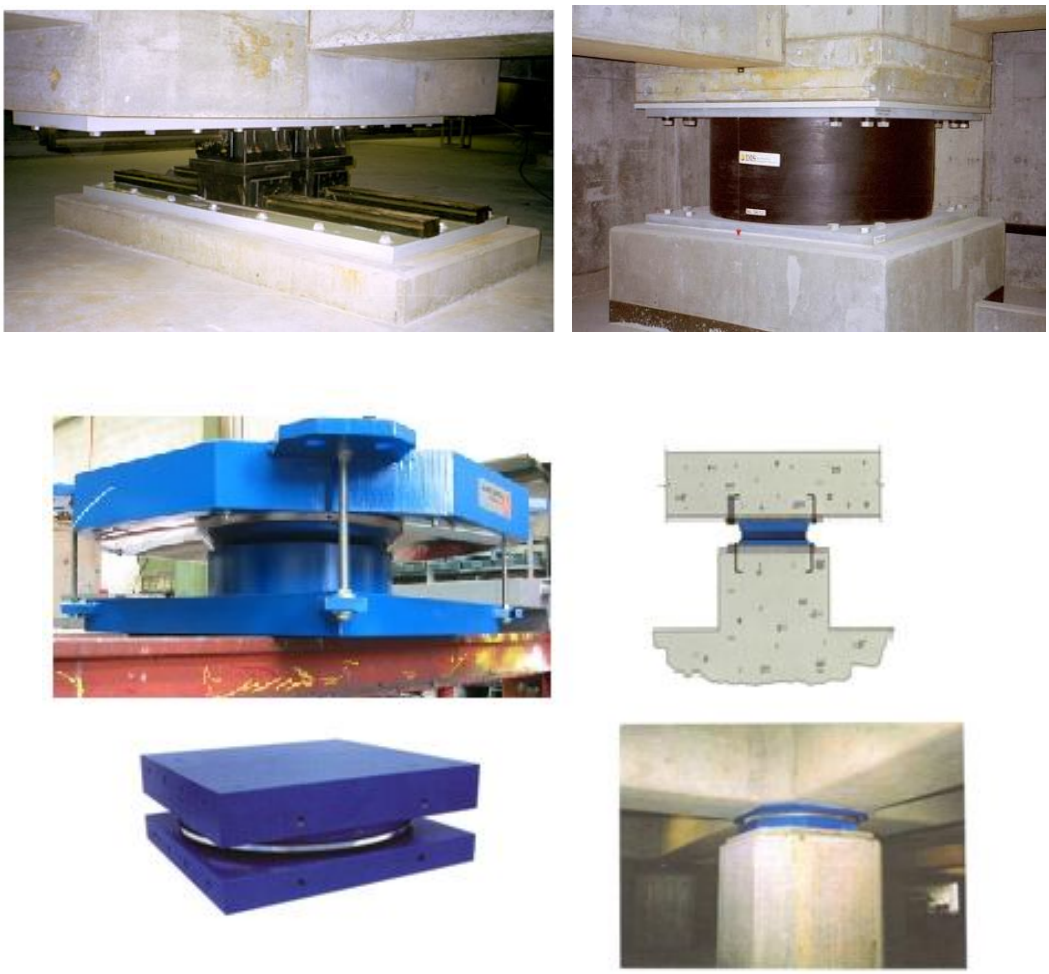
Yapıya perde duvarların konulması yapının ağırlığını ve dolaylı olarak da yapıya gelen yanal deprem yüklerini arttırabilir. Bu olumsuzluktan kaçınmak için çerçeve boşlukları arasına çelik çerçeveler veya diyagonal elemanlar konularak güçlendirme yapılabilir. Yapılan deneysel çalışmalar bu tür güçlendirme tekniği kullanılarak yapının rijitliğinin 4-5 katı kadar artırılabileceğini göstermiştir. Ancak, bu tür çelik çerçeveler perdelere oranla daha az dayanıklı olur. Aynı zamanda da maliyetleri daha yüksektir.



Şekil 1.44. Çelik diyagonallerle güçlendirme (AFAD, 2011)

1.3.2.6. Sismik İzolatörler

Sismik izolatörler yapının depreme dayanma kapasitesini arttırmak yerine, binaya gelen sismik enerjiyi yapının periyodunu uzatarak azaltma esasına dayanan bir güçlendirme metodudur. Bu güçlendirme metodu ile yapıya gelen kuvvetler azalır, kat ivmeleri küçülür ve katlar arası göreceli kat deplasmanları azalmaktadır (MEGEP, 2011).



Şekil 1.45. Farklı firmaların sismik izolatörleri ve uygulanması (MEGEP, 2011).

1.4. Çalışmanın Amacı

Son on yılda ülkemizde yaşanan depremlerden sonra yapılan inceleme ve araştırma sonuçlarına göre deprem bölgelerinde inşa edilmiş yapıların büyük bir kısmında tasarım ve yapım kusurlarının olduğu bilinmektedir. Bu gerçeklerden yola çıkılarak hazırlanan bu çalışmada; depreme karşı yapı tasarımında, uygulanan düzlem dışı betonarme perde duvarla güçlendirme yöntemlerinde pencere boşluklarının yeri ve boyutunun yapıların yatay yük taşıma kapasitelerine sismik açıdan etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Bu çalışma ile güçlendirme uygulamalarının önündeki büyük engellerden olan bina kullanımının aksaması ve mimari kaygıların giderilmesine olanak sağlayacak yeni bir güçlendirme yönteminin ortaya konması hedeflenmektedir.

Güçlendirme çalışmalarında; güçlendirme yönteminin seçiminde maliyet (yapım süreci ve bakım sürecinde meydana gelen harcamalar), uygulanabilirlik (uzman ekip ve materyal imkanı), mimari nedenler (bitişik nizam yapılar, kat sayısı fazla binalar gibi), yapının fonksiyonelliğinin azaltılması veya değiştirilmesi, işlemin tamamlanma süresi ve uygulanması düşünülen yöntemin yapının ölü yükünü ne kadar değiştirdiği etkilidir.

Hazırlanan bu çalışmada; betonarme perde ile güçlendirme çalışması mevcut binalarda dışarıdan içeriye müdahale etmeden (beton dökümü, demir bağlama işleri gibi) tuğla dolgu duvar dış yüzü kalıp gibi kullanılarak ve özellikle pencere boşluklarının korunması amacıyla yapılmış bir çalışmadır. Gerçek binalarda uygulanacak bu yöntemde binanın ölü yükünü azaltmak için beton prizini aldıktan sonra tuğla dolgu duvarın kaldırılması esas alınarak bu araştırma düşünülmüştür.

Ayrıca uygulanacak düzlem dışı betonarme perde duvarın mevcut kolonlara yük aktarımının daha iyi olabilmesi için kolon mantolanması da dikkate alınmıştır.

Bu tür bir güçlendirme çalışması Akşehir'de bir yurt inşaatında yapılmıştır. Bu çalışmanın aşama aşama gösterimi Şekil 1.46, Şekil 1.47, Şekil 1.48 ve Şekil 1.49'daki gibidir.



Şekil 1.46. Temelin kalıp ve donatı detayları (a) beton döküldükten sonraki hali (b). (Korkmaz, H., 2009)



Şekil 1.47. Bodrum katın dıştan perde duvar ile güçlendirmesi donatı düzenlenmesi (Korkmaz, H., 2009)



Şekil 1.48. Mevcut kolonların mantolanması (Korkmaz, H., 2009)



Şekil 1.49. Zemin kat ve birinci katın dıştan perde ile güçlendirilmesi (Korkmaz, H., 2009)

Deprem gibi yatay yüklerin yapıya etkimesi durumunda, betonarme yapılardaki pencere boyut ve yerleşim değişiminin uygulanacak düzlem dışı betonarme perdede bulunan pencere boşluklarının konumu ve boyutunun yapı davranışını nasıl etkilediği deneysel olarak araştırılmıştır.

Yapılan bu tez çalışması, amacına paralel olarak bilimsel bir bütünlüğü sağlaması için Arş Gör. Alptuğ ÜNAL'ın tamamlanmış yüksek lisans çalışması *"TDY 2007'ye göre tasarlanmış betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmesi"* ve doktora tez çalışması tamamlanmış Öğr. Gör. Fatih Süleyman Balık'ın *Betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş deprem davranışı yetersiz betonarme çerçevelerin davranışına pencere boşluklarının etkisinin* devamı niteliğindedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapılan bu tez çalışmasında yararlanılan kaynaklar, depreme karşı güvensiz yapıların güçlendirilmesi ile ilgili deneysel ve teorik olarak yapılmış olan çalışmalar, kronolojik sıra ile aşağıdaki gibi özetlenerek verilmiştir;

Ersoy ve Uzsoy (1971), farklı değişkenleri olan tek açıklıklı, tek katlı 9 adet deney elemanı test etmişlerdir. Bu deneylerden elde ettikleri sonuçları 1971 yılında TÜBİTAK raporuyla yayımlamışlardır. Deneysel çalışmada tüm deney elemanları tekdüze yüklemeler altında test edilmiştir. Dolgu duvarın kalınlığı, dolgu duvarla ve çerçeve arasındaki bağlantı detayı, kiriş ve kolon rijitliklerinin oranındaki değişim çalışmanın değişkenleridir. Deneylerin ışığında, dolgunun çerçeve yatay yük taşıma kapasitesini %70 artırdığı ve göçmedeki yatay deplasmanı ise %15 azalttığı, başlangıç rijitliğini %500 artırdığı elde edilen bulgulardır. Ayrıca çerçeve ve dolgu arasındaki birleşimin yatay dayanım ve sünekliği çok fazla etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır.

Higashi ve ark. (1980), güçlendirme çalışmalarında kullandığı çerçeveleri, 1/3 ölçekli, tek açıklıklı, tek katlı olarak üretmişler ve yatay yükleme etkisi altında test etmişlerdir. 6 adet güçlendirme tekniği uygulamışlardır. Bunlar;

1. Yerinde dökme B/A perde duvarı
2. Çerçeve içini dolduran ön üretimli B/A paneller
3. Çerçeve içinde kapı boşluğu bırakılan ön üretimli B/A paneller
4. Çerçeve içinde diyagonal çelik çubuklar
5. Çerçeve içinde çelik çerçeve
6. Çerçeve içinde çelik kafes kiriş uygulaması ile güçlendirme tekniklerini test etmişlerdir.

Çalışmalarının neticesinde;

- Güçlendirilen tüm deney elemanlarının, boş çerçeveye ve bir döküm dolgu duvarlı numuneye göre 1.31 ile 4.30 katı arasında yatay yük taşıma kapasitesine sahip oldukları,
- Özellikle, yerinde dökme dolgu duvarlı ve çerçeve içini tamamen dolduran ön üretimli paneller ile yapılan güçlendirmelerde dayanımın daha yüksek olduğu,

- Çelik çerçeveli ve çelik takviyeli güçlendirmelerde süneklik oranının, ön üretimli paneller ile yapılan güçlendirmelerdeki kadar yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Daniel ve ark. (1986), boşluklu betonarme perde duvarların, deprem yüküne benzeştirilen yatay yükler etkisi altında davranışlarını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında, 1/3 ölçekli ve altı katlı iki adet numune ACI ve UBC standartlarına göre üretmişlerdir. Numunelerinden, biri boşluksuz perde duvar, diğeri ise %8.33'lük boşluk oranına sahip perde duvardır. Boşluklu perde duvarda, pencere boşluğu (317x457 mm), her katta perde duvarın merkezinde olacak şekilde konumlandırılmıştır. Numunelerin testinden sonra pencere boşluğunun perde davranışına olan etkilerini değerlendirmek için, numunelerin yük taşıma kapasitelerini, süneklik özelliklerini ve enerji tüketim özelliklerini karşılaştırmışlardır.

Altın (1990), yaptığı tez çalışmasında 1/3 geometrik ölçekte, iki katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve elemanları betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş, tersinir- tekrarlanır yatay yükler altında test edilmiştir. Deneysel çalışmada; betonarme dolgu duvarın donatı düzeni, betonarme dolgu duvar ile çerçeve arasında bağlantıyı sağlayan donatıların detaylandırılması, çerçeve kolonlarının boyuna donatı oranı, kolondaki eksenel yük miktarındaki değişim ve çerçevenin beton basınç dayanımı gibi değişkenler incelenmiştir. Çalışmadan çerçeve ile dolgu arasında yük aktaran donatıların davranış ve dayanımı önemli oranda etkilediği, kolon eğilme kapasitesinin ve eksenel yük düzeyinin davranış ve dayanımı olumlu etkilediği sonuçlarına ulaşılmıştır. Buna ek olarak dolgu duvarların çerçeve elemanının dayanım ve rijitliğini artırdığı sonuçları elde edilmiştir.

Kato ve ark. (1995), araştırmalarında üzerinde bir adet boşluk olan ön üretimli dolgu duvarların tasarımında taşıma gücü yönteminin uygulanması ve boşluk etrafındaki donatı düzenlemesinin davranışa olan etkisini analitik bir çalışmayla incelemişlerdir. Çalışmalarında dolgu ortasında yer alan pencere veya kapı boşluğunun yanal dayanım ve yanal rijitlik üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Dolguda yer alan boşluğun etrafına yerleştirilecek donatı detayları hakkında da bir araştırma yapmışlar ve sadece taşıma gücü yaklaşımını kullanılarak bu tür duvarlar için bir analiz yöntemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntem ile deneysel sonuçları karşılaştırmışlardır.

Türk ve ark. (2003); yaptığı çalışmasında 1/3 geometrik ölçekli iki katlı tek açıklıklı 9 adet deney elemanı tersinen tekrarlanan yatay yükleme altında test edilmiştir. Çalışmada hasar görmüş betonarme çerçeve elemanlara sonradan eklenen yerinde dökme betonarme dolgu duvarların davranış ve dayanın üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada; dolgu duvarla çerçeveyi bağlayan donatı düzenlemesinin dayanımda büyük oranda etkili olduğu, kolon donatılarında bindirmeli ekin olmasının elemanın dayanımı olumsuz etkilediği ve onarılacak çerçevenin hasar düzeyinin dayanımı önemli düzeyde etkilemediği sonuçları elde edilmiştir. Dolgu duvarıyla güçlendirilmiş deney elemanları çerçeve elemanının 9-14 katı daha fazla dayanım göstermişlerdir. Dolgu duvar eklenmesi, dolgulu çerçeve yanal rijitliginde, boş çerçeveye oranla 13 ile 24 kat arasında artış sağlamıştır.

Ono ve Ezaki (2000), B/A perde duvarlardaki boşlukların, betonarme duvarların davranışına olan etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, 1/3 ölçekli, tek açıklıklı, tek katlı yedi adet numune üretmişlerdir. Deneyler güçlü kiriş-zayıf kolon düzensizliği olan çerçevelerde uygulanmıştır. Numunelerindeki temel değişken, duvarlarda bırakılan boşluklarının oranları olmuştur. Numunelerdeki boşluk oranları 0.3-0.6 değerleri arasındadır. Ürettikleri numunelerden üçünü, tersinir-tekrarlanır yatay yükleme ve düşey yük etkisi altında test etmişlerdir. Ayrıca yükleme hızının, boşluklu betonarme duvarların davranışına olan etkilerini belirlemek için ürettikleri numunelerden dördünü dinamik yükleme etkisi altında test etmişlerdir. Numunelerdeki ikinci değişken, yükleme hızlarıdır. Statik yüklemelerde 0.01-0.1 cm/sn, dinamik yüklemelerde 1 cm/sn olarak yapılmıştır. Çalışmalarının neticesinde;

- Duvarlardaki boşluk oranı arttıkça, numunelerin yatay yük taşıma kapasitelerinin azaldığı,
- Statik yükleme sonucunda elde edilen ve numunelere ait yatay yük taşıma kapasitesi değerlerinin, dinamik yükleme sonunda elde edilen değerlerden az olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Marjani ve Ersoy (2002), tuğla dolgulu çerçevelerin deprem yükü altındaki davranışlarını araştırmışlardır. Çalışma kapsamında, tek açıklıklı, iki katlı, altı adet dolgulu çerçeveyi, deprem yükünü temsil eden tersinir-tekrarlanan yükler altında denemişledir. Ayrıca, altı adet dolgu panelli numuneyi de, duvar özelliklerini belirlenmek amacıyla test etmişlerdir. Deneylerinde, sıva ve beton kalitesi, tuğla

dolgulu betonarme çerçevelerin davranışının irdelemesindeki esas değişkenler olmuştur. Bu çerçevelerin davranışı dolgusuz çerçevelerin davranışı ile karşılaştırılmış ve rijitlik, dayanım ve davranışın yorumlanması ve öğrenilmesi için analitik çalışmalar yapmışlardır. Çalışma neticesinde;

- Boş çerçeveye göre, tuğla dolgulu numunede yaklaşık %240 ve sıvalı tuğla dolgulu numunede yaklaşık %300 dayanım artışı olduğu,
- Tuğla dolgu duvarlı numunelerde sıva uygulamasının, betonarme çerçevelerin dayanım, rijitlik ve süneklik özelliklerini önemli derecede geliştirdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Anıl (2002) yaptığı tez çalışmasında 9 adet 1 / 3 geometrik ölçekli, bir açıklıklı ve bir katlı olarak modellenen betonarme dolgu duvarlı çerçeveleri tersinir tekrarlanır yükler altında test etmiştir. Üretilen elemanlardan bir tanesi boş çerçeve, bir tanesi bir döküm çerçeve ve diğerleri ise güçlendirilmiş çerçevelerdir. Çalışmada betonarme dolgulardaki boşluk alanı ve yerinin değişimi incelenmiştir. Tüm deney elemanlarında bağlantı aynı şekilde yapılmıştır. Epoksi kullanılarak çerçeveye kenetlenen filiz donatıları, çerçeve ile betonarme dolgu duvarları arasındaki bağlantıyı sağlamak için kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda;

- Deprem bölgelerinde var olan betonarme çerçeve türü yapıların dolgu duvarlar ile güçlendirilmesinin uygun ve geçerli bir yöntem olduğu ifade edilmiştir.
- Dolgu duvarı, çerçevenin dayanım ve rijitliğini büyük ölçüde artırmaktadır.
- Kenar kolona yapılan perdeler ile güçlendirilen deney elemanlarında bos çerçeveye göre 3-6.5 kat daha fazla yatay yük tasıma kapasitesi gözlemlenmiştir.
- Bir döküm deney elemanlarının, dolgu duvarlarla güçlendirilen deney elemanlarından yaklaşık %81-%295 oranında daha büyük dayanıma sahip olduğu görülmüştür.
- Dolgu duvarlı elemanlar boş çerçeveye göre daha fazla enerji tüketme kapasitesine sahiptir. Bir döküm elemanlar bos çerçeveden 7 kat daha fazla enerji tüketmiştir.
- Bir döküm deney elemanı, dolgu duvarlı deney elemanından 1.5-2.6 kat daha fazla enerji tüketmiştir.

Süsoy (2004); yaptığı tez çalışma ile; farklı panel ve bağlantı tipleri deneyerek ön üretimli beton panel dolgularla güçlendirilmiş betonarme çerçeveli yapıların sismik davranışlarını sekiz adet tek katlı tek açıklıklı çerçeve eleman üzerinde incelemiştir. Ön üretimli beton paneller güçlendirilecek betonarme yapılar için oldukça etkili olduğu gözlemlenmiştir. Taşıma kapasitesi referans numuneye göre ortalama 2.5 kat ön üretimli beton paneller daha yüksektir.

Yavuz (2005), yaptığı tez çalışmasında, deprem yüküne karsı dayanımı ve rijitliği yetersiz olan, üretimde sıklıkla yapılan hatalara sahip, 2 katlı 2 açıklı betonarme çerçeveler kısmi B/A perde duvar eklenerek güçlendirilerek tersinir tekrarlanır yatay yükler altındaki davranışını incelemiştir. Bu amaçla 1 / 3 ölçekli, 2 adet bos ve 4 adet de orta kolonundan kısmi betonarme perde ilavesi ile güçlendirilmiş toplam 6 adet deney numunesi tersinir tekrarlanır yatay yükleme ile test edilmiştir. Toplam 4 adet güçlendirilmiş çerçevenin güçlendirme perdesi uzunluğu 600 mm ve 900 mm'dir. Elde edilen sonuçlara göre,

- Güçlendirilmiş çerçevelerin yatay yük tasıma kapasiteleri güçlendirilmemiş çerçevelere göre 2.35-3.67 kat artmış göstermiştir.
- Güçlendirilmiş çerçeve, güçlendirilmemiş çerçeveye göre rijitlikte 4.95-14.53 kat artış meydana gelmiştir.
- Bütün elemanlarda göçme modu eğilmedir.
- SAP2000 programı ile yapılan analitik çalışma sonucunda elde edilen yük-deplasman eğrileri ile gerçek deneysel sonuçlar birbirlerine çok yakındır.

Acun ve Sucuoğlu (2006); ODTÜ Yapı Mekanigi Laboratuvarında 1/3 ölçekli, tek açıklıklı, iki katlı betonarme çerçeve elemanlarında tuğla dolgu duvar üzerine çelik hasır tel uygulaması ile güçlendirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan hasır donatı oranı ile yüzeye uygulanan sıva dayanımı parametreleri değiştirilerek yürütülen deneylerden elde edilen sonuçlara göre önerilen tekniğin performansa katkısı araştırılmıştır. Sıva dayanımı ve donatı oranı parametrelerinin artımına bağlı olarak test edilen elemanların rijitlik ve yatay yük taşıma kapasitelerinde belirgin iyileşmeler gözlenmiştir. Güçlendirme işlemlerinin en zor kısmı olan uygulamadaki zorluk, yapının boşaltılması ya da kısmi yıkımlar gerekmediğinden, önerilen yöntemin uygulanabilirlik anlamında oldukça avantajlı olduğu düşünülmektedir. Tekniğin uygulanmasında detay

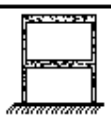
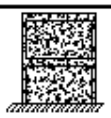
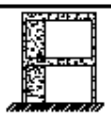
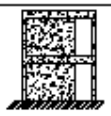
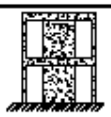
işçiliği ve kalıp gerekmemektedir. Bunların yanısıra kullanılan malzemelerde düşünüldüğünde uygulamada oldukça ekonomik sonuçlar elde edilebileceği görülmektedir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, güçlendirme yönteminin, ekonomiklik ve uygulanabilirlik kriterlerinin yanısıra elemanların yatay yük taşıma kapasitelerinde ve rijitliklerinde önemli artımlar sağladığı gözlenmiştir.

Kara (2006); yaptığı tez çalışmasında sünek olmayan betonarme çerçevelerin betonarme parçasal dolgu duvarlarıyla güçlendirilmesi araştırılmıştır. Dokuz adet deney elemanı tersinen tekrarlanan yatay yükler altında test edilmiştir. Parçasal dolgu duvar uzunluğunun, duvar yüksekliğine oranı, parçasal dolgu duvarın betonarme çerçeve içinde düzenleniş biçimleri ve dolgu duvarda kullanılan uç elemanının varlığı çalışmanın değişkenleridir (Çizelge 2.1). Çalışmada test edilen iki katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve deney elemanları ülkemizdeki betonarme yapılarda karşılaşılan önemli yapım kusurlarını içerecek şekilde üretilmiştir. Test sonuçları parçasal dolgu duvarın, betonarme çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini, rijitliğini ve enerji tüketimini önemli oranlarda arttırdığını göstermiştir. Parçasal dolgu duvarın uzunluğunun, yüksekliğine oranının artması deney elemanının yatay yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini artırmıştır. En başarılı sonuçlar parçasal dolgu duvarın çerçevenin kolon ve kirişlerine bağlı olarak üretilen deney elemanlarında elde edilmiştir. Parçasal dolgu duvarında kullanılan uç elemanının, deney elemanı yatay yük taşıma kapasitesi, rijitliği ve göçme mekanizması üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Betonarme çerçeve elemanlarının dayanım ve sünekliğinin yetersizliği parçasal dolgu duvarıyla güçlendirilen elemanların davranış ve göçme modu üzerinde etkili olmuştur.

Çalışmanın sonucunda;

- Test sonuçları parçasal dolgu duvarın, betonarme çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini, rijitligini ve enerji tüketimini önemli oranlarda arttırdığını göstermiştir.
- Parçasal dolgu duvarın uzunluğunun, yüksekliğine oranının artması deney elemanının yatay yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini artırmıştır.
- En başarılı sonuçlar parçasal dolgu duvarın çerçevenin kolon ve kirişlerine bağlı olarak üretilen deney elemanlarında elde edilmiştir. Parçasal dolgu duvarında kullanılan uç elemanının, deney elemanı yatay yük taşıma kapasitesi, rijitliği ve göçme mekanizması üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 2.1. Kara (2006), deney elemanlarında yapılan parçasal dolgu duvarlar

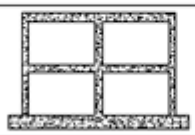
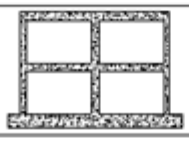
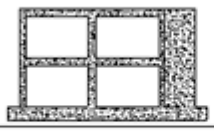
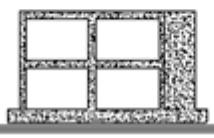
Deney Elemanı No		Dolgu Duvarı				
		Kalınlık b_w (mm)	Uzunluk l (mm)	Yükseklik h (mm)	l/h	Uç Elemanı (mm)
1 Çerçeve		-----	-----	-----	-----	-----
2 Bir döküm		50	1300	750	1,73	Yok
3 Güçlendirme		50	1300	750	1,73	Yok
4 Güçlendirme		50	325	750	0,43	130x50
5 Güçlendirme		50	650	750	0,87	130x50
6 Güçlendirme		50	975	750	1,3	130x50
7 Güçlendirme		50	975	750	1,3	Yok
8 Güçlendirme		50	2-487,5	750	1,3	130x50
9 Güçlendirme		50	650	750	0,87	130x50

Erdem ve ark. (2006); çalışmalarında B/A çerçeveleri ilk olarak betonarme perde duvarla güçlendirilmiş, daha sonra CFRP uygulaması ile güçlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan B/A çerçeveler 1/3 ölçekli, iki katlı ve üç açıklıklı ve 3 adet hazırlanmıştır. Çerçeve beton dayanımı 10 MPa ve betonarme dolgu duvar dayanımı 30 MPa olarak yapılmıştır. Ayrıca hazırlanan çerçevelerde uygulamalarda gözlenen birçok detaylandırma ve imalat kusurlarına sahiptir. Çalışmanın sonucunda; CFRP ile güçlendirilmiş tuğla dolgu duvar betonarme duvar gibi katkı sağlamaktadır. Ancak temel seviyesinde ankrajların sıyrılması ile beklenmeyen erken göçme gözlenmiştir. Ankraj sıyrılmasından sonra çerçevede ani rijitlik ve dayanım kaybı oluşmuştur. CFRP uygulaması binayı boşaltmadan kolayca uygulanabileceği gözlemlenmiştir.

Kaltakcı ve ark. (2006), yaptığı çalışmada, iki katlı, iki açıklıklı olarak, 1/3 geometrik ölçekle modellenen ve ülkemizdeki binalarda sıkça rastlanan tasarım ve yapım kusurlarını içeren toplam 4 adet özdeş betonarme çerçeve üretilmiş ve 2 adedi boş, 2 adedi ise betonarme dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilerek, deprem yüklerini benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yük altında denenmiştir (Çizelge 2.2). Deney numunelerinde kolonlara uygulanan normal kuvvet seviyeleri, kolonlarda çekme ve basınç kırılması oluşturacak şekilde iki kısma ayrılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda farklı normal kuvvet seviyelerindeki numunelerin davranış özellikleri belirlenmiş ve perde duvarın etkinliği irdelenmiştir.

Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında dış perde duvar ilavesi yapılan güçlendirilmenin, güçlendirilmemiş çerçeveye, yatay yük, rijitlik ve enerji yutma kapasitesi olarak çok önemli katkıda bulunduğu görülmüştür. En önemli sonuçlardan birisi ise, güçlendirilmemiş çerçevede maksimum yük esnasında çok önemli hasarlar meydana gelmiş iken, güçlendirilmiş çerçevede maksimum yük seviyesinde çerçeve elemanında önemli çatlakların oluşmamış olmasıdır. Bu durum düşey yüklere göre herhangi bir sorun yok ise, çerçevenin diğer elemanlarında herhangi bir güçlendirmeye gerek kalmadan güçlendirme için dış perde duvar ilavesinin yeterli olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 2.2. Kaltakcı ve ark (2006), deney elemanlarında yapılan dış perde duvarlar

Deney Numunesi No	Çerçeve Türü	İşlem Türü / Grup Türü
Deney No: 1-BK-ZK		Boş Çerçeve, Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş (ρ=0.013) / 1. Grup
Deney No: 2-BK-KK		Boş Çerçeve, Kuvvetli Kolon-Zayıf Kiriş (ρ=0.023) / 2. Grup
Deney No: 3-BK-ZK PERDELİ		Perdeli Çerçeve, Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş (ρ=0.013) / 1. Grup
Deney No: 4-BK-KK PERDELİ		Perdeli Çerçeve, Kuvvetli Kolon-Zayıf Kiriş (ρ=0.023) / 2. Grup

Kaltakcı ve Yavuz (2006), yaptığı çalışmada, deprem davranışı zayıf ve yetersiz sismik donatı detaylarına sahip 3 adet 2 katlı ve 2 açıklıklı, 1/3 ölçekli, kolonları minimum düzeyde eksenel yükle yüklenmiş betonarme çerçeveler üretilmiştir. Güçlendirme çalışmaları için orta kolonun iki yanına yapılan kısmi betonarme perde (Çizelge 2.3) duvar ilavesi (toplam perde boyutu: 600 ve 900 mm) uygulanmıştır. Boş çerçeve numunesi ve güçlendirilmiş çerçeveler, depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yükleme etkisi altında denenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş çerçevelerdeki davranış farklılığı karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.3. Kaltakcı ve Yavuz (2006), deney elemanlarında yapılan dış perde duvarlar

Çevrim Yönü	Numune No	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
İleri çevrim	**B1**	**41.93**	**102.03**
	BP600-1	116.67	49.41
	BP900-1	**174.64**	**49.99**
Geri çevrim	**B1**	**47.61**	**94.17**
	BP600-1	116.43	45.65
	BP900-1	**156.88**	**33.24**

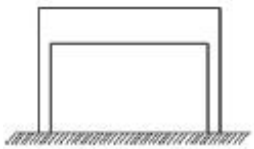
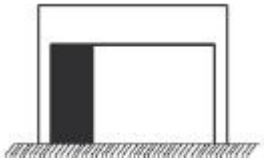
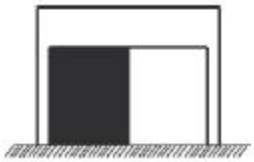
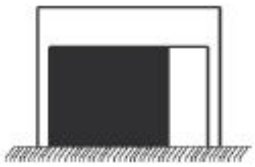
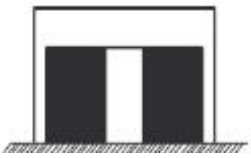
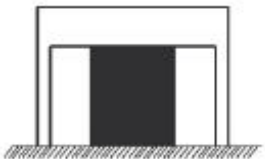
Akın (2006), yapmış olduğu tez çalışmasında, 1 / 5 ölçekli üç katlı üç açıklıklı betonarme sistem deneylerinde yeni bir güçlendirme metodunu denemiştir. Önerilen modelde kolon kiriş birleşim bölgesine epoksi yardımıyla ankraj yapılan, burkulma etkisinin önemli olmadığı, çekmeye çalışan çapraz çubuklar yardımıyla yanal ötelenmenin azaltılması, rijitliğin artırılması ve dolayısıyla yatay yük tasıma kapasitesinin artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada çekmeye çalışan çapraz çubuklar (inşaat demiri) kolon-kiriş birleşim bölgelerine basitçe ankrajlanmıştır. Bu çalışmanın kapsamını değişik yapısal özellikteki 10 adet 1 / 5 ölçeğinde modellenmiş betonarme çerçeve sistemi oluşturmaktadır.

Deneysel çalışma sonucunda;

- Sistem sünekliği ortada kuşaklama olan sistemde çerçeve davranışına yakın özellik gösterirken, aynı bölgeye duvar eklenmesiyle perdeli çerçeve davranışına yönelmekte, bunun sonucu olarak gerek yatay yük gerekse enerji tüketme kapasitesinin artışı sağlanmıştır.
- Etriyeler sistem sünekliğini, enerji tüketme kapasitesini ve yatay yük kapasitesini artırmıştır.
- Etriye kancalarının 135 derece kancalı olarak imali etriyenin, sargı etkisini artırmakta ve bunun sonucu olarak gerek düşey, gerekse yatay yük kapasitesine olumlu etkiler yapmıştır.
- Etriyelerin birleşim bölgesi boyunca devam ettirilmesi, birleşim bölgesinde hasar oluşumunu engellemiş ve hasarın güçsüz elemana doğru kaymasına sebep olmuştur.
- Kuşaklamanın zemin katta tüm açıklıklarda, üst katlarda ise azalan bir şekilde uygulanması sistemin üst katlarında perde davranışından, çerçeve davranışına kaymasına yardımcı olmuştur.
- Beton kalitesi epoksi ile yapılan ankrajın kuvvetini, dolayısıyla yatay yük kapasitesini doğrudan etkilemektedir.
- Sünekliği kontrol altında tutmak için kuşaklamalar binanın orta bölgelerinde yapılmalı, kenar açıklılarda yapılması halinde ortaya çıkan boşluklu perde davranışı sonucu oluşan süneklik azalmasından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir.
- Dolgu duvarlar yatay yük tasıma kapasitesini artırmakla beraber, özellikle kenar açıklıklarda ciddi süneklik azalmasına sebep olmaktadır.

Anıl ve Altın (2007); çalışmalarında betonarme çerçevede betonarme dolgulardaki boşluk alanı ve yerinin değişimini incelenmişlerdir. Bu çalışma için, 9 adet 1/3 geometrik ölçekli, bir açıklıklı ve bir katlı olarak modellenen çerçeveler hazırlamışlardır (Çizelge 2.4). Üretilen çerçevelerde kullanılan betonun 28 günlük silindirik beton basınç dayanımı 20 MPa ve betonarme dolgu duvar derinliği 50 mm yapılmıştır. Bu çerçeveler parçasal dolgu duvar ile güçlendirilerek tersinir-tekrarlanır yükleme etkisinde test etmişlerdir.

Çizelge 2.4. Anıl ve Altın (2007) çalışmalarında, deney elemanlarında yapılan parçasal dolgu duvarlar

 Numune 1	 Numune 2	 Numune 3
 Numune 4	 Numune 5	 Numune 6
 Numune 7	 Numune 8	 Numune 9

Çalışmaların neticesinde;

- İç perde duvarın boyutlarının artırılması durumunda sistemin rijitliğinin ve yatay yük taşıma kapasitesinin 3 kat ile 7 kat arasında çok önemli miktarda arttığı, iç perde duvar ile çerçevenin birleşim yeri ve türünün yine sistemin yatay yük taşıma kapasitesini önemli oranda etkilediği, özellikle kolon ve kirişlere beraber bağlanan iç perde duvarın diğerlerine göre çok daha etkin çalıştığı gözlemlenmiştir.
- Pencere boşluğu olmayan B/A perde duvar, pencere boşluğu olan B/A perde duvara göre %28 oranında daha fazla yük taşıma kapasitesine neden olduğu gözlemlenmiştir.
- Numune 6 da olduğu gibi tek olarak perde duvar düzenlemesi, aynı alana sahip numune 7 gibi iki parça perde duvar düzenlemesine göre %20 daha fazla yatay yüke dayanmıştır.
- Perdenin sadece kirişe ankraj edilmesi (Numune 8), Numune 5 e göre %13 daha az yatay yük taşıma kapasitesi getirmiştir.

Arslan (2007), yaptığı tez çalışmasında, mevcut binanın kullanımını aksatmayacak şekilde, binanın dışından yapılacak dış perde duvar uygulaması ile betonarme binaların etkili, pratik ve ekonomik bir şekilde, güçlendirilmesi ve yapılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için iki katlı, iki açıklıklı olarak, 1/3 geometrik ölçekli ve ülkemizdeki betonarme binalarda oldukça sık rastlanan tasarım ve yapım kusurlarını içeren toplam 4 adet betonarme çerçeve üretilmiştir. 2 adedi boş, 2 adedi ise betonarme dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilerek, deprem yüklerini benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yük altında denenmiştir. Deney elemanlarının kolonlarına uygulanan normal kuvvet seviyeleri, kolonlarda çekme kırılması oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışmasında çerçeve kolonlarının boyuna donatı oranı değişimi (ρ_t=0.013 ve 0.023) en önemli parametre olarak alınmıştır. Deneyler çelikten yapılmış rijit bir yükleme düzeneğinde yapılmıştır. Düşey konumda denenen numuneler, çelik yükleme düzeneğine temelden rijit olarak bağlanmıştır. Deneysel verilerin değerlendirilmesi ile her bir çerçeve sistemine ait yatay yük tasıma gücü, rijitlik değişimi, enerji tüketme kapasiteleri, vb. özellikleri ile genel davranışları elde edilmiştir.

Deneyler sonucunda;

- Deney numunesi 2'nin deney numunesi 1'e göre yatay yük tasıma kapasitesi, ileri çevrimler için %30 geri çevrimler için % 47 daha fazla olduğu görülmüştür.
- 1. grup çerçevelerde güçlendirilmemiş ve güçlendirilmiş çerçeveler arasında yapılan karşılaştırmaya göre, yatay yük tasıma kapasitesindeki artış oranı ileri çevrimde %366, geri çevrimde ise % 352 olmuştur.
- 2. grup çerçevelerde güçlendirilmemiş ve güçlendirilmiş çerçeveler arasında yapılan karşılaştırmaya göre, yatay yük tasıma kapasitesindeki artış oranı ileri çevrimde %304, geri çevrimde ise % 325 olmuştur.
- Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlarda dış perde duvar ilavesi ile yapılan güçlendirilmenin, güçlendirilmemiş çerçeveye, yatay yük, rijitlik ve enerji yutma kapasitesi olarak çok önemli katkıda bulunduğu görülmüştür.

Yılmaz (2007), tez çalışmasında, dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilen betonarme çerçevede, kolonlara uygulanan normal kuvveti daha yüksek seviyede (basınç kırılması oluşturabilecek seviyede) tutmuş ve güçlendirme yönteminin etkinliğini araştırmıştır. 1. grup deneylerde (kolonlarda boyuna donatı oranı ρt=0.013), boş çerçeve sistemine göre, betonarme dış perde duvar ile güçlendirilmiş çerçeve 3.98 kat daha fazla yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. 2. grup deneylerde ise (kolonlarda boyuna donatı oranı ρt=0.023), boş çerçeve sistemine göre, dış perde duvar ile güçlendirilmiş çerçeve 3.72 kat daha fazla yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Ayrıca tüketilen enerji değerlerinde de 3.99 ile 4.76 arasında değişen oranlarda artış gözlemlenmiştir.

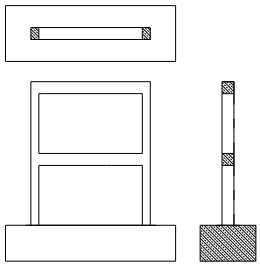
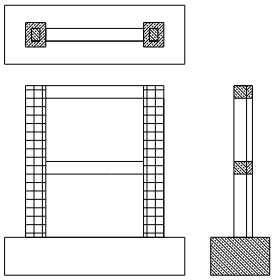
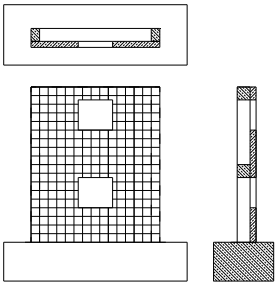
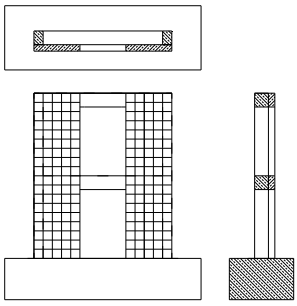
Nohutçu (2007), yaptığı tez çalışmasında, prefabrik betonarme endüstri yapıların dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilmesi üzerine yaptığı çalışmada, mevcut betonarme sanayi yapılarının deprem davranışı deneysel olarak incelenmiş ve dış perde uygulaması ile güçlendirilmesi yapılmıştır. Daha önce yapılmış olan çalışmalar ile mevcut bu çalışma karşılaştırılarak yapıların ortak özellikleri ve zayıflıkları tespit edilmiştir.

Öztürk (2010), yaptığı bu çalışmada, çerçeve düzleminde olacak şekilde bina dışında oluşturulan betonarme perdelerin, mevcut betonarme çerçevelere farklı türlerdeki bağ kirişleri ile bağlanması sonucu oluşturulan güçlendirilmiş taşıyıcı sistemlerin dayanım ve davranışları deneysel ve analitik olarak incelenmiştir. Bu kapsamda iki katlı, tek açıklıklı, 1/2 geometrik ölçeğinde modellenen ve ülkemizde sıklıkla görülen yapım kusurlarını içeren 4 adet betonarme çerçeve üretilmiştir. Bu çerçevelerin 1'i boş, 2'si bağ kirişli betonarme dış perde duvar ilavesiyle güçlendirilerek ve 1'i de karşılaştırma amacıyla bağ kirişsiz betonarme dış perde duvar ilavesiyle güçlendirilerek depremi benzeştiren yatay yük altında test edilmiştir. 5. deney olarak da güçlendirme amacıyla sisteme ilave edilen dış perdenin bireysel olarak dayanımı ve davranışı araştırılmıştır. Numunelerin denenmesi amacıyla, üst kata 2 birim, alt kata ise 1 birim yatay yük uygulanarak, depremdeki üçgen yük dağılımını gerçekleştirecek eşdeğer bir statik yatay yükleme sistemi hazırlanmış ve numuneler tersinir–tekrarlanır yatay yükleme altında test edilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçların değerlendirilmiş ve her bir taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesi, enerji tüketme gücü, rijitlik özellikleri ve genel davranışları elde edilmiştir.

Özdöner (2011), yaptığı tez çalışmasında, mevcut diğer güçlendirme yöntemlerinden farklı olarak, imalat sırasında bina kullanıcıları binayı terk etmeden binanın dışından sistemin iyileştirilmesi yöntemi incelemiştir. Bu amaçla, ülkemizdeki mevcut betonarme binalarda sıklıkla görülen hatalara sahip olarak üretilen 1/3 ölçekli, deprem dayanımı yetersiz, iki açıklıklı ve iki katlı bir adet güçlendirilmemiş betonarme çerçeve ve iki adet de aynı özelliklerdeki mevcut betonarme çerçeveye farklı prefabrike dış paneller ilave edilmesi ile güçlendirilmiş sistem, deprem etkisini benzeştiren tersinir–tekrarlanır yatay yükleme altındaki davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen deneysel verilerin değerlendirilmesi sonucunda, deprem dayanımı yetersiz, sünek olmayan, çok açıklıklı ve çok katlı betonarme çerçevelerin, dayanım, rijitlik, enerji tüketme kapasiteleri gibi özellikleri ile davranışları elde edilmiş; daha sonra, aynı özellikteki mevcut betonarme binaya, prefabrike dış paneller eklenmesiyle yapılan sistem güçlendirilmesi sonucu ortaya çıkan davranış ve sonuçlar elde edilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın analitik kısmında ise, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan statik itme analizinden elde edilen sonuçlar, deneysel verilerle karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Ünal (2012), yaptığı tez çalışmasında, B/A çerçeveler 2 katlı olup tek açıklıklı olarak üretilmişlerdir. Tüm deney elemanlarında çerçevelerin geometrik boyutları ve donatı detayları aynıdır. Çerçevelerde kat yüksekliği 900 mm, çerçeve açıklığı ise dıştan dışa 1500 mm'dir. Kuvvetli kiriş–zayıf kolon uygulaması için, kirişlerin boyutu 150x150 mm ve kolonların boyutları ise 100x150 mm'dir. Betonarme çerçeve 500x700x2500 mm boyutlarında bir temel kirişine mesnetlenmiştir. Deney programı içerisinde 4 adet deney numunesi hazırlanmış ve tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Deney elemanları ve deneysel çalışmada bulunan değişkenler Çizelge 2.5' de verilmiştir. Deney programında ilk deney referans numune olarak üretilen betonarme boş çerçevedir. İkinci deney ise piyasada sıkça kullanılan betonarme çerçevenin mantolanması ile güçlendirilen betonarme çerçeve incelenmiştir. Diğer iki numunede ise betonarme boş çerçeveye düzlem dışı betonarme perde eklenmesi düşünülmüştür. Dış çerçevelerde genellikle pencere boşluğu bulunduğu için üçüncü numunede pencere boşluğu bırakılmış ve bu pencere boşluğunun menfi etkisi incelenmiştir. Dördüncü numunede ise pencere boşluğunun sağında ve solunda dış perde duvarlar oluşturulmuş bunların arasındaki betonarme bağ kirişleri imal edilmemiştir

Çizelge 2.5. Ünal (2012) tez çalışmasında, deney elemanlarında yapılan düzlem dışı parçasal dolgu duvarlar

Deney Numarası	Deney Numunesinin Özellikleri	Deney Numunesinin Resmi
1.Deney	Betonarme Boş Çerçeve RS (Reference Specimen)	
2.Deney	Kolonların Mantolanması İle Güçlendirilmiş Çerçeve CR (Column Retrefitted)	
3.Deney	Pencere Boşluklu Düzlem Dışı Betonarme Perde İle Güçlendirilmiş Çerçeve OSWMSW (Outer Sherawall With Middle Small Window)	
4.Deney	Düzlem Dışı İki Betonarme Perde İle Güçlendirilmiş Çerçeve OSW2P (Outer Shearwall With 2 Pieces)	

İlk deneyde ulaşılan maksimum yük pozitif çevrimlerde 29.59 kN olup bu yüke karşılık gelen deplasman 55.27 mm'dir. Negatif çevrimlerde ise ulaşılan maksimum yük -37.88 kN olup bu yüke karşılık gelen deplasman -41.74 mm'dir. İlk deney elemanı referans boş çerçeve (RS) olduğundan diğer deney sonuçları, referans numune ile karşılaştırılacaktır. İkinci test edilen numune olan CR numunesi pozitif çevrimlerde 99.38 kN yüke ulaşmış ve bu yüke karşılık gelen 68.22 mm tepe deplasmanına ulaşılmıştır. Negatif çevrimlerde ise -99.30 kN yatay yüke dayanabilen CR numunesi bu

yükte -99.98 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır. 3. Deney elemanı olan OSWMSW numunesi pozitif çevrimlerde 241.52 kN yatay yüke kadar dayanabilmiş ve bu yükte 21.65 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır. Negatif çevrimlerde ise -244.21 kN yatay yüke dayanabilen deney elemanı, bu yükte -32.57 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır. Son olarak denenen OSW2P deney numunesi pozitif çevrimlerde 153.55 kN yatay yüke karşılık 21.67 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır. Negatif çevrimlerde ise -150.97 kN yatay yüke dayanabilen deney elemanı, bu yükte -31.87 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır. Bu veriler sonucunda referans numuneye göre güçlendirilmiş numunelerin dayanımları oldukça artmıştır. Bu artışları yüzde olarak incelemek gerekirse; referans numuneye (RS) göre CR numunesi pozitif çevrimlerde % 236, negatif çevrimlerde % 162 dayanım artışı göstermiş, OSWMSW numunesi pozitif çevrimlerde % 716, negatif çevrimlerde % 545, OSW2P numunesi ise pozitif çevrimlerde % 419, negatif çevrimlerde % 299 daha fazla dayanım göstermiştir. Ayrıca en yüksek dayanıma sahip olan numune OSWMSW numunesi olup, bu deney elemanı da CR numunesinden pozitif çevrimlerde % 143, negatif çevrimlerde % 146, OSW2P numunesinden pozitif çevrimlerde % 57, negatif çevrimlerde ise % 62 daha fazla dayanım göstermiştir. En yüksek ikinci dayanıma sahip olan OSW2P numunesi ise CR numunesinden pozitif çevrimlerde % 55, negatif çevrimlerde ise % 52 daha fazla dayanıma sahip olmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deney Numuneleri

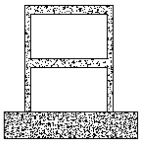
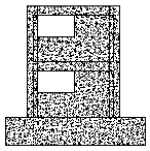
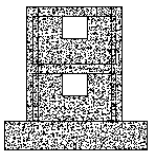
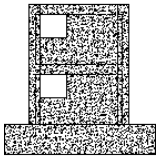
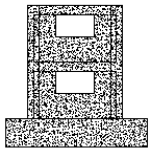
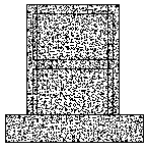
Deneyler için 1/3 ölçekli, iki katlı ve tek açıklıklı 6 adet numune Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Araştırma Laboratuvarında yatay olarak üretilmiş ve tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisi altında denenmiştir. Tüm deney numunelerinde betonarme çerçevelerin, geometrisi, beton kalitesi (17 MPa) ve donatı özellikleri (S420) aynıdır. Betonarme çerçevelerin beton kalitesinin aynı olabilmesi için bütün çerçevelerin betonu, hazır beton olarak aynı anda dökülmüştür. Güçlendirme çalışmalarında da B/A perde duvarlarının betonu olarak hazır beton kullanılmış ve beton dökümü aynı anda gerçekleştirilmiştir. Donatı özellikleri güçlendirme çalışmalarında da (S420) aynıdır. Betonarme çerçevedeki eleman boyutları, ülkemizdeki mevcut binalardaki kolon ve kiriş boyutları dikkate alınarak belirlenmiş ve laboratuvar şartları göz önünde bulundurularak, gerçek çerçeve elemanlarının boyutları 1/3 geometrik ölçekli olarak modellenmiştir. Deney numunelerinin betonarme çerçevesinin, süneklik düzeyinin düşük olması amaçlanmıştır.

Betonarme çerçeve deney elemanlarının tasarlanıp üretilmesinde düşünülen ve uygulanan kusur ve zayıflıklar şunlardır,

a) DBYBHY-2007'de belirtilen minimum beton dayanımından düşük olması,
b) Zayıf kolon-güçlü kiriş uygulaması,
c) Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde (plastik mafsal oluşma potansiyeli olan bölgelerde) etriye sıklaştırmasının olmaması,
d) Kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde etriye bulunmaması,
e) Etriye kancalarının 90^o olması.

Deney numuneleri, test edilme sırasına ve numunelerdeki değişkenlere göre Çizelge 3.1'de verilmiştir. Deneyler için üretilen perde duvarsız betonarme çerçeve, kontrol amaçlı üretilmiş referans numunedir. Diğer deney numunelerinden 4'ü çeşitli boyuttaki pencere boşluklarına sahip düzlem dışı betonarme perde duvarlarıyla, 1'i ise boşluksuz düzlem dışı betonarme perde duvarla güçlendirilmiştir. Düzlem dışı betonarme perde duvarlarda pencere boşluklarının boyutları ve yerleşim şekilleri belirlenirken, genel olarak yapılarda uygulanan pencere özelliklerini yansıtabilmek amaçlanmıştır. Deney numunelerindeki pencere özelliklerine benzer ve gerçek yapılarda uygulamaları olan pencerelere ait bazı fotoğraflar Şekil 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney numuneleri ve deneysel değişkenler

Deney Numunesi			B/A Dolgu Duvarı				
			Kalınlık b_w (mm)	Uzunluk l_w (mm)	Yükseklik H_w (mm)	Pencere boyutları (mm)	Boşluk Oranı (%)
1	Perde duvarsız B/A çerçeve (RS)		-	-	-	-	100
2	Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencereli (OSWSBW)		70	1480	1800	2x(600x350)	15.77
3	Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencereli (OSWMSW)		70	1480	1800	2x(400x350)	10.51
4	Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencereli (OSWSSW)		70	1480	1800	2x(400x350)	10.51
5	Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencereli (OSWMBW)		70	1480	1800	2x(600x350)	15.77
6	Düzlem dışı tam B/A perde duvarlı (OSWF)		70	1480	1800	-	0

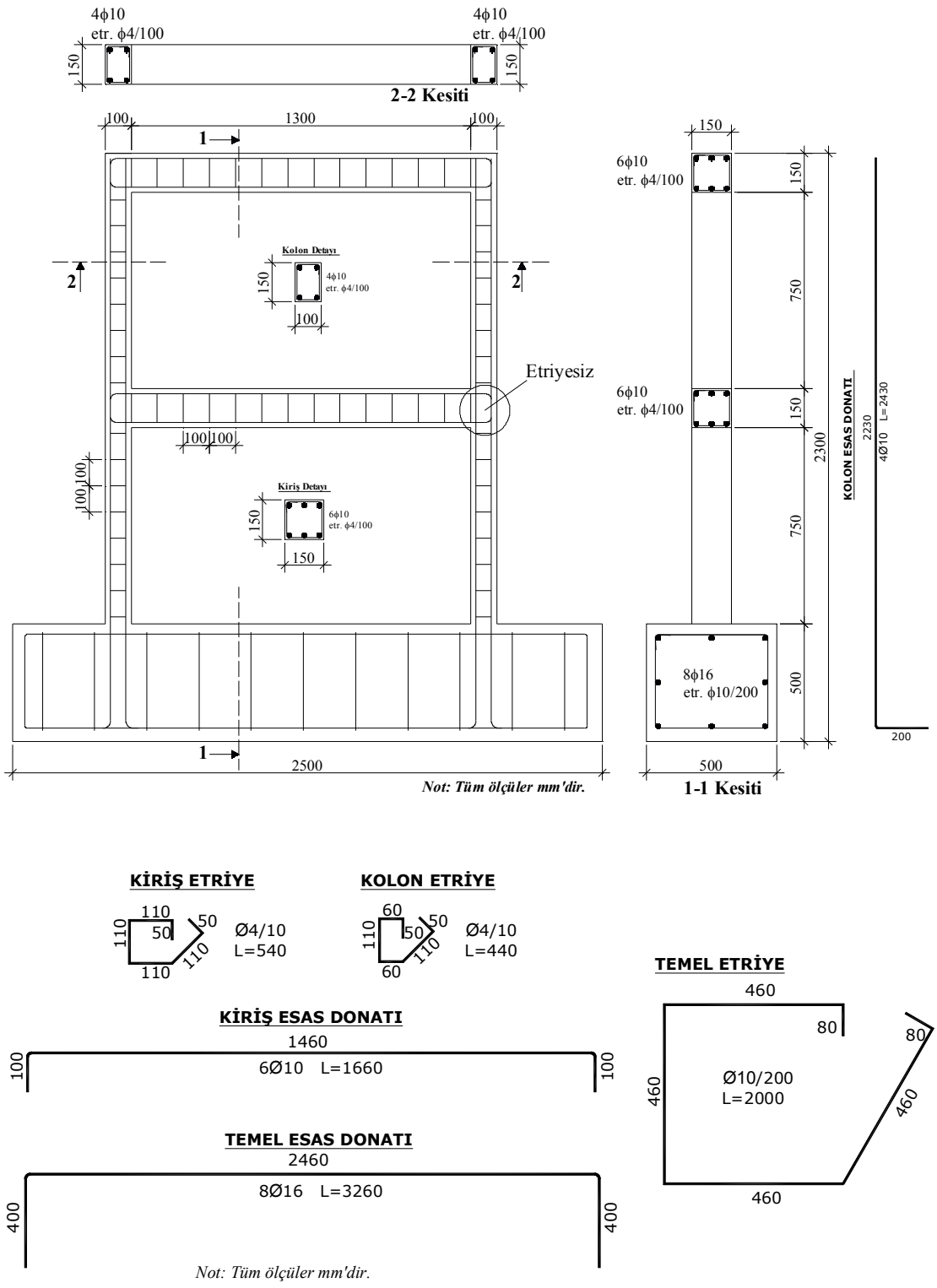


Şekil 3.1. Yapılarda uygulanan bazı pencere çeşitleri

3.1.1. Deney numunelerinin detayları

3.1.1.1. Perde duvarsız betonarme çerçeve (Reference Specimen)

Çalışma kapsamında üretilen betonarme çerçevelerde kat yüksekliği 900 mm ve çerçeve açıklığı ise 1500 mm'dir. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon uygulaması için, kirişlerin boyutu 150x150 mm ve kolonların boyutları ise 100x150 mm olarak belirlenmiştir. Betonarme çerçeve 500x500x2500 mm boyutlarındaki betonarme temel kirişine mesnetlenmiştir. Çerçeve donatılarının üretiminde; kolon, kiriş etriyelerin de düz yüzeyli (S220), diğer donatılarda ise nervürlü donatı (S420) kullanılmıştır. Betonarme çerçevelerin donatı ve boyut detayları Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Betonarme çerçevelerin donatı ve boyut detayları

Çerçeve numunelerinin kolonlarında 4ϕ10 boyuna donatısı kullanılmış olup donatı oranı ρ=0,02106 olmaktadır. Bu donatı oranı yönetmelikte belirtilen sınırlar dâhilindedir.

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_w \times h} = \frac{4 \times 79}{150x100} = 0.02106 \geq \rho_{\min} = 0.01 \quad (3.1)$$

Çerçeve numunelerinin kirişlerinde ise açıklıkta altta 3ϕ10 eğilme donatısı ve üstte 3ϕ10 montaj donatısı kullanılmıştır. Kirişlerde pilye kullanılmamış, açıklıkta ve mesnette donatı oranı sabit tutulmuştur. Kirişlerde kullanılan eğilme donatısı oranı; ρ=0,0105'tir. Bu donatı oranı TS500'de belirtilen sınırlar dâhilindedir.

$$0.02 > \rho = \frac{A_{st}}{b_w \times h} = \frac{3 \times 79}{150 \times 150} = 0.01053 \geq \rho_{\min} = 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.8 \times \frac{0.85}{3.65} = 0.00186 \quad (3.2)$$

Kirişlerde alt ve üst donatılar, kolon dış yüzeyine kadar uzatılmış ve bu noktadan itibaren kiriş yüksekliği boyunca (150 mm) yukarı ve aşağı yönde bükülmüştür. Kolon donatılarında ise boyuna donatı yerleşiminde sürekli donatı detayı uygulanmış ve bindirmeli ek yapılmamıştır.

TS500-2000 ve DBYBHY 2007'de minimum etriye çapı için en az 8 mm olmalı şartı veya en büyük boyuna donatı çapı ϕ_l'nin üçte birinden az olmamalı şartı yer almaktadır. Kolonlarda etriye aralığı için ise en küçük boyuna çubuk çapı ϕ_l'nin 12 katından, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den fazla olamaz şartı yer almaktadır. Ayrıca kirişlerde etriye aralığı, kiriş faydalı yüksekliğinin yarısından fazla olamamalıdır (s ≤ d/2). Deney numunelerinin kolon ve kirişlerde, ϕ4/100 mm aralıklarla enine donatı kullanılmıştır.

TS500-2000 ve DBYBHY 2007'ye göre 1/3 ölçekli deney elemanlarının kolon ve kirişlerinde ϕ4/50 mm enine donatı kullanılması gerekmektedir. Ancak çalışma kapsamında etriye aralıklarının ilgili yönetmelik ve standartlara uygun yerleştirilmemesinin etkisi incelendiği için, etriye aralıkları 100 mm olacak şekilde düzenlenmiştir. Kolon ve kiriş etriyelerinin kancaları, uygulamadaki durum dikkate alınarak 90^o olacak şekilde düzenlenmiştir.

Kolonlar için;

Etriye çapı en az: $\phi_l / 3 = 10/3 = 3.33mm$

Etriye aralıkları: $s \leq 12\phi_l = 12 \cdot 10 = 120mm$, $s \leq 200/3 \cong 67mm$ (3.3)

Kirişler için;

Etriye çapı en az: $\phi_l / 3 = 10/3 = 3.33mm$

Etriye aralıkları sarılma bölgesi dışında: $s \leq d/2 = 100/2 = 50mm$ (3.4)

Betonarme çerçevelerin üretilmesinde ilk olarak, Şekil 3.2'de verilen donatı detaylarına göre donatılar hazırlanmıştır. Çerçeve detaylarında verilen kolon, kiriş ve temel boyutlarını sağlayacak şekilde 18 mm kalınlığındaki suntadan kalıplar hazırlanmış ve bu kalıplar beton dökümü esnasında açılmayacak bir şekilde birbirlerine vidalarla bağlanmıştır. Ayrıca temel kalıpları hazırlanırken numunelerin Deprem Laboratuvarındaki rijit döşemeye bağlanabilmesi ve yatay konumdaki numuneye kaldırma aparatının takılabilmesi için daha önceden belirlenen mesafelerden delikler açılmıştır. Temel kalıbındaki bu deliklerin, beton dökümü işleminde kapanmaması için deliklere çelik borular yerleştirilmiştir. Hazırlanan kalıplar içerine temel, kolon ve kiriş donatıları pas payı dikkate alınarak yerleştirilmiştir. Bütün kalıpların donatıları yerleştirildikten sonra hazır beton santralinden beton siparişi verilmiştir. Hazır beton santralinden transmikserle getirilen beton sırasıyla kalıplara dökülmüştür. Betonun kalıplara yerleştirilmesinde vibratör ve çelik şişler kullanılmıştır. Beton dökümü işleminden sonra mala yardımıyla beton yüzeyi düzeltilmiştir. Beton dökümü gerçekleştirildikten sonra numuneler prizini alması için 7 gün bekletilmiş ve kalıptan çıkartılmıştır. Deprem Araştırma Laboratuvarında bulunan vinç ve kaldırma aparatı kullanılarak yatay konumdan dik konuma getirilen numuneler beton dayanımını alabilmesi için bir ay bekletilmiştir. Betonarme çerçevelerin üretilmesi sırasında çekilen bazı fotoğraflar Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Betonarme çerçevelerin üretilmesine ait bazı fotoğraflar

3.1.3.1. Betonarme çerçevelerin malzeme özellikleri

3.1.3.1.1. Beton

S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Deprem Laboratuvarında çerçeveler için hazırlanan kalıplara beton dökülmüştür. Hazırlanan çerçevelerin betonarme perde duvarla beraber çalışmasını sağlayan ankraj donatılarının sıyrılmaması için yaklaşık 17 MPa'lık beton kullanılmıştır. Bu değer DBYBHY 2007'de yer alan minimum beton basınç dayanımı 20 MPa'dan düşüktür. Bu beton dayanımı yapılan çalışmanın amacına uygun olmaktadır. Beton santralinden sipariş edilen beton mikserler vasıtasıyla hazırlanan kalıplara yerleştirilmiştir. Beton dökümü numuneler yatay konumdayken aynı anda, aynı mikserden alınmıştır. Şekil 3.4'de çerçevelerde kullanılan betonun basınç dayanımının belirlenmesi gösterilmekte ve bu değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Beton basınç dayanımlarının belirlenmesi

Çizelge 3.2. Çerçevelerin üretiminde kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı

Numune Numarası	Silindir Basınç Dayanımı $f_{ck\ 28,gün}$ (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
1	18.10	17.29
2	18.50	
3	15.28	

3.1.3.1.2. Donatı

Ülkemizde deprem davranışı zayıf, sünek olmayan yapılardaki donatılar genellikle nervürsüz donatılardır. Deney elemanlarında nervürsüz donatı kullanılması düşünülmüşse de piyasadan nervürsüz donatı temin edilemediği için, kolon, kiriş ve donatıları nervürlü olarak temin edilmiştir. Kolon ve kirişlerde enine donatılar düz olarak temin edilebilmiş ve deney elemanlarında etriye olarak kullanılmışlardır.

Kullanılan bu donatılar S.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda çelik çekme cihazında test edilmiştir. Kullanılan donatının karakteristik değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla 3'er adet 400 mm uzunluğunda numuneler alınarak test edilmiştir. Donatıların test edilme aşamasındaki görünümü Şekil 3.5'de, donatı çubuklarının test sonuçları ise Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Enine donatıların çapları $\phi 4$ olduğu için çekme deneyine uygun olmadığı için yapılamamıştır.



Şekil 3.5. Donatı çeliği çekme deneyi

Çizelge 3.3. Donatı çubuklarının test sonuçları

Donatı çapı (mm)	Akma dayanımı fyk (MPa)		Maksimum çekme dayanımı fsu (MPa)		Donatı türü ve kullanıldığı yerler
	Ölçülen	Ortalama	Ölçülen	Ortalama	
$\phi 8$	384	390	486	489	S420, Temel enine donatıları
	402		497		
	384		483		
$\phi 10$	394	394	644	643	S420, Kolon ve kiriş boyuna donatıları
	396		645		
	391		640		
$\phi 16$	363	367	452	456	S420, Temel boyuna donatıları
	375		456		
	364		459		

3.1.1.2. Dıştan betonarme perde duvarla güçlendirilmiş numuneler

Çalışma kapsamında üretilen ve betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş 5 adet numunenin; betonarme çerçevelerinin özellikleri, perde duvarsız betonarme çerçeve ile aynıdır. Deney kapsamında üretilen betonarme çerçevelerden 4'ü çeşitli boyuttaki pencere boşluklarına sahip düzlem dışı betonarme perde duvarlarla, 1'i ise boşluksuz düzlem dışı betonarme perde duvarla güçlendirilmiştir.

Düzlem dışı betonarme perdelerde donatı detayları, DBYBHY-2007'nin vermiş olduğu kriterlere göre aşağıdaki şartlar dikkate alınarak belirlenmiştir. DBYBHY 2007'de süneklik düzeyi yüksek perdeler için enkesit koşullarında; perde duvar kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olamaz şartı yer almaktadır. 1/3 ölçekli güçlendirme çalışmalarında bu şartlar göz önünde bulundurularak, dolgu duvar kalınlığı (b_w) Denklem 3.7 ile hesaplanmıştır.

Perde Kalınlığı;

$$\left.\begin{aligned} b_w &\geq \frac{h}{20} = \frac{900}{20} = 45mm \\ b_w &\geq \frac{200}{3} = 66.67mm \end{aligned}\right\} \text{seçilen } b_w = 70 \text{ mm} \qquad (3.5)$$

Perdenin plandaki uzunluğu;

Perde genişliğinin en az 7 katı olmalıdır.

Bu sebeple seçilen $L_w = 70 \text{ x } 7 = 490 \text{ mm} < 1500 \text{ mm}$ (3.6)

boyutlar uygundur.

Perde uç bölgeleri;

$H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerde, her iki uçta perde uç bölgeleri oluşturulmalıdır. Numunelerimizde bu oran 1.2 olduğundan ve 2'den küçük olduğu için perde uç bölgeleri oluşturulmayacaktır.

DBYBHY-2007-3.6.3.1 maddesinde belirtildiği üzere perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. 1 m için bu hesaplar yapılırsa;

$$A_{sgövde} = 0.0025 \times b_w \times L_w = 0.0025\text{x}70\text{x}1000 = 175 \text{ mm}^2 = 1.75 \text{ cm}^2 \qquad (3.7)$$

donatı yerleştirilmesi gerekmektedir.

Hasır donatı olarak piyasadan temin edilen 6 mm çapında nervürlü inşaat çeliği kullanılmıştır. Hasır donatı aralıkları düşeyde ve yatayda 15 cm aralıklarla oluşturulmuştur. Bu sebeple m^2'ye düşen donatı 100cm/15cm= 6,67 adet olup, yaklaşık olarak 6 alınmıştır. Böylece m^2'ye düşen donatı alanı, 6ϕ6 mm için, 1.70 cm^2 olup iki yüzde toplam 1.70x2=3.40 cm^2'dir. Bu alan düşey ve yatay donatıların her biri için hesaplanmıştır. Bu sebeple 3.40 cm^2 > 1.70 cm^2 olduğundan hasır donatı kullanıma uygundur. Güçlendirme numunelerinde kullanılan hasır donatıların hazırlanması Şekil 3.6' da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Güçlendirme numunelerinde kullanılan hasır donatıların hazırlanması

Hasır donatılar uçlarından bükülemediği için, hasır donatılarının başlarına ⊂ şeklinde gövde donatıları eklenmiştir. Bu donatılar hasır donatı aralıkları gibi 15 cm aralıklarla yerleştirilmiş olup, kenetlenme boyu kadar uzatılmıştır.

$$l_b = \left(0{,}12\frac{f_{yd}}{f_{ctd}}\phi\ \right) \geq 20\phi \tag{3.8}$$

$$l_b = \left(0{,}12\frac{3650}{9}10\right) = 486{,}67mm \tag{3.9}$$

$$20\phi = 20x10 = 200mm \tag{3.10}$$

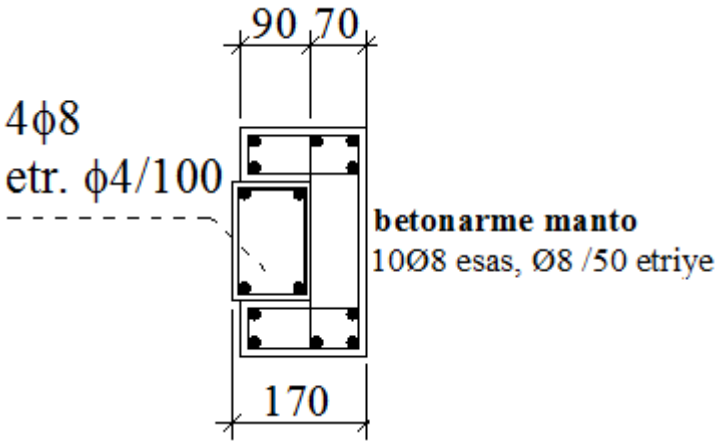
Bu verilere göre l_b=50 cm seçilmiştir. Dolayısıyla ⊂ şeklindeki gövde donatılarının boyları da 50 cm olarak seçilmiştir. Güçlendirme numunelerinde kullanılan ⊂ şeklindeki gövde donatıları Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Güçlendirme numunelerinde kullanılan ⊂ şeklindeki gövde donatıları

Bütün numunelerin kolonların mantolarında boyuna donatı olarak 8ϕ10 boyuna donatı düşünülmüş olsa da, konstrüktif amaçlarla 10ϕ10 boyuna donatı olarak kullanılmıştır. Enine donatı olarak ϕ5.5/5 cm enine donatı kullanılmıştır. Kolonların mantolanması daha öncede belirtildiği gibi 3 taraftan yapılmıştır. Şekil 3.8'de çerçeveye eklenen mantonun üst görünüşü ve donatı yerleşim planı verilmiştir.

Mantonun kolonu tamamen sarmamasının nedeni, çerçeve kolonlarına yatay yük verilip ankraj donatıları yardımıyla bu yükün manto kısmına aktarılabilmesini sağlamaktır. Bu sebeple manto kolonu üç taraftan sarmaktadır.



Şekil 3.8. Çerçeveye eklenen mantonun üst görünüşü ve donatı yerleşim planı

Kolonlarda boyuna donatı oranı standart ve yönetmeliklerde belirtilen sınırlar dahilinde olup, donatı oranı mevcut kolon donatısı göz önüne alınmadan ρ=0,0191, mevcut kolon donatısı göz önüne alınarak ρ=0,02547 olarak düzenlenmiştir.

Mevcut kolon donatısı göz önüne alınmadan oluşan donatı oranı;

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_w \times h} = \frac{942}{290x170} = 0.0191 \geq \rho_{\min} = 0.01 \quad (3.11)$$

Mevcut kolon donatısı göz önüne alınarak oluşan donatı oranı;

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_w \times h} = \frac{1256}{290x170} = 0.02547 \geq \rho_{\min} = 0.01 \quad (3.12)$$

olacak şekilde tasarlanmıştır.

Etriyeler ise aşağıda belirtilen sınır değerleri dahilinde olup ϕ5.5/50 mm olacak şekilde tasarlanmıştır.

Etriye çapı en az $\phi_\ell / 3 = 8/3 = 2.67mm$ (3.13)

Etriye aralıkları $s \leq \begin{matrix} 12\phi_\ell = 12 \times 10 = 120mm \\ 200/3 = \quad 67mm \end{matrix}$ } seçilen ϕ5.5/50 mm (3.14)

Şekil 3.9'da çerçevelerin mantosunda kullanılan kolon donatıları görülmektedir. Bu birleşimler numune üzerinde hazırlanmamış, numuneden ayrı olarak hazırlanıp numuneye sonradan ilave edilmiştir.



Şekil 3.9. Çerçevelerin mantosunda kullanılan donatıları

DBYBHY 2007'de yeni yapılacak betonarme perdeler ile mevcut çerçeveler arasında ankraj uygulamasında ankrajların minimum çapının ϕ16 mm, ankraj aralıklarının maksimum 400 mm ve ankraj derinliğinin en az çubuk çapının 10 katı kadar olması şartı yer almaktadır. Buna göre 1/3 ölçekli numunemizde;

16/3 = 5.3 mm lik çubuk kullanmak,

400/3 = 133 mm lik bir ankraj aralığı,

10ϕ = 10x10 = 100 mm ankraj derinliği kullanmak yeterli olacaktır.

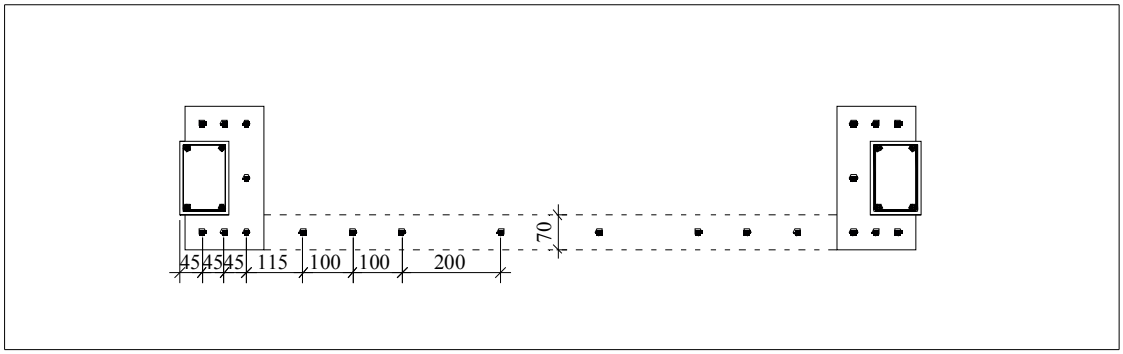
Güçlendirilmiş çerçevelerin ankraj sıyrılması ile dayanımlarında oluşabilecek azalmalar, bu numunelerde inceleyeceğimiz parametreleri olumsuz yönde etkileyecek ve bu parametreleri sağlıklı bir şekilde yorumlamamızı engelleyeceğinden, ankraj donatılarını öngörülenden daha güçlü yapmak hedeflenmiştir. Bu bağlamda 5.3 mm çapında ankraj çubuğu yeterli iken 10 mm çapında ankraj çubuğu kullanılmış, 150 mm ankraj aralığı ile yerleştirilmiştir. Ankraj donatılarının filiz boyları kirişlerde ve kolonlarda 100 mm (10ϕ), temelde ise 300 mm (30ϕ)'dir. Ankraj derinlikleri ise kirişlerde 100 mm (10ϕ), kolonların manto yapılacak dış yüzeylerinde 70 mm ve kolonun iç yüzünde de diğer yüzlerdeki ankrajlara şaşırtmalı olarak 70 mm ve temelde 200 mm (20ϕ) açılmıştır. Şekil 3.10'da kolon ve kirişlerde kullanılan ankraj çubukları, Şekil 3.11'de ise temelde kullanılan ankraj çubukları gösterilmiştir.



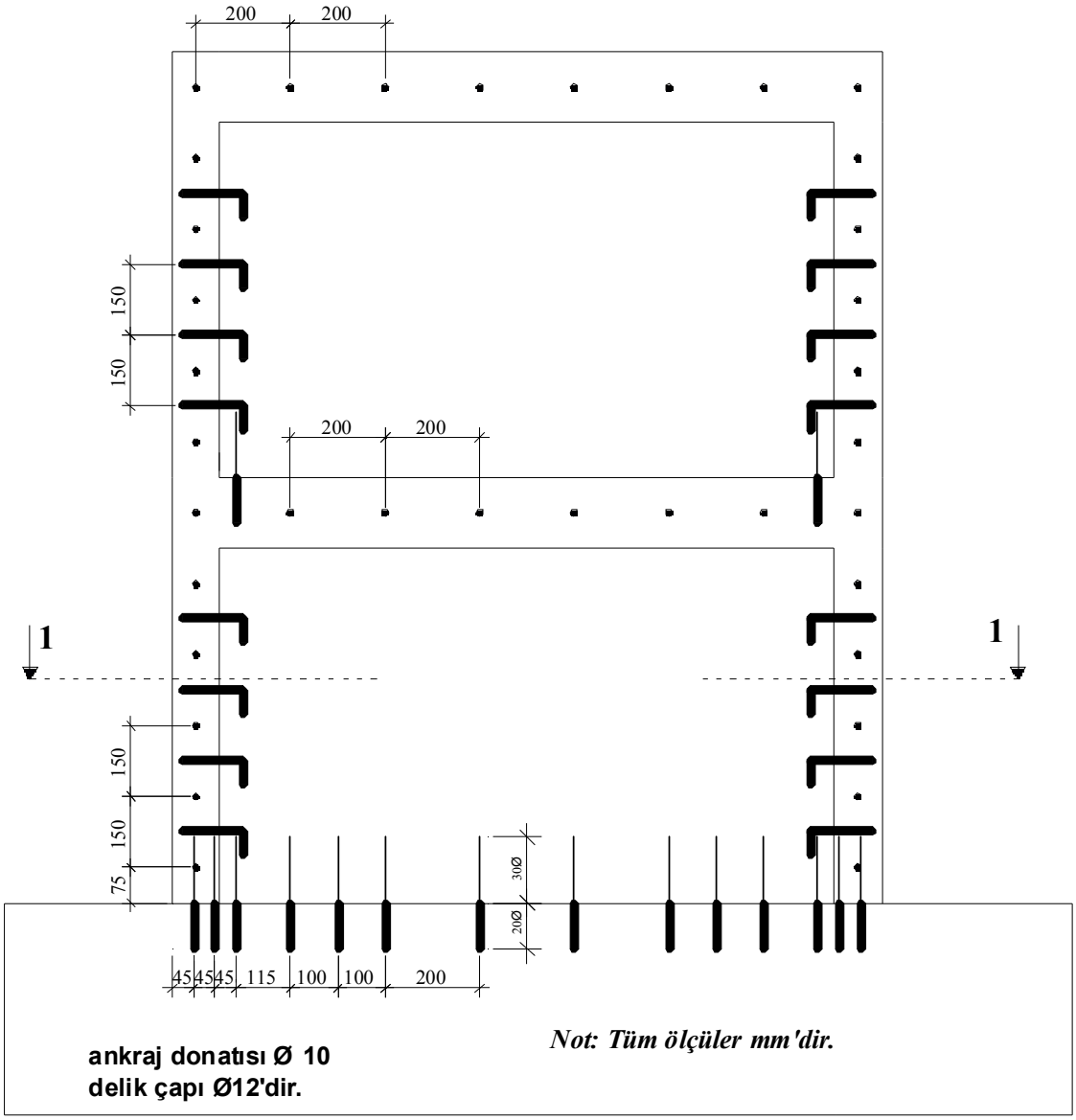
Şekil 3.10. Kolon ve kirişlerde kullanılan ankraj donatıları



Şekil 3.11. Temellerde kullanılan ankraj donatıları

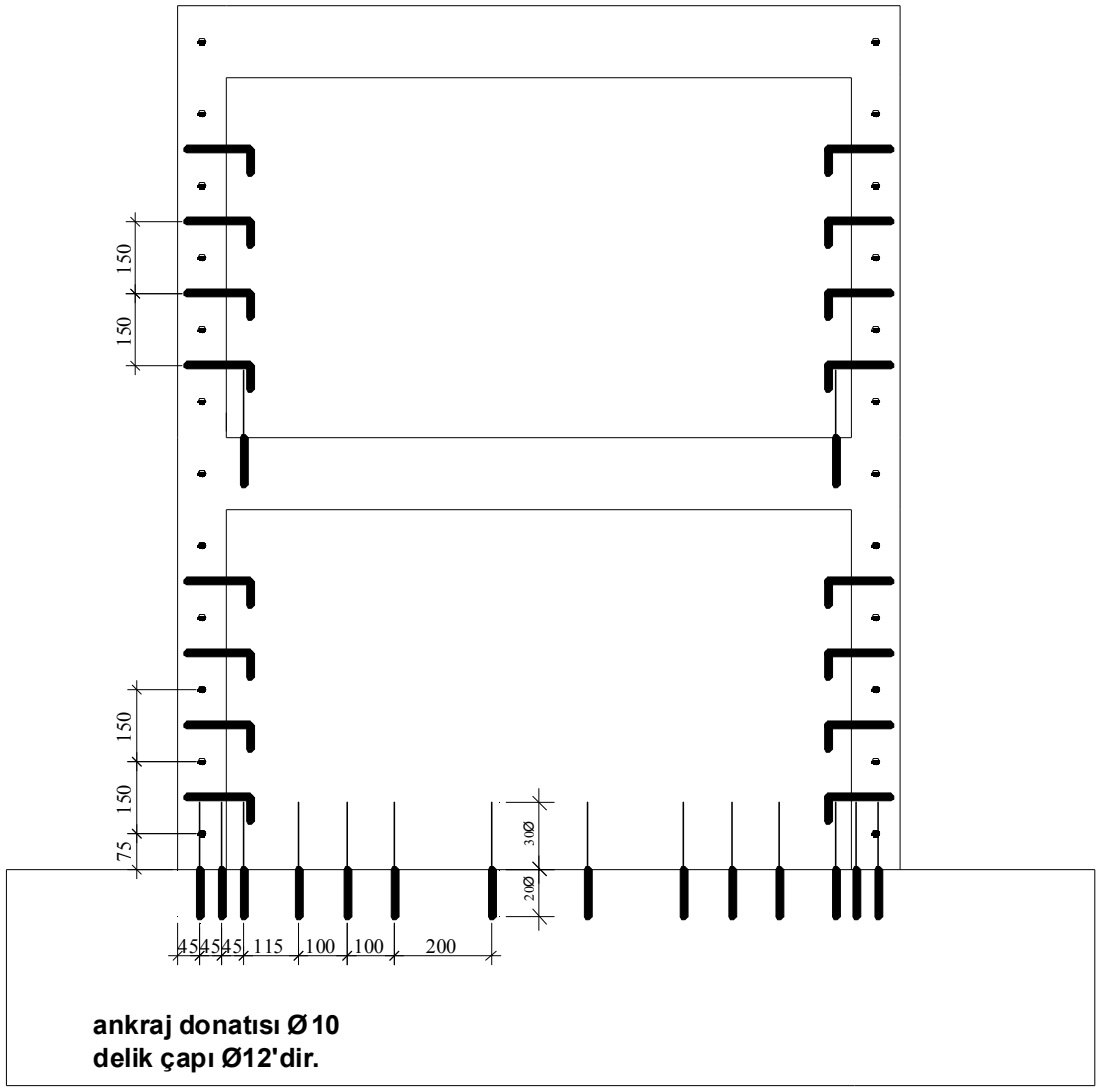


1-1 Kesiti



Ön yüz

Şekil 3.12. Düzlem dışı B/A perde duvarla güçlendirilmiş numunelerin ön yüzünde kullanılan ankraj donatı detayları



Şekil 3.13. Düzlem dışı B/A perde duvarla güçlendirilmiş numunelerin arka yüzünde kullanılan ankraj donatı detayları

Ankraj donatılarının betonarme çerçeveye ekilebilmesi için betonarme çerçeve üzerinde belirlenen yerlere darbeli matkap kullanılarak 12 mm çapında delikler açılmıştır. Numunelerin temel, kolon ve kirişlerinde açılan bu deliklerin daha önceden belirlenen derinlikte olmasına özen gösterilmiştir. Tüm numunelerde delik açma işlemi tamamlandıktan sonra deliklerde biriken tozları temizlemek için basınçlı hava kullanılmıştır. Bu temizleme işlemine ilk olarak delik diplerinden başlamaya özen gösterilmiştir. Temizlenen delikler, kartuşlu epoksi ile delik diplerinden başlanılarak tamamen doldurulmuştur. Daha önceden hazırlanan ankraj donatıları, epoksi reçinesi sertleşmeden yerlerine ekilmiştir. Ekme işlemi sırasında ankraj donatıları kendi ekseni etrafında döndürülerek deliklere yerleştirilmiştir. Şekil 3.14'de ankraj donatılarının çerçeveye ekilme aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Ankraj donatılarının ve deliklerin hazırlanarak donatıların ekilmesi

Ankraj donatısı ekme işleminden sonra epoksi reçinesinin priz alma süresi beklenilerek güçlendirme işlemlerine devam edilmiştir. Ankraj donatısı ekiminde kullanılan kartuş epoksi Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



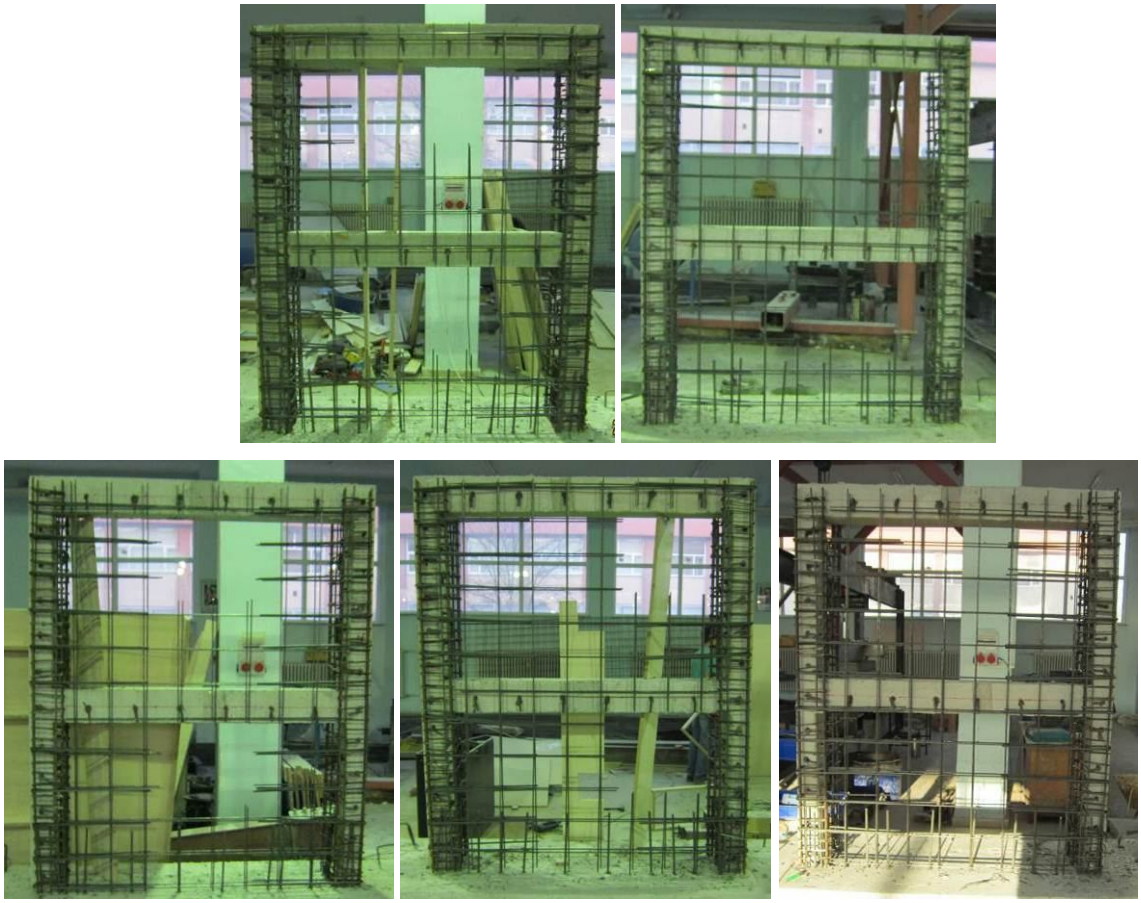
Şekil 3.15. Ankraj donatısı ekme işleminde kullanılan kartuş epoksi

18 mm kalınlığındaki sunta kullanılarak betonarme perdelerin kalıpları imal edilmiştir. Betonarme perdelerin beton dökümü işleminden sonra kalıpların kolay sökülebilmesi için yüzleri parlak ve kaygan sunta kullanılmıştır. Betonarme perdelerin betonu yukarıdan dökületeceği için ön yüzeyde bulunan kalıpların üst tarafları açık bırakılmıştır. Pencere boşluklu düzlem dışı betonarme perde duvarlı numunelerin arka yüzeyinde bulunan kalıplara, pencere boyutlarına göre hazırlanan sunta çerçeveler vidalarla sabitlenmiştir (Şekil 3.16). Betonarme perde duvarların gövde donatıları, hasır çelikten pencere boşlukları da dikkate alınarak belirlenen boyutlarda hazırlanmıştır.



Şekil 3.16. Pencere boşluklu betonarme dolgu duvarlı numunelerin arka yüzeyinde bulunan kalıplara, pencere boyutlarına göre hazırlanan sunta çerçeveler

Hazırlanan bu gövde donatıları, perdenin ön ve arka yüzeyinde olacak şekilde betonarme çerçeve içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.17). Betonarme perde duvarlarının beton dökümü işleminde, gövde donatılarının sabit kalabilmesi ve gerekli pas payının oluşturulabilmesi için hasır çelik, ankraj donatılarına telle bağlanmıştır. Kalıp işlemleri yapılırken betonarme perde duvar kalınlığının 70 mm olmasına dikkat edilmiştir. Beton dökümü esnasında kalıpların açılmasını önlemek için kalıpların ön ve arka taraflarında destek tahtaları kullanılmıştır. Numuneler için kalıp işlemi tamamlandıktan sonra hazır beton santralinden kendiliğinden yerleşen beton siparişi verilmiştir. Hazır beton santralinden transmikserle getirilen beton, kalıpların üstünde bırakılan boşluklardan kova yardımıyla kalıplara dökülmüştür (Şekil 3.18). Betonun kalıplara yerleştirilmesinde plastik tokmak ve vibratör kullanılmıştır.



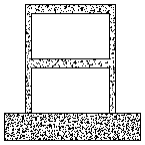
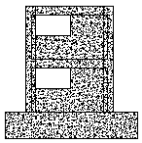
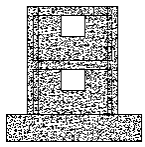
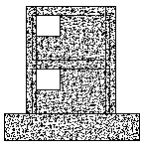
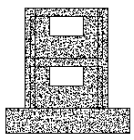
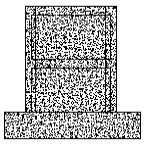
Şekil 3.17. Gövde donatılarının betonarme çerçeve içine yerleştirilmiş hali



Şekil 3.18. Betonarme perde duvarla güçlendirmek için yapılan beton döküm işlemi.

Betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş 5 adet numunede kullanılan tek kat için gövde donatısı oranları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

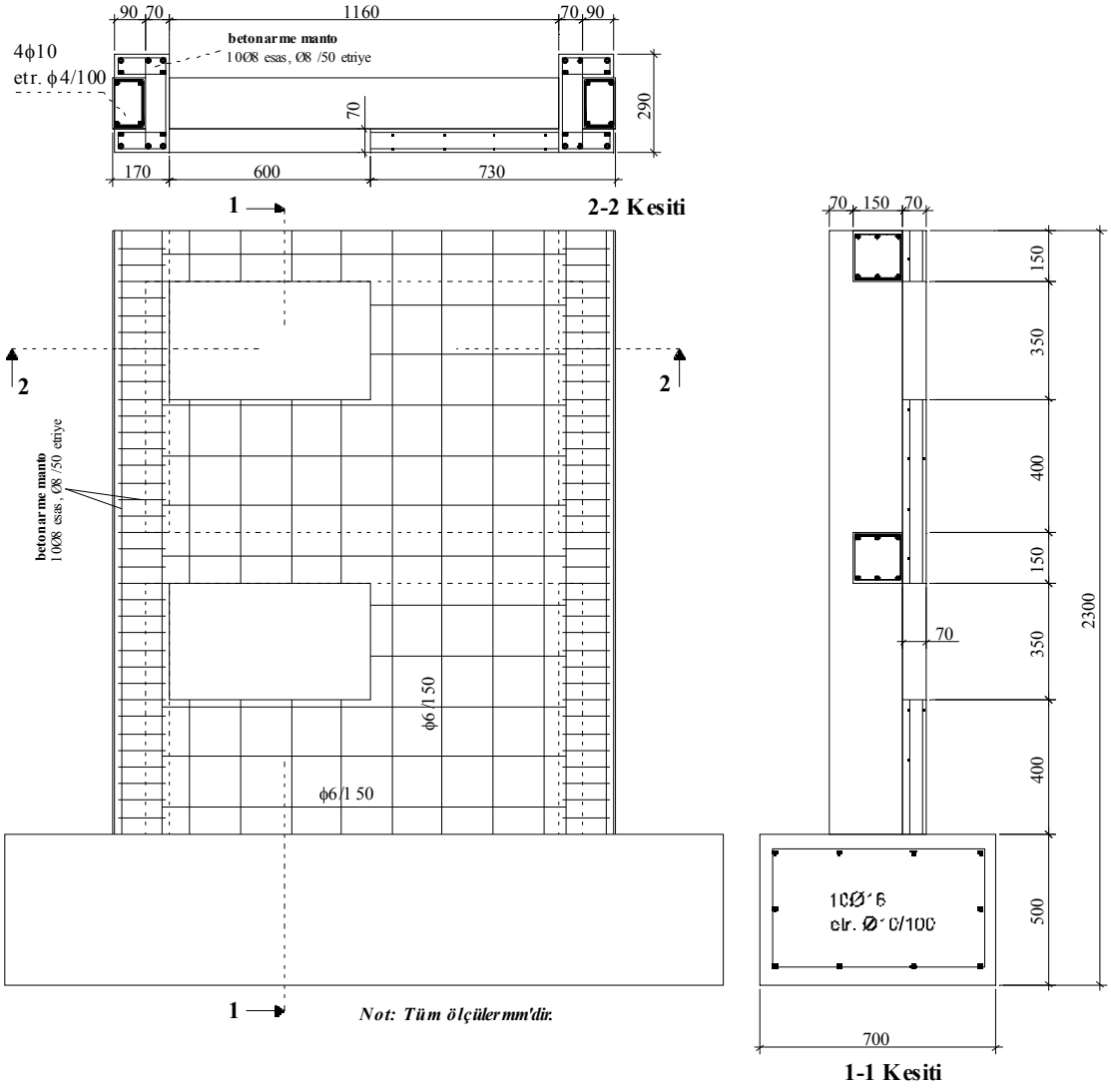
Çizelge 3.4. Deney numunelerinin B/A dolgu duvarlarında kullanılan gövde donatıları

Deney Numunesi			Düşey Donatı		ρ_d	Yatay Donatı		ρ_y
			Pencere alt kısmında	Tam perde kısmında		Pencere kısmında	Tam perde kısmında	
1	**Dolgu duvarsız B/A çerçeve (RS)**		-	-	-	-	-	-
2	**Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencereli (OSWSBW)**		10ϕ6	6ϕ6	0.00437	4ϕ6	6ϕ6	0.00273
3	**Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencereli (OSWMSW)**		6ϕ6	10ϕ6	0.00437	10ϕ6	10ϕ6	0.00273
4	**Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencereli (OSWSSW)**		6ϕ6	10ϕ6	0.00437	4ϕ6	10ϕ6	0.00273
5	**Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencereli (OSWSSW)**		4ϕ6	12ϕ6	0.00437	4ϕ6	10ϕ6	0.00273
6	**Düzlem Dışı B/A tam perde duvarlı (OSWF)**		16ϕ6		0.00437	10ϕ6		0.00273

Çalışma kapsamında üretilen ve betonarme dolgu duvarla güçlendirmeleri yapılan numuneler sırayla anlatılmıştır. Ayrıca bu numunelere gövde donatısı ve boyut detayları da verilmiştir.

Deney numunesi 2:

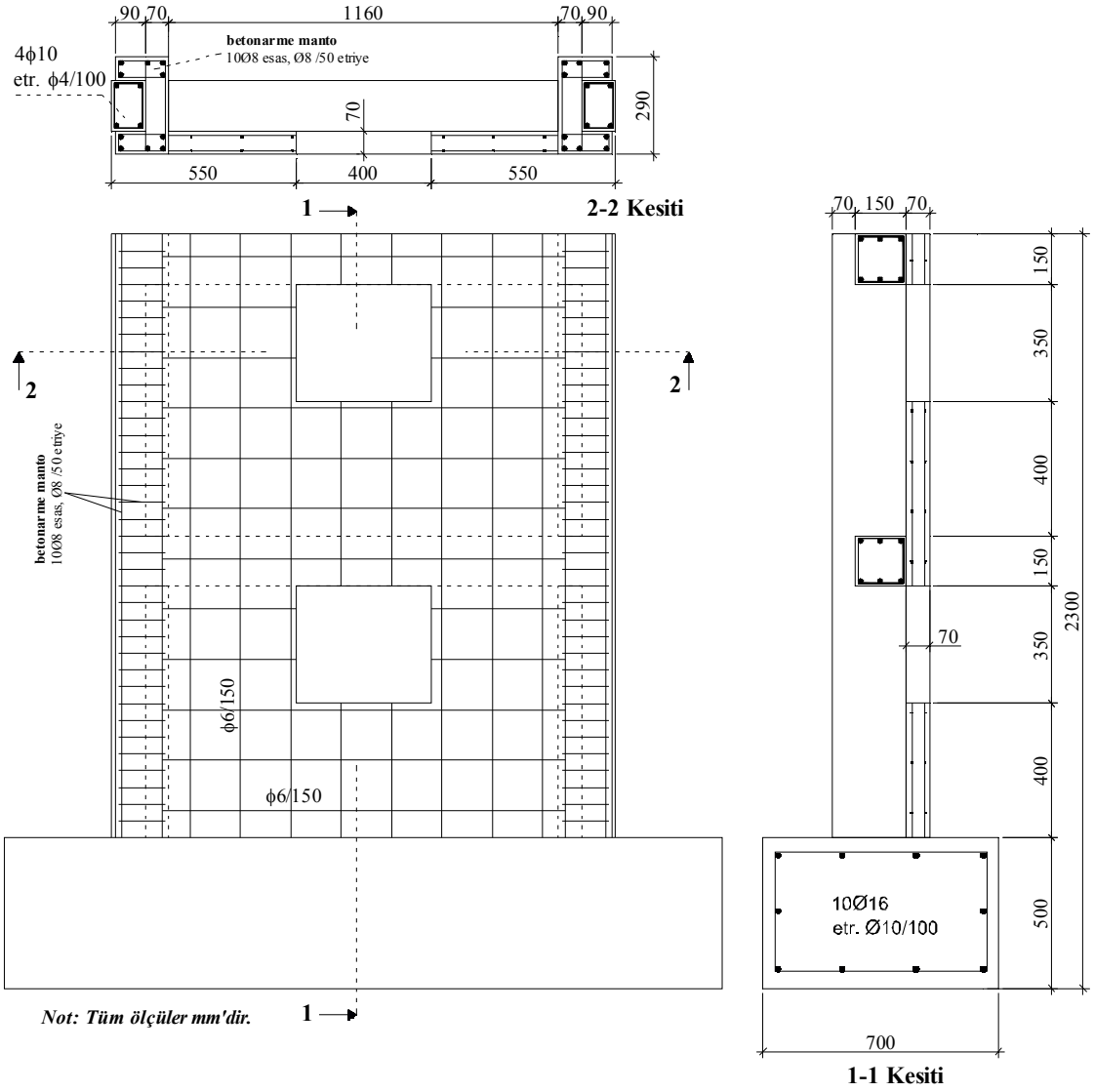
Numunenin perde duvarlarında, kolon mantosuna bitişik olacak şekilde 600x350 mm boyutlarında pencere boşluğu bırakılmıştır. Düzlem dışı betonarme perde duvarın, yüksekliği H_w=1800 mm, uzunluğu l_w=1480 mm ve kalınlığı b_w=70 mm'dir. Gövde donatısı oranları; düşeyde ρ_d=0.00437, yatayda ρ_y=0.00273'dür. Bu numunenin; boyut ve donatı detayları Şekil 3.19'da verilmiştir. Ankraj donatıları detayları bütün numunelerde aynıdır, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Deney numunesi 2'ye ait boyut ve donatı detayları

Deney numunesi 3:

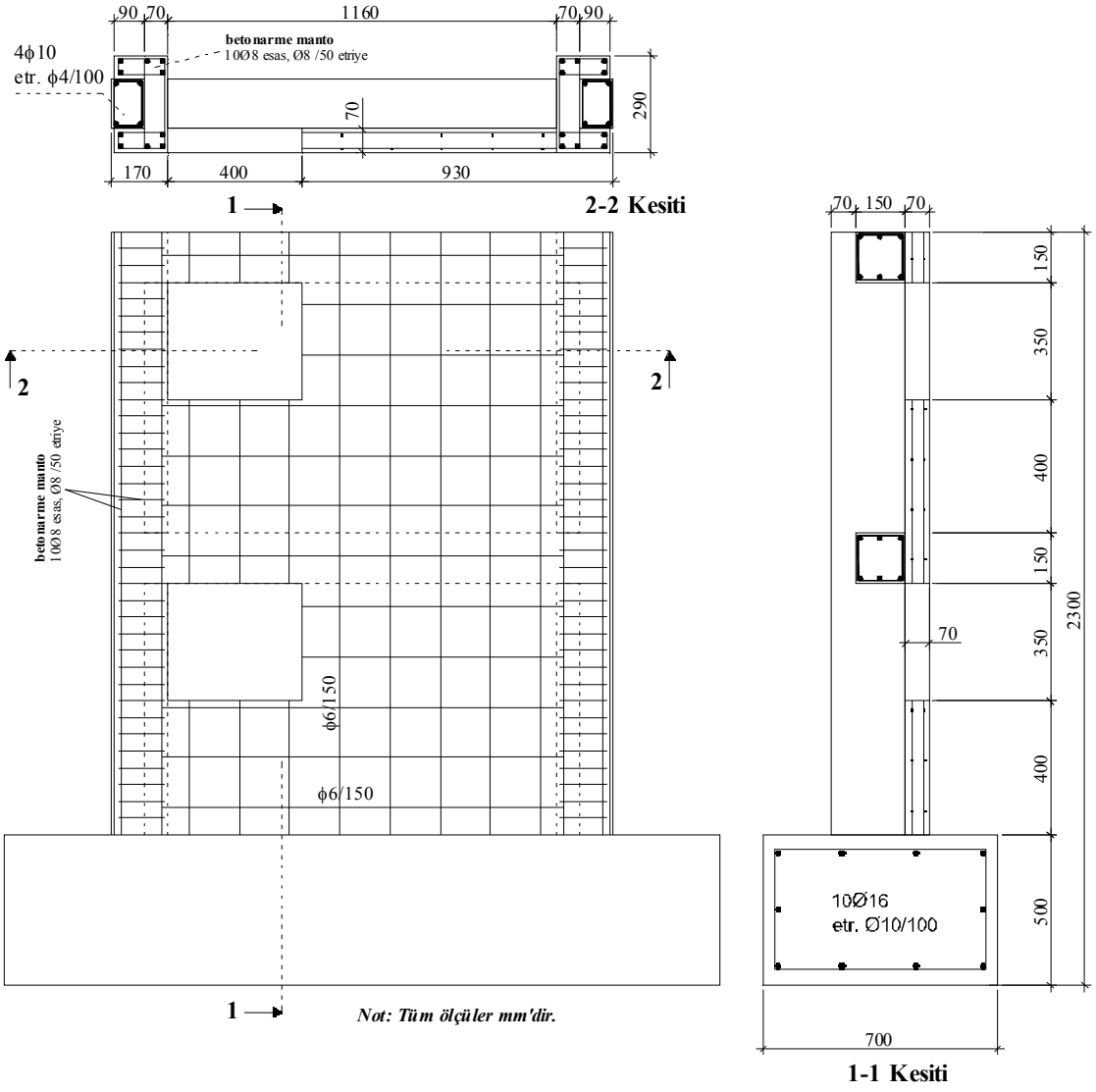
Numunenin perde duvarlarının orta hizasına denk gelecek şekilde 400x350 mm boyutlarında pencere boşluğu bırakılmıştır. Düzlem dışı betonarme perde duvarın, yüksekliği H_w=1800 mm, uzunluğu l_w=1480 mm ve kalınlığı b_w=70 mm'dir. Gövde donatısı oranları; düşeyde ρ_d=0.00437, yatayda ρ_y=0.00273'dür. Bu numunenin; boyut ve donatı detayları Şekil 3.20'de verilmiştir. Ankraj donatıları detayları bütün numunelerde aynıdır, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Deney numunesi 3'e ait boyut ve donatı detayları

Deney numunesi 4:

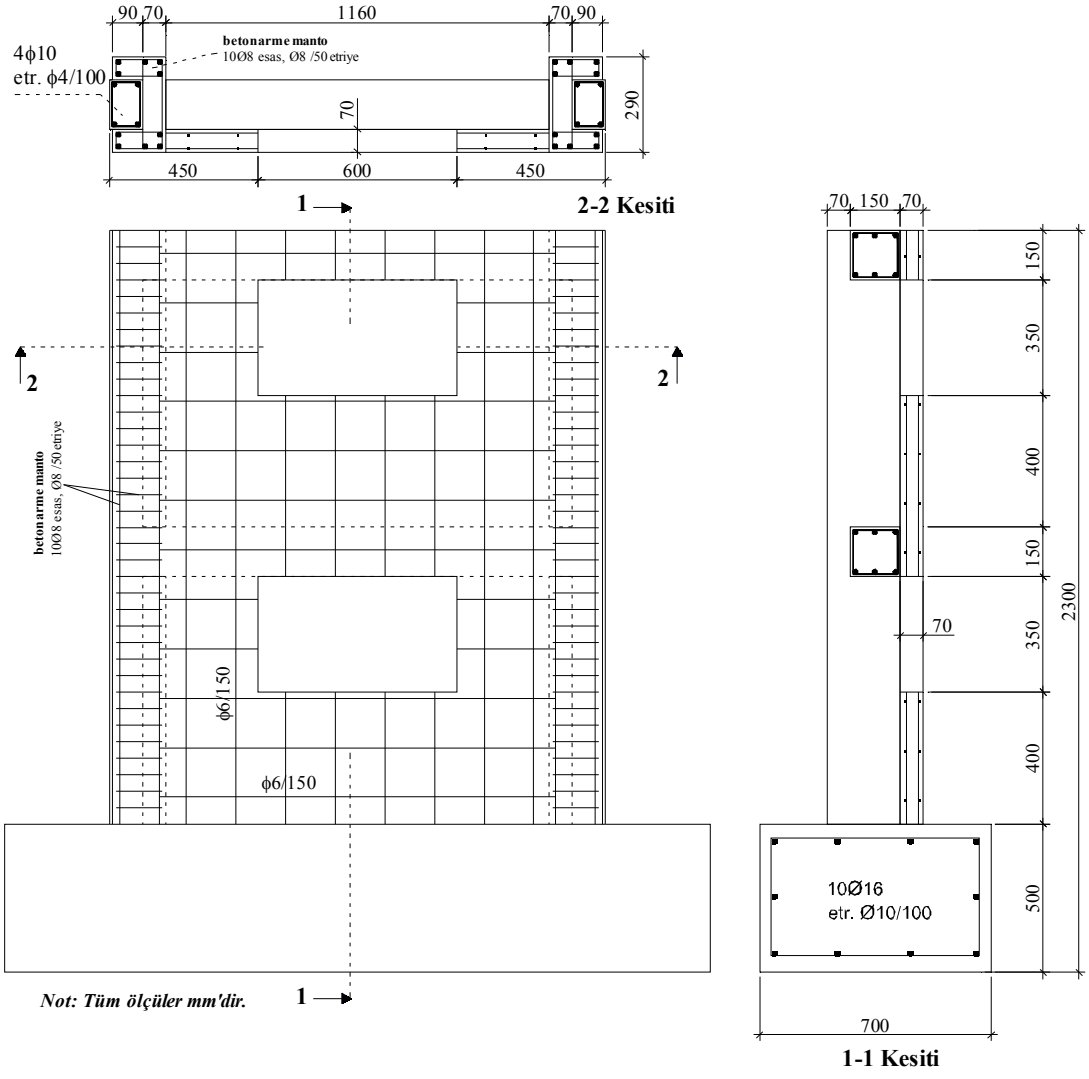
Numunenin perde duvarlarında, kolon mantosuna bitişik olacak şekilde 400x350 mm boyutlarında pencere boşluğu bırakılmıştır. Düzlem dışı betonarme perde duvarın yüksekliği H_w=1800 mm, uzunluğu l_w=1480 mm ve kalınlığı b_w=70 mm'dir. Gövde donatısı oranları; düşeyde ρ_d=0.00437, yatayda ρ_y=0.00273'dür. Bu numunenin; boyut ve donatı detayları Şekil 3.21'de verilmiştir. Ankraj donatıları detayları bütün numunelerde aynıdır, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Deney numunesi 4'e ait boyut ve donatı detayları

Deney numunesi 5:

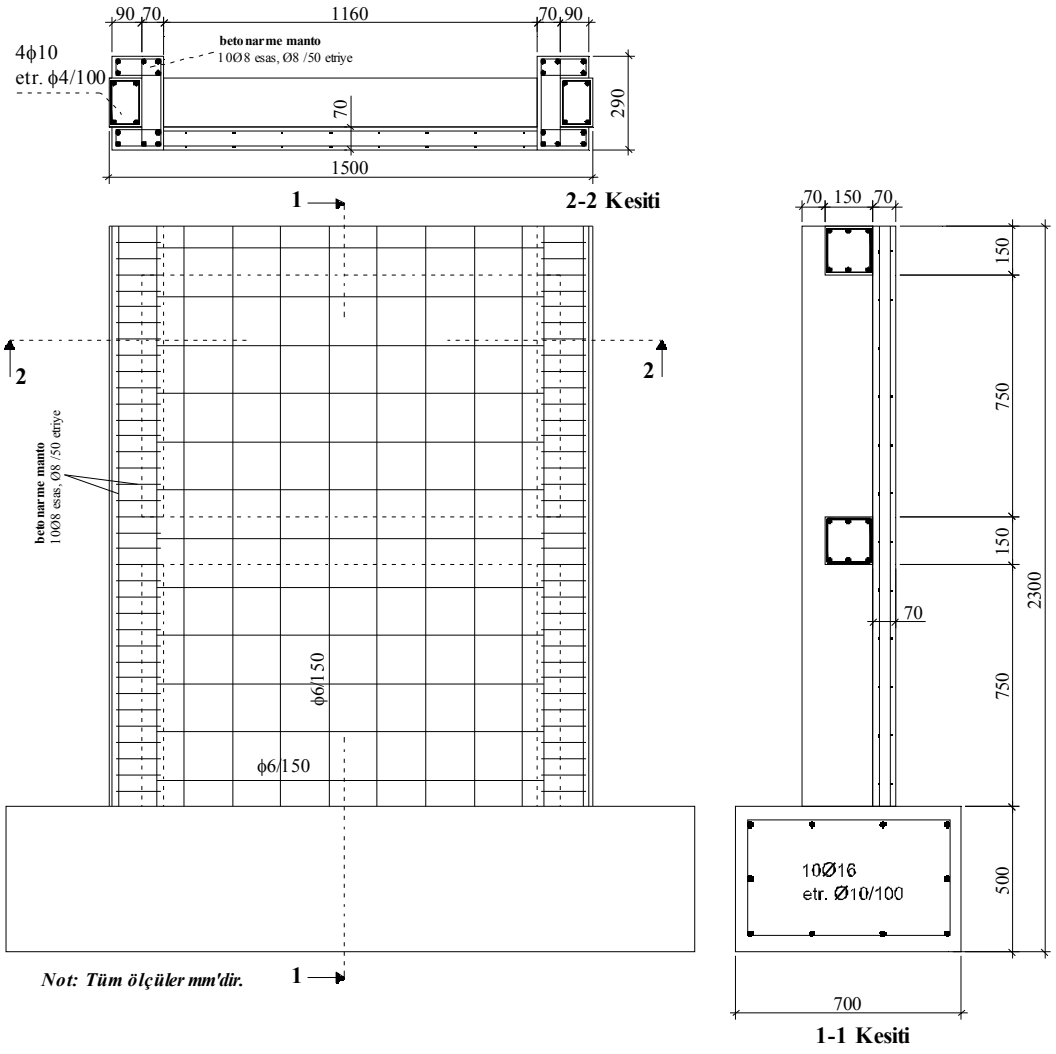
Numunenin betonarme perde duvarlarının orta hizasına denk gelecek şekilde 600x350 mm boyutlarında pencere boşluğu bırakılmıştır. Düzlem dışı betonarme perde duvarın yüksekliği H_w=1800 mm, uzunluğu l_w=1480 mm ve kalınlığı b_w=70 mm'dir. Gövde donatısı oranları; düşeyde ρ_d=0.00437, yatayda ρ_y=0.00273'dür. Deney numunesi 5'e ait, boyut ve donatı detayları Şekil 3.22'de verilmiştir. Ankraj donatıları detayları bütün numunelerde aynıdır, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Deney numunesi 5'e ait boyut ve donatı detayları

Deney numunesi 6:

Bu numunede, betonarme çerçevenin içerisi pencere boşluğu bırakılmadan boşluksuz betonarme perde duvarla güçlendirilmiştir. Düzlem dışı betonarme perde duvarın, yüksekliği H_w=1800 mm, uzunluğu l_w=1480 mm ve kalınlığı b_w=70 mm'dir. Gövde donatısı oranları; düşeyde ρ_d=0.00437, yatayda ρ_y=0.00273'dür. Deney numunesi 5'e ait, boyut ve donatı detayları Şekil 3.23'de verilmiştir. Ankraj donatıları detayları bütün numunelerde aynıdır, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Deney numunesi 6'ya ait boyut ve donatı detayları

3.1.3.2. Kolon mantosu ve perde duvarların malzeme özellikleri

3.1.3.2.1. Beton

Kolon mantosu ve perde duvarlarda kullanılan beton, hazır beton santralinden mikserler vasıtasıyla getirilmiş ve el arabaları ile kalıplara dökülmüştür. Kolon mantosu ve perde duvarlarda kullanılan beton dayanımı, 25 MPa olması düşünülmüştür. Beton, kalıplara vibratör kullanılarak ve plastik tokmakla yerleştirilmiştir. Hazırlanan silindir ve küp kalıplara beton basınç dayanımının belirlenmesi amacıyla örnekler alınmıştır. Şekil 3.24'de silindir ve küp numuneler gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Silindir ve küp numuneler

Silindir numuneler 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğinde kalıplara konulmuştur. Alınan bu örnekler 28 gün sonra test edilmiş ve Çizelge 3.5'de silindir numunelerin basınç dayanımları gösterilmiştir. Şekil 3.25' de ise silindir numunelerin test edilmesi gösterilmiştir. Yapılan testler sonucunda güçlendirme elemanlarının ortalama beton basınç dayanımı yaklaşık 26 MPa olmuştur.

Çizelge 3.5. Kolon mantosu ve perde duvarlarda kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı

Numune Numarası	Silindir Basınç Dayanımı $f_{ck\ 28,gün}$ (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
1	26.60	25.72
2	24.33	
3	22.63	
4	25.35	
5	29.71	



Şekil 3.25. Silindir numuneler için beton basınç dayanımlarının belirlenmesi

3.1.3.2.2. Donatı

Kolon mantosu ve perde duvarlarda nervürlü donatılar kullanılmış ve betonarme çerçeve elemanındaki donatılar gibi S.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda test edilmiştir. Kolon mantosu ve perde duvarlarda kullanılan donatılarda 3'er adet 400 mm boyunda numuneler alınarak test edilmiştir. Kolon mantosu ve perde duvarlarda kullanılan donatıların test sonuçları Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Donatı çubuklarının test sonuçları

Donatı çapı (mm)	Akma dayanımı fyk (MPa)		Maksimum çekme dayanımı fsu (MPa)		Donatı türü ve kullanıldığı yerler
	Ölçülen	Ortalama	Ölçülen	Ortalama	
ϕ8	384	390	486	489	S420, Başlık bölgesi boyuna donatıları, ⊂ şeklinde oluşturulmuş yatay gövde donatıları
	402		497		
	384		483		
ϕ10	394	394	644	643	S420, Kolon, kiriş ve temel ankrajlarında kullanılan donatılar
	396		645		
	391		640		

Çelik hasır, geniş satıhlı dikey ve yatay betonarme elemanların teçhizat malzemesidir. Soğuk çekilerek mukavemeti arttırılmış ve nervürlendirilmiş çelik çubukların birbirine nokta kaynağı ile milimetrik hassasiyette bağlanmaları ile imal edilen malzemelerdir. TS 4559'a göre beton çelik hasırları şu niteliklere sahip olarak imal edilmektedirler. Düzlem dışı betonarme perde duvarlarda kullanılan hasır donatıların geometrik özellikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Düzlem dışı perde duvarda kullanılan hasır donatıların geometrik özellikleri

Hasır	Boyu	Eni	Çubuk çapı	Göz aralığı	En kesit
Tipi	(mm)	(mm)	Düşeyde ve yatayda (mm)	Düşeyde ve yatayda (mm)	Düşeyde ve yatayda (cm^2/m)
Q188/188	5000	2150	6.0	150	1.88

Düzlem dışı betonarme perde duvarda kullanılan Q188/188 hasır donatısının mekanik özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Minimum akma sınırı: 5.000 kg/cm^2 (500 N/mm^2)
- Minimum çekme dayanımı: 5.500 kg/cm^2 (550 N/mm^2)
- Minimum kopma uzaması: %5-%8 olarak TS 708 ve TS 4559'da verilmiştir.
- Makaslama kuvveti (kaynak noktalarındaki)
  0.30. Bs. Fe= =0,30 x telin kesit alanı (cm^2) x kama sınırı (kg/cm^2) olmalı.
- Emniyet katsayısı: DIN 1045'e göre 1.75 alınmalıdır.
- Emniyet gerilmeleri: TS 500'e göre nervürlü çelik hasırlarda, beton cinsine göre
  B 160 için 2400 kg / cm^2
  B 225 için 2800 kg/ cm^2'dir.

3.2. Deney Düzeneği ve Ölçüm Tekniği

Bu çalışmada üretilen tek açıklıklı, iki katlı ve 1/3 ölçekli 6 numunenin, tersinir tekrarlanır yük altında test edilebilmesi için Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Laboratuvarında yükleme düzeneği oluşturulmuştur.

Deney numunelerine verilen yatay yükleme, hidrolik kriko yardımıyla itme veya çekme şeklinde uygulanmıştır. Deneylerde yatay yük ölçümleri yük ölçerler ile çerçeve sistemindeki yer değiştirmeler LVDT'ler kullanılarak yapılmıştır. Deneyler esnasında ölçüm aletlerden okunan değerler, bilgisayara veri toplama sistemi vasıtasıyla aktarılmış ve kayıt altına alınmıştır.

Deneylere ilk olarak yük kontrollü olarak başlanılmış ve sistemin akma yükünden sonra deplasman kontrollü olarak devam edilmiştir.

3.2.1. Yükleme düzeneği

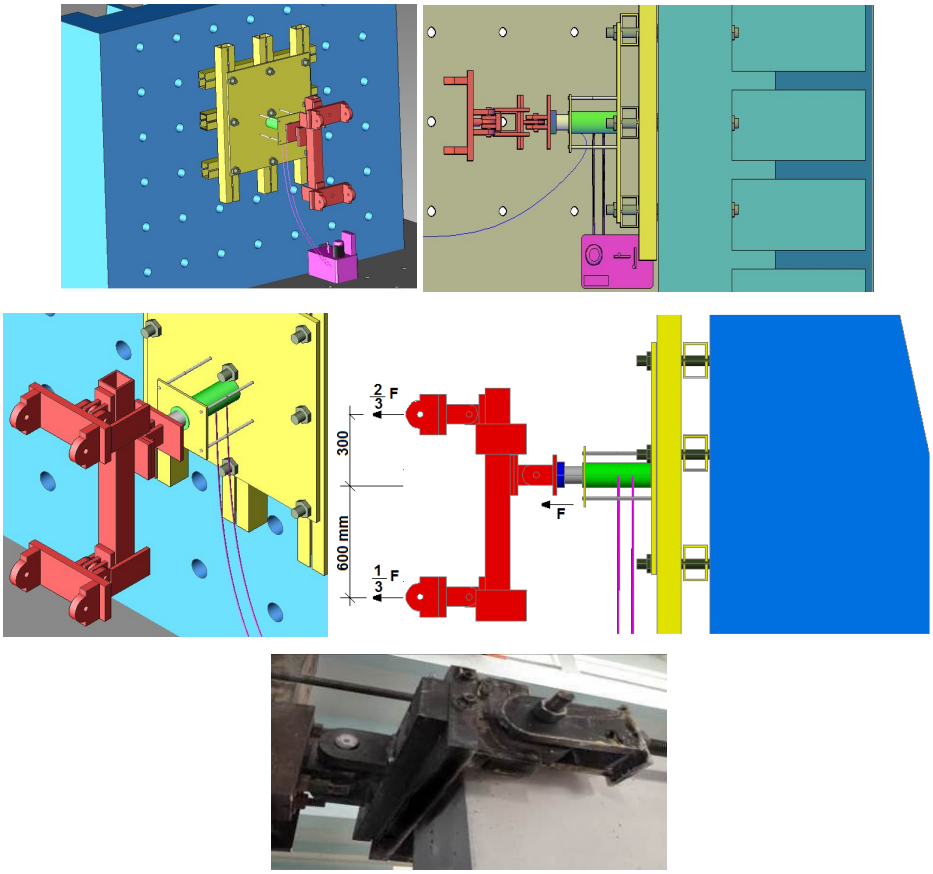
Yükleme düzeneği elemanlarının, boyutları ve malzeme özellikleri belirlenerek imalatları sanayide ve laboratuvar ortamında yapılmıştır. Numunelerin yüklenmesinde 1000 kN itme, 500 kN çekme kapasiteli bir hidrolik kriko kullanılmıştır. Yüklemeler el ile kumandalı elektrikli hidrolik pompa ile yapılmıştır. Pompayla yükleme ve boşaltma, numunelerde oluşacak çatlakların gelişimi gözlemlenebilecek bir hızda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde hidrolik krikodan yapılan yüklemenin ölçülüp, yük verilerinin bilgisayar ortamına aktarılmasında itme ve çekmede kapasitesi 500 kN olan yük hücresi (loadcell) kullanılmıştır (Şekil 3.26).



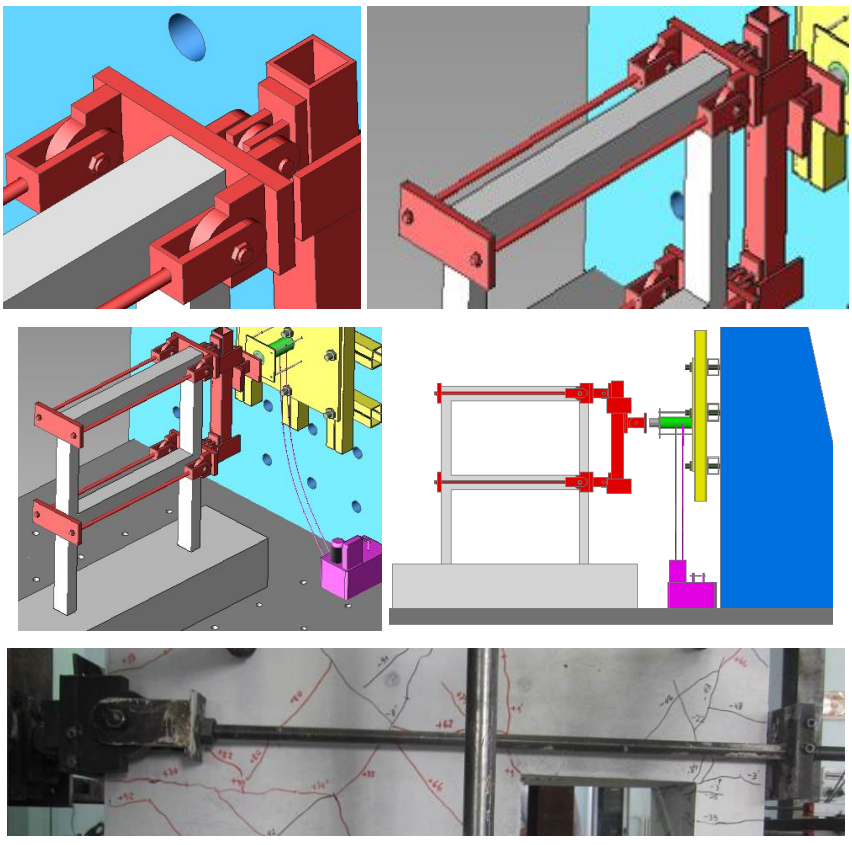
Şekil 3.26. 500 kN'luk yük hücresi (loadcell)

Hidrolik krikonun ucuna bağlanan bu yük hücresine vidalarla bir çelik levha bağlanmıştır. Yüklemeler esnasında numunelerin alt ve üst katların da oluşabilecek farklı deplasmanlarda sistemin rahat hareket edebilmesi için bu levhanın ucuna mafsallı bir sistem yapılmıştır. Bu mafsal, 200x200 mm kesitinde 1200 mm boyunda yük dağıtma aparatına kaynaklanmıştır. Yük dağıtma aparatı ile mafsalın bu birleşimi, hidrolik krikodan gelen toplam yatay yükün, 2/3'ü üst kat kirişi ve 1/3'üde alt kat kiriş hizasından deney numunelerine aktarabilecek şekilde yapılmıştır. Yük dağıtma aparatından, numunelere yük aktarımı alt ve üst kirişler hizasından iki tane mafsallı çelik levhayla yapılmıştır. Mafsallı levha uygulaması ile katlara yüklerin aktarımının daha iyi sağlanabileceği düşünülmüştür (Şekil 3.27).

Bu mafsalı levhalara, çekme çevrimlerinde numuneye yük aktarımını sağlayacak iki çelik levha, betonarme çerçevenin diğer yüzeyinde ve kirişlerin hizasında olacak şekilde bağlanmıştır. Bu bağlantı, kiriş eksenine paralel şekilde yerleştirilen ve bir ucu mafsallı olarak teşkil edilmiş olan gergi milleri ile sağlanmıştır (Şekil 3.28).

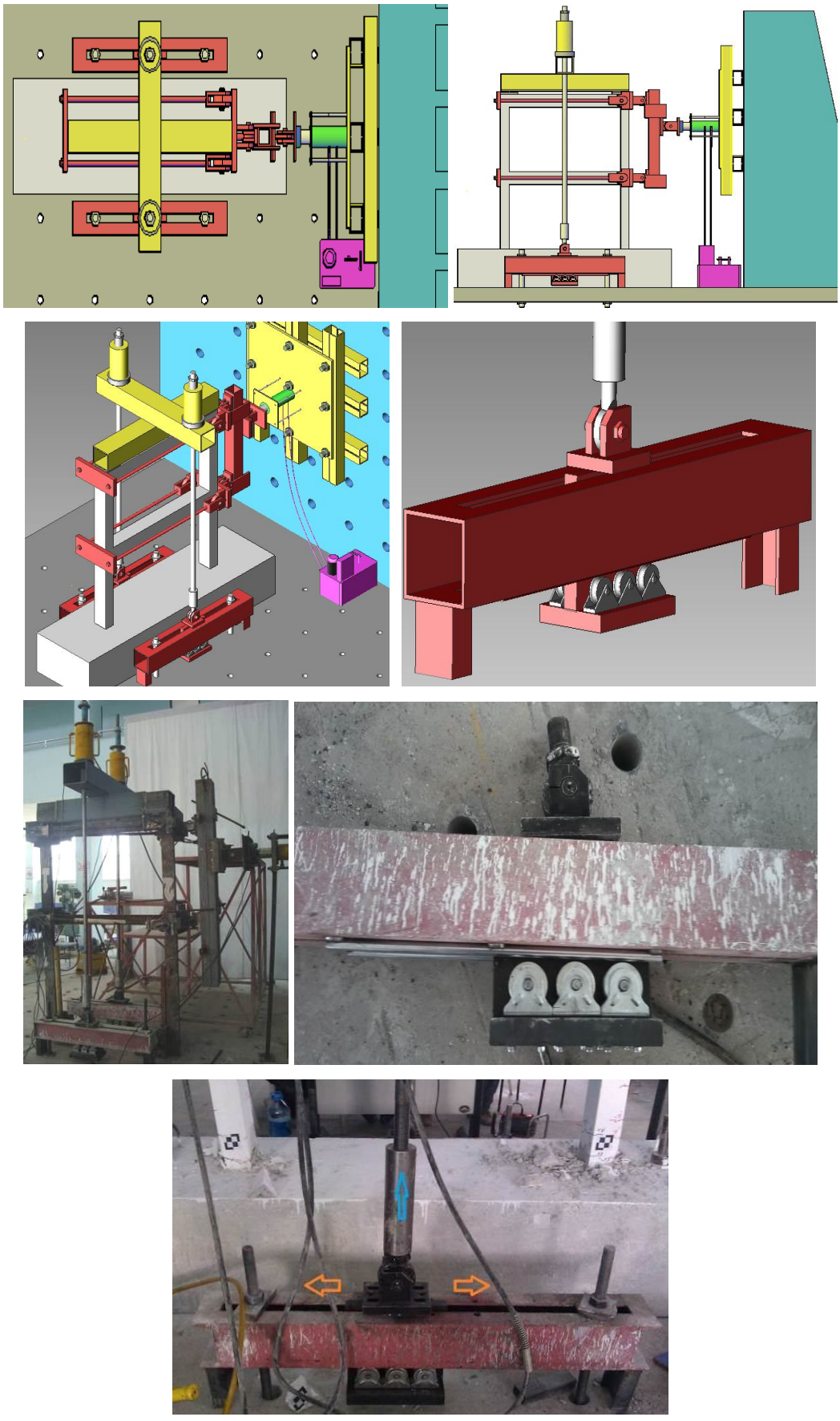


Şekil 3.27. Yük dağıtma aparatı, mafsallı yük aktarma levhaları, yük hücresi ve hidrolik kriko



Şekil 3.28. Çekme çevrimlerinde yük aktarımı sağlayan levha ve mafsallı gergi milleri

Deneylerde; numunelerin üst kat kirişine yerleştirilen çelik bir dağıtma kirişi vasıtasıyla kolon üst noktalarından her bir kolona eşit yük gelecek şekilde, eksenel yük uygulanmıştır. Numunelerin testi sırasında eksenel yük sabit tutulmuştur. Numunelere eksenel yükleme, iki adet hidrolik kriko yardımıyla yapılmıştır. Hidrolik krikodaki yükleri okumak için iki adet yük hücresi kullanılmıştır. Numunelerin test edilmesi esnasında artan yatay deplasmanlar altında uygulanan eksenel yükün artmaması için eksenel yük sisteminin, numune üst kirişi ile birlikte hareket etmesi gerekmektedir. Bu sebeple eksenel yükleme sisteminin, rijit döşemeye bağlantı detayında özel bir tekerlekli sistem tasarlanmıştır. Rijit döşemeye mafsallı ve tekerlekli olarak mesnetlenen gergi milleri, dikey olarak numune üstüne yerleştirilen hidrolik krikodan ve yük hücrelerinin içinden geçmektedir. Yük hücresi ve hidrolik krikonun içinden geçen mil, vidalarla sıkıştırılarak sabitlenmiştir. İmalatı gerçekleştirilen bu eksenel yükleme sistemi, deneylerden önce çelik profillerden üretilen örnek bir çerçeve üzerinde test edilmiş ve sistemin istenilen şekilde çalıştığı görülmüştür (Şekil 3.29).

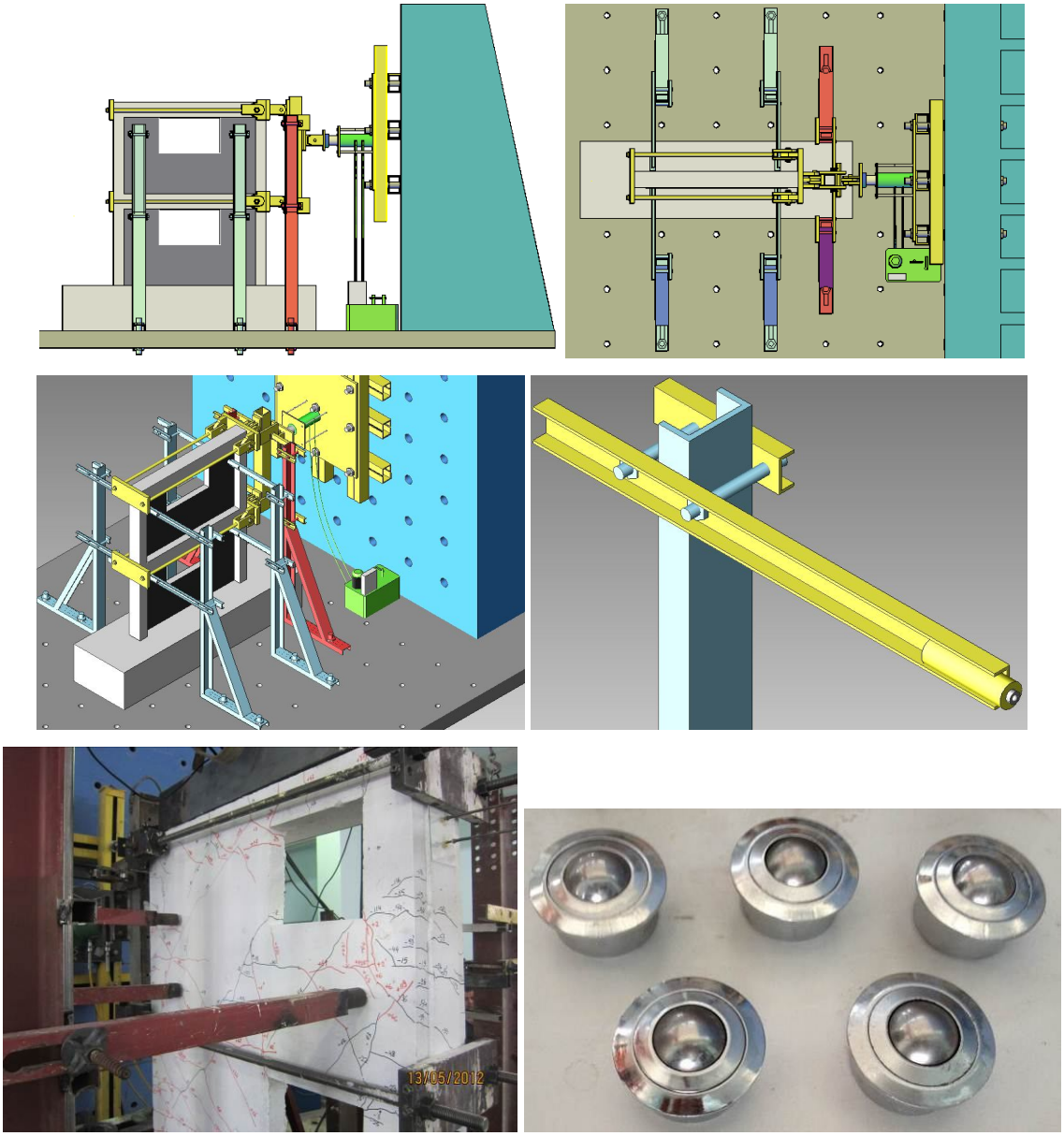


Şekil 3.29. Eksenel yükleme sistemi

DBYBHY 2007'ye göre kolon olarak boyutlandırılıp donatılacak taşıyıcı sistem elemanların, eksenel yük düzeyi en az $N_d = 0.1 \times A_c \times f_{ck}$ kadar olmalıdır. Bu çalışma kapsamında deneyleri yapılacak numunelerin kolonlarında eksenel yük düzeyinin %20 civarında olması hedeflenmiştir Bu sebeple numunelerin her bir kolonuna uygulanacak eksenel yük miktarı 45kN olarak bulunmuştur (Denklem 3.15).

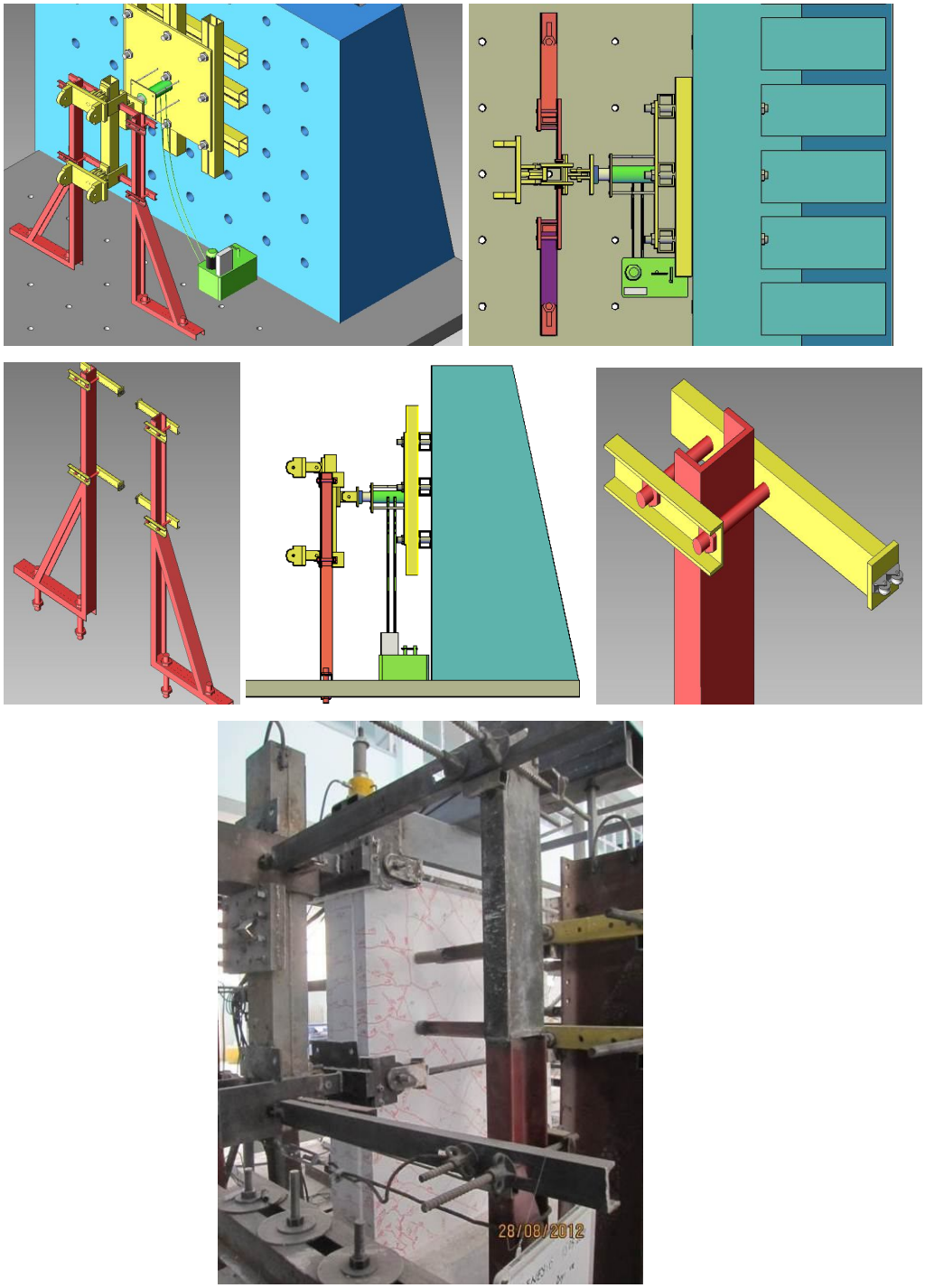
$$N_d = 0.2 \times (15 \times 10) \times 150 = 4500kg = 45kN \tag{3.15}$$

Deneyler esnasında; deney numunelerinin düzlem dışı hareketlerinin engellemesi amacıyla değişik boyuttaki I, U ve kutu profillerinden 4 adet destek elemanı üretilmiştir. Bu destek elemanları, deneylerden önce numunelerinin sağına ve soluna yerleştirilmiş ve rijit döşemeye iki ucuna diş açılmış yüksek dayanımlı çelik miller kullanılarak sabitlenmiştir. Destek elemanlarının, numuneye temas noktalarına çelik bilyeler yerleştirilmiştir. Böylelikle numunelerin denenmesi sırasında, numune ile destek elemanları arasında sürtünme etkisini en aza indirmek mümkün olacaktır (Şekil 3.30).



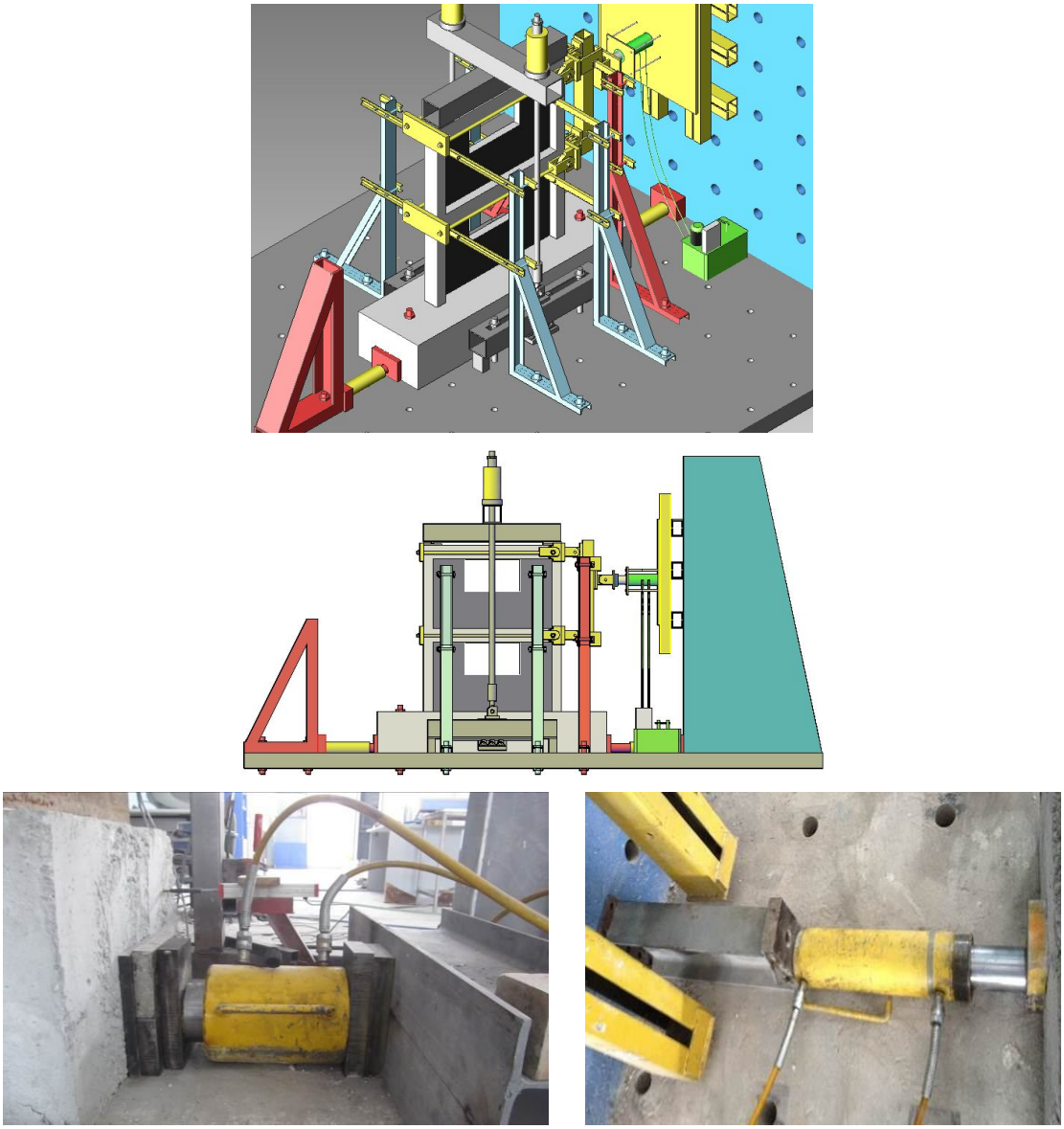
Şekil 3.30. Numunelerinin düzlem dışı hareketlerini engelleyen destek elemanları

Yük dağıtma profilinin ve hidrolik krikonun, deneyler sırasında düzlemde çalışabilmesi için U profillerinden 2 adet destek elemanı üretilmiştir. Destek elemanlarının, yük dağıtma profiline temas eden uç noktalarına, sürtünme etkisini azaltmak amacıyla çelik tekerlekler yerleştirilmiştir. Deneylerden önce yük dağıtma aparatının sağına ve soluna yerleştirilen bu destek elemanları, rijit döşemeye çelik millerle sabitlenmiştir (Şekil 3.31).



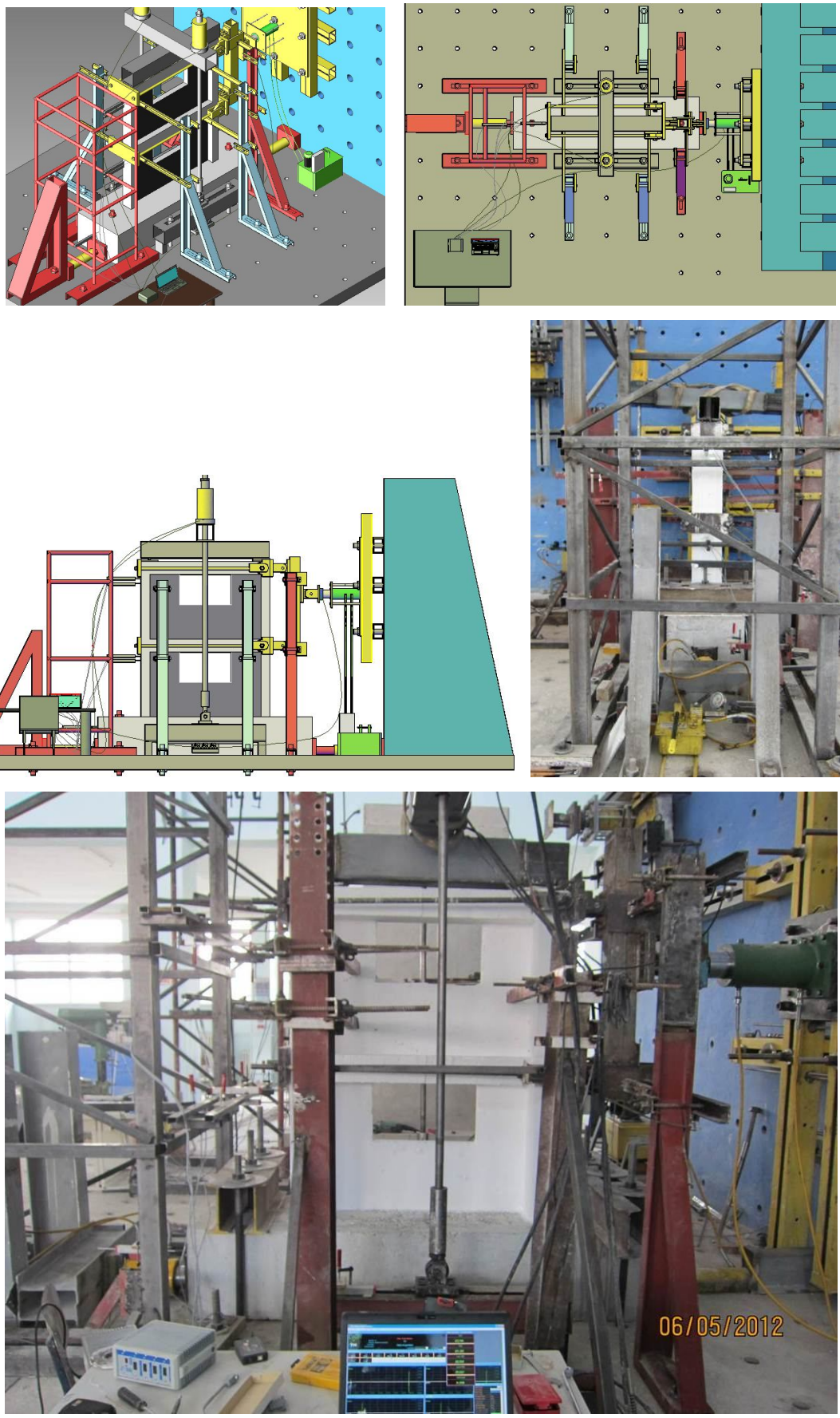
Şekil 3.31. Yük dağıtma aparatının destek elemanları

Deneylerde yatay yükleme etkisine karşı, temel hareketinin engellenmesi için, numuneler; laboratuvarın rijit döşemesinde bulunan deliklere, 50 mm çapında, iki ucuna diş açılmış yüksek dayanımlı çelik miller kullanılarak sabitlenmiştir. Bu sabitle işleminde, numunelerin sağında ve solunda olmak üzere toplam 6 adet mil döşemeye bağlanmış ve "I" profilden teşkil edilmiş payandalar ile rijit duvar arasına hidrolik krikolar konularak temel sıkıştırılmıştır (Şekil 3.32).

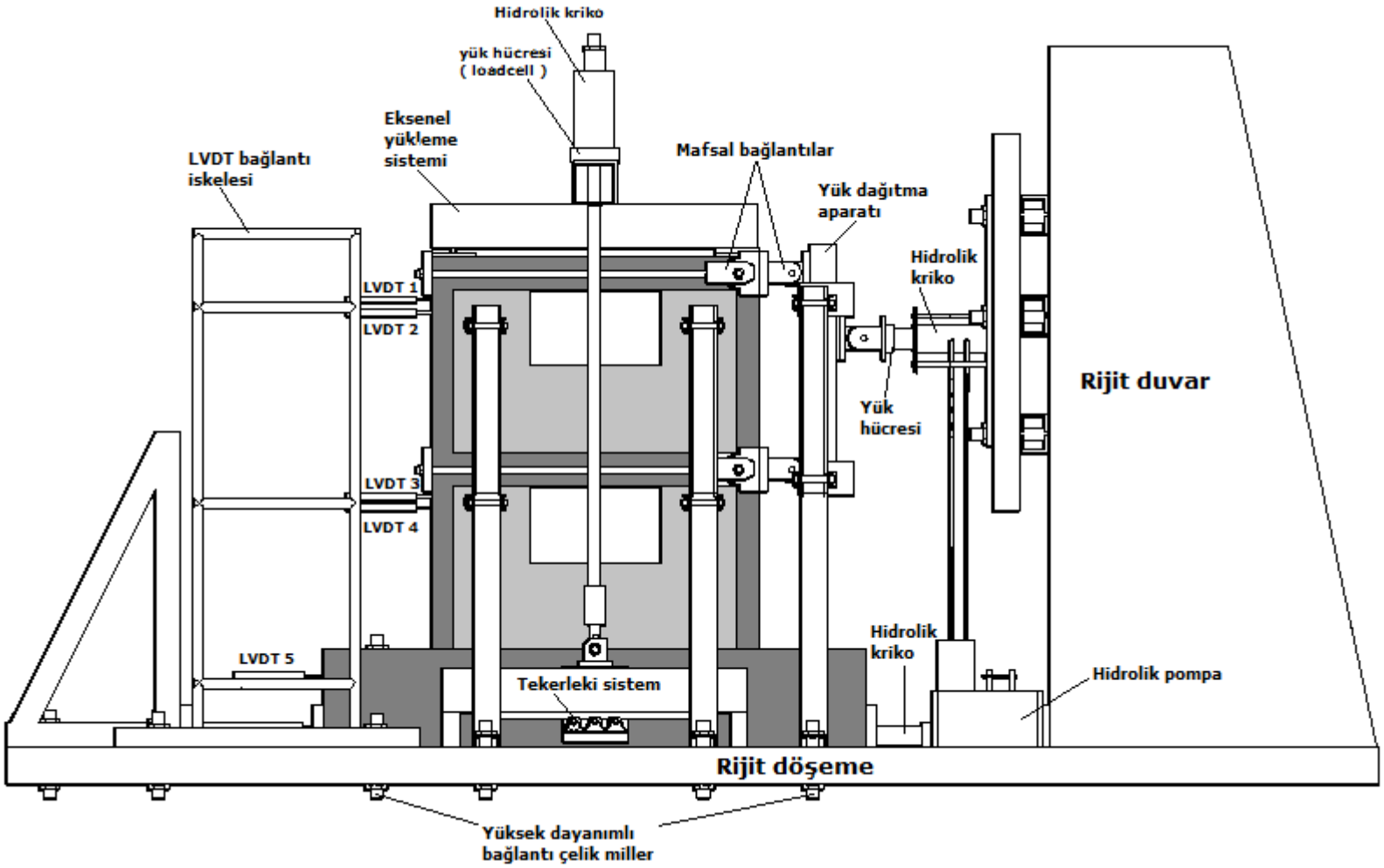


Şekil 3.32. Numune temellerinin hareketinin engellenmesi için yapılan uygulama

Deneyler esnasında LVDT'lerin oynamaması için kutu profillerden bir iskele yapılmış ve laboratuvarın rijit döşemesine miller vasıtasıyla sabitlenmiştir. Dolgu duvarsız betonarme çerçevenin, yükleme düzeneğine yerleştirilmiş fotoğrafı Şekil 3.33'de, yükleme düzeneğinin şematik görüntüsü ise Şekil 3.34'de verilmiştir.



Şekil 3.33. LVDT iskelesi ve yükleme düzeneğinin genel görünümü



Şekil 3.34. Yükleme düzeneğinin şematik gösterimi

3.2.2. Ölçüm tekniği

Deneylerde; yük ölçümleri 3 adet yük hücresi (loadcell), çerçeve sistemindeki yer değiştirmeler 4 adet LVDT (Lineer variable differential transformer) kullanılarak yapılmıştır. Bu aletlerden okunan değerler, TDG marka veri toplama (data logger) sistemi vasıtasıyla bilgisayara aktarılmış ve CSV formatında kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.35).



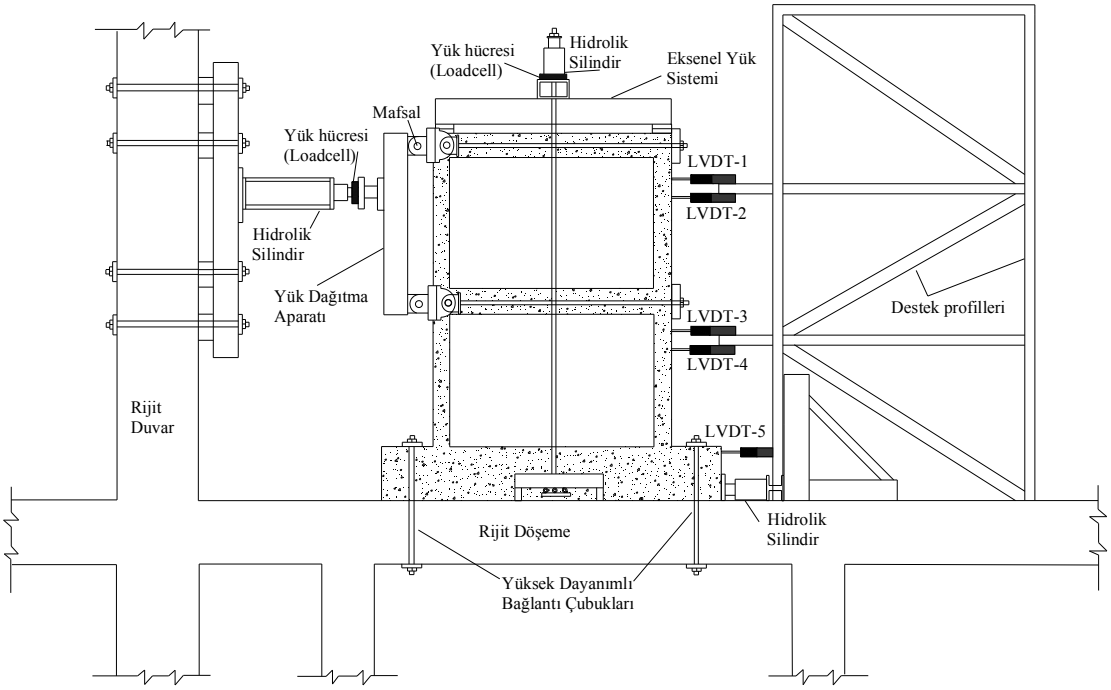
Şekil 3.35. Deneylerde kullanılan veri toplama sistemi

Deneylerde; yatay yükleme için 1 adet, eksenel yükleme için 2 adet 500 kN kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Yük hücrelerinin çıkış uçları data logger kutusuna bağlanmış ve yük okuma değerleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Şekil 3.36'da sistemde yük hücrelerinin bulunduğu yerler gösterilmiştir.



Şekil 3.36. Deneylerde kullanılan yük hücrelerinin sistemdeki yerleri

Deneylerde kullanılan LVDT'lerden alınan deplasman ölçümleri data toplayıcı aracılığıyla bilgisayara aktarılıp, bilgisayarda kullanılan yazılımla kaydedilmiştir. Deplasman ölçümleri için 5 adet LVDT kalibre edilmiştir. Her bir kata ikişer adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT kat kirişi hizasından yerleştirilmiştir. Diğer LVDT ise temel hareketlerini ölçmek amacıyla temele yerleştirilmiştir. LVDT'lerin numuneye temas noktalarında, pürüzsüz yüzey oluşturmak amacıyla cam levhalar kullanılmıştır. LVDT'ler ile 0.001 mm hassasiyetinde okumalar yapmak mümkün olabilmektedir. Deneylerde üst kata bağlanan LVDT'ler 300 mm, orta kata bağlanan LVDT'ler 200 mm, temele bağlanan LVDT ise 150 mm'lik bir okuma yapabilmektedir. LVDT'ler tüm deneylerde sağlıklı karşılaştırma yapılabilmek için aynı yükseklikte ve kat kirişi hizasının bir miktar altına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bunun sebebi numuneye çekme kuvveti uygulanması için kullanılan çelik levhaların kat kirişi hizasında bulunmasıdır. Deneylerde kullanılan LVDT'lerin, numunelere yerleşim düzeni Şekil 3.37'de verilmiştir.



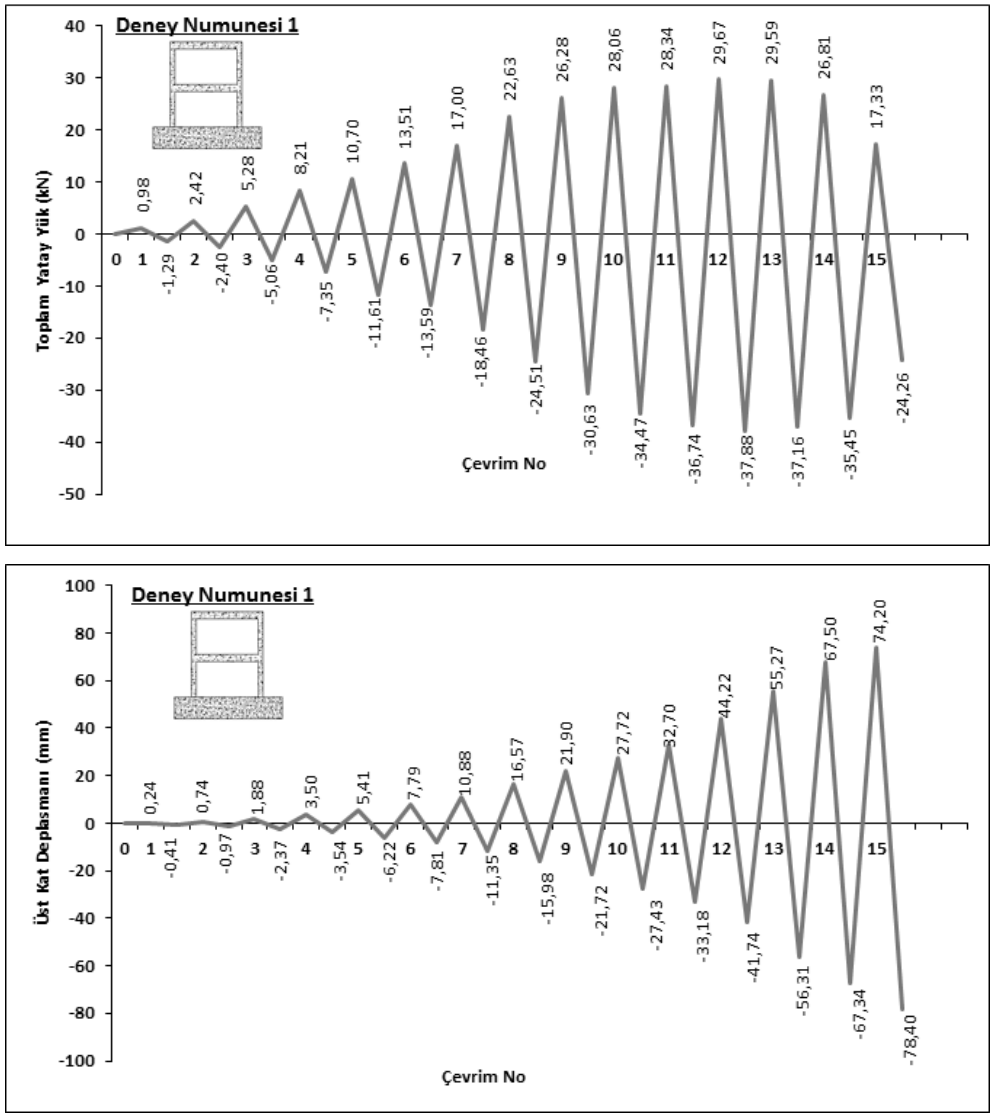
Şekil 3.37. Deneyler için LVDT'lerin numunelere yerleşim düzeni

3.2.3. Ölçümlerin değerlendirilmesi

Deneylerin bilimsel bir değer kazanması için gerekli sayısal veriler, toplam 5 adet LVDT'den ve 3 adet yük hücresinden gelmektedir. Deneyler sırasında LVTD'ler ve yük hücrelerinden ölçülen değerler, veri toplama sistemi yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılarak kaydedilmiş ve bu değerler ile her bir numunenin davranış özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla her bir deney numunesi için hazırlanan grafiklerin nasıl oluşturulduğu sırasıyla açıklanmıştır;

a) Yük geçmişi grafiklerinin çizilmesi (yatay yüke ve tepe deplasmanına göre)

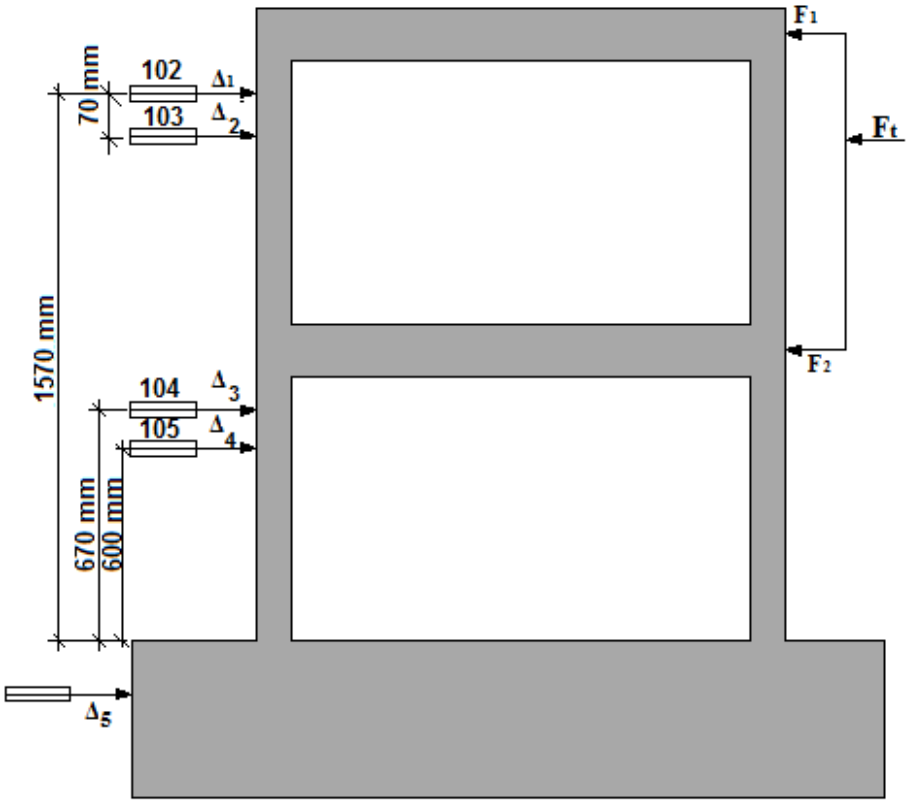
Deneyler sırasında numunelere uygulanan itme ve çekme çevrimlerinde, maksimum yük değerleri ile tepe deplasman değerleri belirlenerek, yük geçmişi grafikleri oluşturulmuştur. Her bir numune için yatay yüke ve tepe deplasmanına göre hazırlanan bu yük geçmişi grafikleri deney sonuçları kısmında grafiksel olarak verilmiştir. Yük geçmişleri akma sınırına kadar yük kontrollü, akmadan sonra ise deplasman kontrollü olarak iki adet düzenlenmiştir (Şekil 3.38).



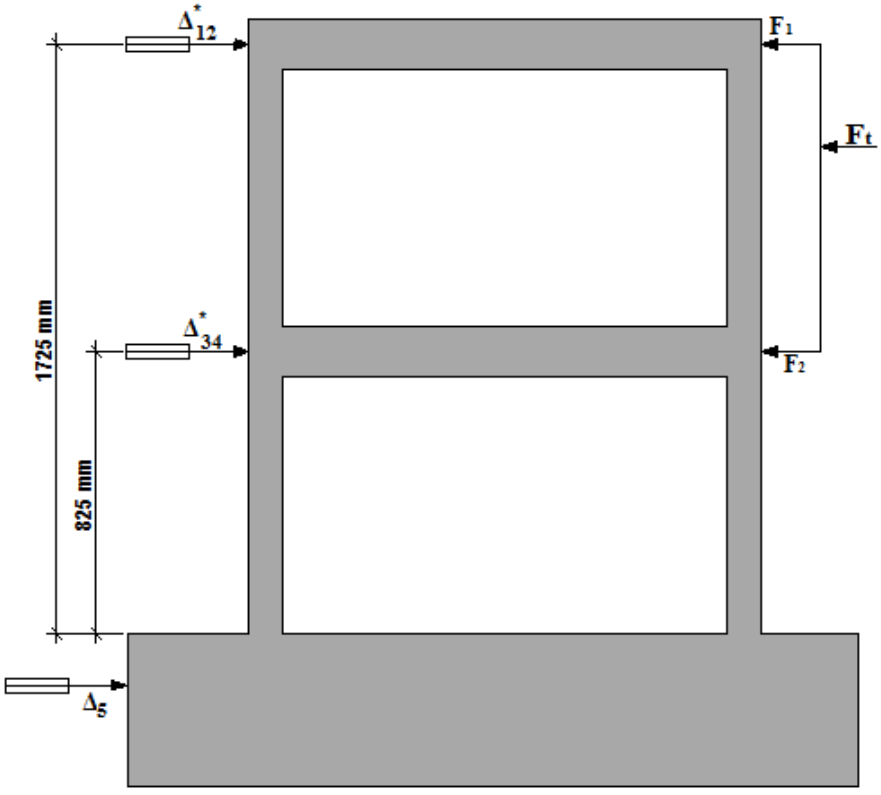
Şekil 3.38. Toplam yatay yüke ve üst kat deplasmanına göre yük geçmişleri

b) Yatay yük-kat deplasmanları ve yatay yük-göreceli kat ötelenmesi grafiklerinin çizilmesi

Yatay yük-kat deplasmanı grafiklerinin oluşturulmasında, deneyler sırasında yük hücrelerinden ve LVDT'lerden bilgisayar ortamına aktarılan verilerden faydalanılmıştır. Üst kat deplasmanı Δ_1 ve Δ_2, alt kat deplasmanı Δ_3 ve Δ_4, temel deplasmanı Δ_5 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.39). Yük dağıtma aparatına hidrolik krikodan gelen toplam yatay yük (F_t), yük dağıtma aparatından üst kata aktarılan yük (F_1) ve alt kata aktarılan yük (F_2) olarak isimlendirilmiştir. LVDT'lerin isimlendirilmesi ve LVDT'lerin kat hizalarında olmaması Şekil 3.39'da görüldüğü gibidir. Bu nedenle grafiklerin oluşturulmasında, LVDT'ler kat hizalarına indirgenmiş ve üst katta okunan deplasman değerleri Δ_{12}*, alt katta ise Δ_{34}* olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.40).



Şekil 3.39. Numunelere uygulanan yatay yüklerin ve deplasman ölçümlerinin isimlendirilmesi



Şekil 3.40. Kat hizalarına indirgenmiş deplasman ölçümlerinin isimlendirilmesi

Numunelere ait grafiklerin oluşturulmasında, Şekil 3.39, Şekil 3.40 ve aşağıda belirtilen denklemlerden elde edilen değerlerden yararlanılmıştır;

$$F_1 = F_t \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \tag{3.16}$$

$$F_2 = \frac{F_t}{3} \tag{3.17}$$

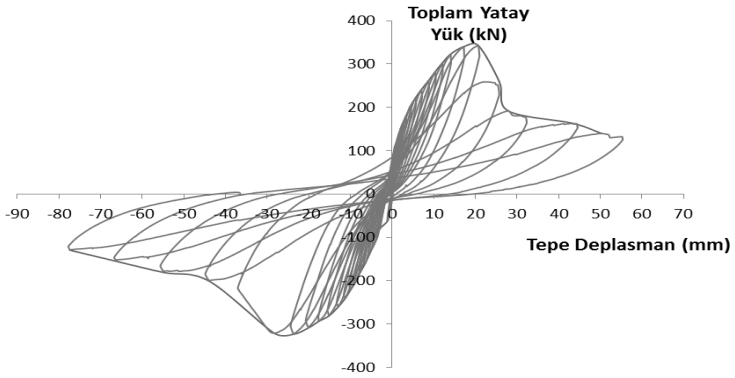
$\Delta_{12}* = (\Delta_1 - \Delta_5) \cdot (1725/1570)$ 102 no'lu LVDT'ye göre, (3.18)

$\Delta_{12}* = (\Delta_2 - \Delta_5) \cdot (1725/1500)$ 103 no'lu LVDT'ye göre,

$\Delta_{34}* = (\Delta_3 - \Delta_5) \cdot (825/670)$ 104 no'lu LVDT'ye göre, (3.19)

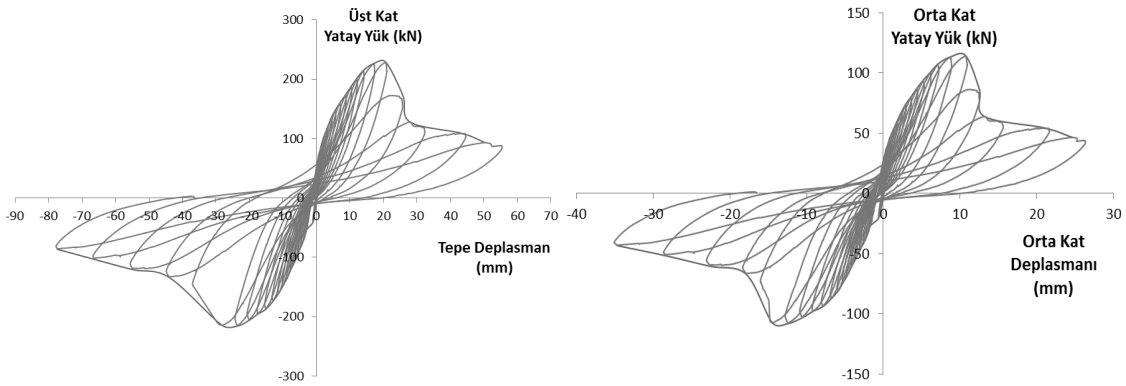
$\Delta_{34}* = (\Delta_4 - \Delta_5) \cdot (825/600)$ 105 no'lu LVDT'ye göre.

Deney sonuçları ve denklemlerden elde edilen değerlere göre ilk olarak numunelere ait toplam yük (F_t)-tepe deplasmanı (Δ_{12}*) histeresis eğrisi çizilmiştir. Bu çizimlerde itme ve çekme çevrimlerde ayrı ayrı değerler alındığı için grafiğin üst ve alt kısmında sürekli devam eden bir çevrimsel eğriler oluşmuştur. Her bir çevrimde elde edilen maksimum yük noktalarının birleştirilmesi ile de numunelere ait dayanım zarf eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Toplam yatay yük-tepe deplasman histeresis eğrileri ve zarf eğrisine bir örnek

Yine aynı şekilde tepe deplasmanına (Δ_{12}*) karşılık tepe deplasmanı (F_1), alt kat deplasmanına (Δ_{34}*) karşılık alt kat deplasmanı (F_2) çevrimsel histeresis eğrileri ve bu eğrilere bağlı olarak zarf eğrileri her bir deneyde çizilmiştir (Şekil 3.42).

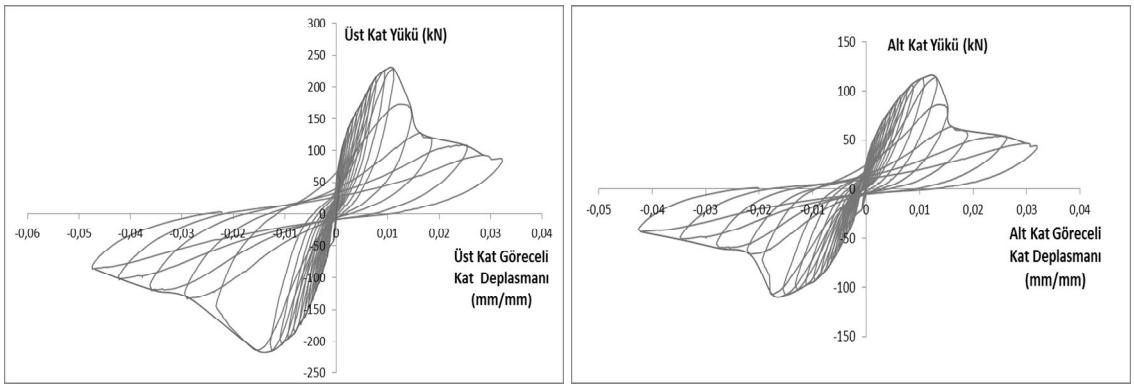


Şekil 3.42. Üst kat ve orta kat yatay yük-deplasman histeresis eğrileri ve zarf eğrilerine bir örnek

Ayrıca katların birbirleri ile deplasman ilişkilerini incelemek amacıyla göreceli kat ötelemelerinin yüke karşılık çevrimsel histeresis eğrileri ve zarf eğrileri çizilmiştir. Bu amaçla üst kat göreceli kat ötelemesine (Δ_{g2}*) karşılık üst kat yükü (F_1) çevrimsel histeresis eğrisi, alt kat göreceli kat ötelemesine (Δ_{g1}*) karşılık alt kat yükü (F_2) çevrimsel histeresis eğrisi ve bu eğrilere bağlı olarak zarf eğrileri çizilmiştir.

$$\Delta_{g1}* = (\Delta_{12}*)/\,(900-150/2) \tag{3.20}$$

$$\Delta_{g2}* = (\Delta_{12}*-\Delta_{34}*)/\,(750+150) \tag{3.21}$$



Şekil 3.43. Üst kat ve alt kat yük-göreceli kat deplasmanları histeresis eğrileri ve zarf eğrilerine bir örnek

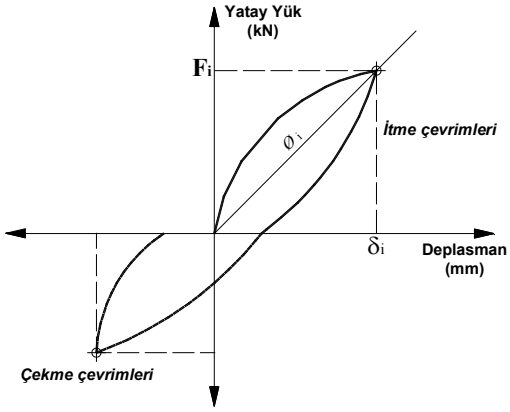
Her bir numune için oluşturulan, yatay yük-kat deplasmanları ve yatay yük-göreceli kat ötelenmesi grafikleri deney sonuçları kısmında grafiksel olarak verilmiştir.

c) Rijitlik azalımı grafiklerinin çizilmesi

Yapı elemanı için rijitlik, yer değiştirme tesirlerine karşı koyabilme derecesi olarak nitelendirilir. Rijitlik azaldıkça, şekil değiştirme için gereken etki kuvveti azalmaktadır. Deprem ve rüzgar gibi tekrarlanan dinamik yatay yükler altında ve düşey yükler altında betonarme elemanlarda yumuşama meydana gelmektedir. Bu yumuşamayla beraber yapı elemanlarında oluşan çatlamalar, eğilme ve kayma rijitliklerinde önemli derecede azalma meydana gelmektedir. Rijitliklerin azalması deplasmanın artmasına ve iç kuvvetlerin yeniden dağılımına neden olarak yapının davranışını önemli ölçüde etkileyebilmektedir. (Kara, 2007)

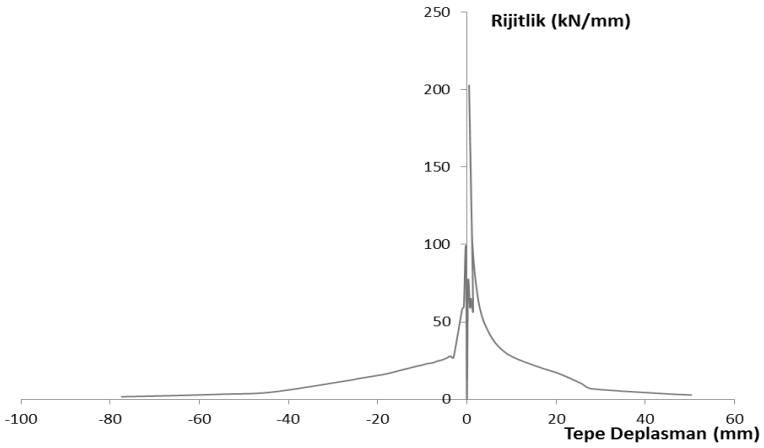
Tersinir tekrarlanır yük altında deneyleri yapılan numunelerinin rijitlik değerleri, her bir çevrim için yük-deplasman grafiğinin eğimi bulunarak belirlenmiştir. Şekil 3.44'de rijitlik değerlerinin hesaplanması için verilen grafikte, itme çevrimlerinde yatay yük değerleri (F_i) ve yatay deplasman değerleri (δ_i) olarak gösterildiğinde, o çevrim için rijitlik değeri Denklem 3.22 ile hesaplanabilir.

$$Rijitlik(\phi_i) = (|F_i|)/(|\delta_i|) \tag{3.22}$$



Şekil 3.44. Rijitlik azalımının belirlenmesi

Numunelere ait rijitlik azalımı grafikleri; itme çevrimlerde (F_i/δ_i) eğimlerine karşılık gelen yatay deplasman (δ_i) değerlerine göre oluşturulmuştur. Aynı işlemler çekme çevrimlerde de uygulanarak rijitlik azalımı grafikleri çekme yönünde elde edilmiştir. Çizilen rijitlik azalımı grafiklerinde; sağ taraf itme çevrimlerini ve sol taraf ise çekme çevrimleri için değerleri göstermektedir (Şekil 3.45).



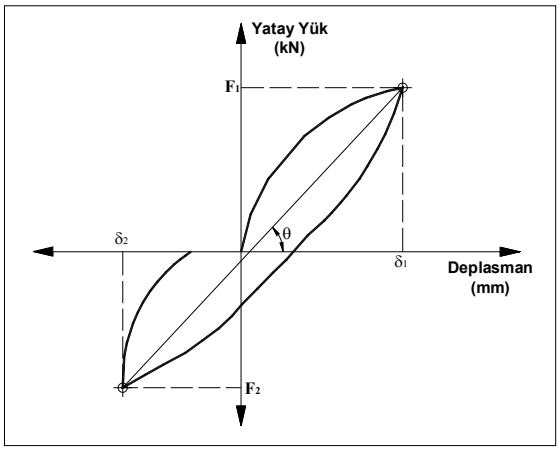
Şekil 3.45. Rijitlik azalımı-tepe deplasman grafiğine bir örnek

Deney numuneleri için oluşturulan rijitlik azalımı grafikleri, deney sonuçları kısmında her bir numune için grafiksel olarak verilmiştir.

d) Eğim açısı grafiklerinin çizilmesi

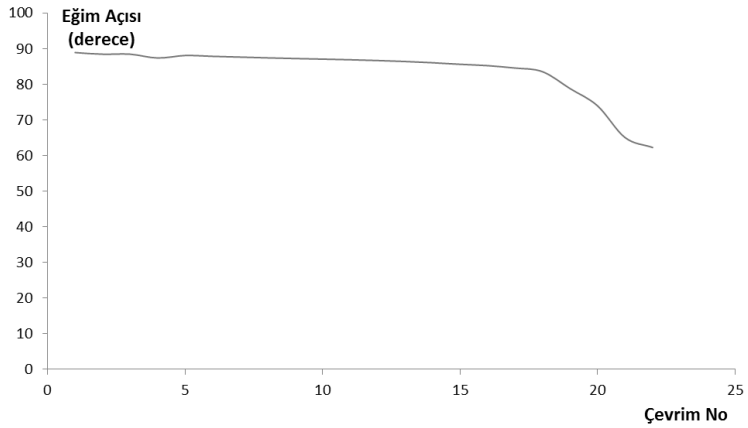
Deney numunelerine ait her bir çevrimde oluşan eğrilerin, eğimin açıları belirlenerek eğim açısı grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 3.46' de eğim açısı değerlerinin hesaplanması için verilen grafikte, itme çevrimlerinde yatay yük değerleri (F_1), yatay deplasman değerleri (δ_1) ve çekme çevrimlerinde de (F_2), (δ_2) olarak gösterildiğinde, o çevrimin eğim açısı (θ) Denklem 3.23 ile hesaplanabilir.

$$tan(\theta) = \frac{(|F_1| + |F_2|)}{(|\delta_1| + |\delta_2|)}$$
$$\theta = arctan\left[\frac{(|F_1| + |F_2|)}{(|\delta_1| + |\delta_2|)}\right] \quad (3.23)$$



Şekil 3.46. Eğim açısının hesaplanması

Denklem 3.23'den bulunan değerlere bağlı olarak her çevrimde θ açısı başlangıçta yatay eksene yaklaşık dik olarak başlamış, çevrimler ilerledikçe eğrinin açı azalarak devam etmiştir. Buradan da anlaşıldığı üzere eğim açısının azalarak devam etmesi, deney numunelerinin rijitliklerinin de ilerleyen çevrimlerde azaldığı gerçeğini ortaya koymaktadır.



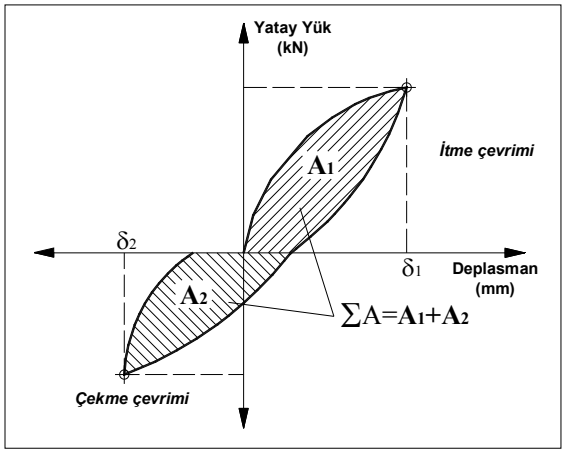
Şekil 3.47. Her bir çevrim için eğim açısının gösterildiği grafiğe bir örnek

Deney numuneleri için oluşturulan eğim açısı grafikleri (Şekil 3.47), deney sonuçları kısmında her bir numune için grafiksel olarak verilmiştir.

e) Tüketilen enerji grafiklerinin çizilmesi

Deneysel ve teorik çalışmalardan, betonarme kesitlerin uç bölgelerindeki donatıların daha sünek davrandığı, daha çok enerji soğurma kapasitelerinin olduğu ve gövde bölgesindeki donatılara oranla daha büyük şekil değiştirmeler yaptığı görülmüştür. Bu nedenle betonarme elemanların uç bölgelerine konulacak donatı miktarı kritiktir ve elemanın enerji tüketme kapasitesini belirlemede etkilidir (Park ve Eom 2004, 2006; Eom ve Park 2010). Bu neden de gözönünde bulundurularak güçlendirme çalışmalarındaki kolonlara manto yapılmıştır.

Betonarme yapı elemanlarında tüketilen enerji; tekrarlı bir yükleme (yükleme-boşaltma durumu) altında oluşan çevrimsel tekrarlı yük-yerdeğiştirme eğrisinin altında kalan bütün alandır (Şekil 3.48)(Altın ve ark., 2004).



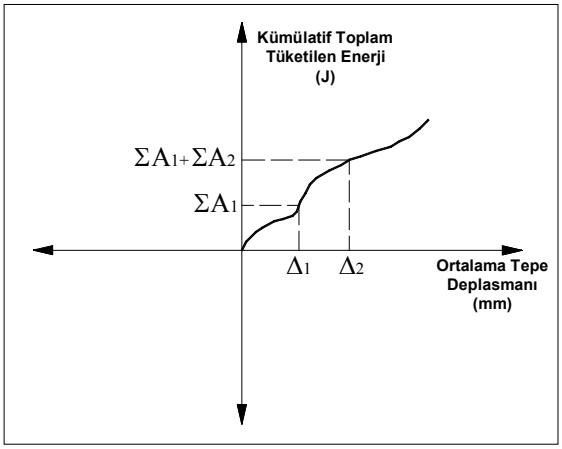
Şekil 3.48.Tüketilen enerji grafiği

Tekrarlı bir yükleme (yükleme-boşaltma durumu) altında oluşan çevrimsel tekrarlı yük-yerdeğiştirme eğrisini oluşturan noktalar koordinatlardan ibarettir. Bir çevrimdeki histeresis eğrisinin içindeki alanı bulmak için yükleme ve boşaltmada alanların toplanması gerekmektedir. Yükleme ve boşaltma için gerekli koordinat değerleri bilindiğinden aşağıdaki Denklem 3.24 Gauss Alan formülüyle hesaplanmıştır. Her bir çevrime ait itme ve çekme için ayrı ayrı alanlar bulunmuştur.

$$\sum A = \frac{1}{2}\sum Y_i (X_{i+1} - X_{i-1}) \qquad (3.24)$$

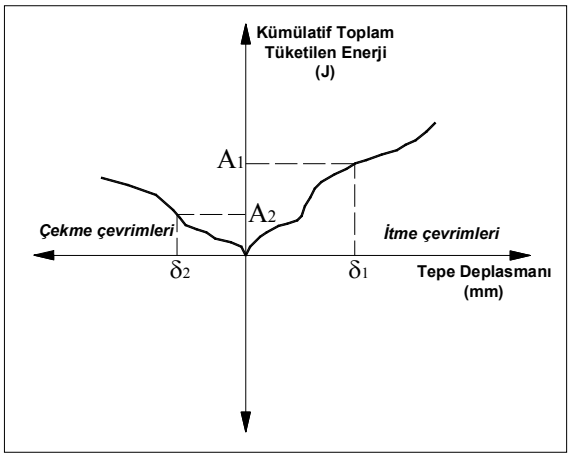
Çalışma kapsamında deneyleri yapılan numuneler için iki adet enerji grafiği çizilmiştir. Enerji birimi olarak Nm yerine Joule birimi kullanılmıştır. Birinci enerji grafiği, bir çevrimde oluşan toplam enerjinin toplam deplasmana oranı ile bulunmuştur. Toplam enerji itme ve çekmede meydana gelen enerjilerin mutlak değerlerinin toplamıdır. İkinci enerji grafiği ise itme ve çekme çevrimleri için ayrı ayrı bulunarak oluşturulmuştur. İkinci grafikte sol taraf çekme sağ tarafta itme olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Her bir çevrimde Denklem 3.24 kullanılmış ve toplam alan olarak $\sum A_1$, $\sum A_2$, $\sum A_{3,}\ldots$, $\sum A_n$ bulunmuştur. Birinci, itme ve çekme çevrimlerindeki deplasmanların toplamının ortalaması $(\delta_1 + \delta_2)/2 = \Delta_1$ olarak gösterilmiştir. Deneylerin diğer çevrimleri için ise deplasmanların toplamı (Δ_2, Δ_3,...,Δ_n) şeklinde adlandırılmış ve grafik bu değerlere göre oluşturulmuştur. Grafiğin yatay ekseni ortalama tepe deplasmanını, düşey ekseni ise kümülatif toplam tüketilen enerji değerlerini göstermektedir. Şekil 3.49'da birinci enerji grafiğine ait bir örnek verilmiştir.



Şekil 3.49. Birinci enerji grafiği

İkinci enerji grafiğinde ise itme ve çekme çevrimleri için ayrı ayrı enerjiler hesaplanmış ve grafik çizilmiştir. Şekil 3.50'de ikinci enerji grafiğine bir örnek verilmiştir. Bu grafikte yatay eksen itme ve çekme çevrimlerindeki deplasmanları, düşey eksen ise itme çevrimlerinde oluşan alanların toplamı (A_1) ve çekme çevrimlerinde oluşan alanların toplamı (A_2) olarak gösterilmiştir. Böylece itme ve çekme çevrimlerinde tüketilen enerji miktarları ayrı ayrı gösterilebilmektedir.



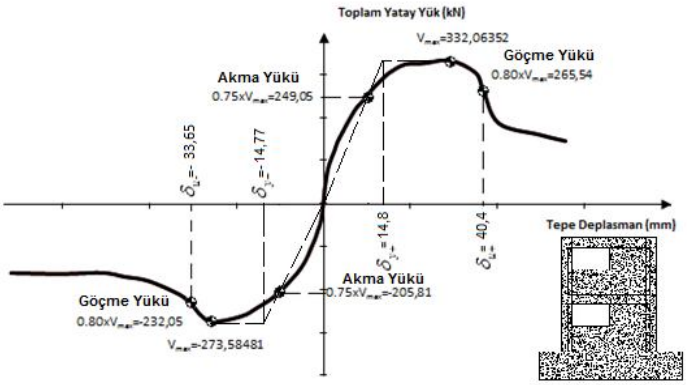
Şekil 3.50. İkinci enerji grafiği

Deney numuneleri için oluşturulan tüketilen enerji grafikleri, deney sonuçları kısmında her bir numune için grafiksel olarak verilmiştir.

f) Sistem süneklik grafiklerinin çizilmesi

Süneklik; bir yapının veya yapı elemanının yük taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan büyük şekil değiştirmeler yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Yüksel ve Polat, 2002; Ersoy ve Özcebe, 2001). Deprem mühendisliğinde malzeme ve sistem sünekliğinin yeri büyüktür. Yapının belirli bir noktasında (genellikle son kat-döşeme hizasında), limit durumdaki maksimum yatay deplasmanının (δ_{u+}, δ_{u-}), sistem akmaya başladığı andaki yatay deplasmanına (δ_{y+}, δ_{y-}) oranı sistem sünekliği olarak tanımlanabilir. Betonarme yapılarda sistem sünekliği, deplasman sünekliği cinsinden ifade edilir (Kaltakcı ve ark., 2005; Yüksel, 2005; Korkmaz ve Tankut, 2005; Han ve Jee, 2005). Toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisinde ulaşılan maksimum yük değeri sistemin ideal dayanımını verir. İdeal dayanımın ortalama olarak %75'ine ulaşıldığında sistem davranışının artık elastik özelliğini yitirdiği, bundan sonra plastik deformasyonların meydana geldiği kabul edilir. İdeal dayanımın %75'ine karşılık gelen yer değiştirme ise sistemin akma yer değiştirmesi olarak alınır (Paulay and Priestley, 1992; Park, 1989; Yüksel ve Polat, 2002).

Çalışma kapsamında deneyleri yapılan numunelerin süneklik özelliklerini belirlemek için toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrileri, çizim programında çizilmiştir. Daha sonra bu çizimler üzerinde, itme ve çekme çevrimlerine ait maksimum yatay yük seviyeleri (V_{max}) işaretlenmiştir. Daha sonra maksimum yükün, %20 oranında düştüğü noktalara karşılık gelen seviyeler, zarf eğrilerinde itme ve çekme çevrimleri için işaretlenerek δ_y ve δ_u deplasman değerleri bulunmuştur. Numunelere ait deplasman süneklik oranları ise Denklem 3.25 yardımıyla hesaplanmıştır. Deney numuneleri için oluşturulan sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafikleri, deney sonuçları kısmında verilmiştir.



$$\mu_{\delta+} = \delta_{u+} / \delta_{y+}$$
$$\mu_{\delta-} = \delta_{u-} / \delta_{y-} \quad (3.25)$$

Şekil 3.51. Deney numunesi 2'nin süneklik değerlendirilmesi için oluşturulan grafik (Park, 1989).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmada yer alan deney numunelerinin, tersinir tekrarlanır yükler altında nasıl test edildiği ayrı ayrı anlatılmıştır. Deney numuneleri farklı dayanımlarda ve özelliklerde olduğu için özdeş bir yükleme programı uygulanamamıştır. Deneysel çalışmalarda yüklemeye önce yük kontrollü olarak başlanmış ve nominal akma sınırına kadar devam edilmiştir. Çerçeveye daha fazla yükleme yapılamaması durumuna kadar (yük-deplasman eğrisi yatay konuma geldiğine kadar) yüklemeye devam edilmiştir. Nominal akma sınırından sonra deneyler, deplasman kontrollü olarak deney elemanlarında büyük hasarlar meydana gelene kadar devam edilmiştir. Sistem nominal akma sınırına ulaştıktan sonra güçlendirilmiş elemanlarda yaklaşık 5 mm, boş çerçevede ise 10 mm deplasman artışları ile deneye devam edilmiştir. Deney numunelerinde uygulanan yük geçmişleri, deneylerin anlatıldığı kısımlarda grafik olarak ayrı ayrı verilmiştir.

Bütün deney numuneleri için, her pozitif ve negatif çevrim için ölçülen yatay yük-tepe deplasman değerleri ile numunede meydana gelen çatlak ve hasarlar fotoğrafları verilerek anlatılmıştır. Ayrıca deney sonrasında, numunelerde oluşan bu hasarlar ve çatlaklar fotoğraflanmış ve şematik olarak bilgisayar ortamında çizilmiş ve deneylerin anlatımından sonra ayrı ayrı verilmiştir. Deney sonuçlarının daha iyi anlaşılması ve sonuçların birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için her numune için aşağıdaki grafikler çizilmiştir;

a) Toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi,

b) Üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi,

c) Alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi,

d) Üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi,

e) Alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi,

f) Tüketilen enerji-deplasman grafiği,

g) Rijitlik azalımı grafiği,

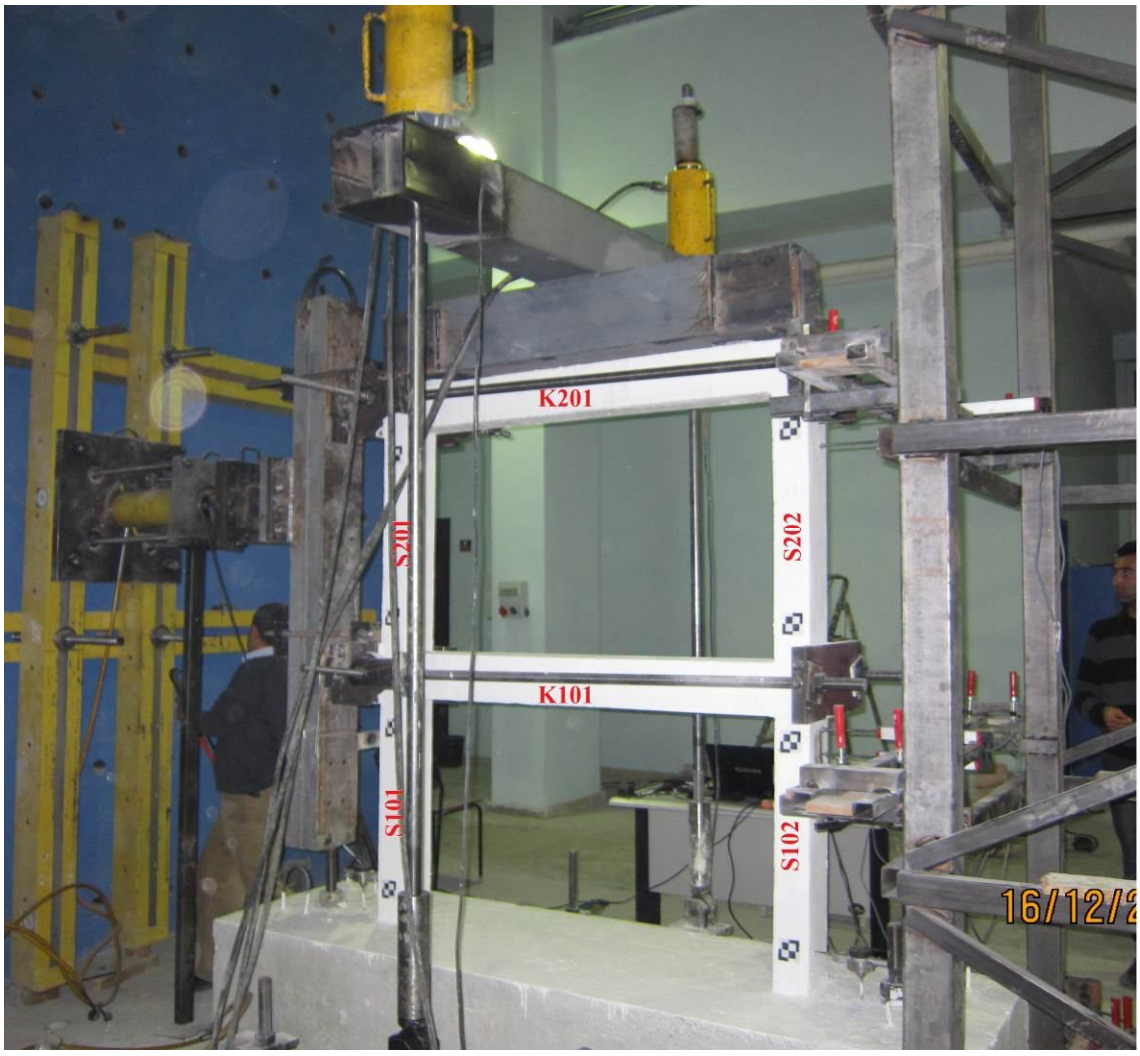
h) Her bir çevrimde oluşan eğim açısı grafiği ve

i) Sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği.

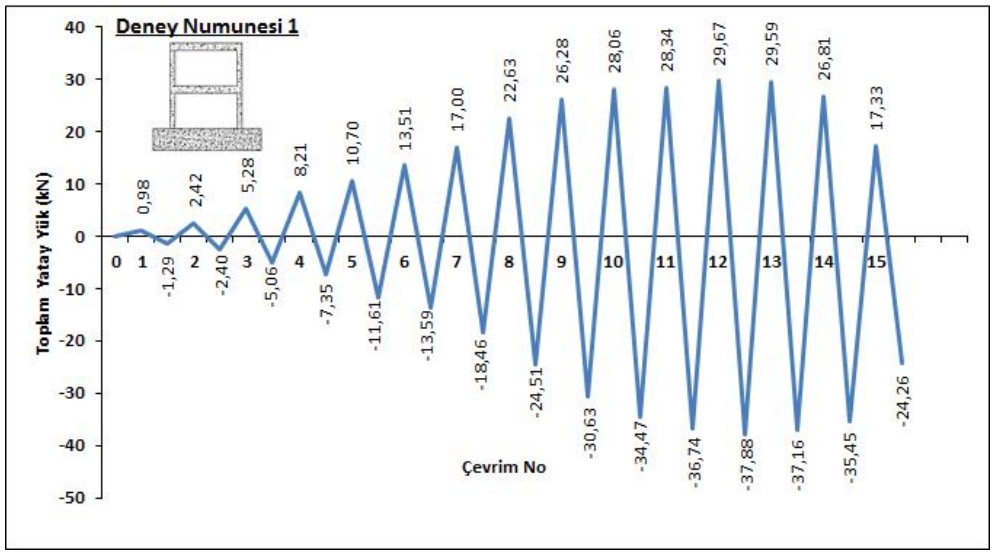
4.1. Deney Sonuçları

4.1.1. Perde duvarsız B/A çerçeve (RS)

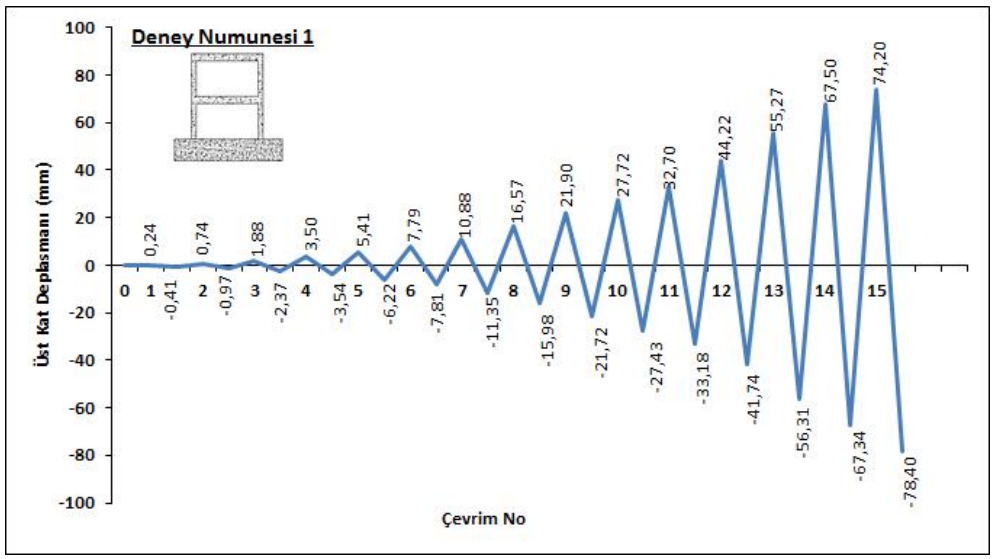
Çalışma kapsamında ilk olarak perde duvarsız B/A çerçeve (Reference Specimen) test edilmiştir. Referans boş çerçevenin, deney düzeneğine yerleştirilmiş durumu Şekil 4.1'de verilmiştir. Referans numune olarak kabul edilen bu numuneye deneyde uygulanan yük geçmişi, yatay yüke göre Şekil 4.2'de, tepe deplasmana göre ise Şekil 4.3'de verilmiştir. Deney numunesine toplam 15 adet itme ve çekme yük çevrimi uygulanmıştır.



Şekil 4.1. Deney Numunesi 1'in deney öncesi görünümü



Şekil 4.2. Deney numunesi 1'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre)



Şekil 4.3. Deney numunesi 1'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre)

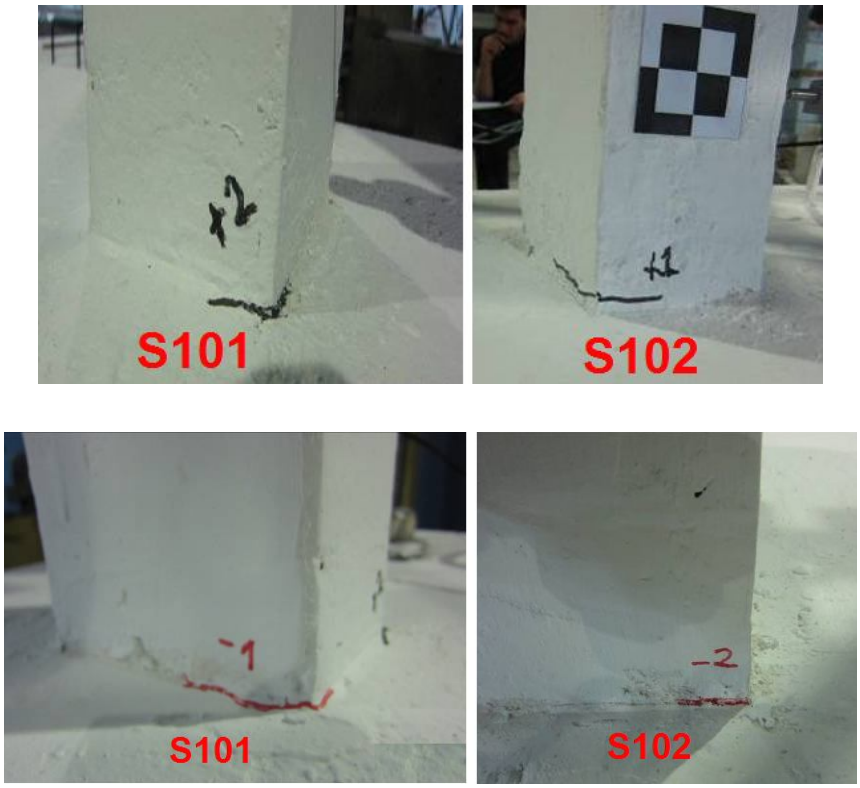
Şekil 4.2'de de görüldüğü gibi yükleme geçmişi çerçeveye uygulanan toplam yatay yük ve tepe deplasmanına göre ayrı ayrı verilmiştir. Yapılan deneyde yük kontrollü yüklemenin sonunda deplasman kontrollü yükleme ile devam edilmiştir. ±1 kN olacak şekilde yükleme kontrolüyle başlayan deney, daha sonra ±3 kN ve ±5 kN olacak şekilde devam edilmiştir. Deplasman kontrollü yüklemede ise ±5 mm deplasman artışları ile deney sonlanmıştır. 12. çevrimde yük maksimum düzeye ulaşmış ve bu çevrimden sonra yükte azalma meydana gelmeye başlamıştır. Deney 16. çevrimde büyük hasarlar meydana geldiği için sonlandırılmıştır. Deney numunesi ileri pozitif çevrimlerde maksimum 29.67 kN yatay yüke ulaşırken geri negatif çevrimlerde maksimum -37.88 kN yatay yüke dayanmıştır.

Deney numunesine eksenel yük olarak toplam 86 kN yük verilmiştir. Bu her bir kolon için 43 kN eksenel yük demektir. Yaklaşık 17 MPa'lık ortalama basınç dayanımı ve kolonlar 150x100 mm boyutlarında olduğu için kolonlara taşıma kapasitelerinin yaklaşık %20 si kadar eksenel yük uygulanmıştır.

Deney sırasında kayıt edilen ve numune üzerinde işaretlenen çatlakların çevrimlere göre dağılımı çizelgelerde özetlenmiştir. Çatlakların işaretlenmesinde itme çevrimlerde siyah renk ve negatif çevrimlerde kırmızı veya mavi renk kullanılmıştır.

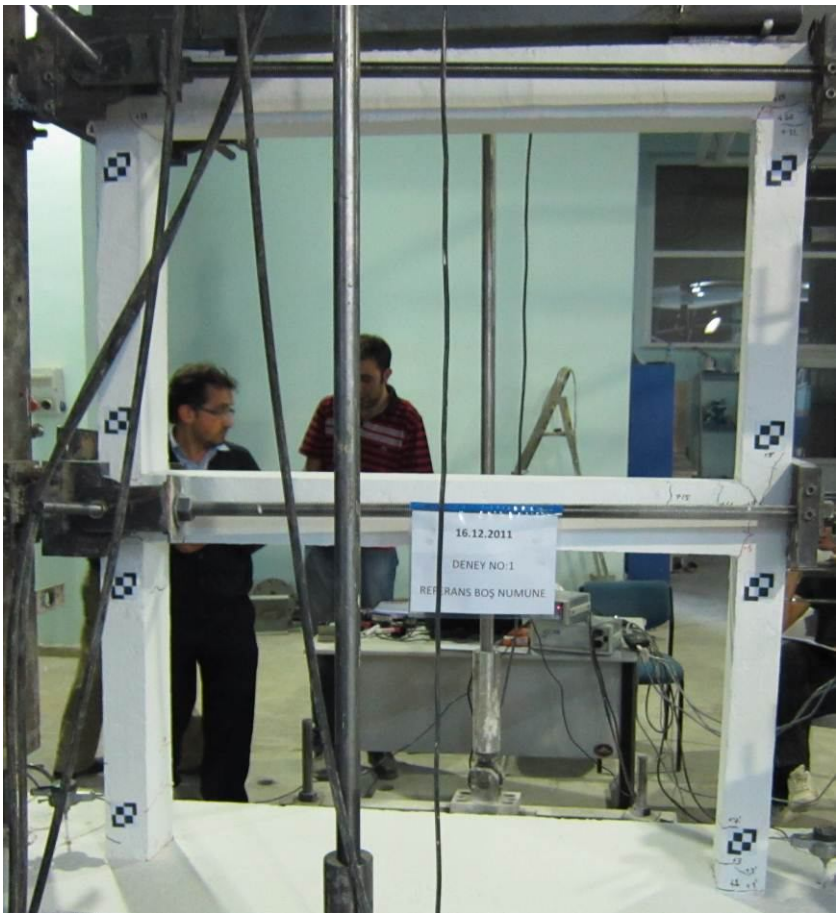
Çizelge 4.1. Deney numunesi 1'de, yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu

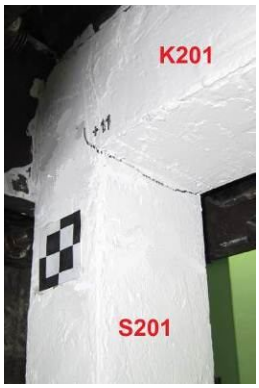
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+1(itme)	0.98	0.24	Deneyin ilk 4 çevriminde herhangi bir çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir. Bu çevrimler akma sınırının altında elastik çevrimler olarak uygulanmış ve numunenin elastik özelliklerini görmek için değerlendirilmiştir. Deney numunesi 1'de; itme ve çevrimlerinde oluşan ilk çatlaklar Şekil 4.4'de verilmiştir.
-1 (çekme)	-1.29	-0.41	
+2	2.42	0.74	
-2	-2.40	-0.97	
+3	5.28	1.88	
-3	-5.06	-2.37	
+4	8.21	3.50	
-4	-7.35	-3.54	

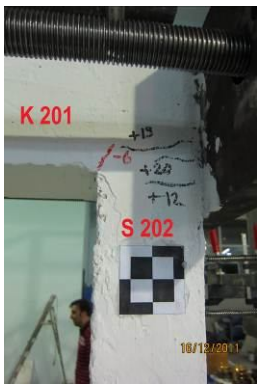


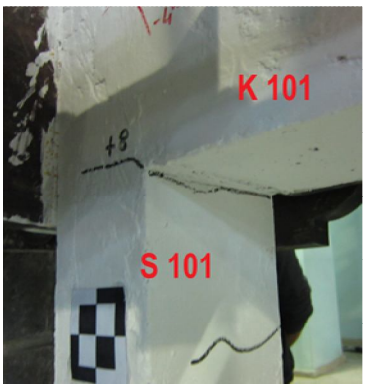
Şekil 4.4. Deney numunesi 1'de, itme ve çekme çevrimlerinde oluşan ilk çatlaklar

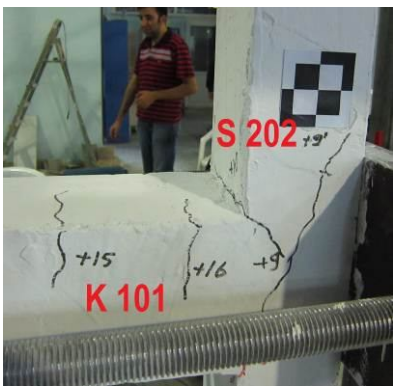
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+5	10.70	5.41	S102 kolonunda +1 ve S101 kolonunda +2 nolu çatlaklar oluşmuştur. Bu çatlaklar kolonların, temel birleşim bölgesindedir.
-5	-11.61	-6.22	S101 kolonunda -1 ve S102 kolonunda -2 nolu çatlaklar oluşmuştur. Bu çatlaklar, +5 çevrimindeki çatlaklara göre kolon, temel birleşiminin diğer yönünde meydana gelmiştir.
+6	13.51	7.79	S102 kolonunda +3 ve S101 kolonunda +4 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. Bu çatlaklar, kolon ve temel birleşiminden yaklaşık 10 cm yukarıdadır. +5 çevriminde oluşan +1 nolu çatlak ilerlemiş ve bu çatlak +1' ile ifade edilmiştir.
-6	-13.59	-7.81	K101-S102 birleşiminde -5, K102-S202 birleşiminde -6, K101-S201 birleşiminde -4 nolu eğik çatlaklar ve S101 kolonunda -3 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. Ayrıca -2 ve -1 çatlakları ilerleyerek 2' ve -1' çatlakları meydana gelmiştir.
+7	17.00	10.88	S101 kolonunda +5, +6, S102 kolonunda +7, +8, S202 kolonunda +12 nolu eğilme çatlakları ile K102-S202 birleşiminde +9, +10 ve K201-S201 birleşiminde +11 nolu eğik çatlakların oluşumu gözlemlenmiştir.
-7	-18.46	-11.35	S101 kolonunda -7, S102 kolonunda -8 nolu eğilme çatlakları ile birlikte K101-S201 birleşiminin çerçeve iç yüzeyinde -4' çatlağı ve K101-S201 birleşiminde -4" numaralı eğik çatlak oluşmuştur.
+8	22.63 **0.75Vmax=22.25 (nominal akma)**	16.57	Bu çevrimde daha önceki çevrimlerde oluşan bazı çatlakların ilerlemesiyle +1', +2', +3', +7', +8' ve +9' çatlakları oluşmuştur. Ayrıca; K101 kirişinin üst yüzeyinde +15, +16, S202 kolonunda +19, +20, S101 kolonunun dış yüzeyinde +13, S201 kolonunun iç yüzeyinde +18, S102 kolonunda +14 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. K101-S101 birleşiminde +17, K201-S201 birleşiminde +21 nolu eğik çatlaklar meydana gelmiştir.













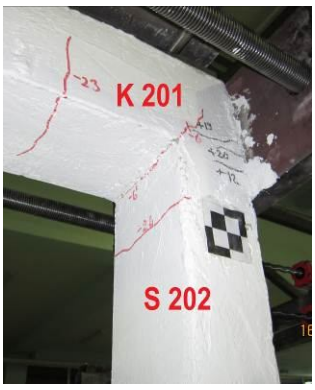


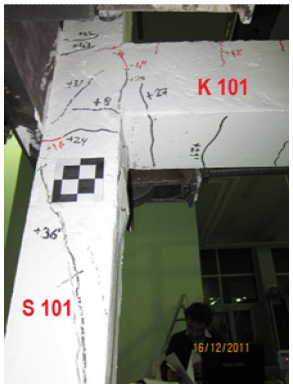
Şekil 4.5. Deney numunesi 1'in, nominal akma yüküne ($0.75.V_{max}$) ait görünümü (+8 itme çevrimi)

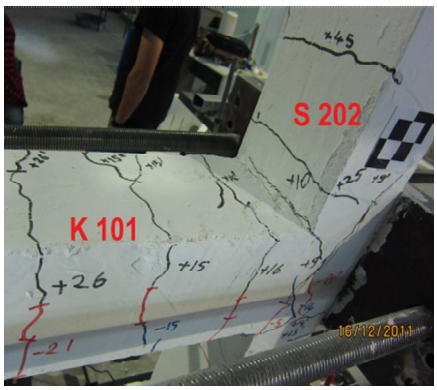
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-8	-24.51	-15.98	S102 kolonunun dış yüzeyinde -9, -10, -13, K101 kirişinde -11, -12, -15 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. K101-S102 birleşiminde -14 nolu eğik çatlak ve -8 nolu çatlağın ilerlemesi ile -8' çatlağı oluşmuştur. Ayrıca; S102 kolonunun dış yüzeyindeki -8 nolu çatlak, S102 kolonundaki +7 nolu çatlakla birleşmiştir.
+9	26.28	21.90	Daha önceden oluşan bazı çatlakların ilerlemesiyle +3", +11', +13', +14' çatlakları oluşmuştur. S101 kolonunda +36 nolu kesme çatlağı ile 24 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. S102 kolonunda +25, +32, S201 kolonunda +33, +34, +35, K101 kirişinde +23, +26, +27 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. K101-S101 birleşiminde +22, +29, +31, K101-S102 birleşiminde ise +30 nolu eğik çatlak oluşumu gözlemlenmiştir.
-9	-30.63 **0.75Vmax=-28.41 (nominal akma)**	-21.72	-8. çevrimde oluşan bazı çatlakların ilerlemesiyle -9',-10', -11', -12' ve -15' çatlakları oluşmuştur. Bu çevrimde eğilme çatlağı gelişimi; S101 kolonunda -16, -17, S102 kolonunda -18, -19 ve K101 kirişinde -21 nolu çatlaklarla olmuştur. Ayrıca; K101-S102 kiriş kolon birleşim bölgesinde -20 nolu eğik çatlak oluşmuştur.
+10	28.06	27.72	Bu çevrimden önce oluşan bazı çatlakların ilerlemesiyle +4', +15', +16', +21', +23', +33' nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda daha önceden oluşan +5 ve +6 nolu çatlakların arasında +38 nolu düşey çatlak gelişimi gözlemlenmiştir. S101 kolonunda +37, +39, +40, K101 kirişinde +41 nolu çatlaklar meydana gelmiştir.
-10	-34.47	-27.43	Önceki çevrimlerde oluşan bazı çatlakların ilerlemesiyle +6', +12", +21 nolu çatlaklar olmuştur. K101 kirişinde -22, K201 kirişinde -23, S102 kolonunun iç yüzeyinde -24 nolu eğilme çatlaklarının oluşumu gözlemlenmiştir.
+11	28.34	32.70	Bu çevrimden daha önceki çevrimlerde oluşan bazı çatlakların ilerlemesiyle +15", +26' ve +36' çatlakları oluşmuştur. S102 kolonunda daha önceden oluşan +3" ve +7 nolu çatlakların arasında +44 nolu düşey çatlağın ve kolon dış yüzünde +46, +47 nolu eğilme çatlaklarının gelişimi gözlemlenmiştir. Ayrıca; S201 kolonunda +42, +43, S202 kolonunun iç yüzeyinde +45 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
-11	-36.74	-33.18	S102 kolonundaki -9' ve -19' çatlaklarının ilerlemesi ile -9", -19" çatlakları oluşmuştur. S101 kolonunun dış yüzeyinde -25 nolu eğilme çatlağı ve K101-S102 kiriş kolon birleşiminde -26, -27 nolu eğik çatlaklar oluşmuştur.
+12	**V_{max}= 29.67**	44.22	S101 kolonunun ön yüzeyindeki +36 nolu kesme çatlağı büyümüş ve kolunun iç yüzeyinde de bu çatlağın simetrisi olabilecek şekilde çatlak oluşmuştur.

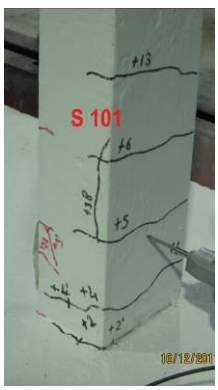


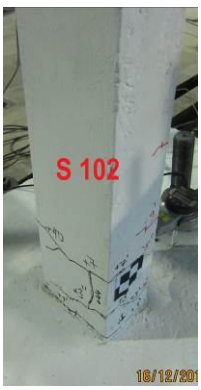












Şekil 4.6. Deney numunesi 1'in, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) görünümü

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-12	**V_{max}= -37.88**	-41.74	Bu çevrimde, S101 kolonunda -28 ve -29 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir.
+13	29.59	55.27	Bu son 4 çevrimde; S101 kolonundaki +36 nolu çatlağın olduğu bölgede, kabuk betonunda dökülmeler gözlemlenmiştir. S102 kolonunda, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde hasar boyutu artmıştır. S101 ve S102 kolonlarında meydana gelen hasarlar ile betonarme çerçevede genel olarak güçlü kiriş-zayıf kolon davranışı gözlemlenebilmiştir. Numunede meydana gelen bu hasarlardan ve sistem stabilitesinin tehlikeye girmesinden dolayı çatlak numaralandırılması yapılmamıştır. Sadece oluşan hasarların çekilen fotoğraflarla tespiti yapılmıştır.
-13	-37.16	-56.31	
+14	26.81	67.50	
-14	-35.45	-67.34	
+15	**17.33 0.8Vmax=23.74 (göçme yükü)**	74.20	
-15	**-24.26 0.8Vmax=-30.30 (göçme yükü)**	-78.40	

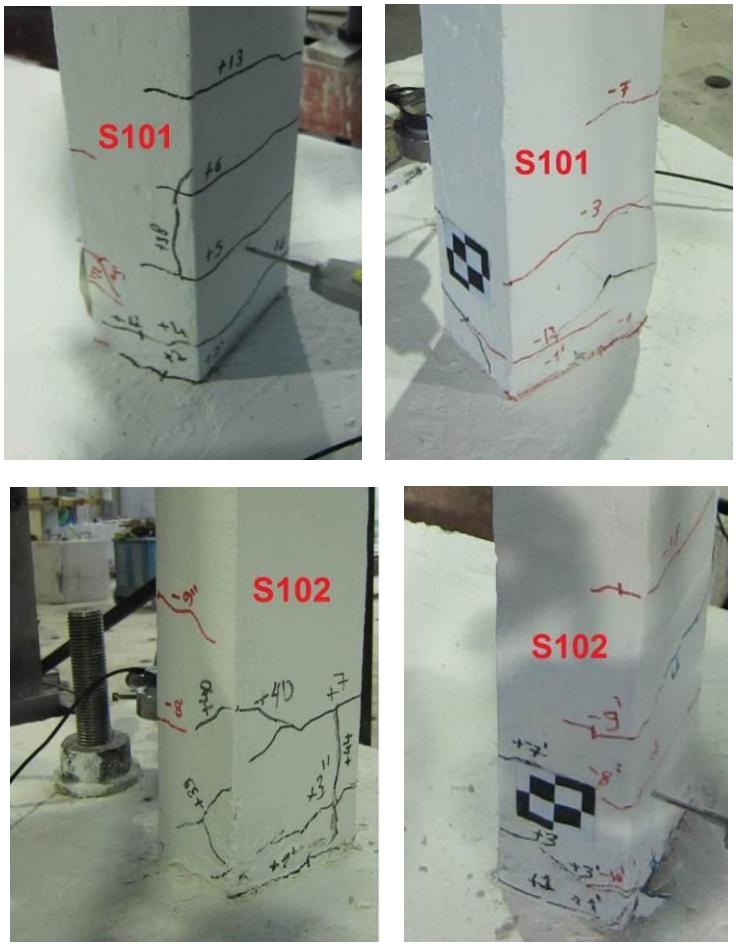
Deney numunesi 1'de itme yönü için numunede oluşan hasarların durumu, akma konumunda Şekil 4.5'de, maksimum yüklemede Şekil 4.6'da ve göçme konumu için Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 verilmiştir. Numunede oluşan çatlakların ve hasarların deney sonrası şematik gösterimi ise Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de verilmiştir.



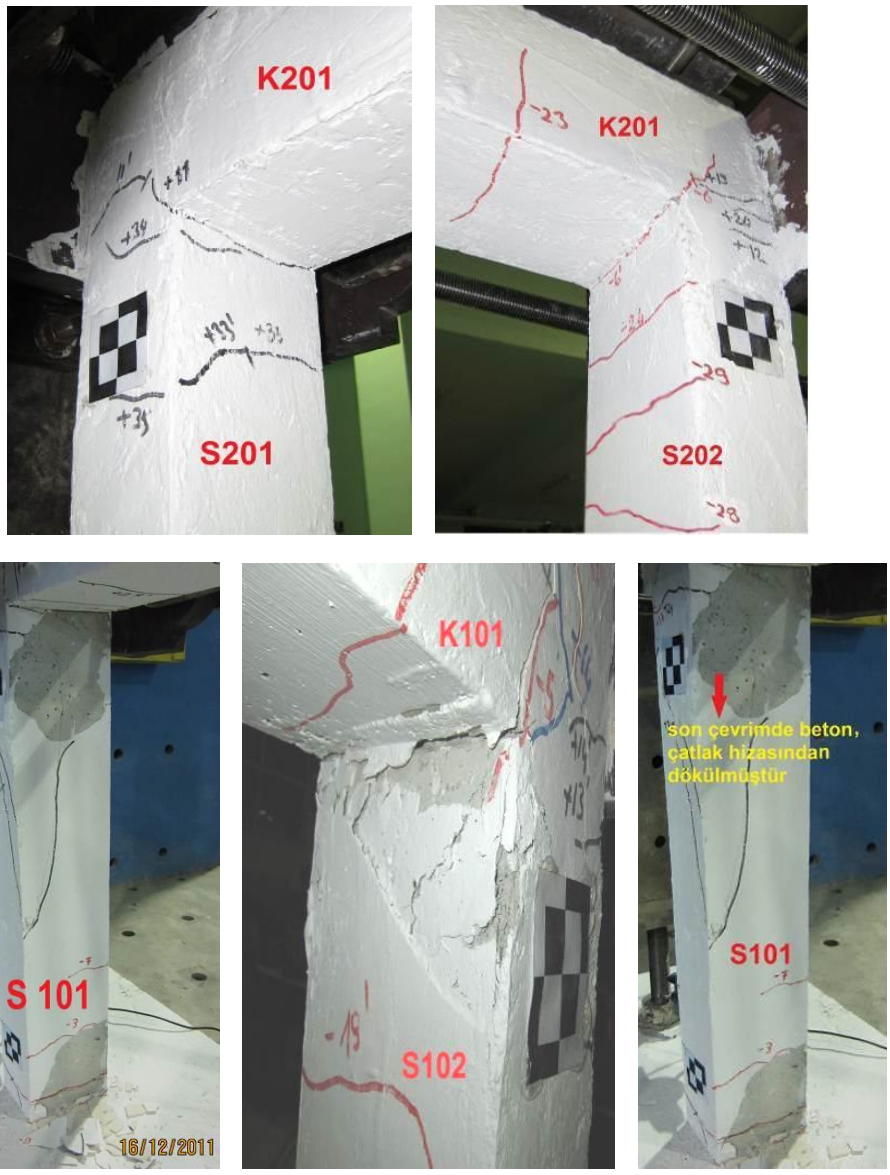
Şekil 4.7. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) ön yüzden görünümü



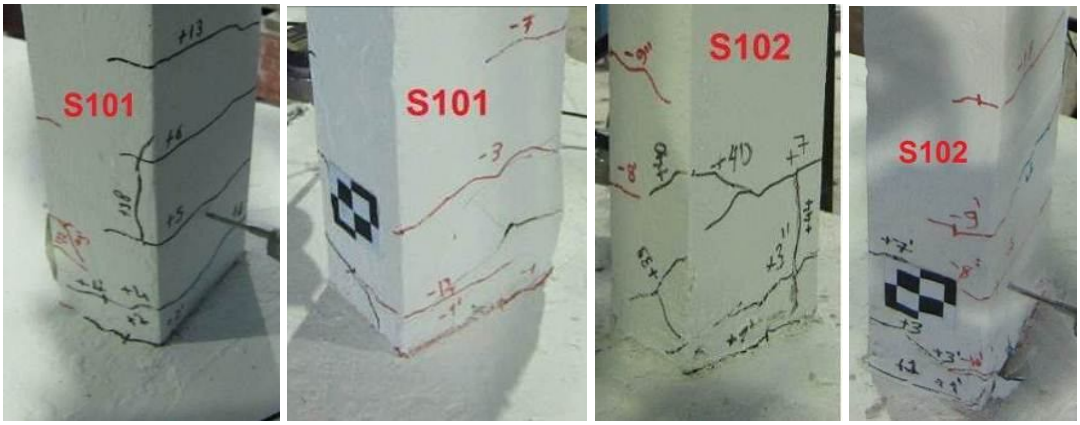
Şekil 4.8. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) ön ve arka yüzden görünümü



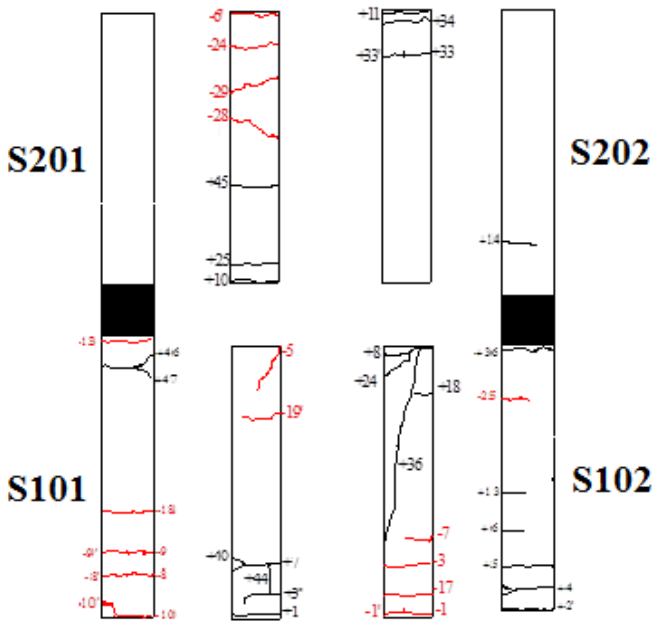
Şekil 4.9. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) kolon-temel birleşiminde oluşan hasarlar



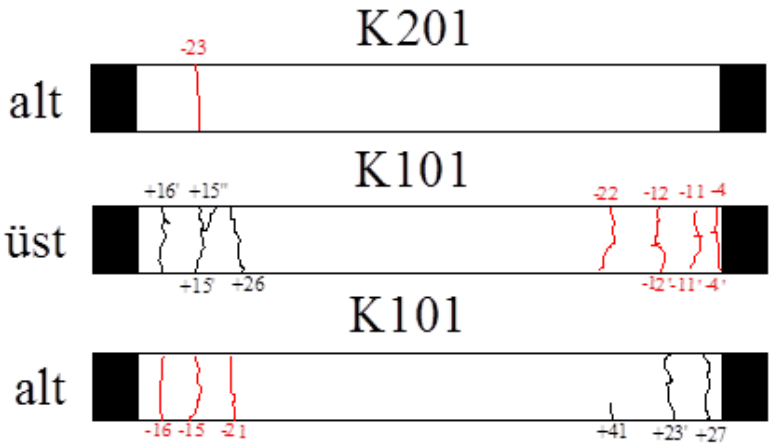
Şekil 4.10. Deney numunesi 1'in, göçme konumunda ($0.8V_{max}$) kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar



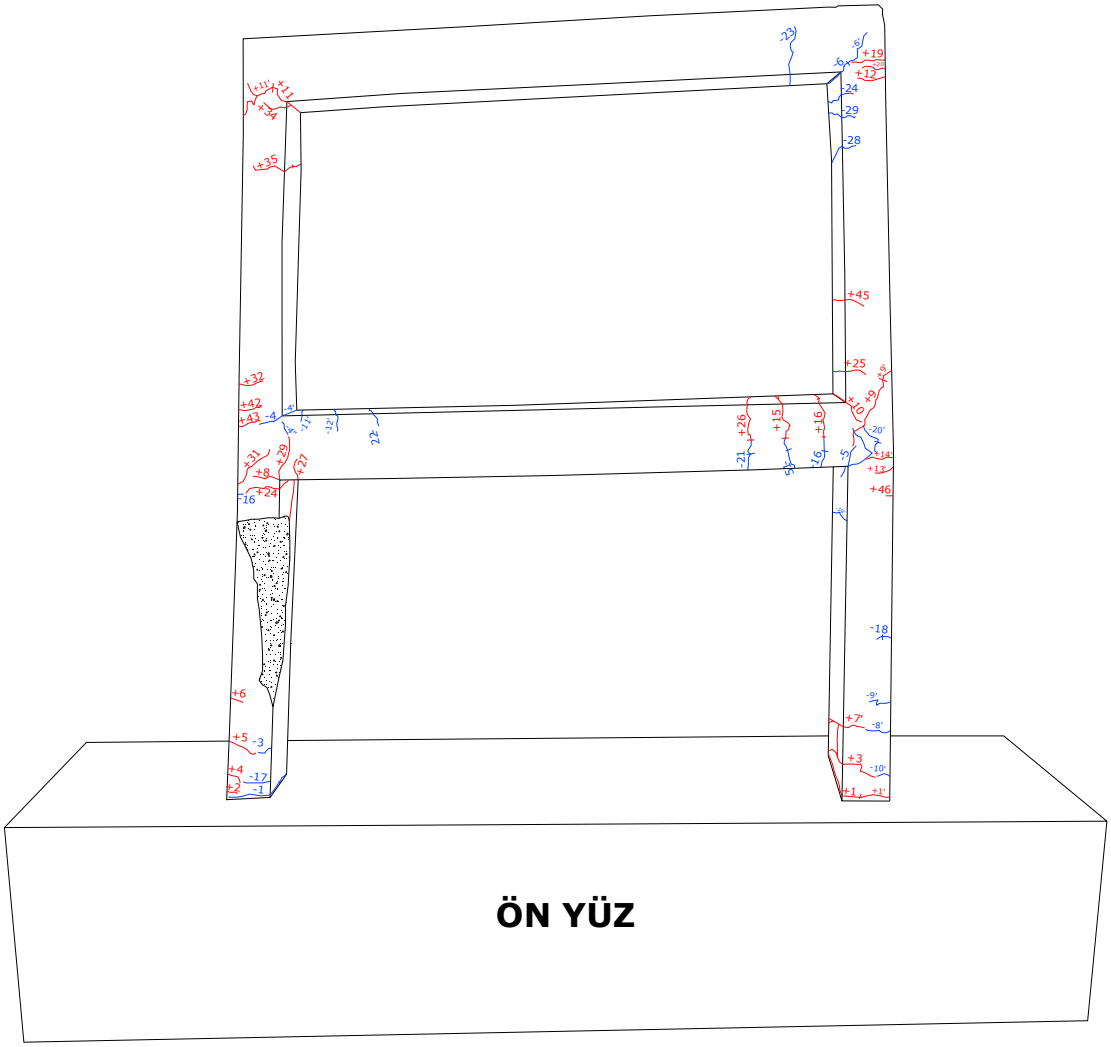
Şekil 4.11. Deney numunesi 1'in kolon-temel birleşiminde göçme anında ($0.8V_{max}$) oluşan çatlaklar



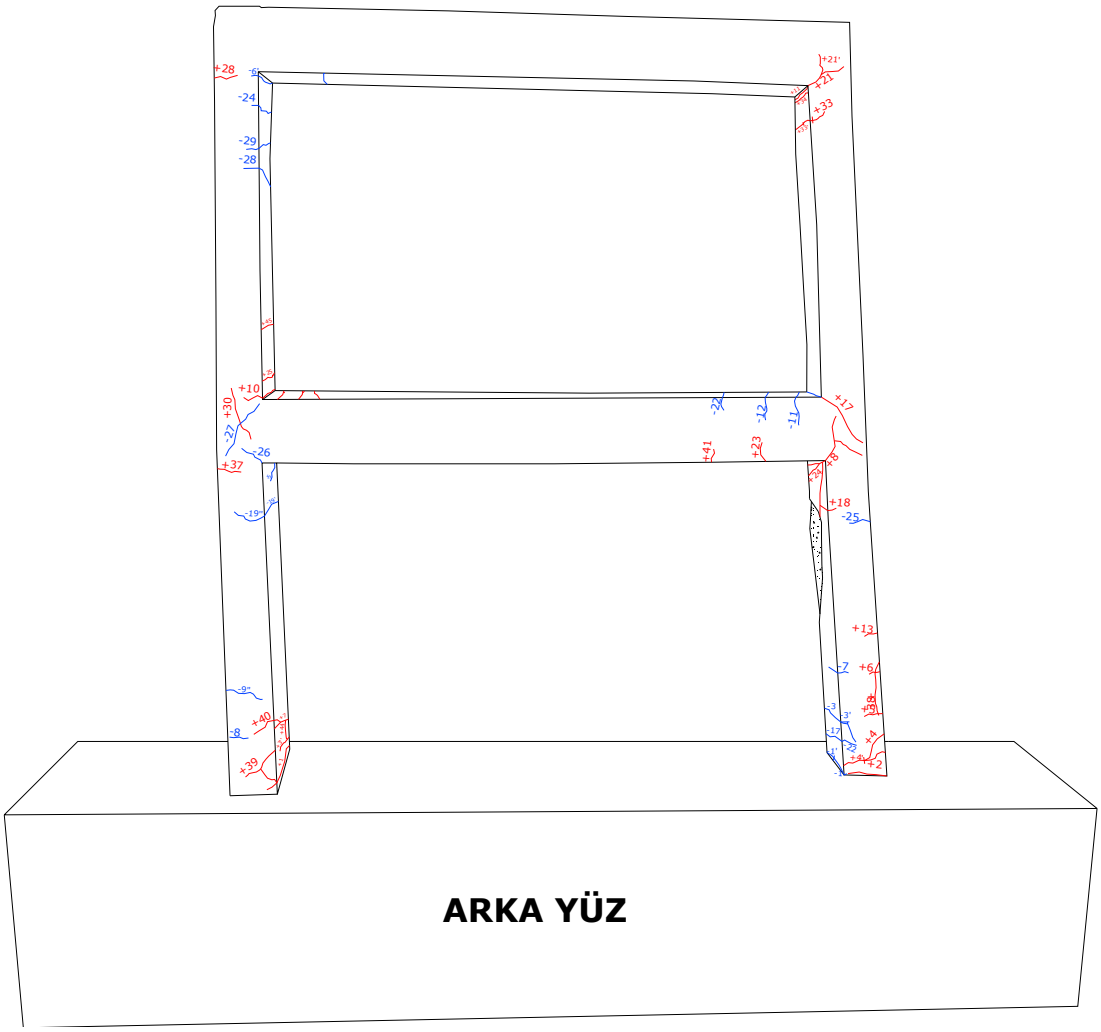
Şekil 4.12. Deney numunesi 1'deki kolonların iç ve dışında meydana gelen çatlaklar ve hasarlar



Şekil 4.13. Deney numunesi 1'deki kirişlerin alt ve üstünde meydana gelen çatlaklar ve hasarlar

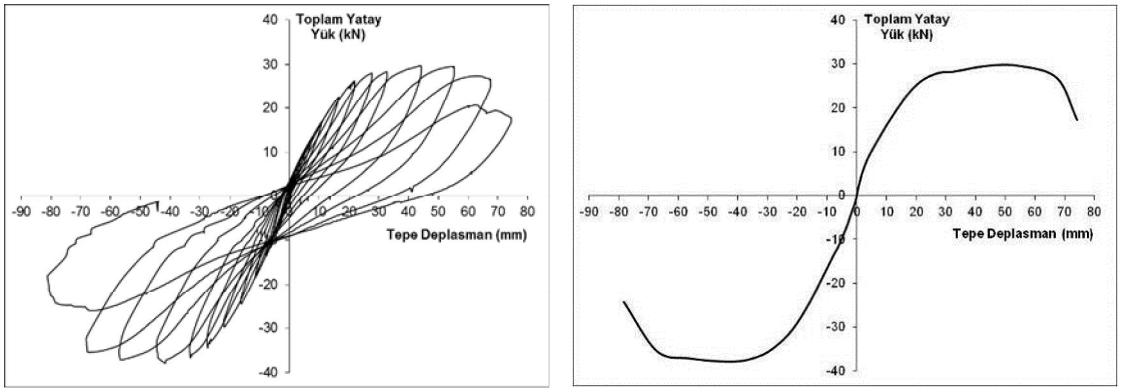


Şekil 4.14. Deney numunesi 1'de oluşan çatlakların ve hasarların, ön yüzden şematik olarak gösterimi

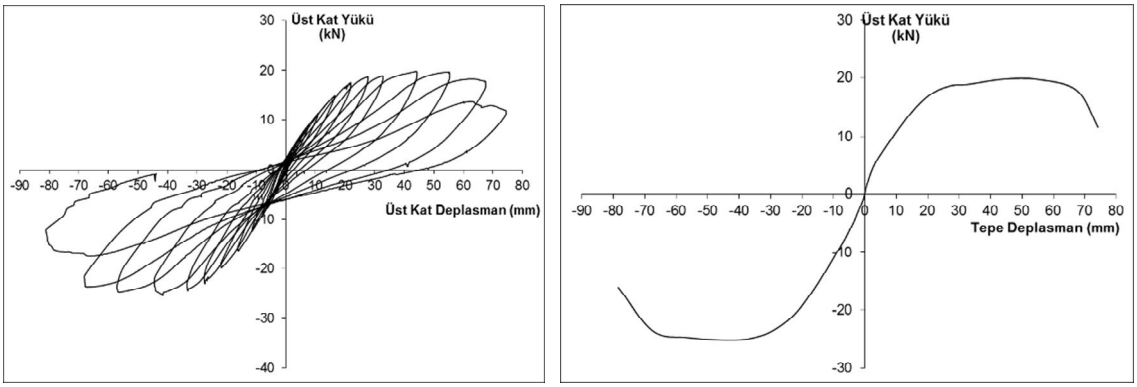


Şekil 4.15. Deney numunesi 1'de oluşan çatlakların ve hasarların, arka yüzden şematik olarak gösterimi

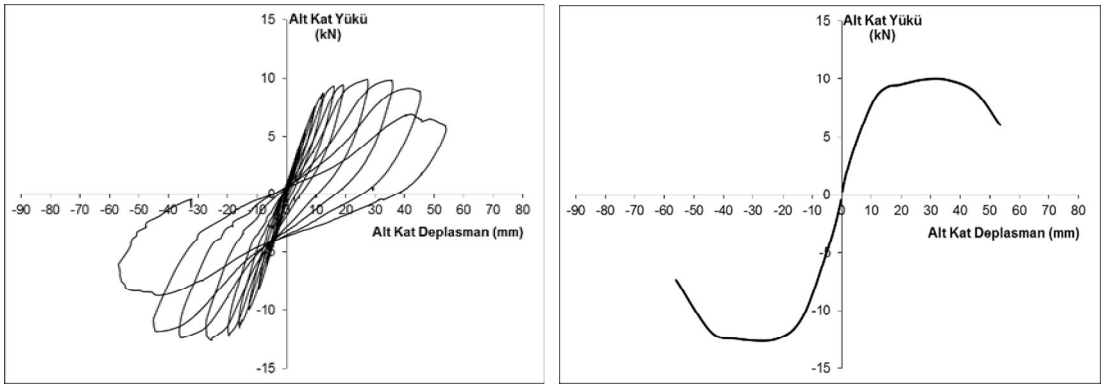
Deney numunesi 1'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve dayanım zarfı eğrisi Şekil 4.16'da verilmiştir. Deneyde, numunenin üst katında ölçülen yatay yüke karşılık gelen deplasmanının çevrimsel histeresis eğrisi Şekil 4.17'de, alt kat için ise Şekil 4.18'de verilmiştir. Ayrıca; üst katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, üst kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.19'de ve alt katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, alt kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.20'de verilmiştir.



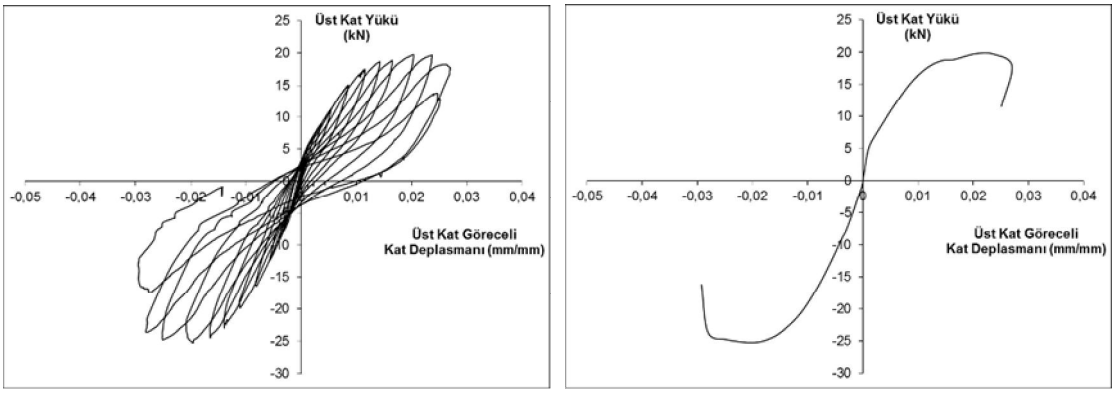
Şekil 4.16. Deney numunesi 1'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi



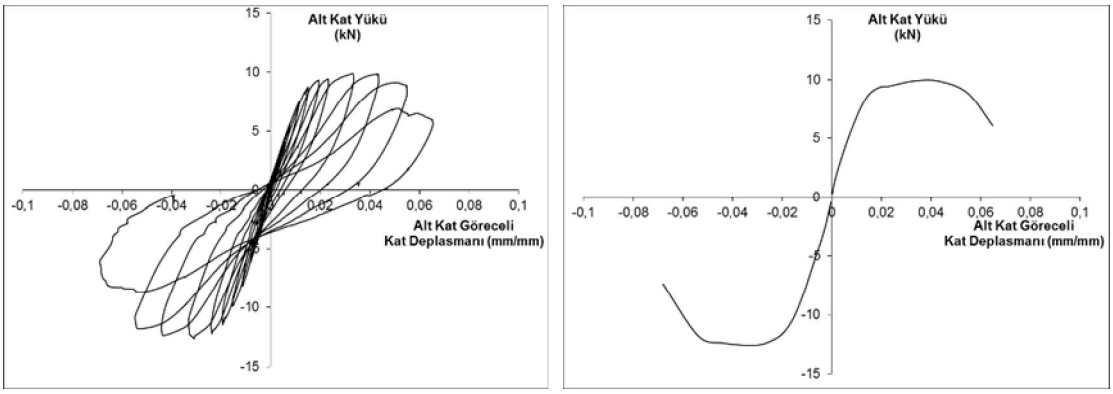
Şekil 4.17. Deney numunesi 1'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (RS)



Şekil 4.18. Deney numunesi 1'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (RS)

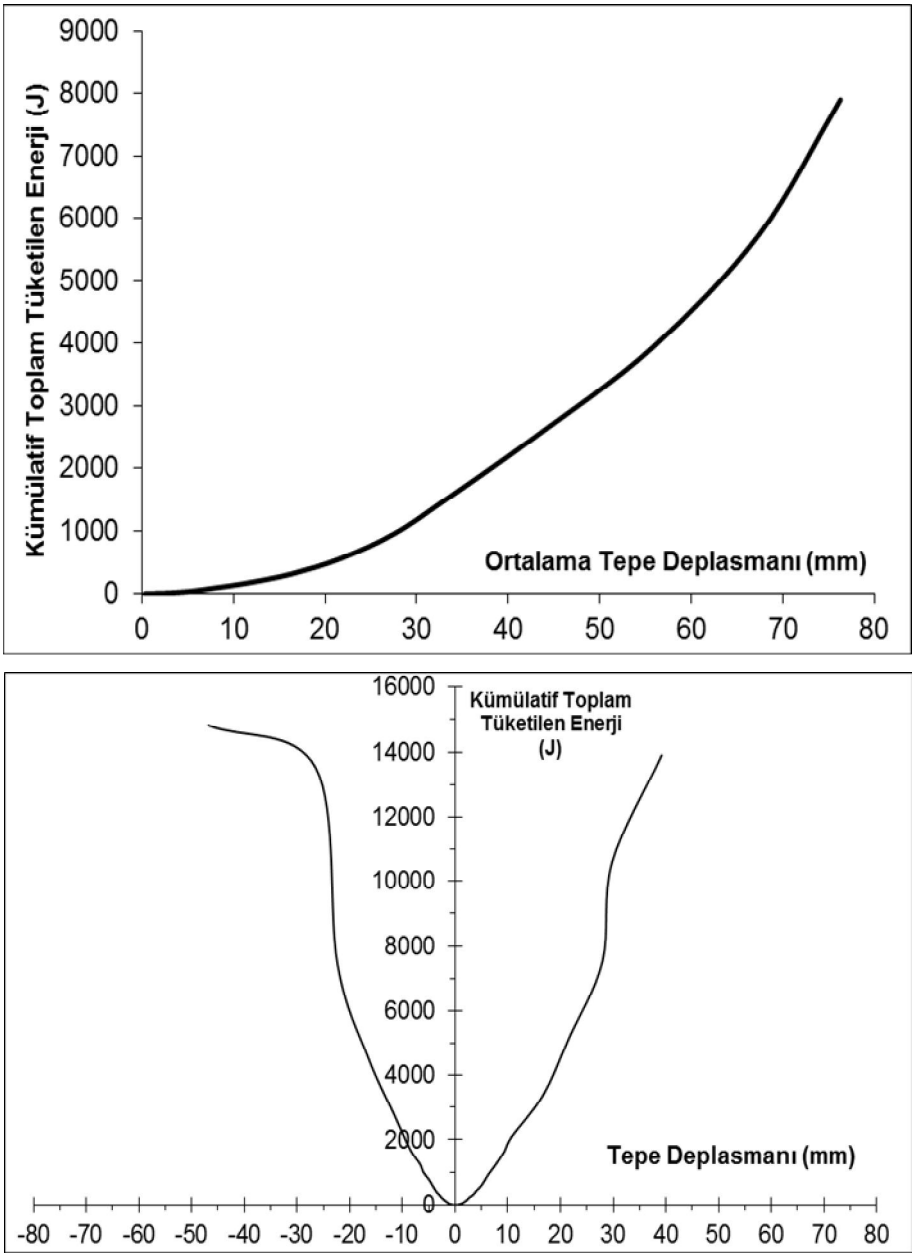


Şekil 4.19. Deney numunesi 1'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (RS)

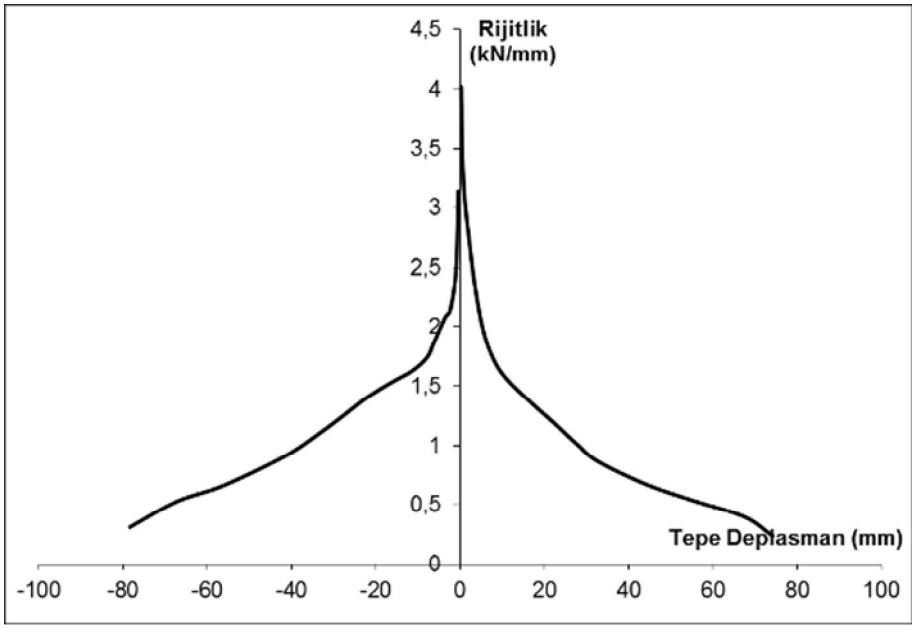


Şekil 4.20. Deney numunesi 1'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (RS)

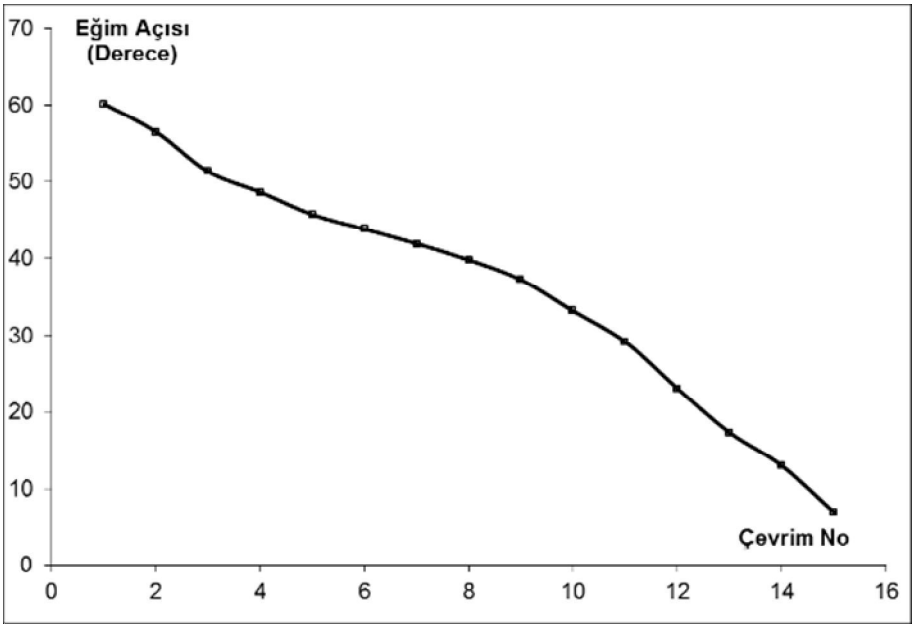
Toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanması ile numunenin enerji tüketme kapasitesi hesaplanmış ve Şekil 4.21'de verilmiştir. Deneyin her bir çevriminde elde edilen maksimum yatay yük değerlerinin, bunlara karşılık gelen yatay deplasman değerlerine oranlanması ile her bir çevrimde elde edilen rijitlik değerleri hesap edilmiştir (Şekil 4.22). İtme çevrimleri için elde edilen değerler şeklin sağında, çekme çevrimleri için hesaplanan değerler grafiğin solunda verilmiştir. Şekil 4.23'de ise her bir çevrimdeki eğim açısı belirlenmiş ve grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.21. Deney numunesi 1'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (RS)

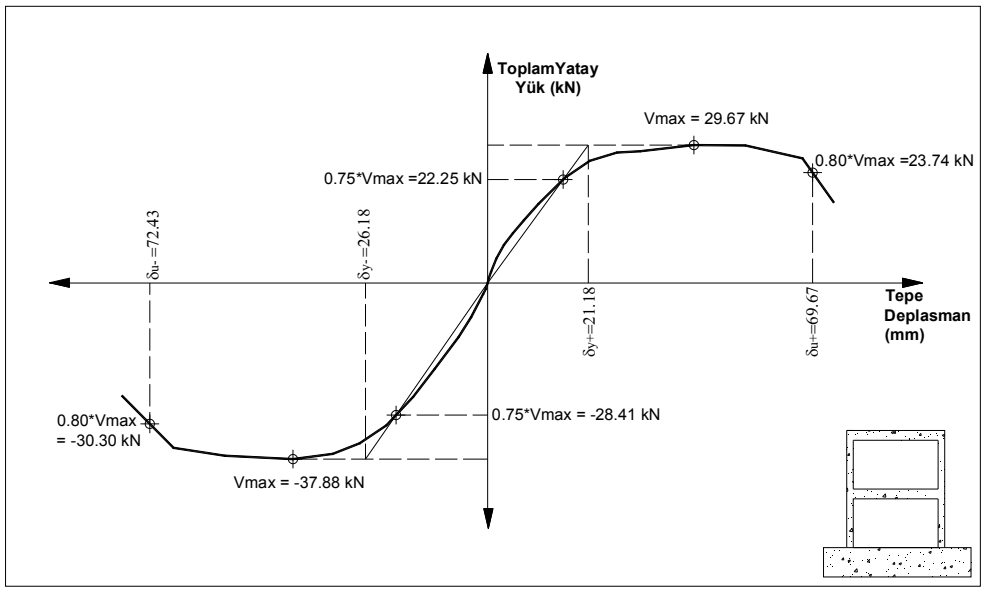


Şekil 4.22. Deney numunesi 1'e ait, rijitlik azalımı grafiği (RS)



Şekil 4.23. Deney numunesi 1'e ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (RS)

Deney numunesi 1'in süneklik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için oluşturulan grafik Şekil 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.24. Deney numunesi 1'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (RS)

4.1.2. Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (2x600x350 mm) numune (OSWSBW)

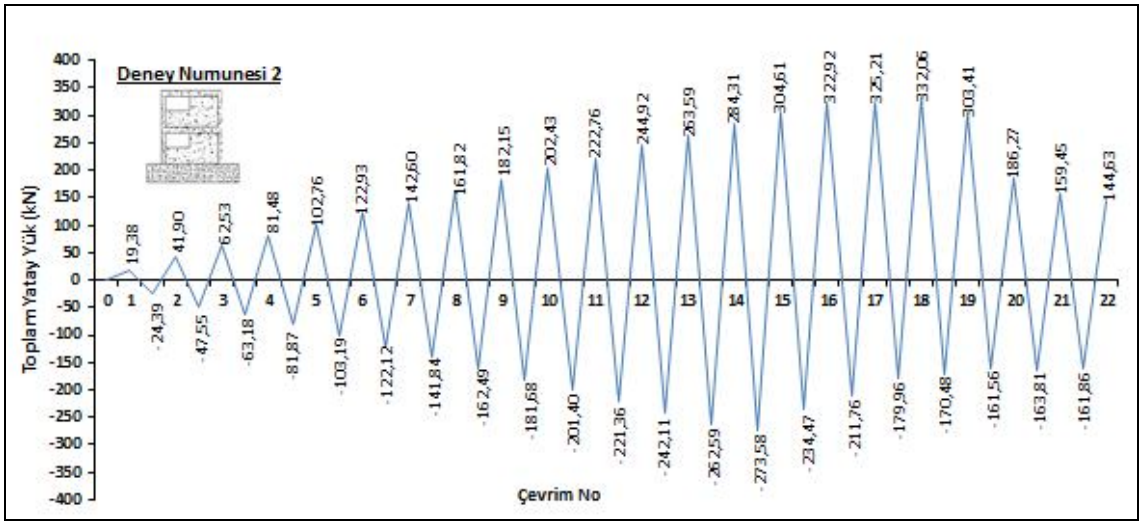
S101 ve S201 kolonlarına yapılan mantoya bitişik pencere boşluklu (2x600x350mm), düzlem dışı betonarme perde duvarlı bu numunenin, deney düzeneğine yerleştirilmiş hali Şekil 4.25'de verilmiştir. Bu numuneye, deneyde uygulanan yük geçmişi, yatay yüke göre Şekil 4.26'da, tepe deplasmana göre ise Şekil 4.27'de verilmiştir. Deney numunesine, itmede 22 ve çekmede 21 yük çevrimi uygulanmıştır.

Yük kontrollü olarak başlayan deney, numune maksimum yük taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra deplasman kontrollü olarak devam ettirilmiştir. Deney numunesi, itmede (+18. çevrimde) maksimum 332.06 kN yatay yüke, çekmede (-14. çevrimde) maksimum 273.58 kN yatay yüke dayanmıştır. Deney numunesi 2'nin, +18 çevriminde 32.10 mm tepe deplasmanı yaptığı ölçülmüştür. -14 çevriminde ise tepe deplasmanının 28.72 mm olduğu görülmüştür. Deneyde; itme çevrimlerde en fazla 61.23 mm, çekme çevrimlerinde ise en fazla 78.91 mm deplasman seviyelerine kadar yükleme yapılmıştır. Deney, +22. çevrimde numunede büyük hasarlar meydana geldiği için sonlandırılmıştır.

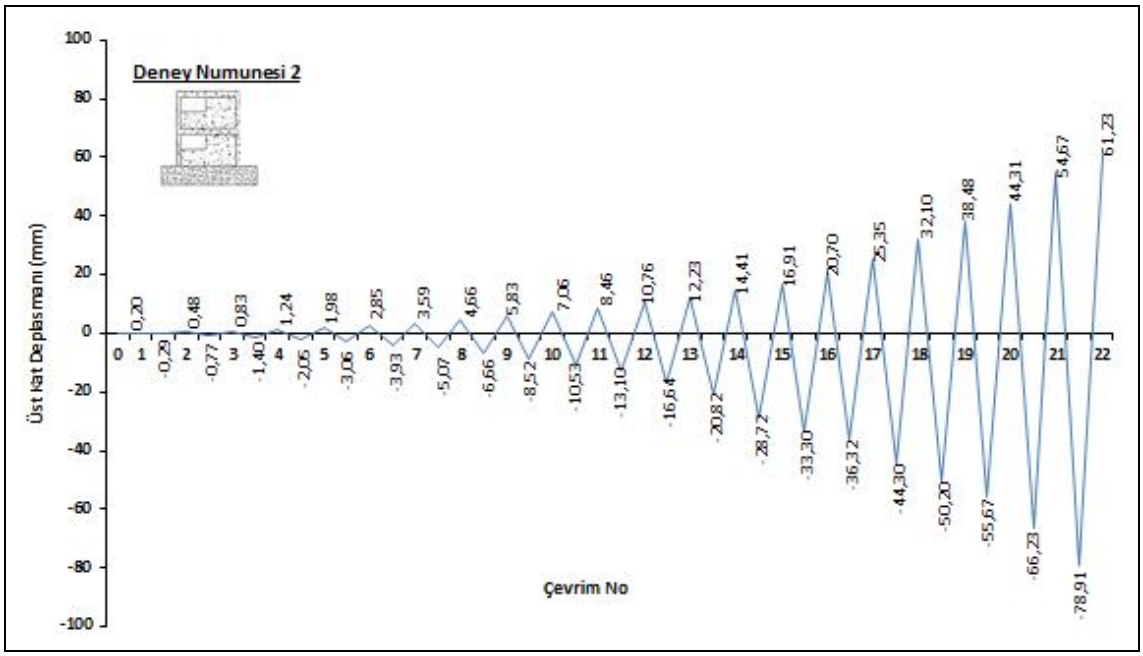


Şekil 4.25. Deney Numunesi 2'nin deney öncesi görünümü

Deney sırasında numuneye, toplam 87 kN eksenel yük verilmiştir. Böylelikle numunenin, S101-S201 ve S102-S202 numaralı kolonlarına 43 kN'luk eksenel yük uygulanmıştır. Buna göre; C15 beton kalitesinde ve 150x100 mm kesitinde olan kolonlara, taşıma kapasitelerinin yaklaşık %20'si kadar eksenel yük verilmiştir.



Şekil 4.26. Deney numunesi 2'ye uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre)



Şekil 4.27. Deney numunesi 2'ye uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre)

Deney numunesi 2'de çatlakların yeri anlatılırken, referans numunede kullanılan kolon ve kiriş numaraları esas alınacaktır. Ayrıca 1.kat hizasında bulunan perdeye P101 ve 2.kat hizasında bulunan perdeye ise P201 ismi kullanılmıştır. Ayrıca perdede meydana gelen çatlakları ve anlatımları, Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Deney numunesi 2'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+1(itme)	19,38	0,20	Deneyin ilk çevriminde herhangi bir çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir. Bu çevrimler akma sınırının altında elastik çevrimler olarak uygulanmış ve numunenin elastik özelliklerini görmek için değerlendirilmiştir.
-1 (çekme)	-24,39	-0,29	
+2	41.90	0,48	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında yukarıya doğru +1 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-2	-47,55	-0,77	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağı temele kadar -1 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağı temele kadar -2 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağı K101 kirişi hizasına kadar -3 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağı K101 kirişine kadar -4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında yukarı K101 kiriş hizasına kadar -5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+3	62,53	0,83	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağıya doğru +2 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında K201 kiriş hizasına kadar +3 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında K101 kiriş hizasına doğru +4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-3	-63,18	1,40	P201 ve P101 perdelerinin ön yüzünde pencere boşluklarının köşelerinde oluşan -3 ve -5 nolu çatlaklar uzayarak 3' ve -5' nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin S102 kolon hizasında -6 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında yukarı K201 kiriş hizasına doğru -7 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

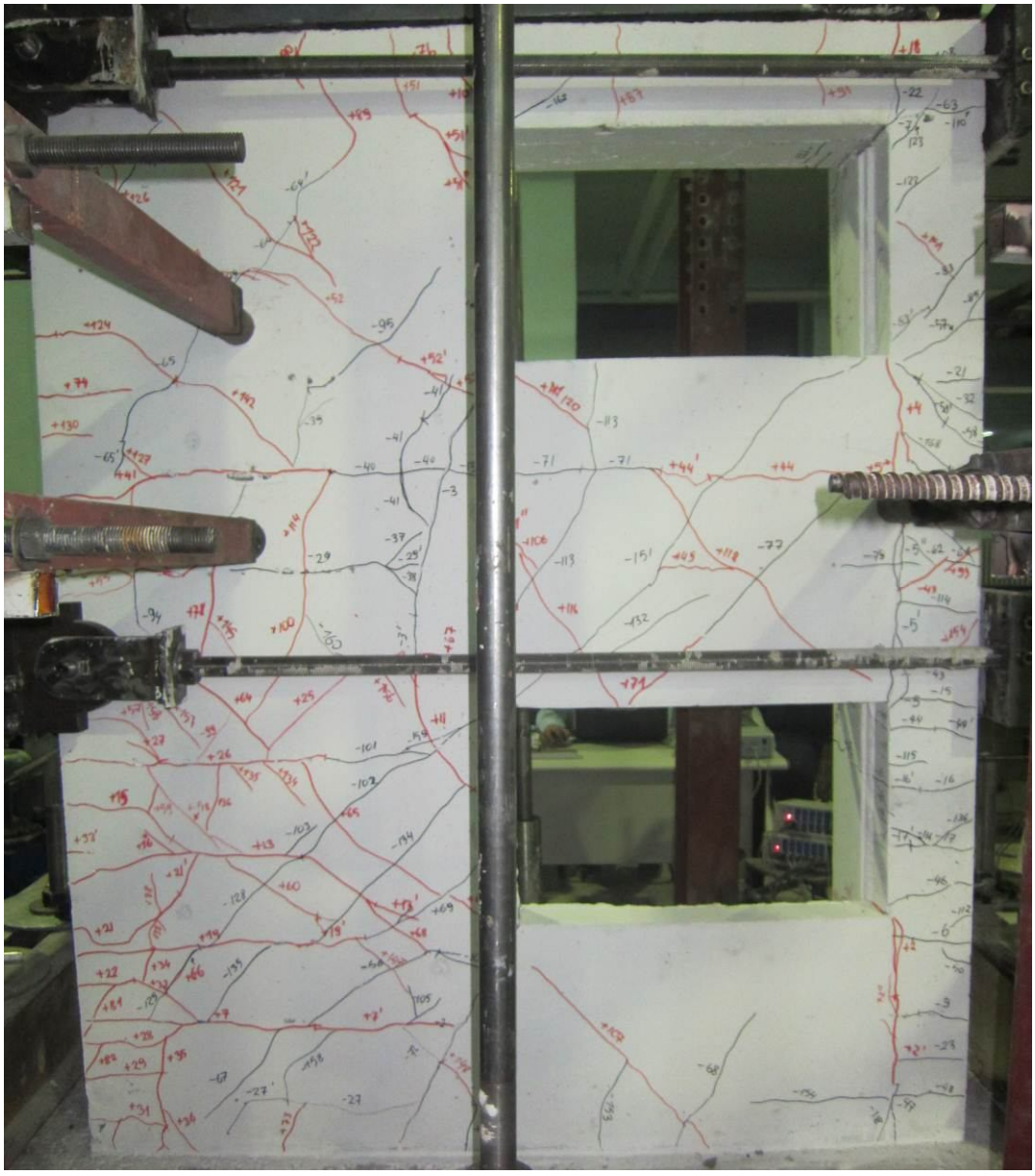
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+4	81,48	1,24	P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunda K101 kiriş hizasına doğru +5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin altında +6 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin önyüzünde S101 kolon hizasına kadar +7 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında oluşan +1 nolu çatlak K101 kiriş hizasına kadar uzayarak +1′ nolu kesme çatlağı oluşmuştur. 1.kat ve 2. kat pencere boşluklarından başlayarak P201 ve P101 perdeleri S201 ve S101 kolon birleşim bölgelerinde +9 ve +8 nolu çatlaklar oluşmuştur.
-4	-81,87	-2,05	P101 perdesinin ön yüzünde bulunan pencere boşluğu köşesinde oluşan -5 nolu çatlak yukarıya doğru uzayarak -5″ nolu çatlağı oluşmuştur. Daha önceki çevrimde oluşan -1 nolu çatlak dallanarak P101 perdesinin arka yüzünde -8 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin S102 kolon hizasında -6 nolu çatlağına paralel -9 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101-S102 kolon-kiriş kesişiminde pencere boşluğunun iç kısmında -10 nolu çatlak oluşmuştur. K201-S202 kolon-kiriş kesişiminde pencere boşluğunun iç kısmında -11 nolu çatlak oluşmuştur.
+5	102,76	1,98	Daha önceki çevrimlerde oluşan +1′ nolu çatlak K101 kiriş hizasını geçerek yukarıya doğru +1″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin önyüzünde S101 kolon hizasından pencere boşluğuna doğru +7 nolu eğilme çatlağı uzayarak +7′ nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101-S101 kolon birleşim bölgesinde +8 nolu çatlak aşağıya doğru uzayarak +8′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasına kadar +13, +15ve +16 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. P102 perdesinin arka yüzünde K101-P102 kesişiminden yukarıya doğru +17 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +14 (K101-P101 kesişiminde) ve +12 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
-5	-103,19	-3,06	P101 perdesinin arka yüzünde daha önceki çevrimde oluşan -8 nolu eğilme çatlağı S101 kolonuna doğru uzayarak -8′ nolu çatlak oluşmuştur. . K101-S102 kolon-kiriş kesişiminde pencere boşluğunun iç kısmında oluşan -10 nolu çatlak uzayarak -10′ nolu çatlak oluşmuştur. P102 perdesinin önyüzünde bulunan pencere boşluğunun alt kısmında diğer çevrimlerde oluşan -3 nolu çatlak dallanarak -12 ve -13 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P102 perdesinin ön yüzünde bulunan pencere boşluğunun S202 kolonu hizasında -14 nolu kesme çatlağı ve -21 nolu eğilme çatlağı, aynı bölgede S202 kolonunda -20 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde bulunan pencere boşluğunun S102 kolonu hizasında -15, -16 ve -17 nolu eğilme çatlakları, aynı bölgede S102 kolonunda -18 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.+17 nolu çatlak yukarıya doğru itme çevriminde -19 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin üst köşesinde S202 kolon hizasına doğru -22 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+6	122,93	2,85	P201-S201 kesişiminde oluşan +9 nolu çatlak aşağıya doğru uzayarak +9′ nolu çatlağı oluşturmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde önceki çevrimlerde oluşan +13 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +13′ nolu kesmeli eğilme çatlağı olarak ilerlemiştir. S101 kolonunda +20 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonunda başlayarak P101 perdesinde +21 nolu eğilme çatlağı ilerlemiştir. +7″, +19, +22, +26, +28, +29, +31 ve +32 nolu çatlaklar P101 perdesinin yan yüzünde başlayarak +20 nolu çatlağa paralel olarak eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünden başlayarak S101 kolon mantosunda +23 ve +24 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinde oluşan +26 nolu çatlak dallanarak +25 ve +27 nolu çatlaklar oluşmuştur. S102 kolon mantosunda +30 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-6	-122,12	-3,93	S101 kolon mantosunda -23, -24 ve -25 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kiriş –P101 perdesinin kesişiminden aşağıya doğru -26 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında oluşan -2 nolu çatlak dallanarak -27 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında oluşan -1 nolu çatlak dallanarak -28 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -29 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında temelden yukarıya doğru -30 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunda -31 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinde ön yüzünde S202 kolon hizasında -32 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonundan başlayarak P201 perdesinin ön yüzüne kadar uzanan -33 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında oluşan -4 nolu çatlak dallanarak -34 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+7	142.60	3.59	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +6′,+8″,+9″,+11′,+15′ ve +19′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda +33 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında +34, +35 ve +36 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde S102 kolon mantosuna kadar uzanan +37, +38 ve +39 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişinin altında +40 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin önyüzünde K101 kiriş hizasında +41 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunda +42 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon mantosu K101 kiriş hizasında +43 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında +44 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosunda +45 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin üst kısmında +46 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin alt kısmında +47, +48 ve +49 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur.P201 perdesinin arka yüzünde P201-S201 kolon mantosu kesişiminden başlayarak +50 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-7	-141.84	-5.07	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -6′,-14′,-16′,-17′ ve-20′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosunda -35 ve -36 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -29 nolu eğilme çatlağı dallanarak -29′ nolu eğilme çatlağı, -37 ve -38 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -39, -41 nolu kesme çatlakları ve -40 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru -42 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S102 kolon hizasında -43 ve -44 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesi pencere boşluğunda S102 kolon mantosunda -45 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolonu hizasında -46 ve -50 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzü temel birleşiminde -47 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolonu hizasında -48 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi-S102 kolon mantosu kesişiminde -49 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -51, -52 ve -54 nolu kesme çatlakları ve -53 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -55 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -56 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında birbirlerine paralel -57, -58, -60, -61 ve -62 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolonu mantosunda -59 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst köşe kısmında -63 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -64 ve -65 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -67 ve -68 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
+8	161.82	4.66	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +20′,+33′,+38′ ve +40′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu köşesine doğru +51 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde boydan boya 45^{o}lik +52 ve +53 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde S101 kolon mantosunda +54 ve +56 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +55 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon ve K101 kiriş hizasında +57 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +58, +59 ve +60 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. S101 kolon mantosunda +61 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi-S102 kolon mantosu kesişiminin üst kısmında +62 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-8	-162.49	-6.66	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -6″,-41′, -56′ ve -59′ nolu çatlaklar meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında -69 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -70 ve -72 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun altında -71 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -73 ve -74 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -75 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişine kadar -76 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında -77 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosunun iç yüzünde -78 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında -79 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi S202 kolon mantosunun kesişiminde -80 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden yukarıya doğru -81 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -82 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında S202 kolonu hizasında -83 ve -85 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinde -84, -86 ve -88 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -87 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosunda birbirlerine paralel -59′, -89, -90 ve -92 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolonunda -91 ve -93 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.

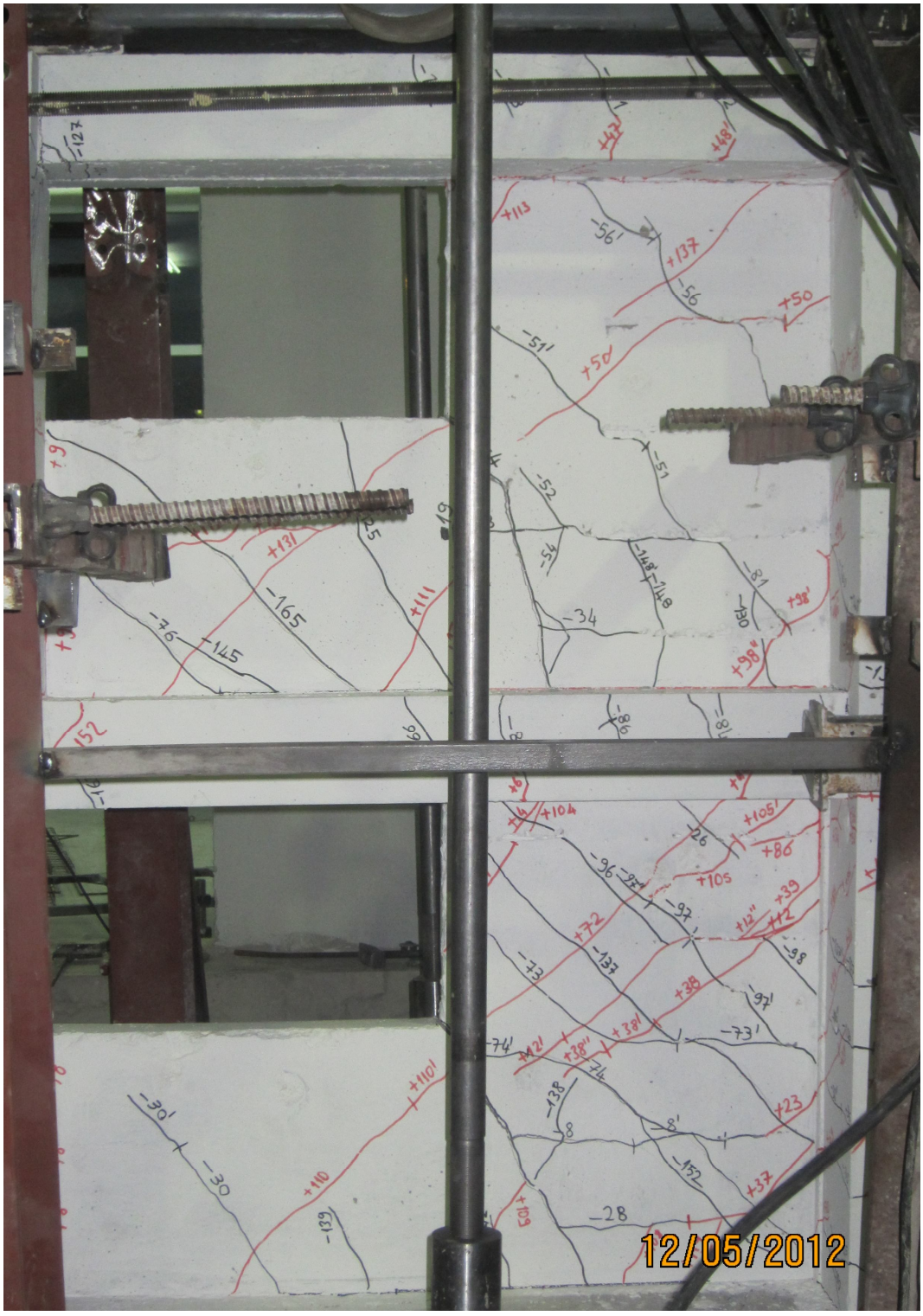
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+9	182.15	5.83	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +21′,+24′,+41′ ve +50′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda +63 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +64, +65, +66 ve +68 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesi bölgesinde +67 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +69 ve +70 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmının ortasından yukarıya doğru düşey +71 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kiriş kesişiminden aşağıya doğru +72 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru düşey +73 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +74 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. S102 mantosu içyüzünde temelden yukarıya doğru +75 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +76 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. S202 mantosu iç yüzünde +77 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir.
-9	181.68	-8.52	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -25′,-33′,-35′,-36′,-51′ ve -73′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -95, -99 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -96, -97 ve -98 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde -100, -106 ve -107 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin önyüzünde -101 nolu eğilme çatlağı ve birbirlerine paralel -102 ve -103 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -104 ve -105 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S202 kolonu hizasında -108 ve -110 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel -109 ve -111 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde -112 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
+10	202.43	7.06	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +2″, +30′, +33′, +44′, +45′, +47′, +48′, +51′, +52′ ve +61′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +78 nolu kesme çatlağı ile +79 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonunda +80 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel olarak +81 ve +82 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosunun ön yüzünde +83 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinde ve S101 kolonuna kadar +84 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde +85 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesi S101 kolon mantosu kesişiminden aşağıya doğru +86 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üzerinde düşey olarak +87 nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişinin altında +88 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında +89 ve +90 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında düşey olarak +91 nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde +92 nolu kesme çatlağı ve +94 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +93 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +95 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +96 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin altında +97 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +98 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-10	-201.40	-10.53	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -17′,-51″,-58′,-65′,-80′,-90′,-92′ ve -97′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yünde pencere boşluğunun alt kısmında başlayarak aşağıya doğru -113 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -114 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında S101 kolon hizasında -115 ve -116 nolu eğilme çatlakları ve -117 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -118 ve 119 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin yan yüzünde (S102 tarafı) -120 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosunda -121 ve -124 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında pencere boşluğunun yan tarafında -122 ve -123 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -125 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosunun iç yüzünde -126 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin ön ve alt yüzüne kadar -127 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -128 ve -129 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -130 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. S201 kolon mantosunun ön yüzünde kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+11	+222.76	8.46	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +12″,+51″,+53′,+56″,+83′,+85′ ve +98′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +99 ve +100 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosunda +101 ve +102 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolon hizasında +103 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +104 ve +105 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +106 kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +107 kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel olarak +108, +109 ve +110 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +111 ve +112 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişi kesişiminden başlayarak aşağıya doğru +113 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-11	**-221.36 0.75Vmax=-205.8 (nominal akma)**	-13.10	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -36″,-44′,-74′,-97″,-106′,-106″,-107′,-107″ ve -124′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -132 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde -133 kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -134 ve -135 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yanında S102 kolon hizasında -136 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -137 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -138 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru düşey -139 nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosunun ön yüzünde -140 ve -141 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosunun ön yüzünde -142 ve -143 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 mantosu iç yüzünde -144 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluklarının alt kısmında -145 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde -146 ve -147 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -148 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosunun iç yüzünde -149 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu K201 kirişi kesişiminde aşağıya doğru kesme çatlağı oluşmuştur.
+12	244.92	10.76	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +14′, +23′, +26′, +42′, +56″, +61″, +62′, +69′, +77′ ve +92′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +114 nolu düşey çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda birbirlerine paralel +115, +117 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +116, +118 ve +120 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +119 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +121, +122, +124, +125, +126 ve +127 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişinin alt yüzünde +123 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +128, +129 ve +130 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +131 ve +132 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirine paralel +134 ve +135 nolu kesme çatlakları ve birbirine paralel +136 ve +138 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +133 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu S102 kolon mantosu kesişiminden aşağıya doğru +137 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +139 ve +140 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.S101 kolon mantosunun ön yüzünde +141 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-12	-242.11	-16.64	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -27′,-30′,-148′ ve -149′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -151 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -74 nolu çatlak dallanarak -152 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -153 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -154 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. S102-S202 kolon mantosu K101 kirişi kesişiminde -155, -156 ve -157 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde -158 ve -159 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P101-P201 perdesinin kesişiminde K101 kirişi hizasında -160 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. S102 kolon mantosu ön yüzünde temelden yukarıya doğru -161 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında -162 ve 164 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir. K101 kirişi ön yüzünde -163 ve -166 nolu kesmeli eğilme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -165 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında birbirlerine paralel -167, -168 ve -169 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -170 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. K201 kirişi ön yüzünde -171, -172, -173 ve -174 nolu kesmeli eğilme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde -175 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+13	**263.59** **0.75Vmax=249.1** **(nominal akma)**	12.23	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +52″,+105′,+111′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +142 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosunun yan yüzünde +143 ve +144 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +145 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosunun ön yüzünde +146 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden +147 ve +148 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosunda +150 nolu temelden yukarıya doğru düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +151 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde +152 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizası ve K101 kiriş hizasında +153 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizası ve K101 kiriş hizasında +154 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosunun iç yüzünde +155 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında birbirlerine paralel +156, +157, +158 ve +159 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. Oluşan çatlaklar ve hasarlar Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Deney numunesi 2'nin nominal akma yükünde ($0.75V_{max}$) ön yüzden görünüşü (itme yönünde)



Şekil 4.29. Deney numunesi 2'nin nominal akma yükünde ($0.75V_{max}$) arka yüzden görünüşü (itme anında)



Şekil 4.30. Deney numunesi 2'nin nominal akma yükünde ($0.75V_{max}$) ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme anında)

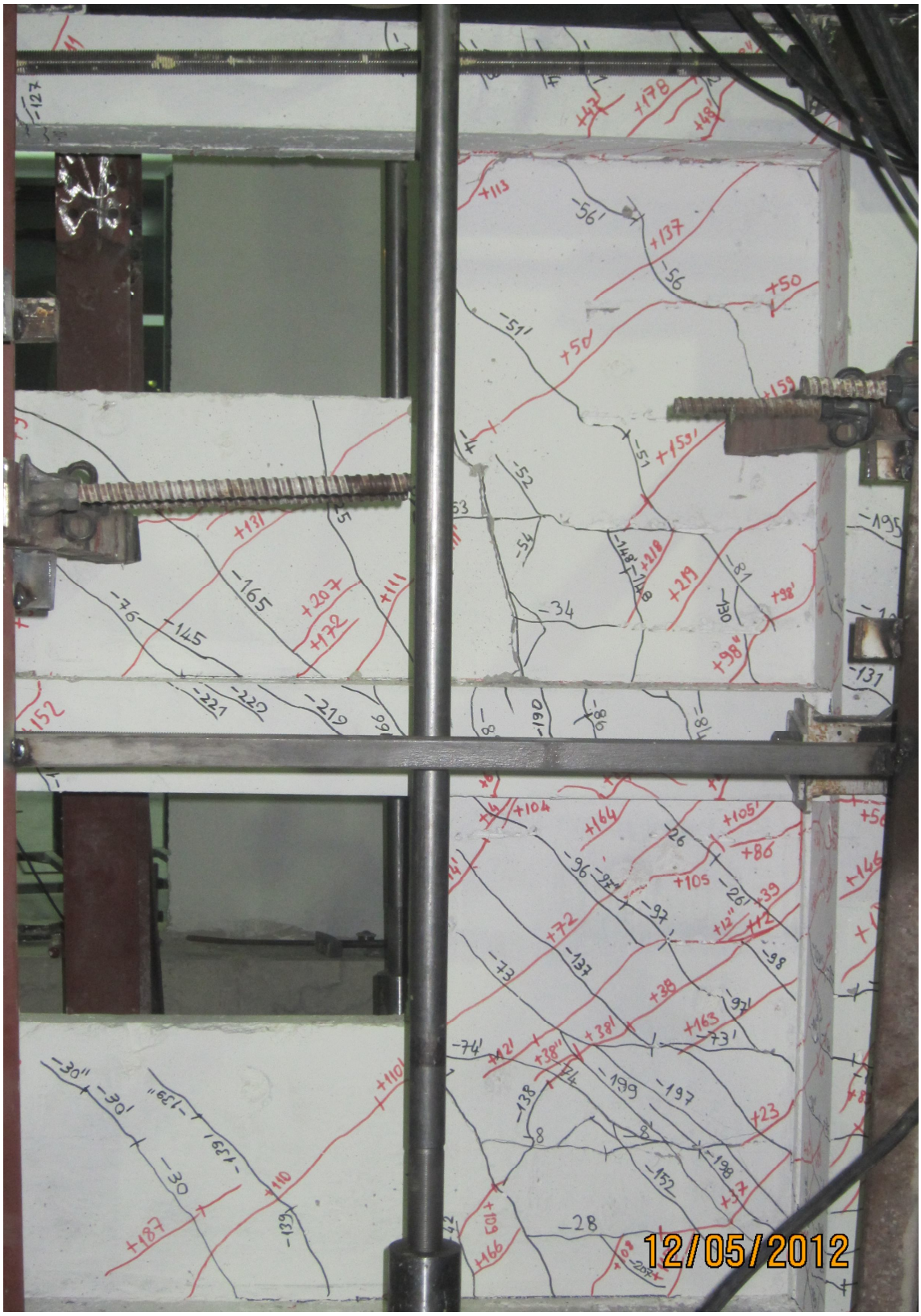
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-13	-262.59	-20.82	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -14″, -68′,-77′,-87′,-139′ ve -144′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında -176 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosunda -177 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -178 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temel birleşiminde -179 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde -180 nolu düşey çatlak ve -181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -182 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -183 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel olarak -184 ve -185 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 ve P201 perdelerinin ön yüzünde kesişiminde K101 kirişi hizasında -186 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonu mantosu iç yüzünde -187 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -188 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında -189 ve -191 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde -190 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. Perdelerin ön yüzünde pencere boşluklarının arasında birbirlerini takip eden -192 ve -193 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. S201 kolon mantosunun ön yüzünde birbirlerine paralel -194, -195 ve -196 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-13 (devamı)	-262.59	-20.82	**Hasarlar:** P201 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt köşesinde daha önceki çevrimde oluşan -3 (ön yüz) ve -4 (arka yüz) nolu çatlaklar yaklaşık yarım santimetre açılmıştır. P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt köşesinde daha önceki çevrimde oluşan -2 (ön yüz), -1 (arka yüz) nolu çatlaklar yaklaşık yarım santimetre açılmıştır.
+14	284.31	14.41	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +107′,+124′,135′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +160 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +161 ve +162 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +163 ve +164 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +165 ve +167 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +166 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +168 ve +169 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +170 nolu eğilme çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +171 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +172 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında +173 nolu eğilme çatlağı ve +175 ve +176 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosunda +174 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temel birleşiminde S101 kolonu hizasında +177 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin ön yüzünde +178 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde K201 kirişi kesişiminden aşağıya doğru +179 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan yukarıya doğru +180 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında S202 kolon hizasında +181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-14	V_{max}= **-273.58**	-28.72	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -26′,-30′,-99′,-139′,-180′,-181′,-182′ ve -184′ nolu çatlaklar oluşmuştur.P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -197, -198, -199 ve -207 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -200, -201, -202, -203, -206 ve -208 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -209 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında düşey -210 nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolonu mantosunda düşey -211 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üzerinde -212 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üzerinde -213 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin pencere boşluğu yan kesitinde -214 ve -215 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında birbirlerine paralel -216, -217 ve -218 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K101 kiriş ön yüzünde -219, -220 ve -221 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üzerinde -222 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında S102 kolon mantosu hizasında -223 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kiriş ön yüzünde -224 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -225 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. **Hasarlar:** P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt köşesinde daha önceki çevrimde oluşan -2 (ön yüz), -1 (arka yüz) nolu çatlaklar diğer çevrime göre daha fazla açılmıştır. P201 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt köşesinde daha önceki çevrimde oluşan -3 (ön yüz) ve -4 (arka yüz) nolu çatlaklar yaklaşık 1cm açılmıştır. P201 perdesinin S202 kolon mantosunun olduğu bölgede (pencere boşluğunun olduğu kısım) kısa kolon olarak hasar görmeye başlamıştır.
+15	304.61	16.91	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar ilerleyerek +48″,+88′,+122′,+135″,+159′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +182 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu ön yüzünde +183 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +184 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +185 ve +187 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +188 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde +189 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında +190 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +192 ve +193 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon mantosu hizasında +194 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda +195 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde +196 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında +197 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-15	-234.47	-33.30	Bu çevrimde numunede oluşan çatlaklara numara verilmemiştir. **Hasarlar:** -15.çevrimde meydana gelen hasarlar kolon mantosu-kiriş birleşimlerde, pencere boşluklarının köşelerinde oluşmuştur.
+16	322.92	20.70	P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolonu hizasında +198, +199 ve +200 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +201 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin altında +202 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üzerinde +203 ve +204 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde +205 ve +206 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden yukarıya doğru +207 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin alt yüzüne kadar +208 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosunun iç yüzünde +209 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan tarafında +210 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin ön yüzünde +211 kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +212 nolu düşey çatlak oluşmuştur.
-16	**-211.76** **$0.8V_{max}$=-232.1** **(göçme yükü)**	-36.32	Bu çevrimde numunede oluşan çatlaklara numara verilmemiştir.
+17	325.21	25.35	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +74′,+117′,+124″ ve+198′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S201 kolon mantosunda +213 kesme çatlağı ve +214 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +215 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde +216 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında +217 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +218 ve +219 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üzerinde +220 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +221 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizası ve K101 kiriş hizasında +222 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-17	-179.96	-44.30	Bu çevrimden sonra sistem stabilitesinde problemler olabileceğinden çatlak çizimi yapılmamıştır. Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'da itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde oluşan hasarlar gösterilmiştir.
+18	**V_{max}= 332.06**	32.10	



Şekil 4.31. Deney numunesi 2'nin itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü



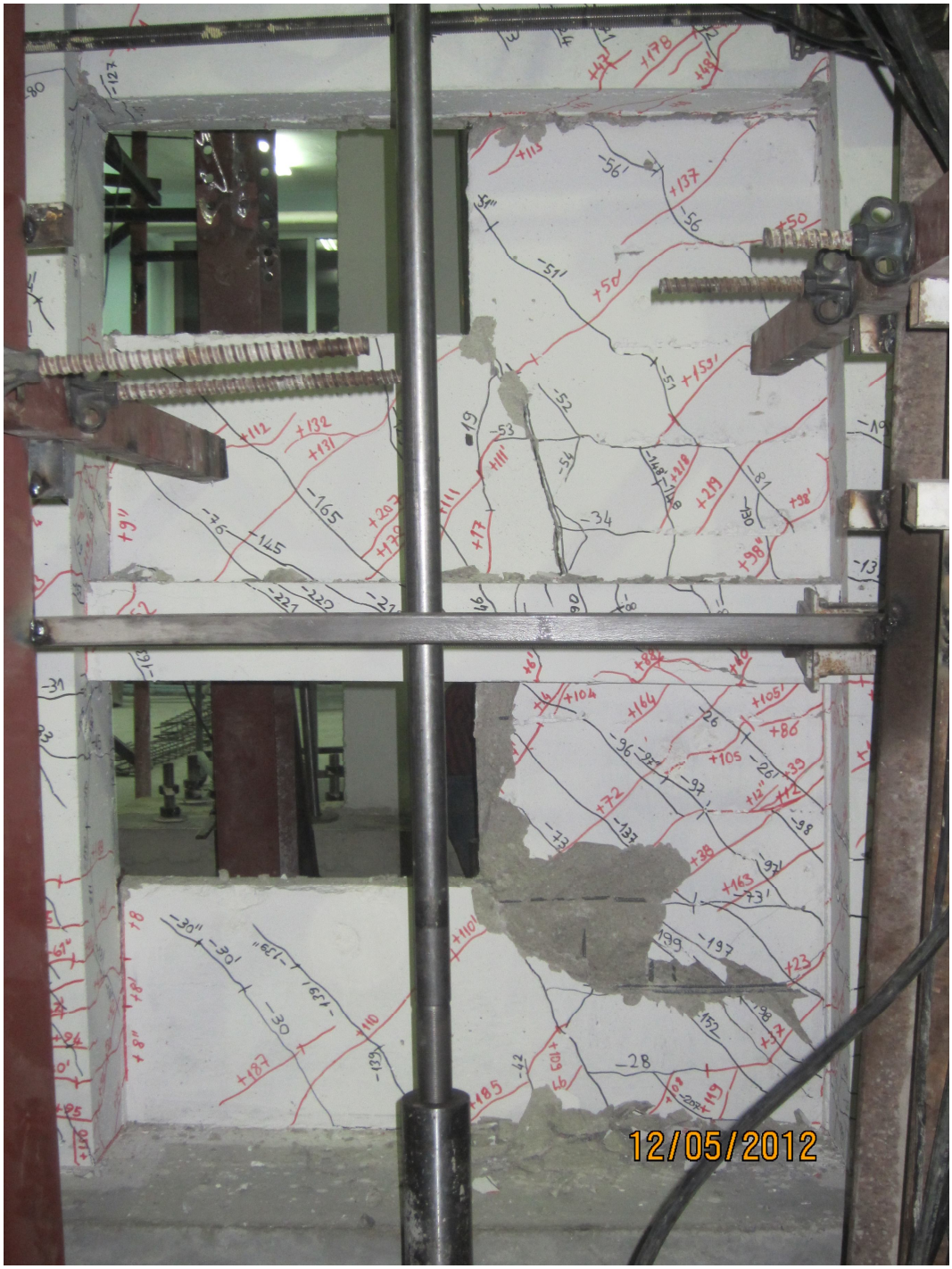
Şekil 4.32. Deney numunesi 2'nin itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-18	-170.48	-50.20	**Hasarlar:** Deneyin bu son çevrimlerinde; P101 ve P201 perde duvarlarındaki pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği ve bu bölgeye yakın gövde donatılarında kopmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. S202 ve S102 kolon mantolarının bulunduğu hizadaki perde betonun kabuk betonu düşerek kolon mantosunun donatıları açığa çıkmıştır. Kısa kolon davranışı, S202 ve S102 kolonlarında da gözlemlenmiş, ancak S102 kolon mantosunda hasar boyutu S202'deki kadar olmamıştır. P201 perde duvarında pencere boşluğu alt hizasında başlayan, P101 perde duvarının pencere boşluğu üstüne kadar düşey çatlak oluştuğu gözlemlenmiştir. Özellikle P101 ve P201 perdelerindeki pencere boşluklarının alt köşesi daha rijit olan S101 ve S201 kolonlarına doğru yaklaşık 2 cm ayrılmıştır. Düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve pencere boşluklarında gözlemlenmiştir. P201 perde duvarındaki pencere boşluğu üst köşesinde yukarıya doğru düşey çatlak oluşumu gözlemlenmiştir. P101 perde duvarının ön ve arka yüzü pencere boşluğu olmayan kısımlarda kabuk betonu düşerek perde donatıları açığa çıkmıştır. Numunede meydana gelen bu hasarlardan ve sistem stabilitesinin tehlikeye girmesinden dolayı çatlak numaralandırılması yapılmamıştır. Sadece oluşan hasarların çekilen fotoğraflarla tespiti yapılmıştır.
+19	**303.41 $0.8V_{max}$=265.54 (göçme yükü)**	38.48	
-19	-161.56	-55.67	
+20	186.27	44.31	
-20	-163.81	-66.23	
+21	159.45	54.67	
-21	-161.86	-78.91	
+22	144.63	61.23	

-14. çevrimde numune, maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmasına rağmen bu durum itmede +17. çevrimde gerçekleşmiştir. Bunun sebebi; dolgu duvarlarında pencere alt köşe bölgesinde oluşan kesme çatlaklarının, çekme çevrimlerinde genişlemesi itme çevrimlerinde ise tekrar kapanmasıdır.



Şekil 4.33. Deney numunesi 2'nin itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde ön yüzden görünüşü



Şekil 4.34. Deney numunesi 2'nin itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde arka yüzden görünüşü

Kısa kolon davranışı perdenin önyüzünde görülmüş, arka yüzünde kolon mantosunda bu davranış hasar olarak gözlemlenmemiştir. Şekil 4.35'da perdenin önyüzünde kısa kolon davranışından kaynaklanan hasarlar görülmektedir.

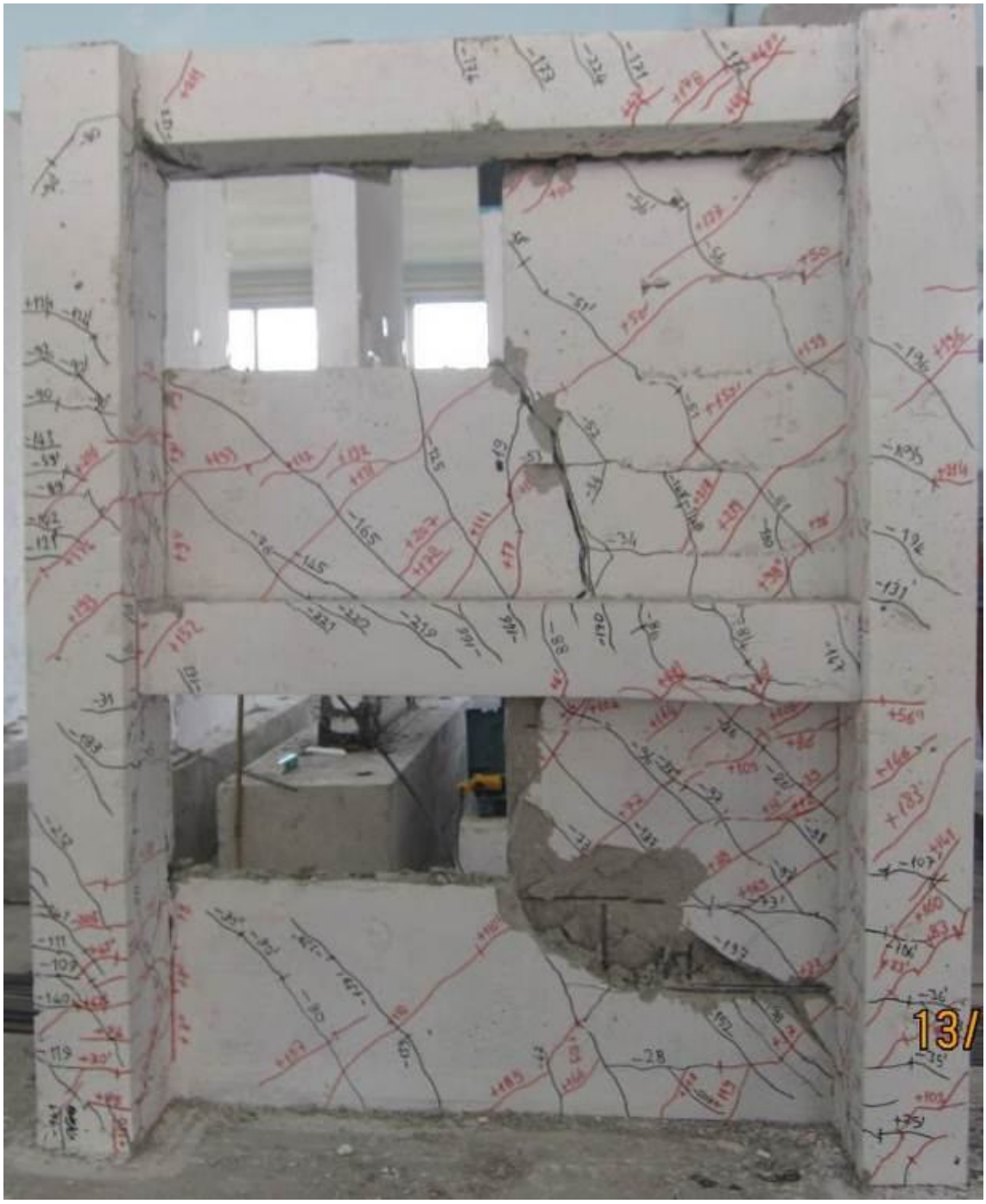
Numunede meydana gelen çatlakların ve hasarların genel durumu ise Şekil 4.36 ve Şekil 4.37 verilmiştir. Numunede oluşan bu çatlakların ve hasarların şematik gösterimi ise Şekil 4.38 ’de verilmiştir.



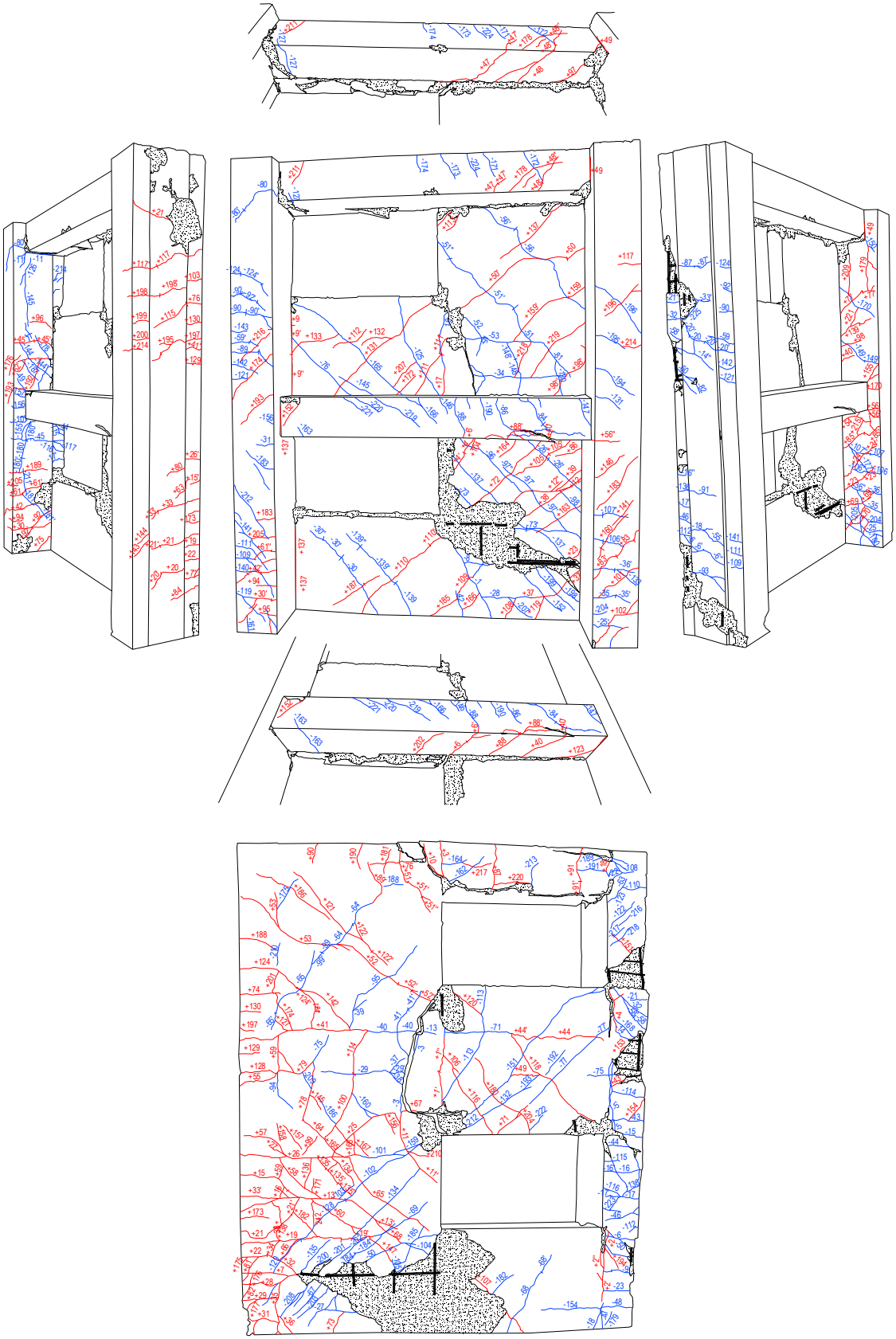
Şekil 4.35. Deney numunesi 2’de, göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki il çevrimde oluşan kısa kolon davranışı



Şekil 4.36. Deney numunesi 2'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar

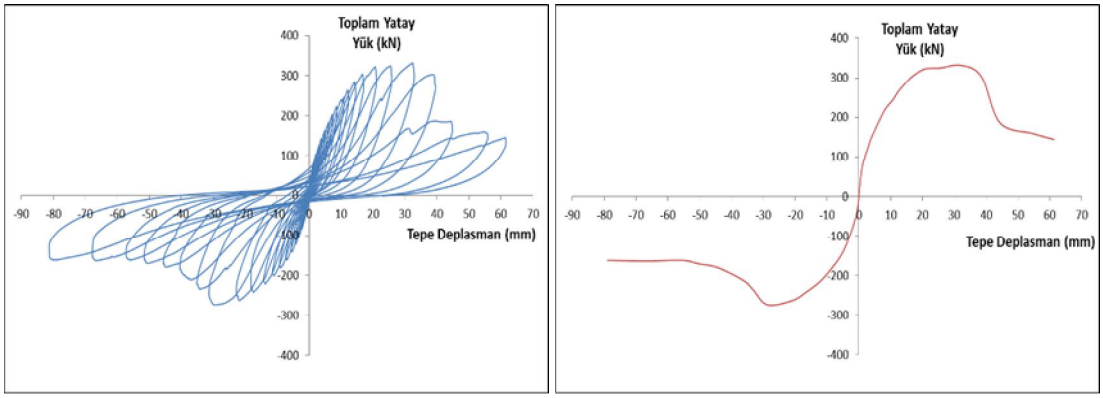


Şekil 4.37. Deney numunesi 2'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar

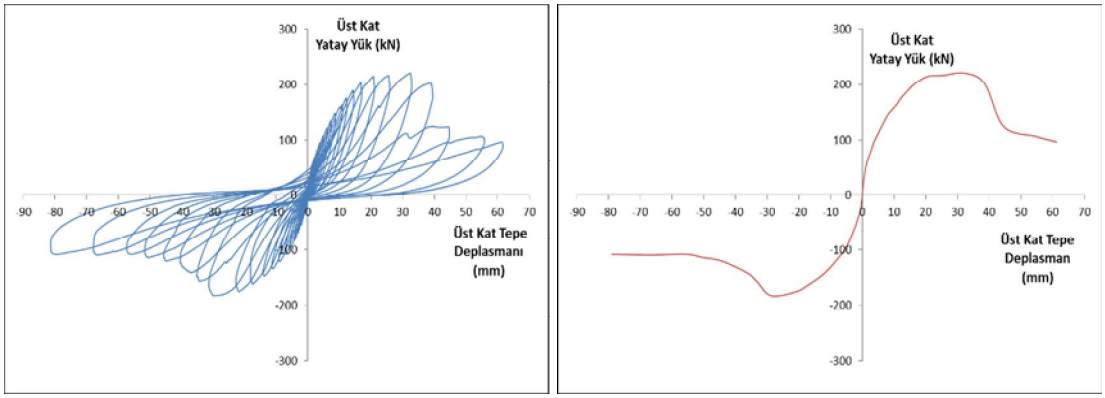


Şekil 4.38. Deney numunesi 2'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi

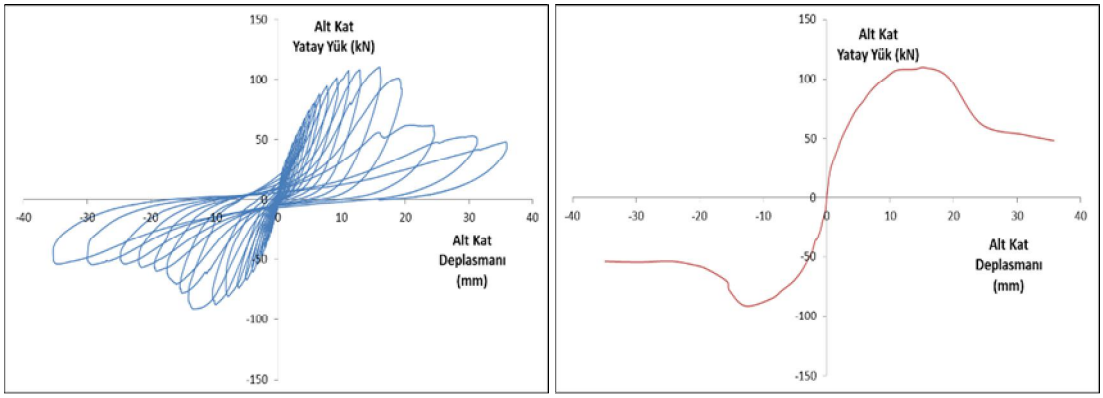
Deney numunesi 2'ye ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve bu histeresis eğrisine ait dayanım zarfı eğrisi Şekil 4.39' de verilmiştir. Deneyde, numunenin üst katında ölçülen yatay yüke karşılık gelen deplasmanının çevrimsel histeresis eğrisi Şekil 4.40'de, alt kat için ise Şekil 4.41'da verilmiştir. Ayrıca; üst katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, üst kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.42'da ve alt katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, alt kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.43'de verilmiştir.



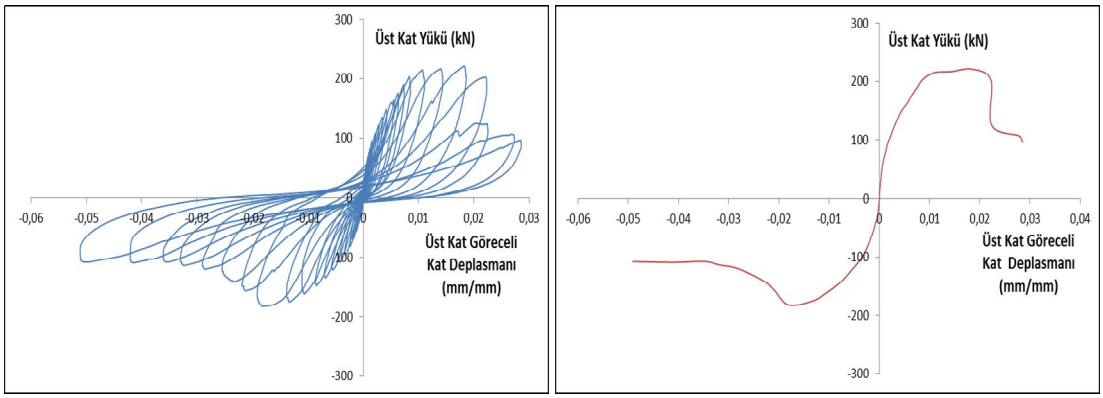
Şekil 4.39. Deney numunesi 2'ye ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW)



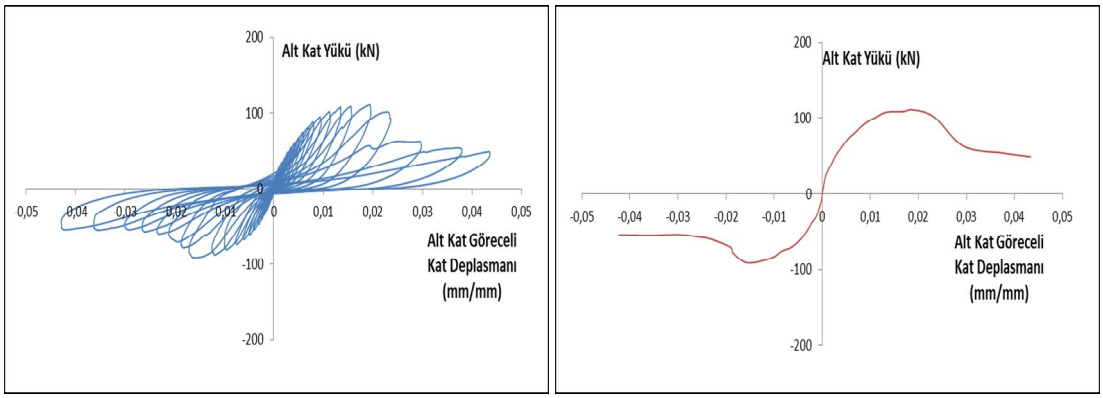
Şekil 4.40. Deney numunesi 2'ye ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWSBW)



Şekil 4.41. Deney numunesi 2'ye ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW)



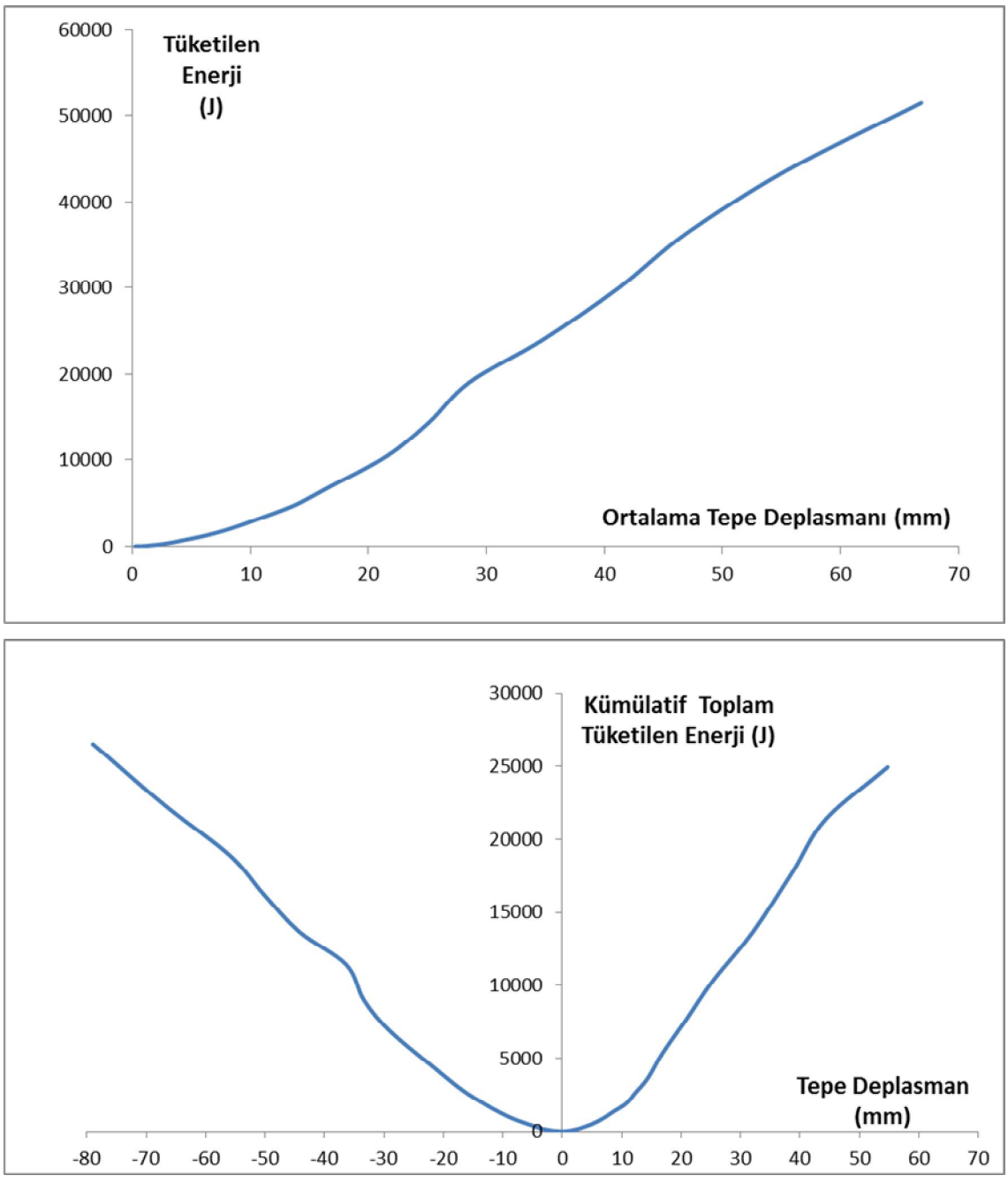
Şekil 4.42. Deney numunesi 2'ye ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW)



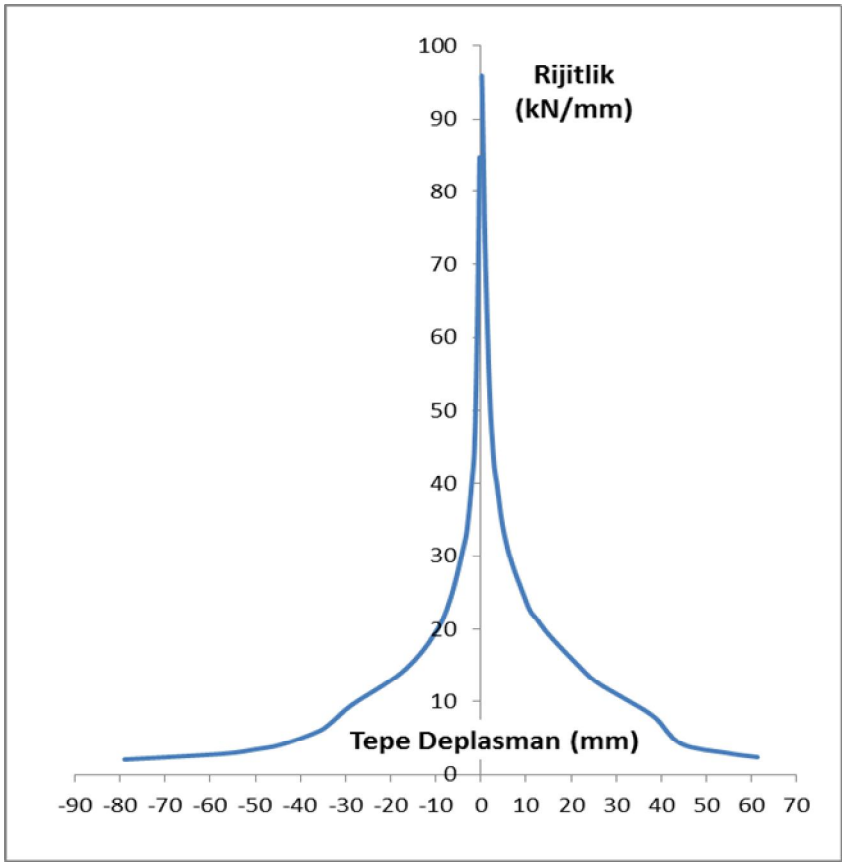
Şekil 4.43. Deney numunesi 2'ye ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSBW)

Toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanması ile numunenin enerji tüketme kapasitesi hesaplanmış ve Şekil 4.44'de verilmiştir. Deneyin her bir çevriminde elde edilen maksimum yatay yük değerlerinin,

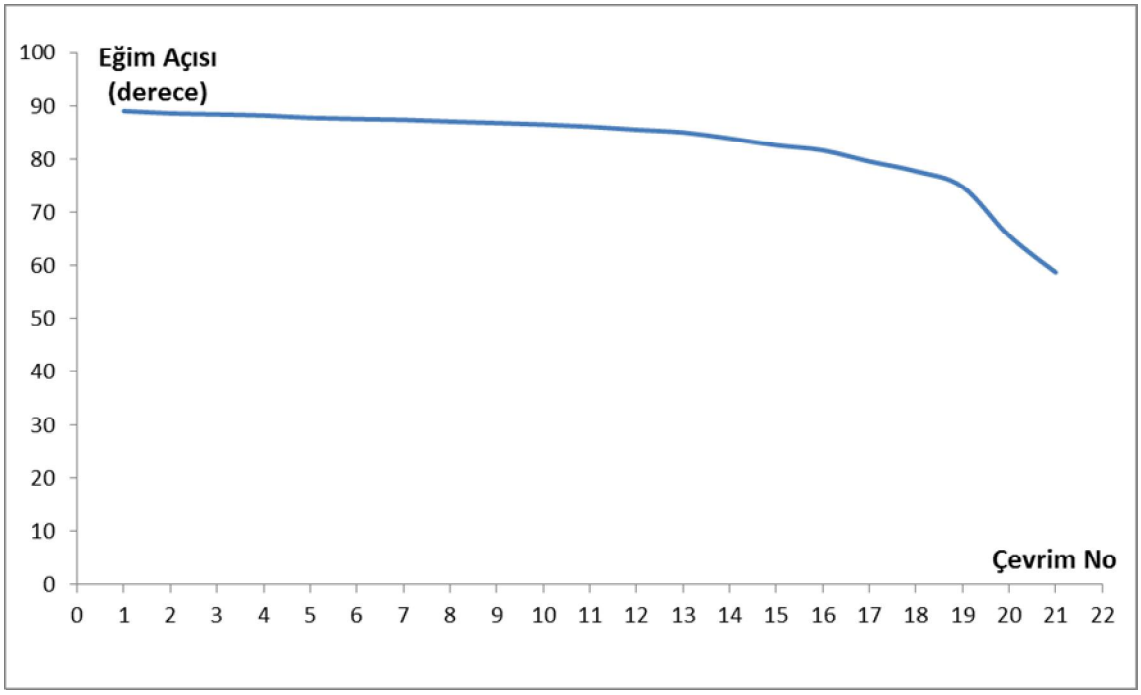
bunlara karşılık gelen yatay deplasman değerlerine oranlanması ile her bir çevrimde elde edilen rijitlik değerleri hesap edilmiştir (Şekil 4.45). İtme çevrimleri için elde edilen değerler şeklin sağında, çekme çevrimleri için hesaplanan değerler grafiğin solunda verilmiştir. Şekil 4.46'de ise her bir çevrimdeki eğim açısı belirlenmiş ve grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.44. Deney numunesi 2'ye ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWSBW)

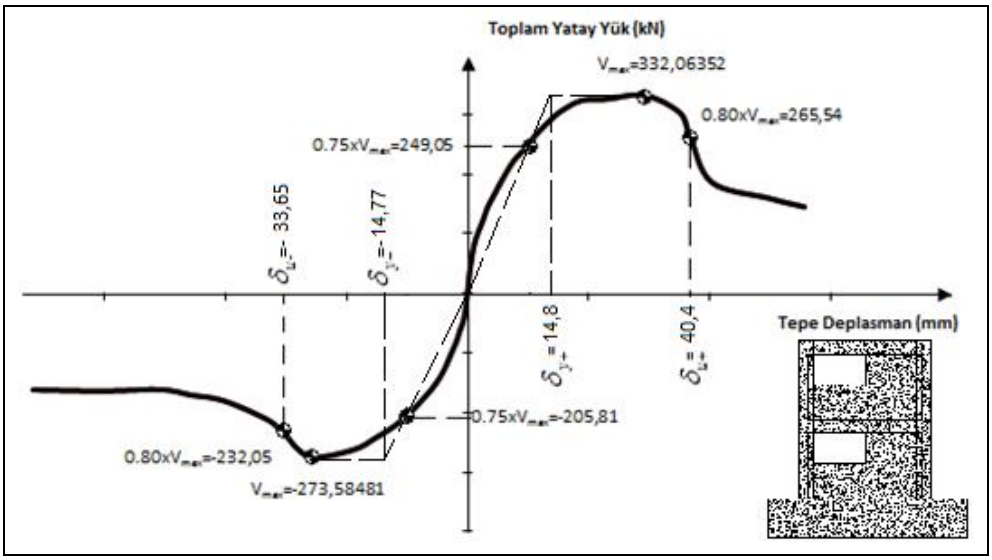


Şekil 4.45. Deney numunesi 2'ye ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWSBW)



Şekil 4.46. Deney numunesi 2'ye ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWSBW)

Deney numunesi 2'nin süneklik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için oluşturulan grafik Şekil 4.47'de verilmiştir.



Şekil 4.47. Deney numunesi 2'ye ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWSBW)

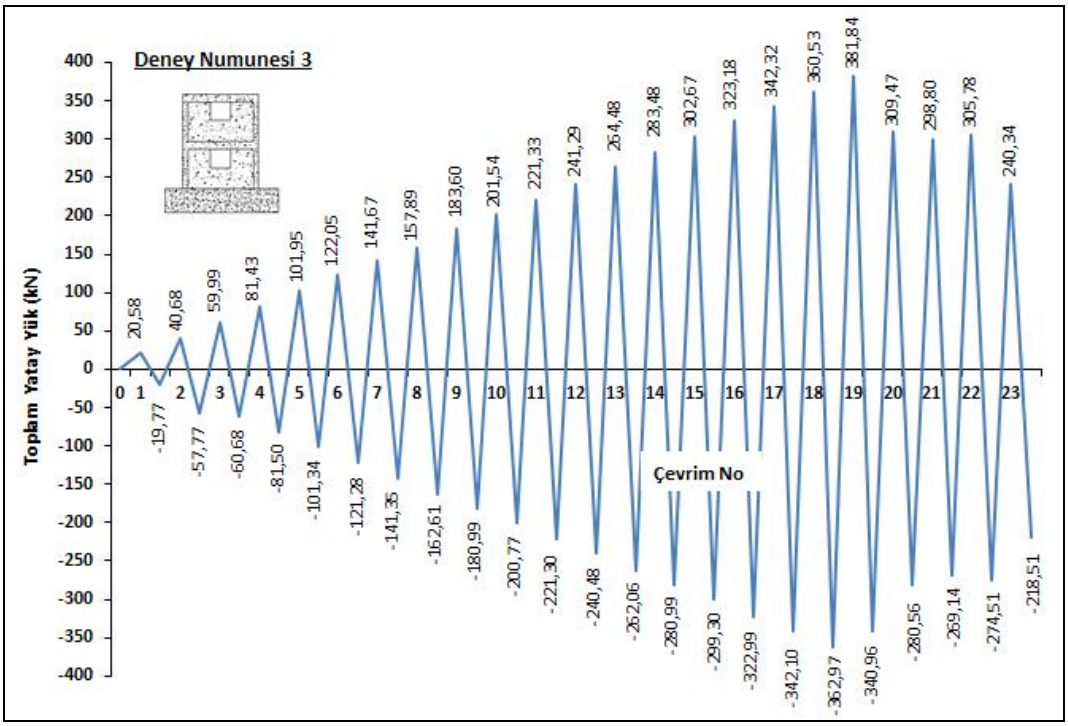
4.1.3. Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu (2x400x350 mm), numune

S101 ve S201 kolonlarına yapılan mantoya bitişik pencere boşluklu (2x400x350mm), düzlem dışı betonarme perde duvarlı bu numunenin, deney düzeneğine yerleştirilmiş hali Şekil 4.48'de verilmiştir. Bu numuneye, deneyde uygulanan yük geçmişi, yatay yüke göre Şekil 4.49'de, tepe deplasmana göre ise Şekil 4.50'de verilmiştir. Deney numunesine, itmede ve çekmede 23 yük çevrimi uygulanmıştır.

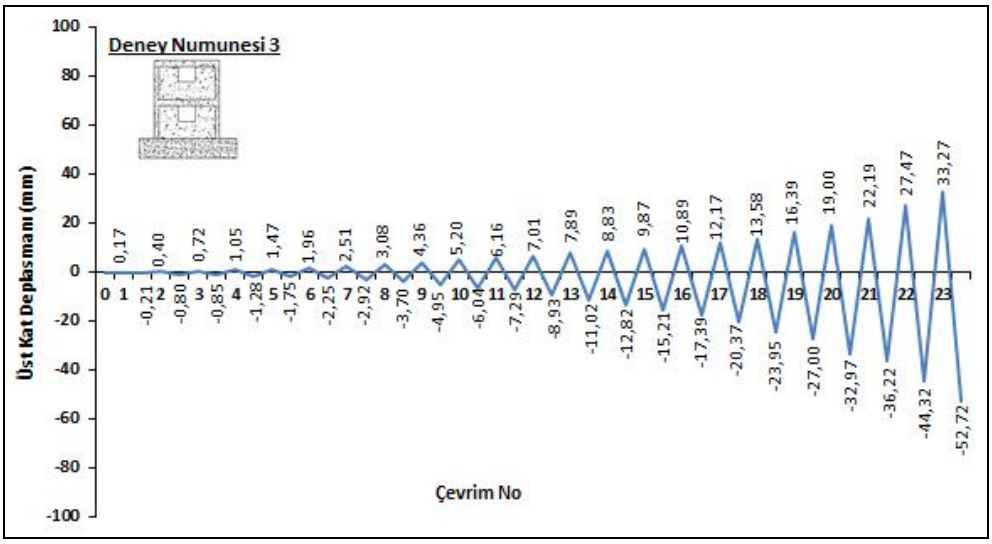
Yük kontrollü olarak başlayan deney, numune maksimum yük taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra deplasman kontrollü olarak devam ettirilmiştir. Deney numunesi, itmede (+19. çevrimde) maksimum 381.84 kN yatay yüke, çekmede (-18. çevrimde) maksimum -362.97 kN yatay yüke dayanmıştır. Deney numunesi 3'ün, +19 çevriminde 16.39 mm tepe deplasmanı yaptığı ölçülmüştür. -18 çevriminde ise tepe deplasmanının -23.95 mm olduğu görülmüştür. Deneyde; itme çevrimlerde en fazla 33.27 mm, çekme çevrimlerinde ise en fazla -57.72 mm deplasman seviyelerine kadar yükleme yapılmıştır. -23. çevrimde numunede büyük hasarlar meydana geldiği için deney sonlandırılmıştır.



Şekil 4.48. Deney Numunesi 3'ün deney öncesi görünümü



Şekil 4.49. Deney numunesi 3'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre)



Şekil 4.50. Deney numunesi 3'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre)

Deney sırasında numuneye, toplam 86 kN eksenel yük verilmiştir. Böylelikle numunenin, S101-S201 ve S102-S202 numaralı kolonlarına 43 kN'luk eksenel yük uygulanmıştır. Buna göre; C15 beton kalitesinde ve 150x100 mm kesitinde olan kolonlara, taşıma kapasitelerinin yaklaşık %20'si kadar eksenel yük verilmiştir.

Deney numunesi 3'de çatlakların yeri anlatılırken, referans numunede kullanılan kolon ve kiriş numaraları esas alınacaktır. Ayrıca 1.kat hizasında bulunan perdeye P101 ve 2.kat hizasında bulunan perdeye ise P201 ismi kullanılmıştır. Numunede meydana gelen çatlaklar, Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deney numunesi 3'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu

Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+1(itme)	0,17	20,58	Deney numunesi 3'nin testinde, herhangi bir çatlak oluşmamıştır. Bu çevrimler akma sınırının altında elastik çevrimler olarak uygulanmış ve numunenin elastik özelliklerini görmek için değerlendirilmiştir.
-1 (çekme)	-0,21	-19,77	
+2	0,40	40,68	
-2	-0,80	-57,77	P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında -1 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde alt köşe kısmında -2 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında -3 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında aşağıya doğru -4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında aşağıya doğru -5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında aşağıya doğru -6 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
+3	0,72	59,99	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağıya doğru +1 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağıya doğru +2 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında yukarıya doğru +3 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağıya doğru +4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında aşağıya doğru +5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında yukarıya doğru +5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

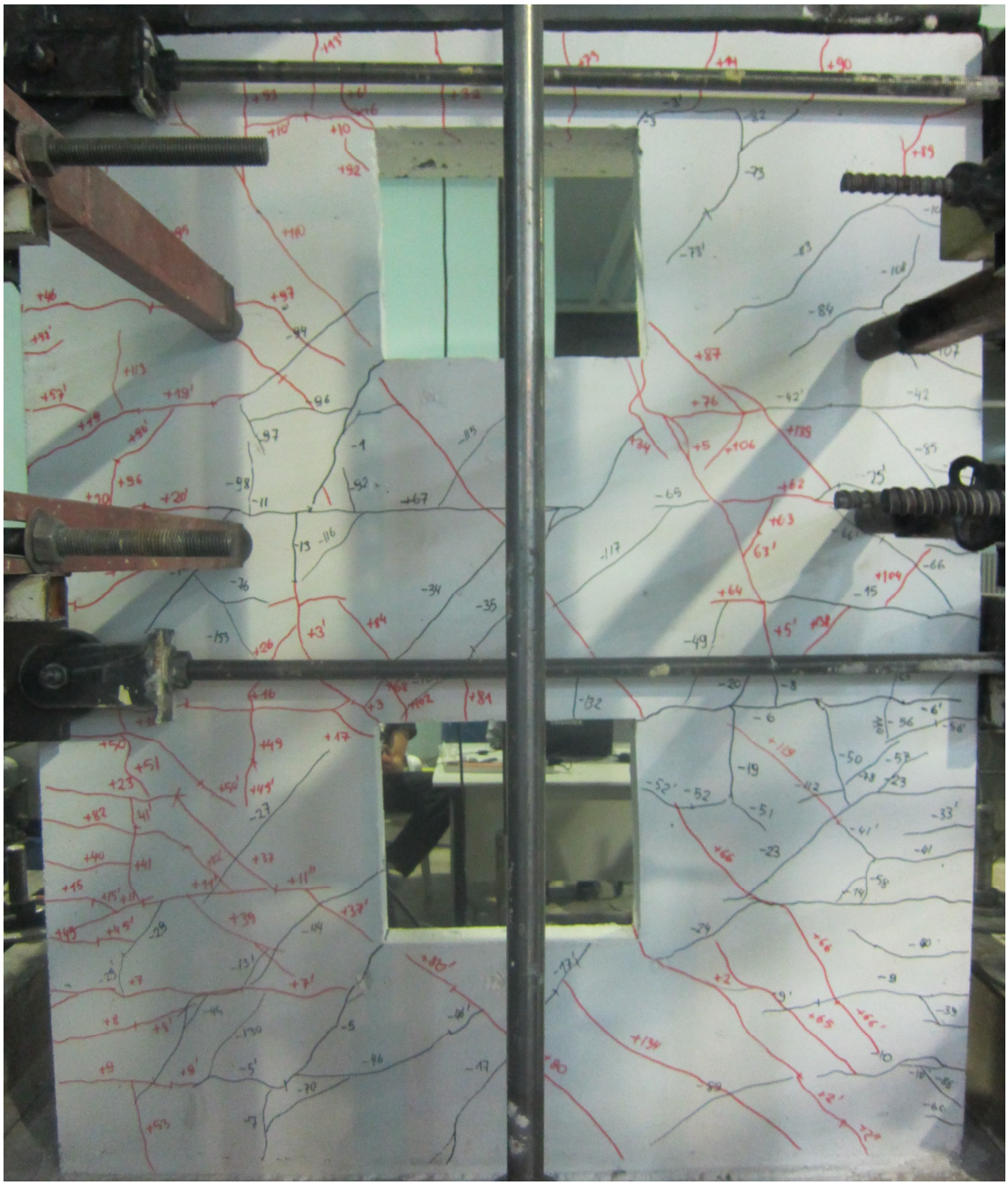
Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-3	-0,85	-60,68	-2 nolu çevrimde oluşan -4, -5 ve -6 nolu çatlaklar aynı istikamette uzayarak -4′,-5′ ve -6′ nolu çatlaklar oluşmuştur.
+4	1,05	81,43	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında oluşan +3 nolu çatlak yukarıya doğru P201 perdesine doğru uzayarak +3′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında oluşan +5 nolu çatlak uzayarak P101 perdesine doğru +5′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +7, +8 ve +9 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında yukarıya doğru +10 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-4	-1,28	-81,50	-2 nolu çevrimde oluşan -2 nolu çatlak aynı istikamette uzayarak -2′, nolu çatlak oluşmaktadır. P101 perdesinin ön yüzünde önceden oluşan -5 nolu çatlak devam ederek -7 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde önceden oluşan -6 nolu çatlak dallanarak -8 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -9 ve -10 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde önceden oluşan -1 nolu çatlağın devamı olarak -11 nolu eğilme çatlağı ve -12 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -13 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+5	1,47	101,95	+3 nolu çevrimde oluşan +2 nolu kesme çatlağı uzayarak +2′ nolu çatlağı oluşmuştur. +4 nolu çevrimde oluşan +8 nolu eğilme çatlağı uzayarak +8' nolu çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında +11 ve +15 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +12 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinde ön yüzünde pencere boşluğu üzerinde K201 kirişi hizasında düşey +13 ve +14 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında +16 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-5	-1,75	-101,34	P101 perdesinin arka yüzünde -2 nolu çevrimde oluşan -4 nolu çatlak temele kadar uzayarak -4″ nolu çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında -14 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında -15 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
+6	1,96	122,05	+5 nolu çevrimde oluşan +11, +12 ve +16 nolu eğilme çatlakları uzayarak +11′, +12′ ve +16′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst köşesinde oluşan +3 nolu çatlağa paralel +17 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +18 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +19, +20 ve +21 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
-6	-2,25	-121,28	P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolonu hizasında -4 nolu çevriminde oluşan eğilme çatlağı uzayarak -9′ nolu çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu altında -16 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında -17 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -18 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden -19 ve -20 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda -21 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -22 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden -23 ve -24 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -25 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+7	2,51	141,67	P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında yukarıya doğru +10 nolu kesme çatlağı uzayarak +10′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde oluşan +7 nolu eğilme çatlağı uzayarak +7′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında oluşan +15 nolu eğilme çatlağı uzayarak +15′ nolu çatlak oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında oluşan +19 ve +21 nolu eğilme çatlakları uzayarak +19′ ve +21′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda +22, +24 ve +25 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında +23 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında +26 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +27 ve +28 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +29, +30 ve +31 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst kısmında K201 kiriş hizasında +32 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu alt köşe kısmında oluşan +1 nolu çatlak dallanarak +33 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt köşe kısmından aşağıya doğru +34 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu alt köşe kısmından aşağıya doğru +35 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-7	-2,92	-141,35	P101 perdesinin ön ve arka yüzünde pencere boşluğunun altında oluşan -16 ve -17 nolu kesme çatlakları temele doğru uzayarak -16′ ve-17′ nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde oluşan -18 nolu eğilme çatlağı uzayarak -18′ nolu çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -25 nolu kesme çatlağı uzayarak -25′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -26 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında birbirlerine paralel -27 ve -29 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -28 nolu kesme çatlağı ve -30 ve -31 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolonunda -32 ve -33 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+8	3,08	157,89	P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında oluşan +11 nolu eğilme çatlağı uzayarak +11″ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda oluşan +22 ve +25 nolu eğilme çatlakları uzayarak +22′ ve +25′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında oluşan +20 nolu eğilme çatlağı uzayarak +20′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde oluşan +27 nolu kesme çatlağı uzayarak +27′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda +36 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +37 ve +39 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin yan yüzünde S101 kolonu hizasında +38 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında +40 ve +45 nolu eğilme çatlakları ve +41 nolu düşey çatlak oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +42 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +43 ve +44 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında +46 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +47 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +48 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-8	-3,70	-162,61	P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında oluşan -10 nolu eğilme çatlağı uzayarak -10′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde oluşan -22 nolu kesme çatlağı uzayarak -22′ nolu çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde oluşan -26 nolu kesme çatlağı uzayarak -26′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde oluşan -31 nolu eğilme çatlağı uzayarak -31′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluklarının altında birbirlerine paralel -34 ve -35 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında -36 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluklarının altında birbirlerine paralel -37 ve -38 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -39, -40 ve -41 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında -42 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolonunda-43 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+9	4,36	183,60	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +6′, +8′, +9′, +13′, +20′, +33′, +41′, +44′, +45′, +46′, +46″ ve +48′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +49 ve +51 nolu düşey çatlaklar ve +50 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi altında +52 ve +54 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru uzanan +53 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde +55 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +56 kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda başlayarak P201 perdesinin yan yüzüne kadar uzanan +57 ve +58 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +59 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin alt yüzünde +60 nolu kesmeli eğilme çatlağı ve +61 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +62 ve +64 nolu eğilme çatlakları ve bu iki çatlağın arasında +63 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +65 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

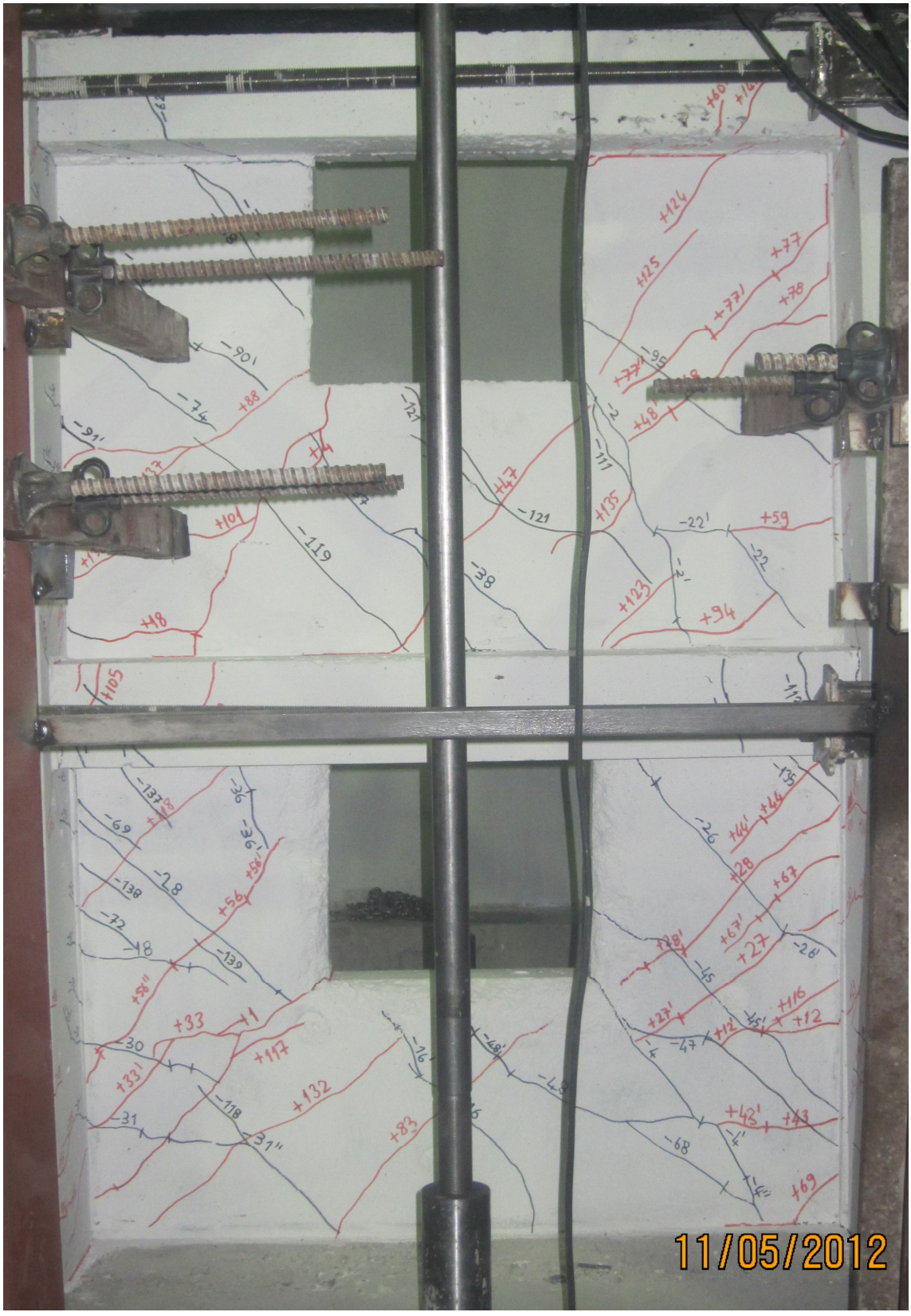
Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-9	-4,95	-180,99	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -29′,-36′,-41′ ve -42′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan başlayarak aşağıya -44 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında -46 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -45, -47 ve -48 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmından yukarıya doğru -49 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında -50, -51 ve -52 nolu çatlaklar oluşmuştur. K101 kirişi alt yüzünde birbirlerine paralel -53 ve -54 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -55 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında birbirlerine paralel -56 ve -57 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında -58 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -59 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında -60 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -61 ve -64 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K201 kirişi alt yüzünde birbirlerine paralel -62 ve -63 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında -65 nolu eğilme çatlağı ve -66 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+10	5,20	201,54	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +2″, +8″, +37′, +43′, +50′, +56′, +56″ ve +60′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +66 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde S102 kolon mantosuna kadar +67 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında K101 hizasında +68 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden başlayarak yukarıya doğru +69 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +70 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonu ve P101 perdesinin yan yüzünde +71 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +72, +74 ve +75 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üzerinde düşey +73 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +76 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +77 ve +78 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K201 kirişi alt yüzünde +79 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında +80 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-10	-6,04	-200,77	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -33′,-46′,-53′ ve-64′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında -67 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -68 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde -69 ve -72 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -70 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin alt yüzünde -71 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında -73 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -74 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 mantosu iç yüzünde -75 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -76 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201kirişinden başlayarak aşağıya doğru -77 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -78 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde düşey doğrultuda -79 nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -80 ve -81 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
+11	6,16	221,33	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar ilerleyerek +46‴,+58′,+66′,+77′ ve +80′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan yukarıya doğru +81 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +82 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu altında +83 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üstünde +84 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde +85 ve +86 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun yan kısmından başlayarak aşağıya doğru birbirlerine paralel +87 ve +88 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 hizasında +89 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında +90 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K201 kirişinin alt kısmında +91 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında yukarıya doğru +92 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde düşey +93 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak yukarıya doğru +94 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +95 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +96 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-11	-7,29	-221,30	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -31″,-48′,-61′,-66′,-73′ ve -81′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yan tarafında -82 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -83 ve -84 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -85 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında -86 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonu mantosu iç yüzünde -87 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -88 ve -90 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -89 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -91 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt kısmında -92, -97 ve -98 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosu K101 kirişinin kesişişinde -93 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -94 ve -96 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğundan aşağıya doğru -95 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+12	7,01	241,29	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +30′, +36′, +57′, +58′, +71′, +75′ ve +77″ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +97 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolon hizasında +98 ve +99 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda +100 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +101 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst köşesinden yukarıya doğru +102 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde +103 ve +105 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +104 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +106 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +107, +108 ve +109 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-12	-8,93	-240,48	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -30′,-52′ ve -56′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -99, -100 ve -103 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -104, -105 ve -107 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 mantosunun iç yüzünde -106 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde yukarıya doğru -108 ve aşağıya doğru -109 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -110 nolu düşey çatlak ve -112 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -111 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde -113 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
+13	7,89	264,48	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +31′,+75″ ve +86′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +110 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosunun ön yüzünde birbirlerine paralel +111 ve +112 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +113 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S101 mantosunun iç yüzünde +114 ve +115 nolu, ön yüzünde +116 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +117 ve +118 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +119 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolonu mantosu ön yüzünde +120 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +121 ve +122 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden yukarıya doğru +123 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +124 ve +125 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
-13	-11,02	-262,06	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -21′,-25″,-32′,-33′,-42′,-100′ ve -105′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 mantosunun ön yüzünde -114 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -115 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -116 ve -117 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -118 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -119 ve -121 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolonunda birbirlerine paralel -122, -123, -124 ve -126 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında birbirlerine paralel -120 ve -125 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolonu hizasında -127 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin yan yüzünde S102 kolonu hizasında -128 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -129 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -130, -131 ve -133 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan yukarıya doğru -132 nolu düşey çatlak oluşmuştur.

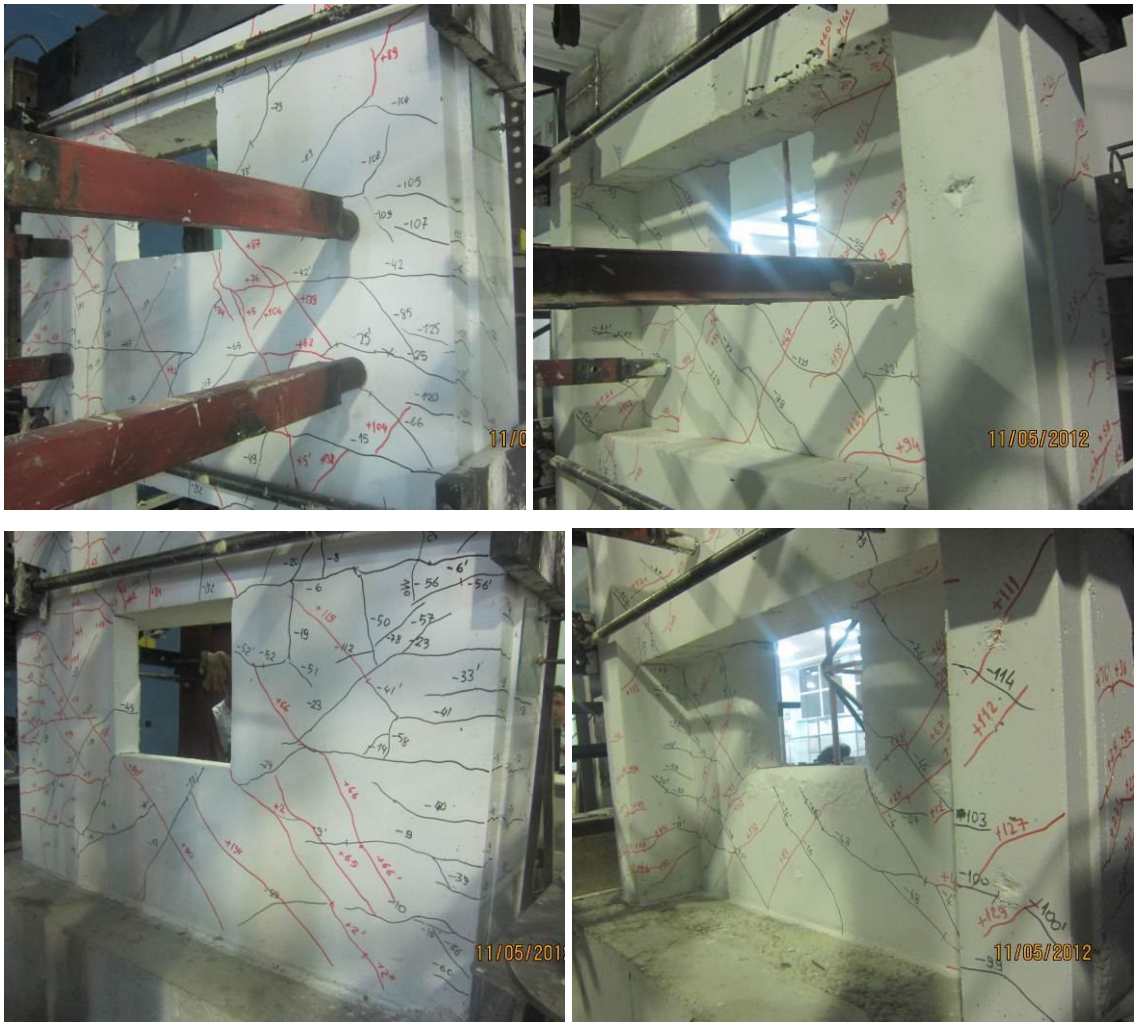
Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
+14	8,83	283,48	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +49′, +57′, +63′, +67′, +71′, +96′ ve +98′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S201 kolonunda +126 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +127 ve +129 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında +130 ve devamı +128 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolonu hizasında +131 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +132 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi ve S101 mantosu iç yüzünde +133 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt kısmında +134 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +135 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +136 ve +137 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +138 ve +139 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde K201 kirişi kesişiminde +140 notlu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin ön yüzünde +141 notlu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +142 notlu kesme çatlağı oluşmuştur.
-14	-12,82	**-280,99 $0.75V_{max}$=-272.2 (nominal akma)**	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -23′,-45′,-90′,-91′,-117′,-121′ notlu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -134 notlu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde köşe kısmında -135 notlu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -136 notlu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -137, -138 ve -139 notlu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -140 notlu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt kısmında -141 notlu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -142 notlu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde -143 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+15	9,87	**302,67 $0.75V_{max}$=286.4 (nominal akma)**	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +12′, +29′, +84′ ve +91′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +143 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu iç yüzünde birbirine paralel +144 nolu eğilme ve +145 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +146 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +147 nolu kesme çatlağı temelden yukarıya doğru oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +148 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında +149 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosunun iç yüzünde +150 ve +151 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.



Şekil 4.51. Deney numunesi 3'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön yüzden görünüşü (itme yönünde)



Şekil 4.52. Deney numunesi 3'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü (itme yönünde)

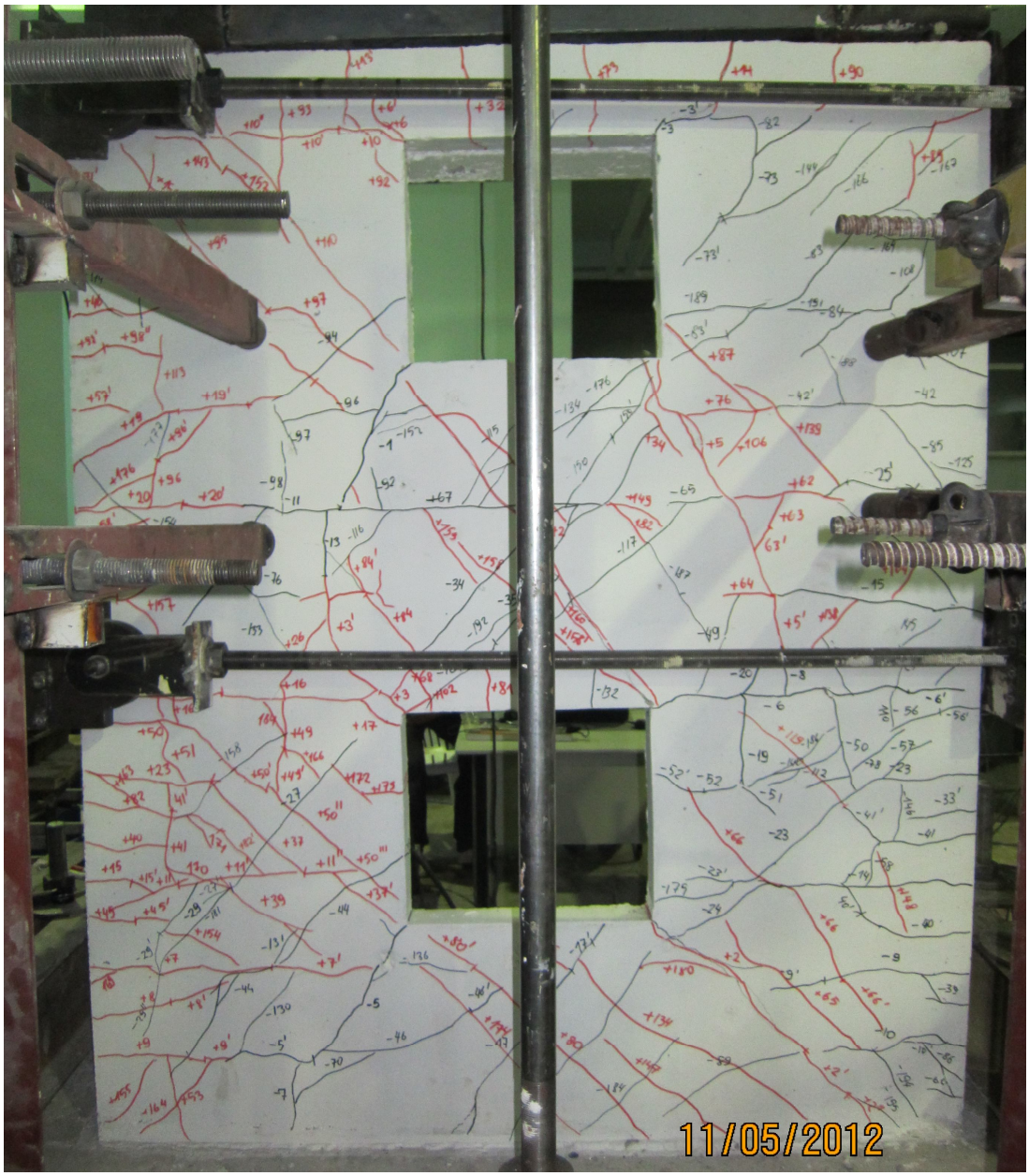


Şekil 4.53. Deney numunesi 3'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme anında)

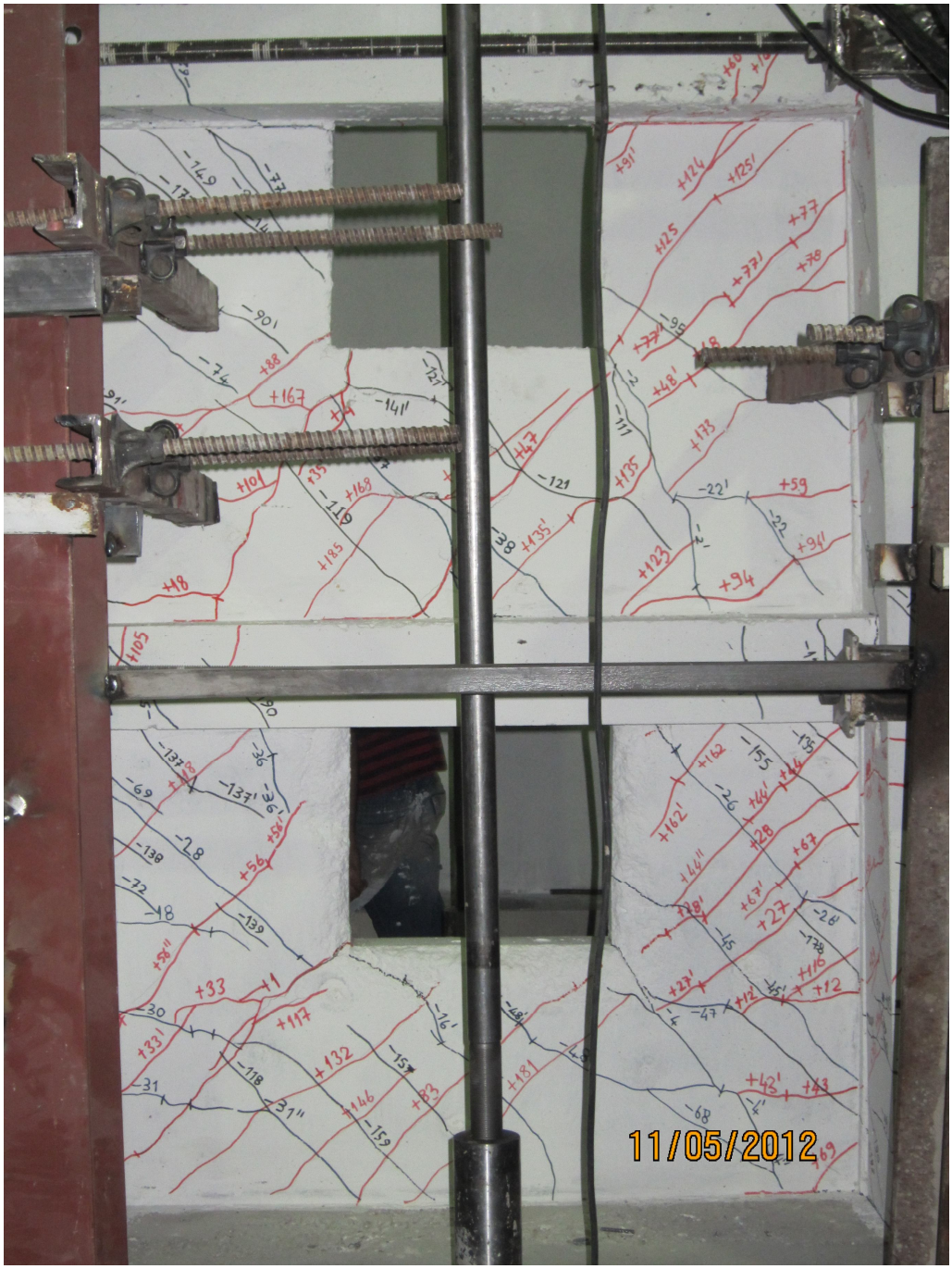
Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-15	-15,21	-299,30	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak --61″, -72′, -87′, -102′ ve -137′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -144 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 ve P201 perdelerinin kesişiminde ön yüzünde K101 kiriş hizasında -145 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında -146 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S102 mantosu ön yüzünde -147 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -148 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişe kadar uzanan -149 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+16	10,89	323,18	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +35′, +44″, +50″, +125′, +127′ ve +135′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +152 ve +153 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +154 ve +155 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosunun ön yüzünde +156 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon ve K101 kiriş hizasında +157 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında birbirlerine paralel +158, +159, +160 ve +161 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-16	-17,39	-322,99	Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak -27′,-29″,-141′ ve -149′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -150 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 mantosunun ön yüzünde -151 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -152 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosunun ön yüzünde -153 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -154 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altından başlayarak aşağıya doğru -155 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında -156 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -157 ve -159 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -158 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -160 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonu mantosu ön yüzünde -161, -162 ve -163 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolonu mantosu ön yüzünde -164, -165, -168 ve -170 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında -171 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -172 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişi altından aşağıya doğru -173 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -174 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -175 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+17	12,17	342,32	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak +53′,+94′ ve +108′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altından aşağıya doğru +162 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasından başlayarak uzanan +163 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru +164 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt kısmında birbirlerine paralel +165 ve +174 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. . P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +166, +171 ve +172 nolu kesme çatlaklar ve +170 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +167 ve +168 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +173 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-17	-20,37	-342,10	-8 nolu çevrimde P101 perdesinin ön yüzünde oluşan -40 nolu eğilme çatlağı uzayarak -40′ nolu çatlak oluşmuştur. -12 nolu çevrimde K101 kirişi ön yüzünde oluşan -113 nolu çatlak dallanarak -113′ nolu çatlak oluşmuştur. -16 nolu çevriminde P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -150 nolu kesme çatlağı uzayarak -150′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -176 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -177 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde S101 kolon mantosundan başlayarak yukarıya doğru -178 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan başlayarak -179 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -180, -182, -183 ve -185 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -184 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. . P101 perdesinin ön yüzünde -186 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -187 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yan kısmında birbirini takip eden -189 ve -191 nolu eğilme çatlakları ve düşey -188 nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde -190 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında -192 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -193 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -194 ve 195 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
+18	13,58	360,53	+17 nolu çevrimde P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altından aşağıya doğru +162 nolu kesme çatlağı uzayarak +162′ nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosunda birbirlerine paralel +175 ve +178 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +176 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +177 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmından başlayarak +179 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +180 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun altında +181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +182 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde +183 nolu kesmeli eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde +184 ve +186 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden yukarıya doğru +185 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +187 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

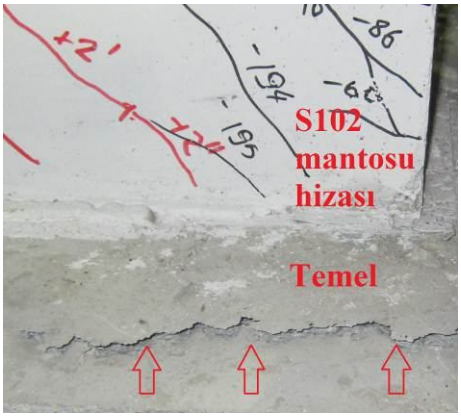
Çevrim No	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Maksimum Yatay Yük (kN)	Çatlak Numaraları
-18	-23,95	V_{max}=**-362,97**	**Hasarlar:** Bu çevrimde S102 kolon mantosu- temel birleşiminde ayrılma gözlemlenmiştir. ***Bu çevrimde; deney numunesi çekme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır.***
+19	16,39	V_{max}=**381,84**	P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu altında +188, ön yüzünde pencere boşluğu altında +189 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. **Hasarlar:** Pencere boşluklarının altlarında P201 ve P101 perdelerinde X şeklinde çatlaklar ilerleyerek beton dökülmeleri gözlemlenmiştir. ***Bu çevrimde; deney numunesi itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır.***



Şekil 4.54. Deney numunesi 3'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü

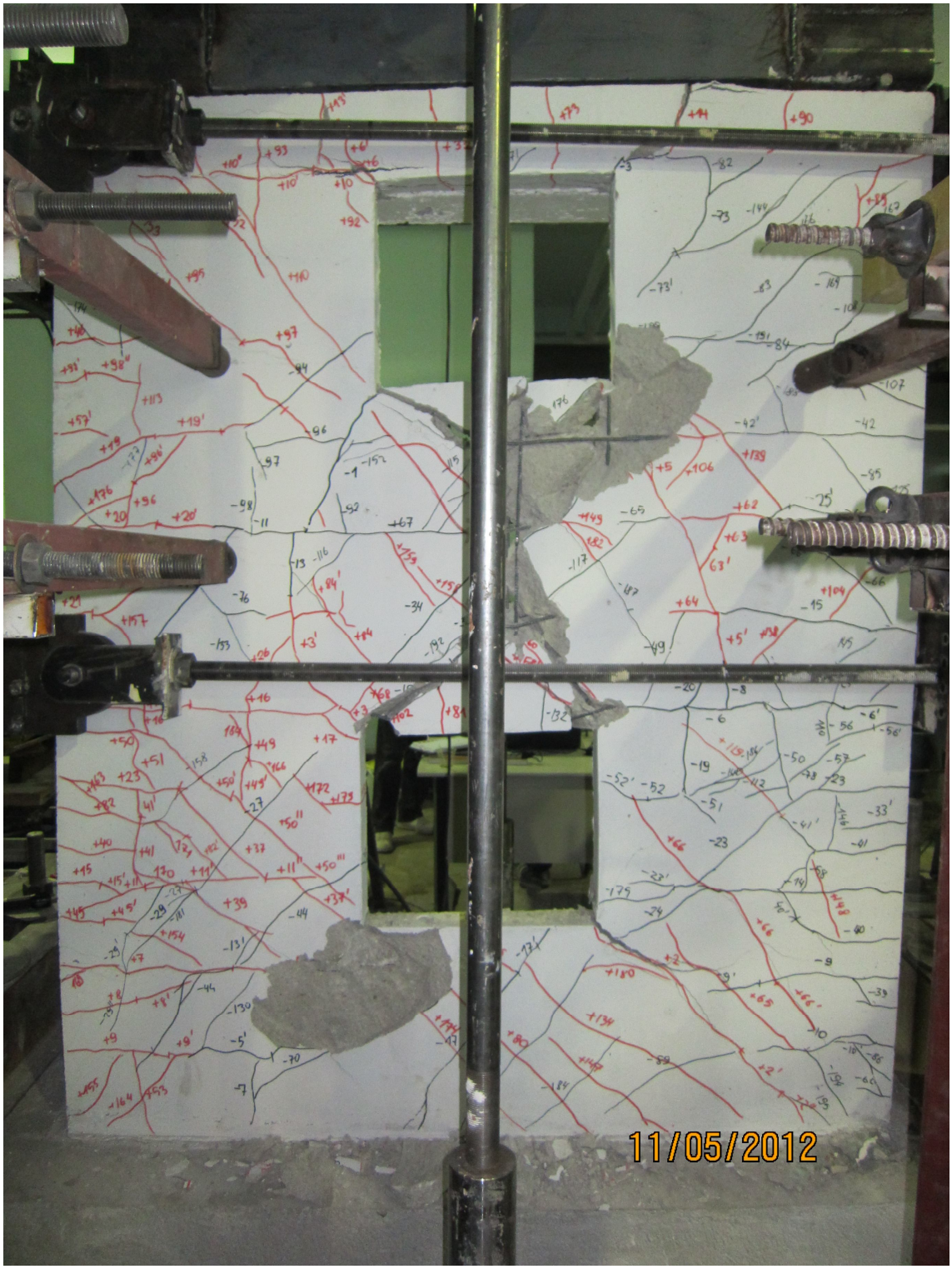


Şekil 4.55. Deney numunesi 3'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü



Şekil 4.56. Deney numunesi 3'de, itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) perde-temel birleşiminde oluşan hasar

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
-19	-27,00	-340,96	**Hasarlar:** P101 ve P201 perde duvarlarındaki gerilme yığılmalarının yoğun olduğu pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği gözlemlenmiştir. P101 ve P201 perdelerinde bulunan pencere boşluklarının arasında perdenin önyüzünde "X" şeklinde hasarlar ve kabuk betonun dökülüp perde donatıların açığa çıktığı gözlemlenmiştir. P201 perdesinde bulunan pencere boşluğunun köşe üst kısımlarında ezilmeler ve daha önceden oluşan çatlakların genişlediği gözlemlenmiştir. P101 perde boşluğunda bulunan pencere boşluğunun köşe alt kısımlarında betonda ezilmeler ve daha önceden oluşan çatlakların genişlediği gözlemlenmiştir. En son +23 ve -23. çevrimlerde, pencere boşlukları arasındaki perde betonun büyük bir kısmı yük taşıyamaz hale gelerek dökülmüş ve perde betonun gövde donatıları eğilmiştir. P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt kısımlarında ise perde betonun bir kısmı dökülmüş ve perde betonun donatıları açığa çıkmıştır. P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt köşe kısımlarında çatlak genişleyerek ayrılmıştır ***Numunede meydana gelen bu hasarlardan ve sistem stabilitesinin tehlikeye girmesinden dolayı çatlak numaralandırılması yapılmamıştır. Sadece oluşan hasarların çekilen fotoğraflarla tespiti yapılmıştır.*** ***Bu çevrimde numunede oluşan çatlaklara numara verilmemiştir.***
+20	19,00	309,47	
-20	-32,97	-280,56 **$0.8V_{max}$=-290.4 (göçme yükü)**	
+21	22,19	298,80	
-21	-36,22	-269,14	
+22	27,47	305,78 **$0.8V_{max}$=305.5 (göçme yükü)**	
-22	-44,32	-274,51	
+23	33,27	240,34	
-23	-52,72	-218,51	



Şekil 4.57. Deney numunesi 3'ün itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde ön yüzden görünüşü



Şekil 4.58. Deney numunesi 3'ün itme yönünde göçme anından ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde arka yüzden görünüşü

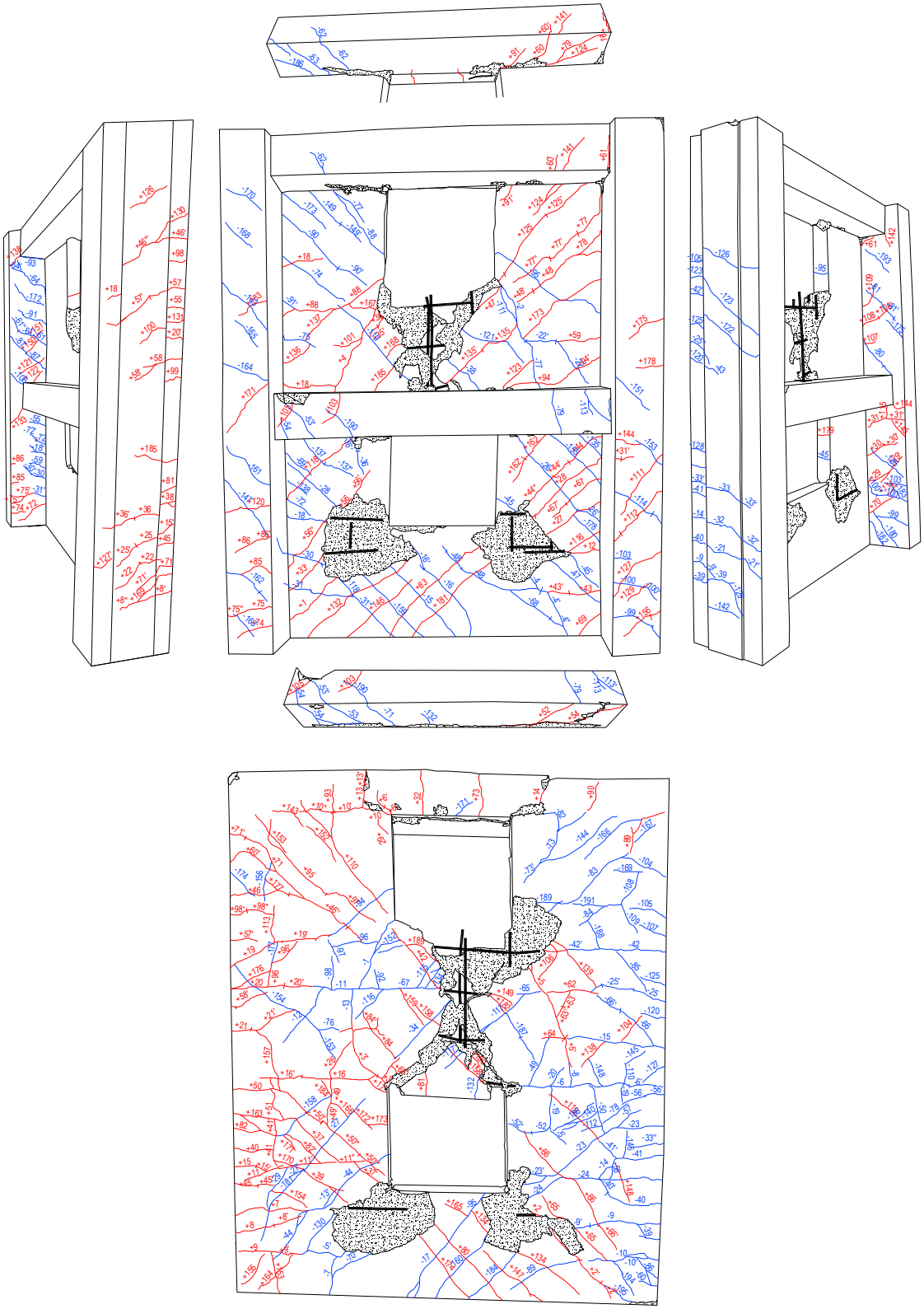
Numunede meydana gelen çatlakların ve hasarların genel durumu ise Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'de verilmiştir. Numunede oluşan bu çatlakların ve hasarların şematik gösterimi ise Şekil 4.61'da verilmiştir.



Şekil 4.59. Deney numunesi 3'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar

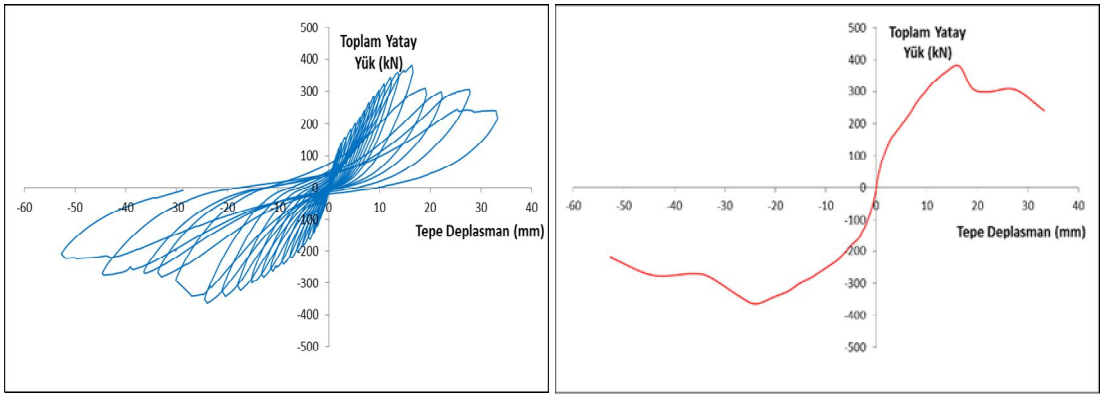


Şekil 4.60. Deney numunesi 3'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar

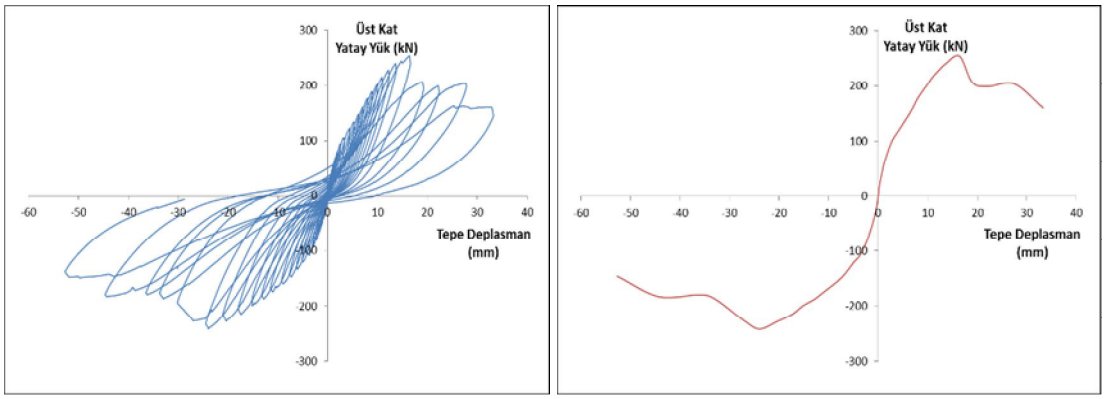


Şekil 4.61. Deney numunesi 3'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi

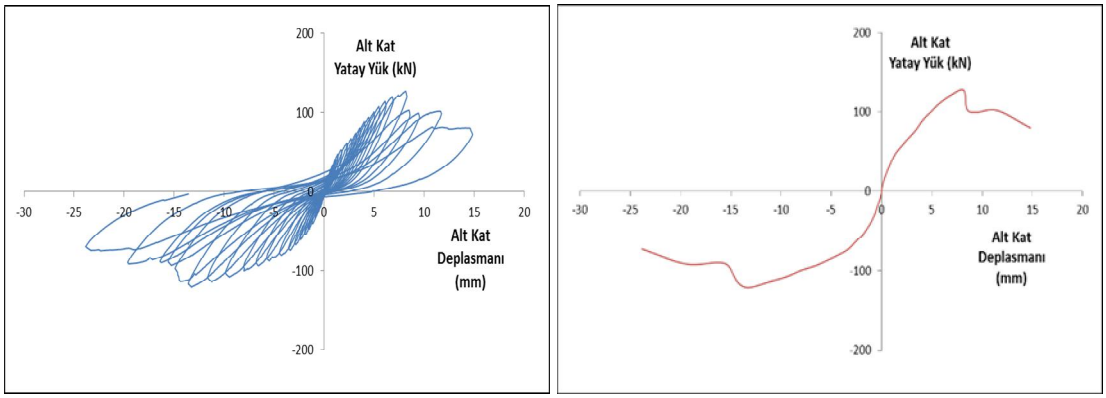
Deney numunesi 3'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve bu histeresis eğrisine ait dayanım zarfı eğrisi Şekil 4.62'de verilmiştir. Deneyde, numunenin üst katında ölçülen yatay yüke karşılık gelen deplasmanının çevrimsel histeresis eğrisi Şekil 4.63'de, alt kat için ise Şekil 4.64'da verilmiştir. Ayrıca; üst katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, üst kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.65'de ve alt katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, alt kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.66'de verilmiştir.



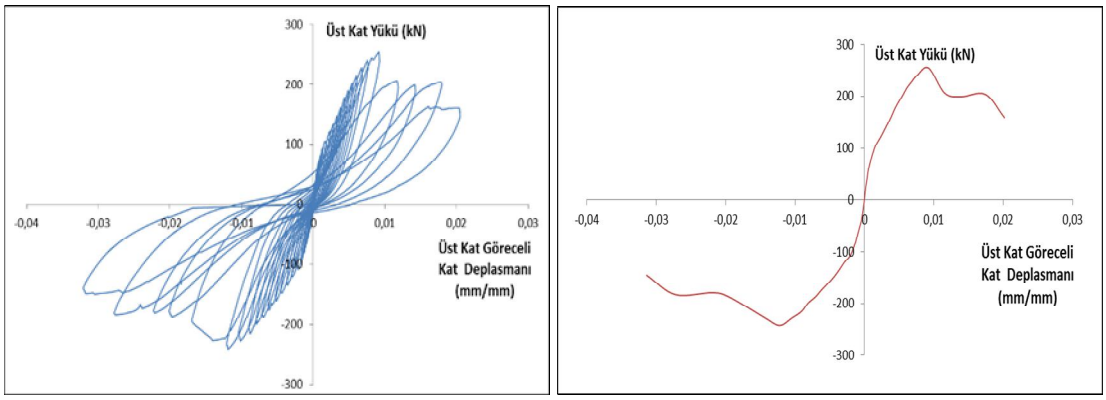
Şekil 4.62. Deney numunesi 3'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW)



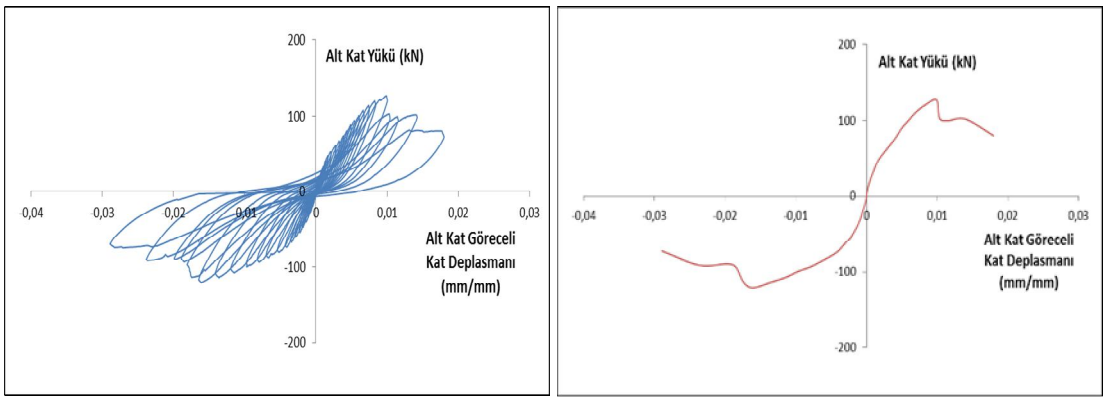
Şekil 4.63. Deney numunesi 3'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWMSW)



Şekil 4.64. Deney numunesi 3'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW)



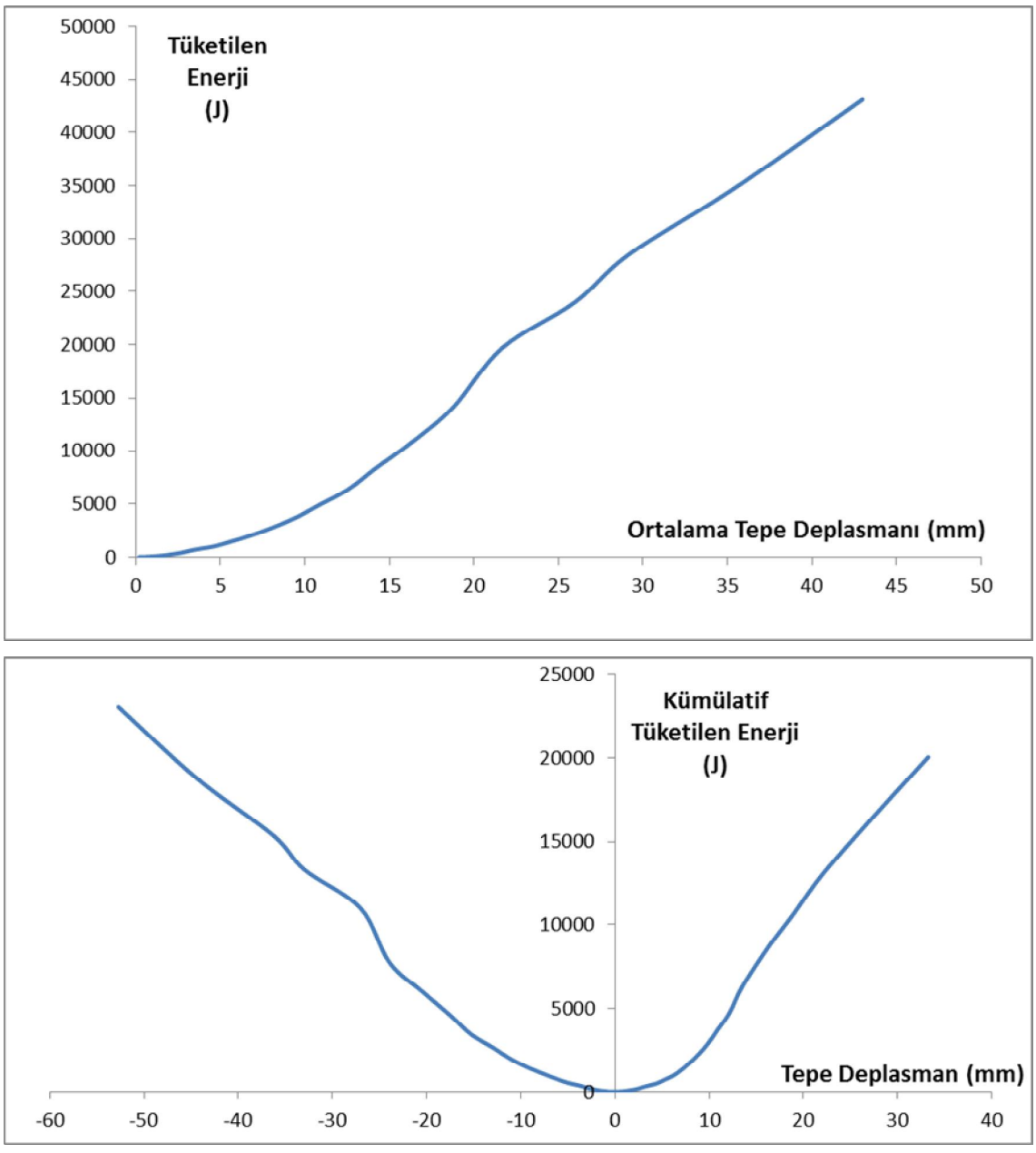
Şekil 4.65. Deney numunesi 3'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW)



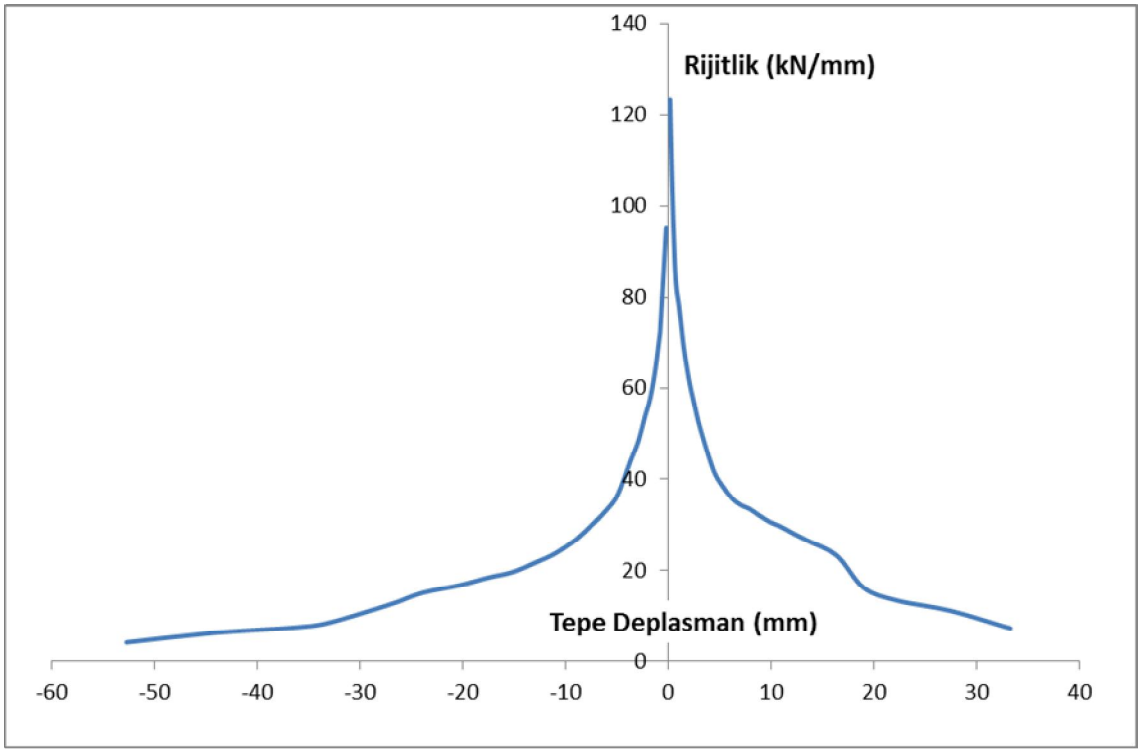
Şekil 4.66. Deney numunesi 3'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMSW)

Toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanması ile numunenin enerji tüketme kapasitesi hesaplanmış ve Şekil 4.67'de verilmiştir. Deneyin her bir çevriminde elde edilen maksimum yatay yük değerlerinin,

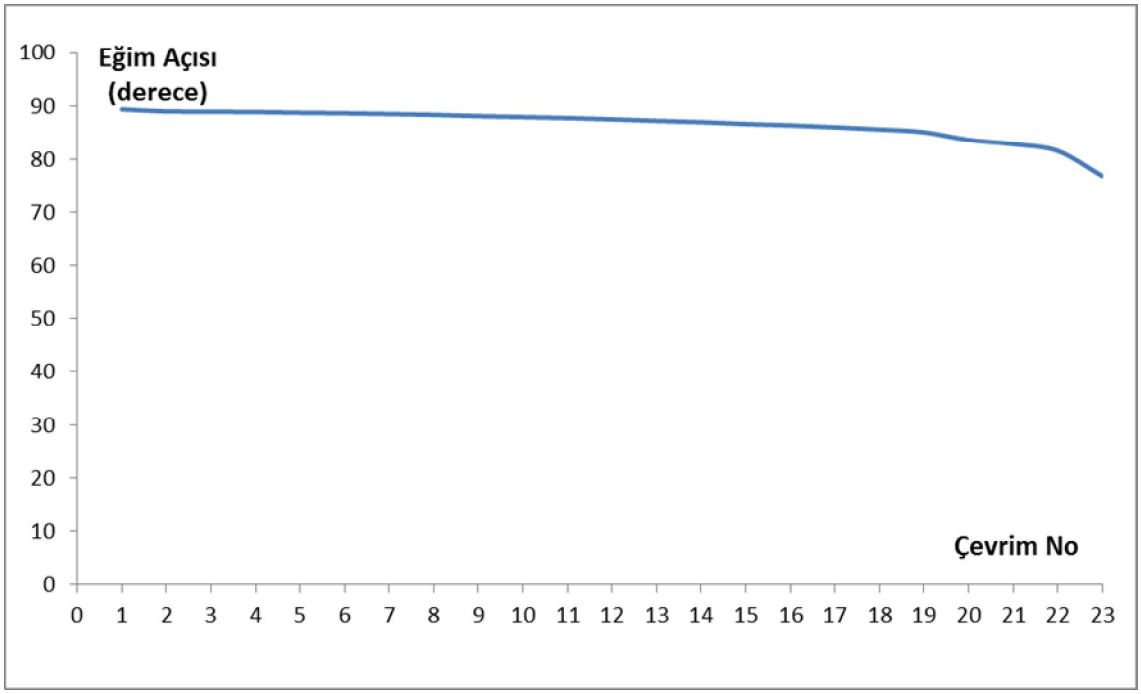
bunlara karşılık gelen yatay deplasman değerlerine oranlanması ile her bir çevrimde elde edilen rijitlik değerleri hesap edilmiştir (Şekil 4.68). İtme çevrimleri için elde edilen değerler şeklin sağında, çekme çevrimleri için hesaplanan değerler grafiğin solunda verilmiştir. Şekil 4.69'de ise her bir çevrimdeki eğim açısı belirlenmiş ve grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.67. Deney numunesi 3'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWMSW)

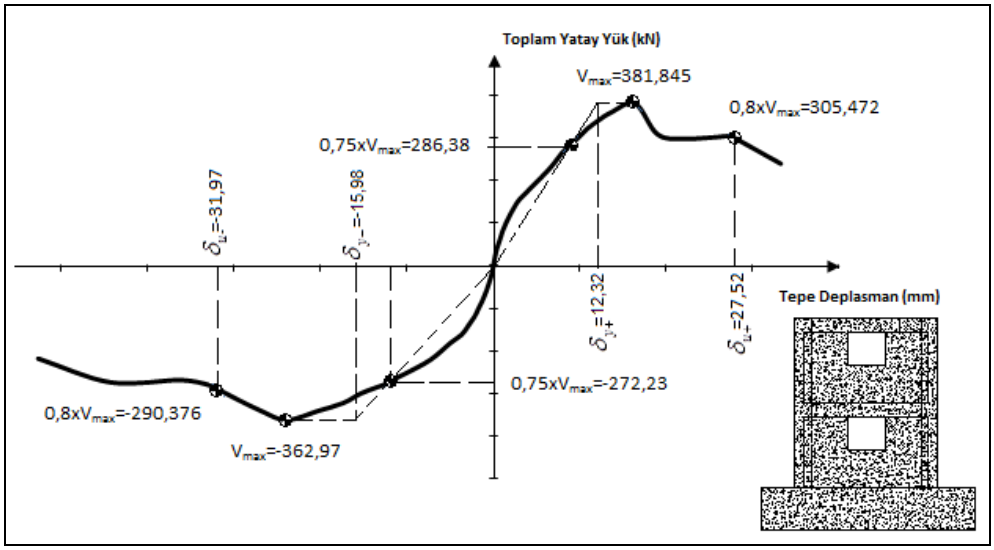


Şekil 4.68. Deney numunesi 3'e ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWMSW)



Şekil 4.69. Deney numunesi 3'e ait her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWMSW)

Deney numunesi 3'ün süneklik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için oluşturulan grafik Şekil 4.70'da verilmiştir.



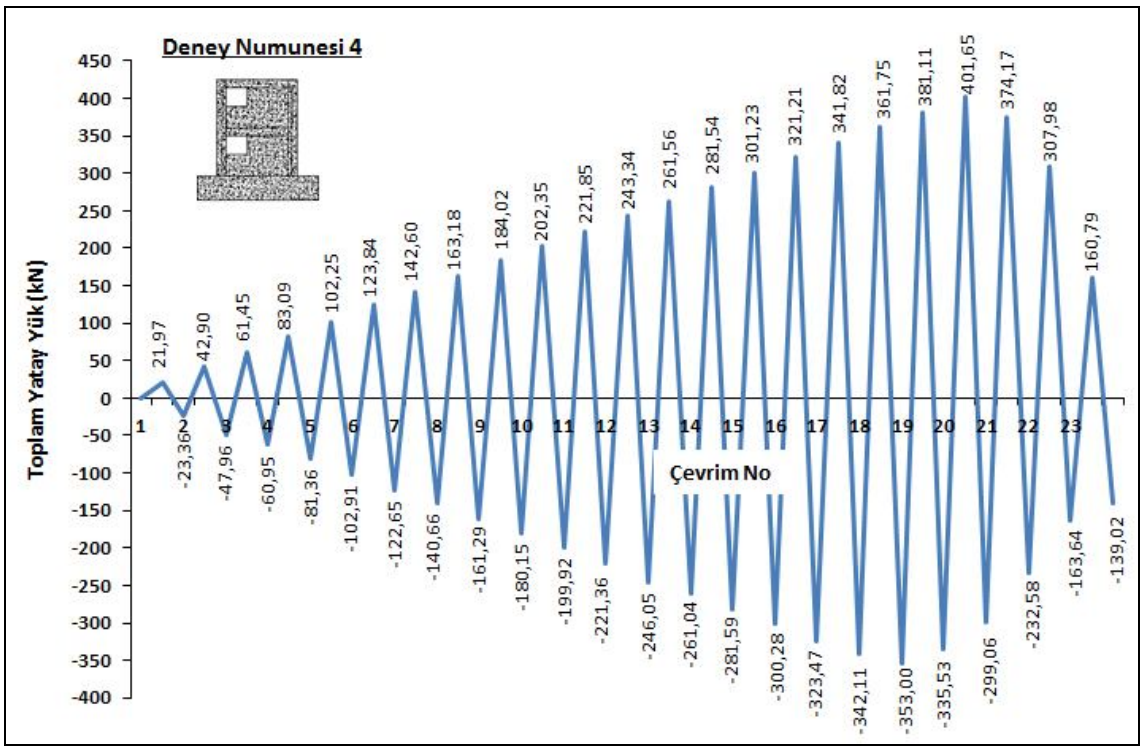
Şekil 4.70. Deney numunesi 3'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWMSW)

4.1.4. Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (2x400x350 mm), numune

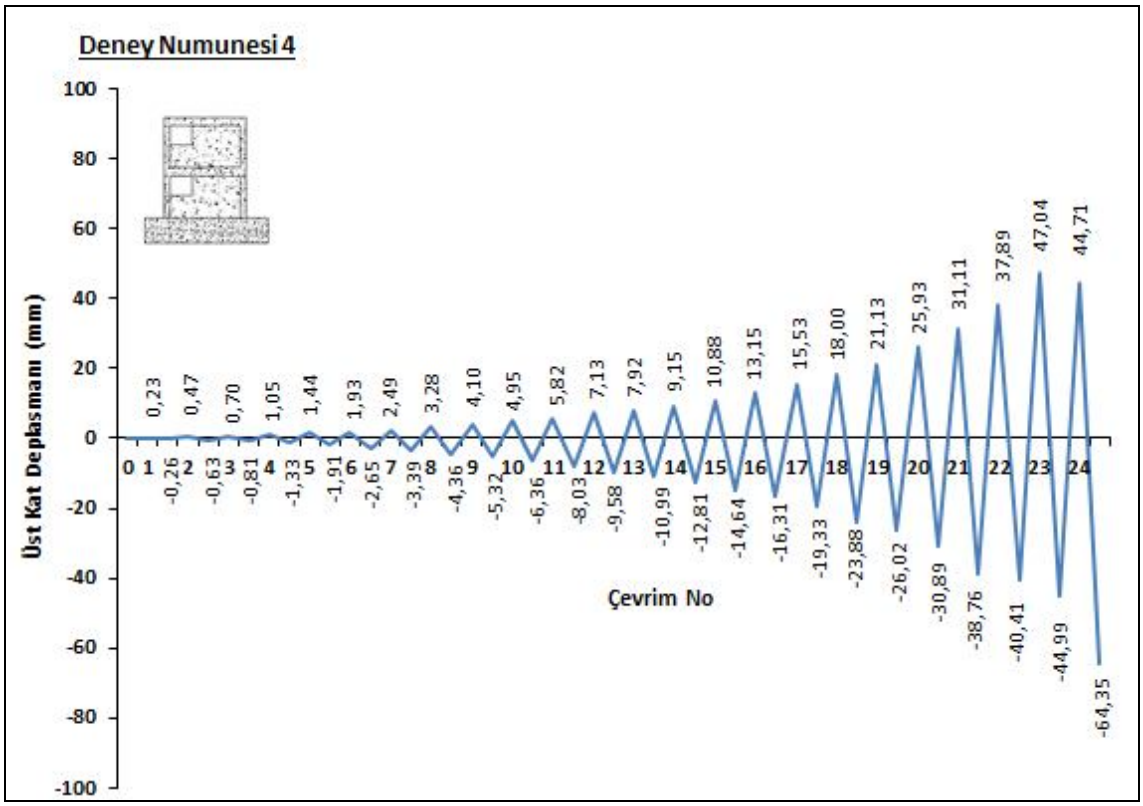
S101 ve S201 kolonlarına yapılan mantoya bitişik pencere boşluklu (2x400x350mm), düzlem dışı betonarme perde duvarlı bu numunenin, deney düzeneğine yerleştirilmiş hali Şekil 4.71'da verilmiştir. Bu numuneye, deneyde uygulanan yük geçmişi, yatay yüke göre Şekil 4.72'de, tepe deplasmana göre ise Şekil 4.73'de verilmiştir. Deney numunesine, itmede 24 ve çekmede 24 yük çevrimi uygulanmıştır.



Şekil 4.71. Deney Numunesi 4'ün deney öncesi görünümü



Şekil 4.72. Deney numunesi 4'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre)



Şekil 4.73. Deney numunesi 4'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre)

Deneye, yük kontrollü başlanılmış ve numunenin maksimum yük kapasitesine ulaşıldıktan sonra deneye deplasman kontrollü yükleme ile devam edilmiştir. Deney numunesi 4'ün, +20. itme çevriminde maksimum 401.65 kN toplam yatay yüke dayandığı ve bu çevrimde numunede tepe deplasmanı 25.93 mm olarak ölçülmüştür. -18. çevrimde ise numunenin -353.12 kN toplam yatay yüke dayandığı ve tepe deplasmanında -23.88 mm olduğu görülmüştür. Deneyde; itme çevrimlerde en fazla 44.71 mm, çekme çevrimlerinde ise en fazla -64.35 mm deplasman seviyelerine kadar yükleme yapılmıştır. Deney, -24. çevrimden sonra numunede büyük hasarlar meydana geldiği için deney bitirilmiştir.

Deney sırasında numuneye, toplam 86 kN eksenel yük verilmiştir. Böylelikle numunenin, S101-S201 ve S102-S202 numaralı kolonlarına 43 kN'luk eksenel yük uygulanmıştır.

Deney numunesi 4'de çatlakların yeri anlatılırken, referans numunede kullanılan kolon ve kiriş numaraları esas alınacaktır. Ayrıca 1.kat hizasında bulunan perdeye P101 ve 2.kat hizasında bulunan perdeye ise P201 ismi kullanılmıştır. Numunede meydana gelen çatlaklar, Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Deney numunesi 4'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+1(itme)	21,97	0,23	Deney numunesi 4'ün testinde, ilk çevriminde herhangi bir çatlak oluşmamıştır. Bu çevrimler akma sınırının altında elastik çevrimler olarak uygulanmış ve numunenin elastik özelliklerini görmek için değerlendirilmiştir.
-1 (çekme)	-23,36	-0,26	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında -1 nolu ve arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında -2 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
+2	42,90	0,47	Herhangi bir çatlak oluşmamıştır.
-2	-47,96	-0,63	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında -3 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -4 ve -5 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -6 ve -7 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur.
+3	61,45	0,70	Herhangi bir çatlak oluşmamıştır.
-3	-60,95	-0,81	
+4	83,09	1,05	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinden yukarıya doğru +1 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru +2 nolu, üst köşe kısmından +3 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-4	-81,36	-1,33	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmında -3 nolu çatlak uzayarak -3′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru -8 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru -9 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -10 ve -11 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+5	102,25	1,44	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinden yukarıya doğru +1 nolu kesme çatlağı uzayarak +1′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru +4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru S101 kolon hizasında +5 nolu düşey çatlak oluşmuştur.
-5	-102,91	-1,91	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -4 nolu çatlak ilerleyerek -4′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -12 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kiriş kesişiminde -13 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında K201 kiriş hizasında -14 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -15 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kiriş kesişiminde pencere boşluğunda -16 nolu çatlak oluşmuştur.
+6	123,84	1,93	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinden yukarıya doğru +1′ nolu kesme çatlağı uzayarak +1″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru +2 nolu kesme çatlağı uzayarak +2′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru +4 nolu kesme çatlağı uzayarak +4′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında +6 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +7, +12 ve +16 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +8, +9, +10 ve +11 eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirini takip eden +13, +14 ve +15 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S101 kolonunda +17 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +18 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-6	-122,65	-2,65	P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru -8 nolu kesme çatlağı uzayarak -8′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -12 nolu eğilme çatlağı uzayarak -12′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -17 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -8 nolu çatlak dallanarak -18 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -19 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -20 ve -21 nolu çatlaklara dallanarak kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -22 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon ve K101 kiriş hizasında -23 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kiriş kesişiminde -24 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun köşesinde -25 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda başlayarak P101 perdesine kadar uzanan birbirlerine paralel -26 ve -28 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında temele yakın bölgede -27 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -29 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -30 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -31 ve -32 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu alt köşe kısmından temele kadar uzanan -33 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst köşesinde S202 kolon hizasına kadar -34 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+7	142,60	2,49	P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında +6 nolu düşey çatlak ilerleyerek +6′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +7 ve +12 nolu eğilme çatlakları uzayarak +7′ ve +12′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +14 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +14′ nolu çatlak meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde +19 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +20, +21 ve +22 nolu kesme çatlaklarını oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +23 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +24 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +25 nolu eğilme çatlağı dallanarak +26 ve +27 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru düşey +28 nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde birbirlerine paralel +29 ve +32 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +12 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +30 ve +31 nolu kesme çatlaklarını oluşturmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +33 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında birbirlerine paralel +34 ve +35 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +36 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst kısmında S202 kolon hizasında +37 nolu düşey çatlak oluşmuştur.
-7	-140,66	-3,39	P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -15 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -15′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu alt köşe kısmından temele kadar uzanan -33 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -33′ ve -33″ nolu çatlaklar oluşmuştur. S202 kolonunda başlayarak oluşan -35 nolu kesme çatlağı ilerleyerek P201 perdesinin ön yüzünde -36 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde ve yan yüzünde -37 ve -39 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinde aşağıya doğru -38 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin pencere boşluğu yan yüzünde -40 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında temelden yukarıya doğru -41 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -42 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -43 nolu düşey çatlak ve -44 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde köşe kısmında -45 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 ve S202 kolon mantosu-K101 kirişi kesişiminde yukarıya doğru -46 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+8	163,18	3,28	P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmından +3 nolu kesme çatlağı uzayarak +3′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +8, +9 ve +11 eğilme çatlakları ilerleyerek +8′, +9′ ve +11′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +34 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +34′ nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi-S101 kolon mantosu kesişiminde aşağıya doğru +38 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +39 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +40 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +41 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde alt köşe kısmında +42 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi-S201 kolon mantosu kesişiminde aşağıya doğru +43 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +44, +45 ve +46 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan yukarıya doğru +47 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K201 kirişi alt yüzünde +48 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-8	-161,29	-4,36	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -4′ nolu çatlak uzayarak -4″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -11 nolu eğilme çatlağı uzayarak -11′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kiriş kesişiminde -13 nolu çatlak uzayarak -13′ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolonunda başlayarak P101 perdesine kadar uzanan -26 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -26′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst köşesinde S202 kolon hizasına kadar -34 nolu kesme çatlağı uzayarak -34′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde, K101 kirişi hizasında ve S102 kolonu hizasında -47 nolu kesme çatlağı ve -48 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -49 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S102 kolon hizasında -50 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -51 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun altında temelden yukarıya doğru -52 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S202 kolonundan başlayarak uzanan birbirlerine paralel -53 ve -54 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -55 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan yukarıya doğru -56 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -57 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -58 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -59 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -60 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+9	184,02	4,10	P101 perdesinin ön yüzünde +16 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +16′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +25 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +25′ nolu çatlak oluşmuştur. . P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +34′ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +34″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +39 nolu kesme çatlağı uzayarak +39′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde alt köşe kısmında +42 nolu kesme çatlağı uzayarak +42′ nolu çatlak oluşmuştur. K201 kirişi alt yüzünde +48 nolu kesmeli eğilme çatlağı ilerleyerek +48′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda birbirlerine paralel +49 ve +51 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında +50 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +52 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonu mantosu ön yüzünde +53 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında temele yakın +54 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +55 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru +56 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +50 nolu eğilme çatlağının altında birbirlerini takip eden +57 ve +59 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişi altında +58 nolu çatlak oluşmuştur. K101 kiriş alt yüzünde +60 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +61 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +62 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinde yukarıya doğru +63 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-9	-180,15	-5,32	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -6 nolu düşey çatlak uzayarak -6′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -60 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -60′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -61 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S102 kolon hizasında -62 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında temelden yukarıya doğru düşey -63 nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde -64 ve -66 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -65 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında -67 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -68 ve -69 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde -70 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde -71 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -72 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -73 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

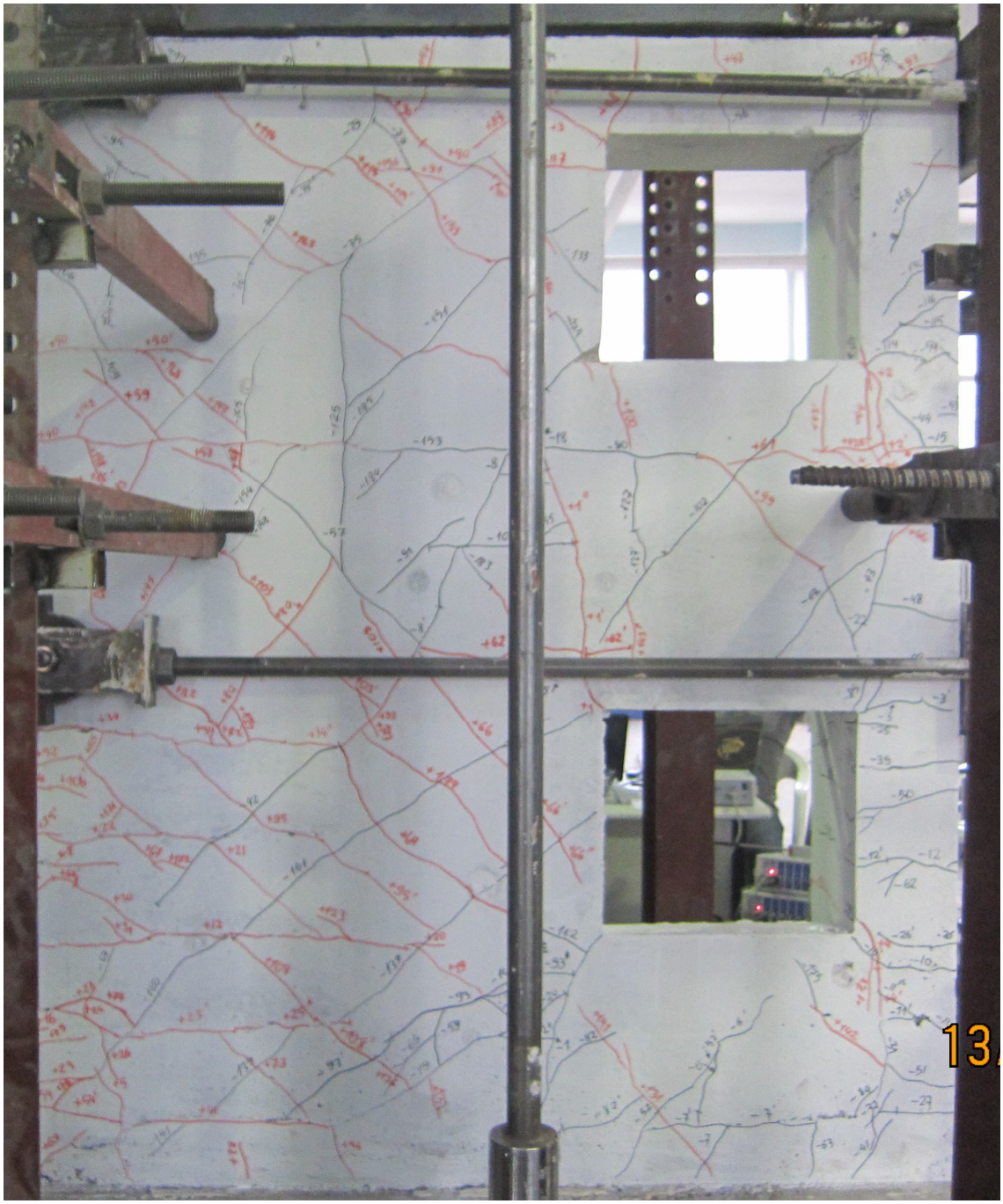
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+10	202,35	4,95	P101 perdesinin arka yüzünde +24 nolu kesme çatlağı uzayarak +24′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +25′ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +25″ nolu çatlak oluşmuştur. . P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +35 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +35′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +39 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +39′ nolu çatlak oluşmuştur. K201 kirişi alt yüzünde +48′ nolu kesmeli eğilme çatlağı ilerleyerek +48″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında temele yakın +54 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +54′ nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi altında +58 nolu çatlak ilerleyerek +58′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +64, +66 ve +75 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +65 ve +68 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +67 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +69 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +70 ve +71 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +72 ve +74 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +73 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +75 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi altında +76 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur.
-10	-199,92	-6,36	P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -10 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -10′ ve -10″ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde köşe kısmında -45 nolu kesme çatlağı uzayarak -45′ nolu çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -49 nolu kesme çatlağı -49′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -73 nolu kesme çatlağı uzayarak -73′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -74 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -75, -76 ve -79 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -77 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -80 ve -81 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -82 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -83 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında -84 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -85 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde K101 kirişi kesişiminde -86 nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -87 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -89 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -90 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. 201 perdesinin ön yüzünde -91 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 mantosu iç yüzünde -92 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -93 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -94 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -95 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde -96 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında -97 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -98 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temele yakın kısımda -99 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -100 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+11	221,85	5,82	S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +8′ ve +11′ eğilme çatlakları ilerleyerek +8″ ve +11″ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +24 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +24′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde +29 eğilme çatlakları ilerleyerek +29′ nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi-S101 kolon mantosu kesişiminde aşağıya doğru +38′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +38″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde alt köşe kısmında +42′ nolu kesme çatlağı uzayarak +42″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +45 nolu çatlak uzayarak +45′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında +50 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +50′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda +51 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +51′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +55 nolu kesme çatlağı uzayarak +55′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +66 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +66′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +68 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +68′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +70 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +70′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +72 nolu kesme çatlağı uzayarak +72′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu hizasında birbirlerine paralel +77, +78 ve +79 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +80 ve +82 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu ön yüzünde +81 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +83 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu iç yüzünde +84 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +85, +86 ve +87 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +88 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +89 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +90 ve +91 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +92 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında +93 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +94 ve +95 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
-11	-221,36	-8,03	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -4″ nolu çatlak uzayarak -4‴ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmından aşağıya doğru -9 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -9′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -17 nolu düşey çatlak ilerleyerek -17′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S202 kolonundan başlayarak uzanan -53 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -53′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -60′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek -60″ nolu çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde -71 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -71′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -79 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -79′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -80 nolu eğilme çatlakları ilerleyerek -80′ nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -87 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -87′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -93 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -93′ nolu ve -93″ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -100 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -100′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -101 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -102 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -103 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -104 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -105 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında birbirini takip eden -106 ve -109 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında -107 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolonu hizasında -108 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -110 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -111 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 mantosu iç yüzünde -112 ve -113 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -114, -115 ve -116 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin pencere boşluğunun iç yüzünde -117 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolonu mantosu iç yüzünde -118 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde köşe kısmına yakın kısımda -119 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -120 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonu mantosu ön ve iç yüzünde -121 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonu mantosu iç yüzünde -122 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde birbirlerine paralel -123 ve -124 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+12	243,34	7,13	P101 perdesinin arka yüzünde +14′ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +14″ nolu çatlak meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde +25 nolu eğilme çatlağı dallanarak +27 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +27′ nolu çatlak oluşmuştur. K201 kirişi-S201 kolon mantosu kesişiminde aşağıya doğru +43 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +43′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +62 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +62′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +70′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +70″ nolu çatlak oluşmuştur. . P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +82 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +82′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +85 ve +86 nolu eğilme çatlakları ilerleyerek +85′ ve +86′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +90 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +90′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +92 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +92′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +95 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +95′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında +97 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +98 ve +99 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu altında +100 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +101 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonu mantosu ön yüzünde +102 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +103 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi altında +104 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +105 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +106 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonu mantosu iç yüzünde +107 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +108 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında +109 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +110 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +111 ve +112 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S201 kolonunda +113 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonunda +114 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +115 ve +116 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin pencere boşluğunda +117 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğundan yukarıya doğru +118 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında +119 nolu kesme çatlağı ve +120 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-12	-246,05	-9,58	P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -11′ nolu eğilme çatlağı uzayarak -11″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S202 kolonundan başlayarak uzanan -53′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek -53″ nolu çatlak oluşmuştur. S202 kolonunda -72′ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -72″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -76 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -76′ nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde birbirlerine paralel -123 nolu kesmeli eğilme çatlakları ilerleyerek -123′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -125 nolu düşey çatlak, arka yüzünde -126 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -127 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -129 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -130 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -131 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında -133 ve -134 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -135 nolu eğilme çatlağı ve -136 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -137 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -138 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden -139 ve -141 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında -140 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -142 ve -143 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosunun ön yüzünde +144 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında -145 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -146, -147, -148 ve -149 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru -150 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+13	261,56	7,92	P101 perdesinin arka yüzünde +14″ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +14‴ nolu çatlak meydana gelmiştir. . P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +85′ ve +86′ nolu eğilme çatlakları ilerleyerek +85″ ve +86″ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +98 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +98′ nolu çatlak oluşmuştur. . P101 perdesinin ön yüzünde +103 nolu kesme çatlağı uzayarak +103′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +108 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +108′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda +121 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda birbirlerine paralel +122 ve +124 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +123 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +125 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu ön yüzünde birbirini takip eden +126 ve +128 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +127 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolon hizasında +129 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak +130 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +131 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +132 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +133, +134, +135 ve +136 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +137 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +138 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +139 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-13	-261,04	-10,99	S202 kolonunda -72″ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -72‴ nolu çatlak oluşmuştur. Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar uzayarak 7′,-82′,-107′,-127′ ve -144′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -80′ nolu eğilme çatlakları ilerleyerek -80″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirine takip eden -151, -154, -155 ve -158 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -152 ve -159 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201perdesinin ön yüzünde -153 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -156, -157 ve -159 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -160 ve -161 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -162 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -163 ve -165 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolonunda -164 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında -166 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S202 kolonu hizasında -167 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında -168 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -169 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin boşluğunun iç yüzünde -170 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -171 ve -173 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -172 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+14	281,54	9,15	P101 perdesinin ön yüzünde +66′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +66″ nolu çatlak oluşmuştur. . S101 mantosu ön yüzünde +81 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +81′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +90′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +90″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +106 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +106′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +115 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +115′ nolu çatlak oluşmuştur.S201 kolonunda +140 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +141 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +142 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında +143 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kiriş altından başlayarak +144 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +145 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +146, +147 ve +148 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +149 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde +150 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosunun iç yüzünde +151 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosunun iç yüzünde K201 kirişinin kesişiminde +152 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +153 ve +154 kesme çatlakları ve +156 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin altında kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +157 ve +159 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 hizasında +158 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında +160 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +161 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde +162 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-14	-281,59 (**$0.75V_{max}$=-264.8**) **(nominal akma)**	-12,81	-7. çevrimde meydana gelen -39 nolu çatlak ilerleyerek -39′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S102 kolon hizasında -50 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -50′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun altında temelden yukarıya doğru -52 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -52′ nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolonu mantosu iç yüzünde -122 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -122′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -126 nolu düşey çatlak ilerleyerek -126′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -157 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -157′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yan kısmında -174 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -175 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -176 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -177 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -178 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında -179 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -180 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.S201 mantosunun iç yüzünde -181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -183 nolu çatlağın yanında -182 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -183 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -184 ve -185 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -187 ve -188 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -189 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+15	301,23 (**$0.75V_{max}$=301.2**) **(nominal akma)**	10,88	S101 kolon mantosu iç yüzünde +9′ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +9″ nolu çatlak oluşmuştur. K201 kirişi alt yüzünde +48′ nolu kesmeli eğilme çatlağı ilerleyerek +48″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +74′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +74″ nolu çatlak oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde +136 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +136′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +137 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +137 nolu çatlak oluşmuştur. . P101 perdesinin arka yüzünde K101 kiriş altından başlayarak +144 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +144′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +163, +165, +166 ve +168 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde temelden yukarıya doğru +164 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +167 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +169 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolon hizasında +170 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +171 nolu kesme çatlağı ve +172 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden +173, +174 ve +175 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde +176 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel olarak S102 kolon mantosundan başlayarak +177 ve +179 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinden aşağıya doğru +178 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K101 kirişinin üst kısmında +180 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +181 ve +182 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.



Şekil 4.74. Deney numunesi 4'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön yüzden görünüşü (itme yönünde)



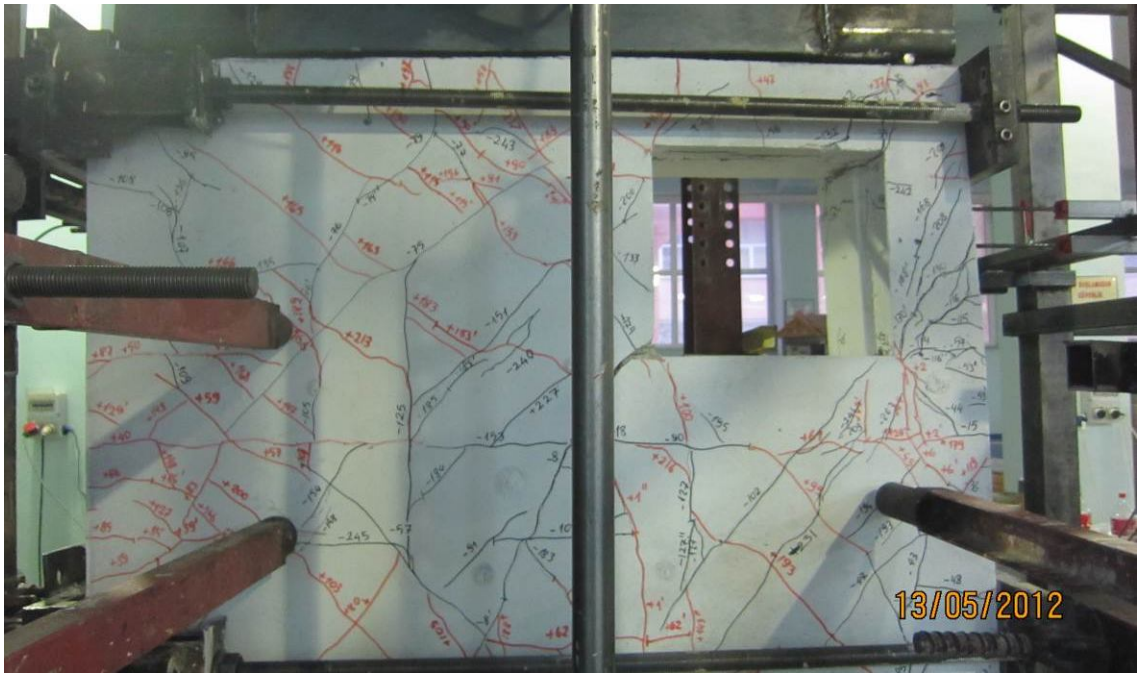
Şekil 4.75. Deney numunesi 4'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü (itme yönünde)



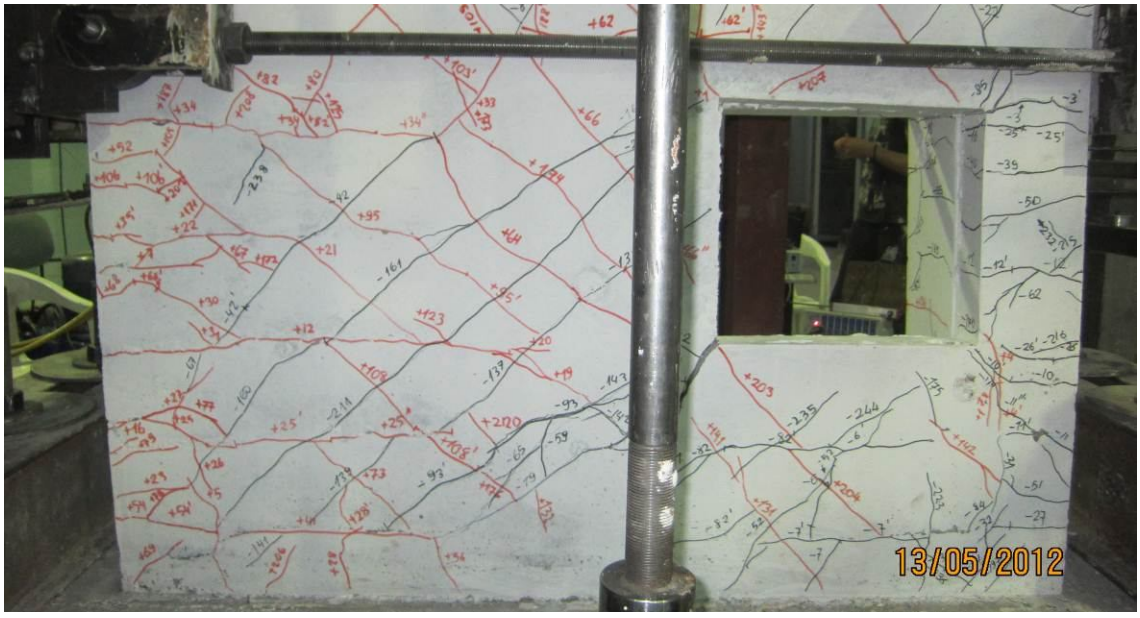
Şekil 4.76. Deney numunesi 4'ün nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme anında)

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
-15	-300,28	-14,64	S202 kolon mantosu iç yüzünde -49′ nolu kesme çatlağı -49″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında S202 kolonundan başlayarak uzanan -53′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek -53″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -98 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -98′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -126 nolu düşey çatlak ilerleyerek -126′ nolu çatlak oluşmuştur. S202 mantosu iç yüzünde -163 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -163′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S202 kolonu hizasında -167 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -167′ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -178 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -178′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -185 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -185′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -190 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -191 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden yukarıya doğru -192 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -193 ve -194 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -195 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -196 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -197 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -198 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi üst yüzünde -199 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında -200 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinin altında -201 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +61 nolu çatlak civarında birbirlerine paralel -202 ve -203 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -204 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -205 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi altında -206 nolu çatlak oluşmuştur.
+16	321,21	13,15	P201 perdesinin ön yüzünde +183 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +184 ve +186 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +185 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde +187 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında +188 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +189 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında +190 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu altında +191 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +192 ve +194 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101-P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluklarının arasında +193 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +195 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi-P201 perdesinin kesişiminde +196 nolu çatlak oluşmuştur.
-16	-323,47	-16,31	P101 perdesinin ön yüzünde -42 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -42′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -82 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -82′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -98′ nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -98″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -130 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -130′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolonu hizasında -168 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -168′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde oyadan boya -207 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında birbirlerine paralel -208 ve -209 nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde -210 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde boydan boya -211 kesme çatlağı ve buna paralel -212 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 mantosu iç yüzünde -213 ve -214 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -215 ve -216 eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 mantosu ön yüzünde -217 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -219 nolu çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde -220 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -221 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -222 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -223 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S101 mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -224 ve -225 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+17	341,82	15,53	S102 mantosu iç yüzünde +133 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek +133′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +175 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +175′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +197 ve +200 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +198 nolu çatlak oluşmuştur. S101 mantosu iç yüzünde +199 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonu mantosu iç yüzünde +201 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +202 ve +208 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt kısmında birbirini takip eden +203 ve +204 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğu alt kısmında +205 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru +206 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst kısmında +207 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinde +209 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden aşağıya doğru +210 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +211 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +212 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-17	-342,11	-19,33	Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar ilerleyerek -28′,-108′,-116′,-127″,-132′,-159′,-169′,-172′,-181′,-210′ ve -220′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -226 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -227 ve -240 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında pencere boşluğu üzerinde -229 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonu mantosu iç yüzünde -230 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -232 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda a-233 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -234 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -235 ve -244 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -236 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -237 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -238 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi ön yüzünde -239 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -241 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -242 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -243 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+18	361,75	18,00	P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru düşey +28 nolu çatlak ilerleyerek +28′ nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolonunda birbirlerine paralel +122 ve +124 nolu kesme çatlakları ilerleyerek +122′ ve +124′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +166 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +166′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +183 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +183′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +212 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +212′ nolu çatlak oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde +213 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +214 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +215 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +216 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +217 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 mantosu ön yüzünde +218 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +219 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +220 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-18	**V_{max}=353,12**	-23,88	P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -11″ nolu eğilme çatlağı uzayarak -11‴ nolu çatlak oluşmuştur. S202 kolonunda -138 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -138′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -245 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -246 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. ***Bu çevrimde; deney numunesi çekme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır***
+19	381,11	21,13	Bu çevrimde numunede oluşan çatlaklara numara verilmemiştir.
-19	-335,53	-26,02	
+20	**V_{max}= 401,65**	25,93	***Bu çevrimde; deney numunesi itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır***



(P201)



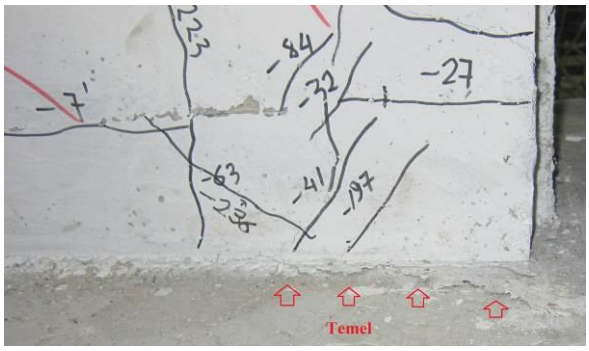
(P101)

Şekil 4.77. Deney numunesi 4'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü



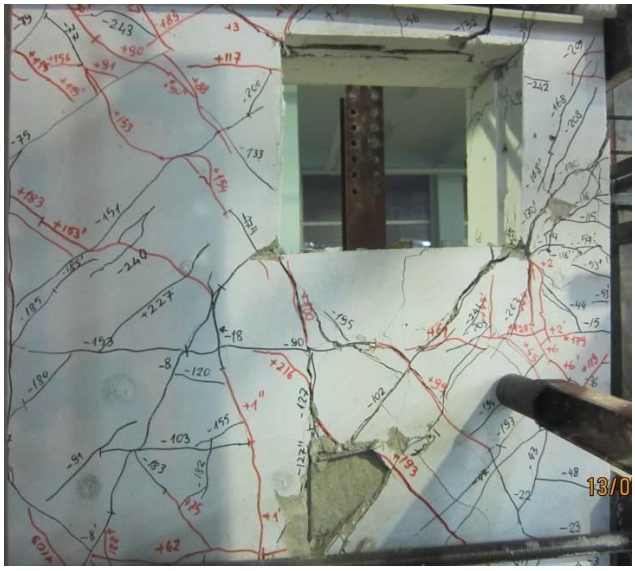
Şekil 4.78. Deney numunesi 4'ün itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü

-18. Çevrimde numune, maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmasına rağmen bu durum itmede +20. Çevrimde gerçekleşmiştir. Bunun sebebi; dolgu duvarlarında pencere alt köşe bölgesinde oluşan kesme çatlaklarının, çekme çevrimlerinde genişlemesi itme çevrimlerinde ise tekrar kapanmasıdır.



Şekil 4.79. Deney numunesi 4'de, itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesinde V_{max} perde-temel birleşiminde oluşan hasar

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
-20	-299,06	-30,89	**Hasarlar:** Deneyin bu son 4 çevriminde; P101 ve P201 perde duvarlarındaki pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği ve bu bölgeye yakın gövde donatılarında kopmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kısa kolon davranışı, S202 ve S102 kolon mantolarında perde önyüzünde gözlemlenmiştir. P101 ve P201 pencere boşluklarının arasında perdede "X" şeklinde hasarlar ve betonun dökülüp perde donatıların açığa çıktığı gözlemlenmiştir. Pencere boşlukları arasında bulunan beton taşıma özelliğini kaybetmiştir. Özellikle P101 perdesindeki pencere boşluğunun alt köşesi daha rijit olan S101 ve S201 kolonlarına doğru yatay olarak ayrılmıştır. Düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve pencere boşluklarında gözlemlenmiştir. P201 perde duvarındaki pencere boşluğu üst köşesinde yukarıya doğru düşey çatlak büyüyerek ayrılmış ve o bölgede perde ön kısmında betonun döküldüğü gözlemlenmiştir. P101 perde duvarının ön ve arka yüzü pencere boşluğu olmayan kısımlarda kabuk betonu düşerek perde donatıları açığa çıkmıştır. Bu perde donatıların burkulduğu gözlemlenmiştir. **Numunede meydana gelen bu hasarlardan ve sistem stabilitesinin tehlikeye girmesinden dolayı çatlak numaralandırılması yapılmamıştır. Sadece oluşan hasarların çekilen fotoğraflarla tespiti yapılmıştır.**
+21	374,17	31,11	
-21	-253,52 **$0.8V_{max}$=-282.4 (göçme yükü)**	-38,76	
+22	307,98 **$0.8V_{max}$=321.3 (göçme yükü)**	37,89	
-22	-232,58	-40,41	
+23	160,79	47,04	
-23	-163,64	-44,99	
+24	178,56	44,71	
-24	-139,02	-64,35	



Şekil 4.80. Deney numunesi 4'de, itme yönünde göçme yükünde ($0.8V_{max}$) P201 perdesinde oluşan hasarlar (ön yüz)



Şekil 4.81. Deney numunesi 4'de, itme yönünde göçme yükünde ($0.8V_{max}$) P101 perdesinde oluşan hasarlar (ön yüz)



Şekil 4.82. Deney numunesi 4'ün itme yönünde göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevriminde arka yüzden görünüşü

Kısa kolon davranışı perdenin önyüzünde görülmüş, arka yüzünde kolon mantosunda bu davranış hasar olarak gözlemlenmemiştir. Şekil 4.83'da perdenin önyüzünde kısa kolon davranışından kaynaklanan hasarlar görülmektedir.



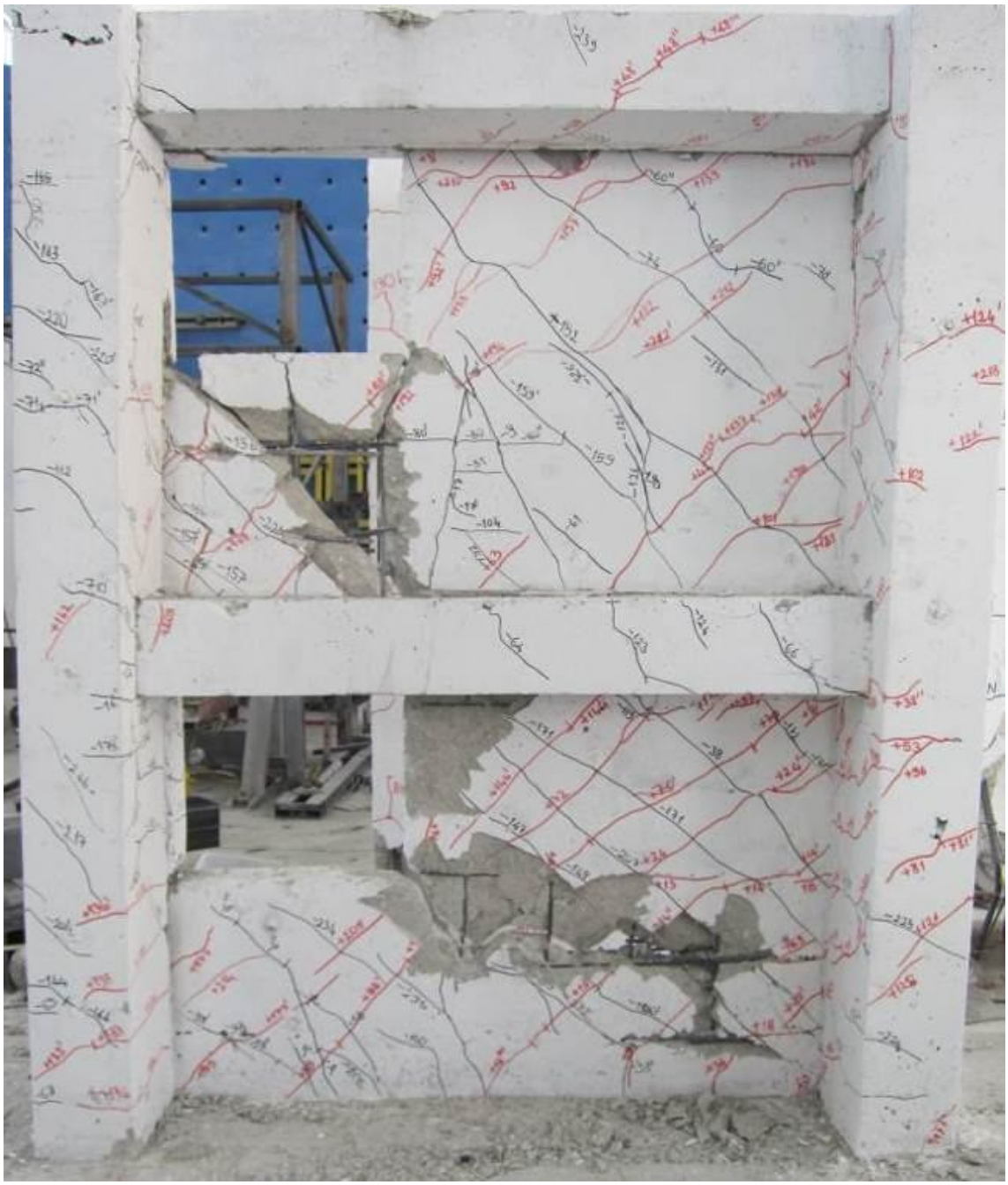
(2.kat) (1.kat)

Şekil 4.83. Deney numunesi 4'de, göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevrimde kısa kolon davranışı

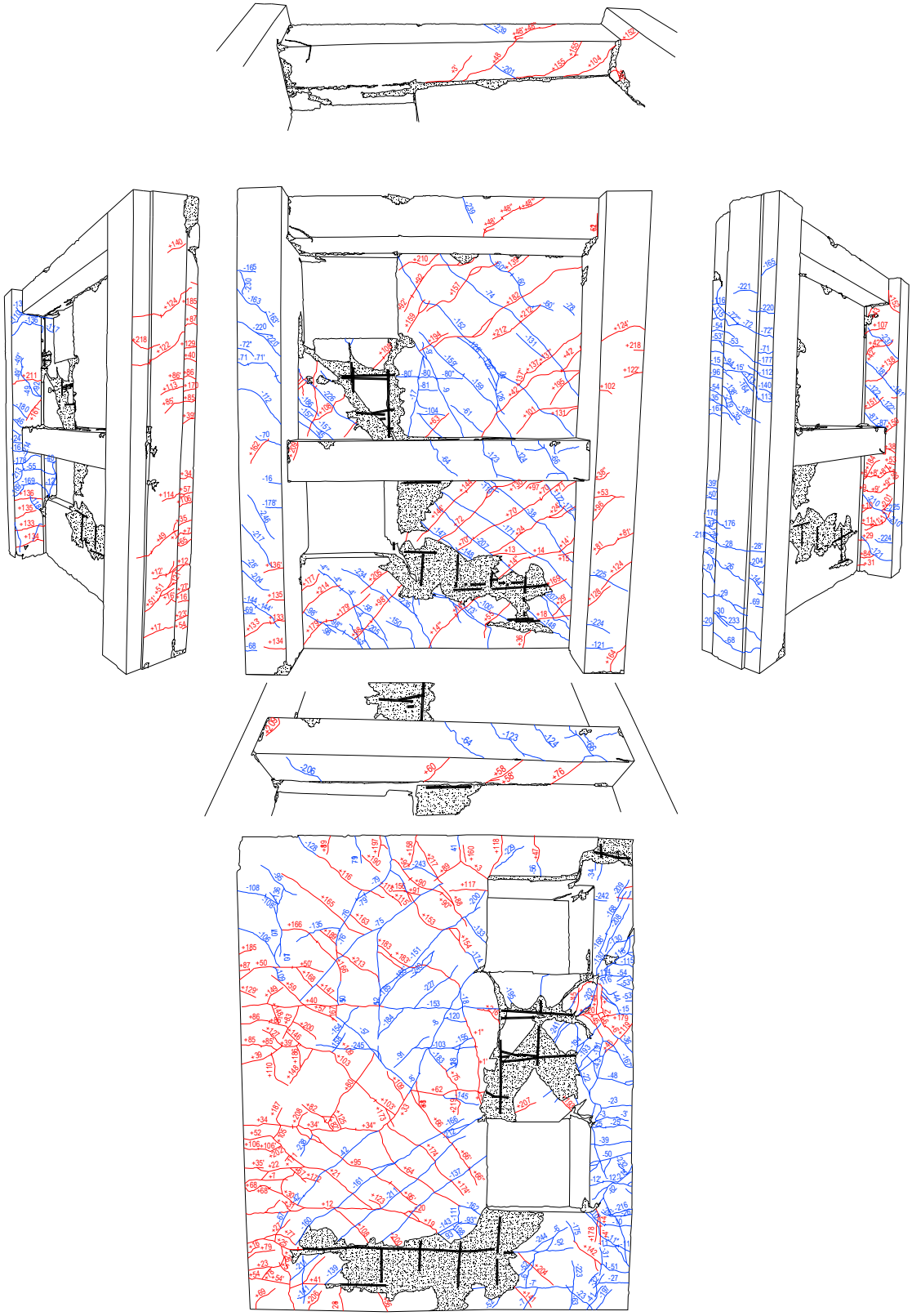
Numunede meydana gelen çatlakların ve hasarların genel durumu ise Şekil 4.84 ve Şekil 4.85'de verilmiştir. Numunede oluşan bu çatlakların ve hasarların şematik gösterimi ise Şekil 4.86'de verilmiştir.



Şekil 4.84. Deney numunesi 4'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar

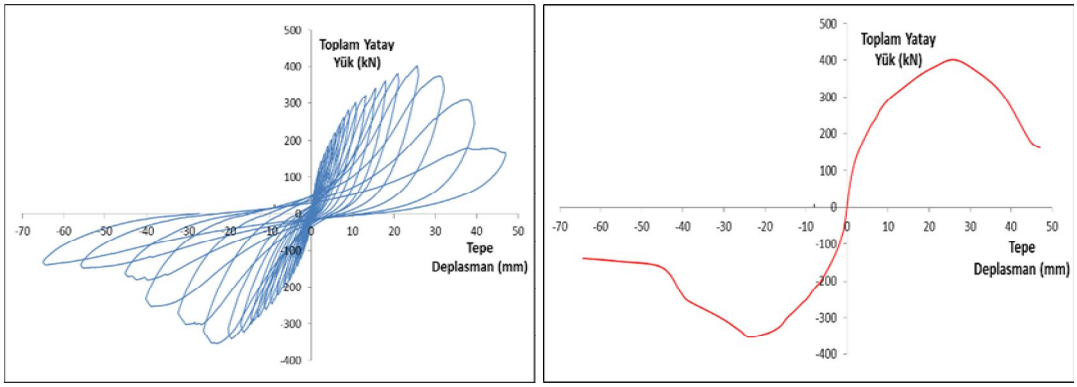


Şekil 4.85. Deney numunesi 4'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar

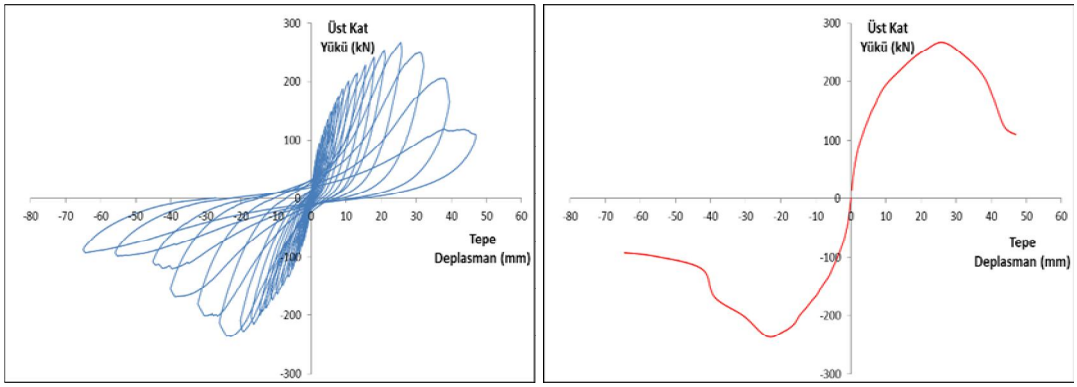


Şekil 4.86. Deney numunesi 4'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi

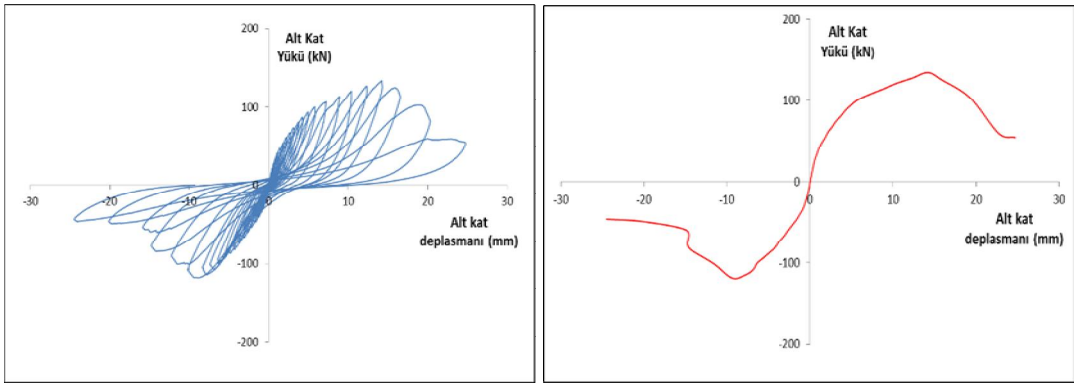
Deney numunesi 4'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve bu histeresis eğrisine ait dayanım zarfı eğrisi Şekil 4.87'da verilmiştir. Deneyde, numunenin üst katında ölçülen yatay yüke karşılık gelen deplasmanının çevrimsel histeresis eğrisi Şekil 4.88'de, alt kat için ise Şekil 4.89'de verilmiştir. Ayrıca; üst katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, üst kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.90'de ve alt katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, alt kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.91'de verilmiştir.



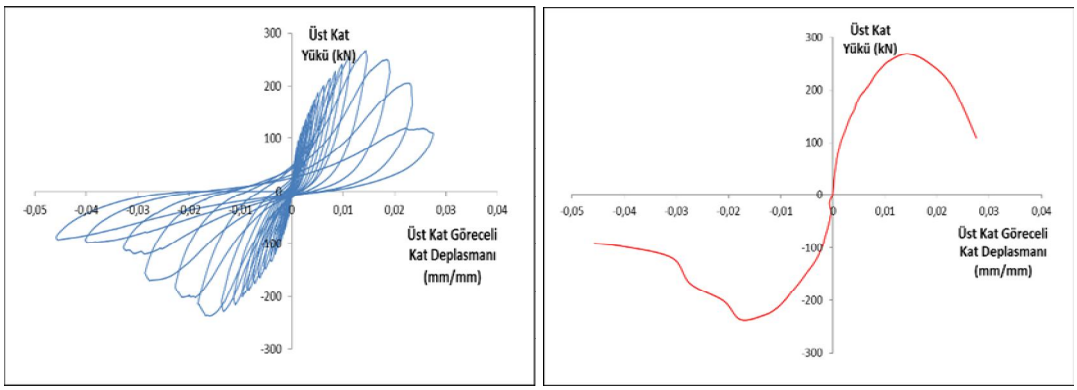
Şekil 4.87. Deney numunesi 4'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW)



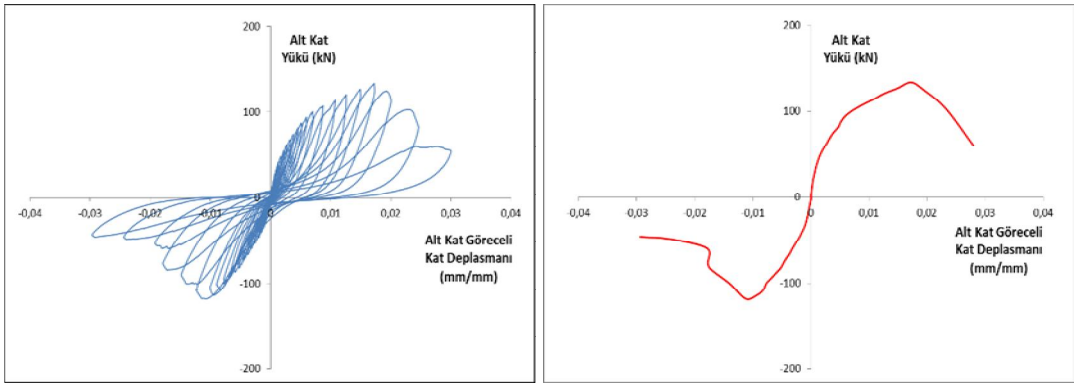
Şekil 4.88. Deney numunesi 4'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWSSW)



Şekil 4.89. Deney numunesi 4'e ait, **a**lt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW)



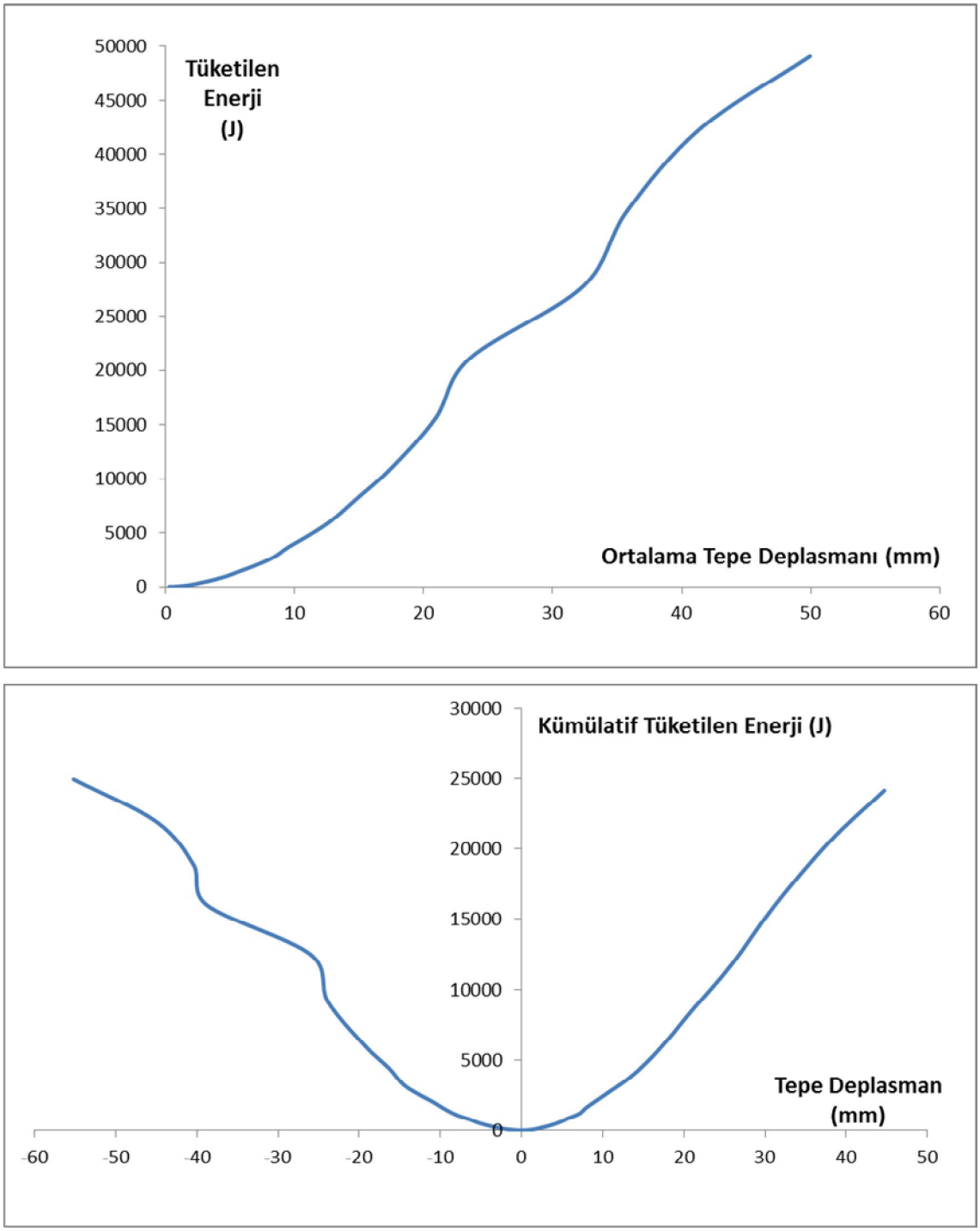
Şekil 4.90. Deney numunesi 4'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW)



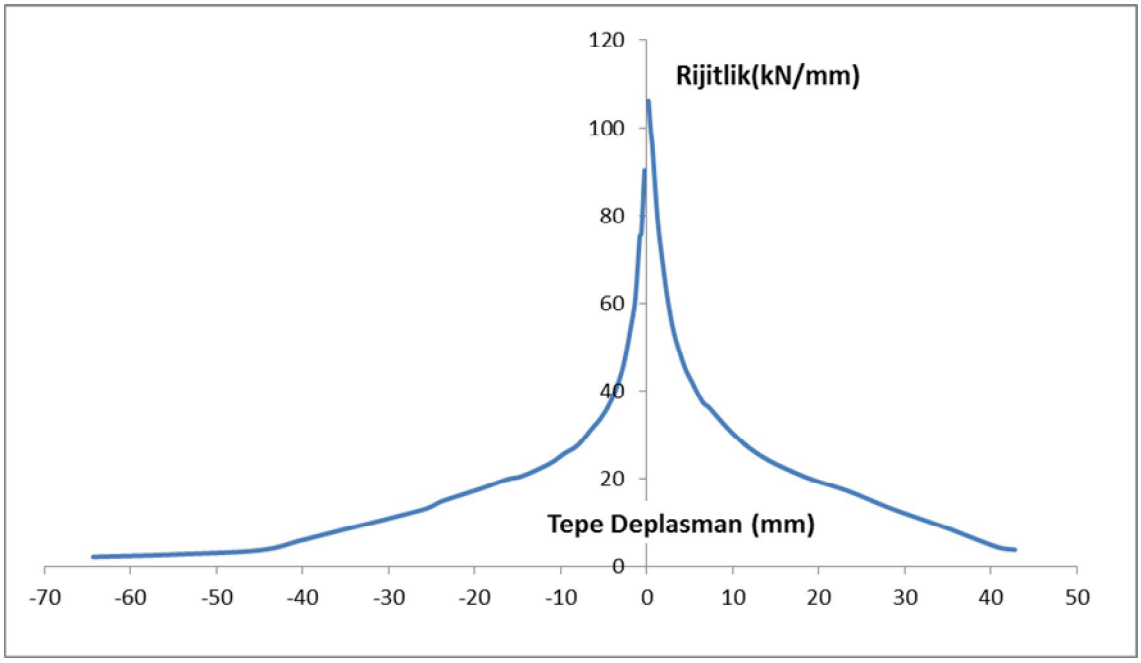
Şekil 4.91. Deney numunesi 4'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWSSW)

Toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanması ile numunenin enerji tüketme kapasitesi hesaplanmış ve Şekil 4.92'de verilmiştir. Deneyin her bir çevriminde elde edilen maksimum yatay yük değerlerinin, bunlara karşılık gelen yatay deplasman değerlerine oranlanması ile her bir çevrimde

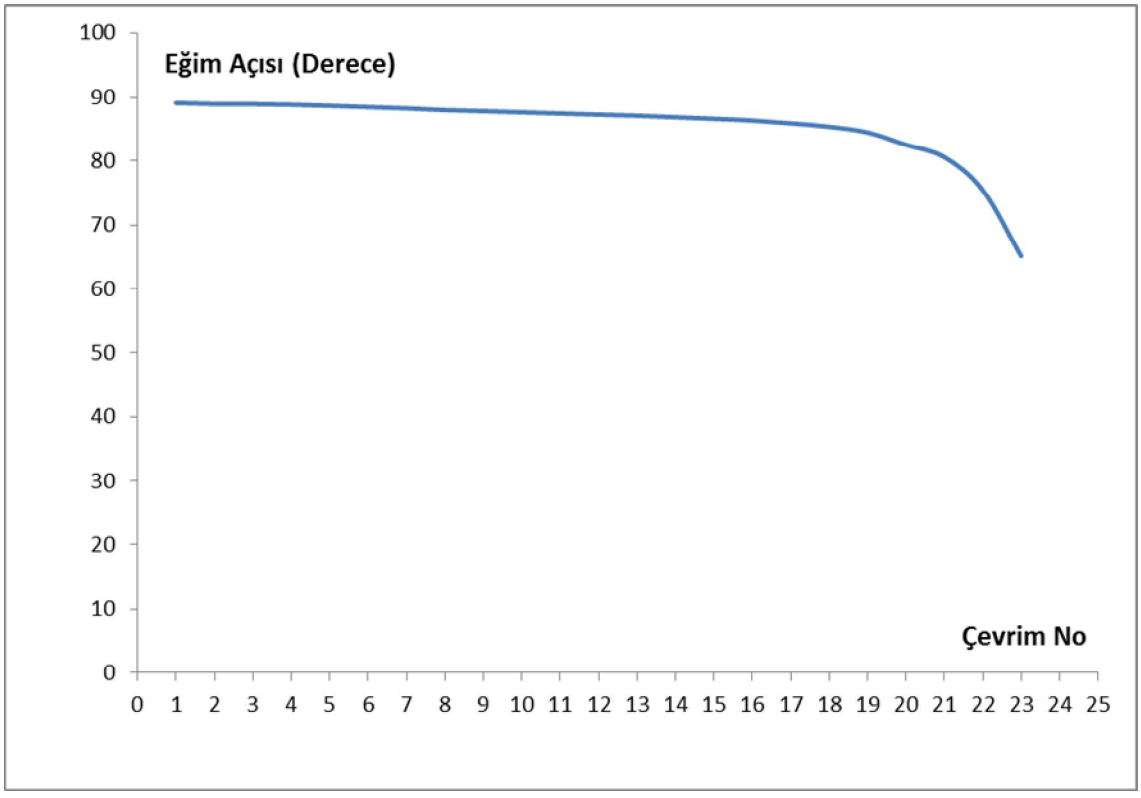
elde edilen rijitlik değerleri hesap edilmiştir (Şekil 4.93). İtme çevrimleri için elde edilen değerler şeklin sağında, çekme çevrimleri için hesaplanan değerler grafiğin solunda verilmiştir. Şekil 4.94'da ise her bir çevrimdeki eğim açısı belirlenmiş ve grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.92. Deney numunesi 4'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWSSW)

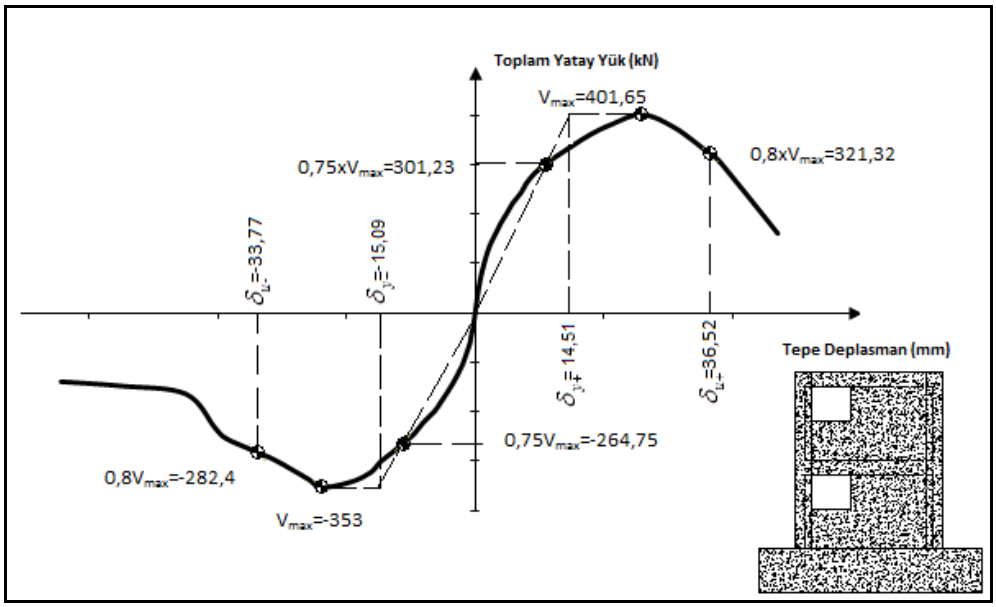


Şekil 4.93. Deney numunesi 4'e ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWSSW)



Şekil 4.94. Deney numunesi 4'e ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWSSW)

Deney numunesi 4'ün süneklik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için oluşturulan grafik Şekil 4.95'de verilmiştir.



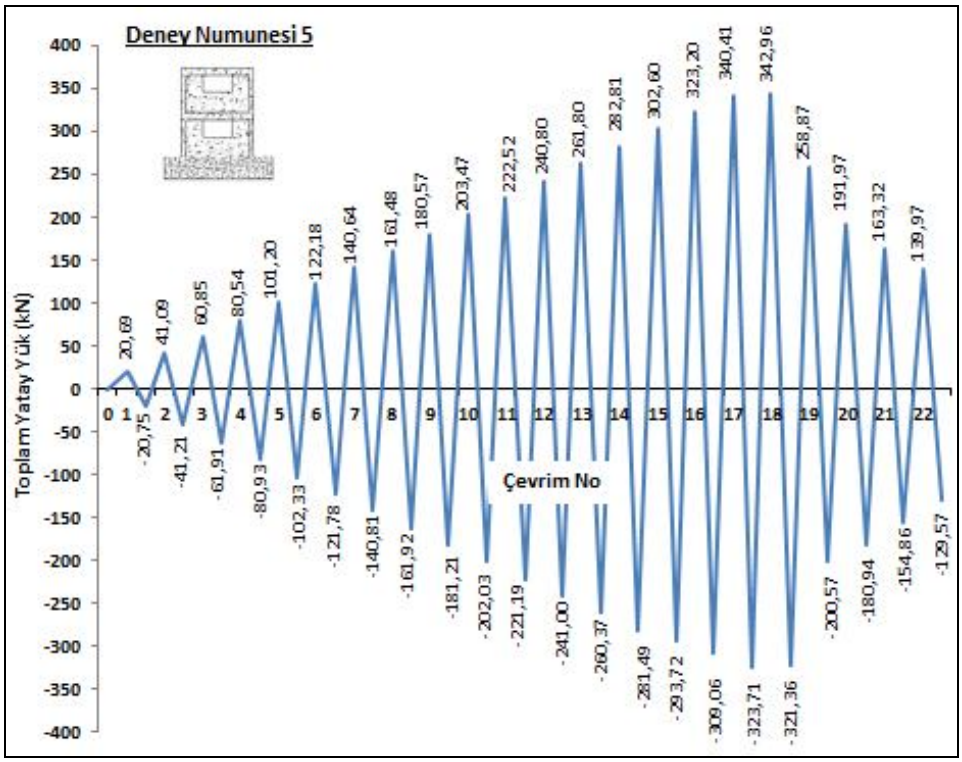
Şekil 4.95. Deney numunesi 4'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWSSW)

4.1.5. Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencere boşluklu (2x600x350 mm) numune

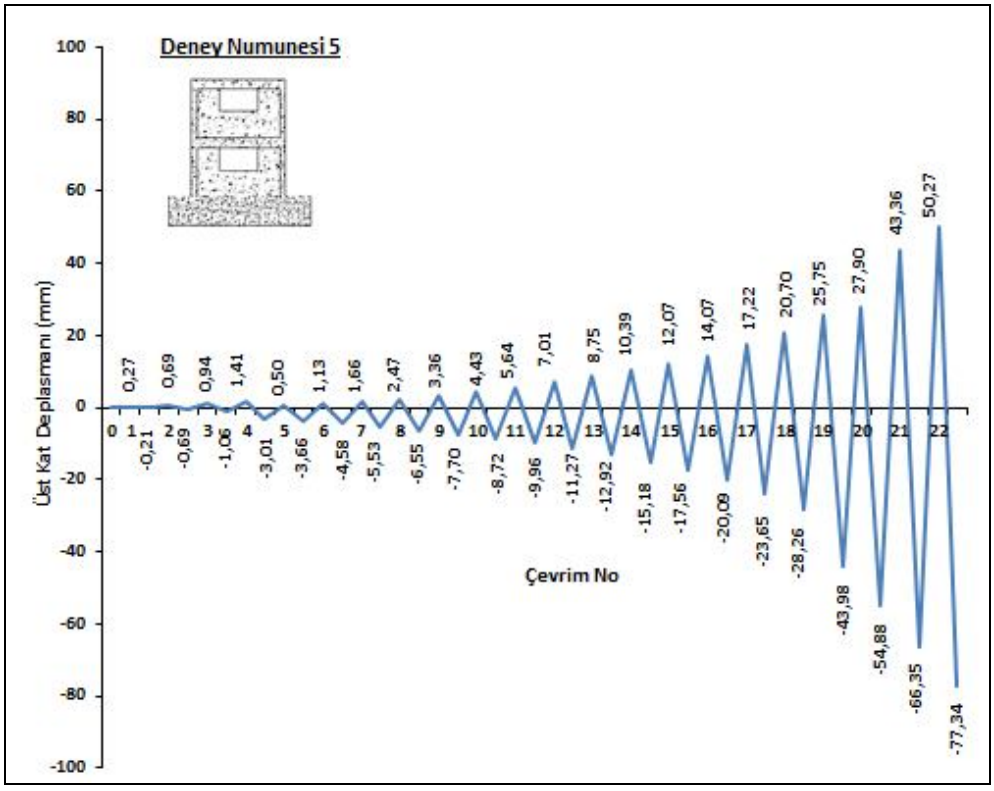
S101 ve S201 kolonlarına yapılan mantoya bitişik pencere boşluklu (2x600x350mm), düzlem dışı betonarme perde duvarlı bu numunenin, deney düzeneğine yerleştirilmiş hali Şekil 4.96'de verilmiştir. Bu numuneye, deneyde uygulanan yük geçmişi, yatay yüke göre Şekil 4.97'da, tepe deplasmana göre ise Şekil 4.98'da verilmiştir. Deney numunesine, itmede ve çekmede 22 yük çevrimi uygulanmıştır.



Şekil 4.96. Deney Numunesi 5'in deney öncesi görünümü



Şekil 4.97. Deney numunesi 5'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre)



Şekil 4.98. Deney numunesi 5'e uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre)

Deneye, yük kontrollü başlanılmış ve numunenin maksimum yük kapasitesine ulaşıldıktan sonra deneye deplasman kontrollü yükleme ile devam edilmiştir. Deney numunesi 5'ün, +18. itme çevriminde maksimum 342.96 kN toplam yatay yüke dayandığı ve bu çevrimde numunede tepe deplasmanı 18.83 mm olarak ölçülmüştür. -17. çevrimde ise numunenin -323.71 kN toplam yatay yüke dayandığı ve tepe deplasmanında -21.52 mm olduğu görülmüştür. Deneyde; itme çevrimlerde en fazla 45.74 mm, çekme çevrimlerinde ise en fazla -70.37 mm deplasman seviyelerine kadar yükleme yapılmıştır. Deney, -22. çevrimden sonra numunede büyük hasarlar meydana geldiği için deney bitirilmiştir.

Deney sırasında numuneye, toplam 86 kN eksenel yük verilmiştir. Böylelikle numunenin, S101-S201 ve S102-S202 numaralı kolonlarına 43 kN'luk eksenel yük uygulanmıştır. Buna göre; C15 beton kalitesinde ve 150x100 mm kesitinde olan kolonlara, taşıma kapasitelerinin yaklaşık %20'si kadar eksenel yük verilmiştir.

Deney numunesi 5'de çatlakların yeri anlatılırken, referans numunede kullanılan kolon ve kiriş numaraları esas alınacaktır. Ayrıca 1.kat hizasında bulunan perdeye P101 ve 2.kat hizasında bulunan perdeye ise P201 ismi kullanılmıştır. Numunede meydana gelen çatlaklar, Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Deney numunesi 5'de, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu

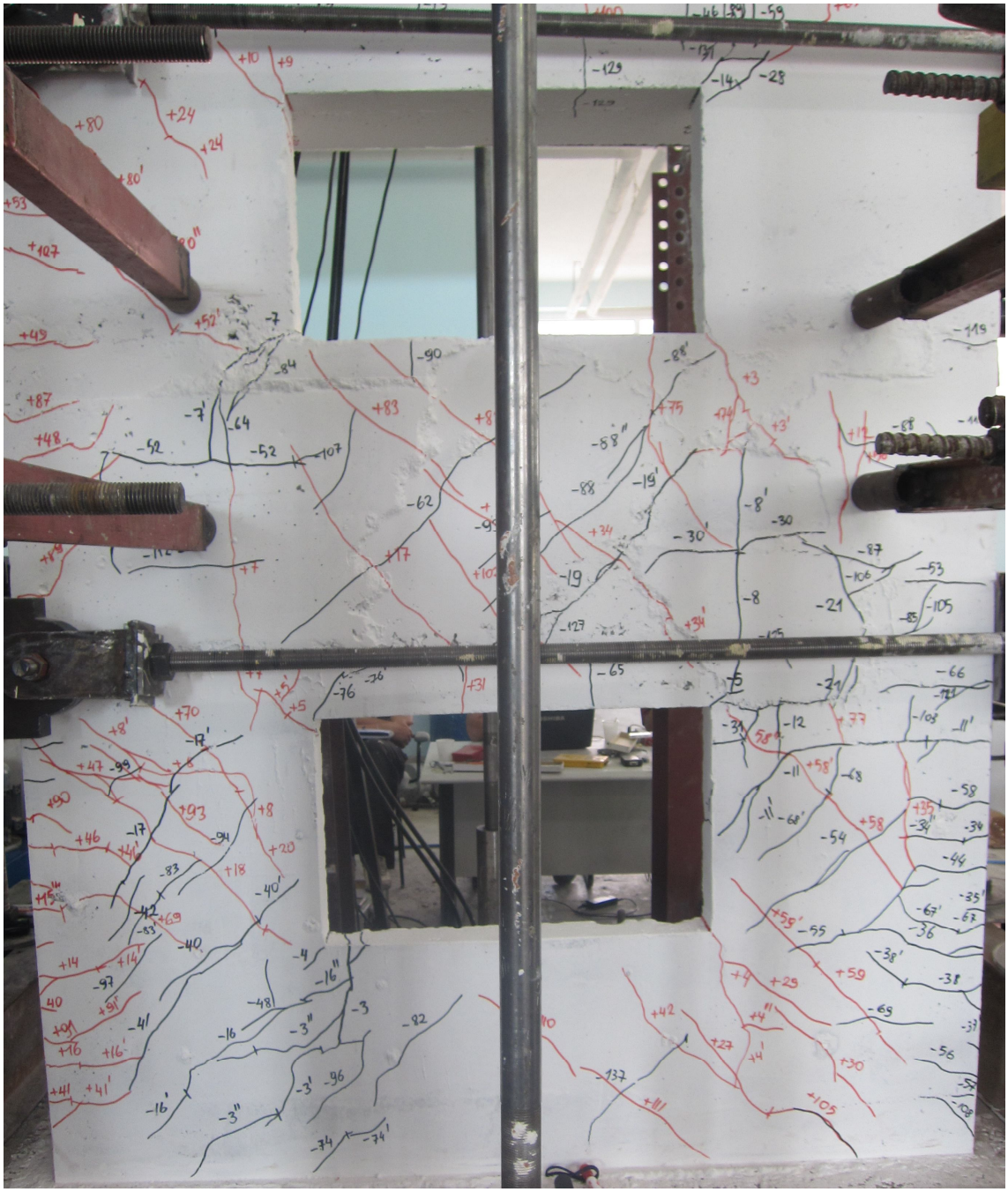
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+1(itme)	20,69	0,27	Deney numunesi 5'nin testinde, ilk çevriminde herhangi bir çatlak oluşmamıştır. Bu çevrimler akma sınırının altında elastik çevrimler olarak uygulanmış ve numunenin elastik özelliklerini görmek için değerlendirilmiştir.
-1 (çekme)	-20,75	-0,21	
+2	41,09	0,69	P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +1 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +2 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +3 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-2	-41,21	-0,69	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -1 ve -2 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -3 ve -4 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
+3	60,85	0,94	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +2 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +2′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +3 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +3′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinde +5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-3	-61,91	-1,06	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -2 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -2′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -3 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -3′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinde -5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -6 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -7 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+4	80,54	1,41	P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +1 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +1′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +2′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +2″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinde +5 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +5′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde başlayarak P101 perdesinin arka yüzüne kadar uzanan +6 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +7 nolu düşey çatlak ve +8 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin pencere boşluğunun üst köşesinde +9 ve +10 nolu çatlak oluşmuştur.
-4	-80,93	-3,01	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -2′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek -2″ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -7 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -7′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üstünde -8 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında -9 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında -10 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yanında -11 nolu kesme çatlağı ve -12 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak yukarıya doğru -13 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşesinde -14 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+5	101,20	0,50	P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +1′ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +1″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzüne kadar uzanan +6 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +6′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden yukarıya doğru +11 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-5	-102,33	-3,66	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -2 nolu kesme çatlağı dallanarak -2‴ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -3′ nolu kesme çatlağı dallanarak -3″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -15 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -16 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -17 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi altında -18 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi hizasında -19 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında -20 nolu aşağıya doğru düşey çatlak oluşmuştur. . P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi hizasında -21 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -22 ve -23 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişi birleşiminde -24 nolu çatlak oluşuştur.
+6	122,18	1,13	P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +2″ nolu kesme çatlağı ilerleyerek +2‴ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin +8 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +8′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin pencere boşluğunun üst köşesinde +10 nolu çatlak ilerleyerek +10′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +12 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak yukarıya doğru +13 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonunda ve hizasında birbirlerine paralel +14, +15 ve +16 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında kadar +17 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-6	-121,78	-4,58	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üstünde -8 nolu düşey çatlak ilerleyerek -8′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yanında -11 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -11′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -15 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -15′ nolu ve -15″ çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -16 nolu kesme çatlağı uzayarak -16′ nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi hizasında -19 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -19′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -22 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -22′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde -25 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K101 kirişi altında birbirlerine paralel -26 ve -29 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında başlayarak -27 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst köşe kısmına yakın -28 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -30 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst köşesinde -31 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde K101 kirişi birleşiminde -32 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -33 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -34, -36 ve -38 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolonunda -34, -35 ve -36 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolonunda -37 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+7	140,64	1,66	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde +4 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +4′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonunda ve hizasında +14 nolu çatlak ilerleyerek +14′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +18 ve +20 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +19 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi altında +21 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +22 ve +23 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +24 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +25 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi altında +26 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +27, +29 ve +30 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden aşağıya doğru +28 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-7	-140,81	-5,53	P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -6 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -6′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -16′ nolu kesme çatlağı uzayarak -16″ nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -30 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -30′ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde K101 kirişi birleşiminde -32 nolu çatlak ilerleyerek -32′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinde -33 nolu kesme çatlağı uzayarak -33′ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolonunda -34 ve -35 nolu eğilme çatlakları ilerleyerek -34′ ve -35′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -39 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -40, -41 ve -42 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde K101 kiriş birleşiminde -43 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -44 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında birbirlerine paralel -45, -46 ve -47 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur.
+8	161,48	2,47	P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +31 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +32 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerini takip eden +33 ve +34 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +35 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirini takip eden +36 ve +37 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişinde +38 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
-8	-161,92	-6,55	P101 perdesinin ön yüzünde -17 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -17′ nolu çatlak oluşmuştur. K101 kirişi altında -18 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -18′ nolu çatlak oluşmuştur. . K101 kirişi altında -29 nolu kesmeli eğilme çatlağı ilerleyerek -29′ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolonunda -36 nolu eğilme çatlağı uzayarak -36′ nolu çatlak oluşmuştur. K201 kiriş hizasında -45 nolu düşey çatlağı ilerleyerek -45′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -48 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -49, -50 ve -51 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -52 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -53 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -54 ve -55 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -56, -57 ve -58 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında -59 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K201 kirişi altında -60 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -61 nolu düşey çatlak oluşmuştur.
+9	180,57	3,36	Önceki çevrimlerde oluşan +14, +15, +16, +21, +23, +24, +26 ve +32 nolu çatlaklar uzayarak +14′, +14″, +15″, +15‴, +16′, +21′, +23′, +24′, +26′ ve +32′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda +39 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonu ve hizasında birbirlerine paralel +40 ve +41 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +42 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +43 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde +44 ve +45 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir.
-9	-181,21	-7,70	P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında -9 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -9′ nolu çatlak oluşmuştur. Diğer çevrimlerde oluşan çatlaklar ilerleyerek -23′,-25′, -35″,-37′,-38′, -39′ ve -40′ nolu çatlaklar oluşmuştur. K201 kirişi altında -60 nolu çatlak ilerleyerek -60′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -62 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altından aşağıya doğru -63 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -64 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında -65 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -66, -67 ve -69 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -68 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -70 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi ön ve üst yüzünde birbirlerine paralel -71 ve -72 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+10	203,47	4,43	P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolonunda ve hizasında +14 nolu çatlak ilerleyerek +14‴ nolu çatlak oluşmuştur. Önceki çevrimlerde oluşan çatlaklar ilerleyerek +6″, +14‴, +16′, +34′, +39′, +40′, +41′ ve +45′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin önyüzünde S101 kolon hizasında birbirlerine paralel +46 ve +47 nolu çatlaklar oluşmuştur. S201 kolonundan başlayarak P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında oluşan +48 ve +49 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +50, +54 ve +55 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +51, +52 ve +53 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +56 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzü K101 kiriş birleşiminden yukarıya doğru +57 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +58 ve +59 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +60 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +61 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +62 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +63, +64, +66 ve +67 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +65 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K201 kirişi altında +68 nolu çatlak oluşmuştur.
-10	-202,03	-8,72	S101 kolon mantosu iç yüzünde -25 nolu düşey çatlak ilerleyerek -25′ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolonunda -34 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -34″ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -73 ve -75 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -74 ve -82 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin pencere boşluğu üst kısmında -76 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -77 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında birbirlerine paralel -78 ve -79 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -80 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi alt yüzünde -81 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -83 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt köşe kısmında -84 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişinde -86 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında birbirlerine paralel -85, -87 ve -88 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+11	222,52	5,64	P201 perdesinin arka yüzünde birbirini takip eden +36 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +36′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda +39 nolu eğilme çatlağı uzayarak +39″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +58 nolu kesme çatlağı uzayarak +58′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +62 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +62′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +69 ve +70 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında birbirlerine paralel +71, +72 ve +73 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun altında birbirlerine paralel +74 ve +75 nolu düşey çatlaklar meydana gelmiştir. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi birleşiminde aşağıya doğru +76 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +77 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +78 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K101 kirişi alt yüzünde +79 ve +81 nolu kesmeli eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +80 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-11	-221,19	-9,96	P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun yanında -11 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -11″ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -68 nolu düşey çatlak ilerleyerek -68′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -77 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -77′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -83 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -83′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -88 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzü K201 kiriş hizasında -89 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu alt kısmından aşağıya doğru -90 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -91 nolu kesme çatlağı dallanarak -92 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluklarının arasında -93 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -94, -96, -97 ve -99 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P101 perdesinin arka yüzünde -95 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -98 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön ve iç yüzünde -100 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -101 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -102 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -103 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. K201 kirişinde alt yüzünde -104 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 ve P201 perdesinin kesişim bölgesinde S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -105 ve -106 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+12	240,80	7,01	P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +31 nolu düşey çatlak ilerleyerek +31′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin önyüzünde S101 kolon hizasında +46 nolu çatlak uzayarak +46′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +52 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +52′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +61 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +61′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon hizasında +80 nolu kesme çatlağı ilerleyerek +80′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +82, +83, +84 ve +102 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +85, +87 ve +89 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +86 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +88 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +90 ve +92 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +91 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +93 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +94 ve +95 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde +96 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +97 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +98 ve +99 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kirişi hizasında +100 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K201 kirişi hizasında +101 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur.
-12	-241,00	-11,27	S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -67 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -67′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin pencere boşluğu üst kısmında -76 nolu kesme çatlağı uzayarak -76′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -88 nolu kesme çatlağı ilerleyerek -88 nolu çatlak oluşmuştur. K201 kirişinde alt yüzünde -104 nolu kesmeli eğilme çatlağı ilerleyerek -104′ nolu çatlak oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde -107 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru S102 kolon hizasında -108 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunun iç yüzünde birbirlerine paralel -109 ve -110 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel -111, -113 ve -114 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -112 nolu kayma çatlağı oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında birbirlerine paralel -115, -116, -117 ve -119 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -118 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -120 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında -121 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -122 ve -123 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -124 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üst kısmında K101 kiriş hizasında -125 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -126 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde -127 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.K101 kirişinin alt yüzünde -128 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. K201 kirişi ön yüzünde -130 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kenarından yukarıya doğru -129 nolu düşey çatlak ve üst köşe kısmından yukarıya doğru -131 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -132 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -133 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -134, -135 ve -136 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -137 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+13	261,80 **$0.75V_{max}$=257.2** **(nominal akma)**	8,75	+10 nolu çevrimde oluşan +58 ve +59 nolu çatlaklar uzayarak +58′ ve +59′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +11 nolu çevrimde oluşan +81 ve +82 nolu çatlaklar uzayarak +81′ ve +82″ nolu çatlaklar oluşmuştur. +12 nolu çevrimde oluşan +87, +88, +91, +95, +97 ve +99 nolu çatlaklar uzayarak +87′, +88′, +91′, +95′, +97′ ve +99′ nolu çatlaklar meydana gelmiştir. S201 kolonunda +103 ve +104 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru +105 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +106 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +107 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde +108 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +109 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden +110 ve +111 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +112 nolu düşey çatlak oluşmuştur.



Şekil 4.99. Deney numunesi 5'in, nominal akma sınırından sonraki ($0.75V_{max}$) ilk çevrimde ön yüzden görünüşü (itme yönünde)



Şekil 4.100. Deney numunesi 5'in, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü (itme yönünde)



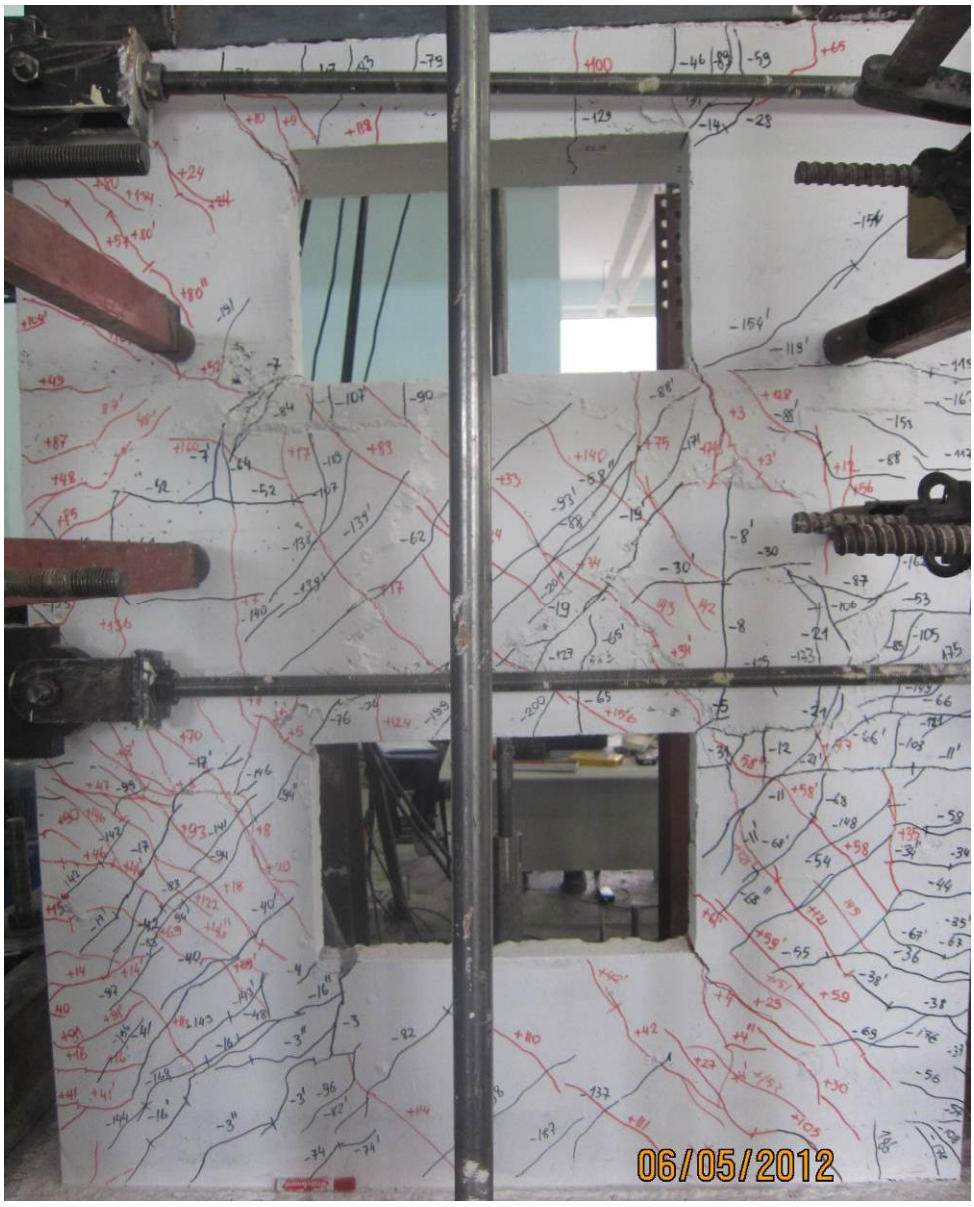
Şekil 4.101. Deney numunesi 5'in, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme yönünde)

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
-13	-260,37 **$0.75V_{max}$=242.8 (nominal akma)**	-12,92	-9 nolu çevrimde -65 nolu çatlak uzayarak -65′ nolu çatlak oluşmuştur. -10 nolu çevrimde -75 ve -82 nolu çatlaklar uzayarak -75′ ve -82′ nolu çatlaklar oluşmuştur. -11 nolu çevrimde -88, -94 ve -95 nolu çatlaklar uzayarak -88′, -94′ ve 95′ nolu çatlaklar oluşmuştur. -12 nolu çevrimde -104, -119, -122, -126 ve -134 nolu çatlaklar uzayarak -104′, -119′, -119″, -122′, -126′ ve -134′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında birbirlerine paralel -138, -139 ve -140 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -141, -142 ve -146 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -143 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında -144 nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosunun iç yüzünde -145 nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -147 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -148 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -149 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -150 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -151 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi altında -152 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -153 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -154 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

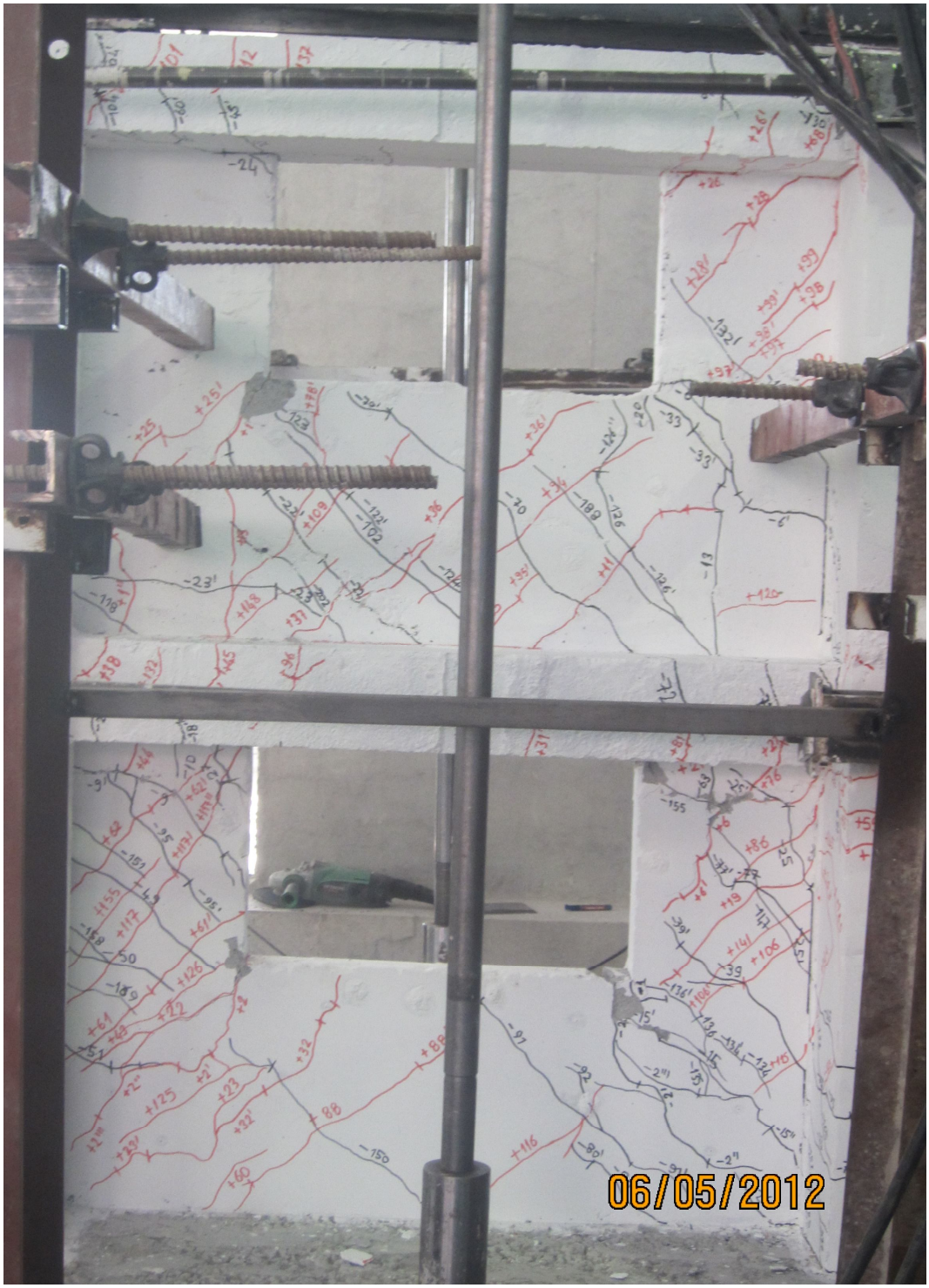
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+14	282,81	10,39	+7 nolu çevrimde oluşan +25 nolu çatlak ilerleyerek +25′ nolu çatlak oluşmuştur. +8 nolu çevrimde oluşan +31 nolu çatlak ilerleyerek +31″ nolu çatlak oluşmuştur. +10 nolu çevrimde oluşan +55 ve +61 nolu çatlaklar ilerleyerek +55′ ve +61′ nolu çatlak oluşmuştur. +11 nolu çevrimde oluşan +69 ve +78 nolu çatlaklar ilerleyerek +69′ ve +78′ nolu çatlak oluşmuştur. +12 nolu çevrimde oluşan +98 nolu çatlaklar ilerleyerek +98′ nolu çatlak oluşmuştur. +13 nolu çevrimde oluşan +104 ve +107 nolu çatlaklar ilerleyerek +104′ ve +107′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +113 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +114 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +115 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden başlayarak +116 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +117 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında +118 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde +119 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +120 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +121 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-14	-281,49	-15,18	-10 nolu çevrimde oluşan -75 nolu çatlak uzayarak -75′ nolu çatlak oluşmuştur. -11 nolu çevrimde oluşan -91 nolu çatlak uzayarak -91′ nolu çatlak oluşmuştur. -12 nolu çevrimde oluşan -111 nolu çatlak uzayarak -111′ nolu çatlak oluşmuştur. -13 nolu çevrimde oluşan -119, -126, -143 ve -154 nolu çatlak ilerleyerek -119‴, -126″, -143′ ve -154′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi birleşiminden aşağıya doğru -155 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerini takip eden -156 ve -157 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -158 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunun iç yüzünde -159 ve -160 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunun ön yüzünde -161 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -162 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -163 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -164 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+15	302,60	12,07	+6 nolu çevrimde oluşan +17 nolu çatlak uzayarak +17′ nolu çatlak oluşmuştur. +9 nolu çevrimde oluşan +42 nolu çatlak uzayarak +42′ nolu çatlak oluşmuştur. +12 nolu çevrimde oluşan +46′ nolu çatlak uzayarak +46″ nolu çatlak oluşmuştur. +13 nolu çevrimde oluşan +106 nolu çatlak uzayarak +106′ nolu çatlak oluşmuştur. +14 nolu çevrimde oluşan +117 nolu çatlak uzayarak +117′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +122 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 mantosu iç yüzünde +123 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu üstünde +124 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +125 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde pencere boşluğunun alt köşesinden aşağıya doğru +126 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunun iç yüzünde temelden yukarıya doğru +127 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +128 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 mantosu ön ve iç yüzünde birbirlerine paralel +129, +130 ve +131 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde +132 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +133 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +134 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +135 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında +136 nolu düşey çatlak oluşmuştur. K201 kirişi ön yüzünde +137 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +138 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
-15	-293,72	-17,56	-5 nolu çevrimde oluşan -21 nolu çatlak uzayarak -21′ nolu çatlak oluşmuştur. -9 nolu çevrimde oluşan -66 ve -70 nolu çatlaklar uzayarak -66′ ve -70′ nolu çatlaklar oluşmuştur.-10 nolu çevrimde oluşan -80 nolu çatlak uzayarak -80′ nolu çatlak oluşmuştur. -11 nolu çevrimde oluşan -68′ nolu çatlak uzayarak -68′′ nolu çatlak oluşmuştur. -12 nolu çevrimde oluşan -107, -116, -117, -130, -136, -154 ve -162′ nolu çatlaklar uzayarak -107′, -116′, -117′, -130′, -136′, -154′ ve -162′ nolu çatlaklar oluşmuştur.S101 kolon mantosu iç yüzünde -165 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde temelden yukarıya doğru -166 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde -167 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -168 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -169 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -170 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -171 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -172 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -173 nolu düşey çatlak ve -175 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu temelden yukarıya doğru -174 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -176 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -177 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru birbirlerine paralel -178 ve -186 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde -179 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -180 ve -181 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -182 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -183 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S102 kolonunda birbirlerine paralel -184 ve -185 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -187 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+16	323,20	14,07	+7 nolu çevrimde oluşan +28 nolu çatlak ilerleyerek +28′ nolu çatlak oluşmuştur. +10 nolu çevrimde oluşan +46 ve +48 nolu çatlak ilerleyerek +46′ ve 48′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +12 nolu çevrimde oluşan +87 nolu çatlak ilerleyerek +87′ nolu çatlak oluşmuştur. +15 nolu çevrimde oluşan +117′ nolu çatlak ilerleyerek +117′′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda +139 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında +140 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +141 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kirişi hizasında birbirlerine paralel +142 ve +143 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +144 nolu kesme çatlağı ve +145 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +146 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu K101 kiriş birleşiminde +147 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak yukarıya doğru +148 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +149 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +150 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +151, +152 ve +154 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzü ve K201 kirişi birleşiminden aşağıya doğru +153 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir.
-16	-309,06	-20,09	Bu çevrimde numunede, çatlak gözlemlenmemiştir.
+17	340,41	17,22	Bu çevrimde numunede, çatlak gözlemlenmemiştir.
-17	$\mathbf{V_{max}=-323,71}$	-23,65	-5 nolu çevrimde oluşan -17 nolu çatlak ilerleyerek -17′ nolu çatlak oluşmuştur. -11 nolu çevrimde oluşan -93 nolu çatlak ilerleyerek -93′ nolu çatlak oluşmuştur. -12 nolu çevrimde oluşan -132 nolu çatlak ilerleyerek -132′ nolu çatlak oluşmuştur. -13 nolu çevrimde oluşan -139 ve -142 nolu çatlaklar ilerleyerek -139′ ve -142′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -188 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -189 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -190 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğu yanında -191 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel -192 ve -193 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde -194 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. S101 kolon mantosu iç yüzünde temelden yukarıya doğru birbirlerine paralel -195 ve -197 nolu düşey çatlaklar meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun alt kısmında -198 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kenarından yukarıya doğru birbirlerine paralel -199 ve -200 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesi ile P201 perdesinin ön yüzünde pencere boşluklarının arasında -201 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak yukarıya doğru -202 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. ***Bu çevrimde; deney numunesi çekme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır.***

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
+18	V_{max}=342,96	20,70	+14 nolu çevrimde oluşan +121 nolu çatlak ilerleyerek +121′ nolu çatlak oluşmuştur. +16 nolu çevrimde oluşan +145 nolu çatlak ilerleyerek +145′ nolu çatlak oluşmuştur.P101 perdesinin arka yüzünde +155 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde pencere boşluğunun üst kısmında +156 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde +157 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +158 ve +159 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde +160 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerini takip eden +161 ve +162 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +163 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +164 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +165, +166, +167 ve +168 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. ***Bu çevrimde; deney numunesi itme yönünde maksimum yatay yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır***

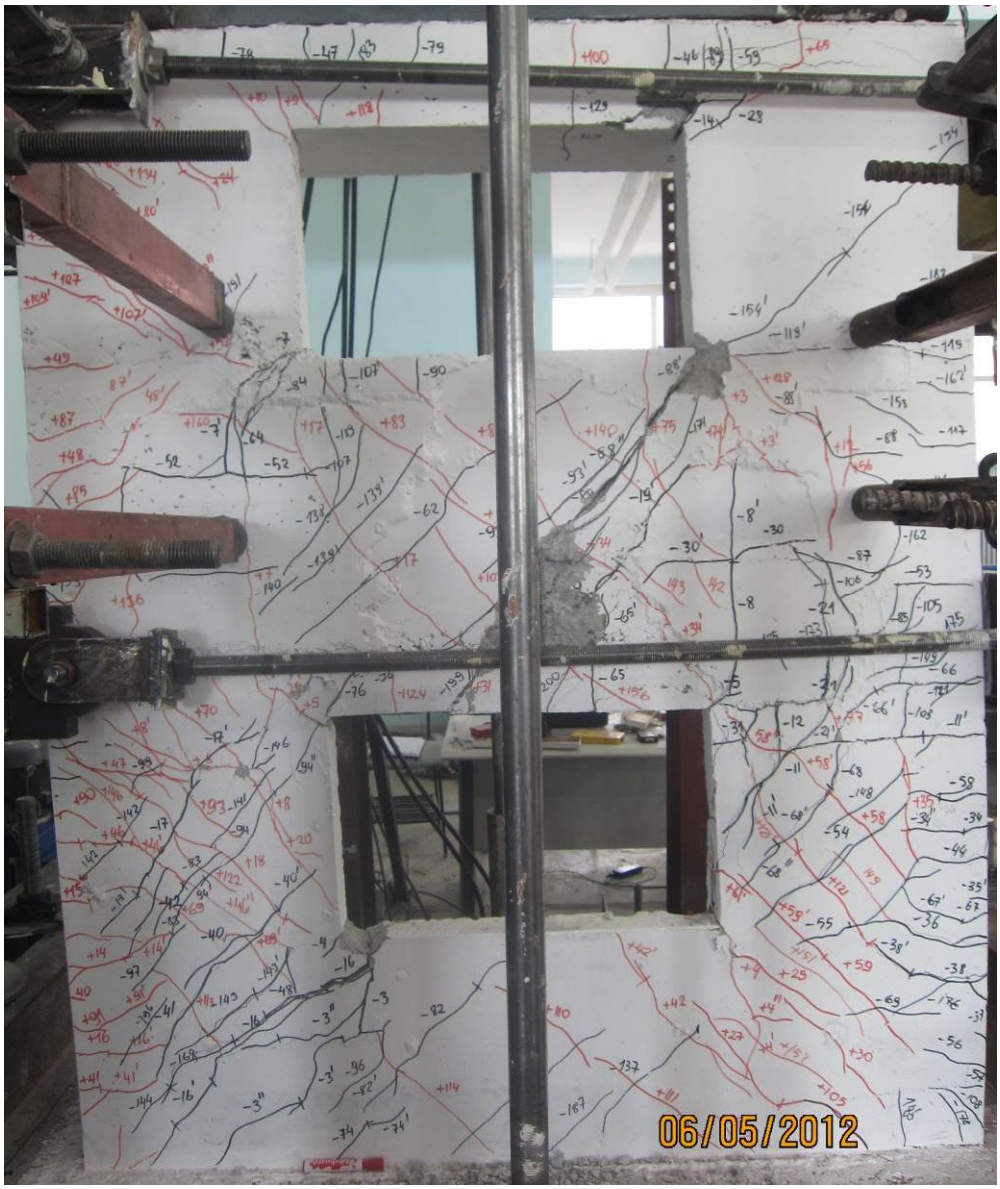


Şekil 4.102. Deney numunesi 5'in, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü

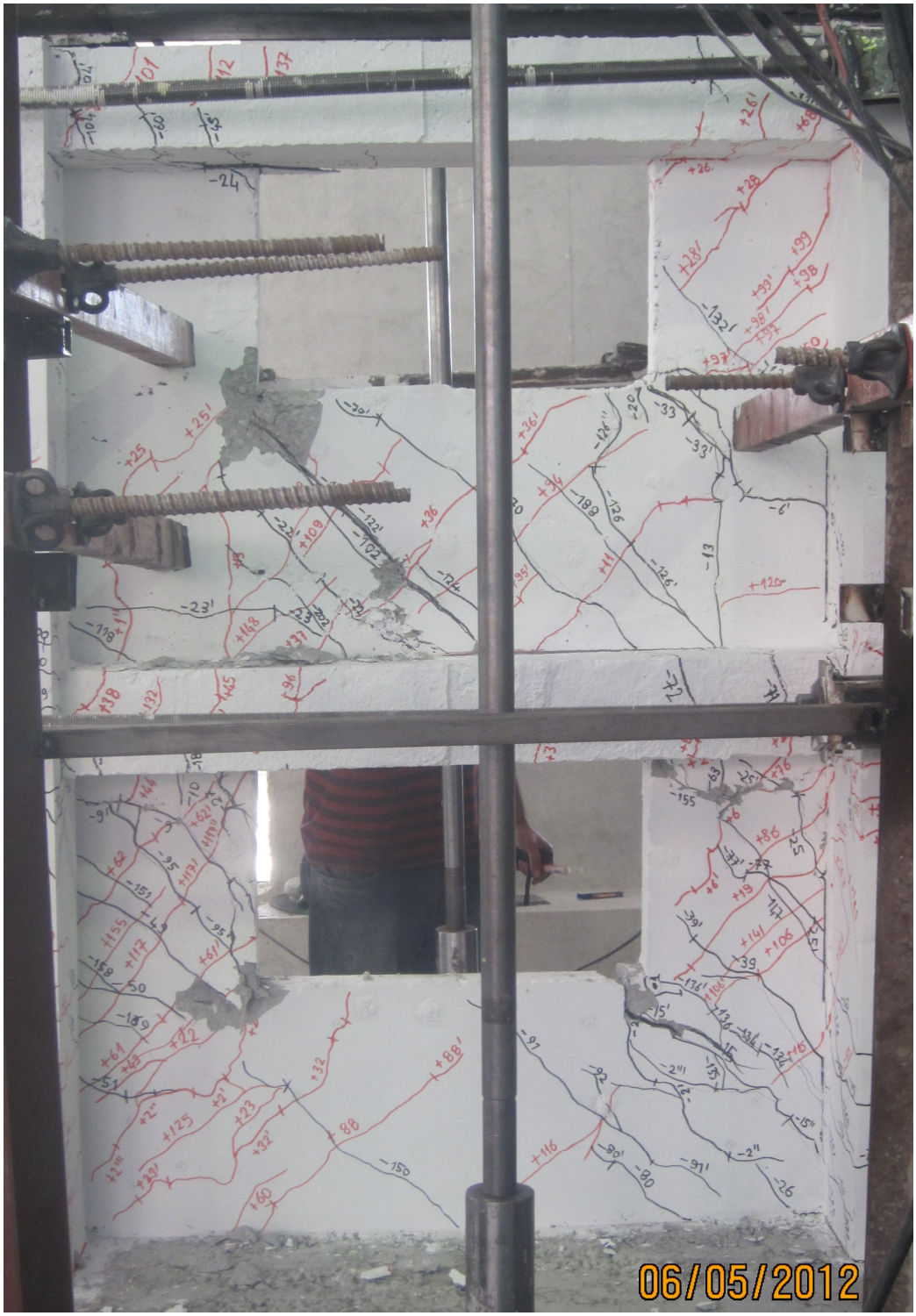


Şekil 4.103. Deney numunesi 5'in, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden görünüşü

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Çatlak Numaraları
-18	-321,36	-28,26	Bu çevrimde numunede oluşan çatlaklara numara verilmemiştir. **Hasarlar:** Deneyin bu son 4 çevriminde; P101 ve P201 perde duvarlarındaki pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği ve bu bölgeye yakın gövde donatılarında kopmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. P101 ve P201 pencere boşluklarının arasında perdede "X" şeklinde hasarlar ve betonun dökülüp perde donatıların açığa çıktığı gözlemlenmiştir. Pencere boşlukları arasında bulunan beton taşıma özelliğini kaybetmiştir. Özellikle P101 perdesindeki pencere boşluğunun alt köşesi S101 ve S102 kolonlarına doğru 45^o olarak ayrılmıştır. P201 perdesindeki pencere boşluğunun alt köşesi, P101 perdesinde nazaran daha az zarar görmüştür. Düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve pencere boşluklarında gözlemlenmiştir. P201 perde duvarındaki pencere boşluğu üst köşesinde yukarıya doğru düşey çatlak büyüyerek ayrılmış ve o bölgede perde ön kısmında betonun döküldüğü gözlemlenmiştir. **Numunede meydana gelen bu hasarlardan ve sistem stabilitesinin tehlikeye girmesinden dolayı çatlak numaralandırılması yapılmamıştır. Sadece oluşan hasarların çekilen fotoğraflarla tespiti yapılmıştır.**
+19	258,87 **$0.8V_{max}$=274.4 (göçme yükü)**	25,75	
-19	-200,57 **$0.8V_{max}$=-259 (göçme yükü)**	-43,98	
+20	191,97	27,90	
-20	-180,94	-54,88	
+21	163,32	43,36	
-21	-154,86	-66,35	
+22	139,97	50,27	
-22	-129,57	-77,34	



Şekil 4.104. Deney numunesi 5'in itme yönünde göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevrimde ön yüzden görünüşü



Şekil 4.105. Deney numunesi 5'in itme yönünde göçme yükünden ($0.8V_{max}$) sonraki ilk çevrimde arka yüzden görünüşü

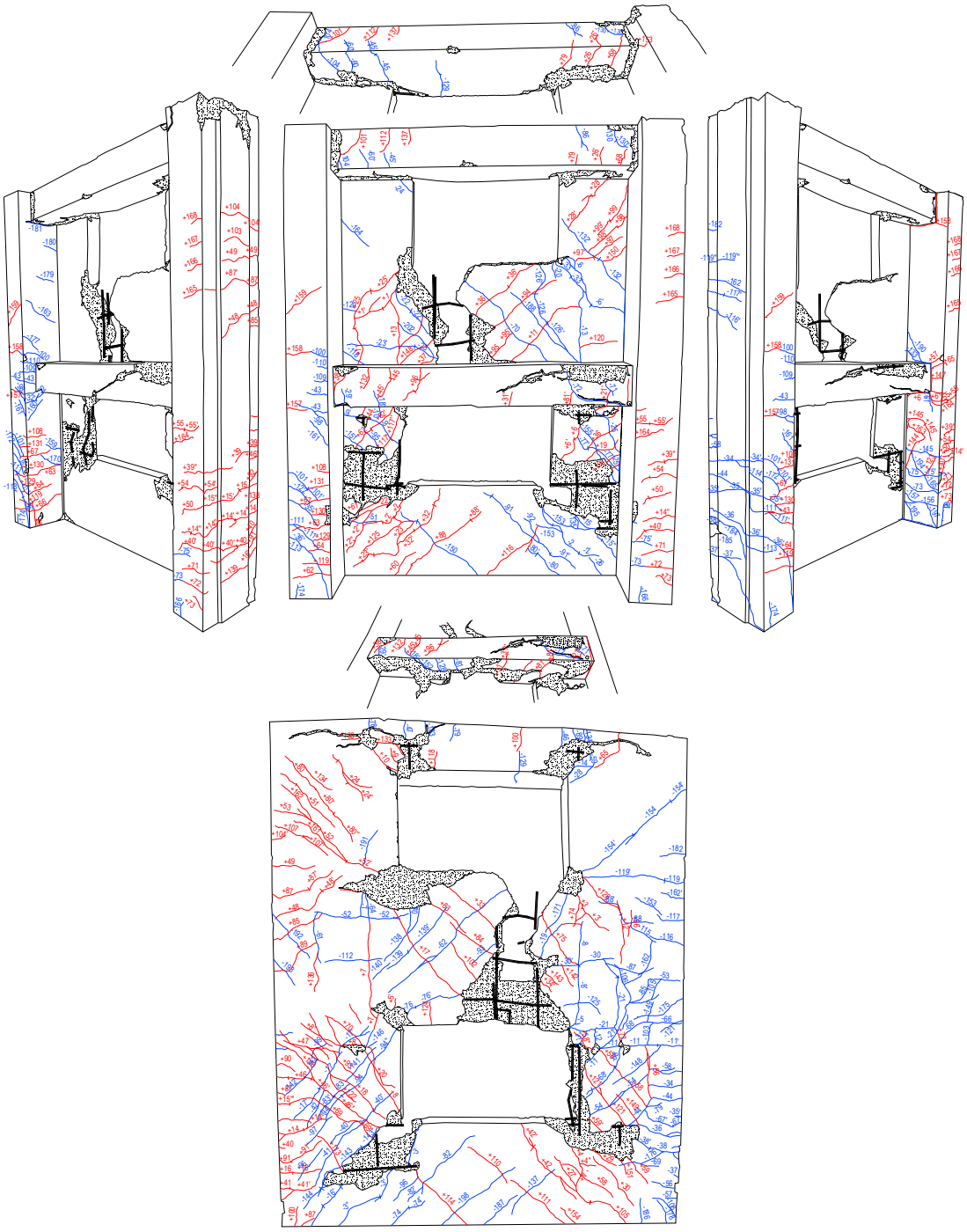
Numunede meydana gelen çatlakların ve hasarların genel durumu ise Şekil 4.106 ve Şekil 4.107'de verilmiştir. Numunede oluşan bu çatlakların ve hasarların şematik gösterimi ise Şekil 4.108'de verilmiştir.



Şekil 4.106. Deney numunesi 5'de deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar



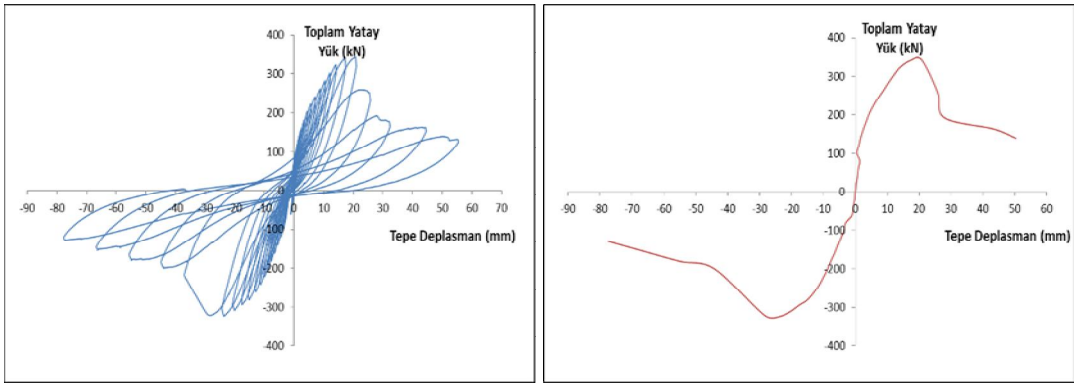
Şekil 4.107. Deney numunesi 5'de deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar



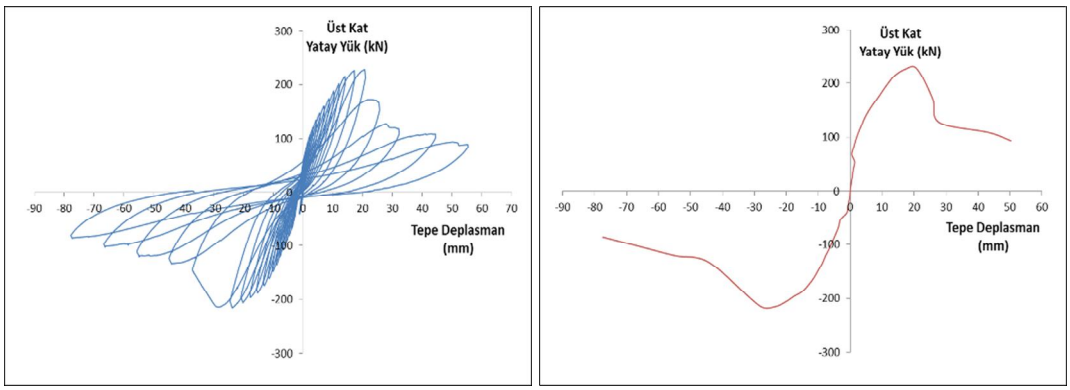
Şekil 4.108. Deney numunesi 5'de oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi

Deney numunesi 5'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve bu histeresis eğrisine ait dayanım zarfı eğrisi Şekil 4.109'da verilmiştir. Deneyde, numunenin üst katında ölçülen yatay yüke karşılık gelen deplasmanının çevrimsel histeresis eğrisi Şekil 4.110'de, alt kat için ise Şekil 4.111'de verilmiştir. Ayrıca; üst katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, üst kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.112'da ve alt katta meydana gelen

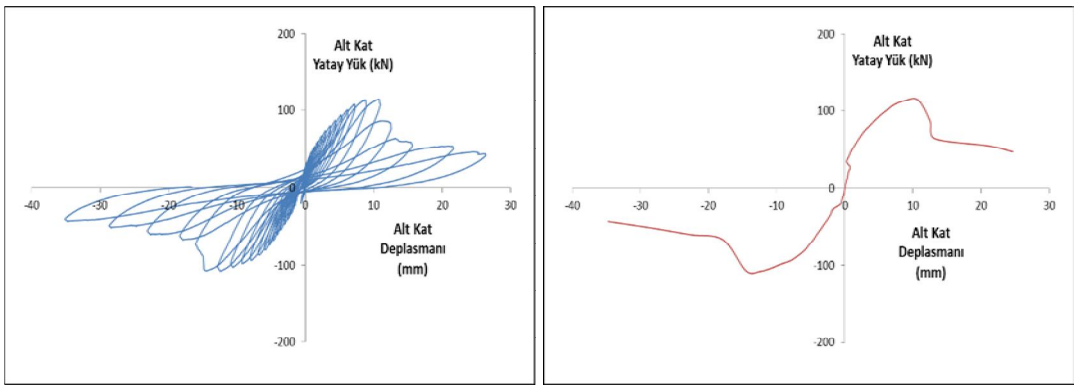
göreceli kat ötelenmesinin, alt kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.113'de verilmiştir.



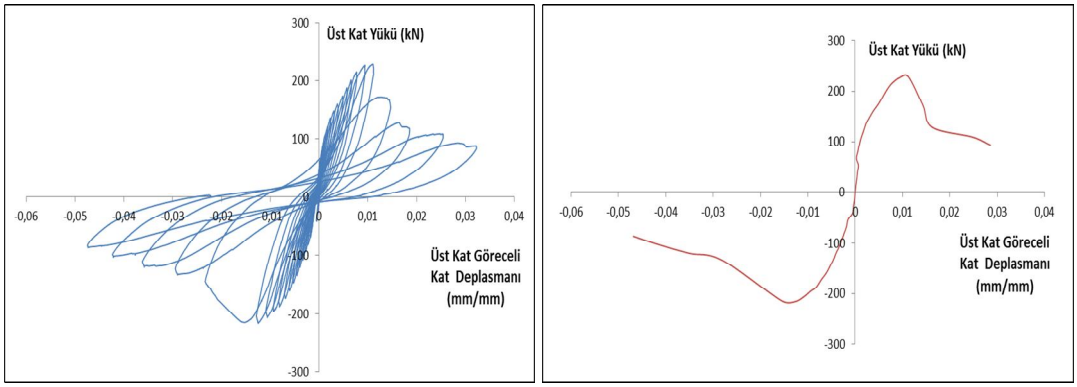
Şekil 4.109. Deney numunesi 5'e ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW)



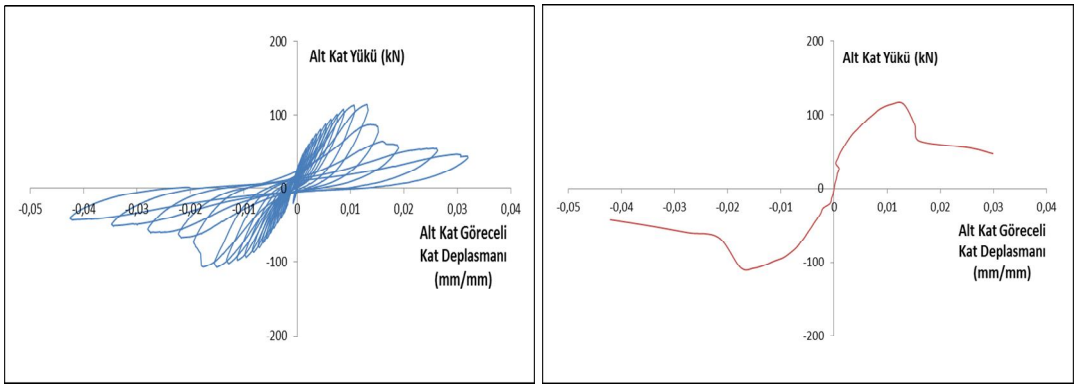
Şekil 4.110. Deney numunesi 5'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWMBW)



Şekil 4.111. Deney numunesi 5'e ait, **a**lt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW)

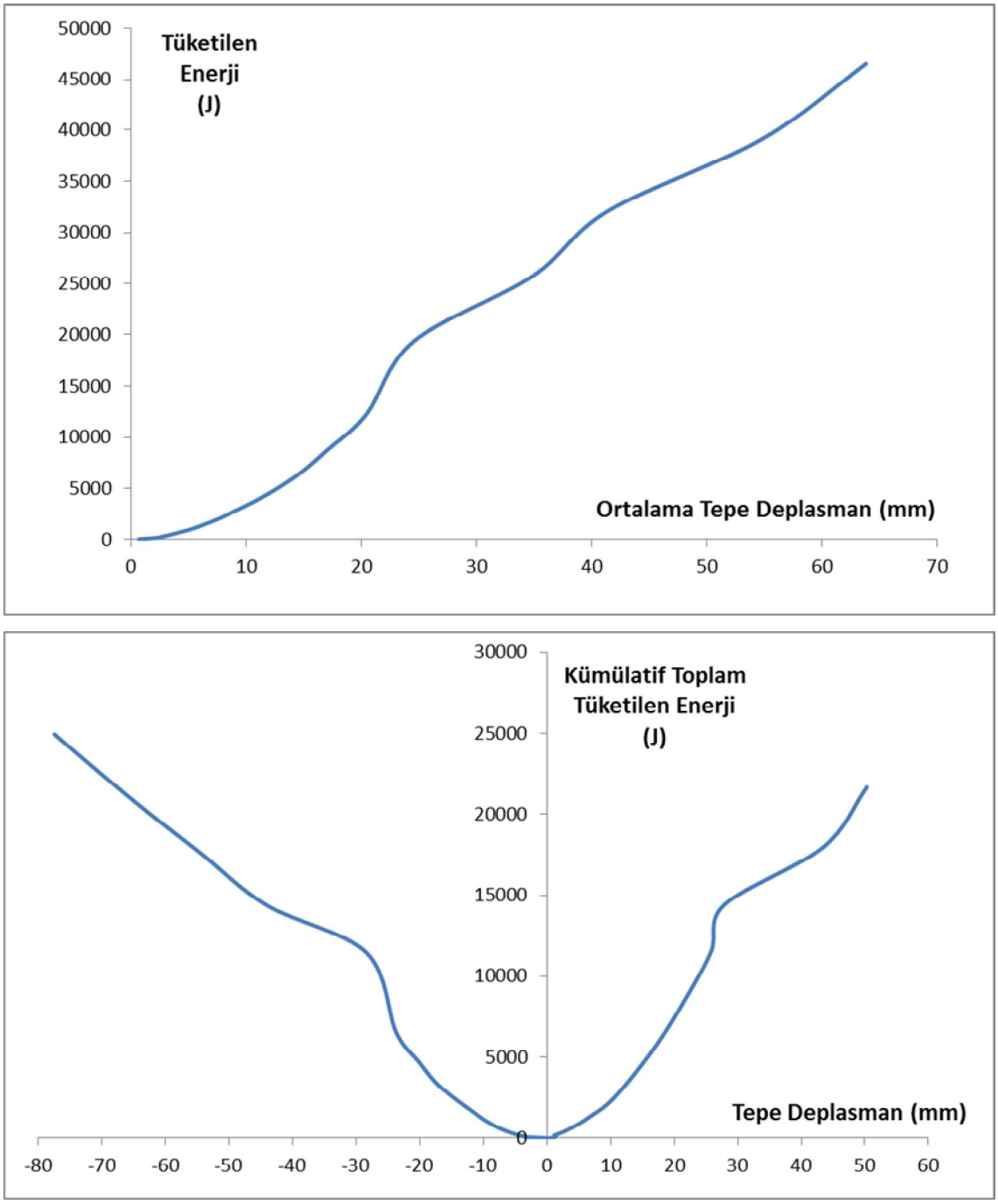


Şekil 4.112. Deney numunesi 5'e ait, üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW)

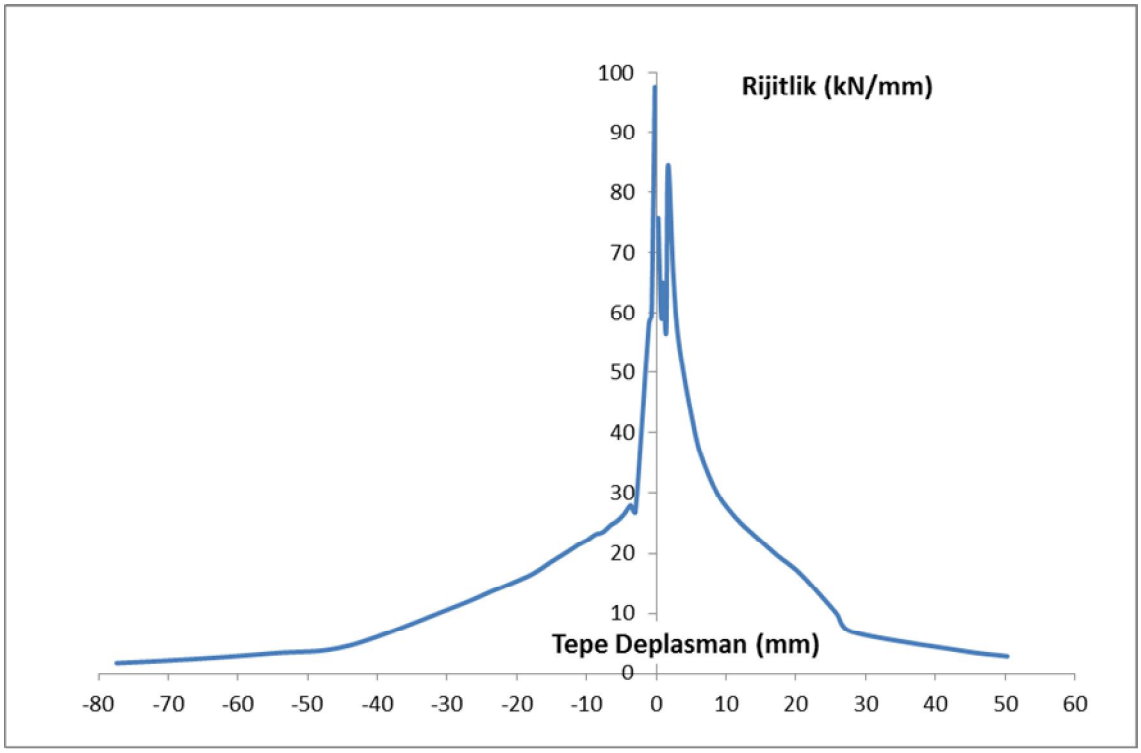


Şekil 4.113. Deney numunesi 5'e ait, alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWMBW)

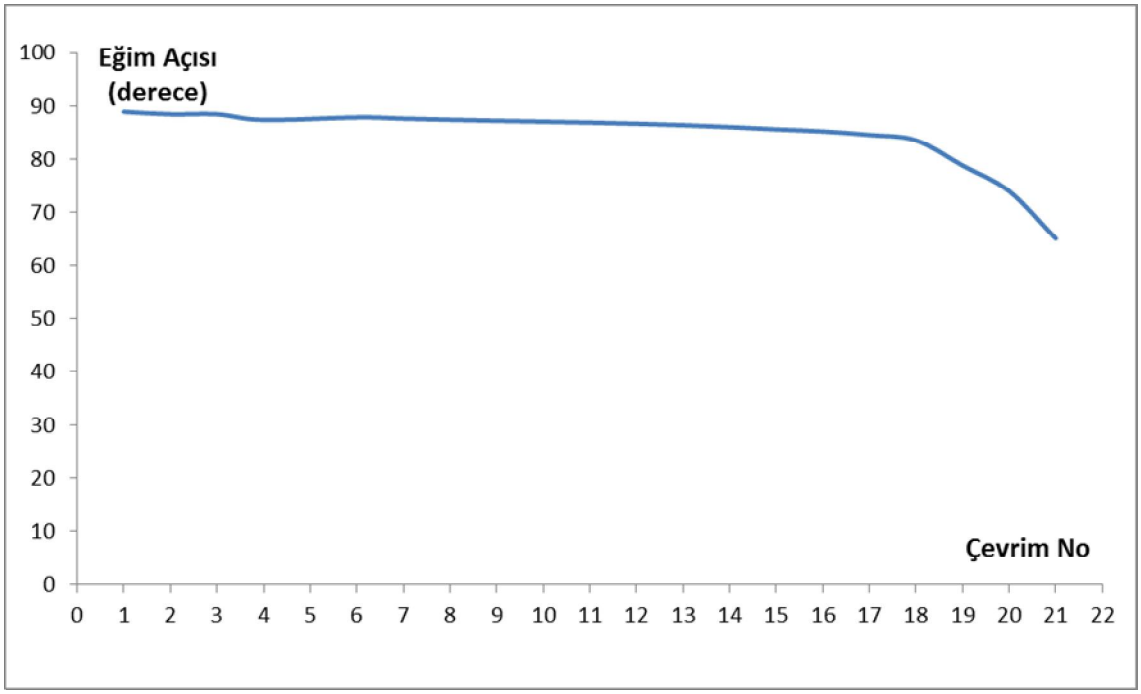
Toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanması ile numunenin enerji tüketme kapasitesi hesaplanmış ve Şekil 4.114'de verilmiştir. Deneyin her bir çevriminde elde edilen maksimum yatay yük değerlerinin, bunlara karşılık gelen yatay deplasman değerlerine oranlanması ile her bir çevrimde elde edilen rijitlik değerleri hesap edilmiştir (Şekil 4.115). İtme çevrimleri için elde edilen değerler şeklin sağında, çekme çevrimleri için hesaplanan değerler grafiğin solunda verilmiştir. Şekil 4.116'da ise her bir çevrimdeki eğim açısı belirlenmiş ve grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.114. Deney numunesi 5'e ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWMBW)

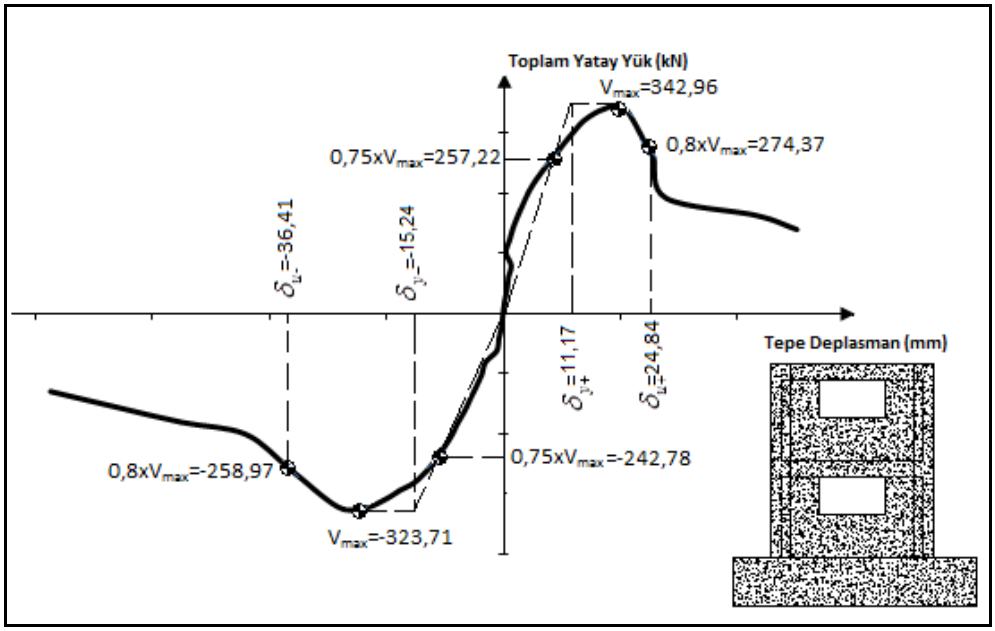


Şekil 4.115. Deney numunesi 5'e ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWMBW)



Şekil 4.116. Deney numunesi 5'e ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWMBW)

Deney numunesi 5'in süneklik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için oluşturulan grafik Şekil 4.117'de verilmiştir.



Şekil 4.117. Deney numunesi 5'e ait, sistem sünekliğinin değerlendirilmesi grafiği (OSWMBW)

4.1.6. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune

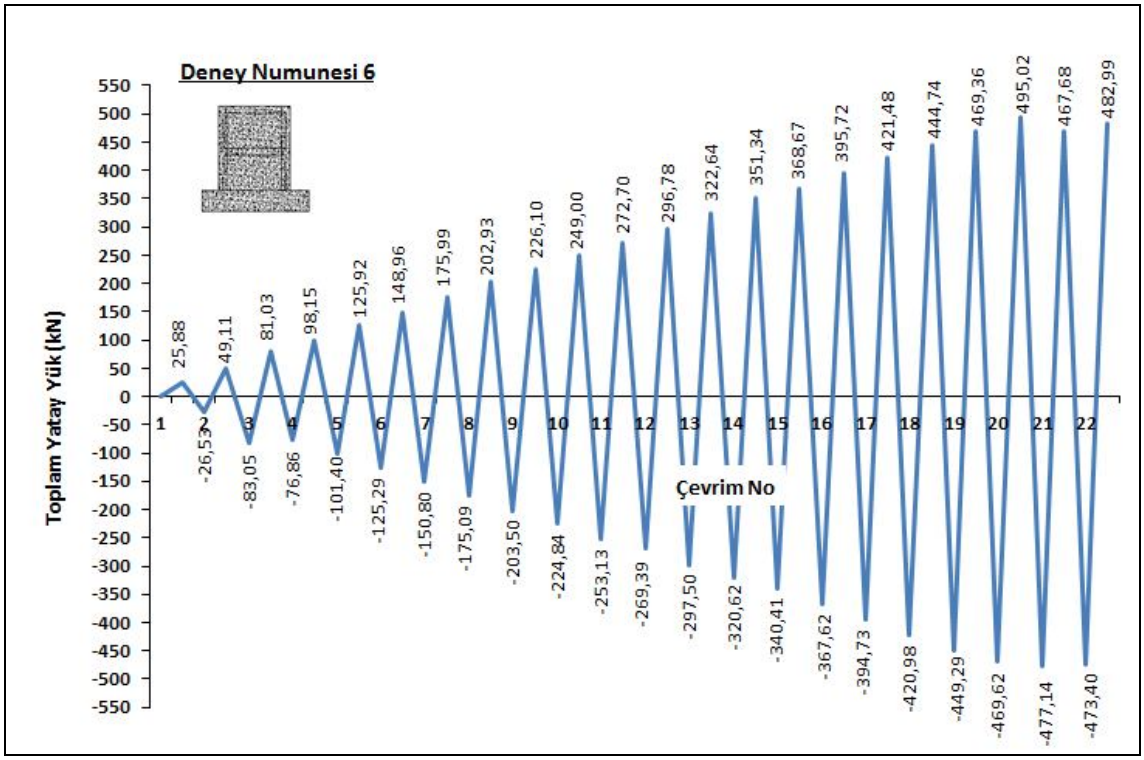
Pencere boşluksuz, düzlem dışı betonarme perde duvarlı bu numunenin, deney düzeneğine yerleştirilmiş hali Şekil 4.96'de verilmiştir. Bu numuneye, deneyde uygulanan yük geçmişi, yatay yüke göre Şekil 4.119'da, tepe deplasmana göre ise Şekil 4.120'da verilmiştir. Deney numunesine, itmede ve çekmede 22 yük çevrimi uygulanmıştır.

Deneye, yük kontrollü başlanılmış ve numunenin maksimum yük kapasitesine ulaşıldıktan sonra deneye deplasman kontrollü yükleme ile devam edilmeye çalışılmıştır. Fakat sistem stabilitesinin tehlikeye girmesinden dolayı göçme yüküne kadar gidilememiştir. Deney numunesi 6'ün, +22. itme çevriminde maksimum 495.02 kN toplam yatay yüke dayandığı ve bu çevrimde numunede tepe deplasmanı 14.51 mm olarak ölçülmüştür. -22. çevrimde ise numunenin -477.14 kN toplam yatay yüke dayandığı ve tepe deplasmanında -11.98 mm olduğu görülmüştür. Deneyde; itme çevrimlerde en fazla 20 mm, çekme çevrimlerinde ise en fazla -14.33 mm deplasman seviyelerine kadar yükleme yapılmıştır.

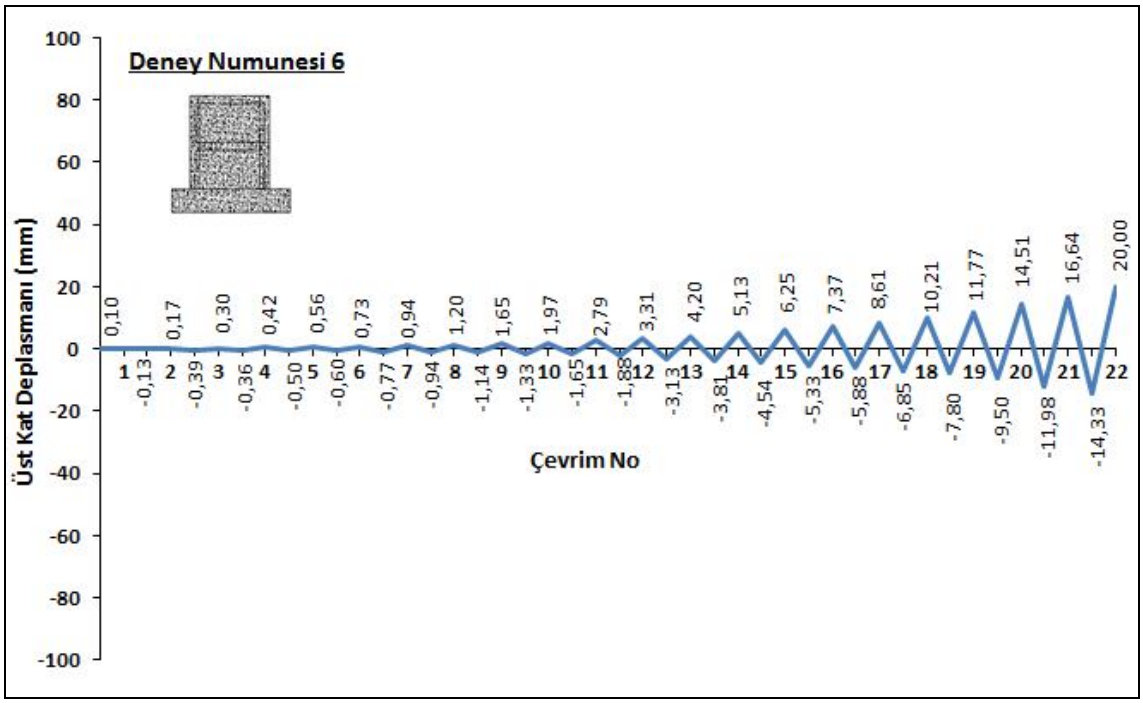
Deney sırasında numuneye, toplam 86 kN eksenel yük verilmiştir. Böylelikle numunenin, S101-S201 ve S102-S202 numaralı kolonlarına 43 kN'luk eksenel yük uygulanmıştır. Buna göre; C15 beton kalitesinde ve 150x100 mm kesitinde olan kolonlara, taşıma kapasitelerinin yaklaşık %20'si kadar eksenel yük verilmiştir.



Şekil 4.118. Deney Numunesi 6'nın deney öncesi görünümü



Şekil 4.119. Deney numunesi 6'da uygulanan yükleme geçmişi grafiği (yatay yüke göre)



Şekil 4.120. Deney numunesi 6'da uygulanan yükleme geçmişi grafiği (tepe deplasmana göre)

Deney numunesi 6'da çatlakların yeri anlatılırken, referans numunede kullanılan kolon ve kiriş numaraları esas alınacaktır. Ayrıca 1.kat hizasında bulunan perdeye P101 ve 2.kat hizasında bulunan perdeye ise P201 ismi kullanılmıştır. Numunede meydana gelen çatlaklar, Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Deney numunesi 6'da, itme ve çekme yük çevrimlerine göre çatlakların dağılımı ve hasar oluşumu

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+1(itme)	25,88	0,095	S101 kolon mantosu ve S102 kolon mantosu ön yüzünde temel birleşiminde +1 ve +2 nolu çatlaklar oluşmuştur.
-1 (çekme)	-26,53	-0,126	S102 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel -1, -2 ve -3 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+2	49,11	0,174	+1 nolu çevrimde oluşan +2 nolu çatlak ilerleyerek +2′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru +3 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +4, +5, +6 ve +7 eğilme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde +8 ve +9 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
-2	-83,05	-0,391	P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -4 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru -5 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+3	81,03	0,304	+2 nolu çevrimde oluşan +3 ve +9 nolu çatlaklar ilerleyerek +3′ ve +9′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +10 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde +11 nolu kesme çatlağı ve temelden yukarıya doğru +12 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-3	-76,86	-0,356	P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru -6 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -7 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
+4	98,15	0,417	+1 nolu çevrimde oluşan +2′ nolu çatlak ilerleyerek +2″ nolu çatlak oluşmuştur. +2 nolu çevrimde oluşan +4, +5 ve +6 nolu çatlak ilerleyerek +4′, +5′ ve +6′ nolu çatlaklar oluşmuştur.S101 kolonunda +13 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

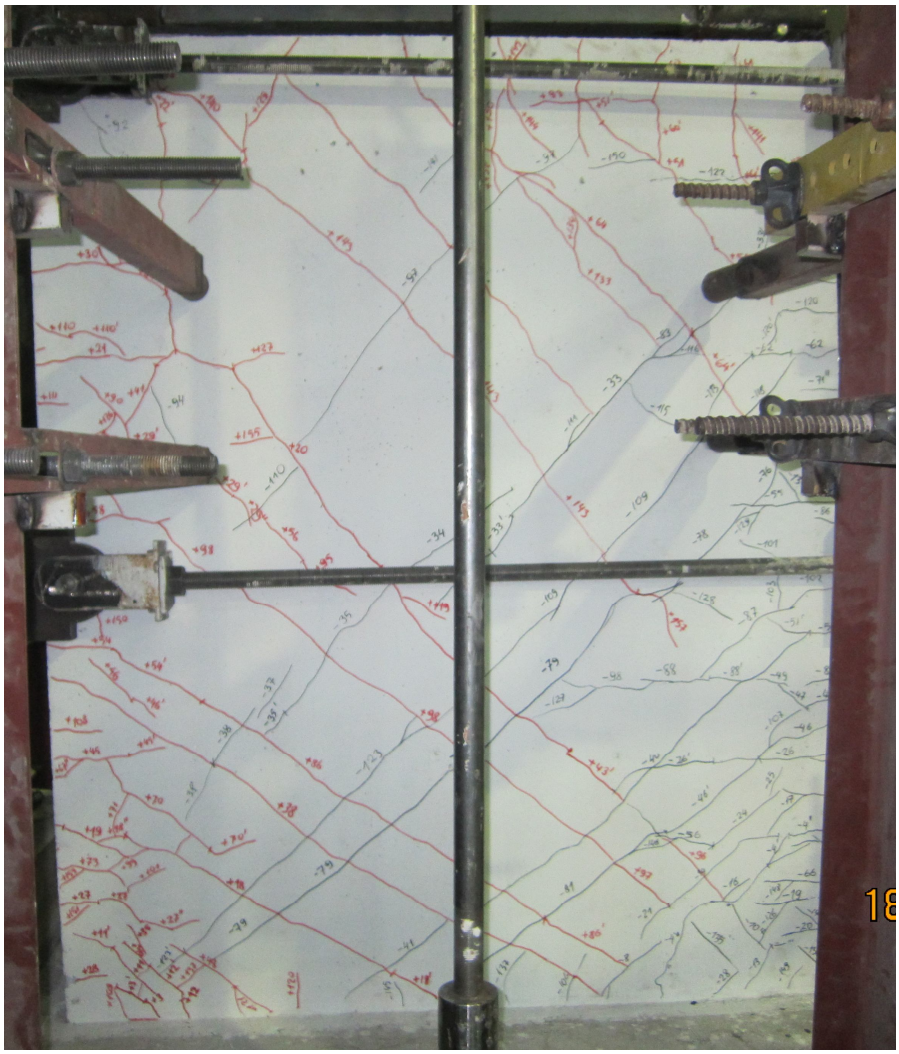
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-4	-101,40	-0,495	-1 nolu çevrimde oluşan -3 nolu çatlak uzayarak -3′ nolu çatlak oluşmuştur.-2 nolu çevrimde oluşan -4 nolu çatlak uzayarak -4′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -8 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -9 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -10 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.
+5	125,92	0,556	+3 nolu çevrimde oluşan +11 nolu çatlak ilerleyerek +11′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +14 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +15 ve +16 kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde +17 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden +18 ve +19 nolu çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +20 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201kolon hizasında +21 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +22 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +23 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-5	-125,29	-0,604	-4 nolu çevrimde oluşan -4′ nolu çatlak ve -9 nolu çatlak ilerleyerek -4″ ve -9′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -11 ve -12 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -13 ve -14 nolu kesme çatlakları oluşmuştur.
+6	148,96	0,734	+5 nolu çevrimde oluşan +18 nolu çatlak ilerleyerek +18′ nolu çatlak oluşmuştur. S101 kolonunda +24 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +25 nolu eğilme çatlağı ve +26 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında birbirlerine paralel +27 ve +28 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +29 ve +30 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S201 kolonunda +31 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +32 ve +33 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
-6	-150,80	-0,773	-5 nolu çevrimde oluşan -9′ nolu çatlak -9″ nolu çatlak oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -15 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden -16, -17 ve -21 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön yüzünde -18 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde -19 ve -20 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+7	175,99	0,942	+5 nolu çevrimde oluşan +15 nolu çatlak ilerleyerek +15′ nolu çatlak oluşuştur. +6 nolu çevrimde oluşan +27 ve +29 nolu çatlaklar ilerleyerek +27′ ve +29′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +34 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +35, +38 ve +43 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +36 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde +37 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +39 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +40 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201kolon hizasında +41 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +42 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-7	-175,09	-0,939	-1 nolu çevrimde oluşan -2 nolu çatlak ilerleyerek -2′ nolu çatlak oluşmuştur. -4 nolu çevrimde oluşan -10 nolu çatlak ilerleyerek -10′ nolu çatlak oluşmuştur. -6 nolu çevrimde oluşan -17 ve -18 nolu çatlaklar ilerleyerek -17′ ve -18′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -22 ve -23 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirini takip eden -24 ve -25 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -26 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -27 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -28 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolonunda -29 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -30 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+8	202,93	1,202	+5 nolu çevrimde oluşan +22 nolu çatlaklar uzayarak +22′ nolu çatlak oluşmuştur. +7 nolu çevrimde oluşan +29′, +40 ve +43 nolu çatlaklar uzayarak +29″, +40′ ve +43′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda +44 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +45 nolu eğilme çatlağı ve +46 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +47 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +48 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinde +49 nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden başlayarak aşağıya doğru +50 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +51 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin yan yüzünde S101 kolon hizasında +52 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-8	-203,50	-1,140	-7 nolu çevrimde oluşan -26 nolu eğilme çatlağı ilerleyerek -26′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -31 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -32 ve -36 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 ve P201 perde ön yüzünde birbirini takip eden -33, -34, -35, -37, -38 ve -39 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -40 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -41 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde K101 kiriş birleşiminde birbirlerine paralel -42 ve -43 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -44 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel K101 kirişinden yukarıya doğru -45, -50 ve -52 nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -46, -48, -51 ve -53 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirlerini takip eden -47 ve -49 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında birbirlerine paralel -54 ve -55 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+9	226,10	1,653	+2 nolu çevrimde oluşan +8 nolu çatlak uzayarak +8′ nolu çatlak oluşmuştur. +4 nolu çevrimde oluşan +13 nolu çatlak uzayarak +13′ nolu çatlak oluşmuştur. +6 nolu çevrimde oluşan +31 nolu çatlak uzayarak +31′ nolu çatlak oluşmuştur. +7 nolu çevrimde oluşan +39 nolu çatlak uzayarak +39′ nolu çatlak oluşmuştur. +8 nolu çevrimde oluşan +40′ ve +46 nolu çatlaklar uzayarak +40″ ve +46′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S201 kolonunda +53 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +54 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda +55 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +56 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu yan yüzünde +57 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +58 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında aşağıya doğru +59, +60 ve +61 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +62 nolu çatlak oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde +63 ve +64 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +65 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +66 nolu düşey çatlak oluşmuştur.
-9	-224,84	-1,331	-7 nolu çevrimde oluşan -18′ ve -30 nolu çatlaklar uzayarak -18″ ve -30′ nolu çatlaklar oluşmuştur. -8 nolu çevrimde oluşan -33 nolu çatlak uzayarak -33′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -56 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu ön ve iç yüzünde -57 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin yan yüzünde S102 kolon hizasında -58 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -59 ve -60 nolu çatlaklar oluşmuştur. S102 kolonunda -61 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -62 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -63 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde köşe kısmında -64 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -65 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+10	249,00	1,974	+5 nolu çevrimde oluşan +17 ve +19 nolu çatlaklar uzayarak +17′ ve +19′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +6 nolu çevrimde oluşan +18′ ve +33 nolu çatlaklar uzayarak +18″ ve +33′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +7 nolu çevrimde oluşan +27′ nolu çatlak uzayarak +27″ nolu çatlak oluşmuştur. +8 nolu çevrimde oluşan +43′ ve +45 nolu çatlaklar uzayarak +43″ ve +45′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +9 nolu çevrimde oluşan +54 ve +64 nolu çatlaklar uzayarak +54′ ve 64′ nolu çatlaklar oluşmuştur. S101 kolonunda +67 ve +68 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +70 ve +71 nolu kesme çatlakları oluşuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +72 ve +74, yan yüzünde +69 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin yan yüzünde S101 kolon hizasında +73 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +75, +76 ve +77 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +78 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak yukarıya doğru +79 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +80 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +81 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel +82, +83 ve +84 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S201 kolonunda +85 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-10	-253,13	-1,648	-8 nolu çevrimde oluşan -32, -38, -46, -53 ve -54 nolu çatlaklar ilerleyerek -32′, -38′, -46′, -53′ ve -54′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -66 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -67 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -68 ve -69 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolonunda birbirlerine paralel -70 ve -71 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin alt yüzünde -72 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzü ve K201 kirişi birleşiminde -73 nolu çatlak oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -74 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

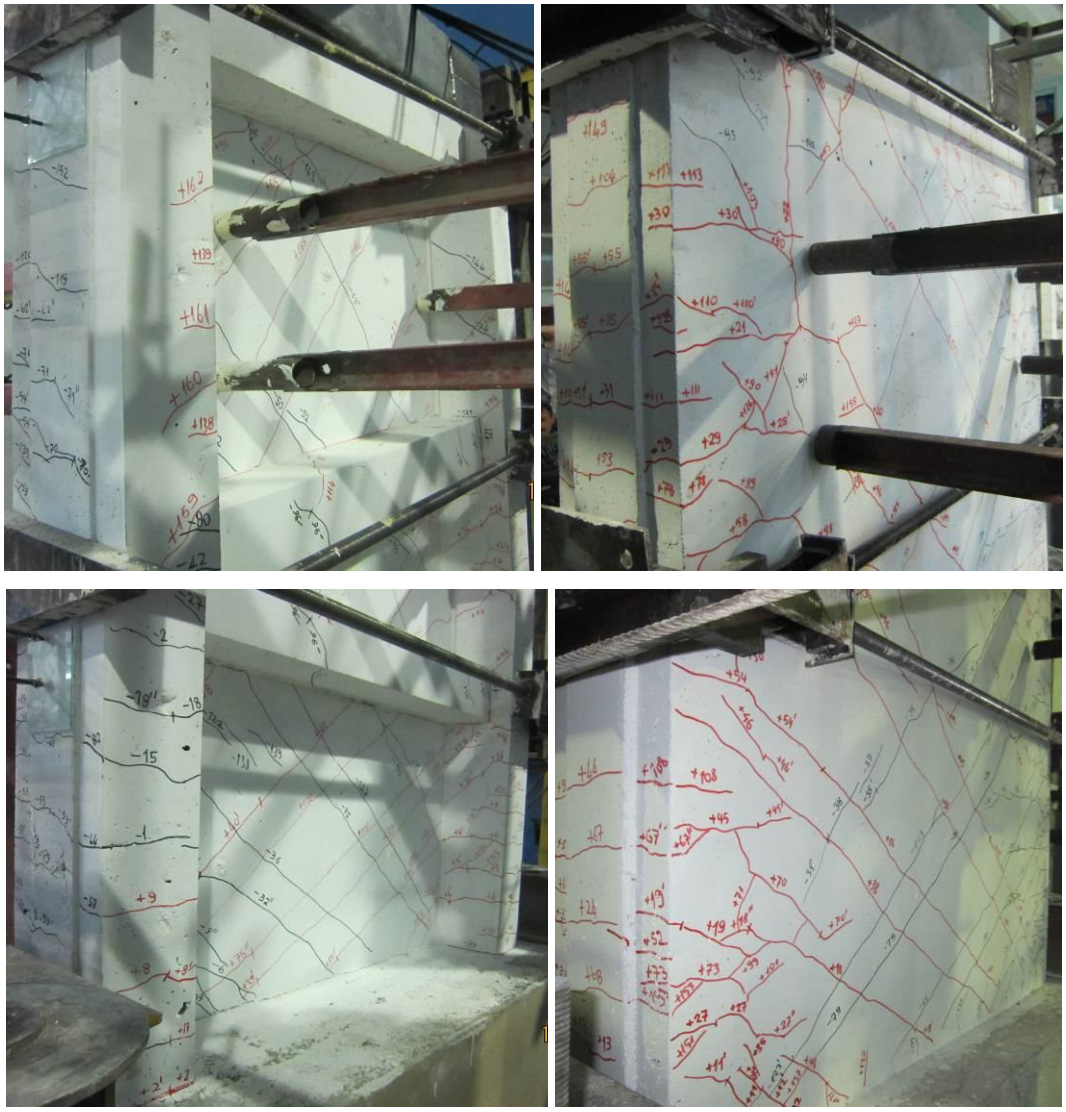
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+11	272,70	2,786	+7 nolu çevrimde oluşan +34 nolu çatlak ilerleyerek +34′ nolu çatlak oluşmuştur. +8 nolu çevrimde oluşan +51 nolu çatlak ilerleyerek +51′ nolu çatlak oluşmuştur. +9 nolu çevrimde oluşan +60 nolu çatlak ilerleyerek +60′ nolu çatlak oluşmuştur. +10 nolu çevrimde oluşan +75 ve +84 nolu çatlaklar ilerleyerek +75′ ve +84′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +86 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde +87 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde K101 kiriş birleşiminde +88 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel +89, +90 ve +91 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S102 kolon mantosunun iç yüzünde +92 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +93 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosunun iç yüzünde +94 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-11	-269,39	-1,884	-8 nolu çevrimde oluşan -35 nolu çevrimde oluşan çatlak ilerleyerek -35′ nolu çatlak oluşmuştur. -10 nolu çevrimde oluşan -32′ ve -54′ nolu çevrimde oluşan çatlaklar ilerleyerek -32″ ve -54″ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -75 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden -76 ve -78 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -77 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirine paralel -79 ve -81 nolu çatlaklar oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde -80 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosunun yan yüzünde -82 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -83 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde köşe kısmında -85 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel S202 kolon hizasında -86 ve 90 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -87 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -88 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -89 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -91 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında birbirlerine paralel -92 ve -93 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -94 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
+12	296,78	3,310	+8 nolu çevrimde oluşan +51 nolu oluşan çatlak ilerleyerek +51′ nolu çatlak oluşmuştur. +9 nolu çevrimde oluşan +55 ve +61 nolu oluşan çatlaklar ilerleyerek +55′ ve +61′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +10 nolu çevrimde oluşan +75 nolu çatlak ilerleyerek +75′ nolu çatlak oluşmuştur. +11 nolu çevrimde oluşan +86 nolu çatlak ilerleyerek +86′ nolu çatlak oluşmuştur.P101 perdesinin ön yüzünde birbirine paralel eden +95 ve +98 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirine paralel +96 ve +97 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +99 ve +101 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde +100 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde +102 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +103 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolonunda +104 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden başlayarak aşağıya +105 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ark yüzünde +106 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.
-12	-297,50	-3,135	-8 nolu çevrimde oluşan -51 nolu çatlak ilerleyerek -51′ nolu çatlak oluşmuştur. -9 nolu çevrimde oluşan -59, -62 ve -63 nolu çatlaklar ilerleyerek -51′,-59′,-62′,-63′ ve -63″ çatlaklar oluşmuştur.P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden başlayarak -95 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi ön yüzünde -96 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -97 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -98 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -99 ve -100 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -101 ve -102 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -103 nolu düşey çatlak olmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -104 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden başlayarak aşağıya doğru -105 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -106 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -107 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+13	322,64	4,204	+10 nolu çevrimde oluşan +85 nolu çatlak uzayarak +85′ ve +85″ nolu çatlaklar oluşmuştur. S201 kolon mantosunun yan yüzünde +107 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +108 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru S101 kolon hizasında +109 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +110, +111 ve +113 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir. S201 kolon mantosunun ön yüzünde +112 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinin ön yüzünde +114 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +115 nolu kesme çatlağı meydan gelmiştir. K201 kirişinin alt yüzünden başlayarak ön yüzüne kadar uzanan +116 nolu kesmeli eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında +117 nolu kesme çatlağı ve +118 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında +119 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +120 nolu düşey çatlak ve +121 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir.
-13	-320,62	-3,807	-9 nolu çevrimde oluşan -62 nolu çatlak ilerleyerek -62′ nolu çatlak oluşmuştur. -10 nolu çevrimde oluşan -70 ve -71 nolu çatlaklar ilerleyerek -70′ ve -71′ nolu çatlaklar oluşmuştur.S102 kolon mantosu iç yüzünde -108 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -109 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -110 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -111, -113, -118 ve -122 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. P201 perdesinin arka yüzünde -112 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -115 ve -116 nolu kayma çatlakları meydana gelmiştir. S202 kolon mantosu iç yüzünde -117 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. S202 kolonunda -119 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön ve yan yüzünde S202 kolon hizasında -120 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. S101 kolon mantosu iç yüzünde K101 kirişi birleşiminde -121 nolu çatlak oluşmuştur.
+14	351,34	5,132	+10 nolu çevrimde oluşan +70 nolu çatlak uzayarak +70′ nolu çatlak oluşmuştur. +12 nolu çevrimde oluşan +100 nolu çatlak uzayarak +100′ nolu çatlak oluşmuştur. +13 nolu çevrimde oluşan +110 nolu çatlak uzayarak +110′ nolu çatlak oluşmuştur.S101 kolon mantosu iç yüzünde +123 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin arka yüzünde +124 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön ve yan yüzünde S201 kolon hizasında +125 nolu eğilme çatlağı ve +126 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +127 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinde +128 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kiriş hizasında +129 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden +130 ve +132 nolu düşey çatlaklar oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde +131 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +133 nolu kesme çatlağı dallanarak +134 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. P201 perdesinin arka yüzünde +135 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +136 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +137 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +138 ve +139 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
-14	-340,41	-4,536	-10 nolu çevrimde oluşan -74 nolu çatlak ilerleyerek -74′ nolu çatlak oluşmuştur. -11 nolu çevrimde oluşan -54′ nolu çatlak ilerleyerek -54″ nolu çatlak oluşmuştur. -12 nolu çevrimde oluşan -96 nolu çatlak ilerleyerek -96′ nolu çatlak oluşmuştur. -13 nolu çevrimde oluşan -62′, -71′ ve -120 nolu çatlaklar ilerleyerek -62″, -71″ ve -120′ nolu çatlaklar oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -123 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -124 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -125 ve -126 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -127 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -128 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -129 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişinde -130 ve -132 nolu kesmeli eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında -131 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S202 kolon hizasında -133 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -134 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -135 ve -136 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -137 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+15	368,67	6,246	+10 nolu çevrimde oluşan +64′ ve +77′ nolu çatlaklar uzayarak +64″ ve +77″ nolu çatlaklar oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +139, +159, +160, +161, +162 ve +163 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel +140, +141, +142, +143, +144 ve +157 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S201 kolon mantosu yan yüzünde birbirlerine paralel +146, +147 ve +148 nolu eğilme çatlakları ve ön yüzünde +154 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir.S201 kolonunda +149 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +150 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +151 ve +153 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde +152 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +155 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. S101 kolon mantosu ön yüzünde +156 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden aşağıya doğru +158 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosunun iç yüzünde +164 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +165, +166, +167 ve +168 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir.
-15	-367,62	-5,326	-9 nolu çevrimde oluşan -33′ nolu çatlak ilerleyerek -33″ nolu çatlak oluşmuştur. -11 nolu çevrimde oluşan -88 nolu çatlak ilerleyerek -88′ nolu çatlak oluşmuştur. -13 nolu çevrimde oluşan -117 nolu çatlak ilerleyerek -117′ nolu çatlak oluşmuştur. -14 nolu çevrimde oluşan -123 nolu çatlak ilerleyerek -123′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel -138 ve -139 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde -140 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -141 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -142 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden başlayarak aşağıya doğru -143 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde -144 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde temelden yukarıya doğru -145 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -146 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -147 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında birbirlerine paralel -148 ve -149 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -150 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -151 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda -152 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S202 kolon hizasında -153 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur.S102 kolonunda birbirlerine paralel -154 ve -155 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir.
+16	395,72 **$0.75V_{max}$=371.3**	7,374	+9 nolu çevrimde oluşan +46′ nolu çatlak uzayarak +46″ nolu çatlak oluşmuştur. +13 nolu çevrimde oluşan +114 nolu çatlak uzayarak +114′ nolu çatlak oluşmuştur. +14 nolu çevrimde oluşan +136 ve +139 nolu çatlaklar uzayarak +136′ ve +139′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +15 nolu çevrimde oluşan +160, +164, +165 ve +167 nolu çatlaklar uzayarak +160′, +164′, +165 ve +167′ nolu çatlaklar oluşmuştur.P201 perdesinin ön yüzünde +169 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. S201 kolon mantosu yan yüzünde +170 nolu eğilme çatlağı meydana gelmiştir. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel K201 kiriş hizasında +171 ve +172 nolu düşey çatlaklar ve +173 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +174 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden aşağıya doğru +175 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden +176 ve +178 kesme çatlağı ve dallanarak oluşan +177 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. S202 kolon mantosu iç yüzünde +179 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +180 nolu kesme çatlağı ve +182 nolu düşey çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +183 nolu kesme çatlağı ve +184 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +185 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +186 nolu kayma çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +187 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.



Şekil 4.121. Deney numunesi 6'nın, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ön yüzden görünüşü (itme yönünde)

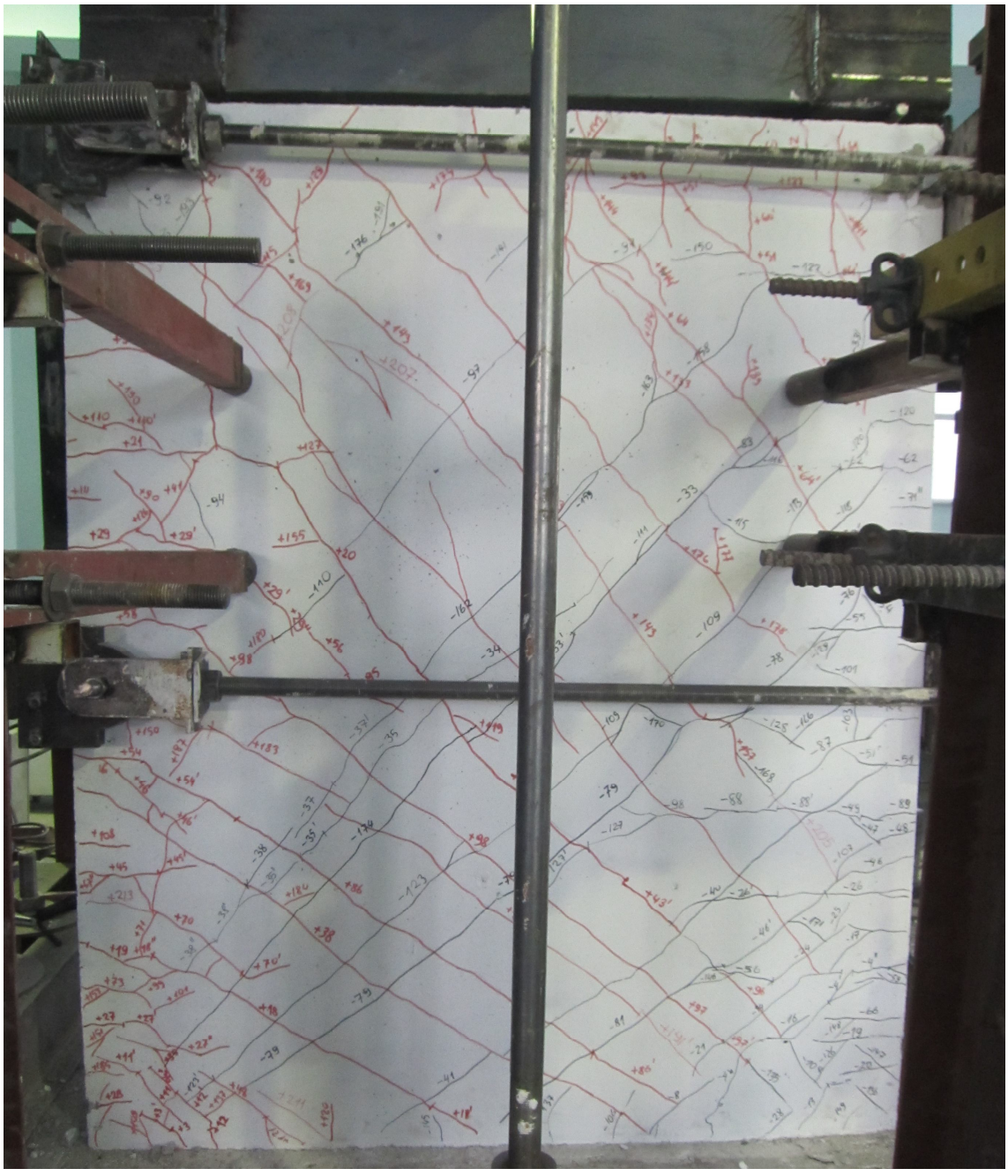


Şekil 4.122. Deney numunesi 6'nın, nominal akma yükünden ($0.75V_{max}$) sonraki ön ve arka yüzden perspektif görünüşleri (itme yönünde)

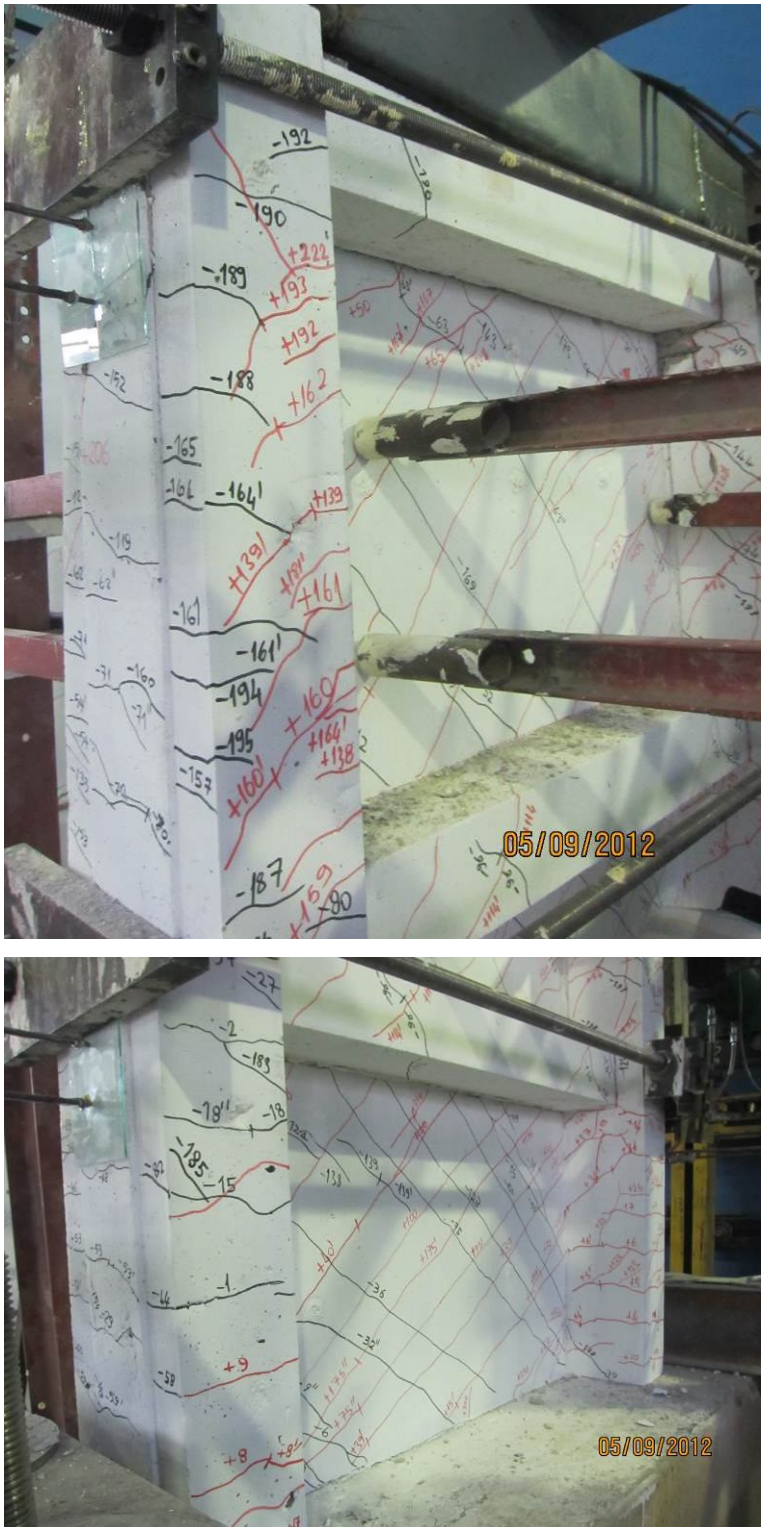
Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-16	-394,73 **$0.75V_{max}$=-357.8**	-5,880	-12 nolu çevrimde oluşan -95 nolu çatlak ilerleyerek -95′ nolu çatlak oluşmuştur. S202 kolon mantosu yan yüzünde birbirlerine paralel -156, -157, -161, -164 ve -165 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirini takip eden -158, -159, -162 ve -163 nolu kesme çatlakları meydana gelmiştir. S202 kolonunda -160 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -166 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -167 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. P101 perdesinin ön yüzünde K101 kiriş hizasında -168 ve -170 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -169 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S102 kolon hizasında -171 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde e -172 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde K201 kirişinden başlayarak aşağıya doğru -173 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde -174 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde -176 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde -177 nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
+17	421,48	8,605	+12 nolu çevrimde oluşan +97 nolu çatlak uzayarak +97′ nolu çatlak oluşmuştur. +15 nolu çevrimde oluşan +144 ve +161 nolu çatlaklar uzayarak +144′ ve +161′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +16 nolu çevrimde oluşan +175 nolu çatlak uzayarak +175′ nolu çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde K201 kiriş hizasında +188 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde +189 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +190 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +191 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +192 ve +193 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +194 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +195 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin yan yüzünde S201 kolon hizasında +196 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel +197 ve +198 nolu eğilme çatlakları meydana gelmiştir.
-17	-420,98	-6,849	Bu çevrimde çatlak numarası verilmemiştir.
+18	444,74	10,215	+11 nolu çevrimde oluşan +34′ nolu çatlak uzayarak +34″ nolu çatlak oluşmuştur. +15 nolu çevrimde oluşan +162 nolu çatlak uzayarak +162′ nolu çatlak oluşmuştur. +16 nolu çevrimde oluşan +181 nolu çatlak uzayarak +181′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +200 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +201 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde +202 nolu düşey çatlak oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde S201 kolon hizasında +203 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde +204 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +205 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S202 kolonunda +206 kesme çatlağı oluşmuştur.
-18	-449,29	-7,800	-8 nolu çevrimde oluşan -37 nolu çatlak ilerleyerek -37′ nolu çatlak oluşmuştur. -10 nolu çevrimde oluşan -38′ nolu çatlak ilerleyerek -38″ nolu çatlak oluşmuştur. -11 nolu çevrimde oluşan -35′ nolu çatlak ilerleyerek -35″ nolu çatlak oluşmuştur. -13 nolu çevrimde oluşan -70′ nolu çatlak ilerleyerek -70″ nolu çatlak oluşmuştur. -14 nolu çevrimde oluşan -74′, -127 ve -130 nolu çatlaklar ilerleyerek -74″, -127′ ve -130′ nolu çatlaklar oluşmuştur. -15 nolu çevrimde oluşan -117′, -139 ve -151 nolu çatlaklar ilerleyerek -117″, -139′ ve -151′ nolu çatlaklar oluşmuştur. -16 nolu çevrimde oluşan -161, -164 ve -173 nolu çatlaklar ilerleyerek -161′, -164′ ve -173′ nolu çatlaklar oluşmuştur.S101 kolon mantosu iç yüzünde -178 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişinden aşağıya doğru -179 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S102 kolon mantosu iç yüzünde -180 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında -181 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P202 perdesinin ön yüzünde S202 kolon hizasında -182 nolu eğilme çatlağı ve -184 nolu kesme çatlağı meydana gelmiştir. S102 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel -183 ve -185 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel -186, -187, -194 ve -195 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu ön yüzünde birbirlerine paralel -188, -189, -190 ve -192 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. P201 perdesinin ön yüzünde birbirlerine paralel -191 ve -193 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. K201 kirişinde -196 nolu kesmeli eğilme çatlağı oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -197, -198 kesme çatlakları oluşmuştur. S201 kolon mantosu iç yüzünde birbirlerine paralel -199, -200, -201 ve -202 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur.
+19	469,36	11,768	+5 nolu çevrimde oluşan +14 nolu çatlak uzayarak +14′ nolu çatlak oluşmuştur. +10 nolu çevrimde oluşan +80 nolu çatlak uzayarak +80 nolu çatlak oluşmuştur. +15 nolu çevrimde oluşan +158 nolu çatlak uzayarak +158′ nolu çatlak oluşmuştur. +17 nolu çevrimde oluşan +161′, 175′ ve +191 nolu çatlaklar uzayarak +161″, +175″ ve +191′ nolu çatlaklar oluşmuştur. +18 nolu çevrimde oluşan +202 nolu çatlak uzayarak +202′ nolu çatlak oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +207 nolu kesme çatlağı ve +208 nolu düşey çatlak meydana gelmiştir. S201 kolon mantosu yan yüzünde +209 ve+218 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde temelden yukarıya doğru +210 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde +211 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. K101 kirişi alt yüzünde kesmeli +212 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin ön yüzünde S101 kolon hizasında +213 nolu eğilme çatlağı oluşmuştur. P101 perdesinin arka yüzünde K101 kirişi altında +214 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. S101 kolonunda birbirlerine paralel +215 ve +216 nolu eğilme çatlakları oluşmuştur. S201 kolonunda +217 nolu kesme çatlağı oluşmuştur. P201 perdesinin arka yüzünde birbirlerine paralel +219 ve +220 nolu kesme çatlakları oluşmuştur. S202 kolon mantosu iç yüzünde +221nolu kesme çatlağı oluşmuştur.

Çevrim No	Maksimum Yatay Yük (kN)	Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)	Numunede Gözlemlenen Çatlak ve Hasar oluşumu
-19	-469,62	-9,504	**Hasarlar:** Deneyin en son çevriminde; düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde gözlemlenmiştir. S201 ve S202 kolonlarının K201 kiriş bölgesinde bulunan düzlem dışı perde duvar verilen yatay yük etkisiyle ayrılmış ve bölgede bulunan LVDT'ler hasar görmüştür. Ayrıca bu bölgede S201 ve S202 kolonları patlamıştır. ***Deney itme ve çekme yönünde maksimum taşıma kapasitesine vardıktan sonra göçme yüküne kadar gidilememiştir. İlerleyen yüklerde sistemde stabilite problemleri ve sistemdeki birleşimlerde kaynaklar çatlamaya ve kopmaya başlamıştır.***
+20	**V_{max}=495,02**	14,505	
-20	**V_{max}=-477,14**	-11,983	
+21	467,68	16,645	
-21	-473,40	-14.33	
+22	482.99	20.00	

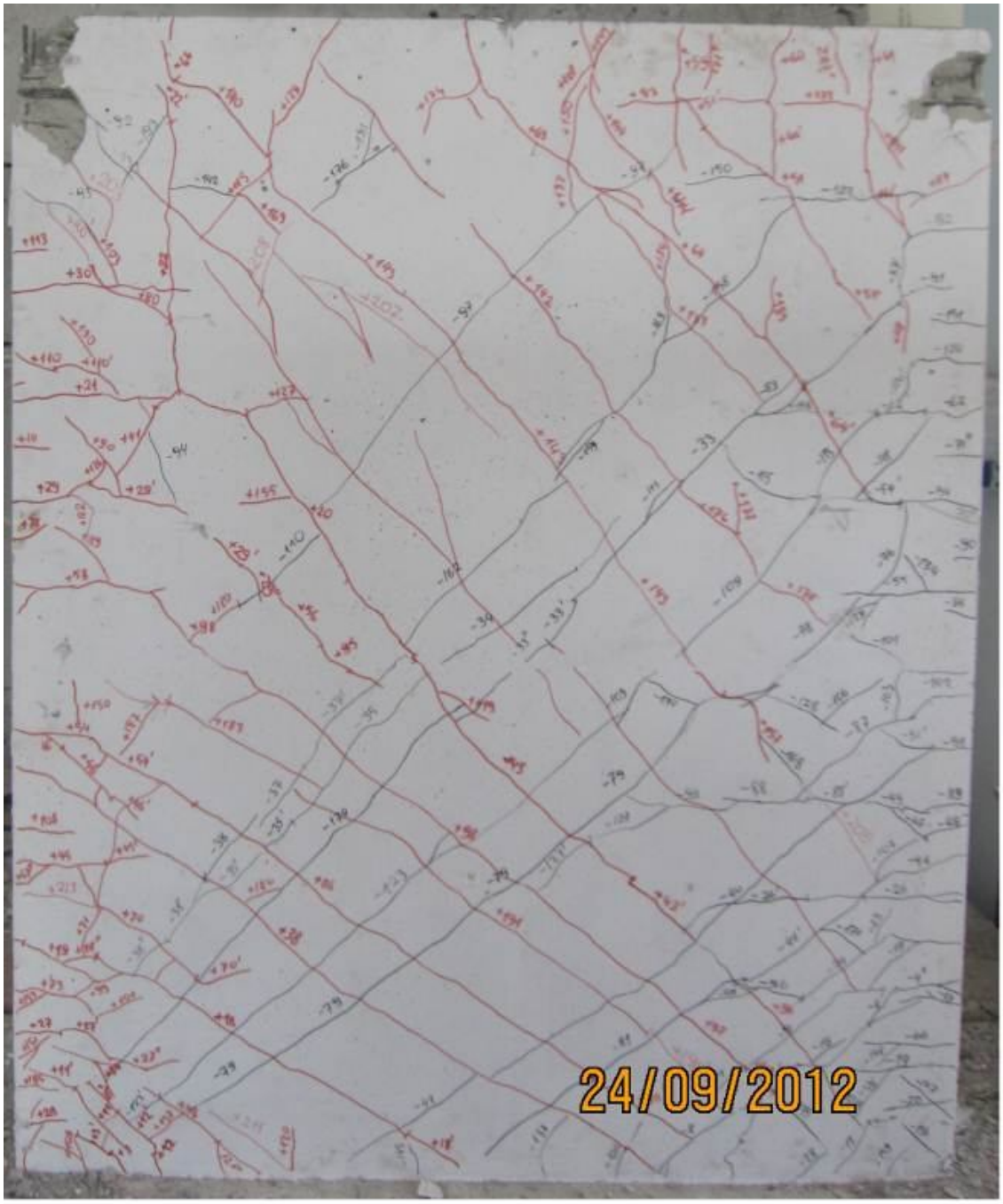


Şekil 4.123. Deney numunesi 6'nın, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) ön yüzden görünüşü



Şekil 4.124. Deney numunesi 6'nın, itme yönünde maksimum yük taşıma kapasitesinde (V_{max}) arka yüzden perspektif görünüşü

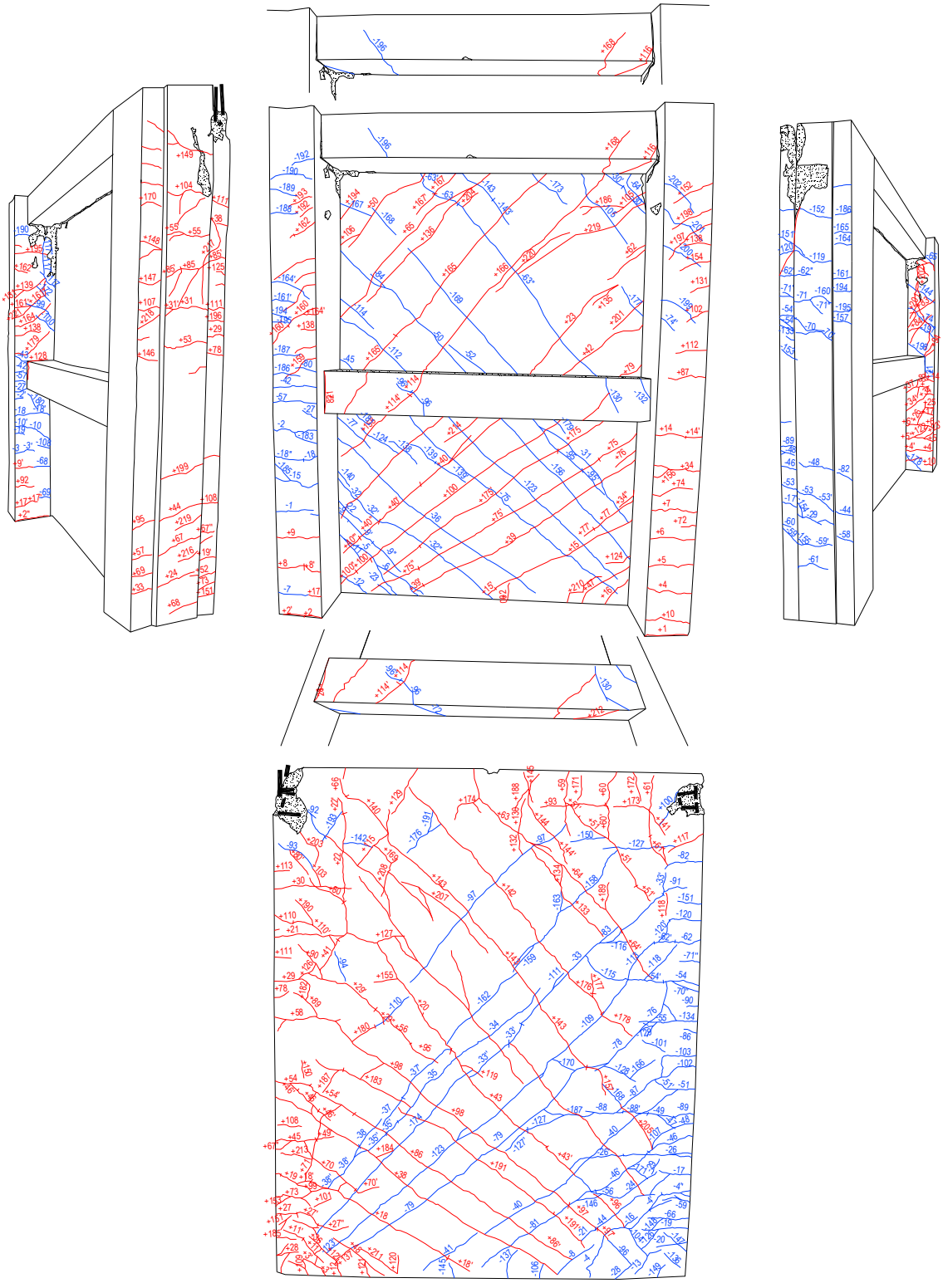
Numunede meydana gelen çatlakların ve hasarların genel durumu ise Şekil 4.125 ve Şekil 4.126'da verilmiştir. Numunede oluşan bu çatlakların ve hasarların şematik gösterimi ise Şekil 4.127'da verilmiştir.



Şekil 4.125. Deney numunesi 6'da deney sonrası önyüzünde oluşan hasarlar

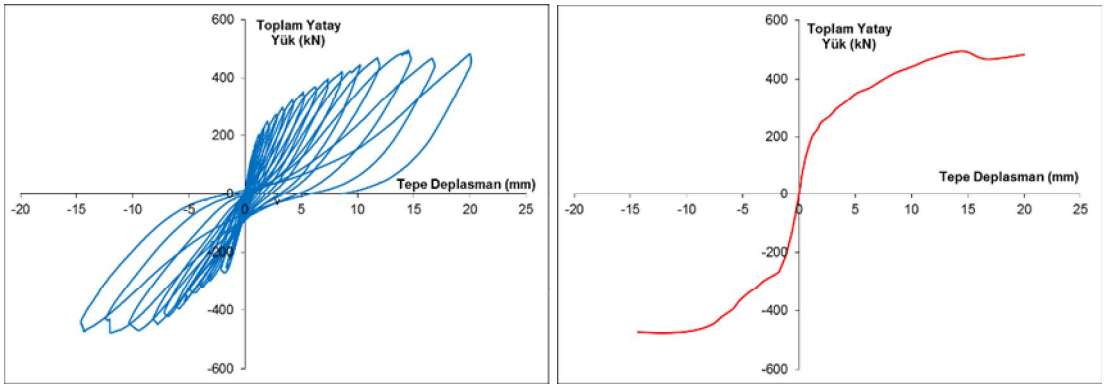


Şekil 4.126. Deney numunesi 6'da deney sonrası arka yüzünde oluşan hasarlar

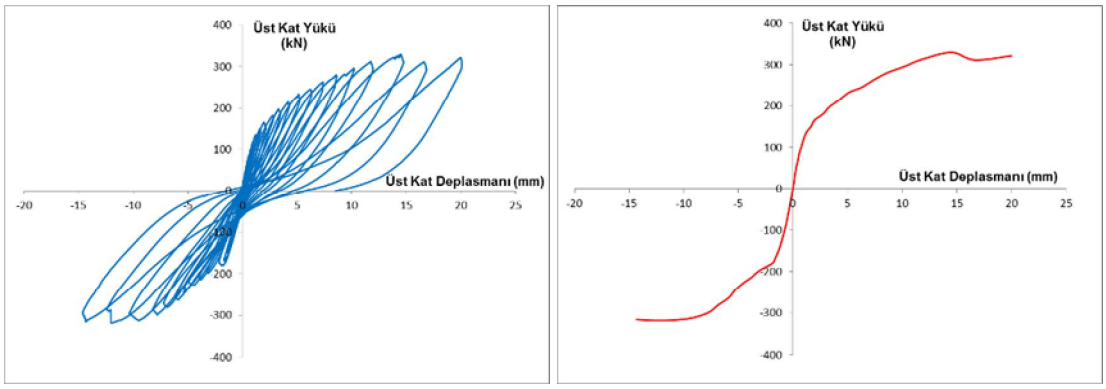


Şekil 4.127. Deney numunesi 6'da oluşan çatlakların ve hasarların şematik gösterimi

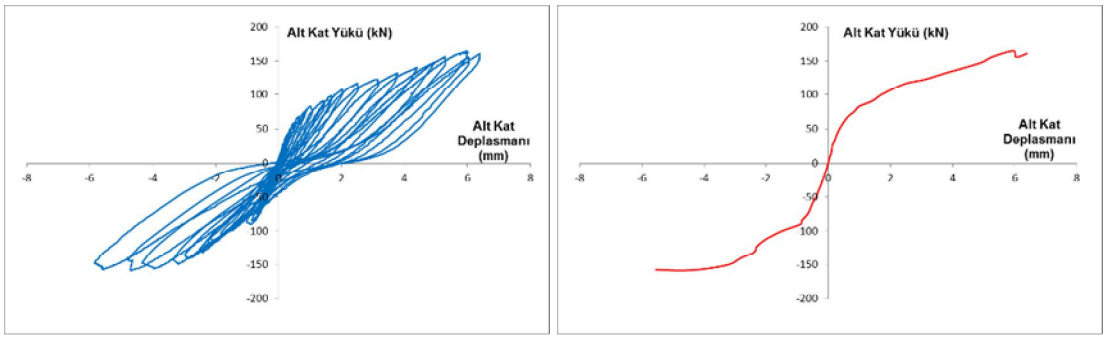
Deney numunesi 6'ya ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve bu histeresis eğrisine ait dayanım zarfı eğrisi Şekil 4.128'de verilmiştir. Deneyde, numunenin üst katında ölçülen yatay yüke karşılık gelen deplasmanının çevrimsel histeresis eğrisi Şekil 4.129'da, alt kat için ise Şekil 4.130'de verilmiştir. Ayrıca; üst katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, üst kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.131'de ve alt katta meydana gelen göreceli kat ötelenmesinin, alt kat yatay yüküne göre çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi Şekil 4.132'de verilmiştir.



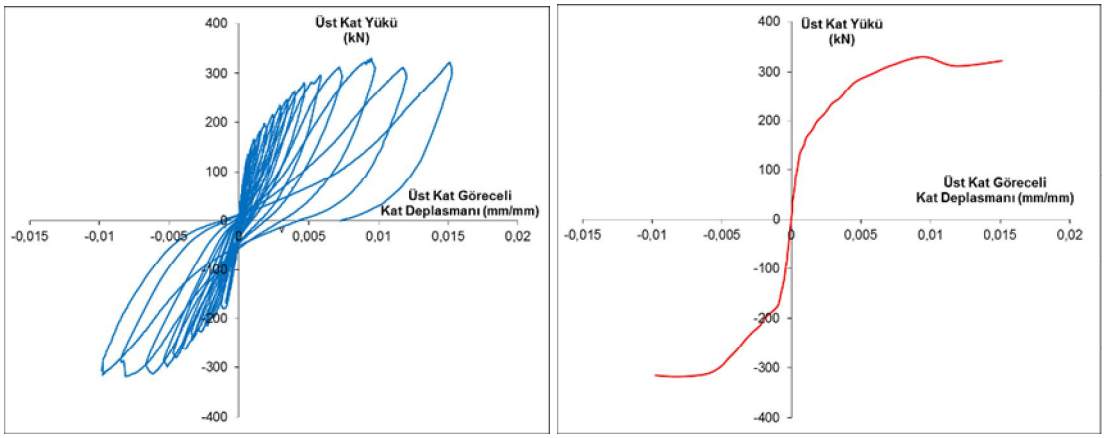
Şekil 4.128. Deney numunesi 6'ya ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF)



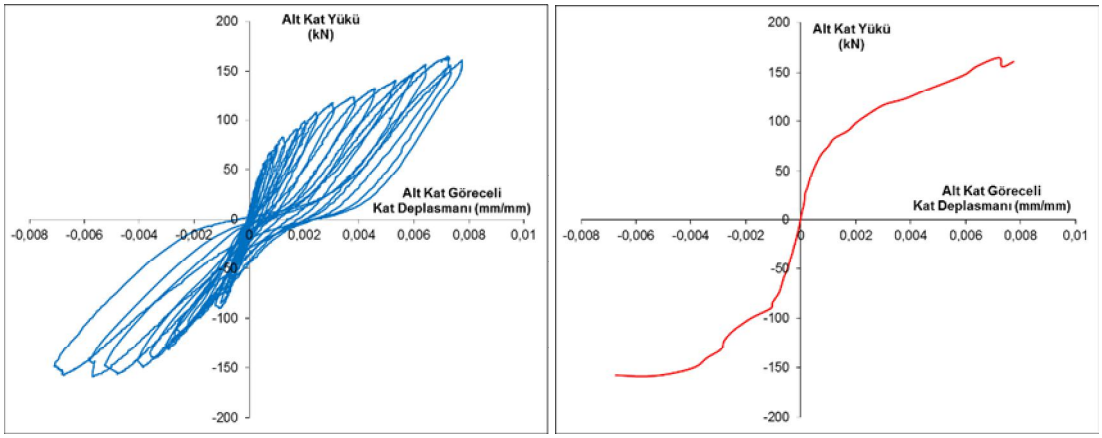
Şekil 4.129. Deney numunesi 6'ya ait üst kat yatay yükü-üst kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi (OSWF)



Şekil 4.130. Deney numunesi 6'ya ait, **a**lt kat yatay yükü-alt kat tepe deplasmanı çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF)



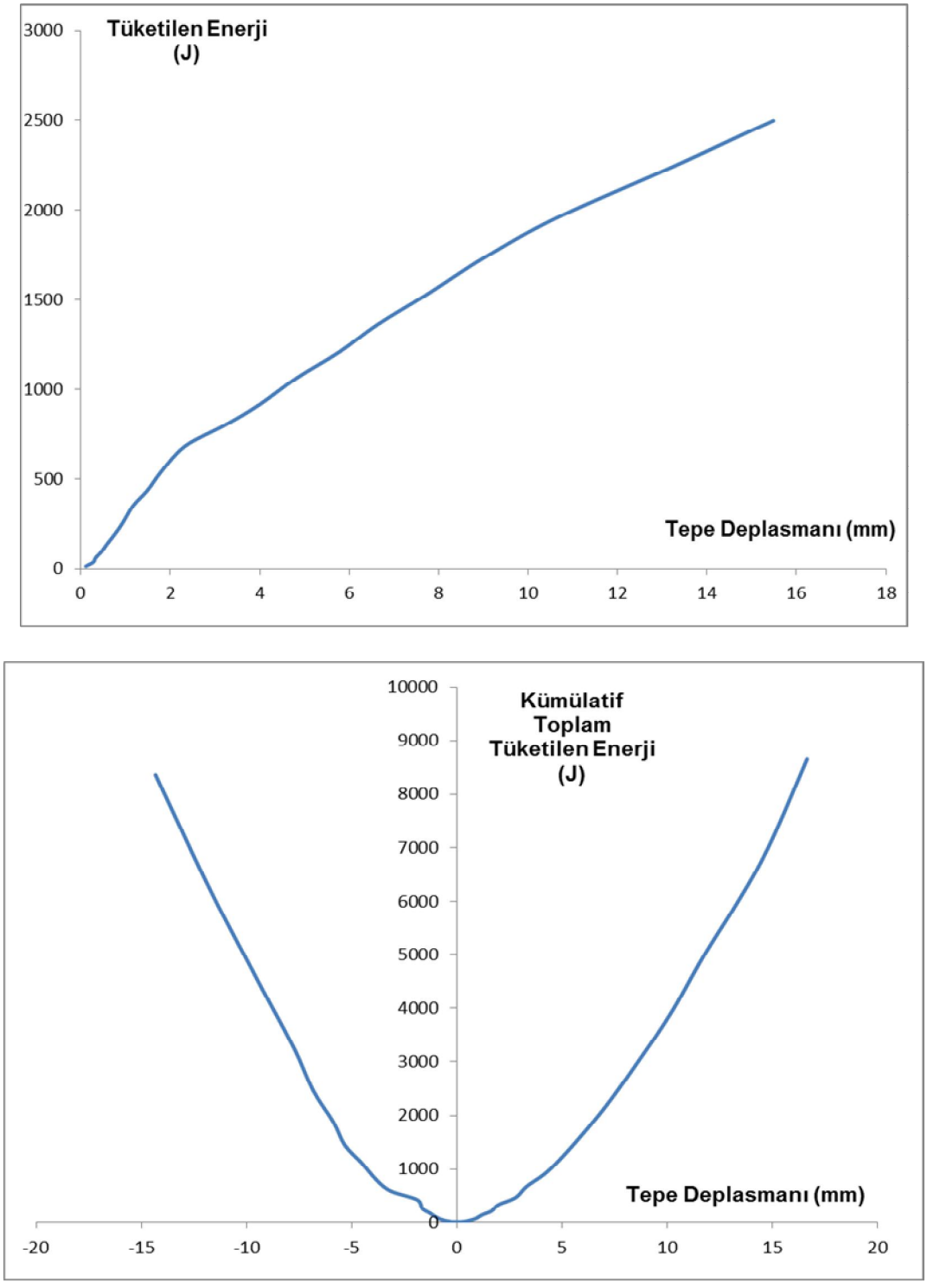
Şekil 4.131. Deney numunesi 6'ya ait üst kat yatay yükü-üst kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF)



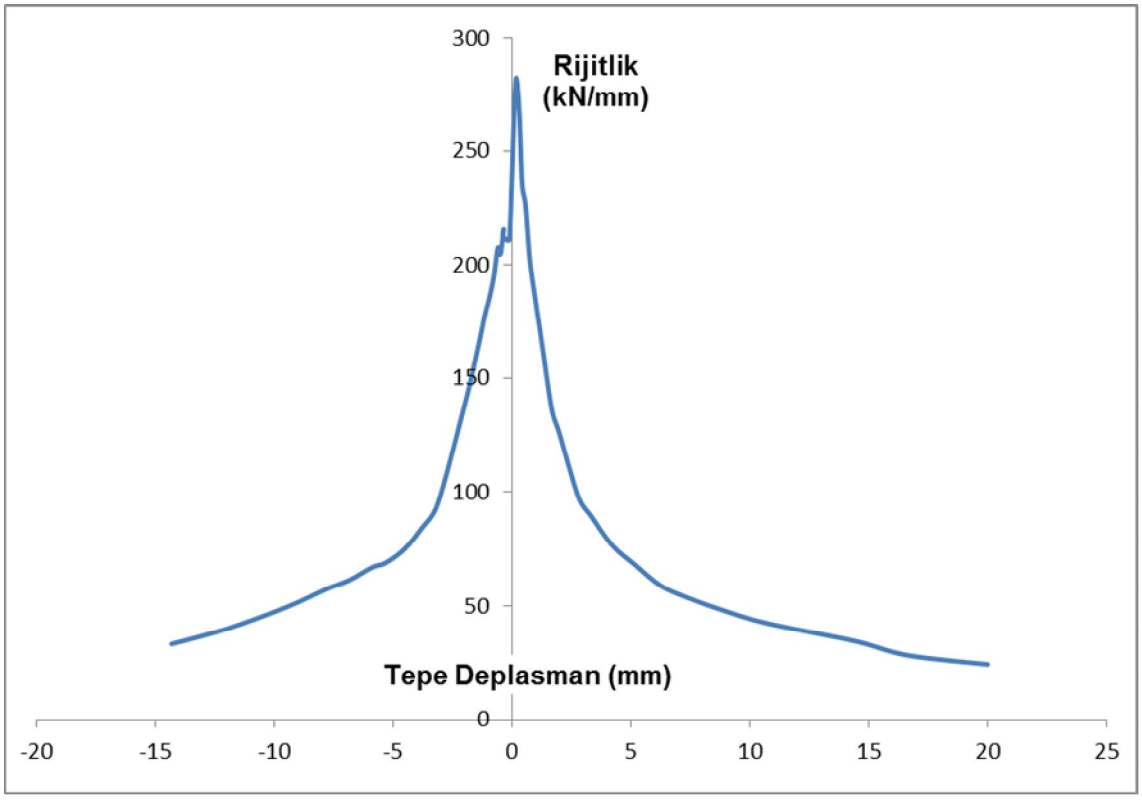
Şekil 4.132. Deney numunesi 6'ya ait alt kat yatay yükü-alt kat göreceli kat ötelenmesi çevrimsel histeresis eğrisi ve zarf eğrisi (OSWF)

Toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrilerinin altında kalan alanın hesaplanması ile numunenin enerji tüketme kapasitesi hesaplanmış ve Şekil 4.133'de verilmiştir. Deneyin her bir çevriminde elde edilen maksimum yatay yük değerlerinin,

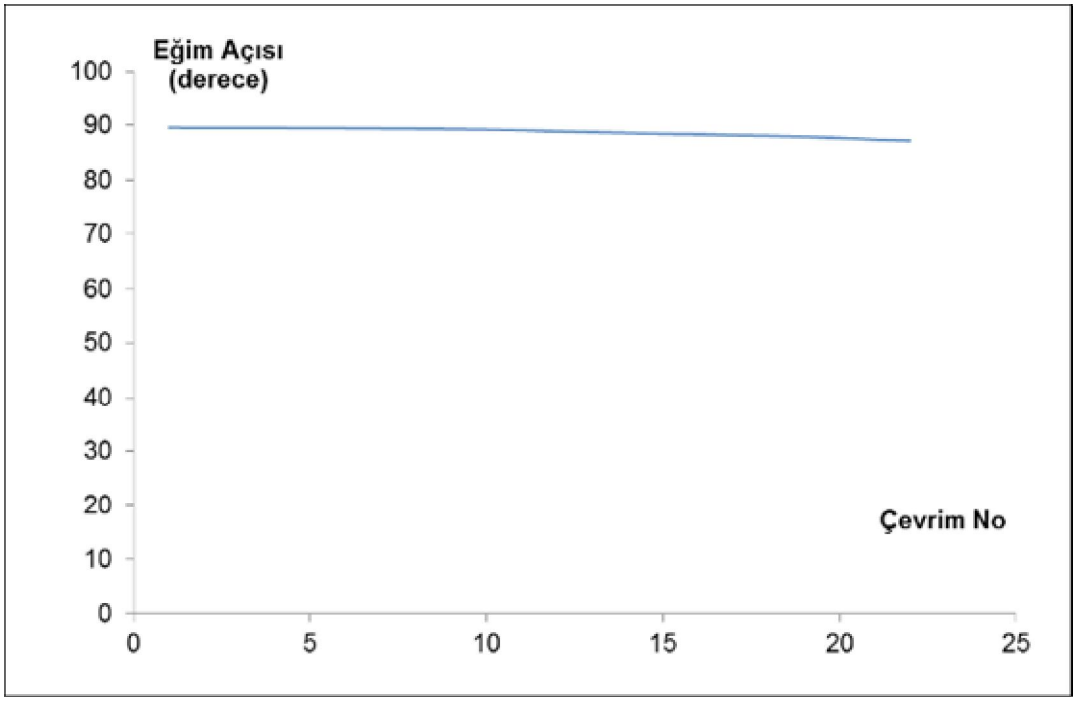
bunlara karşılık gelen yatay deplasman değerlerine oranlanması ile her bir çevrimde elde edilen rijitlik değerleri hesap edilmiştir (Şekil 4.134). İtme çevrimleri için elde edilen değerler şeklin sağında, çekme çevrimleri için hesaplanan değerler grafiğin solunda verilmiştir. Şekil 4.135'de ise her bir çevrimdeki eğim açısı belirlenmiş ve grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.133. Deney numunesi 6'ya ait, tüketilen enerji-deplasman grafiği (OSWF)



Şekil 4.134. Deney numunesi 6'ya ait, rijitlik azalımı grafiği (OSWF)



Şekil 4.135. Deney numunesi 6'ya ait, her bir çevrimde oluşan eğim açısı (OSWF)

Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune göçme durumuna ulaşamadığı için deney sonuçlarının kıyaslanmasında süneklilikle ilgili değerlendirilme yapılmamıştır.

4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, çalışma kapsamında deneyleri yapılan 6 adet numunenin, deneysel verilerinin birbirleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune göçme durumuna ulaşamadığı için deney sonuçlarının kıyaslanmasında süneklilikle ilgili değerlendirilme yapılmamıştır. Deneysel verilerin karşılaştırılmasında, çalışmanın amacı göz önünde tutularak numuneler arasında karşılaştırma grupları oluşturulmuştur (Çizelge 4.7). Oluşturulan grupların karşılaştırılması yapıldıktan sonra, çalışma kapsamında yer alan 6 adet numunenin deney verileri bir arada karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar kapsamında, deneylerden elde edilen sayısal sonuçlar, çizelge halinde ve grafiksel olarak verilmiştir. Karşılaştırmalar için verilmiş olan grafikler ve çizelgeler şunlardır;

a) Toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği,
b) Üst kat yükü-üst kat kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği,
c) Alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği,
d) Üst kat yükü-üst kat göreceli kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği,
e) Alt kat yükü-alt kat göreceli kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği,
f) Rijitlik azalımı grafiği,
g) İtme ve çekme yönünde tüketilen enerji grafiği,
h) Eğim açısı grafiği,
i) Sistem sünekliklerinin belirlenmesi için oluşturulan grafikler,
j) Numunelerin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları çizelgesi,
k) İtme ve çekme çevrimleri için numunelere ait süneklik oranları çizelgesi,
l) İtme-çekme çevrimleri için hesaplanan rijitlik oranları çizelgesi,
m) İtme-çekme çevrimleri için hesaplanan tüketilen enerji oranları çizelgesi.

Çizelge 4.7. Numuneler arasında oluşturulan karşılaştırma grupları

Grup No	Numuneler ve B/A Perde Duvarda Boşluk Oranları			
1	 Perde duvarsız B/A çerçeve (RS)	 Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencereli (OSWSBW)	 Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencereli (OSWMBW)	 Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF)
	(%) 100	(%) 15.77	(%) 15.77	(%)0
2	 Perde duvarsız B/A çerçeve (RS)	 Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencereli (OSWSSW)	 Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencereli (OSWMSW)	 Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF)
	(%) 100	(%) 10.51	(%) 10.51	(%)0

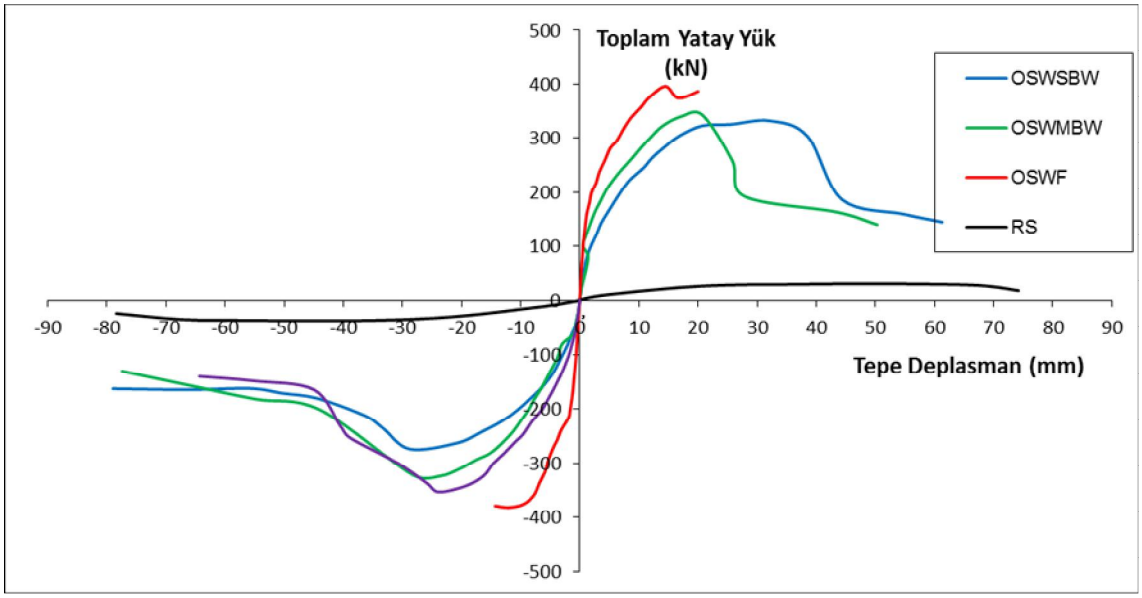
4.2.1. Grup 1'de yer alan numunelerinin karşılaştırılması

Dayanımların karşılaştırılması:

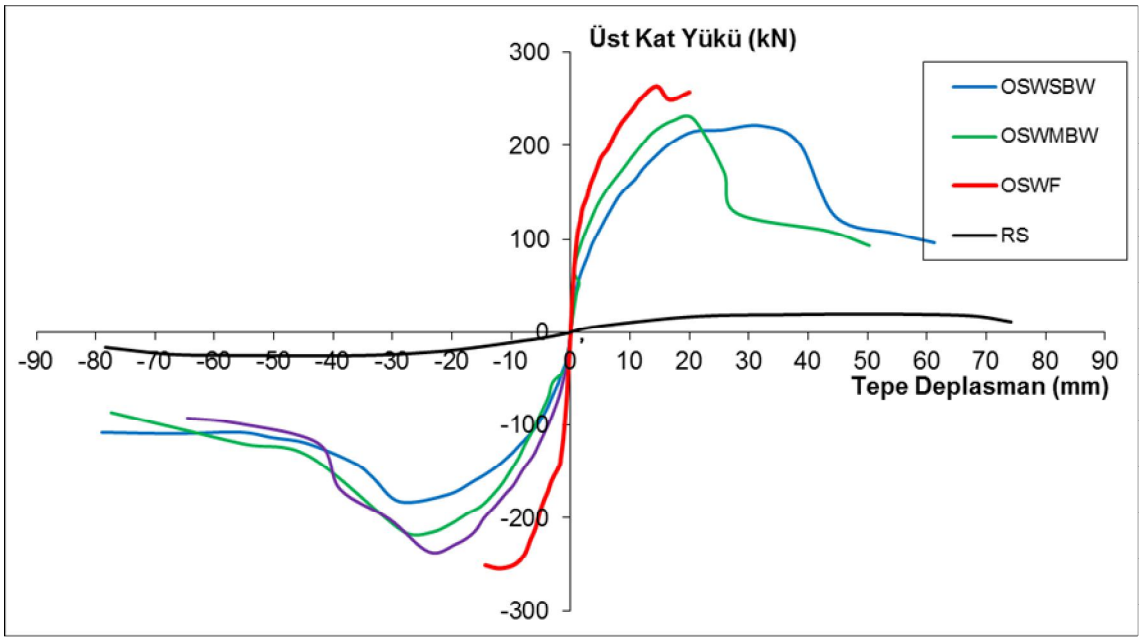
Perde duvarsız B/A çerçeve (RS), düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencereli (OSWSBW), düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencereli (OSWMBW) ve düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunelerine ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.136'da, üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.137'de ve alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.138'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Verilen bu grafiklere göre Grup 1'de yer alan numunelerin, perde duvarsız B/A çerçeveye göre itme ve çekme yönlerinde yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere; *itme için en fazla yatay yük taşıyan* numune düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre; düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF), referans (RS) numuneye göre 16.68, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre 1.44 kat, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre 1.49 kat daha fazla yatay yük taşımıştır (itme yönü için).

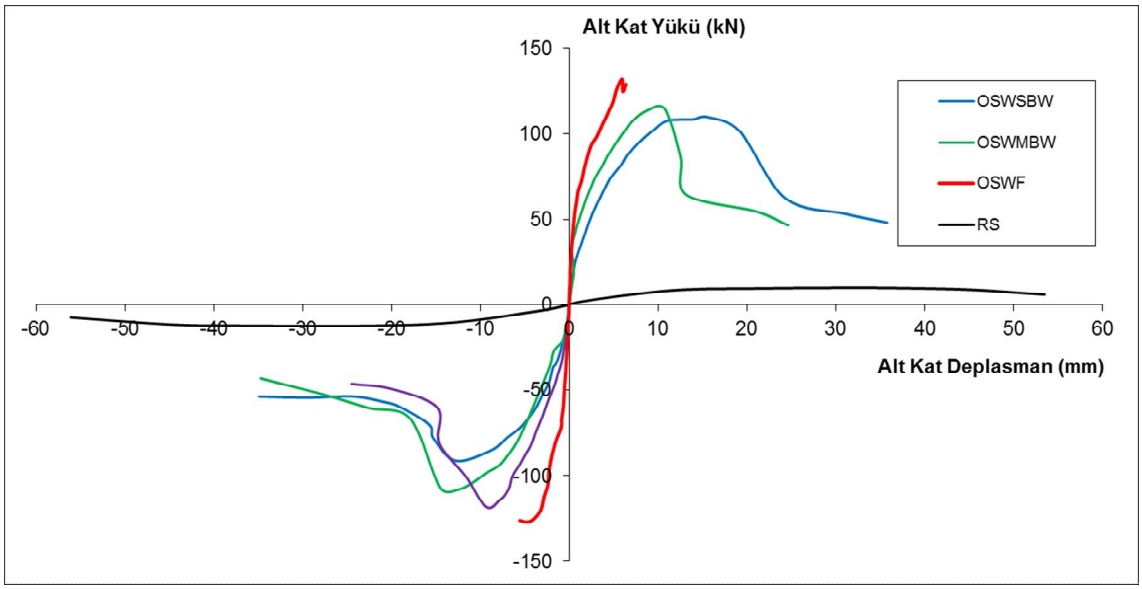
Çizelge 4.8'ten görüldüğü üzere*; çekme için en fazla yatay yük taşıyan* numune düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre; düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF), referans (RS) numuneye göre 12.60, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre 1.47 kat, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre 1.74 kat daha fazla yatay yük taşımıştır (çekme yönü için).



Şekil 4.136. Toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 1)



Şekil 4.137. Üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 1)

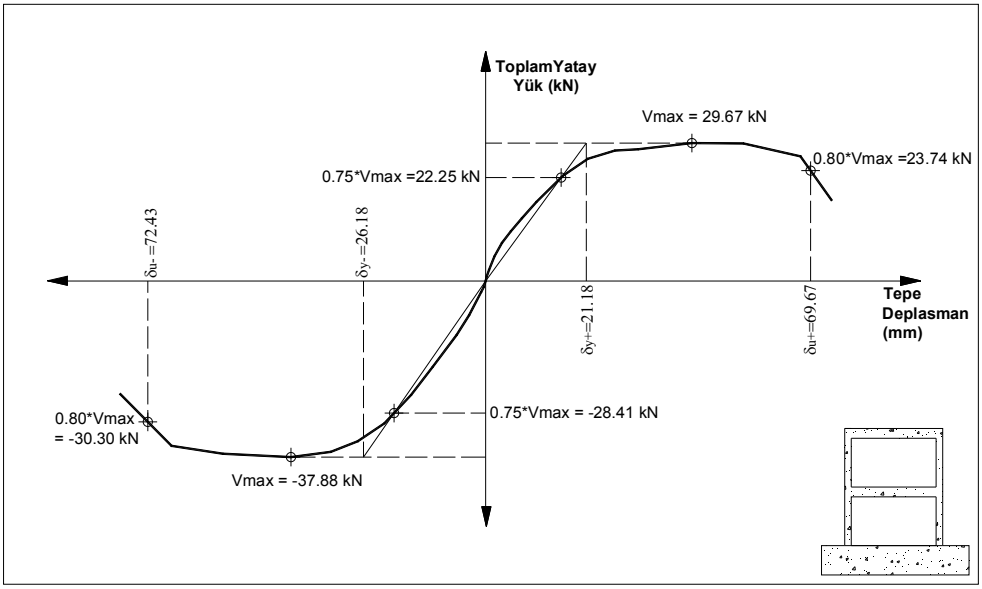


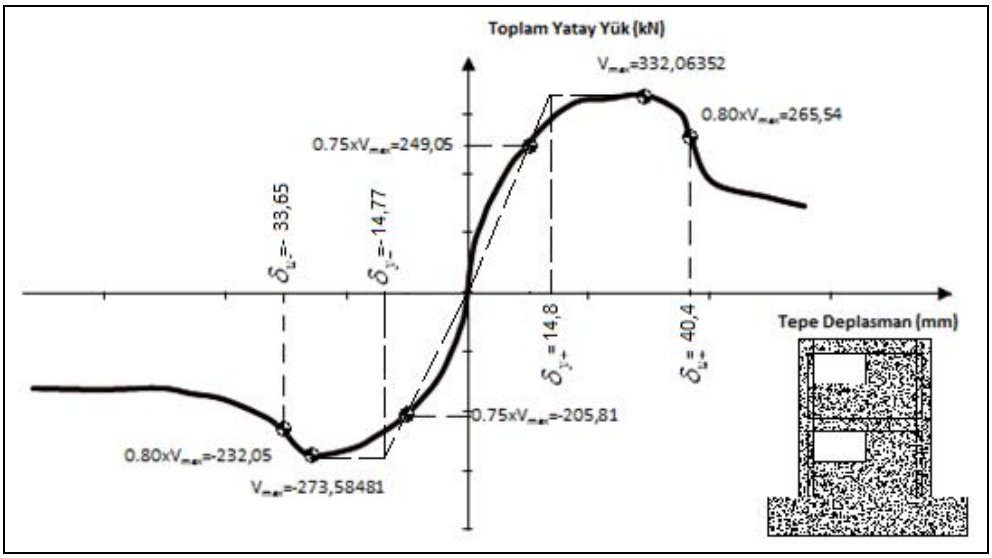
Çizelge 4.8. Numunelerin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları (Grup 1)

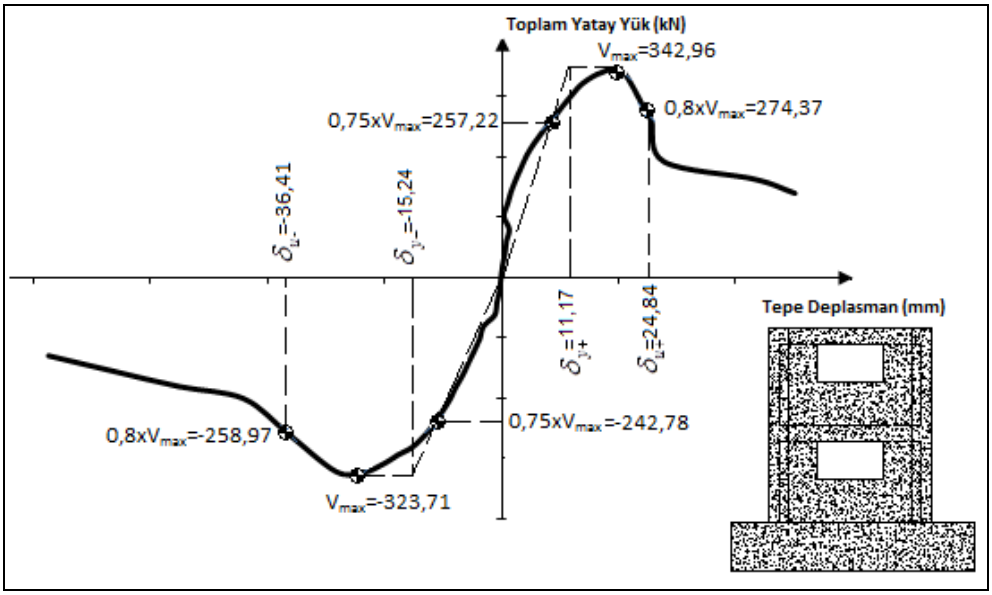
Deney numunesi	Max. yatay yük için tepe deplasmanı (mm)		Toplam yatay yüke göre					
			Max. Yatay Yük (kN)		Yatay yük taşıma artış oranları (%)		Yatay yük taşıma artış oranları	
	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS	**44.22**	-41.74	**29.67**	-37.88	**0**	0	**1**	1
OSWSBW	**32.10**	-28.72	**332.06**	-273.58	**1019**	622	**11.19**	7.22
OSWMBW	**18.83**	-21.52	**342.96**	-323.71	**1056**	754	**11.56**	8.54
OSWF	**14.51**	-11.98	**495.02**	-477.14	**1568**	1160	**16.68**	12.60

Sistem süneklikleri̇nin karşılaştırılması:

Grup 1'de yer alan numunelere ait ve sistem süneklikleri̇nin değerlendirilmesi için oluşturulan grafikler Şekil 4.139'da verilmiştir. Bu numunelerin, itme ve çekme çevrimleri için hesaplanan süneklik oranları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune maksimum taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra yeterli süneklilik değerlerine sistem stabilitesinin tehlikeye düşmesinden dolayı ulaşamamıştır. Bu yüzden değerlendirmeye katılmamıştır.







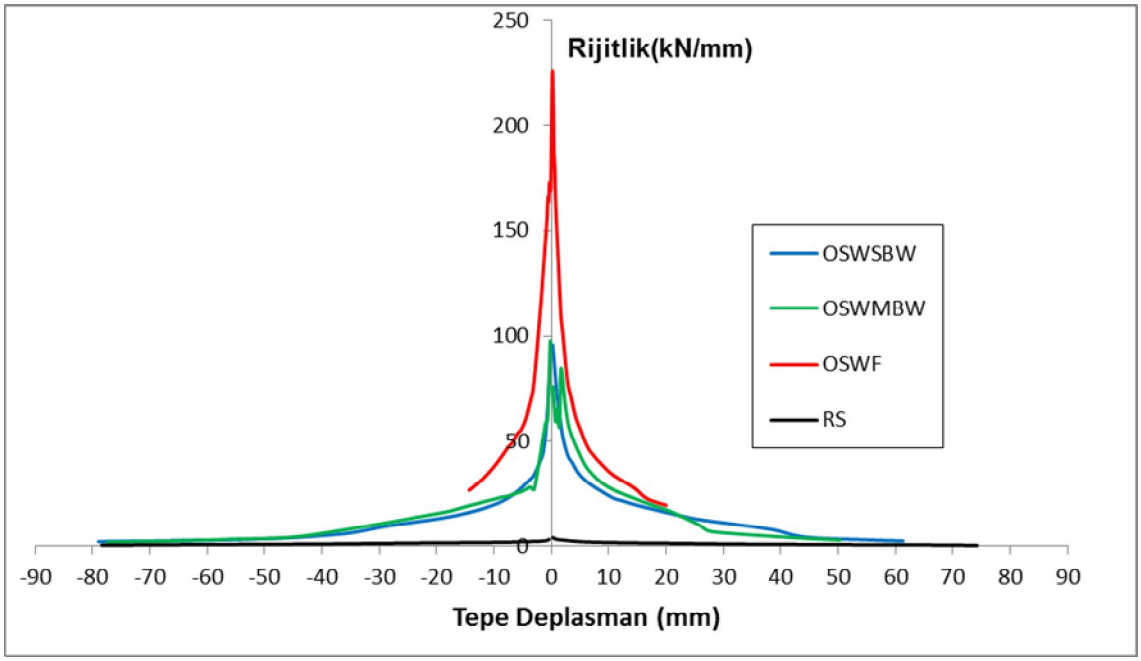
Şekil 4.139. Sistem sünekliklerinin belirlenmesi için oluşturulan grafikler (Grup1) (Park, 1989)

Çizelge 4.9. İtme ve çekme çevrimleri için numunelere ait süneklik oranları (Grup 1)

Deney numunesi	Max.Yatay Yük Vmax (kN)		Akma Durumu				Göçme Durumu				Süneklik oranları (μ_δ)	
	İtme	Çekme	0.75*Vmax (kN)		Deplasman (mm)		0.80*Vmax (kN)		Deplasman (mm)			
			İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS	**29.7**	22.3	**22.3**	-28.4	**21.3**	-26.2	**23.7**	-30.3	**69.7**	72.4	**3.29**	2.77
OSWSBW	**332.1**	249.1	**249.1**	-205.8	**14.8**	14.8	**265.5**	-232.1	**40.4**	33.7	**2.73**	2.28
OSWMBW	**343**	257.2	**257.2**	-242.8	**11.2**	15.2	**274.4**	-259	**24.8**	-36.4	**2.22**	2.39

Rijitliklerin karşılaştırılması:

Grup 1'de yer alan numunelere ait rijitlik azalımı grafikleri Şekil 4.140'de verilmiştir. Bu numunelere ait, 1. çevrimdeki, maksimum yükteki rijitlik değerleri ve bu değerler için perde duvarsız B/A çerçeveye göre hesaplanan rijitlik oranları Çizelge 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.140. Rijitlik azalımı grafikleri (Grup 1)

1. çevrimdeki rijitlik değeri itme ve çekme için en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Numunelere ait ilk rijitlik değerleri, deneylerin ilerleyen çevrimlerde düşmüştür. İtme yönü için numunelerin ilk rijitlik değerlerinin, maksimum yük seviyesine ulaşıldığı andaki azalım oranları; RS numunesinde 6, OSWSBW'de 9.27, OSWMBW'de 4.58, OSWF'de

7.94'dür. Çekme yönü için rijitlik azalım oranları ise; RS numunesinde 3.45, OSWSBW'de 8.9, OSWMBW'de 7.14, OSWF'de 5.30'dur. Maksimum yükteki rijitlik değeri en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir.

Çizelge 4.10. 1. çevrimdeki, maksimum yükteki rijitlik değerleri ve hesaplanan rijitlik oranları (Grup 1)

Deney numunesi	Rijitlik Değerleri (kN/mm)				Rijitlik Oranları			
	1. çevrimdeki		Max. yükteki		1. çevrimdeki		Max. yükteki	
	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS 	**4.02**	3.14	**0.67**	0.91	**1**	1	**1**	1
OSWSBW 	**95.83**	84.71	**10.34**	9.52	**23.84**	26.98	**15.43**	10.46
OSWMBW 	**75.83**	97.73	**16.55**	13.68	**18.86**	31.12	**24.70**	15.03
OSWF 	**271.15**	211.13	**34.13**	39.82	**67.45**	67.24	**50.94**	43.76

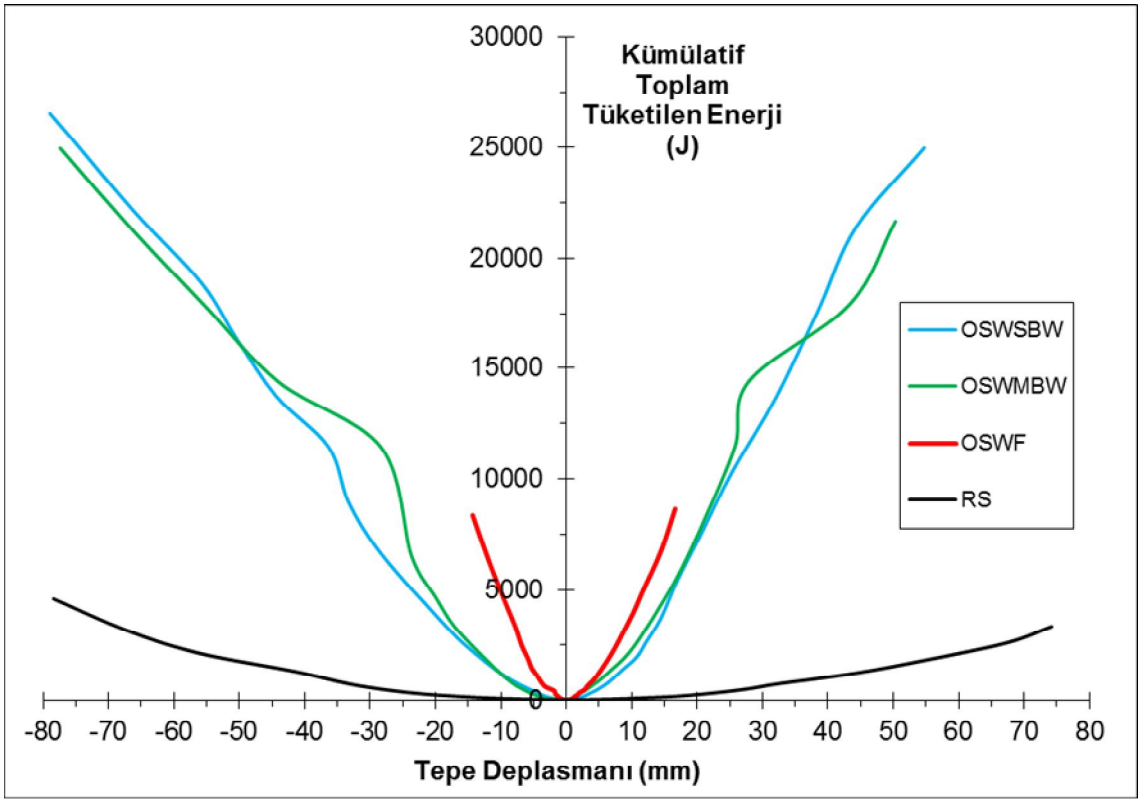
Enerji tüketim kapasitelerinin karşılaştırılması:

Grup 1'de yer alan numunelere ait tüketilen enerji grafikleri Şekil 4.149'de verilmiştir. Grup 1'e ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune maksimum taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra yeterli süneklilik değerlerine sistem stabilitesinin tehlikeye düşmesinden dolayı ulaşamamıştır. Bu yüzden göçme yükü için tüketilen enerji değeri hesaplanamamıştır. Bu nedenden dolayı tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri hesaplanmış ve yorum yapılmıştır.

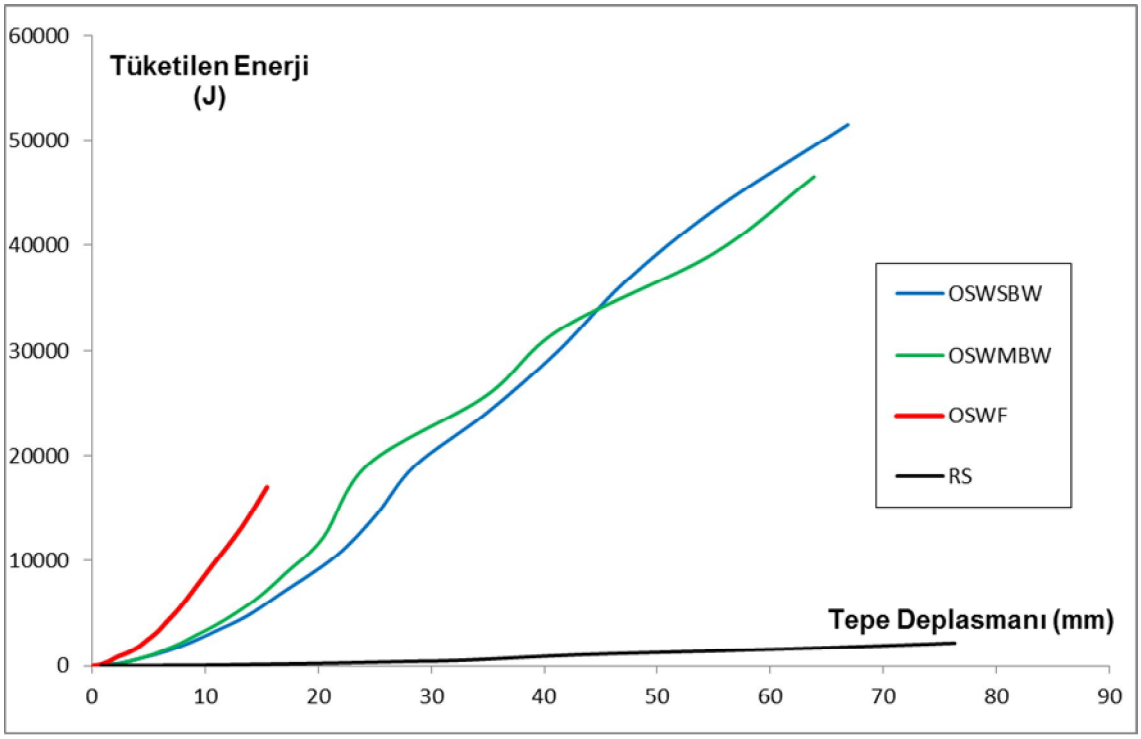
Toplam tüketilen enerji değeri en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre %58.92, ve düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre %60.64 ve perde duvarsız B/A çerçeveye (RS) göre %2117 daha fazla enerji tüketme kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.11. Tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri

Deney numunesi	Toplam Tüketilen Enerji Değerleri (J)
RS 	637,63
OSWSBW 	8801,41
OSWMBW 	8896,669
OSWF 	14138,26



Şekil 4.141. Kümülatif toplam tüketilen enerji grafikleri (Grup1)



Şekil 4.142. Tüketilen enerji grafikleri (Grup1)

4.2.2. Grup 2'de yer alan numunelerinin karşılaştırılması

Dayanımların karşılaştırılması:

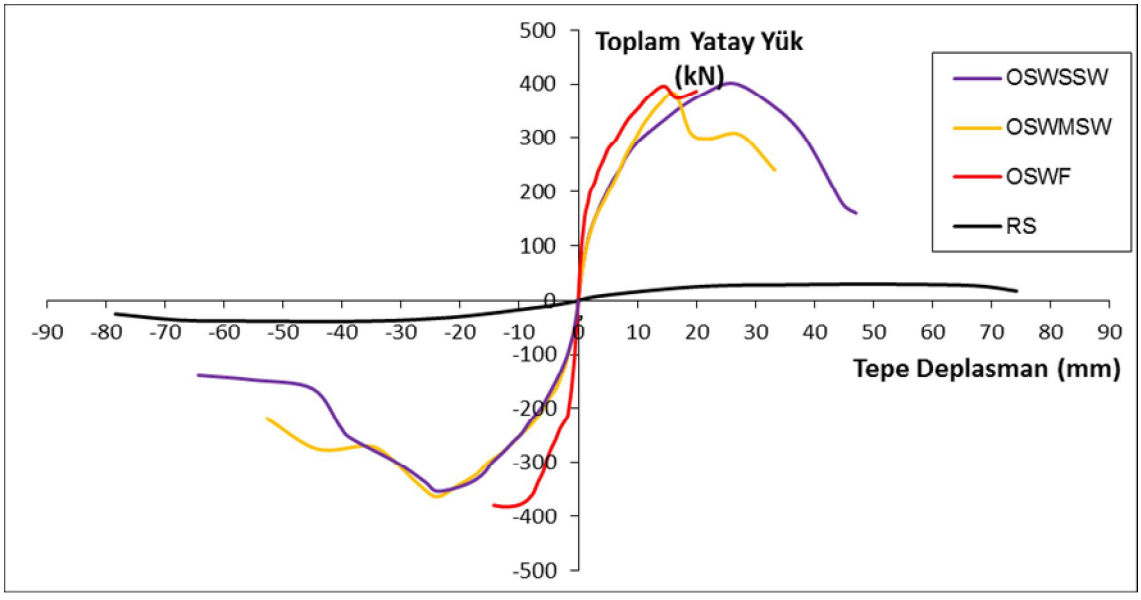
Perde duvarsız B/A çerçeve (RS), düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) ve düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencereli (OSWMSW) ve düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunelerine ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.143'de, üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.144'de ve alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.145'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Verilen bu grafiklere göre Grup 2'de yer alan numunelerin, perde duvarsız B/A çerçeveye göre itme ve çekme yönlerinde yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere (*itme yönü için*); düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre; düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, referans numuneye (RS) göre 16.68 kat, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre 1.296 kat ve düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre 1.232 kat daha fazla yatay yük taşımıştır.

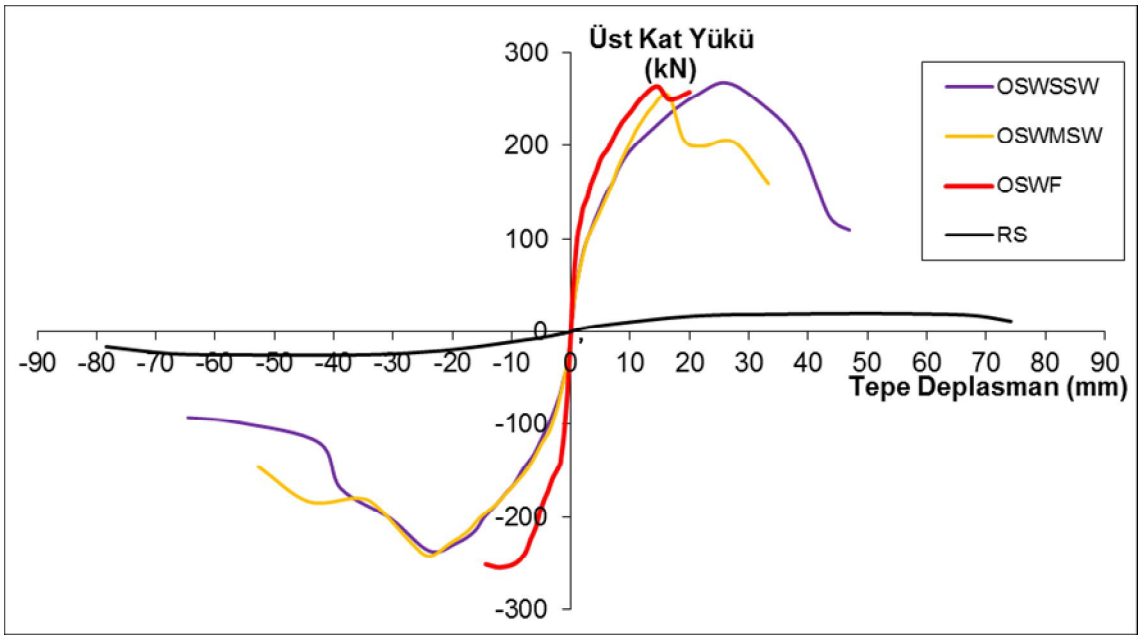
Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere (*çekme yönü için*); düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre; düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, referans numuneye (RS) göre 12.60 kat, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre 1.314 kat ve düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre 1.346 kat daha fazla yatay yük taşımıştır.

Çizelge 4.12. Numunelerin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları (Grup 2)

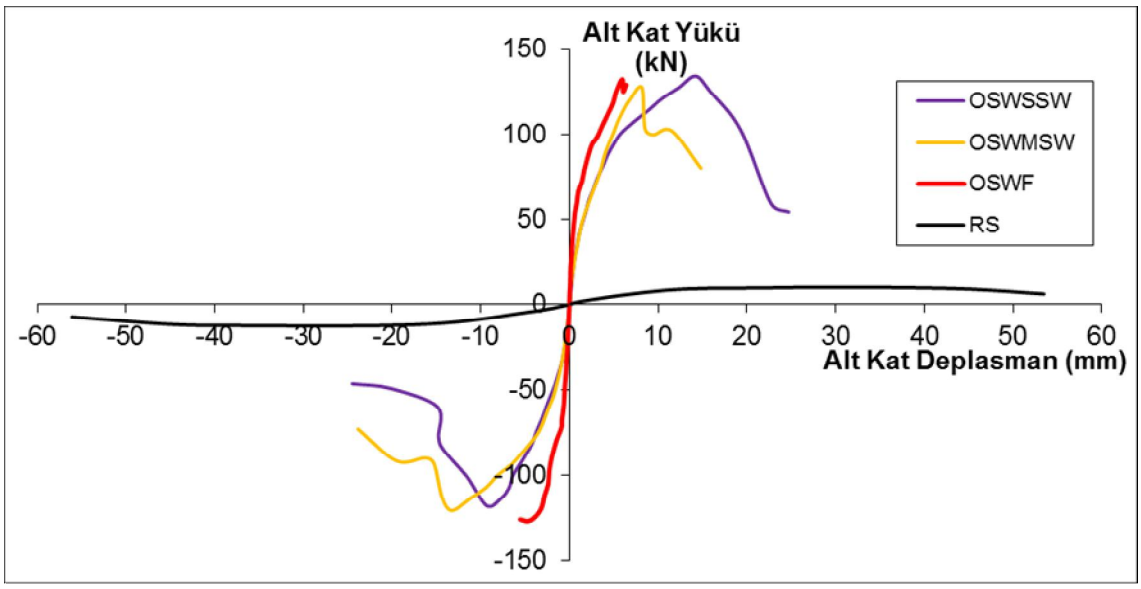
Deney numunesi	Max. Yükteki Tepe deplasmanı (mm)		Toplam yatay yüke göre					
			Max. Yatay Yük (kN)		Yatay yük taşıma artış oranları (%)		Yatay yük taşıma artış oranları	
	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS	**44.22**	-41.74	**29.67**	-37.88	**0**	0	**1**	1
OSWSSW	**25.93**	-23.88	**401.65**	-354.53	**1254**	836	**13.54**	9.36
OSWMSW	**16.39**	-23.95	**381.85**	-362.97	**1187**	858	**12.87**	9.58
OSWF	**14,51**	-11.98	**495.02**	-477.14	**1568**	1160	**16.68**	12.60



Şekil 4.143. Toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 2)



Şekil 4.144. Üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 2)



Şekil 4.145. Alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği (Grup 2)

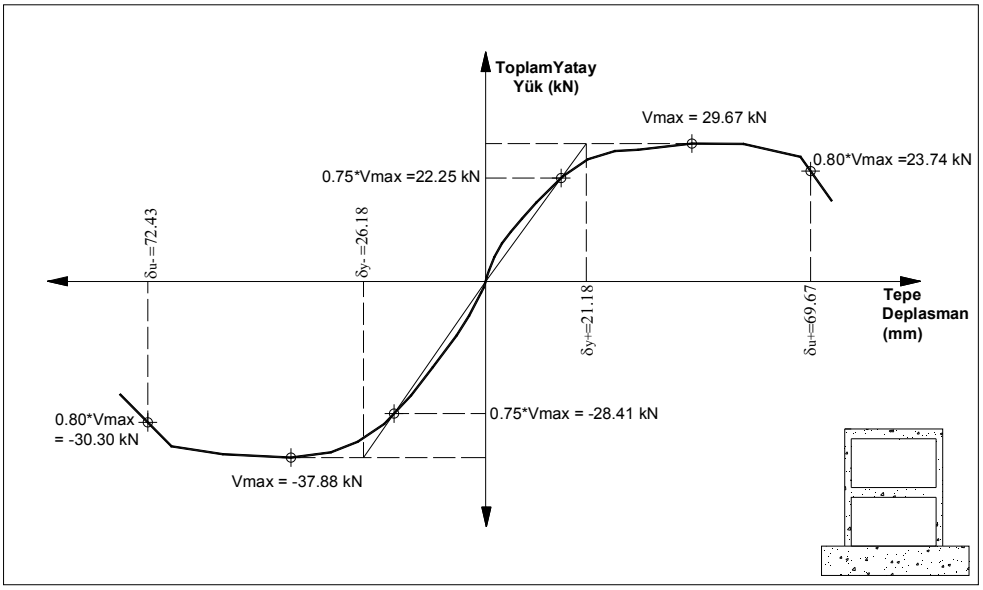
Sistem süneklikleri̇nin karşılaştırılması:

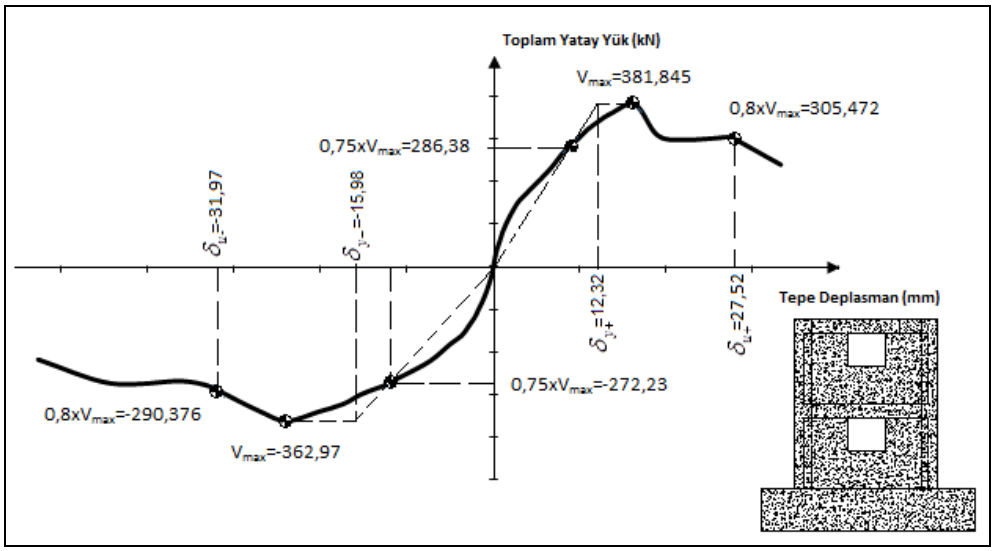
Grup 2'de yer alan numunelere ait ve sistem sünekliklerinin değerlendirilmesi için oluşturulan grafikler Şekil'de verilmiştir. Grup 2'de yer alan numunelerin, itme ve çekme çevrimleri için hesaplanan süneklik oranları ise Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune maksimum taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra yeterli süneklilik değerlerine sistem stabilitesinin tehlikeye düşmesinden dolayı ulaşamamıştır. Bu yüzden değerlendirmeye katılmamıştır.

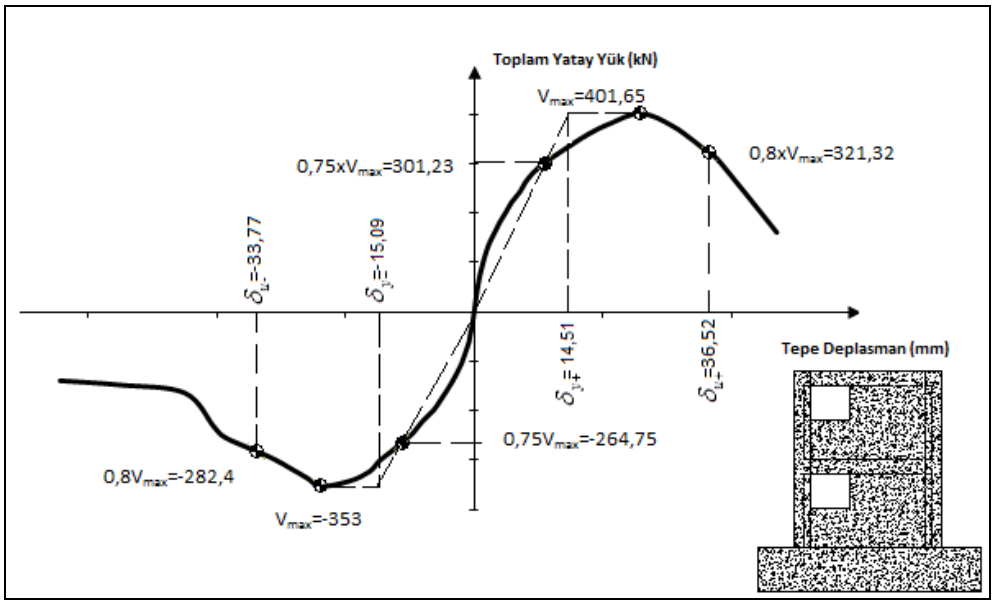
Çizelge 4.13. İtme ve çekme çevrimleri için numunelere ait süneklik oranları (Grup 2)

Deney numunesi	Max.Yatay Yük Vmax (kN)		Akma Durumu				Göçme Durumu				Süneklik oranları (μ_δ)	
	İtme	Çekme	0.75*Vmax (kN)		Deplasman (mm)		0.80*Vmax (kN)		Deplasman (mm)			
			İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS	**29.7**	22.3	**22.3**	-28.4	**21.3**	-26.2	**23.7**	-30.3	**69.7**	-72.4	**3.29**	2.77
OSWSSW	**401.6**	-353	**301.2**	-264.8	**14.5**	15.1	**321.3**	-282.4	**36.5**	-33.8	**2.52**	2.24
OSWMSW	**381.8**	-363	**286.4**	-272.2	**12.3**	16.0	**305.5**	-290.4	**27.5**	-32.0	**2.23**	2.00





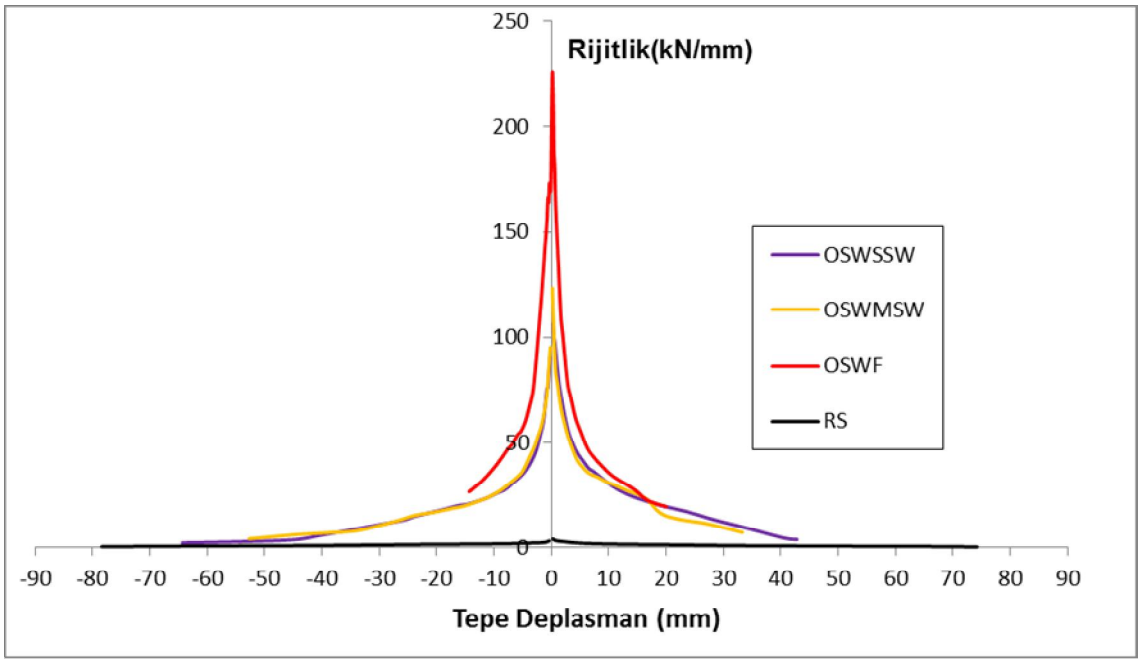
Şekil 4.146. Sistem sünekliklerinin belirlenmesi için oluşturulan grafikler (Grup2) (Park, 1989)



Şekil 4.146. Sistem sünekliklerinin belirlenmesi için oluşturulan grafikler (Grup2) (devamı)

Rijitliklerin karşılaştırılması:

Grup 2'de yer alan numunelere ait rijitlik azalımı grafikleri Şekil 4.147'de verilmiştir. Bu numunelere ait 1. çevrimdeki, maksimum yükteki rijitlik değerleri ve bu değerler için perde duvarsız B/A çerçeveye göre hesaplanan rijitlik oranları Çizelge 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.147. Rijitlik azalımı grafikleri (Grup 2)

Çizelge 4.14. 1. çevrimdeki, maksimum yükteki rijitlik değerleri ve hesaplanan rijitlik oranları (Grup 2)

Deney numunesi	Rijitlik Değerleri (kN/mm)				Rijitlik Oranları			
	1. çevrimdeki		Max yükteki		1. çevrimdeki		Max yükteki	
	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS 	**4.02**	3.14	**0.67**	0.91	**1**	1	**1**	1
OSWSSW 	**106.15**	90.45	**17.02**	14.84	**26.41**	28.81	**25.40**	16.31
OSWMSW 	**123.31**	95.28	**23.29**	15.16	**30.67**	30.34	**34.76**	16.66
OSWF 	**271.15**	211.13	**34.13**	39.82	**67.45**	67.24	**50.94**	43.76

1. çevrimdeki ve maksimum yükteki rijitlik değeri en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Numunelere ait ilk rijitlik değerleri, deneylerin ilerleyen çevrimlerde düşmüştür. İtme yönü için numunelerin ilk rijitlik değerlerinin, maksimum yük seviyesine ulaşıldığı andaki azalım oranları; RS numunesinde 6, OSWSSW'de 6.24, OSWMSW'de 5.29, OSWF'de 7.94'dür. Çekme yönü için rijitlik azalım oranları ise; RS numunesinde 3.45, OSWSSW'de 6.1, OSWMSW'de 6.28, OSWF'de 5.30'dur.

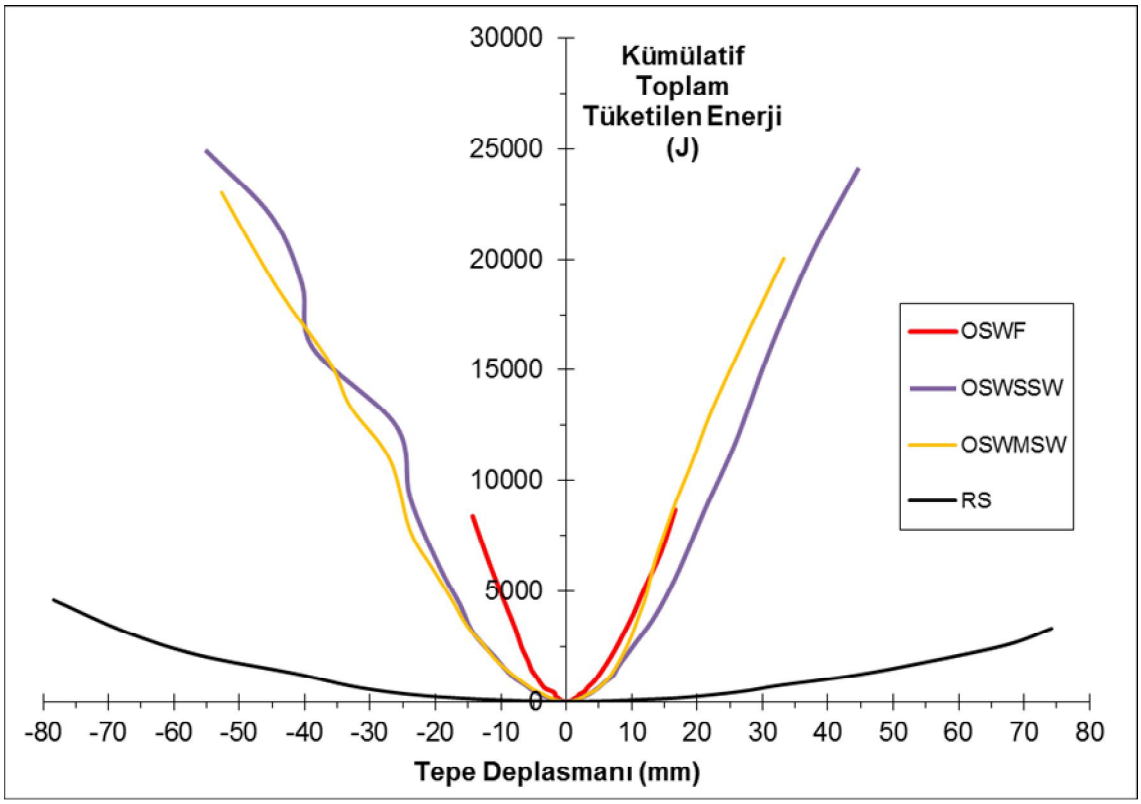
Enerji tüketim kapasitelerinin karşılaştırılması:

Grup 2'de yer alan numunelere ait tüketilen enerji grafikleri Şekil 4.143 ve Şekil 4.149'da verilmiştir. Grup 2'e ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune maksimum taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra yeterli süneklilik değerlerine sistem stabilitesinin tehlikeye düşmesinden dolayı ulaşamamıştır. Bu yüzden göçme yükü için tüketilen enerji değeri hesaplanamamıştır. Bu nedenden dolayı tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri hesaplanmış ve yorum yapılmıştır.

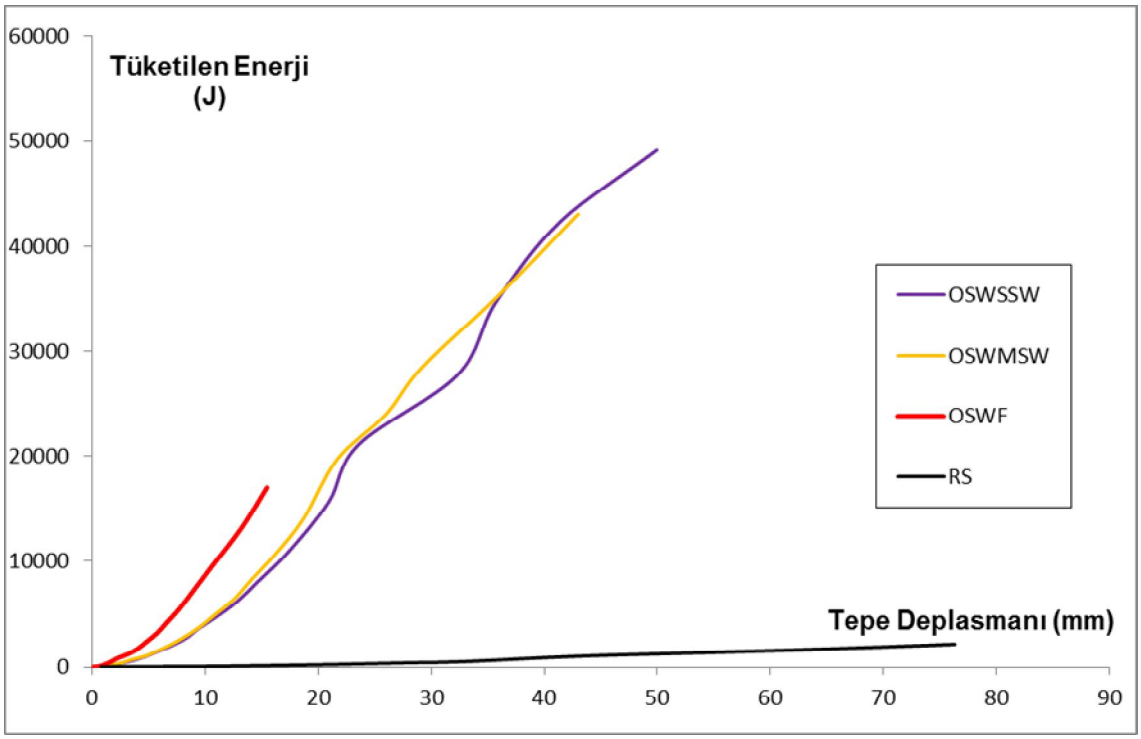
Toplam tüketilen enerji değeri en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre %16.54, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre %20.32 ve perde duvarsız B/A çerçeveye (RS) göre %2117 daha fazla enerji tüketme kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15. Grup 2'e ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri

Deney numunesi	Toplam Tüketilen Enerji Değerleri (J)
RS	637,63
OSWSSW	11751,03
OSWMSW	12131,66
OSWF	14138,26



Şekil 4.148. Kümülatif toplam tüketilen enerji grafikleri (Grup 2)



Şekil 4.149. Tüketilen enerji grafikleri (Grup 2)

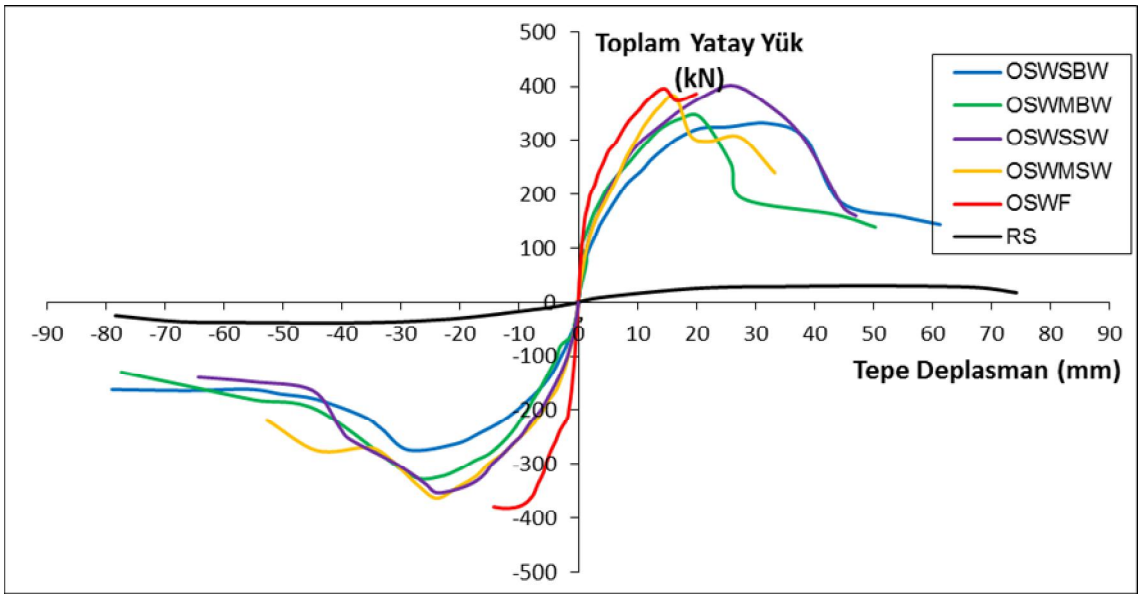
4.2.3. Çalışma kapsamındaki tüm numunelerin karşılaştırılması

Dayanımların karşılaştırılması:

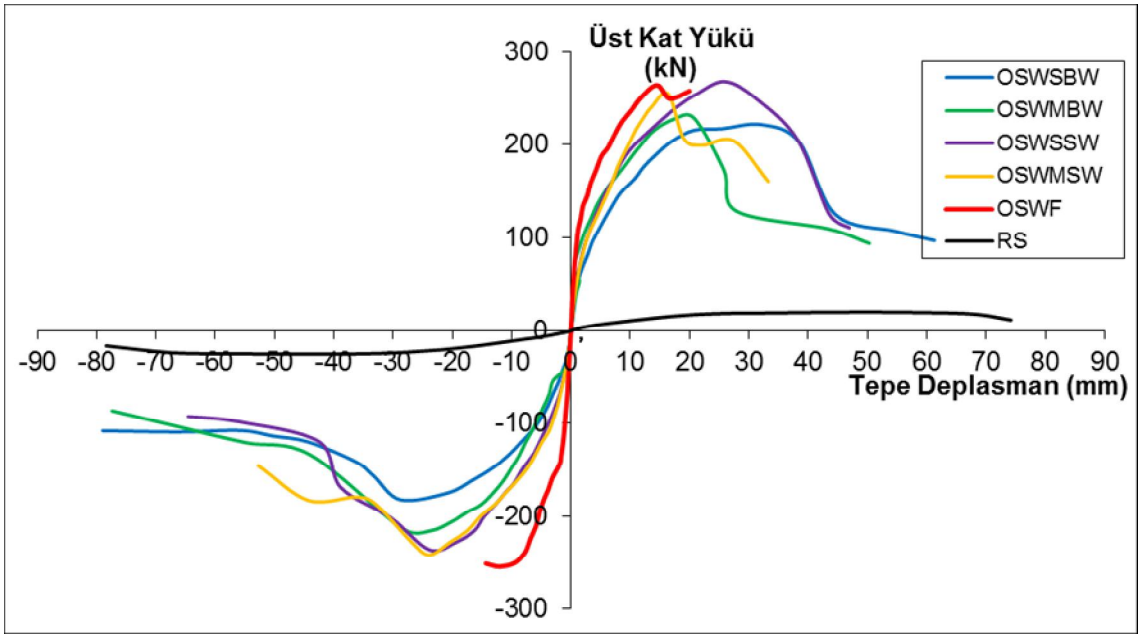
Çalışma kapsamında deneyleri yapılan 6 adet numuneye ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.150'de, üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.151'de ve alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği Şekil 4.152'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Verilen bu grafiklere göre düzlem dışı B/A perde duvarıyla ve kolon mantosuyla güçlendirilen numunelerin, perde duvarsız B/A çerçeveye (RS) göre itme ve çekme yönlerinde yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları Çizelge 4.16'de verilmiştir.

Çizelge 4.16'den görüldüğü üzere; *itme yönü* için en fazla yatay yük taşıyan numune düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre; düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre %23.2, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre %29.6, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre %44.3, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre %49.8 daha fazla yatay yük taşımıştır.

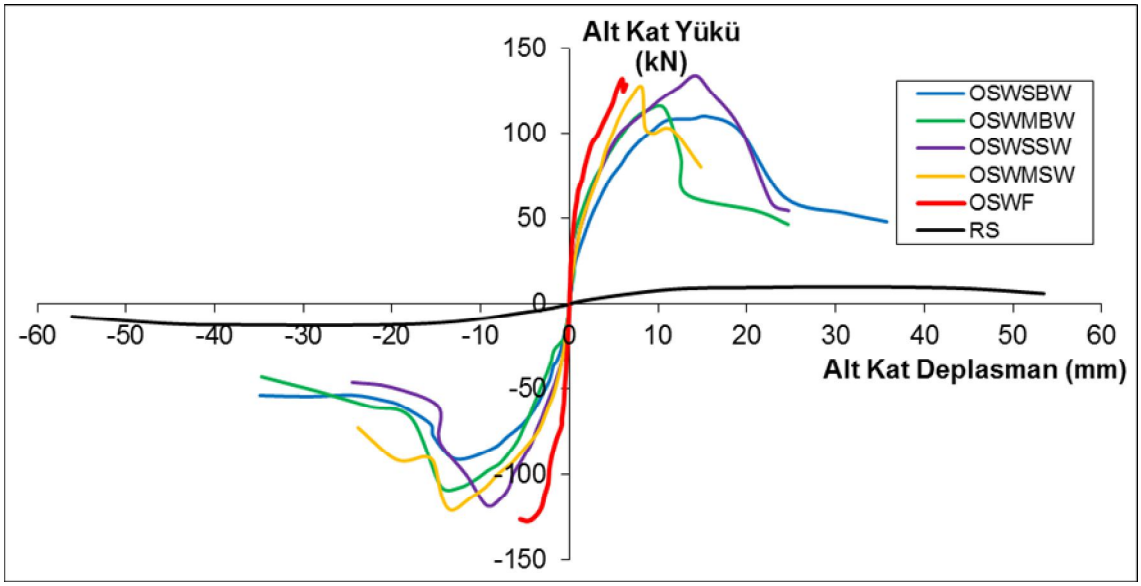
Çizelge 4.16'den görüldüğü üzere; *çekme yönü* için düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre; düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre %31.5, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre %34.6, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre %47.4, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre %74.4 daha fazla yatay yük taşımıştır.



Şekil 4.150. Tüm numunelere ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı zarf eğrileri grafiği



Şekil 4.151. Tüm numunelere ait üst kat yükü-üst kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği



Şekil 4.152. Tüm numunelere ait alt kat yükü-alt kat deplasmanı zarf eğrileri grafiği

Çizelge 4.16. Deney numunelerinin yatay yük taşıma kapasitelerindeki artış oranları

Deney numunesi	Max. Yükteki Tepe deplasmanı (mm)		Toplam yatay yüke göre					
			Max. Yatay Yük (kN)		Yatay yük taşıma artış oranları (%)		Yatay yük taşıma artış oranları	
	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS	**44.22**	-41.74	**29.67**	-37.88	**0**	0	**1**	1
OSWSBW	**32.10**	-28.72	**332.06**	-273.58	**1019**	622	**11.19**	7.22
OSWMBW	**18.83**	-21.52	**342.96**	-323.71	**1056**	754	**11.56**	8.54
OSWSSW	**25.93**	-23.88	**401.65**	-354.53	**1254**	836	**13.54**	9.36
OSWMSW	**16.39**	-23.95	**381.85**	-362.97	**1187**	858	**12.87**	9.58
OSWF	**14.51**	-11.98	**495.02**	-477.14	**1568**	1160	**16.68**	12.60

Sistem süneklikleri̇nin karşılaştırılması:

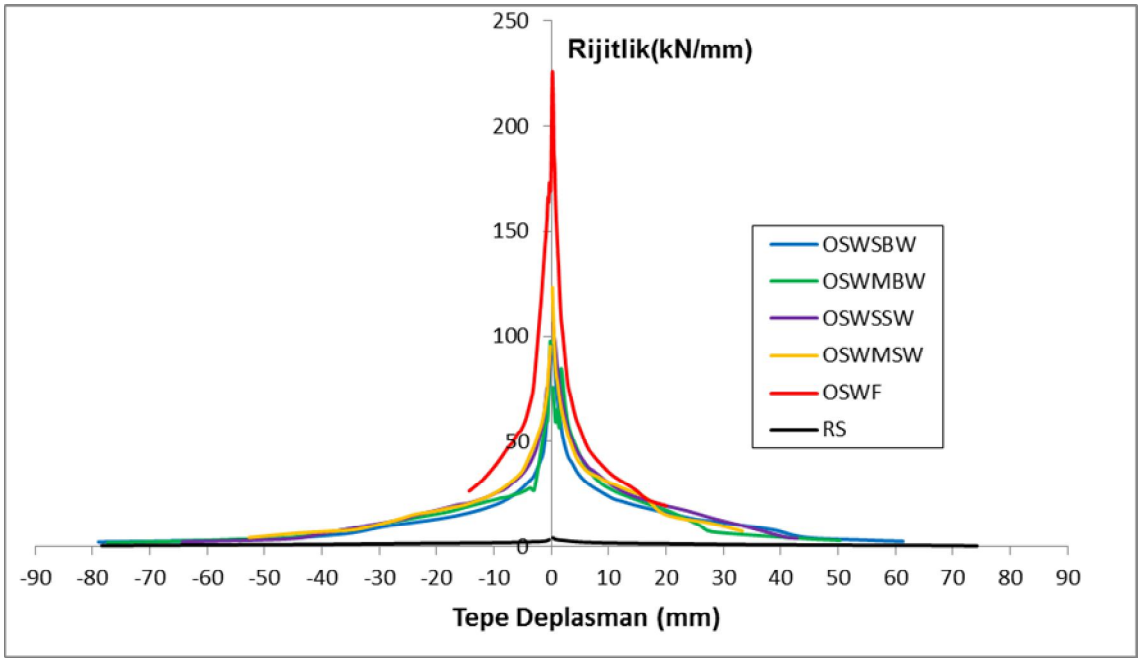
Çalışma kapsamında yer alan tüm numunelere ait itme ve çekme çevrimleri için hesaplanan süneklik oranları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune maksimum taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra yeterli süneklilik değerlerine sistem stabilitesinin tehlikeye düşmesinden dolayı ulaşamamıştır. Bu yüzden değerlendirmeye katılmamıştır.

Çizelge 4.17. Tüm numunelere ait, itme ve çekme çevrimleri için süneklik oranları

Deney numunesi	Max.Yatay Yük Vmax (kN)		Akma Durumu				Göçme Durumu				Süneklik oranları (μ_δ)	
	İtme	Çekme	0.75*Vmax (kN)		Deplasman (mm)		0.80*Vmax (kN)		Deplasman (mm)			
			İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS	**29.7**	22.3	**22.3**	-28.4	**21.3**	-26.2	**23.7**	-30.3	**69.7**	-72.4	**3.29**	2.77
OSWSBW	**332.1**	249.1	**249.1**	-205.8	**14.8**	14.8	**265.5**	-232.1	**40.4**	33.7	**2.73**	2.28
OSWMBW	**343**	257.2	**257.2**	-242.8	**11.2**	15.2	**274.4**	-259	**24.8**	-36.4	**2.22**	2.39
OSWSSW	**401.6**	-353	**301.2**	-264.8	**14.5**	15.1	**321.3**	-282.4	**36.5**	-33.8	**2.52**	2.24
OSWMSW	**381.8**	-363	**286.4**	-272.2	**12.3**	16.0	**305.5**	-290.4	**27.5**	-32.0	**2.23**	2.00

Rijitliklerin karşılaştırılması:

Çalışma kapsamında yer alan tüm numunelere ait rijitlik azalımı grafikleri Şekil 4.153'de verilmiştir. Referans numuneye göre hesaplanan rijitlik azalımı oranları Çizelge 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.153. Tüm numunelere ait rijitlik azalımı grafikleri

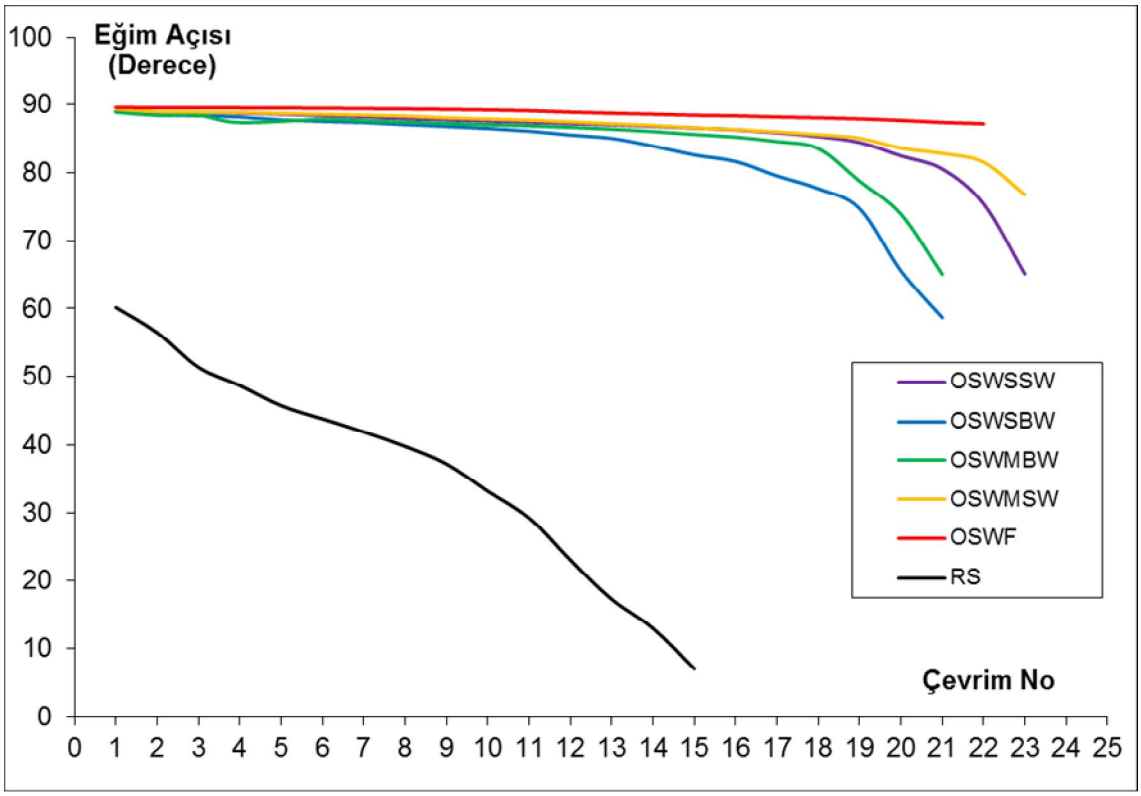
Çizelge 4.18. Tüm numuneler için hesaplanan rijitlik değerleri ve rijitlik azalım oranları

Deney numunesi	Rijitlik Değerleri (kN/mm)				Rijitlik Oranları				Rijitlik Azalımı Oranları	
	1. çevrimdeki		Max yükteki		1. çevrimdeki		Max yükteki		1. çevrimdeki/max. yükteki	
	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme	İtme	Çekme
RS 	**4.02**	3.14	**0.67**	0.91	**1**	1	**1**	1	**6.00**	3.45
OSWSBW 	**95.83**	84.71	**10.34**	9.52	**23.84**	26.98	**15.43**	10.46	**4.02**	8.90
OSWMBW 	**75.83**	97.73	**16.55**	13.68	**18.86**	31.12	**24.70**	15.03	**4.58**	7.14
OSWSSW 	**106.15**	90.45	**17.02**	14.84	**26.41**	28.81	**25.40**	16.31	**6.24**	6.10
OSWMSW 	**123.31**	95.28	**23.29**	15.16	**30.67**	30.34	**34.76**	16.66	**5.29**	6.28
OSWF 	**271.15**	211.13	**34.13**	39.82	**67.45**	67.24	**50.94**	43.76	**7.94**	5.30

Deney numunelerine ait eğim açısı grafiklerinde (Şekil 4.154), her çevrimde θ açısı başlangıçta yatay eksene yaklaşık dik olarak başlamış, çevrimler ilerledikçe eğrinin açı azalarak devam etmiştir. Eğim açısının azalarak devam etmesi, deney numunelerinin rijitliklerinin de ilerleyen çevrimlerde azaldığı gerçeğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Tüm numuneler için eğim açısı azalım değerleri ve eğim açısı azalımı oranları

Deney numunesi	Eğim Açısı Değerleri (derece)			Eğim Açısı Azalımı Oranları	
	1. çevrimdeki	Max yükteki	Son çevrimdeki	1. çevrimdeki/max. yükteki	1. çevrimdeki/Son çevrimdeki
RS 	**73.95**	38.18	**15.25**	1.94	**4.85**
OSWSBW 	**89.02**	83.90	**58.71**	1.06	**1.52**
OSWMBW 	**88.91**	83.54	**65.03**	1.06	**1.37**
OSWSSW 	**89.05**	85.31	**65.10**	1.04	**1.37**
OSWMSW 	**89.37**	85.59	**76.84**	1.04	**1.16**
OSWF 	**89.63**	87.21	-	1.21	-

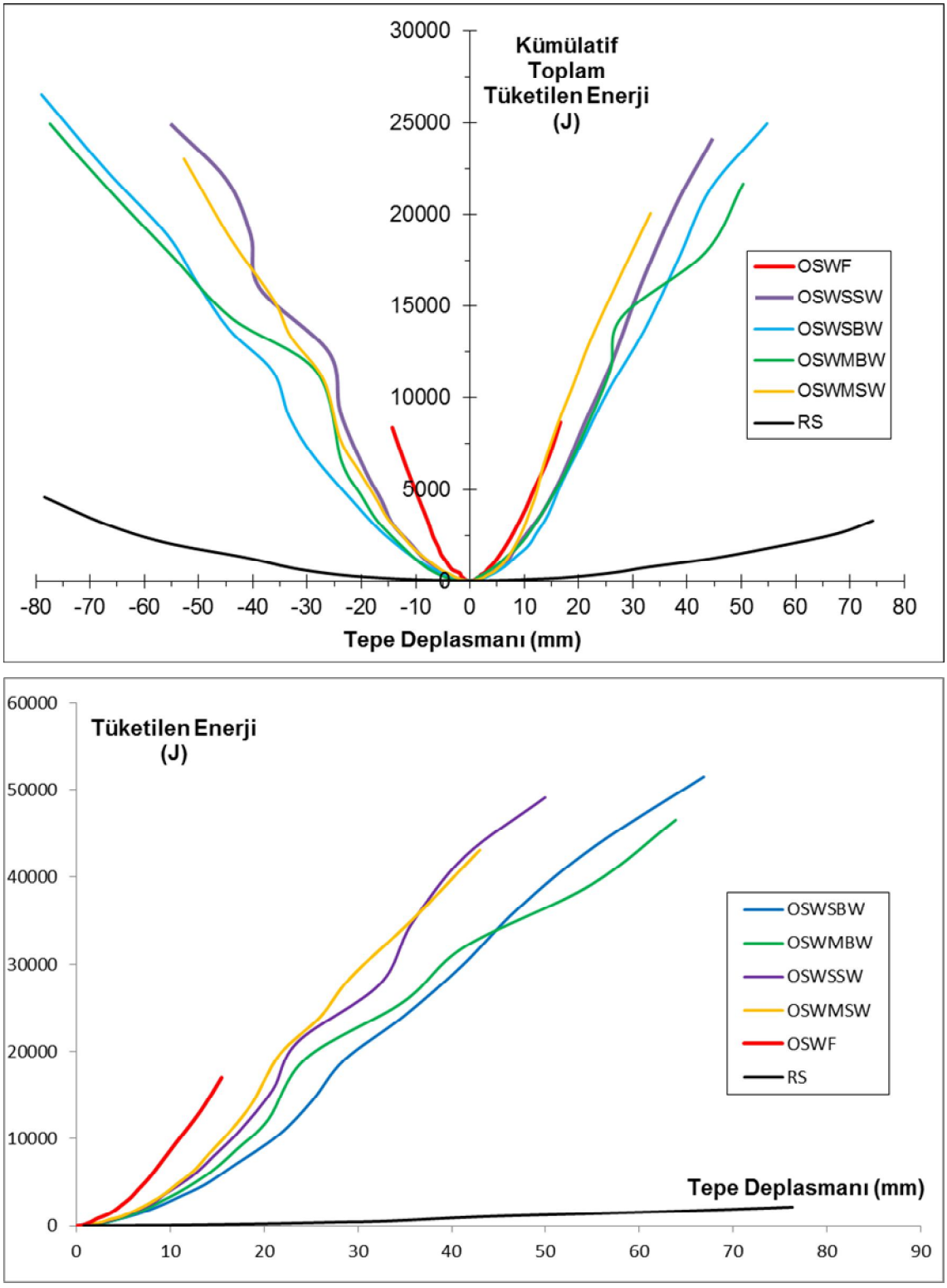


Şekil 4.154. Tüm numunelere ait eğim açısı grafikleri

Enerji tüketim kapasitelerinin karşılaştırılması:

Çalışma kapsamında yer alan tüm numunelere ait tüketilen enerji grafikleri Şekil 4.155'de verilmiştir. Tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri Çizelge 4.20'de verilmiştir. Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune maksimum taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra yeterli süneklilik değerlerine sistem stabilitesinin tehlikeye düşmesinden dolayı ulaşamamıştır. Bu yüzden göçme yükü için tüketilen enerji değeri hesaplanamamıştır. Bu nedenden dolayı tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri hesaplanmış ve yorum yapılmıştır.

Toplam tüketilen enerji değeri en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre %16.54, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre %20.32, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre %58.92, ve düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre %60.64 ve perde duvarsız B/A çerçeveye (RS) göre %2117 daha fazla enerji tüketme kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.155. Tüm numunelere ait tüketilen enerji grafikleri

Çizelge 4.20. Tüm numunelere ait 15 mm ortalama tepe deplasmanına göre toplam tüketilen enerji değerleri

Deney numunesi	Toplam Tüketilen Enerji Değerleri (J)
RS 	637,63
OSWSBW 	8801,41
OSWMBW 	8896,669
OSWSSW 	11751,03
OSWMSW 	12131,66
OSWF 	14138,26

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde son on yılda yaşanan depremlerden sonra yapılan inceleme ve araştırma sonuçlarına göre deprem bölgelerinde inşa edilmiş yapıların büyük bir kısmında tasarım ve yapım kusurlarının olduğu bilinmektedir. Bu gerçeklerden yola çıkılarak depreme karşı yapı tasarımında, güçlendirme yöntemlerinin seçimi ve yapıda uygulama yerinin tespitinin ne kadar önemli olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Güçlendirme yönteminin seçiminde; maliyet (yapım süreci ve bakım sürecinde meydana gelen harcamalar), uygulanabilirlik (uzman ekip ve materyal imkanı), mimari nedenler (bitişik nizam yapılar, kat sayısı fazla binalar gibi), yapının fonksiyonelliğinin azaltılması veya değiştirilmesi, işlemin tamamlanma süresi ve uygulanması düşünülen yöntemin yapının ölü yükünü ne kadar değiştirdiği etkilidir.

Betonarme çerçeve türü yapıların, çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde duvarlarla güçlendirilmesi konusuna DBYBHY 2007'de yer verilmiştir ve bu yöntemin ekonomik ve başarılı bir teknik olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışma ile güçlendirme uygulamalarının önündeki büyük engellerden olan bina kullanımının aksaması ve mimari kaygıların giderilmesine olanak sağlayacak güçlendirme yönteminde pencere boşluklarının etkileri araştırılmıştır. Deprem gibi yatay yüklerin yapıya etkimesi durumunda, betonarme yapılardaki pencere boyut ve yerleşim değişiminin uygulanacak düzlem dışı betonarme perdede bulunan pencere boşluklarının konumu ve boyutunun yapı davranışını nasıl etkilediği deneysel olarak araştırılmıştır.

Ayrıca uygulanacak düzlem dışı betonarme perde duvarın mevcut kolonlara yük aktarımının daha iyi olabilmesi için kolon mantolanması da dikkate alınmıştır. Bu durum en gayri müsait duruma göre yani bitişik nizamdaki bir yapıda kolonun üç yüzüne müdahale etme durumu düşünülmüştür.

Yapılan bu tez çalışmasında; ülkemizde depreme karşı performansı yetersiz mevcut binalarda karşılaşılan kusurlar da dikkate alınarak 1/3 ölçekli, iki katlı ve tek açıklıklı 6 adet numune Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Araştırma Laboratuvarında yatay olarak üretilmiştir. Deneyler için üretilen bu numunelerden ilki perde duvarsız betonarme çerçeve kontrol amaçlı üretilmiş referans numunedir. Diğer deney numunelerinden 4'ü çeşitli boyuttaki pencere boşluklarına sahip düzlem dışı betonarme perde duvarlarıyla, 1'i ise boşluksuz düzlem dışı betonarme perde duvarla güçlendirilmiştir. Hazırlanan 6 adet numune

Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Araştırma Laboratuvarında tersinir-tekrarlanır yükler altında test edilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmaların neticesinde, numunelerin yatay yük taşıma kapasiteleri, akma yük değerleri, göçme yükü değerleri, ilk yanal rijitlik değerleri, toplam tüketilen enerji değerleri, süneklik oranları değerleri ve göçme mekanizması durumları için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Perde duvarsız B/A çerçeve RS'nin, maksimum yatay yük taşıma kapasitesi itmede 29.67 kN, çekmede 37.88 kN, akma yükü değeri itmede 22.25 kN, çekmede 28.41 kN, göçme yükü değeri itmede 23.74 kN, çekmede 30.30 kN, ilk yanal rijitlik değeri itmede 4.02 kN/mm, çekmede 3.14 kN/mm, toplam tüketilen enerji değeri J ve süneklik oranı değeri itmede 4.30, çekmede 3.69 olarak bulunmuştur. Numunede göçme mekanizması; S101 ve S102 kolonlarında meydana gelen eğilme ve kesme çatlaklarından kaynaklanan ağır hasarlar şeklinde gerçekleşmiştir. Böylelikle bu numunede zayıf kolon-güçlü kiriş davranışının oluşumu gözlemlenmiştir.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencereli numune OSWSBW'nin, maksimum yatay yük taşıma kapasitesi itmede 332.06 kN, çekmede 273.58 kN, akma yükü değeri itmede 249.05 kN, çekmede 205.81 kN, göçme yükü değeri itmede 265.54 kN, çekmede 232.05 kN, ilk yanal rijitlik değeri itmede 95.83 kN/mm, çekmede 84.71 kN/mm, toplam tüketilen enerji değeri 51494,41 J ve süneklik oranı değeri itmede 3.64, çekmede 3.03 olarak bulunmuştur. Numunede göçme mekanizması; S202 ve S102 kolon mantolarının bulunduğu hizadaki perde betonun kabuk betonu düşerek kolon mantosunun donatıları açığa çıkmıştır. Kısa kolon davranışı, S202 ve S102 kolonlarında da gözlemlenmiş, ancak S102 kolon mantosunda hasar boyutu S202'deki kadar olmamıştır. P201 perdesinde pencere boşluğu alt hizasında başlayan, P101 perdesinin pencere boşluğu üstüne kadar düşey çatlak oluştuğu gözlemlenmiştir. Özellikle P101 ve P201 perdelerindeki pencere boşluklarının alt köşesi daha rijit olan S101 ve S201 kolonlarına doğru yaklaşık 2 cm ayrılmıştır. Düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve pencere boşluklarında gözlemlenmiştir. P201 perde duvarındaki pencere boşluğu üst köşesinde yukarıya doğru düşey çatlak oluşumu gözlemlenmiştir. P101 perde duvarının ön ve arka yüzü pencere boşluğu olmayan kısımlarda kabuk betonu düşerek perde donatıları açığa çıkmıştır.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencereli numune OSWMBW'nin, maksimum yatay yük taşıma kapasitesi itmede 342.96 kN, çekmede 323.71 kN, akma yükü değeri itmede 257.22 kN, çekmede 242.78 kN, göçme yükü değeri itmede 274.37 kN, çekmede 258.97 kN, ilk yanal rijitlik değeri itmede 75.83 kN/mm, çekmede 97.73 kN/mm, toplam tüketilen enerji değeri 46534.73 J ve süneklik oranı değeri itmede 2.96, çekmede 3.19 olarak bulunmuştur. Numunede göçme mekanizması; P101 ve P201 perde duvarlarındaki pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği ve bu bölgeye yakın gövde donatılarında kopmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. P101 ve P201 perdelerindeki pencere boşluklarının arasında bulunan perdede "X" şeklinde hasarlar ve betonun dökülüp perde donatıların açığa çıktığı gözlemlenmiştir. Pencere boşlukları arasında bulunan beton taşıma özelliğini kaybetmiştir. Özellikle P101 perdesindeki pencere boşluğunun alt köşesi S101 ve S102 kolonlarına doğru 45^{o} olarak ayrılmıştır. P201 perdesindeki pencere boşluğunun alt köşesi P101 perdesine nazaran daha az zarar görmüştür. Düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve pencere boşluklarında gözlemlenmiştir. P201 perde duvarındaki pencere boşluğu üst köşesinde yukarıya doğru düşey çatlak büyüyerek ayrılmış ve o bölgede perde ön kısmında betonun döküldüğü gözlemlenmiştir.
- Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencereli numune OSWSSW'nin, maksimum yatay yük taşıma kapasitesi itmede 401.65 kN, çekmede 354.53 kN, akma yükü değeri itmede 301.24 kN, çekmede 264.75 kN, göçme yükü değeri itmede 321.32 kN, çekmede 282.4 kN, ilk yanal rijitlik değeri itmede 106.15 kN/mm, çekmede 90.45 kN/mm, toplam tüketilen enerji değeri 49102.82 J ve süneklik oranı değeri itmede 3.36, çekmede 2.99 olarak bulunmuştur. Numunede göçme mekanizması; P101 ve P201 perde duvarlarındaki pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği ve bu bölgeye yakın gövde donatılarında kopmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kısa kolon davranışı, S202 ve S102 kolon mantolarında perde önyüzünde gözlemlenmiştir. P101 ve P201 perdelerindeki pencere boşluklarının arasında bulunan perdede "X" şeklinde hasarlar ve betonun dökülüp perde donatıların açığa çıktığı gözlemlenmiştir. Pencere boşlukları arasında bulunan beton taşıma özelliğini kaybetmiştir. Düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve pencere boşluklarında gözlemlenmiştir. P201 perde duvarındaki pencere boşluğu üst köşesinde yukarıya doğru düşey çatlak büyüyerek ayrılmış ve o bölgede perde ön kısmında

betonun döküldüğü gözlemlenmiştir. P101 perde duvarının ön ve arka yüzü pencere boşluğu olmayan kısımlarda kabuk betonu düşerek perde donatıları açığa çıkmıştır. Bu perde donatıların burkulduğu gözlemlenmiştir.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencereli numune OSWMSW'nin, maksimum yatay yük taşıma kapasitesi itmede 381.85 kN, çekmede 362.97 kN, akma yükü değeri itmede 286.38 kN, çekmede 272.23 kN, göçme yükü değeri itmede 305.47 kN, çekmede 290.38 kN, ilk yanal rijitlik değeri itmede 123.31 kN/mm, çekmede 95.28 kN/mm, toplam tüketilen enerji değeri 43087.62 J ve süneklik oranı değeri itmede 3.06, çekmede 2.67 olarak bulunmuştur. Numunede göçme mekanizması; P101 ve P201 perde duvarlarındaki gerilme yığılmalarının yoğun olduğu pencere köşe bölgesindeki çatlakların genişlediği gözlemlenmiştir. P101 ve P201 perdelerinde mevcut olan pencere boşluklarının arasında bulunan perdenin önyüzünde "X" şeklinde hasarlar ve kabuk betonun dökülüp perde donatıların açığa çıktığı gözlemlenmiştir. P201 perdesinde bulunan pencere boşluğunun köşe üst kısımlarında ezilmeler ve daha önceden oluşan çatlakların genişlediği gözlemlenmiştir. P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun köşe alt kısımlarında betonda ezilmeler ve daha önceden oluşan çatlakların genişlediği gözlemlenmiştir. Pencere boşlukları arasındaki perde betonun büyük bir kısmı yük taşıyamaz hale gelerek dökülmüş ve perde betonun gövde donatıları eğilmiştir. P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt kısımlarında ise perde betonun bir kısmı dökülmüş ve perde betonun donatıları açığa çıkmıştır. P101 perdesinde bulunan pencere boşluğunun alt köşe kısımlarında çatlak genişleyerek ayrılmıştır.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune OSWF'nin, maksimum yatay yük taşıma kapasitesi itmede 495.02 kN, çekmede 477.14 kN, akma yükü değeri itmede 371.27 kN, çekmede 357.86 kN, göçme durumuna geçilememiştir, ilk yanal rijitlik değeri itmede 271.15 kN/mm, çekmede 211.13 kN/mm ve toplam tüketilen enerji değeri 17023.61J bulunmuştur. Süneklik oranı değeri göçme durumuna geçilemediği için değerlendirilememiştir. Numunede göçme mekanizması; düzlem dışı yapılan perdenin çerçeveden ayrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde gözlemlenmiştir. S201 ve S202 kolonlarının K201 kiriş bölgesinde bulunan düzlem dışı perde duvar verilen yatay yük etkisiyle ayrılmış ve o bölgede bulunan LVDT'ler hasar görmüştür. Ayrıca o bölgede S201 ve S202 kolonları patlamıştır.

Yapılan deneylerden elde edilen verilerin karşılaştırılması neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune itme ve çekme yönünde en fazla yatay yük taşıma kapasitesine sahip numunedir (itme'de 495.02 kN, çekme'de 477.14 kN). Bu numune, boşluk oranı %15.77 sahip düzlem dışı kenarda büyük pencere boşluklu numuneye göre itmede %49.1, çekmede %74.4 daha fazla yük taşımaktadır. Bu numune, aynı boşluk oranına sahip düzlem dışı ortadan büyük pencere boşluklu numuneye göre itmede %44.3, çekmede %47.4 daha fazla yük taşımaktadır. Bu numune, boşluk oranı %10.51 sahip düzlem dışı kenarda küçük pencere boşluklu numuneye göre itmede %23.2, çekmede %34.6 daha fazla yük taşımaktadır. Bu numune, aynı boşluk oranına sahip düzlem dışı ortadan küçük pencere boşluklu numuneye göre itmede %29.6, çekmede %31.5 daha fazla yük taşımaktadır.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların merkezi ortada olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWMSW, OSWMBW ve RS) *itme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (495.02 kN), boşluk oranı %10.51 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencere boşluklu numuneye (OSWMSW) göre %29.6, boşluk oranı %15.77 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu numuneye (OSWMBW) göre %44.3, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1568 daha fazla yük taşımıştır.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların merkezi ortada olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWMSW, OSWMBW ve RS) *çekme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (477.14 kN), boşluk oranı %10.51 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu numuneye (OSWMSW) göre %31.4, boşluk oranı %15.77 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan büyük pencere boşluklu numuneye (OSWMBW) göre %47.4, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1159 daha fazla yük taşımıştır.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların merkezi kenarda olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWSSW, OSWSBW ve RS) *itme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (495.02 kN), boşluk oranı %10.51 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu numuneye (OSWSSW) göre %23.2, boşluk oranı %15.77 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu numuneye (OSWSBW) göre %49.1, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1568 daha fazla yük taşımıştır.
- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların merkezi kenarda olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWSSW, OSWSBW ve RS) *çekme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (477.14 kN), boşluk oranı %10.51 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu numuneye (OSWSSW) göre %34.6, boşluk oranı %15.77 sahip düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu numuneye (OSWSBW) göre %74.4, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1159 daha fazla yük taşımıştır.
- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların oranı %10.51 olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWSSW, OSWMSW ve RS) *itme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (495.02 kN), düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu numuneye (OSWSSW) göre %23.2, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencere boşluklu numuneye (OSWMSW) göre %29.6, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1568 daha fazla yük taşımıştır.

- Düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların oranı %10.51 olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWSSW, OSWMSW ve RS) *çekme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (477.14 kN), düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu numuneye (OSWSSW) göre %34.6, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada küçük pencere boşluklu numuneye (OSWMSW) göre %31.5, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1159 daha fazla yük taşımıştır.
- Düzlem dışı B/A perde duvarlı numuneler ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların oranı %15.77 olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWSBW, OSMSBW ve RS) *itme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (495.02 kN), düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu numuneye (OSWSBW) göre %49.1, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu numuneye (OSWMBW) göre %44.3, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1568 daha fazla yük taşımıştır.
- Düzlem dışı B/A perde duvarlı numuneler ve perde duvarsız B/A numune, *boşlukların oranı %15.77 olan* numuneler arasında yatay yük taşıma kapasitesine göre kıyas yapılır ise (OSWF, OSWSBW, OSWMBW ve RS) *çekme* yönünde, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numune (477.14 kN), düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu numuneye (OSWSBW) göre %74.4, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu numuneye (OSWMBW) göre %47.4, boşluk oranı %100 sahip perde duvarsız numuneye (RS) göre %1159 daha fazla yük taşımıştır.
- İlk yanal rijitlik değeri itmede ve çekmede en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz numunedir (itmede 271.15 kN/mm ve çekmede 211.13 kN/mm). Referans numuneye göre ilk yanal rijitlik oranları ise boşluksuz dolgu duvarlı numunede 53.96 kat, ortadan küçük pencereli numunede 30.67 kat, kenarda küçük pencereli numunede 26.41 kat, ortada büyük pencereli numunede 18.86 kat, kenarda büyük pencereli numunede 23.84 kat ve pencere boşluksuz numunede 67.45 kat daha fazla olmuştur.

Numunelere ait ilk yanal rijitlik değerlerinin, maksimum yükteki rijitlik değerlerine oranlanması yani rijitlik azalımı oranları itme için, boşluksuz perde duvarlı numunede 11.23, ortada küçük pencereli numunede 5.29, kenarda küçük pencereli numunede 6.24, ortada büyük pencereli numunede 4.58, kenarda büyük pencereli numunede 4.02, pencere boşluksuz numunede 7.95 ve referans numunede 6.00 olarak bulunmuştur. Rijitlik azalımı oranları çekme için, boşluksuz perde duvarlı numunede 6.39, ortada küçük pencereli numunede 6.28, kenarda küçük pencereli numunede 6.10, ortada büyük pencereli numunede 7.14, kenarda büyük pencereli numunede 8.90, pencere boşluksuz numunede 5.3 ve referans numunede 3.45 olarak bulunmuştur.

- Numunelere ait göçme durumdaki maksimum yatay deplasmanlarının (δ_{u+}, δ_{u-}), akma anındaki yatay deplasmanlara (δ_{y+}, δ_{y-}) oranlanması ile numunelerin süneklik oranları bulunmuştur. Referans numuneye göre süneklik oranları itmede, ortada küçük pencereli numunede 0.77 kat, kenarda küçük pencereli numunede 0.77 kat, ortada büyük pencereli numunede 0.68 kat ve kenarda büyük pencereli numunede 0.83 kat şeklinde olmuştur. Referans numuneye göre süneklik oranları çekmede, ortada küçük pencereli numunede 0.72 kat, kenarda küçük pencereli numunede 0.81 kat, ortada büyük pencereli numunede 0.86 kat ve kenarda büyük pencereli numunede 0.82 kat şeklinde olmuştur.

- Toplam tüketilen enerji değeri en fazla olan numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numunedir. Buna göre düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluksuz (OSWF) numune, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortadan küçük pencere boşluklu (OSWMSW) numuneye göre %16.54, düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda küçük pencere boşluklu (OSWSSW) numuneye göre %20.32, düzlem dışı B/A perde duvarlı ortada büyük pencere boşluklu (OSWMBW) numuneye göre %58.92, ve düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda büyük pencere boşluklu (OSWSBW) numuneye göre %60.64 ve perde duvarsız B/A çerçeveye (RS) göre %2117 daha fazla enerji tüketme kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.

5.2. Öneriler

Deprem davranışı yetersiz B/A çerçevelerin, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluklu güçlendirilmesi konusunda yapılan araştırma sonucunda geliştirilen öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Hasarlı betonarme çerçevelerin farklı boyut ve konumlarda düzlem dışı B/A perde duvarla onarılması incelenmelidir.
- Düzlem dışı B/A perde duvarlı kenarda pencere boşluklu numunelerde, DBYBHY 2007'de verilen şekilde manto olmayan kısımda perde uç elemanları, ortada pencere boşluğu olan numunelerin her iki kısmında perde uç elemanları oluşturularak yeni bir çalışma yapılabilir.
- Güçlendirme çalışmalarından sonra betonarme duvardan kaynaklanan yalıtım sıkıntılarının yaşanmaması için gerekli yalıtım işlemlerinin yapılması gereklidir.
- Ülkemizdeki gerçek yapılarda uygulanan diğer pencere çeşitleri dikkate alınarak ve bu çalışmadaki pencere boşluk oranları, pencere geometrisi ve yerleşim yerleri değiştirilerek yeni bir çalışma yapılabilir.
- Betonarme perde ile güçlendirme çalışması mevcut binalarda dışarıdan içeriye müdahale etmeden (beton dökümü, demir bağlama işleri gibi) tuğla dolgu duvar dış yüzü kalıp gibi kullanılarak ve özellikle pencere ve kapı boşluklarının korunması amacıyla yapılmış bir çalışmadır. Gerçek binalarda uygulanacak bu yöntemde binanın ölü yükünü azaltmak için beton prizini aldıktan sonra tuğla dolgu duvarın kaldırılması esas alınarak bu araştırma düşünülmüştür. Bu çalışmaya ek olarak tuğla dolgu duvarla beraber düzlem dışı B/A perde duvarla güçlendirme yönteminde pencere boşluğu etkisini yeni bir çalışmayla araştırılmalıdır.
- Yapıların içerisinde yer alan çerçevelerin güçlendirilmesinde, kapı boşluklarının boyut, geometri ve yerleşim değişimini incelemek amacıyla da deneysel çalışmalar yapılabilir.
- Mevcut betonarme çerçevelere benzer olarak, hazırlanacak çerçevelerin kolonlarında uygulanan bindirmeli ekin, düzlem dışı B/A perde duvarlı pencere boşluklu yapılan güçlendirme çalışmalarına etkisi daha net görülmesi için bu konuda deneysel çalışmalar yapılabilir.

- Güçlendirme yapılacak olan çerçevelerin belirlenmesinde yapıda kullanımı az olan kısımlarda bulunan çerçevelerin, dolgu duvarında pencere boşluğu az olan çerçevelerin ve yapıda simetrisi olan çerçevelerin seçilmesine dikkat edilmelidir.
- Hazırlanan bu çalışmada, deney numunelerinin çerçevelerinde ortalama basınç dayanımı 17 MPa olan beton kullanılmıştır. Yapılacak olan yeni bir çalışmada, numunelerin çerçeve betonu olarak daha düşük basınç dayanımına sahip beton kullanılarak deneysel bir çalışma yapılabilir. Böylelikle, beton basınç dayanımı düşük olan mevcut betonarme yapılarda, pencere boşluklu düzlem dışı B/A perde duvarlarıyla yapılan güçlendirme yönteminin uygulanabilirliği hakkında fikir sahibi olunabilir.
- Yapılacak olan yeni bir çalışma kapsamında; pencere boşluklu düzlem dışı betonarme perde duvarlarıyla güçlendirilmiş numunelerin davranışları analitik olarak incelenebilir. Böylelikle, numuneler için deneylerden elde edilen sonuçlar, analitik çalışma sonuçları ile karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

Acun, B., Sucuoğlu, H., 2005, Tuğla dolgu duvarlı çerçevelerin hasır donatı ile güçlendirilmesi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 965-971.

AFAD, 2011, Depreme karşı yapısal risklerin azaltılması ve yapısal güçlendirme, *T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara

Akın, S.K., 2006, Betonarme Çerçevelerin Deprem Güvenliğinin Çapraz Çubuklar Yardımıyla Arttırılması, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya

Altın, S., 1990, Strengthening of R/C Frames with R/C Infills, A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, *Middle East Technical University*, Ankara

Altın, S., Anıl, Ö., Gökten, Y., 2004, Betonarme kirişlerin kesmeye karşı güçlendirilmesinde bir kelepçe uygulaması, *Gazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Dergisi*, Cilt 19, No 4, 415-422.

Anıl, Ö., 2002, Betonarme çerçevelerin boşluklu betonarme dolgu duvarlar ile güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Anıl, Ö, Altın, S., 2007, Experimental study on reinforced concrete partially infilled frames, *Engineering Structures 29 (2007),* 449-460

Anonim, 2012a, http://www.deprem.gov.tr/sarbis/depbolge/depharita1.gif

Anonim, 2012b, 07 Aralık 2011-Kaçak binası yıkıldı aldığı parayla kaçak kat çıktı, *http://dipnot.tv/18535/Kacak-binasi-yikildi-aldigi-parayla-kacak-kat-cikti.aspx*

Arslan, M.H., 2007, Kolonları çekme kırılması gösteren sünek olmayan betonarme çerçevelerin dış perde duvar ile güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 2-6.

Bedirhanoğlu, İ. ve Önal, T., 2011, 23 Ekim 2011 Van Depremi Ön Değerlendirme Raporu, *İMO Diyarbakır şubesi*, Diyarbakır.

Beyen K., 2006, Deprem Mühendisliği ve Yapı Dinamiği, İ.M.O. *İstanbul Şubesi Seminerleri*, 51, İstanbul

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Afete Hazırlık Eğitim Birimi, 2005, Afete Hazırlık El Kitabı, *Boğaziçi Üniversitesi*, İstanbul, 1.

Celalettin ve ark., 2000, Depremde hasar gören betonarme yapıların onarımı ve güçlendirilmesi, *Deprem Araştırma Bülteni*, 83, Ankara

Çelebi E. ve ark., 2011, 23 Ekim 2011 Van-Erciş Depremi Değerlendirme Raporu, *Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü*, 25-33, Sakarya

Daniel, J.I., Shiu, K.N., Corley, W.G., 1986, Openings in earthquake-resistant structural walls, *Journal of Structural Engineering*, 112(7), 1660-1676.

DBYBHY, 2007, Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.

Das, B.M., 1983, Fundamentals of soil Dynamics, *Elsevier Science Publishing Co. Inc.*, s 353-374, New York, USA.

Eom, T.S., Park H.G., 2010, Evaluation of Energy Dissipation of Slender Reinforced Concrete Members and its Applications, *Engineering Structures*, 32, 2884-2893

Erdem I, Akyüz U., Ersoy, U., Özcebe, G., 2006, An exerimental study on two different strengthening teqniques for RC frames, *Engineering Structures*, 28 (2006), 1843-1851.

Ersoy, U., Uzsoy, Ş., 1971, Dolgulu çerçevelerin davranış ve mukavemeti, *TÜBİTAK Araştırma Raporu MAG 2005*, Ankara.

Ersoy U., Özcebe G., 2001, *Betonarme, Evrim Yayınevi*, İstanbul, 89.

Han, S.W., Jee, N.Y., 2005, Seismic behaviors of columns in ordinary and intermediate moment resisting concrete frames, *Engineering Structures*, 27, 951-962.

Higashi, Y., Endo, T., Okhubo, M., Shimizu, Y., 1980, Experimental study on strengthening reinforced concrete structure by adding shear Wall, *Proceeding of the 7th WCEE*, İstanbul, Vol. 7, 173-180.

İnel, M., Bilgin, H., Özmen, H.B., 2008, Orta yükseklikli betonarme binaların Türkiye'de yaşanan son depremlerdeki performansı, *İMO Teknik Dergi*, 4319-4331.

Kaltakcı, M.Y., Arslan, M.H., Yılmaz, Ü.S., 2005, Malzeme sünekliğinin sistem sünekliğine olan etkisi üzerine bir çalışma, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 881-893.

Kaltakcı M.Y., Yavuz G., 2006, Kısmi Betonarme Perde Duvar İle Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerin Depremi Benzeştiren Yatay Yük Etkisindeki Davranışı, *Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE 2006),* Proceedings CD, Pages: ace06-169, 1-11, October 11-13, 2006, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey.

Kaltakcı M.Y., Yılmaz Ü.S, Arslan M.H., 2006, Yatay Yük Tasıma Kapasitesi Düşük Olan Betonarme Çerçevelerin Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi, *Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE 2006),* Proceedings CD, Pages: ace06-167, 1-12, October 11-13, 2006, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey.

Kara, İ.F., 2007, Betonarme yapıların çatlama etkisi göz önüne alınarak lineer olmayan analizi, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 17-19.

Kara, M.E., 2006, Sünek olmayan betonarme çerçevelerin betonarme parçasal dolgu duvarlarıyla güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 13-14.

Kato, D., Kabesayasawa, T., Otani, S., Aoyama, H., 1995, Earthquake resistant design of shear walls with one opening, *ACI Structural Journal*, 92 (4), 495-500.

Korkmaz, H.H., Tankut, T., 2005, Performance of a precast concrete beam-to-beam connection subject to reversed cyclic loading, *Engineering Structures*, 27, 1392-1407.

Korkmaz, H.H., 2009, Fotoğraf arşivi.

Korkmaz, H.H., 2012, Fotoğraf arşivi.

Marjani, F., Ersoy, U., 2002, Behavior of brick infilled reinforced concrete frames under reversed cyclic loading, *ECAS2002 International Symposium on Structural and Earthquake Engineering*, Ankara, 142-150.

MEGEP, 2011, Deprem İzolatör Sistemleri, *MEGEP İnşaat Teknolojisi*, Ankara

Mimarlar Odası Genel Merkezi, 2012, Van Depremi Hasar Tespit Raporu, *TMMOB, Ankara, 8-11.*

Moehle, J.P., 2000, State of research on seismic retrofit of concrete building structures in the US, *US-Japan Symposium and Workshop on Seismic Retrofit of Concrete Structures*, USA, 4.

Nohutçu, H., 2007, Betonarme Prefabrik Endüstri Yapılarının Dış Perde Duvar Uygulaması İle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Eskişehir.

Ono, M., Ezaki, F., 2000, The effects of loading velocity on elasto-plastic behavior of reinforced concrete framed shear walls with opening, *The 12.World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, New Zealand.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, 2011, 23 Ekim 2011 M_w 7.2 Van depremi sismik ve yapısal hasara ilişkin saha gözlemleri, *METU/EERC 2011-04, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara 45,54,56.*

Özdöner, N., 2011, Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Bina Dışından Uygulanan Betonarme Prefabrik Paneller ile Arttırılması, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya

Öztürk, M., 2010, Deprem dayanımı yetersiz betonarme çerçevelerin bağ kirişli dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-2.

Park, H.G, Eom T.S., 2004, Energy Dissiation Capacity of Flexure-Dominated Reinforced Concrete Membes, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No:3481, Canada

Park, H.G., Eom, T.S., 2006, A Simplified Method for Estimating the Amount of Energy Dissipated by Flexure Dominated Reinforced Concrete Members for Moderate Cyclic Deformations, *Eathquake Spectra*, 22(3), 459-490

Park, R., 1989, Evaluation of Ductility of Structures and Structural Assemblages from Laboratory Testing, *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, Vol.22, No.3, September

Park, R., Paulay, T., 1975, Reinforced Concrete Structures, ISBN: 0471659177, 0471046558, 657-660

Süsoy, M., 2004, Seismic Strengthening of Masonry Infilled R/C Frames with Precast Concrete Panel Infills, A Master of Science Thesis in Civil Engineering, *Middle East Technical University*, Ankara

Şahan, E., 2009, Yerel yönetimlerin afet zararlarını azaltmaya yönelik zemin araştırmalarına bakışı nasıl olmalı?, *http://www.erdalsahan.com/etiket/heyelan*

Topçu, A., 2011, Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri, Doğrular-Yanlışlar-Hasarlar, *http://mmf2.ogu.edu.tr/aTopçu*

TS500, 2000, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.

Türk, M., Ersoy, U., Özcebe, G., 2003, Betonarme çerçevelerin depreme karşı onarımı ve güçlendirilmesi, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul.

Ünal, A., 2012, TDY 2007'ye göre tasarlanmamış betonarme çerçevelein düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya

Yavuz G., 2005, Kısmi Betonarme Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Deprem Davranışı Zayıf Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin Deprem Davranışı, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya

Yılmaz, Ü.S., 2007, Kolonlar Basınç Kırılması Gösteren Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin Dış Perde Duvarı Uygulamasıyla Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya

Yüksel, İ., Polat, Z., 2002, Betonarme çerçeve sistemlerinde sistem akma parametrelerinin tespiti, *ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu*, Ankara, 300-307.

Yüksel, İ., 2005, Sistem deplasmanında yeni bir yaklaşımla sünek yapılarda performans değerlendirmeleri, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 565-576.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Fatih BAHDIR
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Konya 20/03/1975
Telefon	**:**	0332 7127424
Faks	**:**	0332 7127425
e-mail	**:**	fbahadir@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Erbil Koru Lisesi, Konya	1992
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. İnş. Müh. Konya	1997
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya	2002
Doktora	:	-	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
1998	Selçuk Üniversitesi Ereğli Kemal Akman M.Y.O.	Öğr.Gör.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

1. Kamanlı, M., Korkmaz, H.H., Bahadır, F., Balık, F.S., 2010, Betonarme Yapıların Güçlendirilmesinde Uygulanan Yöntemler, *2. Ulusal Konya Ereğli Kemal Akman Meslek Yüksekokulu Tebliğ Günleri*, Sayı 2, Konya, 561-573.

2. Bahadır, F., Balık, F.S., Korkmaz, H.H., Kamanlı, M., Korkmaz, S.Z., 2011, Küçük Ölçekli, 3 Boyutlu B/A Numuneler Üzerinde Güçlendirme Çalışmaları Öğrenci Fikirlerinin Değerlendirilmesi, *3. Ulusal Konya Ereğli Kemal Akman Meslek Yüksekokulu Tebliğ Günleri*, Sayı 3, Konya, 630-640.

3. Bahadır, F., Balık, F.S., Kaltakcı, M.Y., Kamanlı, M., Korkmaz, H.H., 2011, Sünek Olmayan B/A Çerçevelerin B/A Dolgu Duvarlar, Çelik Levha ve Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmesi, *Ulusal Yapı Mekaniği Laboratuvarları Toplantısı*, Kocaeli.

4. Kamanlı, M., Korkmaz, H.H., Balık, F.S., Bahadır, F., 2011, Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin, Çelik Çaprazlarla, Betonarme Dolgu Duvarlarla, ve Çelik Levhalar ile Güçlendirilmesi, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara.

5. Kamanlı, M., Kaltakcı, M.Y., Bahadır, F., Balık, F.S., Korkmaz, H.H., Döndüren, M.S., Çöğürcü, M.T., 2012, Predicting the Flexural Behaviour of Reinforced Concrete and Lightweight Concrete Beams by ANN, *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 19, 87-94.