İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME YAPILARIN ÇELİK İLE TAKVİYESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Yavuz Emre KÜÇÜK

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdoğan UZGİDER

Ocak 2003

ÖNSÖZ

Ülkemizin aktif sismik bölgelerinde yer alan mevcut bir çok bina günümüz şartnamelerini sağlamamaktadır. Bu yapılar güçlendirilmelerine rağmen depremde yetersiz bir davranış sergileyebilirler. Sismik yetersizlik genelde en geniş şekilde; tasarımda alınan yetersiz etkiler, daha önceki depremler nedeniyle oluşmuş yapı hasarları, kusurlu tasarım ve uygulama ve binanın hizmet durumundaki değişimlerdir. Ülkemizde 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999'da meydana gelmiş olan depremler, bir çok yapının yukarıda bahsedilen olumsuz özelliklere sahip olduklarını, üzülerek söylemek gerekirse, kamuoyuna ispatlamışlardır.

Bu çalışma iki ana parçadan oluşmaktadır. İlk parçada onarım ve güçlendirme konusunda ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Bu parçada mevcut yapılarda oluşan hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri ile betonarme ve çelik elemanlar kullanılarak yapılan güçlendirme işleri hakkında bilgiler sunulmuştur. İkinci parçada ise yedi katlı betonarme bir konutun betonarme ve çelik elemanlar ile güçlendirilmesi yapılmış ve hesap özetleri sunulmuş daha sonra da her iki sistemin maliyet analizleri karşılaştırılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmalarım sırasında beni yönlendiren, değerli bilimsel katkılarını ve sonsuz desteğini benden esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Erdoğan UZGİDER'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu tezin hazırlanması süresince çok kıymetli yardımlarından dolayı Sayın Dr. Özden ÇAĞLAYAN'a, çizimleri yapan İnş. Müh. Nesrin TARLACI'ya, mesleki tecrübelerini benimle paylaşan Yük. Müh. Göncer AYALP'e ve GAMB Göncer Ayalp Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti. çalışanlarına sonsuz teşekkürler ediyorum.

Ocak 2003 Yavuz Emre KÜÇÜK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **vii**
ŞEKİL LİSTESİ **ix**
SEMBOL LİSTESİ **xii**
ÖZET **xix**
SUMMARY **xxi**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı 1
2. BETONARME YAPILARDAKİ DEPREM İLE İLGİLİ HASARLAR **3**
2.1. Depremin Ortaya Çıkardığı Hasarlar 3
2.2 Depremden Dolayı Oluşan Hasarlar 3
2.2.1. Sistem bazında oluşan hasarlar 3
2.2.2. Eleman bazındaki hasarlar 4

3. DEPREM HASARLARININ TÜRLERİ **5**
3.1. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarındaki Çatlak ve Hasarlar 5
3.2. Duvar Hasarları 5
3.3. Taşıyıcı Yapı Elemanlarındaki Çatlak ve Hasarlar 7
3.4. Döşeme Hasarları 7
3.5. Kiriş Hasarları 9
3.6. Kolon Hasarları 12
3.7. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesi Hasarları 15
3.8. Perde Hasarları 16
3.9. Temel Hasarı 18

4. BETONARME YAPILARDA HASAR SAPTAMA İŞLEMLERİ **19**

5. ONARIM VE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER, UYGULAMA TEKNİK VE YÖNTEMLERİ İLE AVRUPA'DAKİ ÇALIŞMALAR **20**
5.1. Onarım ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler 20
5.1.1 Tamir harçları 20
5.1.2 Epoksi reçineleri 21
5.1.3 Yerinde döküm normal beton 22
5.1.4 Polimerli beton 23
5.1.5 Reçine betonları 23
5.1.6 Püskürtme beton 24
5.1.7. Çelik şeritler 24

5.1.8. Lifli plastik levhalar 25
5.1.9. Karbon lifli malzemeler 26
5.2. Avrupadaki Çalışmalar 26

6. BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ 27
6.1. Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi 27
6.1.1. Betonarme manto 27
6.1.2. Çelik manto 28
6.1.3. Çelik levha ile kılıf geçirme 29
6.2. Perdelerin Onarım ve Güçlendirilmesi 30
6.3. Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi 31
6.4. Temelin Onarım ve Güçlendirilmesi 33

7. BETONARME YAPILARIN İLAVE BETONARME ELEMANLAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİ 34
7.1. Giriş 34
7.2. Onarım ve Güçlendirme İlkeleri 37
7.2.1. Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirmeye karar verilmesi 39
7.2.2. Güçlendirme projesinin ilkelerinin belirlenmesi 39

8. BETONARME YAPILARIN ÇELİK İLE GÜÇLENDİRİLMESİ 42
8.1. Sismik Güçlendirme için Betonarme Çerçevelerin Çelik Çaprazlı Takviyesi 42
8.1.1. Giriş 42
8.1.2. Çelik çaprazlama 44
8.1.3. Çaprazlama sisteminin dizaynı 44
8.1.4. Çaprazlamanın planı 45
8.1.5. Çelik çaprazlamanın değerlendirilmesi 48
8.1.6. Zayıf kolonlar ile çelik çaprazlı çerçeveler 50
8.1.7. Kirişte değişiklik yapılması 51
8.1.8. Sonuçlar 55
8.2. Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeveli Bir Yapının Sismik Dizaynı ve Testi 57
8.2.1. Düşey çelik elemanların dizaynı 59
8.2.2. Yatay çelik elemanların dizaynı 61
8.2.3. Çelik çaprazların temel ankraj dizaynı 64
8.3. Çelik Çaprazlı Yapıştıröa Metodu 70
8.3.1. Yapıştırma çelik çaprazlar üzerine deneysel çalışmalar 70
8.3.2. Düğüm noktalarının kayma dayanımı 71
8.3.3. Maksimum dayanım 72
8.3.4. Sonuçlar 75
8.4. Çelik Perdeler 75

8.4.1. Çelik perdelerin sismik dizaynı 77
8.4.2. Çelik perdelerin kesme kuvveti altında davranışı 79
8.4.2. Çelik perdelerin modellenmesi 84

9. MEVCUT BETONARME YAPILARIN DUDUMU VE GÜÇLENDİRME STRATEJİLERİ 85
9.1. Giriş 85
9.2. Güçlendirme Stratejileri 86

10. BETONARME-ÇELİK KARMA SİSTEMİNİN TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISININ SAPTANMASI 91

11.ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ İNCELENMESİ,YETERSİZ YAPILARIN GÜÇLENDİRME PROJELERİNİN HAZIRLANIŞI 94
11.1. Giriş 94
11.2. Yapını Tanıtımı 94
11.3. Mevcut Yapının ABYYHY'ye Göre İncelenmesi 95
11.4. Mevcut Yapının Analizi 96
11.5. Mevcut Yapı Kirişlerinin Betonarme Hesabı 100
11.6. Mevcut Yapı Kolonlarının Betonarme Hesabı 110
11.7. Mevcut Yapının Değerlendirilmesi ve Durumunun Tespiti 116

12. BETONARME YAPININ ÇELİK ELEMANLARLA GÜÇLENDİRİLMESİI 118
12.1. Giriş 118
12.2. Pushover Analizi 120
12.3. Güçlendirme Derecesinin Tespiti 125
12.4. R'nin Elde Edilişi 125
12.5. Çelik Takviyeli Yapının Analizi 126
12.6. Çelik Elemanların Dizaynı 140
12.6.1. Çelik çapraz sisteminin hesabı 140
12.6.2. Çelik perde sisteminin hesabı 158
12.6.3. Kayma elemanlarının tespiti 162
12.6.4. Kiriş kolon dual sistemin teşkili 163
12.6.5. Kolonlardaki çekme kuvveti için detayların teşkili 167

13. YAPININ BETONARME PERDELERLE GÜÇLENDİRİLMESİ 175
13.1. Giriş 175
13.2. Betonarme Takviyeli Yapının Analizi 175
13.3. Takviye Perdelerinin Betonarme Hesabı 188

14. GÜÇLENDİRME MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ve SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 193
14.1. Elde Edilen Sonuçların Değerlendiilmesi ve Öneriler 194
14.1.1 Çelik ve betonarme yapının tümsel maliyetinin değerlendirilmesi 194

KAYNAKLAR 201
EKLER 204
ÖZGEÇMİŞ 251

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 11.1	Mevcut yapı kat kesme kuvvetleri ve kat kütleleri.....	98
Tablo 11.2	Mevcut yapı göreli kat ötelemelerinin kontrolü.....	98
Tablo 11.3	Mevcut yapı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	99
Tablo 11.4	Mevcut yapı A-1 burulma düzensizliğinin kontrolü.....	100
Tablo 11.5	Mevcut yapı kiriş kesit tesirleri.....	106
Tablo 11.6	Mevcut yapı kiriş kesit tesirleri devamı.....	107
Tablo 11.7	Mevcut yapı kirişlerinin durumu.....	108
Tablo 11.8	Mevcut yapı kirşlerinin durumu devamı.....	109
Tablo 11.9	Mevcut yapı kolon kesit tesirleri.....	112
Tablo 11.10	Mevcut yapı kolon kesit tesirleri devamı.....	113
Tablo 11.11	Mevcut yapı kolonlarının durum tesbiti.....	114
Tablo 11.12	Mevcut yapı sistem rijitlik merkezi koordinatları.....	115
Tablo 12.1	Çelik takviyeli yapı X yönü kat kesme kuvvetleri ve kat kütleleri	126
Tablo 12.2	Çelik takviyeli yapı Y yönü kat kesme kuvvetleri ve kat kütleleri	127
Tablo 12.3	Çelik takviyeli yapı göreli kat ötelemelerinin kontrolü.....	128
Tablo 12.4	Çelik takviyeli yapı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	129
Tablo 12.5	Çelik takviyeli yapı A-1 burulma düzensizliğinin kontrolü.....	130
Tablo 12.6	Çelik takviyeli yapının D_i değerleriyle düzeltilmiş kat kesme kuvvetleri ve kat kütleleri.....	130
Tablo 12.7	Çelik takviyeli yapı kiriş kesit tesirleri.....	132
Tablo 12.8	Çelik takviyeli yapı kirş kesit tesirleri devamı.....	133
Tablo 12.9	Çelik takviyeli yapı kirişleri durumu.....	134
Tablo 12.10	Çelik takviyeli yapı kirşleri durumu devamı.....	135
Tablo 12.11	Çelik takviyeli yapı kolon kesit tesirleri.....	136
Tablo 12.12	Çelik takviyeli yapı kolon kesit tesirleri durumu devamı.....	137
Tablo 12.13	Çelik takviyeli yapı kolonlarının durum tesbiti.....	138
Tablo 12.14	Çelik takviyeli yapı sistem rijitlij merkezi koordinatları.....	139
Tablo 12.15	Yapıda kullanılan diğer berkitme elemanları.....	144
Tablo 12.16	Kolonlardaki çekme kuvveti için korniyer tablosu.....	172
Tablo 12.17	Çelik eleman tip 1,2,3 ve 4 kesit tesirleri.....	173
Tablo 12.18	Çelik eleman tip 5,7,8 ve 9 kesit tesirleri.....	173
Tablo 12.19	Çelik eleman tip 10 ve 11 kesit tesirleri.....	173
Tablo 12.20	Güçlendirmede Kullanılan Çelik Elemanlar.....	174
Tablo 13.1	Betonarme takviyeli yapı kat kesme kuvvetleri ve kat kütleleri…	176
Tablo 13.2	Betonarme takviyeli yapı göreli kat ötelemelerinin kontrolü.....	176
Tablo 13.3	Betonarme takviyeli yapı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	177
Tablo 13.4	Betonarme takviyeli yapı A-1 burulma düzensizliğinin kontrolü..	178
Tablo 13.5	Betonarme takviyeli yapı kiriş kesit tesirleri.....	181
Tablo 13.6	Betonarme takviyeli yapı kiriş kesit tesirleri devamı.....	182
Tablo 13.7	Betonarme takviyeli yapı kirişlerinin durumu.....	183

Tablo 13.8 Betonarme takviyeli yapı kirşlerinin durumu devamı..... 184
Tablo 13.9 Betonarme takviyeli yapı kolon kesit tesirleri..... 185
Tablo 13.10 Betonarme takviyeli yapı kolon kesit tesirleri devamı..... 186
Tablo 13.11 Betonarme takviyeli yapı kolonlarının durum tesbiti..... 187
Tablo 13.12 Betonarme takviyeli yapı ilave perde kesit tesirleri..... 188
Tablo 13.13 Betonarme takviyeli yapı sistem rijitlik merkezi koordinatları..... 192
Tablo 14.1 Betonarme Güçlendirme Maliyeti..... 193
Tablo 14.2 Çelik ile Güçlendirme Maliyeti..... 193

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1 : Konsola dik duvarda oluşan çatlaklar.....6
Şekil 3.2 : Betonarme binada bölme duvarı hasarı.....6
Şekil 3.3 : Düşey yüklerden dolayı hasara uğramış döşemedeki çatlak ve sehim.....7
Şekil 3.4 : Perde duvarındaki dönmenin döşemeye etkisi.....8
Şekil 3.5 : Kirişsiz döşemede zımbalama kırılması.....9
Şekil 3.6 : Saplanan yan kirişin ana kirişte moment kırılmasına yol açması.....10
Şekil 3.7 : Deprem etkisinde zorlanan kirişlerdeki çeşitli çatlaklar.....11
Şekil 3.8 : Kolonda meydana gelen hasarlar.....12
Şekil 3.9 : Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşaması.....14
Şekil 3.10 : Kolonda kesme kuvveti etkisinde oluşan eğik çatlaklar.....15
Şekil 3.11 : Güçlü kolon ve güçlü kiriş durumnda kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarları.....16
Şekil 3.12 : Kiriş-kolon birleşim bçlgesinde çeşitli çatlama ve hasar türleri.....16
Şekil 3.13 : Perdede a) kesme kuvveti, b) eğilme, c) kayma hasarı.....17
Şekil 3.14 : Perdede burulma etkisinde oluşmuş çatlaklar.....18
Şekil 5.1 : Çatlarlara epoksi uygulaması.....23
Şekil 5.2 : Çelik şerit uygulaması ile kolon-kiriş birleşim bölgesinin güçlendirilmesi.....25
Şekil 6.1 : Kolonda betonarme manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme.....28
Şekil 6.2 : Kolonda çelik manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme.....29
Şekil 6.3 : Mevcut kolonun çelik levhayla güçlendirilmesi.....30
Şekil 6.4 : Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi.....31
Şekil 6.5 : Kirilerin onarım ve güçlendirilmesi.....32
Şekil 6.6 : Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi.....33
Şekil 6.7 : Temel alt seviyesine inilerek temelin güçlendirilmesi.....33
Şekil 7.1 : İlave perdelerin mevcut yapıya teşkili.....36
Şekil 7.2 : İlave perde konsrüktif koşulları.....37
Şekil 7.3 : Perdelerin çerçeve ile çalışması için uygun ayrıntılar.....38
Şekil 8.1 : Çelik çaprazlarla güçlendirme işleminin ana adımları.....45
Şekil 8.2 : Çapraz yerleşimleri.....47
Şekil 8.3 : Çapraz modelleri.....47
Şekil 8.4 : Çevrimli yük altındaki tepki; kl/r=80.....49
Şekil 8.5 : Çevrimli yük altındaki tepki; kl/r= 40-120.....49
Şekil 8.6 : Çevrimli yük altındaki tepki; kl/r= 0.8-sonsuz.....50
Şekil 8.7 : İkincil kirişte değişim, kesme ve delme teknikleri.....52
Şekil 8.8 : Kirişleri değişime uğramış çaprazlama sisteminin tepkisi: a) monolitik yüklemede tepki, b) değişim kurgusu.....53
Şekil 8.9 : Kiriş değişimli ve değişimsiz sistemin tekrarlı yüklere tepkisi.....54
Şekil 8.10 : Kiriş değişimli ve değişimsiz güçlendirme.....54
Şekil 8.11 : Güçlendirilmiş çerçevenin çerçevenin bileşenleri.....59
Şekil 8.12 : Çelik çapraz sisteminin akma mekanizması.....59
Şekil 8.13 : Bağ levhalarının dizayn kuvvetleri.....61
Şekil 8.14 : Kesme bağlantılarının dizayn kuvvetleri.....64
Şekil 8.15 : Çelik çapraz sistemi planı.....65

Şekil 8.16 : Güçlendirilmiş döşemede çelik elemanlara ait detaylarar.....65
Şekil 8.17 : Çelik kolonların temele ankrajlanmalarına ait detaylar.....66
Şekil 8.18 : Bağ levhalı çelik kolonun orijinal modeli.....67
Şekil 8.19 : Bağ levhalı çelik kolonun modelinin yinelenmesi.....68
Şekil 8.20 : BA çerçevenin ve çaprazlı çerçevenin histerik çevrimleri.....70
Şekil 8.21 : Çelik berkitme sistemleri: a) konvansiyonel metod, b) yapıştırma çapra metodu.....71
Şekil 8.22 : Betonda çatlak oluşumu.....73
Şekil 8.23 : Düğüm noktasında çatlak oluşumundan sonraki sürtünme mekanizması.....74
Şekil 8.24 : a) Dolu gövdeli kiriş, b) Çelik perde.....76
Şekil 8.25 : Çelik perdeli bir yapının resmi.....77
Şekil 8.26 : Çelik perdelerin iki tipi: a) standart sistem, b) dual sistem.....78
Şekil 8.27 : Boşluklu çelik perdelere örnekler.....78
Şekil 8.28 : Çelik perde levhasında oluşması beklenen gerilmeler: a) kritik kesme gerilmesi, b) çekme alanı, c) gerilmelerin kombinasyonu, d) panel diyagoneli doğrultusunda yükleme.....79
Şekil 8.29 : Çelik perdelerin üç ayrı davranış bölgeleri.....81
Şekil 8.30 : Kesme akması ve çekme alanı hareketi altındaki çelik perdeler.....81
Şekil 8.31 : Çelik perde levhasının sınır kiriş ve kolonlara bağlantısı.....82
Şekil 8.32 : Çelik perdeleri kafes sistem gibi kurgulayan iki model.....84
Şekil 9.1 : Yapı performans seviyeleri.....86
Şekil 9.2 : S_a-T eğrisi.....87
Şekil 9.3 : S_a-S_d eğrisi.....87
Şekil 9.4 : Kapasite eğrisi.....88
Şekil 9.5 : Kapasite spektrumu.....88
Şekil 9.6 : Azaltılmış spektrum eğrileri ile arzu edilen seviye için hedef deplasmanın elde edilişi.....90
Şekil 10.1 : Yapı elastoplastik eğrisi ve onun elastik yük altındaki davranış eğrisinin durumu.....91
Şekil 11.1 : A1-Burulma düzensizliği.....99
Şekil 11.2 : STA4-CAD programında K102 kirişi sol mesnette hesap değerleri.....102
Şekil 11.3 : Mevcut yapı SAP2000 modeli.....103
Şekil 11.4 : Mevcut Yapı 2.BK Planı.....104
Şekil 11.5 : Mevcut Yapı 2.BK Tavanı Kalıp Planı.....105
Şekil 11.6 : STA4-CAD programında betonarme kolon hesabı.....111
Şekil 12.1 : Mevcut yapıda 7 aksı çerçevesi.....120
Şekil 12.2 : Mevcut yapı pushover eğrisi.....120
Şekil 12.3 : Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş 7 aksı çerçevesi.....121
Şekil 12.4 : Güçlendirilmiş yapı pushover eğrisi.....121
Şekil 12.5 : Güçlendirilmiş yapı modelinde çelik elemanlar.....122
Şekil 12.6 : Güçlendirilmiş yapı ADRS eğrisi.....122
Şekil 12.7 : Mevcut yapının P-δ geğerleri ve oluşan plastik mafsal sayıları.....123
Şekil 12.8 : Güçlendirilmiş yapının P-δ değerleri ve oluşan plastik mafsal sayıları.....123
Şekil 12.9 : Mevcut yapı ADRS değerleri.....124
Şekil 12.10 : Güçlendirilmiş yapı ADRS değerleri.....124
Şekil 12.11 : A1-Burulma düzensizliği.....128

Şekil 12.12 : Gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri için dışmerkezlikler.....129
Şekil 12.13 : Çelik elemanlarla takviye edilmiş yapı SAP2000 modeli.....130
Şekil 12.14 : Çelik Takviye Elemanları 2.BK Tavanı Yerleşim Planı.....131
Şekil 12.15 : Çelik çapraz sistemi.....140
Şekil 12.16 : Berkitmelerin kirişe bağlantı detayı.....146
Şekil 12.17 : Guse levhası-berkitme detayı.....150
Şekil 12.18 : Kiriş-guse levhası birleşimi.....151
Şekil 12.19 : Berkitme ve kiriş-kolon bağlantı detayı.....153
Şekil 12.20 : Guse levhası-kiriş detayı.....155
Şekil 12.21 : Guse levhası-kolon detayı.....156
Şekil 12.22 : Kiriş-kolon bağlantı detayı.....157
Şekil 12.23 : Çelik perde sistemi.....158
Şekil 12.24 : Çelik perde SAP2000 FEM modeli: a) çelik elemanlar, b) FEM shell elemanlar.....160
Şekil 12.25 : Kayma elemanlarının (kimyasal düberler) detayı.....162
Şekil 12.26 : Kiriş-kolon dual birleşimi.....163
Şekil 12.27 : BA kolondaki çekme kuvvetini karşılayacak korniyerlerden oluşan çelik kolonlar.....167
Şekil 12.28 : Süreklilik donatılarının tespit edileceği korniyer ve bağlantı detayı.....168
Şekil 12.29 : Çelik kolonların katlar arası sürekliliğini sağlayan detayın kesit....170
Şekil 13.1 : A-1 burulma düzensizliği.....177
Şekil 13.2 : Betonarme perdelerle takviye edilmiş yapı SAP2000 modeli.....179
Şekil 13.3 : Betonarme Takviye Elemanları 2.BK Tavanı Yerleşim Planı.....180
Şekil 13.4 : Betonarme perde kesiti.....190
Şekil 14.1 : Tümsel Maliyeti Etkileyen Faktörler.....196
Şekil 14.2 : Relatif Temel Maliyeti.....197

SEMBOL LİSTESİ

α : Narinlik
M : Kolon eğilme momenti
V : Kolon kesme kuvveti
h : Kolon genişliği
L : Kolon boyu
ΣA_w : İlgili doğrultuda kuvvetli yönde olan perde duvarlarının toplam kesit alanı
ΣA_{pi} : Tüm katların plan alanları toplamı
A_{pt} : Binanın tabandaki plan alanı
A_s : Donatı alanı
kl/r : Narinlik oranı
δ_{uv} : Kesme göçmesindeki deplasman
M_{pv}, M_{ph} : Düşey ve yatay çelik elemanların plastik moment değerleri
P_t : Takviyeli yapıya etkiyen yatay kuvvet
P_{bf} : Mevcut betonarme çerçevenin yatay yük kapasitesi
P_{bs} : Çelik elemanların arzu edilen yatay yük kapasitesi
F_{tv} : Düşey korniyer elemanlar üzerindeki nihai çekme kuvveti
b_c : Betonarme kolonun genişliği
A : Bir korniyerin alanı
σ_a : Çeliğin akma gerilmesi
M_{nv} : Dört korniyerden oluşan bileşke kesitin normal moment kapasitesi
H'_{ba} : Bağ levhalarına gelen dizayn kesme kuvveti değeri
b : İki tane karşılıklı korniyerin ağırlık merkezleri arasındaki moment kolu
b_{cl} : İki korniyer arası temiz mesafe
M'_{ba} : Bağ levhalarına gelen dizayn moment değeri
N' : Kolonun her iki tarafındaki toplam bağlantı sayısı
P_v : Dengelenmemiş çapraz kuvvetinin düşey bileşeni
T : Çapraz elemanın kapasite çekme kuvveti
C_{pv} : Çapraz elemnın nihai burkulma yükü kapasitesi
P_h : Dengelenmemiş çapraz kuvvetinin yatay bileşeni
C : Çapraz elemanın kapasite burkulma kuvveti
t_p : Panelin kısa kısmındaki döşeme+kiriş kalınlığı
F_{th}, F_{ch} : Normal çekme kuvveti, normal basınç kuvveti
$A_{brüt}$: Çelik elemanın kabaca alanı
L : Kiriş boyu
t_s : Orta açıklıktaki döşeme kalınlığı
F_{tm} : Orta açıklıktaki nihai normal çekme kuvveti
a_t, a_b : Alt ve üst çelik elemanların kesit alanları
y_t, y_b : Alt ve üst çelik elemanların, kesitin tarafsız ekseninden ölçülen ağırlık merkezlerinin mesafesi
H_{bo} : Toplam kesme kuvveti

$\mathbf{M_{nh}}$: Mesnet ve orta açıklıktaki birleşim elemanlarının gerçek moment kapasiteleri

$\mathbf{h_c}$: Kolon yüzeyi kesitindeki alt ve üst yatay çelik mesnet kesitleri arasındaki elemanların ağırlık merkezleri arasındaki mesafe

$\mathbf{N_{bo}}$: Mesnet kesitleri arasındaki cıvata sayısı

$\mathbf{F_{bo}}$: Civatanın kesme kuvveti kapasitesi

$\mathbf{R_{bs}}$: Çelik çaprazlı sistemin düşey mesnet tepkisi

$\mathbf{T_b}$: Her ankraj çubuğuna etkiyen çekme kuvveti (temel için)

$\mathbf{H_b}$: Her ankraj çubuğa etkiyen yatay kuvvet (temel için)

$\mathbf{H}$: Çelik çaprazlı sistemin yatay mesnet tepkisi

$\mathbf{L_a}$: Kolonu her yüzeyindeki civatalar arası moment kolu

$\mathbf{V_{sc}}$: Çelik kolon tarafından karşılanacak nihai kesme kuvveti

$\mathbf{K_{sc}}$: Çelik kolonun rijitliği

$\mathbf{E}$: Elastisite modülü

$\mathbf{I}$: Atalet momenti

$\mathbf{V'_{sc}}$: Bağ levhalı kolon tarafından karşılanan nihai kesme kuvveti

$\mathbf{M_{ang}}$: Tek bir korniyerin moment kapasitesi

$\mathbf{S}$: Bağlar arası temiz açıklık

$\mathbf{h}$: Bağ levhalarının merkezleri arası mesafe

$\mathbf{h'}$: Bağ levhaları arasındaki gerekli mesafe

$\mathbf{V_{sl}}$: **K**ayma dayanımı

$\mathbf{V_{c1}, V_{c2}}$: Düğüm noktası kayarken betonarme çekme ve basınç kolonunda oluşan kesme kuvveti

$\mathbf{V_{ja}}$: Yapıştırma düğüm noktası kayma dayanımı

$\mathbf{\tau_{ja}}$: Ortalama yapıştırma kesme gerilmesi

$\mathbf{L_i}$: Yapıştırma düğüm noktasının uzunluğu

$\mathbf{B_j}$: Yapıştırma düğüm noktasının genişliği

$\mathbf{exV_{bsl}}$: Çaprazların yatay kuvveti

$\mathbf{exR_{sl}}$: Çaprazların deformasyon açısı

$\mathbf{E_s}$: Çeliğin elastisite modülü

$\mathbf{A_s}$: Çaprazın alanı

$\mathbf{\alpha}$: Çaprazlar aktığı andaki kolonların, yatay dinimlerinin yatay dayanımlarına oranı

$\mathbf{V_c}$: Betonarme kolonun max kesme dayanımı

$\mathbf{V_{bu}(t)}$: Çekme çaprazının yatay çekme dayanımı

$\mathbf{V_{bu}(c)}$: Çekme diyagonelinin yatay burkulma veya çekme dayanımı

$\mathbf{pV_j}$: Kolonun zımbalama dayanımı

$\mathbf{N_v}$: Çekme veya basınç çaprazlarından dolayı çelik elemanlarda oluşan düşey yük

$\mathbf{V_{b(R=2/1000)}}$: Yapıştırma düğüm noktasının R= 2/1000rad kaymasıyla çaprazlarda oluşan yatay kuvvet

$\mathbf{\theta}$: Çaprazların yatayla yaptığı açı

$\mathbf{V_{su}}$: Çelik çapraz sisteminin max dayanımı

$\mathbf{k_{min}}$: Kolon zımbalama dayanımının hesabında kullanılan bir katsayı

$\mathbf{\tau_o}$: Kolon zımbalama dayanımının hesabında kullanılan kesme gerilmesi

$\mathbf{b_c}$: Kolonun genişliği

$\mathbf{D_c}$: Kolonun derinliği

$\mathbf{a}$: Kolon zımbalama dayanımının hesabında kullanılan bir katsayı (genelde 5cm)

$\mathbf{F_{cl}}$: Betonun ortalama basınç dayanımı
$\boldsymbol{\sigma}$: Gerilme
$\mathbf{P_g}$: Düşey donatı oranı
$\boldsymbol{\sigma_y}$: Betonarme kolon donatısının akma gerilmesi
$\boldsymbol{\mu}$: Sürtünme faktörü
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$\boldsymbol{\tau_{cr}}$: Kritik burkulma kesme gerilmesi
k : Burkulma katsayısı
$\boldsymbol{\nu}$: Poisson oranı
t : Çelik perde kalınlığı
b : Çelik perde genişliği
$\boldsymbol{\sigma_o}$: Tek eksenli akma gerilmesi
$\boldsymbol{\tau_o}$: kesme akma gerilmesi
$\boldsymbol{\alpha}$: Kesit oranı (a/b)
$\mathbf{F_{wcr}}$: Çelik perde gövde levhasının kritik kesme kuvveti
$\boldsymbol{\sigma_y}$, $\boldsymbol{\sigma_x}$: Çelik perdede oluşan normal gerilmeler
$\boldsymbol{\sigma_{cry}}$, $\boldsymbol{\sigma_{crx}}$: Kritik burkulma basınç gerilmesi
$\boldsymbol{\tau}$: Çelik perdede oluşan kesme gerilmesi
$\boldsymbol{\lambda_p}$: Çelik perde kompaktlık sınırı
$\mathbf{k_v}$: Levha burkulma katsayısı
$\mathbf{F_{yw}}$: Çelik perdenin akma gerilmesi
h : Kolon flanşları arasında perde temiz açıklığı
$\mathbf{t_w}$: Çelik perdenin veya gövde levhasının kalınlığı
$\mathbf{V_n}$: Levhanın nominal kesme dayanımı
$\mathbf{A_w}$: Çelik perdenin kesme alanı
$\boldsymbol{\lambda_r}$: Non-kompakt çelik perde sınır parametresi
$\mathbf{C_v}$: Levhanın kesme burkulmasındaki kritik gerilmesinin kesme akma gerilmesine oranı
$\mathbf{d_w}$: Kolonların dış flanşlarından itibaren çelik perde genişliği
$\mathbf{S_a}$, $\mathbf{S_d}$: Spektral ivme ve deplasman
g : Yerçekimi ivmesi
$\mathbf{S_v}$: Spektral hız
$\mathbf{V_i}$: i. kat kesme kuvveti
W : Yapı ağırlığı
$\boldsymbol{\alpha_1}$: 1. doğal mod için modal kütle katsayısı
$\boldsymbol{\delta_{çatı}}$: Yapı üst kotu deplasmanı
$\mathbf{PF_1}$: 1. doğal mod için modal katılım katayısı
$\boldsymbol{Ø_{im}}$: i. seviyedeki modun şekli
$\boldsymbol{\Delta}$: Deformasyon
$\mathbf{S_{au}'}$: Arzu edilen performans noktasındaki spektral ivme
$\mathbf{S_{au}}$: Orijinal yapının spektral ivmesi
$\mathbf{V_u}$: Orijinal yapının taban kesme kuvveti
T' : Güçlendirilmiş yapı için hedeflenen periyod
$\mathbf{K_r}$: Güçlendirilmiş yapı için gereken rijitlik
$\mathbf{K_i}$: Orijinal yapının rijitliği
$\boldsymbol{\mu_s}$: Yapısal süneklik faktörü
$\boldsymbol{\Delta_{max}}$: Max deplasman
$\boldsymbol{\Delta_y}$: Akma deformasyon sınırı
$\mathbf{R_\mu}$: Süneklik azaltma katsayısı
$\mathbf{C_{eu}}$: Elastik sistem yük seviyesi

C_y : Akma seviyesi
Ω : Yapısal mukavemet rezervi
C_s : İlk plastik mafsal oluşumu
Y : Emniyet faktörü
C_w : Emniyet gerilmesi yük seviyesi
g : Zati yük
q : Hareketli yük
G : Kirişlere gelen zati çizgisel yükü
Q : Kirişlere gelen hareketli çizgisel yükü
P_{lk} : Döşeme kısa kenarına etkiyen döşeme yükü
m : Döşeme kısa kenarının uzun kenarına oranı
l_u : Döşeme uzun kenarı
l_k : Döşeme kısa kenarı
A_o : Yapı deprem katsayısı
I : Yapı önem katsayısı
T_A, T_B : Zemin periyodu
n : Hareketli yük azaltım katsayısı
T_x, T_y : Yapının x ve y yönüne ait periyod değerleri
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
V_t : Taban kesme kuvveti
F : i. kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
h : Kat yüksekliği
$M_{e\%5}$: Yapıya, kat kesme kuvvetinden dolayı etkiyen %5'lik min ekantrisite momenti
θ_i : i. katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i. kattaki ortalama göreli kat ötelemesi
W_j : Binanın j. Katının ağırlığı
η_{bi} : i. katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
D_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i. katta %5 dış eksantrisiteye uygulanan büyütme katsayısı
M_m : Mesnet momenti
$M_{aç}$: Açıklık momenti
V_d : Hesap kesme kuvveti
K : Kesitlerin betonarme hesabının yapımında kullanılan bir katsayı
b_w : Kiriş genişliği
d : Kirşiş yüksekliği
M_{sd} : Hesap momenti
k_s : Donatı alanı bulmak için bir katsayı
k_x : Beton basınç bölgesinin yüksekliğinin elde edilmesinde kullanılan bir katsayı
A_s : Donatı alanı
V_r : Kesme kuvveti altında kesitin taşıma gücü
V_{cr} : Eğik çatlamayı oluşturan kesme kuvveti
V_{ws} : Etriye tarafından taşınan kesme kuvveti
f_{ctd} : Hesapta kullanılacak beton çekme dayanımı
n : Etriye kolu sayısı
A_{sw} : Etriye donatısı alanı
S : Etriye aralığı
f_{ywd} : Hesapta kullanılacak etriye akma dayanımı

m : Kolon betonarme hesabında kullanılan moment katsayısı
n : Kolon betonarme hesabında kullanılan normal kuvvet katsayısı
$\mathbf{f_{cd}}$: Hesapta kullanılacak beton basınç dayanımı
ω : Kolon donatı alanı hesabında kullanılan bir katsayı
$\mathbf{f_{yd}}$: Hesapta kullanılacak çelik akma dayanımı
$\mathbf{A_g}$: Kolon gövde donatısı alanı
$\mathbf{N_{d\ max}}$: Kolon kesitinin taşıdığı max normal kuvvet
$\mathbf{A_c}$: Kolon kesit alanı
$\mathbf{X_g}$, $\mathbf{X_r}$: Yapının ağırlık merkezi koordinatları
$\mathbf{Y_g}$, $\mathbf{Y_r}$: Yapının rijitlik merkezi koordinatları
$\mathbf{e_x}$, $\mathbf{e_y}$: Yapı ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi farkları
G : Kayma modülü
F : Kesme alanı
L : Eleman boyu
$\mathbf{\sigma_{ç,\ em}}$: Çekme emniyet gerilmesi
$\mathbf{A_g}$: Brüt alan
$\mathbf{F_a}$: Basınç emniyet gerilmesi
$\mathbf{C_c}$: Kolonun elastik ve inelastik burkulmasını ayıran narinlik katsayısı
b : Profil başlık uzunluğu
$\mathbf{t_b}$: Profil başlığının et kalınlığı
$\mathbf{h_g}$: Profilin gövde kısmının düz uzunluğu
$\mathbf{t_g}$: Profil gövdesinin et kalınlığı
$\mathbf{P_T}$: Toplam eksenel yük
$\mathbf{P_E}$: Deprem yükünden dolayı oluşan eksenel kuvvet
$\mathbf{P_V}$: Düşey yükten dolayı oluşan eksenel kuvvet
$\mathbf{P_{eq}}$: Toplam eksenel yükün 1.5 katı
λ : Narinlik modülü
ω : Burkulma katsayısı
σ : Hesaplanan normal gerilme
E : Elastisie modülü
$\mathbf{\tau_{sem}}$: Bulonda makaslama emniyet gerilmesi
$\mathbf{\sigma_{lem}}$: Bulonda ezilme emniyet gerilmesi
n : Birleşimdeki bulon sayısı
$\mathbf{P_b}$: Profil başlığına gelen yük
$\mathbf{P_g}$: Profil gövdesine gelen yük
$\mathbf{A_e}$: Profil faydalı enkesit alanı
F* : Çelik elemanlarda max dizayn kuvvetinden dolayı oluşan gerilme
α : Çelik elemanlarda max dizayn kuvvetinin faydalı enkesit tarafından taşınan kısmı
$\mathbf{F_u}$: Malzemenin çekme mukavemeti
$\mathbf{P_{sc}}$: Basınç durumu için dayanım kapasitesi
r : Atalet yarıçapı
$\mathbf{A_k}$: Kaynak alanı
$\mathbf{\tau_k}$: Kaynağın kayma gerilmesi
$\mathbf{\tau_{kem}}$: Kaynak emniyet gerilmesi
$\mathbf{P_{st}}$: Çekme durumu için dayanım kapasitesi
$\mathbf{W_k}$: Kaynağın mukavemet momenti
$\mathbf{\sigma_k}$: Kaynağın normal gerilmesi
$\mathbf{\sigma_v}$: Karşılaştırma gerilmesi
R : Elemana etki eden reaksiyon kuvveti

t_w : Profil gövdesinin et kalınlığı
N : Uygulanan kuvvetin etki ettiği uzunluk
k : Profil flanşının dış kısnmından gövde düz kısmının başlangıcına olan uzunluk
f_b : Çelik kirişin alt kısmında oluşan eğilme gerilmesi
F_v : Müsaade edilen max kesme gerilmesi
F_t : Müsaade edilen max çekme gerilmesi
R_{to} : Max yırtılma yükü
e_c, e_b : Kiriş ve kolonun yarı yüksekliği
α : Kolon yüzeyinden guse levhasının merkezine olan uzaklık
β : Kiriş yüzeyinden guse levhasının merkezine olan uzaklık
V : Düşey berkitme kuvveti
V_c, V_b : Düşey berkitme kuvvetinden kolon ve kirişe etkiyen kuvvet
H : Yatay berkitme kuvveti
H_c, H_b : Yatay berkitme kuvvetinden kolon ve kirişe etkiyen kuvvet
r : Yatay ve düşey berkitme kuvvetlerini kiriş ve kolonlara dağıtmakta kullanılan bir katsayı
kl : Burkulma boyu
Q_E : Yatay deprem kuvveti
D : Zati yük
E_M : Maksimum deprem yükü
Ω_o : Sistem üst dayanım faktörü
S_{DS} : Dizayn spektral ivme değeri
a : Çelik perde mesh yüksekliği
h : Çelik perde mesh genişliği
J : Çelik perdede kullanılacak olan berkitmelerinin atalet momentini bulmaya yarayan bir katsayı
t_p : Birleşim kayma bölgesi toplam et kalınlığı
d_c : Kolon kesit yüksekliği
b_{cf} : Kolon başlık genişliği
t_{cf} : Kolon başlık kalınlığı
d_p : Kiriş kesit yüksekliği
σ_a : Akma sınır gerilmesi
d_z : Kayma levhasının süreklilik levhaları arasında kalan derinliği
w_z : Kayma bölgesinin kolon başlık elemanları arasında kalan genişliği
R_n : Kolon gövdesine gelen reaksiyon kuvveti
H_w : Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
l_w : Perdenin plandaki uzunluğu
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
l_u : Perde uç bölgesinin uzunluğu
b_w : Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
A_c : Kolonun veya perdenin uç bölgesinin brüt enkesit alanı
f_{ck} : Betonunu karekteristik silindir basınç dayanımı
A_{sh} : S enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin göz önüne alınan b_k'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
S : Enine donatı aralığı

$\mathbf{A_{ck}}$: Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
$\mathbf{f_{ywk}}$: Enine donatı karakteristik akma dayanımı
$\mathbf{A_o}$: Enine donatı alanı
$\mathbf{A_{sg,\ min}}$: Min perde gövde donatısı alanı
$\mathbf{T_A, T_B, T_C}$: Perde donatılarının aldığı çekme kuvvetleri
$\mathbf{C_A, C_C}$: Perdede beton basınç kuvveti
$\mathbf{N_r}$: Perdenin eksenel taşına gücü normal kuvveti
$\mathbf{M_r}$: Perdenin taşıma gücü moment
$\mathbf{V_{d,\ max}}$: Perde kesme güvenliği
$\mathbf{f_{ctk}}$: Betonun karakteristik çekme dayanımı
$\mathbf{f_{yk}}$: Boyuna donatını karakteristik akma dayanımı
$\mathbf{A_s}$: Donatı alanı

BETONARME YAPILARIN ÇELİK İLE TAKVİYESİ

ÖZET

Yapılan bu çalışma iki parçadan oluşmaktadır. İlk parçada onarım ve güçlendirme konusunda ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Bu parçada mevcut yapılarda oluşan hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri ile beraber betonarme ve çelik elemanlar ile güçlendirme işleri hakkında bilgiler sunulmuştur. İkinci parçada ise yedi katlı betonarme bir konutun betonarme ve çelik elemanlarla güçlendirilmesi yapılmış ve hesap özetleri sunulmuştur. Daha sonra her iki sistemin maliyet analizleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın ilk on bölümü birinci parçayı, diğer bölümleri ise ikinci parçayı oluşurmaktadır.

İlk bölümde onarım ve güçlendirmenin yapılarda önemine değinilmiş ve yapılan çalışmanın amacı kısaca açıklanmıştır. İkinci bölümde, betonarme yapılarda deprem ile ilgili hasarlardan bahsedilmiş ve bu hasarların sınıflandırılmaları yapılmıştır. Üçüncü bölümde yapı elemanlarında depremden dolayı oluşan hasar türleri hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde, betonarme bir yapıda hasarın hangi işlemlerle saptanacağı incelenmiştir. Beşinci bölümde, onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler, uygulama teknik ve yöntemleri ile Avrupada bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Altıncı bölümde taşıyıcı sistem elemanlarının onarım ve güçlendirilmeleri anlatılmıştır. Kolonların, kirişlerin, perdelerin ve temellerin onarımı ve güçlendirilmeleri tekniklerinden kısaca bahsedilmiştir. Yedinci bölümde, betonarme yapıların ilave betonarme elemanlar ile güçlendirilmesi açıklanmış ve onarım ve güçlendirme ilkeleri ile güçlendirme işlemine nasıl karar verileceği hususlarında bilgiler verilmiştir. Sekizinci bölümde betonarme yapıların çelik ile güçlendirilmesi hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu bölümde çelik çaprazlı takviye ile çelik perdeler hakkında açıklayıcı bilgiler ile beraber bu yapı elemanlarının hesap şemaları anlatılmıştır. Dokuzuncu bölümde mevcut betonarme yapılarının durumunun nasıl saptanacağı ve güçlendirme stratejileri hakkında bilgiler

verilmiştir. Bu bölümde, yapıların performans analizi ile incelenmesi ele alınmıştır. Onuncu bölümde betonarme-çelik karma sistemin davranış katsayısının elde edilmesi için gerekli hesaplar belirtilmiştir.

Çalışmanın ikinci parçasının başlangıcı olan onbirinci bölümde mevcut bir betonarme yapının 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre incelenmesi SAP2000 analiz programı kullanılarak yapılmış ve çıkan sonuçlar değerlendirilerek güçlendirme işleminin yapılmasına karar verilmiştir. Onkinci bölümde, ele alınan betonarme yapının çelik elemanlar ile güçlendirilmesi işlemi yer almaktadır. ABD ve Japonya gibi teknolojisi ileri ülkelerde güçlendirme konusu hakkında birçok deney yapılmış, hesap metodları geliştirilmiş ve klavuz kitaplar hazırlanmıştır. Bu bilgilerin ülkemizde de değerlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada da gelişmiş ülkelerde kulanılan hesap metodlarına yer verilmiştir. Bu bölümde, daha önceki bölümlerde anlatılan metodlara göre yapının performans analizi sadece bir aks için yapılarak yapı davranış katsayısı hesap edilmiştir. Bu bölümün devamında 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre çelik takviye elemanlarının hesapları yapılarak özetlenmiştir. Onüçüncü bölümde yapının betonarme perdelerle güçlendirilmesi yapılmış ve hesap özetleri açıklanmıştır. Güçlendirme işlemi her iki sistem için kabul edilen dayanım kriterlerine uyacak şekilde yapılarak sonuş alınmasına gayret edilmiştir. Ondördüncü bölümde, her iki güçlendirme sisteminin maliyet analizi yapılmış ve maliyet analizinin içeriği hakkında bilgiler verilmiştir. Bu analizler sonunda, yapı fonksiyonunun sürekli olması koşulu ve tümsel maliyetin düşük çıkması nedenleri ile çelik elemanlar ile takviyenin güçlendirme işleminde daha iyi bir fizibiliteye sahip olduğu anlaşılmıştır.

RETROFITTING of REINFORCEMENT CONCRETE STRUCTURES WITH STEEL

SUMMARY

The study done consists of two parts. In the first part, detailed information have been given on repair and retrofiting. Assesment of damages on existing structures together with their retrofitting by reinforced concrete and steel elements have also been presented in the same part. In the second part, the retrofitting of a seven story building by using either reinforced concrete or steel elements was performed and the summary of relevant calculations was presented. Then the cost analysises for both system were done and compared. The first ten sections constitute the first part and the rest the second part of this study.

The first section emphasises the importance of repair and retrofitting for structures and explains the aim of this study shortly. In the second section earthquake damages in reinforced structures were discussed and later classified. The third section deals with the types of earthquake damages in the structures. To determine the damage in the structure which type of procedure to be applied has been studied in the fourth section. The fifth section has been devoted to the study of the materials, application techniques and methods being used in retrofitting works and the apprised of relevant works in Europe has also been included in the same section. In the sixth section the repair and retrofitting of supporting structure elements were discussed. The repair and retrofitting of columns, beams, shear walls and foundations were also discussed shortly. The seventh section explains the retrofitting of reinforced concrete structures by reinforced concrete elements, the principles of repairing and retrofitting works and how it will be determined for application procedure. In the eight section retrofitting of reinforced concrete structures by steel is considered. In the same section appraised of steel bracing and steel plates for retrofitting has been done and algorithm of the structural elements

have been discussed. The ninth section explains how it will be determined the situation in existing structures and retrofitting strategies. In this section pushover analyses was also studied. In the tenth section necessary calculations for determining service reduction factor of reinforced concrete-steel composite system were made.

At the beginning of the second part, which comprises the eleventh section, the analysis of existing reinforced building was performed in accordance with 1997 Earthquake Specification by using SAP 2000 Analysis Program and by assessing the result of this analysis it was decided to perform retrofitting for the building. The retrofitting of mentioned building with steel elements has been discussed in the twelfth section. In the developed countries as U.S.A. and Japan a lot of experiments have been performed, additional calculation methods, algorithms have been improved and guide books have been prepared on retrofitting. The assessment of all these improvements should be performed in our country. The algorithm of the calculations used in this study are borrowed from those in developed countries. In this section, as explained in the former sections, the pushover analysis for the building was made for only one axis and the seismic reduction factor of the structure was determined. At the following part of this section, the summary of the calculation of the retrofitting steel elements in accordance with the 1997 Earthquake Spesification was included. Section thirteen is for the explanation in summarised form, the retrofitting of the structure by reinforced concrete shear walls. In this study necessary effort has been spent to get result for both systems in accordance with accepted strength criteries. In the fourteenth section the cost analysis for both system were conducted and their coverage was explained. As a result of this analysises, since its application procedure is continues and total cost is lower, it is concluded that the retrofitting with steel elements has a better feasibility than with reinforced concrete.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Yapılan bu çalışma iki parçadan oluşmaktadır. İlk parçada onarım ve güçlendirme konusunda ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Bu parçada mevcut yapılarda oluşan hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri ile beraber betonarme ve çelik elemanlar ile güçlendirme işleri hakkında bilgiler sunulmuştur. İkinci parçada ise yedi katlı betonarme bir konutun betonarme ve çelik elemanlarla güçlendirilmesi yapılmış ve hesap özetleri sunulmuştur. Daha sonra her iki sistemin maliyet analizleri karşılaştırılmıştır.

Ülkemizde 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999'da meydana gelmiş olan depremlerde birçok yapı göçmüş veya kullanılamaz hale gelmiştir. Yaşanmış olan bu acı deneyimden sonra deprem konusunda kamuoyu daha da hassaslaşmıştır. İnsanlar artık yaşadıkları ve kullandıkları mekanların güvenilirliliğini sorgulamaya başlamışlardır. Kamuoyunun bu talebi neticesinde mevcut yapıların rehabilitasyonu tüm dünyada olduğu gibi Üklemizde de gündeme yerleşmiştir.

Yapıların sismik yetersizlikleri genelde en geniş şekilde; tasarımda alınan yetersiz etkiler, daha önceki depremler nedeniyle oluşmuş yapı hasarları, kusurlu tasarım ve uygulama ve binanın hizmet durumundaki değişimlerdir. Bu yetersizliklerin giderilmesi için yapılar uygun metodlar ile analiz edilmeli ve gerekli görüldüğü taktirde güçlendirilmelidirler.

Yapıların güçlendirilmesi konusu İnşaat Mühendisliğinde ayrı bir uzmanlık dalı olmuştur. Bu konu ile ilgili mevcut herhangi bir klavuz yayın veya yönetmelik şu anda ülkemizde mevcut değildir ama bir çok çalışmanın yapılıyor olması ve bunların bir kısmından sonuçların alınıyor olması ümit verici bir gelişmedir.

ABD ve Japonya gibi teknolojisi ileri ülkelerde güçlendirme konusu hakkında birçok deney yapılmış, hesap metodları geliştirilmiş ve klavuz kitaplar hazırlanmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen bilgilerin ülkemizde de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yapıların güçlendirilmesi işleminin maliyet analizi iyi yapılmalıdır. Güçlendirme maliyeti ile yapı maliyeti karşılaştırılarak yapının güçlendirilmesine karar verilmelidir, zira bazı yapılar maliyetlerinin %50'si civarında bir harcama yapılarak güçlendirilebilmektedirler ki bu da ekonomik olmayan bir sonuçtur.

Ülkemiz deprem kuşağında yer almaktadır. Bu gerçek doğrultusunda hareket edilecek olunursa mevcut birçok yapının durumlarının incelenmesi ve yeni yapılacak olanların da en son deprem bilgileri ışığı altında doğru bir şekilde tasarlanmaları gerekmektedir.

2. BETONARME YAPILARDAKİ DEPREM İLE İLGİLİ HASARLAR

Betonarme yapılardaki hasarlar, depremden dolayı oluşan hasarlar ve depremin ortaya çıkardığı mevcut hasarlar olmak üzere iki başlık altında toplanabilir.

2.1 Depremin Ortaya Çıkardığı Hasarlar

- Depremin ortaya çıkardığı hasarların en çarpıcı ve yaygın örneği özellikle binaların bodrum katları ve iyi korunmamış cephelerinde rastlanan donatı paslanmalarıdır. Bunun nedeni kullanılan betonun düşük kaliteli olması, kötü işçilik ve bodrum katlarındaki yetersiz hava sirkülasyonudur. Deprem nedeniyle binalarda oluşan salınımlar paslı donatıları örten pas paylarını atmaktadırlar.

- Kolon-kiriş birleşiminde, özellikle kirişin yüksek olması halinde, kolonda etriye devamının sağlanmamış olması nedeniyle küçük bir harekette kolon eksenel kuvvetinin artışı sonucu boyuna donatı burkularak beton örtüyü atmaktadır. Binada zaten mevcut olan kusurlar deprem etkisiyle ortaya çıkmaktadırlar.

2.2 Depremden Dolayı Oluşan Hasarlar

2.2.1 Sistem Bazında Oluşan Hasarlar

- Yetersiz rijitlik nedeniyle aşırı yanal deplasmanlardan dolayı oluşan hasarlar,

- Ayni katta diğer kolonlara göre kısa ve rijit kolonların varlığından dolayı kesme deformasyonu şeklinde oluşan kısa kolon hasarları,

- Plan veya taşıyıcı sistemdeki değişiklikler sonucu ani rijitlik değişiklikleri nedeniyle oluşan hasarlar,

- Komşu katlara göre daha esnek katlardaki, örneğin dolgu duvarları çok azaltılmış ve/veya yüksek giriş katlardaki yumuşak kat hasarları,

- Düzensiz rijitlik dağılımı nedeniyle binada aşırı burulma sonucu oluşan hasarlar,
- Yatay yüklerin büyük kısmı perdelerce alınmayan kirişsiz veya asmolen döşemeli sistemlerde kolon-döşeme, kolon-yastık kiriş birleşim yerlerindeki hasarlar,
- Betonarme çerçevelerde yeterince donatılmamış düğüm bölgelerindeki hasarlar;etriye aralıkları ve etriyre kenetlenmelerinin yetersizliği dolayısıyla oluşan hasarlar,
- Zemin gerilmelerinin aşılmış olmasından dolayı temeldeki farklı oturmalar nedeniyle üst yapıda dönmeler ve bunun sonucu olarak meydana gelen ikinci mertebe etkilerinin (P-Δ) oluşturduğu hasarlar,

2.2.2 Eleman Bazındaki Hasarlar

- Kirişlerde oluşan (özellikle mesnet bölgelerinde ve kiriş-kiriş birleşim bölgelerinde) kayma ve eğilme çatlakları,
- Kolonlarda oluşan kayma çatlakları, kolon uçlarındaki mafsallaşmalar (donatının akması ve/veya betonun ezilmesi),
- Perdelerde oluşan kayma çatlakları (diyagonal ve X şeklindeki çatlaklar),
- Dolgu duvar çatlakları (diyagonal ve X şeklindeki çatlaklar).

3. DEPREM HASARLARININ TÜRLERİ

Depremde yapı çok sıkı bir deneye tabi tutulur ve yönetmelikteki eksiklikler, çözümleme eksiklikleri, boyutlama ve inşaat hataları ortaya çıkar. Deprem hasarlarının sayısal olarak belirlenmesi ve bunların sebeplere bağlanması zordur. Olayın dinamik özelliği ve yapının elastik olmayan davranışı, sonucun basitleştirilmiş bir modelde açıklanmasını engeller. Bu durum, hasarın sınıflandırılmasını zorlaştırır.

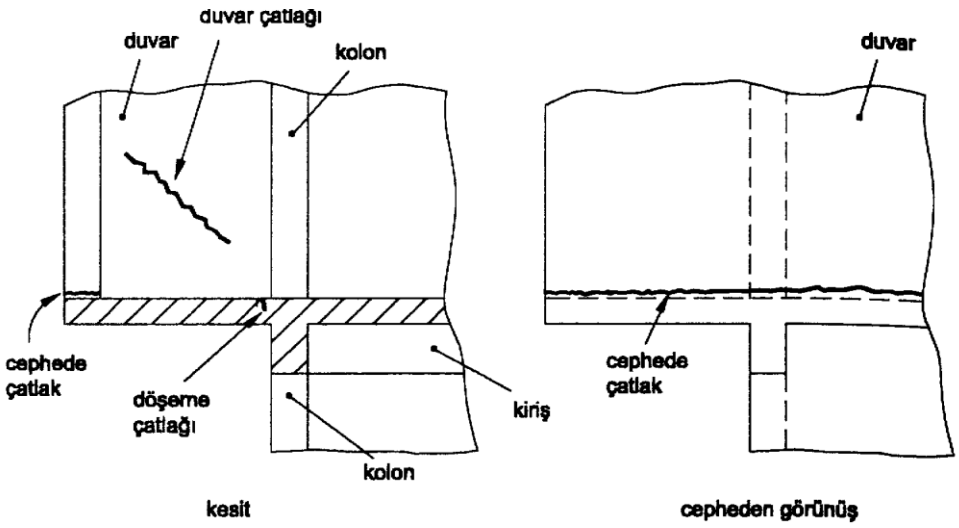
3.1 Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarındaki Çatlak ve Hasarlar

Taşıyıcı olmayan elemandaki çatlak, genellikle bu elemanın üzerinde oturmuş olduğu ya da taşıdığı elemanda oluşan aşıra deformasyonlar veya sehimler sonucudur. Taşıyıcı olmayan yapı elemanı olarak tuğla veya başka malzemeden yapılmış duvarlar kabul edilir.

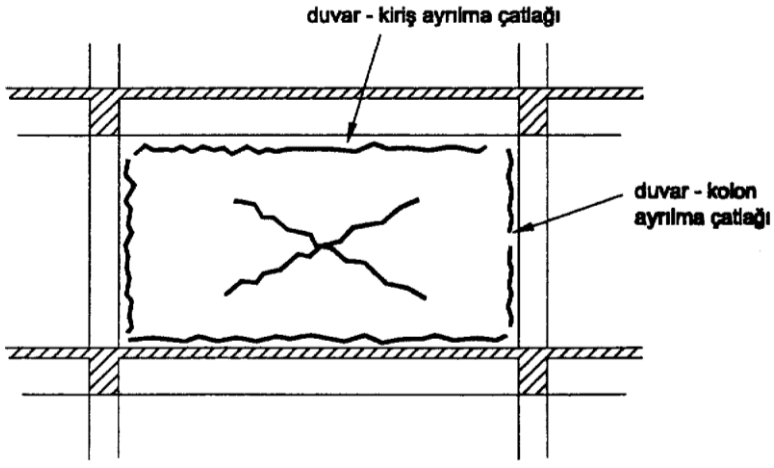
3.2 Duvar Hasarı

Betonarme binaların projelendirilmesinde, bölme duvarların taşıyıcı sistemin yatay rijitliğine ve kapasitesine olan etkisi hesaba katılmaz. Ancak, bu katkı düşünülerek, özellikle zemin katlarda rijitlik ve zayıflık dayanımı ortaya çıkmaması için tedbirler alınır. Taşıyıcı sistemin deprem yükü altındaki yatay ötelenmesinden dolayı, duvarlar da kesme kuvveti ile zorlanırlar. Duvar malzemesinin çekme gerilmelerine karşı zayıflığı, X şeklindeki çatlakların meydana gelmesine ve bazı duvarların dağılmasına sebep olur. Hasar beklendiği gibi, zemin kattan yukarı çıkıldıkça azalır. Özellikle duvar, kiriş-kolon düzleminde bulunmuyorsa veya L şeklinde ise duvarda çatlaklar ve hasar daha belirgin şekilde ortaya çıkar. Bu aşamada taşıyıcı sistemde herhangi bir hasar mevcut değildir. Betonarme yapılarda; temellerdeki aşırı oturmalar ve bölme duvarları üzerindeki çerçevelerin köşelerinde eğik çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar üst katlara doğru giderek azalırlar.

Bina konsolları kolay sehim yapabildikleri ve bunlara mesnetli gevrek olan duvarın bunu takip edemediği için, konsola dik duvarlarda düşey yüklerden meydana gelen köşegen çatlaklar depremde daha da büyür. Konsol ucuna oturan duvarda, döşeme ile birleşim yerlerinde yatay çatlaklar meydana gelir. Duvar çatlakları incelenerek, binanın hangi doğrultuda daha rijit olduğu veya depremin kuvvetli doğrultusu hakkında tahmin yapılabilir [1].



Şekil 3.1 Konsola dik duvarda oluşan çatlaklar



Şekil 3.2 Betonarme binada bölme duvarı hasarı

Genelde yapıların zemin katları iş yerleri olarak kullanılırlar. Bundan dolayı, zemin katlarda dış ve bölme duvarlarının bir kısmı veya tamamı kaldırılır. Bölme duvarlar esas taşıyıcı elelar bile, taşıyıcı sistemin diğer elemanlarının rijitliklerini artırırlar. Bunların kaldırılmasıyla zemin katın rijitliği azalarak kolonlar düğüm noktalarında

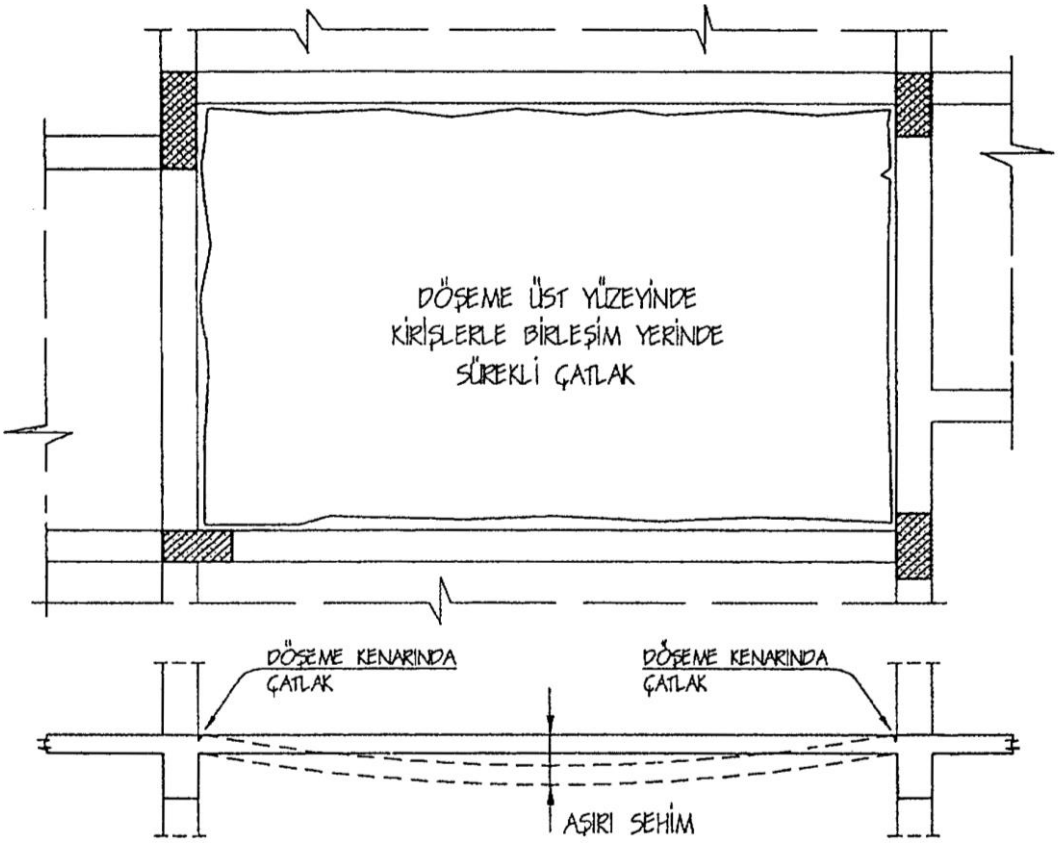
mekanizma durumuna geçebilir. Bu olay, yumuşak kat olarak tanımlanır ve yapının boyutlandırılması sırasında bu duruma karşın muhakkak önlem alınmalıdır [4].

3.3 Taşıyıcı Yapı Elemanlarındaki Çatlak ve Hasarlar

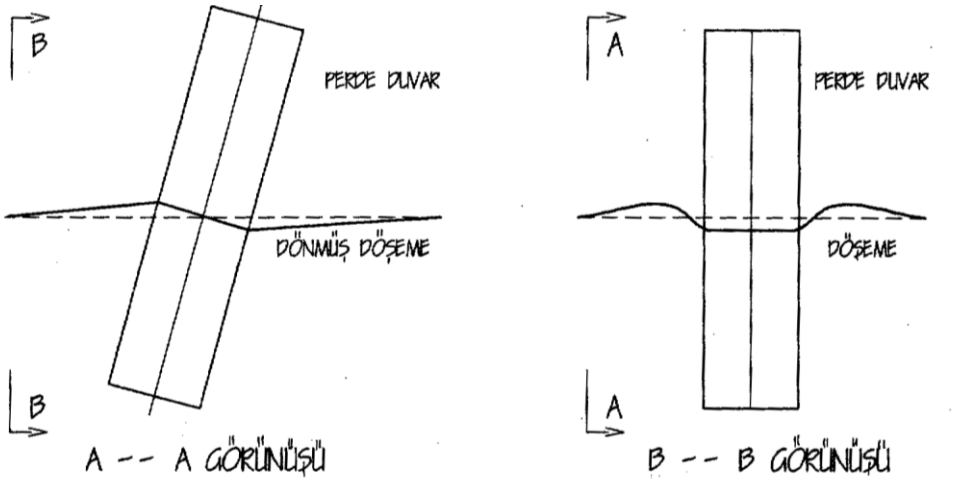
Bu başlık altında; kolon hasarı, kiriş hasarı, kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarı, perde hasarı, döşeme hasarı ve temel hasarı toplanabilir. Bu hasar türleri hakkında aşağıda kısa bilgiler verilmiştir.

3.4 Döşeme Hasarı

Döşemelerde gözlenen hasar çoğunlukla döşeme ortasında aşırı sehim ve döşemenin kenarlarında kirişlerle birleştiği yerde, üst yüzeyde, çatlak olarak ortaya çıkmaktadır. Döşemenin zayıflığının bir başka kanıtı ise üzerinde dolaşırken fazla titreşim yapmasıdır. Bu, döşemenin narin olduğunu göstermektedir. Döşeme ortasındaki sehim, açıklık/200 cm'den fazla olursa aşırı olarak kabul edilmelidir [2].

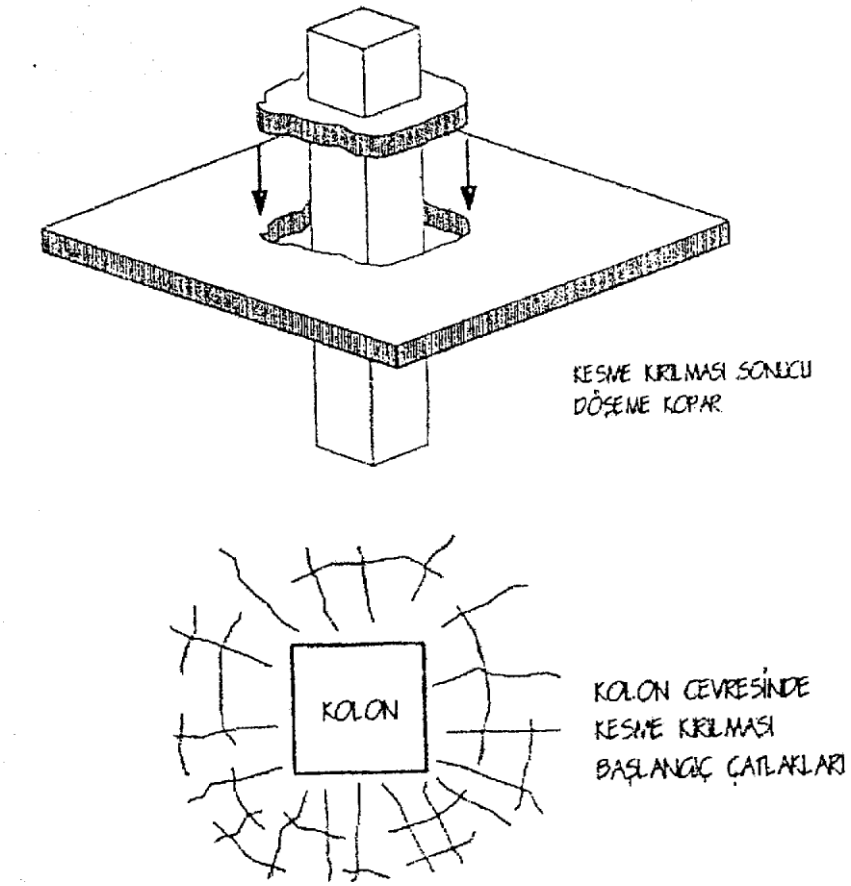


Şekil 3.3 Düşey yüklerden dolayı hasara uğramış döşemedeki çatlak ve sehim



Şekil 3.4 Perde duvarındaki dönmenin döşemeye etkisi

Genellikle döşemelerde, düşey yüklerden meydana gelen çatlaklar depremde daha belirgin hale gelir veya büyürler. Çok önemlileri dışında döşeme çatlakları, taşıyıcı sistemin güvenliğini büyük ölçüde etkilemezler. Büyük açıklıklarda kirişli döşemelerde altta açıklıkta çatlaklar görülebilir. Bunun gibi, döşemenin kirişle birleştiği yerde üstte mesnette, kiriş kenarına paralel çatlak meydana gelebilir. Bu durum, donatının yetersiz olmasına, donatı yüksekliğinin sağlanmadığına veya kalıbın erken alındığına işaret eder. Konsol döşemelerin mesnet kesitinde de benzer çatlaklar oluşabilir. Bu durum düşey yükler yanında depremin düşey bileşeninin etkisine de işaret edebilir. Önemli boşluğun bulunması durumunda döşeme köşelerinde gerilme yığılmaları nedeniyle çatlaklar oluşabilir. Kirişsiz döşemenin, kolona ve perdeye birleştiği kesitler, hem düşey yüklerde ve hem de deprem yüklemesinde önemli derecede zorlanır ve buralarda çatlaklar görülebilir. Kirişsiz döşemelerde hasarlar döşemeyle kolonun birleşim yerinde kesme çatlakları şeklinde ortaya çıkar. Bu tür döşemelerde, döşemeden kolona kesme kuvveti aktaran alanın az oluşu nedeniyle son derece gevrek ve ani bir şekilde gelişen zımbalama kırılması oluşur. Perde duvarlı yapılarda perdenin yatay yükler altında dönmesi, döşemeye moment aktarılmasına ve döşemede dönmeye yol açar [1,4].

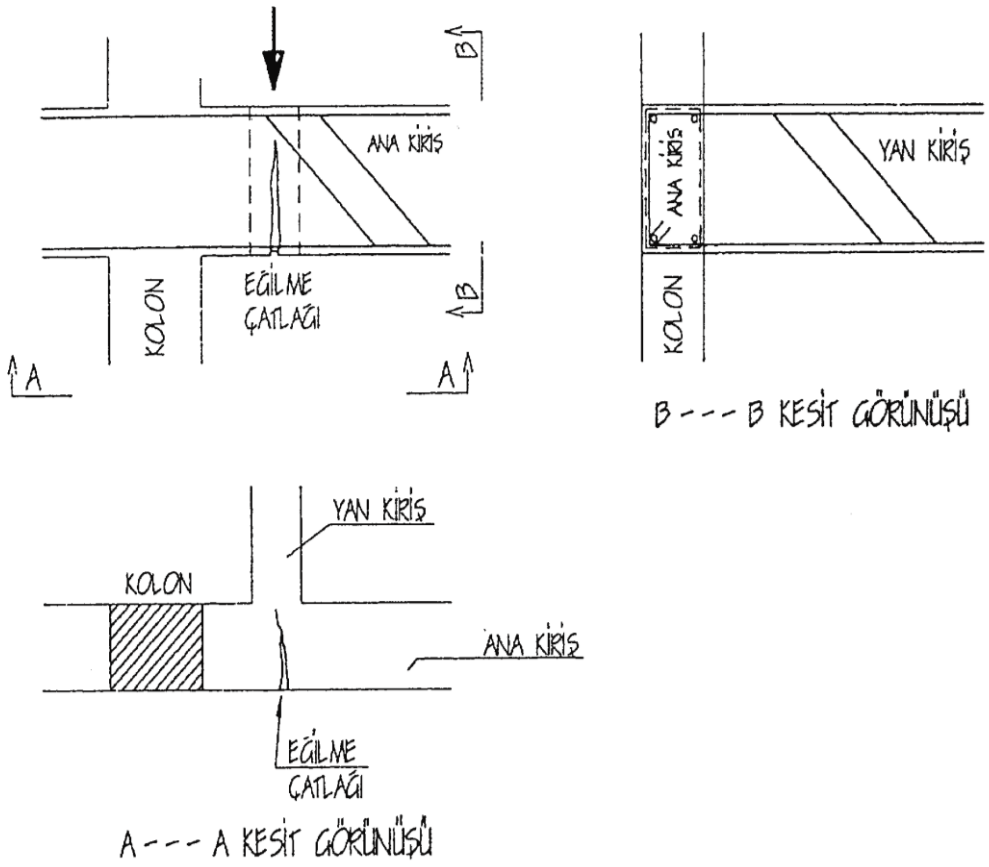


Şekil 3.5 Kirişsiz döşemede zımbalama kırılması

3.5 Kiriş Hasarı

Düşey yüklerden dolayı eğilme kırılması betonarme kirişlerde en çok rastlanan hasar biçimidir. Kirişteki boyuna donatının yetersiz miktarda oluşu sebebiyle meydana gelen bu hasar kiriş ortasında çekme bölgesinde oluşan çatlaklarla belirlenmektedir. Bu çatlak buradaki donatının akma bölgesine girdiğini de göstermektedir.

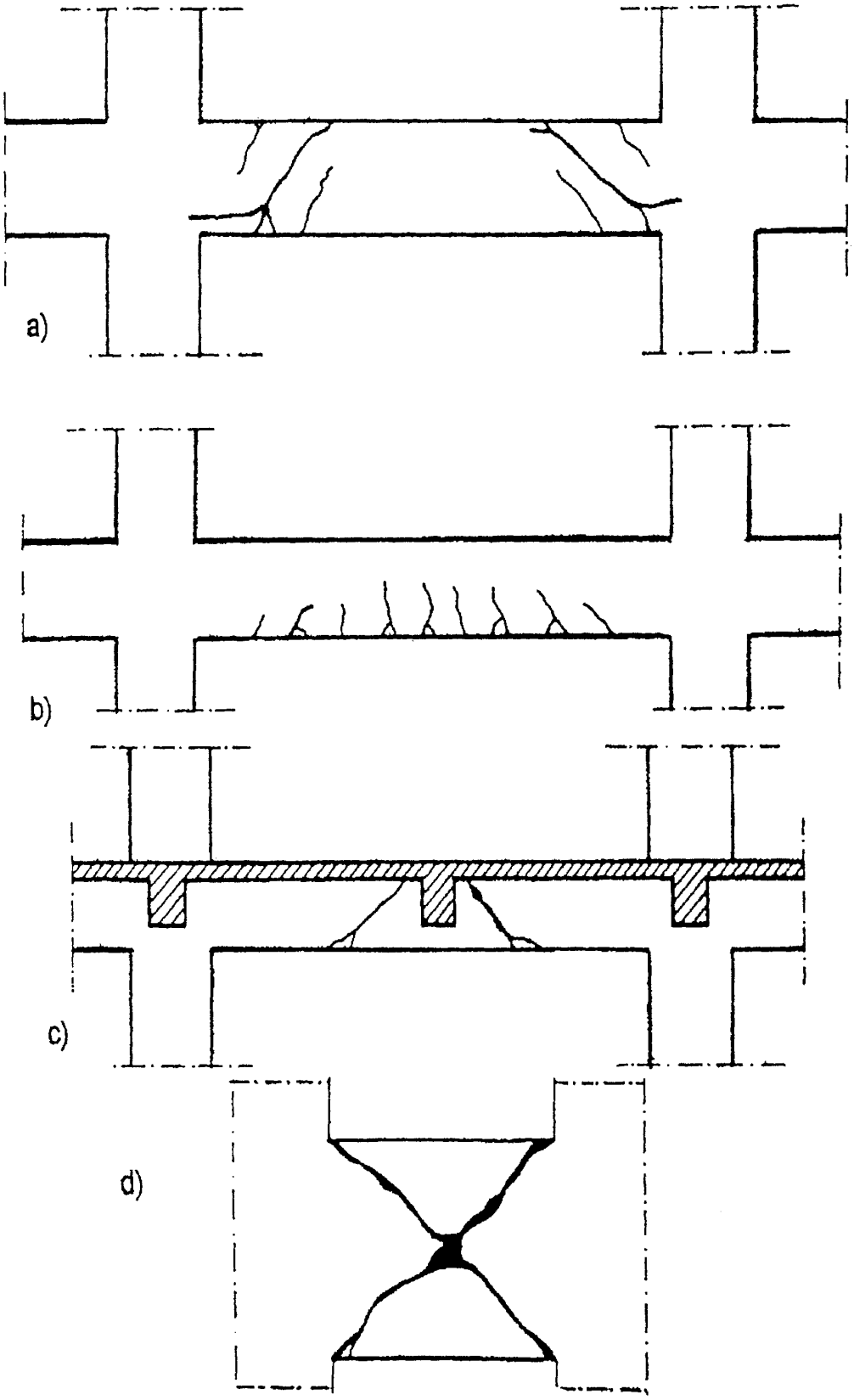
Bir kirişin başka bir kirişe saplandığı yerde betonda çatlak oluşur. Bunun sebebi uç bölümüne yakın yerde saplanan kirişin mesnet reaksiyonunun ana kirişe münferit yük olarak etkimesi ve ana kirişte bu noktada önemli miktarda pozitif moment oluşmasıdır.



Şekil 3.6 Saplanan yan kirişin ana kirişte moment kırılmasına yol açması

Deprem etkisinde ise özellikle kirişin mesnet bölgeleri zorlanır ve buralarda altta ve üstte kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve köşegen kayma çatlakları oluşabilir. Açıklıkta çekme çatlağı deprem etkisiyle büyüyebilir. Dolaylı olarak mesnetlenen bir kiriş varsa bu bölgede eğilme ve kayma çatlakları oluşabilir. Kirişlerde meydana gelen eğilme çatlakları büyük olmadıkları sürece taşıyıcı sistemin güvenliğini önemli derecede etkilemez. Sünek olmayan özellikleri nedeniyle kayma çatlaklarının üzerinde daha çok durulması gerekir. Fakat çatlak genişliğinin çok geniş olması durumunda sistemin taşıma gücü tehlike arz eder.

Eğer kısa açıklıklı bir kiriş bir perdeye birleşiyorsa, mesnet bölgesinde X şeklinde kayma çatlağı oluşabilir. Özellikle iki perde arasında bulunan bağ kirişlerinde bu tür çatlaklar her iki mesnette meydana gelebilir [5].

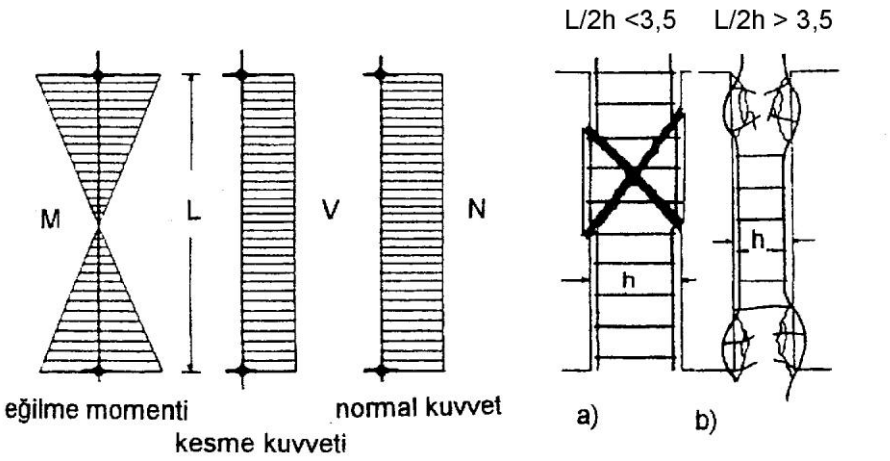


Şekil 3.7. a, b, c ve d Deprem etkisinde zorlanan kirişlerdeki çeşitli çatlaklar

3.6 Kolon Hasarı

Betonarme yapılarda gerek projenin uygulama aşamasında yapılan hatalardan dolayı, gerekse eski şartnamelerdeki eksikliklerden dolayı kolonlar, kirişlerden daha zayıf olarak inşa edilmekteydi. Bunun sonucunda deprem sırasında, çerçeve hasarı genelde ilk olarak kolonlarda ortaya çıkmaktadır. Yapıda düşey yüklere karşı ana taşıyıcının kolonlar olduğu düşünülürse, bu durumun yapının güvenliği açısından son derece sakıncalı olduğu aşikardır. Bundan dolayı, yeni deprem yönetmeliği güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesine göre, projelendirmede zorunlu olarak uygulanması gereken bir kriter şart koşmuştur. Bu kritere göre: Bir düğüm noktasında birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, ayni düğüm noktasında birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olmalıdır. Genelde kolonlarda mafsallaşma hasarı ile kesme kuvvetinin oluşturduğu kesme hasarına rastlanır [4].

Deprem enerjisi; kolonun rijit ek yerinin, mafsallı ek yerine dönüşmesi ile tüketilmektedir. Deprem etkisi ile oluşan çekme ve basınç hasarları daha sonraki aşamalarda kolon uçlarının mafsallaşması sonucunu doğurur [5].



Şekil 3.8 Kolonda meydana gelen hasarlar

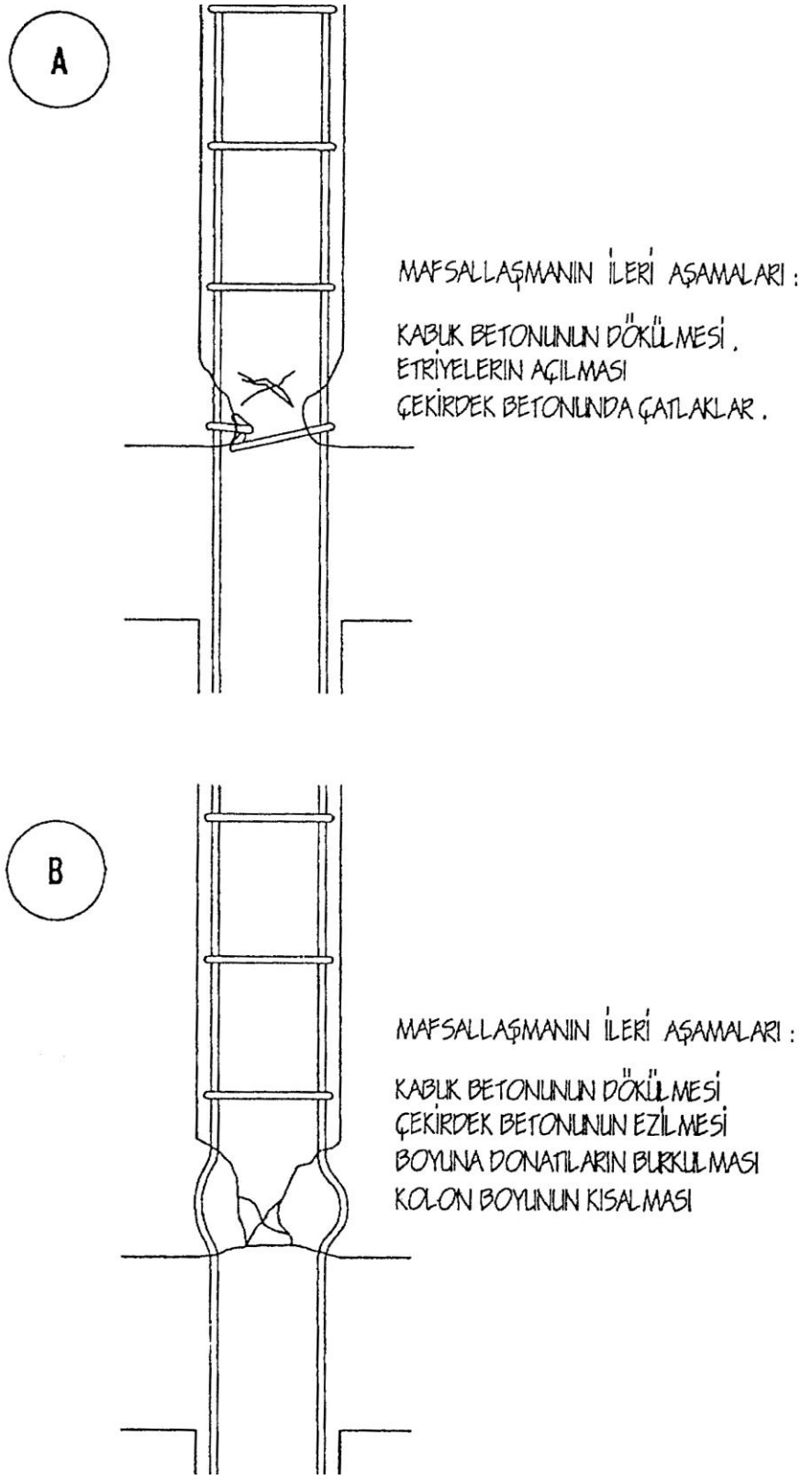
Kolonlarda normal kuvvet hakim durumda iken, kolon boyutlarına göre yön değiştiren eğilme momenti veya kesme kuvveti hasara sebep olur. Özellikle narinliğin büyük olduğu

$$\alpha = \frac{M}{V * h} = \frac{L}{2 * h} > 3.5$$

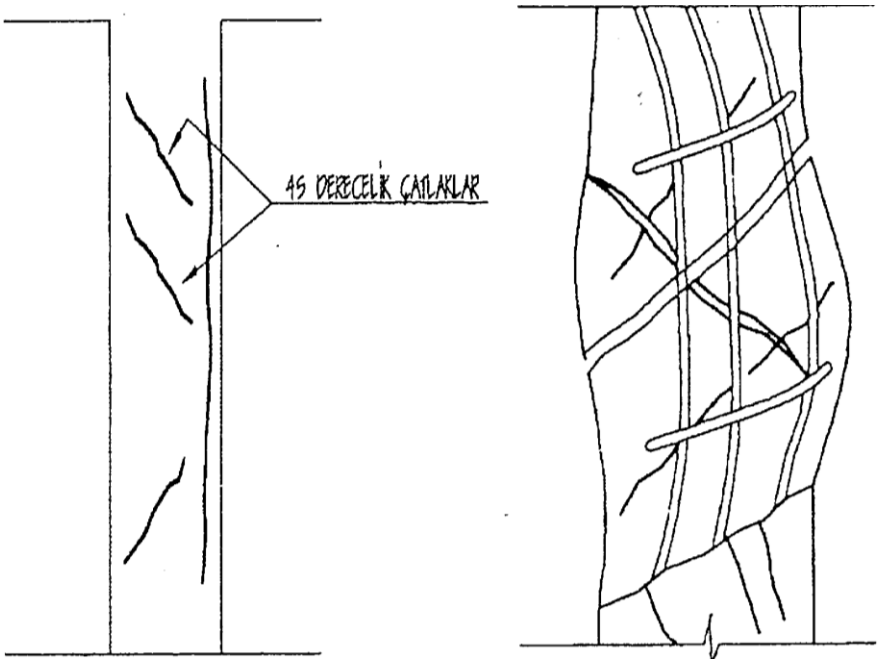
kolonlarda büyük eğilme momenti, hakim normal kuvvetle beraber beton basınç bölgesinde ezilme ve parçalanmalara sebep olur. Depremin yön değiştirmesi sonucu kolonun her iki yönünde bu hasar meydana gelir. Kolon uç bölgelerinde etriyenin seyrek olması hasarın artmasına ve boyuna donatının burkulması, kolon başının dağılmasına ve eksenel yük altındaki kolonda bir kısalmaya sebep olur. Bunun sonucu olarak komşu taşıyıcı elemanlarda yeni bir kuvvet dağılımı ortaya çıkar. Kolona birleşen kirişlerin kapasitelerinin büyük olması bu olayın daha belirgin oluşmasına sebep olur. Eğer kolon, kısa kolon

$$\alpha = \frac{M}{V * h} = \frac{L}{2 * h} < 3.5$$

ise, hasarın oluşmasında kesme kuvveti etkili olur. Kesme kuvveti nedeniyle oluşan eğik çekme gerilmeleri sonucu ani oluşan bu tür hasar, binanın toptan göçmesine bile sebep olabilir. Bu hasarın ana sebebi kısa kolon kayma kapasitesinin, eğilme kapasitesine göre daha düşük olmasıdır. Kısa kolon, taşıyıcı sistem düzeninin bir sonucu olarak oluşabileceği gibi sonradan örülen yığma duvarların etkisi sonucunda da meydana gelebilir. Bu tür hasar tespit edilmesi durumunda, geçici tedbir alınarak binanın toptan göçme tehlikesi önlenmelidir [1].



Şekil 3.9. a ve b Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşaması

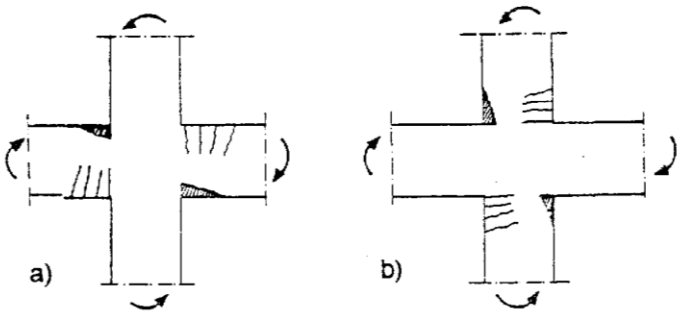


Şekil 3.10 Kolonda kesme kuvveti etkisinde oluşan eğik çatlaklar

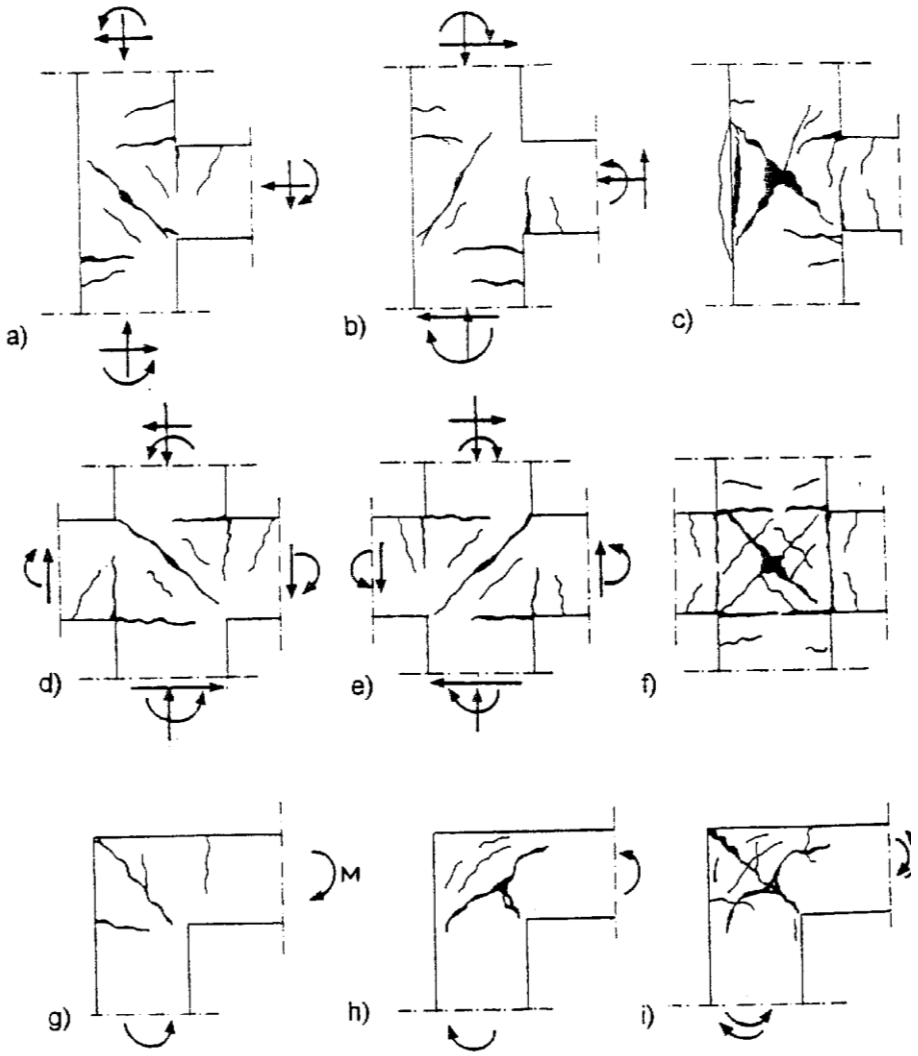
3.7 Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesi Hasarı

Kiriş-kolon birleşim bölgelerinde meydana gelen çatlama ve hasar, sistemin yatay yük taşıyıcılığını etkilemektedir. Uygun düzenlenmiş bir birleşim bölgesinde, kirişte plastik mafsal oluşumu öngörüleceğinden şekil a da verilen türde bir güç tükenmesi beklenir ve bu suretle taşıyıcı sistemin genel kararlılığı korunmuş olur. Şekil 3.11 ise zayıf kolon-kuvvetli kiriş durumuna karşı geldiği için arzu edilmez. Birleşim bölgelerinde oluşan çekme gerilmesi alanı sonucu oluşabilecek çatlak durumları şekillerde gösterilmiştir.

Bölge betonunun ezilip kopması da bölgenin dayanımını önemli ölçüde azaltır. Bölgeden geçen kiriş boyuna donatılarının aderansının çözülmesi, kalıcı şekil değiştirmelere ve kesit dayanımının azalmasına sebep olur. Birleşim bölgelerinde etriyenin bulunmaması veya betonda boşlukların bulunması, bölgenin dağılarak mafsal durumuna gelmesine ve toptan göçmesine neden olabilir [1,5].



Şekil 3.11 Güçlü kolon ve güçlü kiriş durumunda kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarları



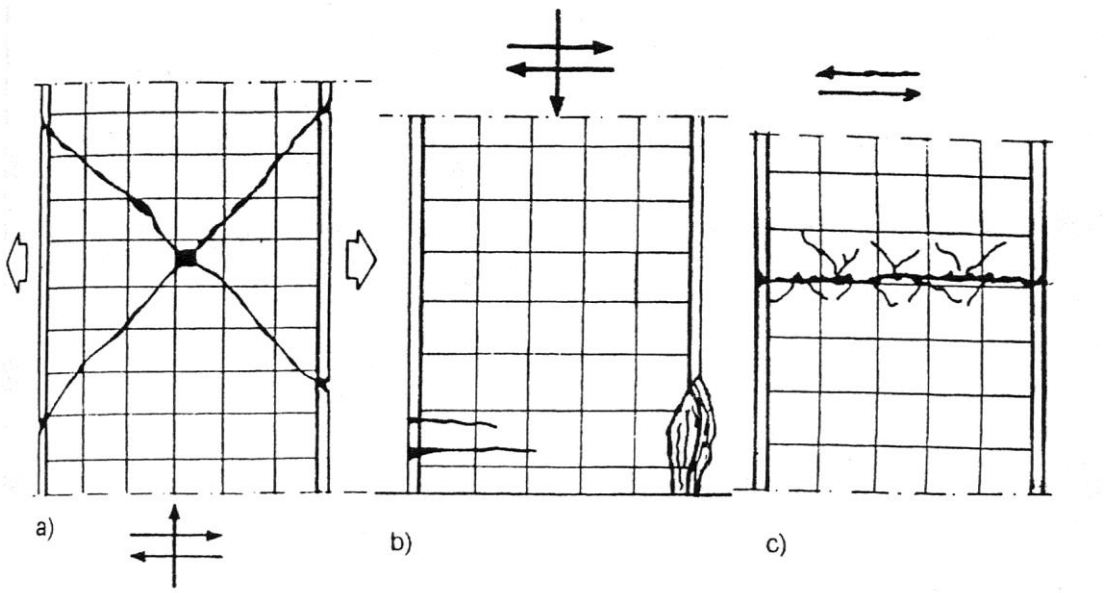
Şekil 3.12 Kiriş-kolon birleşim bölgesinde çeşitli çatlama ve hasar türleri

3.8 Perde Hasarı

Perdede en çok rastlanan çatlak ve hasar türü X şeklinde çatlak oluşmasıdır. Sünek olmayan ve eğik çekme gerilmelerinin oluşturduğu güç tükenmesine işaret etmesi bakımından dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Perdenin uç bölgeleri iyi

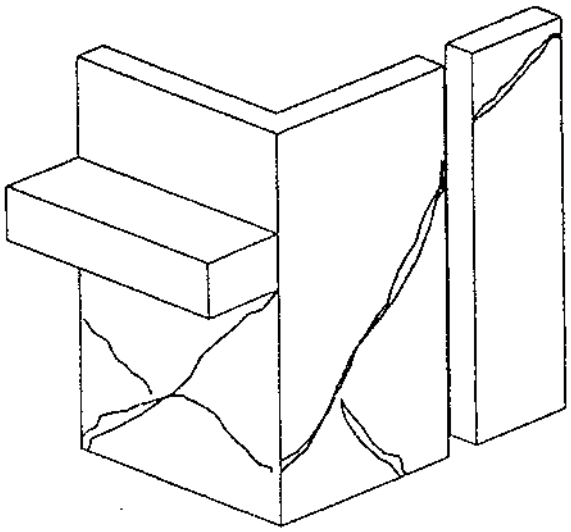
düzenlendiğinde, bu hasara rağmen eğilme momenti perde tarafından karşılanmaya devam edebilir. Perdede de eğilme çatlağına ve hasarına nadiren rastlanır. Bu olaya yaklaşıldığında çoğu zaman temelde bir dönme meydana gelerek momentin kesit kapasitesinin üzerine çıkması önlenir. Buna karşılık kesme kuvveti artmaya devam ettiği için kayma güç tükenmesi daha sık oluşur.

Perdenin kademeli inşa edilmesi nedeniyle inşaat derz yerinde kayma bedeniyle çatlaklar oluşur. Bunun sebebi, farklı zamanda dökülen iki beton arasında yeterli bağın olmamasıdır. Ara kesitte bulunan çatlağın yatay olması nedeniyle, kesit düşey yükler taşımaya devam ederek, sistemin tümünün taşıyıcılığını tehlikeye düşürecek bir durum ortaya çıkmayabilir [1].



Şekil 3.13 Perdede a) kesme kuvveti, b) eğilme, c) kayma hasarı

Perde duvarlarının yapı içersinde simetrik bir konumda olmamaları, onların depremde burulma etkisine maruz kalmalarına yol açar. Şekilde burulma momenti altında çatlamış bir perde duvar görülmektedir [5].



Şekil 3.14 Perdede burulma etkisinde oluşmuş çatlaklar

3.9 Temel Hasarı

Deprem sırasında akarsu havzalarında ve kıyı bölgelerinde sık rastlanan bir olay da zeminin sıvılaşmasıdır. Yer hareketi sonucu yükselen su seviyesi, titreşim etkisi ile, ince taneli zemini ve kumu doydun hale getirir. Deprem hareketi süresince zeminde meydana gelen ve yön değiştiren kayma gerilmeleriyle zemin sıvı gibi akıcı bir hal alır. Zeminin sıvılaşması sebebiyle zeminin taşıma kapasitesinde meydana gelen azalma, binanın bir bütün olarak düşey oturmasına veya otururken dönmesine sebep olabilir. Bu durum, zeminde yeteri tedbirlerin alınmamasının ya da zemin emniyet gerilmelerinin yüksek seçilmesinin bir sonucudur. Bu tür hareketler neticesinde kolonun tekil temelinin veya plak temelinin zımbalanmaya zorlandığına işaret eden çatlaklar görülebilir. Temelin bir kısmının dolguda bir kısmının da yerel sert bir zeminde bulunması deprem sırasında binada dönmeye sebep olabilir. Depremde meydana gelen diğer bir hasar da faya yakın bölgedeki yeryüzü kabuğunun kırılması veya açılmasından meydana gelen temel göçmesidir. Bu tür hasarın önlenmesi oldukça zordur. Fay haritalarının yeterli hassaslıkta yapılması ve buralardan uzak durulması alınabilecek tek önlem olarak söylenebilir.

Temel hasarı için zemin iyileştirilmesi veya temellerin genişletilmesi bir çözün olabilir. Ancak bu yapılırken geoteknik incelemenin gerekliliği açıktır [1].

4. BETONARME YAPILARDA HASAR SAPTAMA İŞLEMLERİ

Deprem geçirmiş bir yapının depremden sonra durumunun bilinmesi yapı hakkında onarım veya yıkım kararının vermek için son derece önemlidir. Yapı şayet hasar görmüş ise bu hasarın derecesinin tespiti gereklidir. Aşağıda hasar tespiti sırasında yapılması gereken işlemler kısaca sıralanmıştır.

- Yerinde yapılan ilk incelemeler sonucunda riskli yapıların boşaltılması ya da bazı bölümlerinin askıya alınması,
- Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların üzerindeki her türlü hasarın fotoğraflanarak veya bir kroki üzerinde çizilerek not edilmesi, çatlakların genişliği ve yerlerinin ölçülmesi ve işaretlenmesi,
- Yatay ve düşey elemanlarda oluşan kalıcı deformasyonların ölçülmesi,
- Yapı elemanlarının boyutlarının proje boyutlarına uygunluğunun tespit edilmesi ve projeye göre farklı yapılan elemanların kesit boyutlarının belirlenmesi,
- Yapıda uygun şekilde karot numuneleri alarak yapı malzemelerinin dayanım ve gerilim-birim deformasyon özelliklerinin belirlenmesi,
- Gerektiğinde betonarme yapılarda donatıların üstündeki beton örtü kaldırılarak donatının yerinin, çapı ve miktarının belirlenmesi,
- Yapı çevresindeki zemin özelliklerinin saptanması, bunu için gerekli sondaj, ölçme ve benzeri işlemlerin yapılması,
- Yakın çevrede benzer yapıların karşılaştırma amacıyla incelenmesi.
- Yapının deprem öncesi durumu hakkında bilgi toplanması, özellikle hangi koşullarda yapıldığı, daha önce deprem etkisinde kalıp kalmadığı, önceki hasar, onarım ve değişikliklerin belirlenmesi [2].

5. ONARIM VE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER, UYGULAMA TEKNİK VE YÖNTEMLERİ İLE AVRUPA'DAKİ ÇALIŞMALAR

Yapı elemanları için günümüzde çok değişik güçlendirme malzemeleri mevcuttur. Dikkatsiz ve rasgele yapılacak olan uygulamalardan dolayı malzemeden beklenen verimin alınabilme olasılığı azalacaktır. Bu başlık altında onarım ve güçlendirme malzemelerinin özellikleri ve uygulamaları hakkında bilgi verilecek, eski ve yeni betonun kaynaştırılması, yeni donatının mevcut donatı ile bağlanması ve yeni donatının ankrajı konuları ifade edilecek, ayrıca bu konu ile ilgili olarak Avrupa'daki çalışmalardan kısaca bahsedilecektir.

5.1 Onarım ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler

5.1.1 Tamir Harçları

Tamir harçları ortaya çıkan bölgesel beton kayıplarını gidermek ve oluşan boşlukları doldurmak amacıyla kullanılır. Kullanılacak harçla eski beton ayni elastisite modülü ve ısı genleşme katsayısına sahip olmalıdır. Aksi takdirde, bileşim bölgesinde ek gerilmeler ortaya çıkabilir.

Her onarım ve güçlendirme yönteminde olduğu gibi tamir harcı yüzeye uygulanmadan önce, mutlaka eski yüzeyde bulunan harç ve gevşek beton parçacıkları temizlenmeli ve yüzey aderansını arttırmak için pürüzlendirilmelidir.

Tamir harçlarında rötreden dolayı meydana gelebilecek çatlakları önlemek amacıyla, dökümden önce kalıp ve eski beton yüzeyi ıslatılarak suya doygun hale getirilmelidir. Bunun yanında harçtaki su miktarının, katkı koyularak minimum düzeyde tutulmasıyla da rötre etkisi azaltılır. Harcın yüzeye uygulanması bittikten sonra ise oluşabilecek ani su kayıplarını önlemek amacıyla kesite bakım yapılmalıdır.

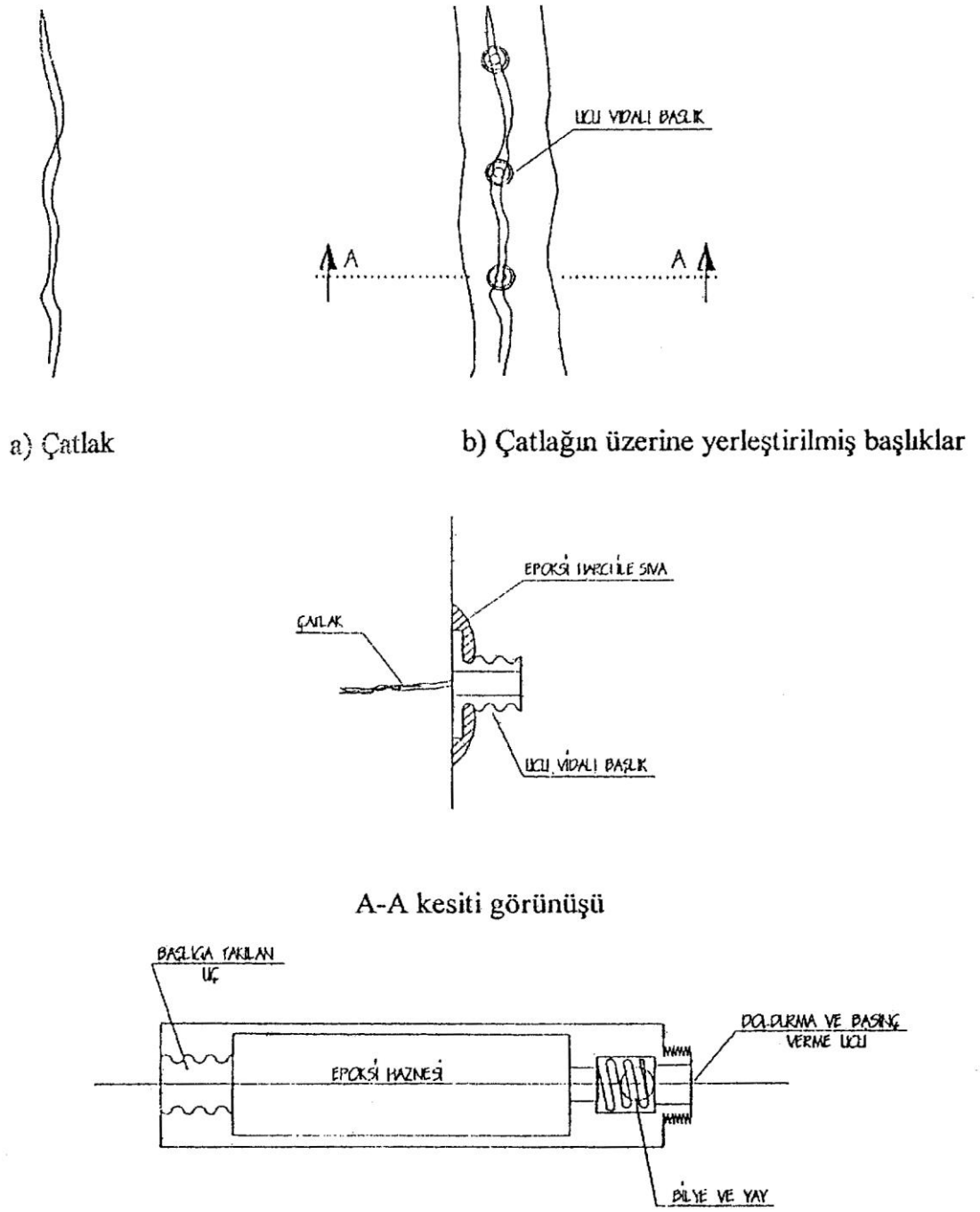
5.1.2 Epoksi Reçineleri

Epoksi reçineleri genelde beton çatlaklarını doldurmada ve çelik elemanları betona ankre etmede kullanılırlar. Epoksiler suya ve aside karşı çok dayanıklıdırlar. Genel olarak 100° C'nin üzerindeki ısılarda dayanımlarını kaybederler. Bundan dolayı epoksi reçineleriyle onarım görmüş yapılar yangına karşı azami ölçüde korunmalıdırlar. Kopma birim uzamaları %20 ile %50 arasında değişmektedir.

Epoksi enjeksiyonu genellikle genişliği 0.5-5 mm arasındaki çatlaklarda çok başarılı bir şekilde uygulanır. Çatlak genişliğinin çok küçük olduğu durumlardaysa, çatlak yüzeyi fırçayla temizlendikten sonra, epoksi dış yüzeyden direkt olarak fırçayla uygulanır.

Epoksi reçineleri, çatlamış bir yapı elemanını tekrar sürekli duruma getirerek elemandaki gerilme birikimlerini önler. Şu hiçbir zaman unutulmamalıdır ki epoksi tek başına bir yapı elemanını güçlendirmek için kullanılamaz, yeterli değildir. Ancak kolon, perde gibi taşıyıcı elemanları ek kesitlerle güçlendirme işlemlerinde, mevcut betonla ek kesit arasındaki tutuculuğu arttırmak amacıyla kullanılır.

Epoksi reçinesinin çatlağa enjekte edilmesi çok titizlik isteyen bir uygulamadır. Enjeksiyona başlamadan önce çatlak boyunca 10-15 cm derinliğinde, 1 cm çapında çatlak boyutuna göre uygun sayıda delik açılır. Çatlağın dış yüzeyi biraz genişletilerek epoksinin tutunma yüzeyi biraz arttırılmış olur. Bu işlemlerden sonra çatlağın yüzeyi iyice temizlenerek, açılan deliklere enjeksiyon memeleri yerleştirilir. Çatlağın dış yüzeyi ile, enjeksiyon memelerinin dış kısmı epoksi ile kapatılır. Uygulamaya en alt seviyedeki memeden başlanır ve epoksinin bir üstteki komşu memeden çıkması beklenir. Epoksinin çıktığı her memenin başı kapatılarak uygulama bitirilir [4].



Şekil 5.1 Çatlarlara epoksi uygulaması

5.1.3 Yerinde Döküm Normal Beton

Yerinde döküm normal beton onarım ve güçlendirme işlerinde yaygın olarak kullanılır. Fakat normal çimento betonunun hacim değişikliği ve büzülmesinden dolayı tatminkar sonuçlar alınamaz. Hacim değişiklikleri eski elemanla yeni beton

arasındaki iyi temasın kayıp olması sonucunu doğurur. Bu nedenle temas yüzeyinde sağlıklı gerilme geçişi kaybolur veya azalır.

Aderans özelliklerinin iyi olması için yeni dökülecek betonla temasta olacak olan eski yüzeyler tamamen temizlenmeli ve pürüzlendirilmelidir. Yeni beton dökülmeden önce mevcut beton be ahşap kalıplar ıslatılmalıdır. Boşluların önlenmesi için yeni dökülen beton vibrasyonla sıkıştırılmalıdır. Yüzeyin çabuk kurumasını önlemek için yeni dökülmüş betonun uygun şekilde bakımı yapılmalıdır.

5.1.4 Polimerli Beton

Normal çimentonun bir kısmının yerine bağlayıcı özellikte bazı polimerlerin konulmasıyla elde edilir. Normal betonun daha iyi işlenebilirlik özelliğinde, su/çimento oranı ve rötresi daha küçük olan betonlar yapılabilir. Eski ile yeni elemanlar arasında aderans iyileştirilebilir. Betonun bağlayıcı sistemi içersinde, plastik halkalar veya bağlar katarak, sertleşmiş betonun mukavemetini yükseltirler. Betonun bazı kimyasal etkenlere karşı dayanımlarını arttırabilirler. Buna karşın bu özelliklerini yangında yitirebilirler. Ayrıca alkalinlik özellikleri normal betona göre çok daha azdır.

5.1.5 Reçine Betonları

Reçine esaslı beton karışımlarında çimento yerine iki bileşenli bir sistem vardır. Bileşenlerden biri epoksi, polyester, poliüretan, akrilik v.b gibi sıvı reçine esaslı, diğeri ise sertleştirici özelliğe sahip bileşendir. Bu bileşenlerin reaksiyonuyla reçine betonu elde edilir.

Reçine bileşimlerinin temiz ve kuru beton yüzeyi üzerinde aderansı çok iyi olmasına rağmen reçine betonunun beton üzerindeki aderansı zayıftır. Bunun sebebi, reçineyle kaplı agregalarla eski betonun arasında bir noktadan noktaya bağlantı olmasındandır. İyi bir aderans elde etmek için mevcut beton yüzeyine saf sıvı reçine örtüsü tatbik etmek gerekir [5].

5.1.6 Püskürtme Beton

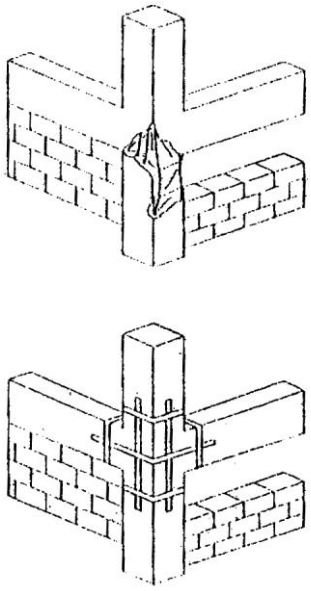
Püskürtme betonu yeni yapılarda olduğu gibi, eski yapıların da onarım ve güçlendirme işlemlerinde çok kullanılan bir uygulamadır. Mevcut bulunan kargir, tuğla, çelik ve betonarme yapıların yüzeylerinin beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır. Püskürtme betonu, özellikle kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı, betonun yerleştirilmesinin güç olduğu ve betonun ince bir tabaka halinde uygulanması gereken yerlerde kullanılır.

Püskürtme betonu, basınçlı hava ile yüzeylere uygulanır. Eğer püskürtme betonu çok kalın ise donatı kullanmak gereklidir. Küçük kalınlıktaki kaplama işlemlerinde donatı kullanılmayabilir. İşleme başlamadan önce eleman yüzeyi temizlenerek , gevşek agrega kaldırılmalıdır. Ayrıca aderansın artması için beton yüzeyi pürüzlendirilir. Püskürtme betonun çok fazla rötre özelliği vardır. Rötre, karışımın uygun oranlarda seçimiyle minimum düzeye indirilebilir.

Püskürtme betonunu uygulanmasında, ıslak ve kuru karışım olmak üzere iki yöntem mevcuttur. Birinci yöntemde çimento, agrega ve su haznede beraber karıştırılarak ıslak karışım elde edilir. Bu ıslak karışım hortum ve baınçlı hava yardımıyla püskürtülerek işleme başlanır. İkinci yöntem olan kuru karışımdaysa, haznede agrega ve çimento uygun oranlarda karıştırılarak basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme tabancasının ucunda, kuru karışıma uygun miktarda su verilerek işleme başlanır. Püskürtme işlemine, düşey düşeye yakın yerlerde aşağıdan başlanmalıdır. Eğer kalınlık çok fazla ise, betonun akmaması için püskürtme işlemi tabakalar halinde yapılmalıdır. İşlem sırasında yüzeye çarpıp geri dönen beton kütleleri kesinlikle yeniden kullanılmamalıdır.

5.1.7 Çelik Şeritler

Epoksi reçinesi, çimento şerbeti ve harçla onarımlar genellikle çatlak genişlemesi durmuş yapılarda kullanılan yöntemlerdir. Eğer bir yapı elemanında hala kısmi olarak çatlak genişliğinde bir artış gözleniyorsa, çelik şeritlerle onarım en uygun yoldur. Şekilde yapı elemanlarına çelik şerit uygulamasıyla ilgili bir örnek görülmektedir.



Şekil 5.2 Çelik şerit uygulaması ile kolon-kiriş birleşim bölgesinin güçlendirilmesi

Bu onarım yönteminde, öncelikle kolon ve kirişin hasarlı bölgesindeki ezilmiş ve parçalanmış beton kaldırılır. Bu bölge epoksi harcı ile doldurularak tamamlanmış olur. Daha sonra betonun çelik şeritlerle temas edeceği yüzeylere, epoksi reçinesi sürülerek çelik lamalar betona sarılır. Sarılan bu çelik lamalar bulonlarla sıkıştırıldığı zaman etkili olarak çalışmaya başlarlar. Bütün bu işlemlerden sonra çelik şeritlerin üstü püskürtme betonu veya çimento harcı ile kapatılır. Kullanılan çelik şeritler en az 5 mm kalınlığında ve 50 mm genişliğinde olmalıdır.

5.1.8 Lifli Plastik Levhalar

Plastik levhalar elastisite modülleri çok küçük olan ve güç tükenmesi durumuna kadar elastik davranış gösteren malzemelerdir. Bundan dolayı malzemenin sünekliliği çok düşüktür. Sadece çekmeye çalışırlar, basınca karşı herhangi bir dirençleri yoktur. İnce ve hafif olduklarından dolayı elemanın rijitliğinde ve taşıyıcı sistem içindeki kuvvet dağılımında herhangi bir değişikliğe neden olmazlar. Yapı elemanlarının eğilme ve kayma dayanımını önemli derecede artırırlar [4].

5.1.9 Karbon Lifli Malzemeler

Karbon lifleri; korozyon riski olmayan, kullanım ömrü sınırsız, uygulaması basit ve hızlı, yapı ağırlığını arttırmayan mimari kaygıları minimuma indiren bir malzeme olup güçlendirme için kullanılır. Betonarme döşemenin, kirişlerin kesilmesi nedeniyle gereken takviye işlerinde, kolon , perde, duvar, viyadük-köprü ayakları ve mesnetlerde kolaylıkla uygulanabilir.

5.2 Avrupa'daki Çalışmalar

Avrupa ülkelerinin çoğunun uygulanabilirlik ve dayanıklılık gibi beton testleri için kendi milli standartları bulunmakla beraber beton onarım malzemelerinde durum daha az yapılanmıştır. Beton onarım endüstrisi nispeten yeni olduğu için beton onarımları için kullanılacak tekniklerin ve ürünlerin test edilebileceği metodları kapsayan birleştirilmiş bir standart üretmek için The Europen Committee for Standardization (CEN) çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmalar sırasında onarım malzemelerinin imalatçı ve tedarikçilerinin yapmış oldukları test sonuçlarından da faydalanılmaktadır. Çalışmalar tamamlanıp standart uygulamaya konulduğunda bütün Avrupa ülkelerinin bu konudaki resmi standardı olacak ve satılacak onarım malzemelerinin hepsinin CEN Standardı'nı taşıması zorunlu hale getirilecektir. Böylece onarım ürünlerinin temel performans, kalite kontrol ve güvenlik gereksinimlerine uyması sağlanmış olacaktır. CEN Standardı'nın amaçları şunlardır [5]:

- İmalatçıların ürettikleri onarım malzemelerinden örnekler alınarak bunları standart özellikleri karşısında test etmek ve standarda uygunluğunu denetlemek.

- Uygulaması yapılan onarım malzemeleri ile ilgili performans testleri elde ederek ve ülkelerin iklim, nem v.b özellikler ile kıyı yapılarında tuz riskini göz önünde bulundurarak onarım için en uygun ürünün seçiminde yardımcı olmak.

- İthal edilen onarım malzemelerinin CEN Standard'ının minimum performans seviyelerini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek ve Avrupa'da resmi olarak satılıp satılamayacağına karar vermek.

- Onarım malzemelerinin uygulaması konusunda yol gösterici olmak.

6. BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

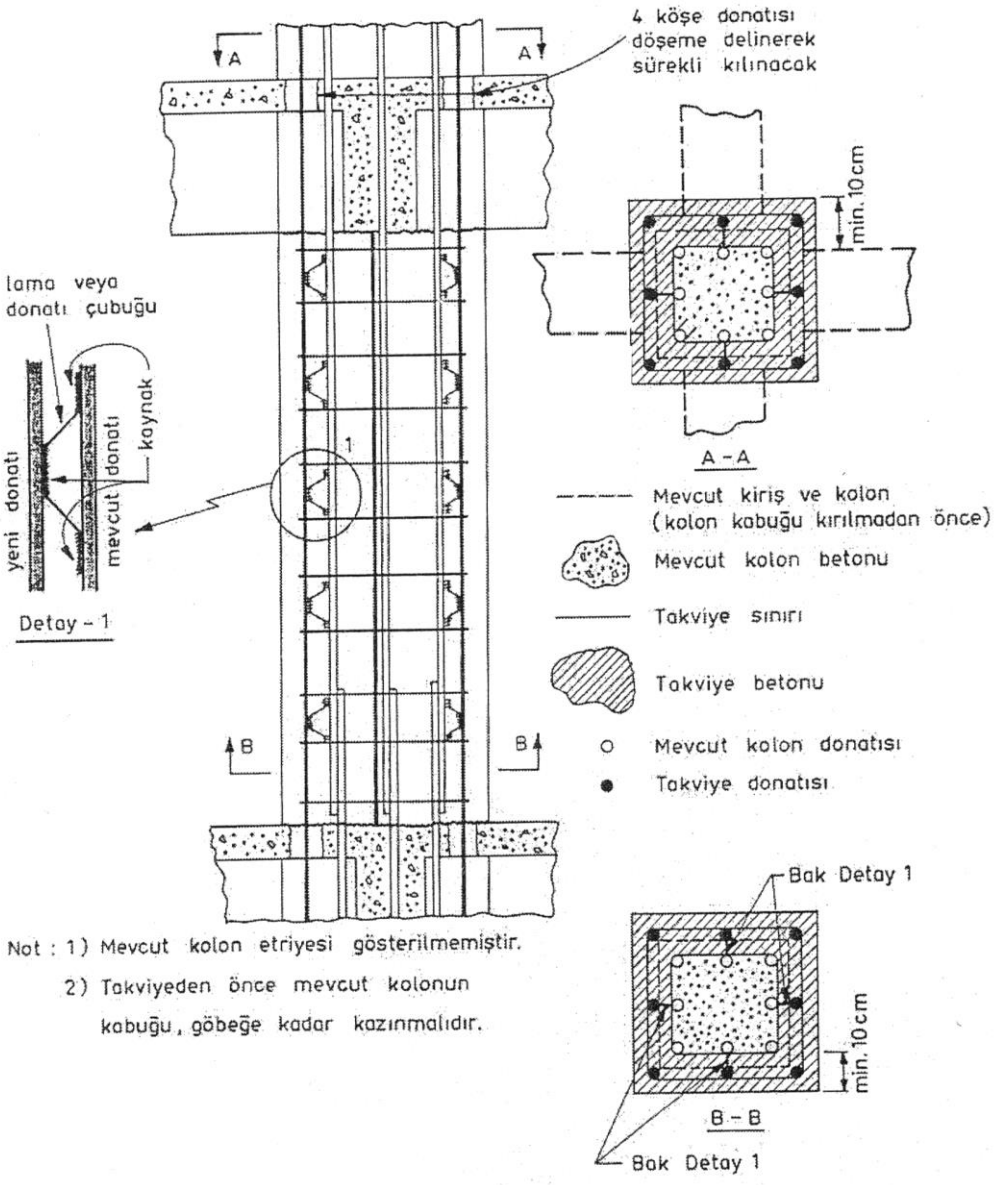
6.1 Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi

Kolonların güçlendirilmesindeki temel amaç, kolonun normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti taşıma kapasitelerinin istenilen düzeye getirilmesidir. Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatıların ilavesiyle sağlanır. Buna karşın kesme kuvveti dayanımı ve sünekliliği, enine donatının sıklaştırılmasıyla gerçekleştirilir [1].

6.1.1 Betonarme Manto

Kolonun taşıma gücünün arttırılması için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri betonarme mantolamadır. Betonarme manto, içinde boyuna donatısı ve etriyesi bulunan ve mevcut kolonu saran yeni bir katmandır. Manto kalınlığının, betonlama sırasında boşluk kalmaması için, 100 mm den az olmaması uygundur [1]. Boyuna donatıda sağlıklı bir detaylandırma ile sağlanırsa, katlar arası moment aktarımı mümkün olur. Betonarme manto uygulanmadan önce, mevcut kolonun kabuk betonu kırılmalı ve en az yeni boyuna donatının yarısı U veya Z çubuklarla mevcut boyuna donatıya kaynaklanmalıdır.

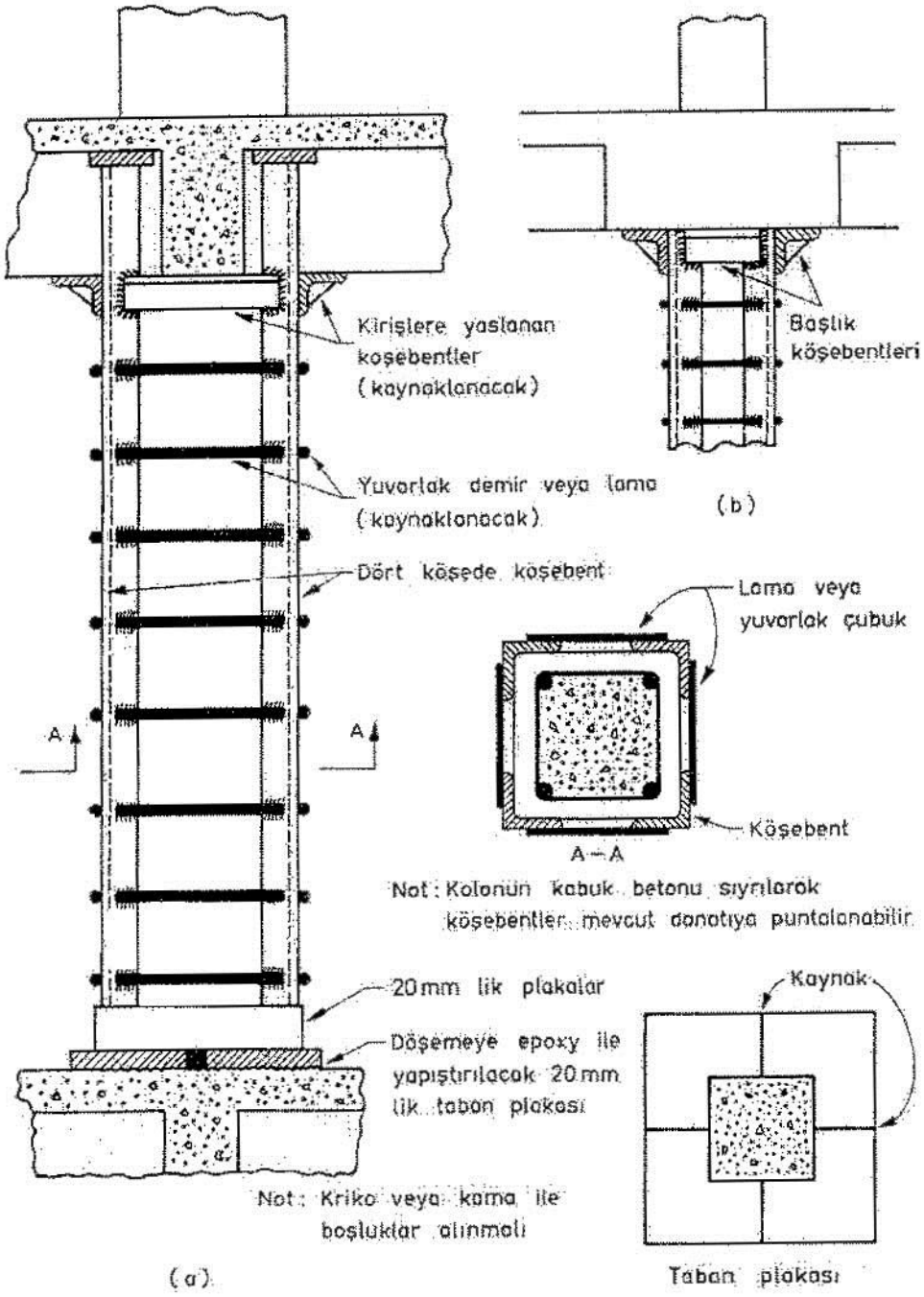
Mantonun kalıbı, üç yüzünde tam yapılırken dördüncü yüzde yarım yapılmalıdır. Amaç, mantoyu iki aşamada dökerek betonun iyi yerleşmesini sağlamaktır. Ayrıca en üstte 100 mm kadar bir bölümün boş bırakılması ve bir hafta kadar sonra burayı büzülmeyen özel harçla doldurmak mantoyu daha etkin kılar [3].



Şekil 6.1 Kolonda betonarme manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme

6.1.2 Çelik Manto

Gerekli süreklilik detayları yapıldığı takdirde çelik manto ile katlar arası moment aktarımı sağlanabilir. Bunun yanı sıra çelik manto sünekliği veya eksenel yük kapasitesi de artırmak için kullanılabilir.

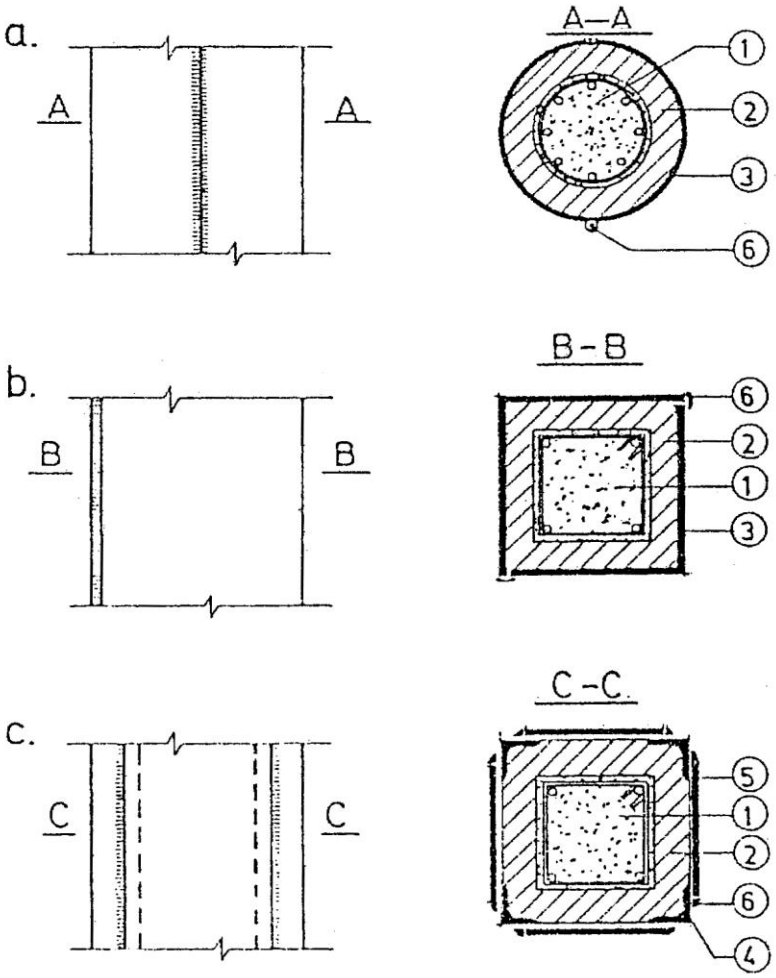


Şekil 6.2 Kolonda çelik manto uygulaması ile onarım ve güçlendirme

6.1.3 Çelik Levhayla Kılıf Geçirme

Bu yöntemde mevcut kolon, kalınlığı 4-6 mm arasında olan ince çelik levhalarla tamamen çevrilerek sarılır. Dairesel kılıf geçirme homojen bir etkileşim sağladığı için, en etkin olanıdır. Dikdörtgen şeklinde kılıf geçirme işlemi ise iki levhanın köşegenel olarak kaynaklanmasıyla, ikinci kılıf ise dört köşeye konulan dört korniyere dört yüzde bulunan levhaların kaynaklanmasıyla elde edilir. Kılıf geçirme

işleminde kolon kesiti çok az arttığı için, kolonun rijitliği pek fazla değişim göstermez. Kılıfla kolon arasında belirli bir aralık bulunmalıdır. Bu aralık rötre yapmayan çimento harcı veya betonla doldurulur. Sonuş olarak bu yöntemle kolonun sünekliliğinde ve eksenel kuvvet taşıma kapasitesinde önemli bir artış olur [4].



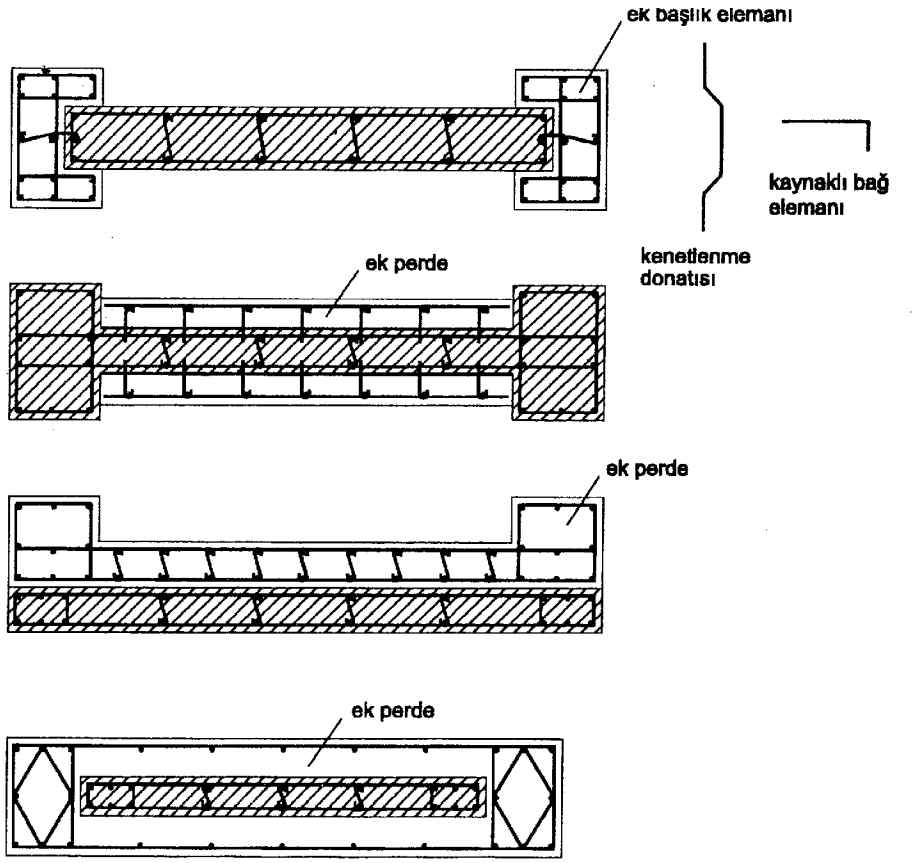
1) Mevcut kolon 2) Çimento harcı veya ek beton 3) Çelik kılıf
4) Köşe korniyer 5) Çelik levha 6) Kaynak

Şekil 6.3 Mevcut kolonun çelik levhayla güçlendirilmesi

6.2 Perdelerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Perdeler, deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarındandır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir.

Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırmak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir. Kalınlığın arttırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların mevcut olanlara bağ parçaları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzünün pürüzlendirilmesi bütünleşmeyi sağlayacağından önemlidir. aradaki bağ kuvvetlerinin iletimini sağlamak için dikiş çubuklarının kullanılması ve mevcut perde yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzeninin sağlanması ile arttırılabilir [1].



Şekil 6.4 Perdenin kesit kalınlaştırılması ile güçlendirilmesi

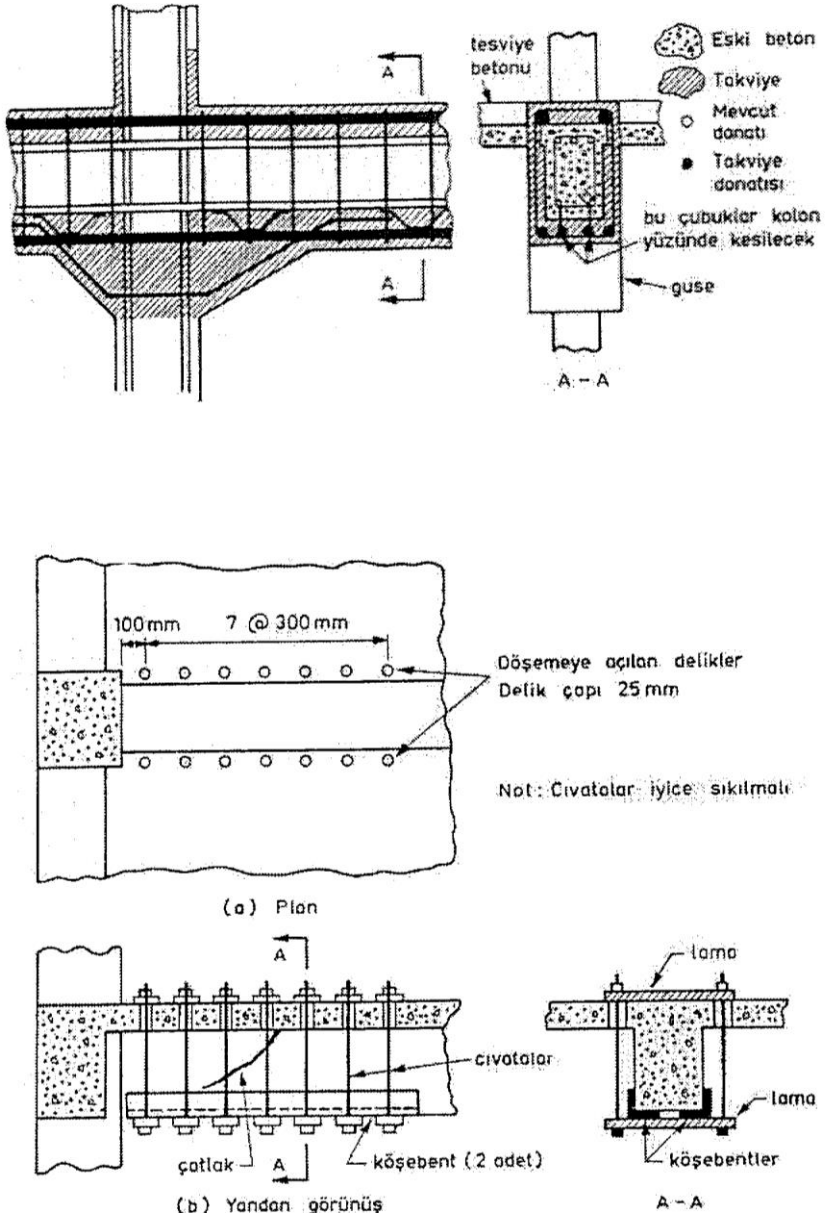
6.3 Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Kiriş onarım ve güçlendirilmesinde çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan biri, yüksek dayanımlı yapıştırıcılar kullanılarak yapıştırılan çelik plaka veya karbon lifleri ile kiriş kapasitesini arttırmaktır. Yapıştırılan plaka belirli bir yerde kesileceğinden, soruna betonarme donatısının kesilmesi ile paralellik kurarak bakılabilir. Önemli olan, plakayı gereksinme duyulmayan noktada kesmemek, yaklaşık bu noktayı kiriş derinliği kadar geçtikten sonra kesmektir. Plakanın kesildiği

yerde gerilme yığılmaları olacağından, bu uçlara birer kelepçe geçirerek kiriş gövdesine bağlamak gerekir.

İkinci yöntem, tam veya kısmi manto uygulamaktır. Tam manto şekil 6.5'de gösterilmiştir. Burada çoğu kez guse yapmaya gerek yoktur.

Onarım/güçlendirme ile kirişin eğilme kapasitesi arttırılırken, bunun depremde sınır durumda kirişe etkileyecek kesme kuvvetini arttıracağı unutulmamalıdır. Kapasite tasarımı yaklaşımı ile onarım/güçlendirme sonrasındaki kesme güvenliği mutlaka kontrol edilmelidir.



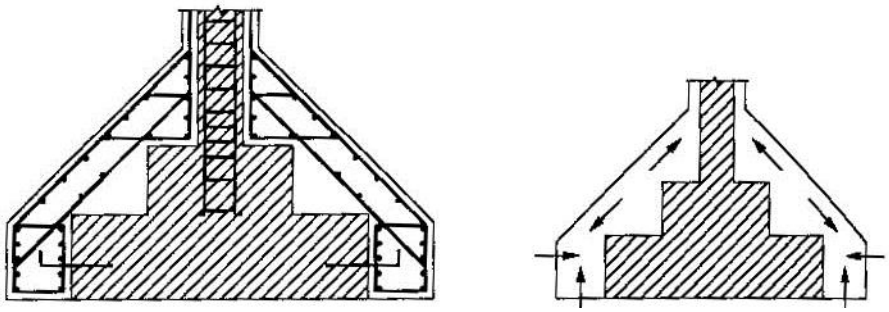
Şekil 6.5 Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesi

6.4 Temelin Onarım ve Güçlendirilmesi

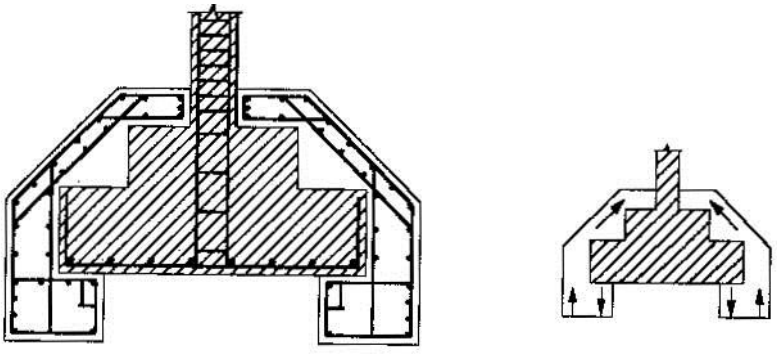
Diğer yapı elemanlarına göre daha zor ve pahalı olan temel güçlendirmesi işlemi aşağıdaki durumlarda söz konusu olur:

- Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse,
- Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa,
- Yapı yüklerinde, güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa,
- Sonradan kat ilavesiyle, temel yetersiz kalırsa.

Şekil 6.6'da kolonu da mantolayarak güçlendirilen bir temeldeki mantolama şekli görülmektedir. Sadece temelin güçlendirilmesine bir örnek de şekil 6.7'de verilmiştir. Bu iki tür temel güçlendirilmesinde temel zemini ile üst yapı arasında yük aktarılış biçiminin değişeceğine ve bu nedenle en çok zorlanan kesitlerin farklı yerde oluşacağına dikkat edilmelidir. Ayrıca, iki beton yüzünden kayma gerilmeleri iletimi için dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir.



Şekil 6.6 Temel alt seviyesine inilmeden temelin güçlendirilmesi



Şekil 6.7 Temel alt seviyesine inilerek temelin güçlendirilmesi

7. BETONARME YAPILARIN İLAVE BETONARME ELEMANLAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

7.1 Giriş

Eğer yapının yanal rijitliği çok yetersiz ve kolon ile kirişlerin uç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa eleman onarım/güçlendirilmesi pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda deprem kuvvetinin büyük kısmını alabilecek yeni elemanlar oluşturarak sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir. Yeni elemanlar yüksek rijitliklerinden dolayı mevcut taşıyıcı elemanlara etkiyen yatay yüklerde önemli azalmaya sebep olurlar. Aşağıda yeni elemanların eklenmesiyle ilgili bazı önemli hususlar verilmiştir.

- Yapıya yeni taşıyıcı elemanlar eklenmesiyle yapı ağırlığı ve buna bağlı olarak da yapıya etkiyen deprem kuvvetleri artar.
- Ek taşıyıcı elemanlar yapının kütle ve rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi en aza indirgeyecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Yapının, beklenmeyen durumlara karşı burulma rijitliği yüksek tutulmalıdır.
- Ek taşıyıcı elemanlarla mevcut taşıyıcı sistem arasındaki bileşim bölgelerinde yeterli mukavemet sağlanmalıdır.
- Ek elemanların yerleştirilmesinde yapı mimarisinin ve fonksiyonelliğinin bozulmamasına dikkat edilmelidir.
- Artan rijitliklerden dolayı, güçlendirilen yapının statik ve dinamik analizi kesinlikle yeniden yapılarak kesitler kontrol edilmelidir [4].

Dolgulu çerçevelerin davranışını anlayabilmek için yoğun deneysel ve analitik araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan bu araştırmaların ve uygulamaların ışığında geliştirilen yöntem ve ilkeler aşağıda özetlenmiştir:

1. Her bir doğrultuda oluşturulacak dolgulu çerçeve duvarların kesit alanlarının bina katlarının toplam alanına oranı 0.0025'ten az olmamalıdır. Ayrıca hiçbir zaman o doğrultuda perde kesit alanlarının toplamı, binanın tabandaki kesit alanının 0.01'den az olamamalıdır.

$\sum A_w \geq 0.0025 \sum A_{pi}$

$\sum A_w \geq 0.01 A_{pt}$

taşıyıcı yapı zayıflıklar içeriyorsa,

$\sum A_w \geq 0.0030 \sum A_{pi}$

alınmalıdır.

$\sum A_w$ = O doğrultuda kuvvetli yönde olan perde duvarların toplam kesit alanı.

$\sum A_{pi}$ = Tüm katların plan alanlarını toplamı.

A_{pt} = binanın tabandaki plan alanı.

2. dolgulu çerçeveler (perde duvarlar) olabildiğince her iki doğrultuda simetriyi bozmayacak biçimde yerleştirilmelidir.

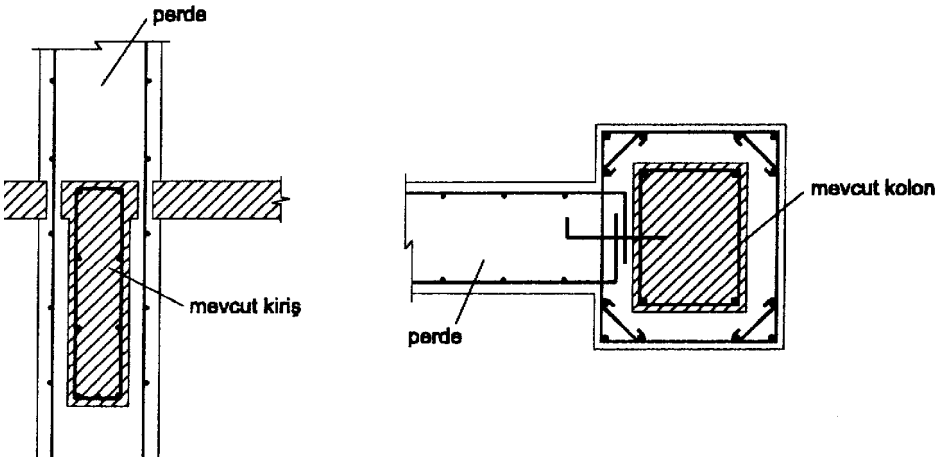
3. Oluşturulacak perdelerde yatay ve düşey yönde iki sıra donatı yerleştirilmeli ve donatı oranı 97 yönetmeliğinde sünek perdeler için öngörülenden az olmamalıdır.

4. Oluşturulacak perdeler, çerçeve kolon ve kirişlerine açılacak deliklere epoksi ile kenetlenen filizlerle bağlanmalıdır.

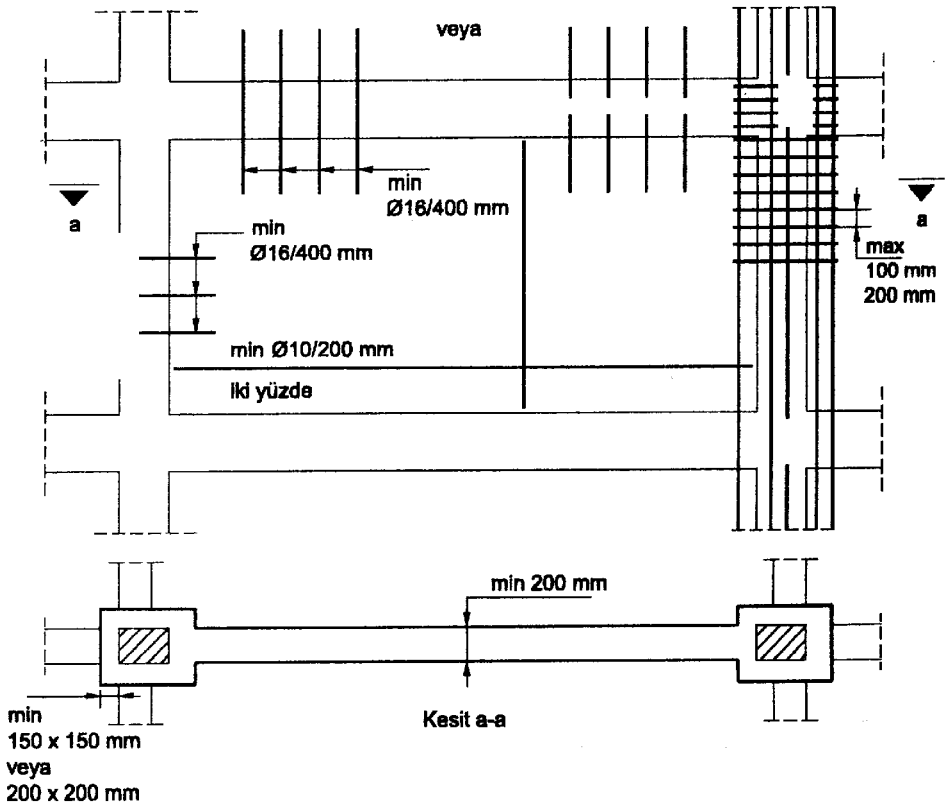
5. Filizlerin çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az 10ϕ, tercihen 15ϕ olmalıdır. Delik çapı filiz çapından 5 mm büyük olmalıdır. Filizler nervürlü donatılardan oluşturulmalıdır. Filizler perde içine en az 35ϕ kadar uzatılmalıdır.

6. kolon ve kirişe yerleştirilen filizlerin toplam kesit alanı, o yöndeki perde donatısı toplam kesit alanından az olmamalıdır. Bu amaçla genelde ϕ20/500 filiz yerleştirilmelidir.

7. Perde mutlaka bir temele bağlanmalıdır. Perdenin altında sürekli temel varsa bunlara açılacak deliklere epoksi ile kenetlenen filizlerle bu perde mevcut temele bağlanmalıdır. Temele açılacak deliğin derinliği en az 20ϕ olmalıdır. Perdenin altında temel yoksa mutlaka temel yapılmalı ve bu temel dübellerle mevcut temel sistemine bağlanmalıdır. Perdeyi temele bağlayan filizlerin toplam kesit alanı, perdenin düşey donatı alanından en az iki katı olmalıdır. Temel filizleri perde içine en az 35ϕ uzatılmalıdır [3].



Şekil 7.1 İlave perdelerin mevcut yapıya teşkili

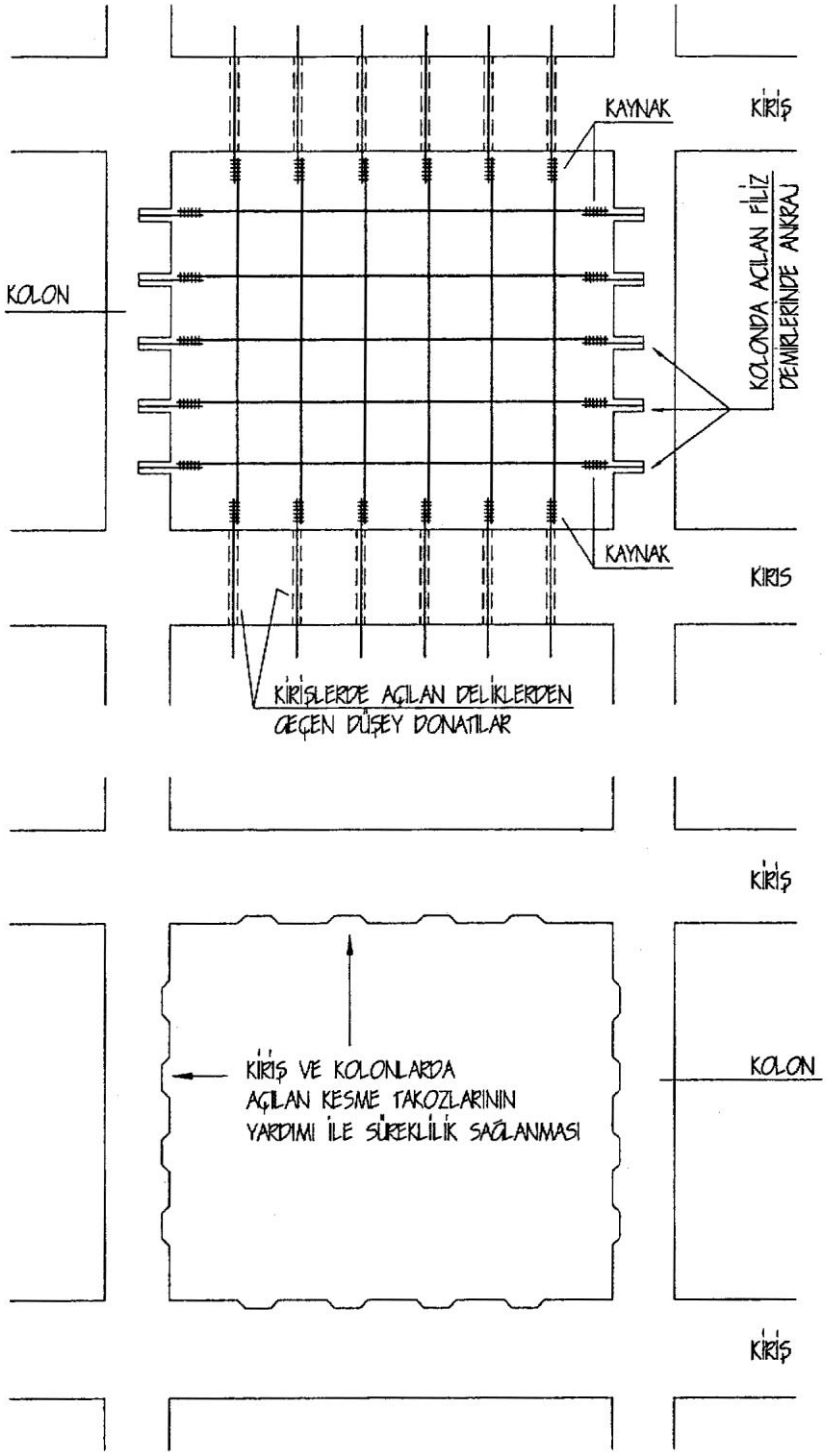


Şekil 7.2 İlave perde konsrüktif koşulları

7.2 Onarım ve Güçlendirme İlkeleri

Depremden sonra yapılan incelemeler sonucu binalar; hafif, orta ve ağır hasarlı olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Hafif hasarlı binalar hemen veya bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda yapılacak onarımlardan sonra kullanılabilir. Ağır hasarlı binalar ise ekonomik olarak güçlendirilmesi mümkün olmayan binalar olup hemen yıkılır. Orta hasarlı binalar onarım ve güçlendirme kapsamına girdiğinden ayrıntılı olarak incelenerek güçlendirme projeleri hazırlanır.

Orta hasarlı betonarme bir binada mevcut durum ve hasar tespiti sonucunda bir hasar raporu hazırlanır. Binanın deprem güvenliğinin belirlenerek güçlendirilmesine karar verilmesinden sonra güçlendirme projesinin ilkeleri belirlenerek proje hazırlanır.



Şekil 7.3 Perdelerin çerçeve ile çalışması için uygun ayrıntılar

7.2.1 Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirmeye Karar Verilmesi

Binanın taşıyıcı sisteminin durumu, hasarı ve varsa deprem hesabı incelenmelidir. Taşıyıcı sistemin depremde orta hasar görmüş olması veya yüklerin iletilmesinde açıkça belirtilen önemli bir eksiklik güçlendirme kararının verilmesi için yeterlidir. Mevcut binanın 1997 ABYYHY esas alınarak incelenmesinde genel olarak iki problemle karşılaşılır.

Bunlardan birincisi yönetmelikte tanımlanan deprem kuvvetlerinin taşınması, bu yükler altında kesitlerin ve donatıların yeterliliğinin kontrol edilmesidir. Yeni yönetmeliğe göre öngörülen deprem yükler en fazla 0.25 oranında (kamu yapıları hariç) azaltılarak hesaba katılabilir.

Binanın taşıyıcı sisteminin sağlaması gereken yönetmelik koşullarının ikincisi ise süneklilığin sağlanması ile ilgili hususlar ve kapasite tasarım ilkeleridir. Taşıyıcı sistemin durumuna göre etriye sıklaştırması, beton kalitesi, donatı düzeni gibi süneklilikle ilgili konular, kuvvetli kolon tasarımı, kiriş-kolon birleşim bölgesi, kesme kuvveti hesabının mevcut eğilme donatısına göre yapılması gibi kapasite tasarımı ile ilgili konular taşıyıcı sistem davranış katsayısı'nın (R) çerçeve türü yapılar için R= 4 (normal süneklikte yapı) ve R= 8 (yüksek süneklikte yapı) arasında bir değer seçilmesiyle göz önüne alınmış olur.

Bütün güçlendirme müdahaleleri yeni yönetmeliğe göre yapılmalıdır. Deprem yüklerinin taşınmasında mevcut sistem göz önüne alınırken eğer belirsizlikler varsa mevcut sistemin kapasitesi 0.85 katsayısı ile azaltılabilir [5].

7.2.2 Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi

Güçlendirme projesi aşağıdaki adımlarım izlenmesiyle oluşturulabilir.

a) Taşıyıcı sistemin depremden önceki durumunun incelenmesi : Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu TS 500 ve 1997 Deprem Yönetmeliği esas alınarak düşey yük ve deprem etkisi altında (1.4G+1.6Q) ve (G+Q+E) çözümlemesi yapılacaktır. Kesit kontrolünde, eğer binanın

projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı tespitleri göz önüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartları da kullanılabilir.

b) Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin çözümlemesi : Hasar belirleme raporu esas alınarak mantolanacak kolonlar tespit edilir. Güçlendirme için bina dışına veya içine, eksenel veya dışmerkez perde yerleştirilerek sistem çözülür. Güçlendirme perdeleri her iki doğrultuda en az ikişer tane olmalı ve bina yüksekliğince devam etmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için perdeye de karar verilebilir ancak boşluklu perdenin kalıp ve donatı detaylarının uygulanması daha çok özen ister. Binanın kat adetinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir.

Yapılacak çözümlemede mevcut taşıyıcı sistem ile güçlendirme elemanlarının elastisite modülleri farklılığı dikkate alınacaktır. Bu durum, mevcut elemanlarla güçlendirme elemanları arasındaki yük paylaşımında etkili olur.

Betonarme veya çelik güçlendirme perdelerinin, deprem etkisinde oluşan taban kesme kuvvetinin mevcut yapının durumuna göre en az % 70'lik bir bölümünü karşılaması sağlanacaktır. Genel olarak mevcut sistemin normal süneklikte olduğu kabul edilerek ve güçlendirme elemanları yüksek süneklikte projelendirilerek, deprem etkisi R= 6 ve deprem bölgesine bağlı olarak ilgili A_o katsayısı alınarak hesaplanacaktır.

Elde edilen çözüm sonuçları esas alınarak, mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet akışının sağlandığı gösterilmelidir : Perde uç donatılarının katlar arası sürekliliğinin sağlanması, deprem yüklerinin kat kirişlerinden perdelere geçmesi ve kolonlarla perdenin bütünleşmesinin sağlanması gibi. Perde gövde donatısının sürekliliği, kolonun ve kirişi geçen veya delen tek sıra, kolonlarda minimum ϕ16/300 mm ve kirişlerde minimum ϕ16/400 mm donatısı ile sağlanacaktır. Kolon donatıları hesaba katılarak perde uç donatıları azaltılabilir. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum ϕ10/200 mm gövde donatısı bulunacaktır. Perde uç bölgesinde minimum bir etriye yerleştirilecektir (ilk katta ϕ10/100 mm ve diğer katlarda ϕ10/200 mm). Perde uç kolonlarında manto kalınlığının minimum 150 mm alınması uygundur.

Güçlendirilmiş yapıda, mevcut kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, aşağıda verilen koşulların sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi tavsiye edilebilir:

A_s (gerekli) < (1.20 ~ 1.50) * A_s (mevcut) (kolon – donatı biliniyorsa)

A_s (gerekli) < (0.012 ~ 0.015) * A_c (mevcut) (kolon – donatı bilinmiyorsa)

A_s (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * A_s (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

A_s (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * A_c (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Burada A_c eleman kesit alanı, A_s kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve ortalama mesnet çekme donatılarının toplamıdır. Deprem yüklerinin önemli bir kısmı güçlendirme perdeleri ile taşındığı için, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında $Nd<0.6f_{ck}$ minimum bir koşul esas alınarak güçlendirmeye karar verilebilir.

Her durumda güçlendirme perdelerindeki deprem momentlerinin ve mantolanan kolon etkilerinin güvenli bir şekilde zemine iletildiği gösterilmelidir. Temelin düzenlenmesinde, mevcut temel durumunun ne şekilde göz önüne alınacağı kararı önemlidir. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için ara bir bağ donatısı kullanılabilir (sürekli temel durumunda ϕ16/400 mm. ve tekil temel durumunda 12ϕ16 bağ donatısının kullanılması gibi). Temelde, perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve eksenel kuvveti temel hesaplarında göz önüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çevresinde oluşan kayma gerilmesinin bir üst sınırının olacağı unutulmamalıdır (300 ~ 400 kN/m²) [1].

8. BETONARME YAPILARIN ÇELİK İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

8.1 Sismik Güçlendirme İçin Betonarme Çerçevelerin Çelik Çaprazlı Takviyesi

Sismik yetersizlik gösteren betonarme çerçeveler için çelik çaprazlama sistemi çeşitli kurumlarca denenmektedir. Bu bölümde, Badeux ve Jirsa'nın yapmış oldukları çalışmalardan kısaca bahsedilecektir [6].

Diagonal çaprazlama, mevcut binaların yatay yüklere karşı güçlendirilmesinde ve rijitleştirilmesinde çok iyi bir yaklaşım sağlar. Deplasman kontrolünden göçme güvenliğine kadar çeşitli güçlendirme unsurları başarı ile tahkik edilebilir. Dizaynır, güçlendirilecek yapıda yüklemeleri belirler ve dayanım ve rijitliği gerektiği gibi düzenler. Çaprazların elastik olmayan burkulmaları, çaprazlı çerçevelerin elastik olmayan çevrimli davranışını olumsuz yönde etikler. Kararsızlık, düşük normal kuvvetlerde basınç altında akan veya elastik olarak burkulan çaprazların kullanılmasıyla önlenebilir. İlerleyen kısımlarda da zayıf kısa kolonlu çaprazlı çerçevede kirişlerin değiştirilmelerinin avantajlarından bahsedilecektir. Kiriş dayanımı, daha düktil bir çerçeve mekanizması sağlamak için azaltılabilir. Bu, (değiştirilmiş kirişlerle kombine edilen çaprazlar) çaprazlı çerçevenin elastik olmayan davranışını geliştirebilir.

8.1.1 Giriş

Ülkemizin aktif sismik bölgelerinde yer alan mevcut bir çok bina günümüz şartnamelerini sağlamamaktadır. Bu yapılar güçlendirmelerine rağmen depremde yetersiz bir davranış sergileyebilirler. Sismik yetersizliğin en genel sebepleri şunlardır ;

- Yetersiz dizayn kuvvetleri,

- Daha önceki depremlerde oluşmuş olan yapı hasarları,
- Kusurlu dizayn ve inşaa,
- Binanın hizmet durumundaki değişimler.

Sismik güçlendirme gerektiren yapılara tipik bir örnek yaklaşık otuz yıl önce Kalifornia'da inşaa edilen betonarme yapılardır. Bu yapıların yatay dayanımlarının yetersizliği şu iki sebepten dolayıdır.

- Birincisi; kısa, zayıf kolon ihtiva eden çevre çerçeveler istenilmeyen bir modda göçme durumundadır.
- İkinci olarak; yapımından bu yana şartnamedeki çeşitli gereksinimler defalarca yenilenmesi ve mevcut sismik dizayn yükleri orjinallerinin en az iki katı daha fazla duruma gelmesidir. Her iki durum ülkemiz için de geçelidir.

Wyllie (1983) sismik güçlendirmeyi, mevcut yapıların gelecekte olacak olan depremlere karşı performanslarını arttırmak için, yapı özelliklerinin akla yatkın bir modifikasyonu olarak tarifliyor. Bu bağlamda çeşitli güçlendirme teknikleri gündeme gelebilir.

Betonarme çerçevelerin güçlendirilmesindeki ana teknikler aşağıdaki şu unsurları içerir;

- Kolon güçlendirmesi,
- Kanat duvarlar (kolonun zıt taraflarına ilave edilen dar duvarlar),
- Perdeler,
- Çelik çaprazlama (Sugana 1982)
- Çelik Perdeler

Bu bölümün konusu, analitik ve kavramsal olarak incelenen betonarme çerçevelerin sismik güçlendirilmelerinde çelik çapraz kullanımının çalışma sonuçlarının sunuluşudur.

8.1.2 Çelik Çaprazlama

Çelik çaprazlı çerçeve, yatay sismik ve rüzgar yüklerine karşı koymak için etkili bir yapı sistemidir. Bu yüzden yetersiz yatay dirence sahip betonarme çerçevelerin güçlendirilmesinde çelik çaprazların kullanımı etkilidir.

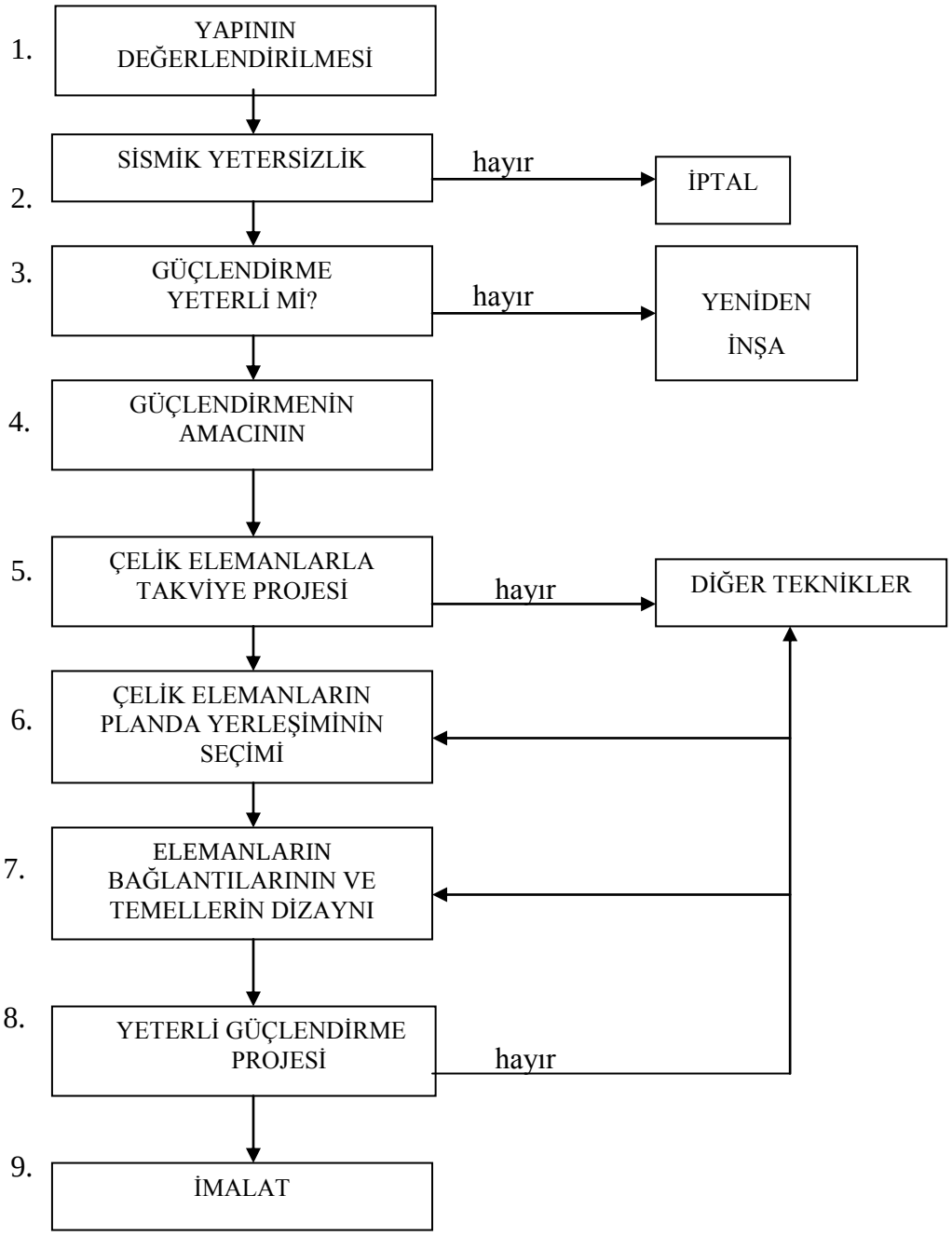
Güçlendirme kurgusu, bölgedeki depremselliği ve zemin-yapı ilişkisini de içine alan, yapının tüm davranışını içeren bir şekilde seçilmelidir. Yapı, önleyici bir unsur veya sismik hasarı takiben tadilatın bir parçası olarak çaprazlanabilir. Sadece çevre çerçeveler çaprazlandığında, daha önce yapılmış uygulamalarda, bir çok inşa işi bina dışında, inşayı hızlandırmak ve yerleşim alanlarının bozulmasını minimize etmek için yapılabilir. Bununla birlikte güçlendirilmiş yapıda alan ve geçiş bölgeleri kaybı ve iç bölgelerdeki yeniden yapılanma da minimize edilir. Eğer bu şekilde kullanılırsa çaprazlama sistemi diğer güçlendirme tekniklerine göre daha çok fonksiyonel ve ekonomik avantajlar sağlar. Çaprazlama sisteminin, iç bölgelerde yapılan perdeler gibi diğer güçlendirme teknikleriyle karşılaştırıldığında bir diğer potansiyel avantajı da güçlendirmede, kütlede daha küçük artımlar yapmasıdır. Sonuç olarak temel ve yapı maliyeti minimize edilebilir.

Bazı durumlarda dış cephede çaprazlama sistemi bina mimarisi yüzünden uygun olmayabilir.

8.1.3 Çaprazlama Sisteminin Dizaynı

Çelik çaprazlarla güçlendirme işleminin ana adımları şekil 8.1'de gösterilmiştir. Güçlendirmeye karar vermek yapının sismik yetersizliğinin tespit edilmesine bağlıdır (1.adım). Eğer yapı yetersiz bulunduysa (2.adım) ve güçlendirme tekniği seçilmiş ise (3.adım), mühendis güçlendirme operasyonunun hedefini belirlemelidir (4.adım) – 'yapısal ve mimari gereksinimler'. En iyi güçlendirme kurgusunun seçimi (5.adım) mevcut yapıya bağlıdır. Güçlendirmenin, yapının tüm sismik davranışına etkisi (zemin-yapı etkileşiminin de içerdiği) göz önüne alınmalıdır. Dayanım, rijitlik veya düktilite gibi sismik yetersizlikler düzeltilmelidir. Optimum kurgu değişik güçlendirme tekniklerinin kombinasyonu ile de sağlanabilir. Örnek olarak, dış cephede çelik çaprazlama iç perdelerle kombine edilerek kullanılabilir.

Eğer bir çaprazlama kurgusu seçilmiş ise, dizaynın birinci adımı sistemin planının seçimidir. (6.adım). Sonra, elemanlar ve bağlantılar detaylandırılır (7.adım). Yatay yüklere göre güçlendirilen elemanlarda büyük temel kuvvetleri olacağından çaprazlanmış çerçevelerin temellerinin güçlendirilmesi gerekebilir. Son olarak dizaynın, mevcut yapıda çalışırken oluşabilecek yapım problemlerinin çözümüne çalışılmalıdır (9.adım).

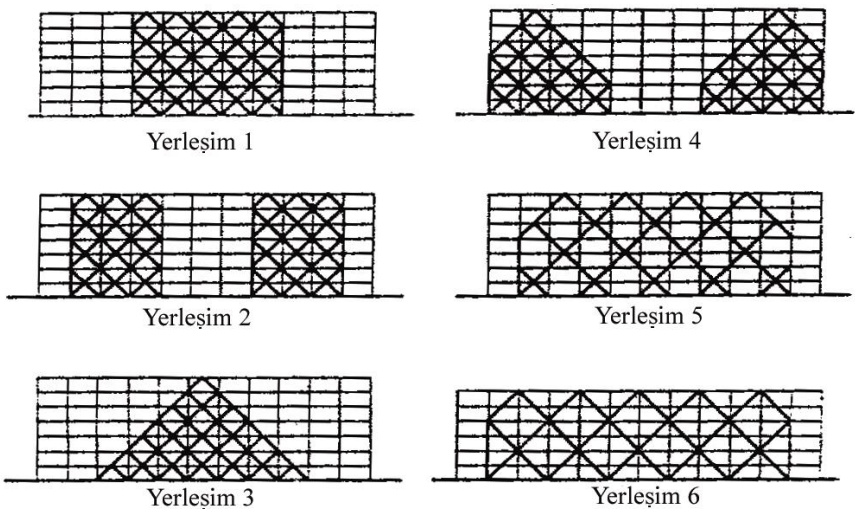


Şekil 8.1 Çelik çaprazlarla güçlendirme işleminin ana adımları

8.1.4 Çaprazlamanın Planı

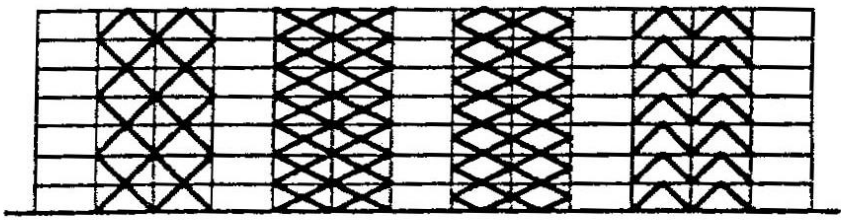
Çelik çapraz sistemi planında, yapı üzerinden yüklerin akışında güçlendirmenin etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Yeni zayıf bağların oluşturulmasından kaçınılmalıdır. Yapısal bir noktadan bakıldığında, mümkün olduğunda bir çok açıklıkta çaprazlama yapılması arzu edilebilir, böylece dayanım ve rijitlikteki artım düzgün olarak dağıtılabilir. Buna rağmen, maliyet ve fonksiyonel istekler çaprazlanacak açıklık sayısını sınırlayabilir. Çaprazlama sistemi için tipik olarak paralel, düzlem çerçeveli uzay elemanlar seçilmelidir. Sadece çevre elemanları çaprazlamak yapısal olmayan avantajlar sağlayabilir. Dış çaprazlama sistemi aynı zamanda sismik yükler altında burulma davranışı için de avantaj sağlar. Burulma direncindeki artış maksimuma gelebilir ve yapısal simetri sağlanabilir. Sadece dış çerçeveler güçlendirilirse, döşemeler ilave sismik kesme kuvvetlerini dış çerçevelere aktarmalıdırlar. Dizaynır, döşeme sisteminin, kesme ve eğilmeye direnmesi için rijitlik ve dayanımına dikkat etmelidir. Bazı durumlarda, döşemeler güçlendirilmeli veya dış çerçevelerin çaprazlanması iç elemanların da güçlendirilmesi ile kombine edilmelidir. Her iki yöndeki yatay dirence dikkat edilmelidir ama genelde, her yön ayrı olarak oluşturulabilir ve güçlendirilebilir. Bu işlem değişik sistemlerle de olabilir, mesela bir yönde perdeler ve diğer yönde çelik çaprazlar gibi.

Çok katlı, çok açıklıklı çerçevelerde, dizaynır çaprazlama yerleşimi için önemli bir serbestliğe sahip olabilir. Şekil 8.2'deki gibi tüm yerleşimler yapı simetriğini korumaktadır. 1. ve 2. yerleşimler basit ve her katta eşit sayıda çaprazlanmış açıklığa sahipler. Piramidal şekillerinden dolayı 3. ve 4.yerleşim gerekli olan sismik dayanımı, her katta yeterli rijitliği sağlayarak, etkili bir şekilde sağlarlar. 5.yerleşimin avantajı ise daha az sayıda çapraz elemanlarla dayanımın düzenli dağılımıdır. Son iki açıklığın çaprazlanmaması genelde tercih edilir. Birinci sebep, son iki açıklık ortadakilere göre çaprazlama geometrisini zorlaştıracak şekilde daha kısa olabilmesidir ve ikinci sebep de tipik iç kolonların dış kolonlara göre devrilme momentine karşı daha iyi direnim göstermeleridir.



Şekil8.2 Çapraz yerleşimleri

Çaprazlama sisteminin planlanmasında, dizaynır ayni zamanda çaprazlama modeli de seçmelidir. Şekil 8.3'de dört tane olası model gösterilmektedir. X modeli, basit oluşundan dolayı en yaygın modeldir.1 nolu model 2 nolu modele göre daha iyidir, çünkü daha az eleman gerektirmektedir ve çaprazları eğimi 45° civarındadır. Baklava şeklindeki model çapraz burkulma uzunluğunu düşürür ama inşaası daha zordur çünkü çaprazlama sistemleri daha fazla yerden çerçeveye bağlanır. K modeli, eğer çapraz burkulursa veya göçerse istenmeyen kiriş kesme kuvvetleri yaratmak gibi bir dezavantaja sahiptir.



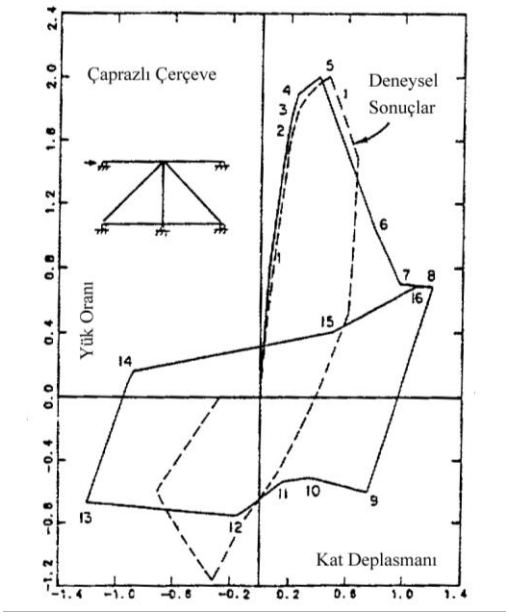
Şekil 8.3 Çapraz modelleri

Dış çaprazlama sisteminin mevzu bahis olduğu durumlarda, dizaynır bu sistemin yapı estetiğindeki etkisini de dikkate almalıdır. Dikkatli bir şekilde kurgusu yapılan çaprazlama sistemi, bina görünüşünden eksiltilmiş veya arttırılmış bir sistem arasında bir fark oluşturabilir. Binanın, bağlı olduğu izleniminden kaçınmak için, çaprazlama sistemlerinin, yapının doğal elemanları gibi görünmesi sağlanabilir.

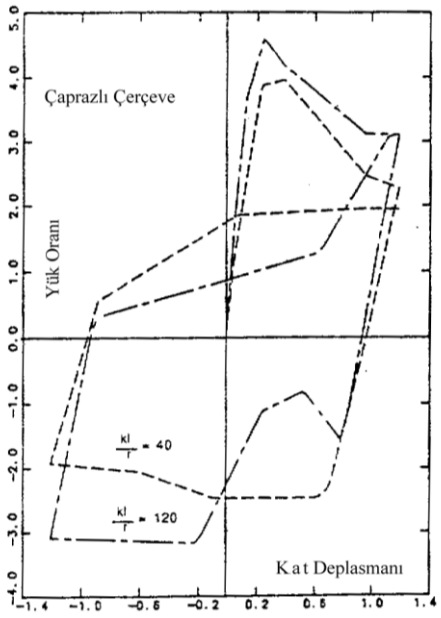
Yerleşim, detaylar ve çaprazlamanın rengi herhangi düz bir yapıya kişilik vermek için de kullanılabilir.

8.1.5 Çelik Çaprazlamanın Değerlendirilmesi

Yatay olarak deforme olmuş olan çelik çaprazlı betonarme çerçevede, çapraz sistemi ve betonarme çerçeve yatay rijitlik ve dayanımlarını ilave eden çift bağımsız sistemler gibi düşünülebilirler. Bu bağımsızlıktan dolayı, güçlendirilmiş yapıdaki yük akışı akıllıca kontrol edilebilir. Rijitliğin ve dayanımın seviyesi çaprazların uygun oranda düzenlenmesi ile sağlanabilir. Çelik çaprazlama sistemi güçlendirme operasyonları için iyi uyum göstermiştir. İlave dayanım elastik bölgede sağlanmıştır. Eğer çerçeve ve çaprazlama sistemi rölatif deformasyon yapabilmeleri için birbirlerine iyi monte edilmişlerse bir çok çerçeve dayanımı oluşturulabilir. Şekil 8.4 iyi oluşturulmuş deformasyon yapabilme durumu için bir örnek göstermektedir. Çaprazların tüm elastik kapasiteleri, kolonlar, kesmeden dolayı göçmeden önce oluşmaktadır. Maksimum çapraz-çerçeve elastik dayanımı, çerçevenin göçme deplasmanı seviyesinin altında herhangi bir inelastik deplasmana isabet edecek şekilde çaprazlama sisteminin dizayn edilmesi ile elde edilebilir. Güçlendirmenin amacı yapının rijitliğinin arttırılması olduğunda çaprazlama modeli uygun bir sistemdir. Çaprazlama sistemi ile ilave edilene rijitlik genelde pik dayanıma kadar devam ettirilir. Rijitlik, özellikle hasarların önlenmesi için deformasyonların sınırlandırıldığı servis durumları için önemlidir. Çaprazlama sistemi dizayn sismik yükleri için elastik olarak dizayn edilebilir ama sismik yüklemedeki belirsizliklerden dolayı inelastik çevrimli deformasyonlarda da düktil bir davranış istenir. Çaprazlama sistemleri çevrimli yükler altında yeterli düktilliği sağlamayabilirler. Testler çaprazların burulma ve akmalarına çapraz bağlantılarındaki büyük lokal deformasyonların da katıldığını göstermektedir. Göçme sadece birkaç inelastik çevrimden sonra kaynaklarda veya kaynakların yakınlarında oluşabilir. Eğer birleşimler dikkatlice detaylandırıldığında ve iyi bir kaynak işçiliği uygulandığında, çaprazlama sistemi inelastik yük çevrimleri boyunca yatay direnimini devam ettirebilir. Bu durum, çaprazların akması ve inelastik burkulması boyunca önemli değerde histerik enerji soğurmalarını sağlar.



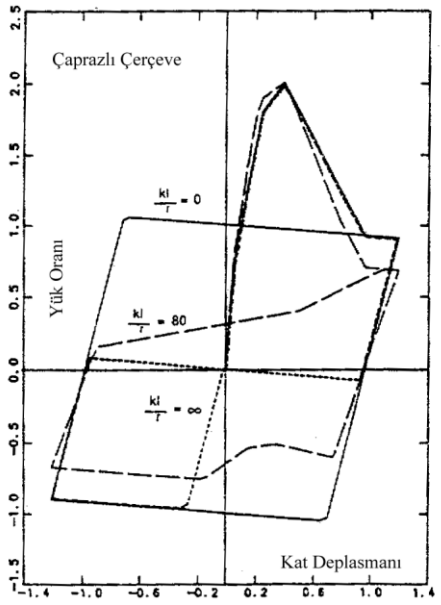
Şekil 8.4 Çevrimli yük altındaki tepki; kl/r=80



Şekil 8.5 Çevrimli yük altındaki tepki; kl/r= 40-120

Ne kadar düşük narinlik oranı, o kadar küçük inelastik burkulma etkisi. İnelastik burkulmayı limite ederek tepkinin geliştirilmesi için narinlik oranı küçük tutulmalıdır; kl/r genelde uygun davranış tepkileri için 80 değerinin altındadır. Dizaynır, çaprazlama planını ve kesitini seçerek narinliğin üstünde bir kontrol sağlar. İnelastik burkulmayı önlemek onu limite etmekten daha iyi olur. İnelastik burkulmayı önlemek için daha düşük veya yüksek narinlik oranları kullanılabilir. Basınç altında çok düşük narinlikteki bir çapraz burkulma yerine akabilir. Histerik

enerji soğurulması şekil 8.6'da gösterildiği gibi kl/r=0 eğirisi ile maksimize edilir. Maalesef burkulmayı önlemek için çapraz narinliğini düşük tutmak genelde yeterli olmamaktadır. Geniş başlıklı çaprazların kullanılması bu problemi çözebilir (alleviate). Bu tarz çaprazlar burkulma yükünden daha küçük yüklerde akması için dizayn edilmiş sürtünme düzeneği içerirler. Bu ekipmanlar Filiatramlt etat (1986) tarafından tarif edilmiştir. Fused sistemlerinde uzun sürekli reabilite ve fiyat etkinliği sağlanmalıdır. İnelastik burkulma kablolar gibi elastik olarak burkulan çaprazların kullanımı ile de sağlanabilir. Şekil 8.6 kablolarla çaprazlanmış bir çerçevenin histerik davranışını göstermektedir (kl/r sonsuza yakınsıyor). Kabloların burkulma yükleri sıfır olduğundan sadece çekme elemanları kuvvete direnirler ve materyal kullanımı etkin olmayabilir. Bu dezavantajları kolay inşa edilmeleri ile telafi edilir ve çaprazlama sistemi, çaprazlarda göçme riski olmaksızın tekrarlı yüklerde faaliyetlerini sürdürebilirler. Kablolar, çaprazlama sisteminin tepkisini arttırmak için öngermeli olabilirler.



Şekil 8.6 Çevrimli yük altındaki tepki; kl/r= 0.8-sonsuz

8.1.6 Zayıf Kolonlar ile Çelik Çaprazlı Çerçeveler

Betonarme çerçeveleri güçlendirmek için kullanılan çaprazlama sistemi tüm yatay sismik yükü taşıyacak şekilde dizayn edilebilir. Bu yaklaşım, düktil olmayan, yatay kapasitelerini yüksek yatay deformasyonlara maruz kaldığında kaybeden çerçeveler mevzu bahis ise tavsiye edilir. Ama yatay direnç için çerçevenin katkısına ihtiyaç

duymayan çaprazlama sistemi, çerçevenin düşey yükü taşıyabilmesi durumuna bağlıdır. Eğer kolonun yatay göçmesi normal kuvvet kapasitesinde büyük azaltmalara sebebiyet verirse, çaprazlanmış çerçevenin düşey yük kapasitesi zarar görür. Güçlendirilmiş yapı büyük yatay deformasyonların sonucu olarak düşey yükler altında çökebilir. Bu durumdan kaçınmak için dizaynır orijinal çerçevenin yatay yükler altındaki göçme mekanizmasını belirlemek zorundadır.

Kuvvetli kolon, zayıf kiriş çerçeveleri için yatay göçme ile ilgili çok az kolon hasarı olur yada hiçbir kolon hasarı olmaz. Ama göçmenin gevrek olduğu ve kolonda geniş çaplı hasarlar oluşturduğu durumda zayıf kolonlu, özellikle de kısa kolonlu, çerçevenin yatay göçmesinde kolonun normal kuvvet kapasitesinin azalması beklenmelidir. Deneysel dataya göre, kesmeden dolayı hasara uğranış kısa kolonda geriye kalan normal kuvvet kapasitesini tahmin etmek olası değildir.

Umehare ve Jirsa (1982) tarafından raporlanan çalışma yatay olarak deforme olmuş kısa kolonun normal kuvvet kapasitesinin yatay kapasiteye göre daha yavaş azaldığı belirtiliyor. δ_{un} kısa kolonun verilen normal kuvvet P'yi taşıyabildiği maksimum yatay drifttir ve $\acute{\delta}_{un}$, δ_{uv} den tahmini olarak birkaç kat daha büyüktür [6].

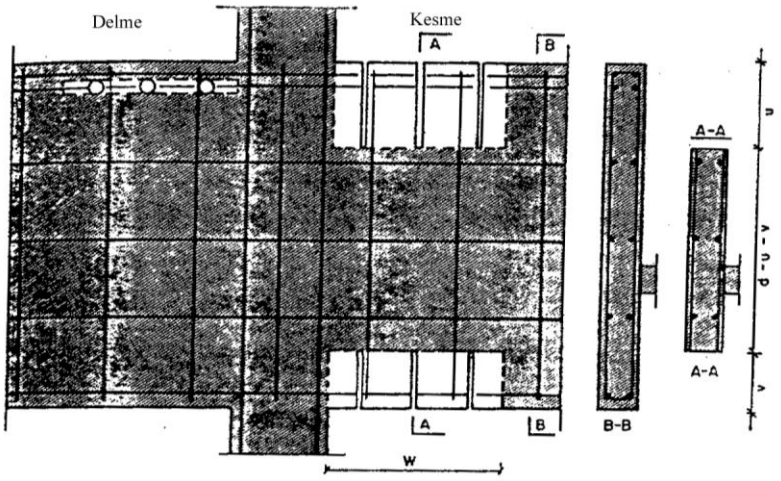
δ_{uv} ; Kesme göçmesindeki drift.

8.1.7 Kirişte Değişiklik Yapılması

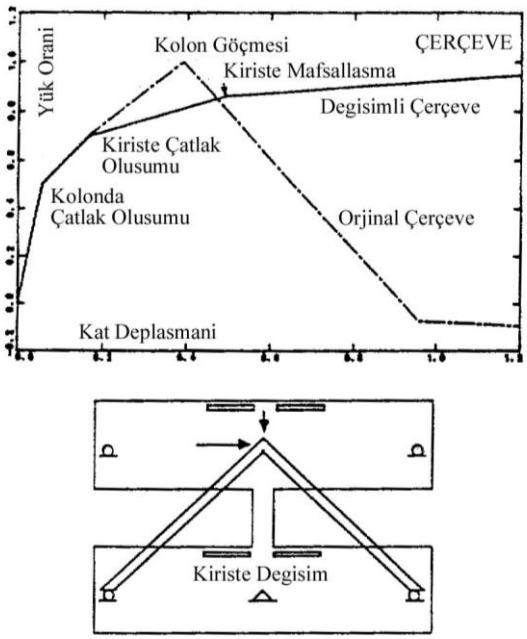
Bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi, zayıf kolon-güçlü kiriş çerçevesinde yapılan çaprazlamada, büyük inelastik yatay deformasyonlarda yeterli davranışın sağlaması garanti olmuyor. Çaprazlama sistemi, çerçevelerdeki yetersiz dayanım ve rijitliği giderebilir ama çerçeve göçme modunu değiştiremez. Bu bağlamda çaprazlama işleminin çerçevenin yatay rijitliğini iyileştirmesi ilginçtir. Bu tarz ölçümlerin amacı göçmenin kolonlardan kirişlere taşınması olmalıdır. Örneğin zayıf kolon-güçlü kirişi güçlü kolon-zayıf kirişe çevirmek gibi. Bu, kolonlarda değişiklik yapılarak (güçlendirme) veya kirişlerde değişiklik yapılarak (zayıflatma) gerçekleştirilebilir. İlk seçenek fizibildir ama pahalıdır. Kirişi zayıflatmak basit oluşundan dolayı daha etkilidir. Kirişlerde değişikliğin amacı, yatay yükler altında kolonun göçme yüküne ulaşmasından önce mafsallaşmanın kirişte olmasını garantileyecek kadar kirişin eğilme kapasitesinin yeterli seviyede azaltılmasını

sağlamaktır. Bu yapılabilir. Mesela şekil 8.7'de gösterildiği gibi kirişin kesilmesi veya kirişte deliklerin açılması gibi değişim yapılmış kirişler ilk görevleri olan zati yüklerin kolona iletilmesi işlemini devam ettirmek zorundadırlar.

Kiriş değişimi analitik olarak çalışılmıştır. Değişim işlemi şekil 8.7'de görüldüğü gibi negatif bölgedeki ikinci sıradaki donatıların delinmesiyle yapılır. Şekil 8.8'de değişim yapılmış kirişli ve değişim yapılmamış kirişli yük-deplasman eğrilerinin monolitik yatay yüklemedeki karşılaştırılması görünüyor. Orijinal çerçevede, kolonların ve kirişlerin çatlamasını yatay yük kapasitesini aniden kayıp eden kolon göçmesi takip ediyor. Değişim yapılmış olan çerçevenin davranışı çok farklı. Yatay yük kolon kesme kuvveti kapasitesinin %90'ına ulaştığında, eğilme mafsallarının düktilliğinden dolayı, yatay dayanım sağlandığı veya biraz arttığı gözlemleniyor (strain hardening).



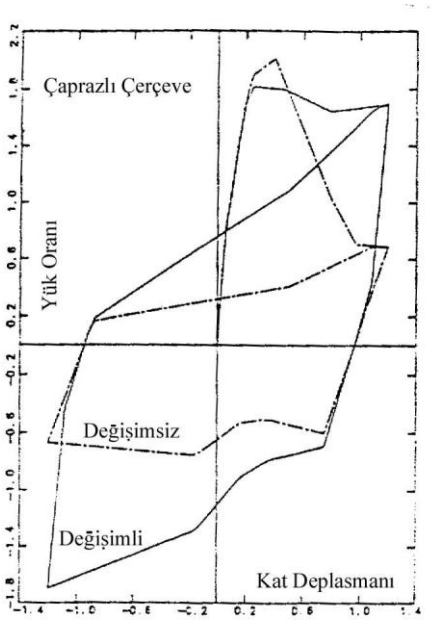
Şekil 8.7 İkincil kirişte değişim, kesme ve delme teknikleri



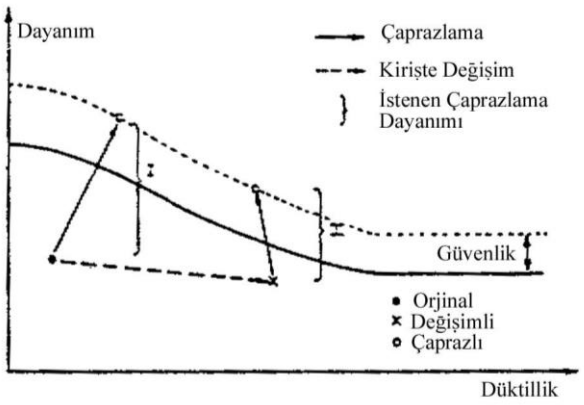
Şekil 8.8 Kirişleri değişime uğramış çaprazlama sisteminin tepkisi: a) monolitik yüklemede tepki, b) değişim kurgusu

Değişim işlemi, göçme modunu önemli ölçüde geliştirir ve inelastik davranış kolonlardan kirişlere aktarılır. Böylece kolon hasarının önlenmesi ve çerçevenin enerji soğurma kapasitesinin yükseltilmesi sağlanır. böylece kolonun gevrek kesme göçmesinin önüne kirişlerde düktil eğilme göçmesi ile geçilmiş olunur. Değişimden dolayı çerçeve yatay rijitliği ve dayanımındaki küçük kayıplar çaprazlama sistemi ile kolayca karşılanabileceği için önemli boyutlarda olmayacaktır. Şekil 8.9'da kiriş değişiminin histerik çevrime yaptığı pozitif katkı gösterilmektedir. Şekil 8.10'da da çaprazlama sistem ile kiriş değişiminin kombine edilmesinin isabetli bir karar olduğu görülebilir. Bu sunumda yapının sismik yeterliği, dayanımının ve düktilliğin fonksiyonu olarak veriliyor. Devamlı çizgi, artan düktilite ile nihai gerekli dayanımdaki azalmayı gösteriyor. Eğrinin düz bölümü servis durumu için gerekli olan minimum dayanımı gösteriyor. Orijinal çerçeve, kolonlarda kesme göçmesi olduğu için yetersiz dayanım ve düşük düktilliğe sahip. Şema I düktilitede fazla değişiklik yapmayan ama yapıyı yeteri kadar güçlendiren sadece çerçevenin çaprazlamasını içeriyor. Çaprazlama sistemi kolon göçmesini engellemez. Şema II kiriş değişimli çaprazlama sistemini içeriyor.

Yatay dayanım biraz düşüyor ama düktilite, çerçevedeki mafsallaşma kirişte olduğu için önemli derecede artıyor. Değiştirilmiş çerçeve hale hazırda güçlendirilme gereksinimi duyuyor ama gerekli çaprazlama sistemi şema I'e göre daha az oluyor.



Şekil 8.9 Kiriş değişimli ve değişimsiz sistemin tekrarlı yüklere tepkisi



Şekil 8.10 Kiriş değişimli ve değişimsiz güçlendirme

8.1.8 Sonuçlar

- **Yapısal Olmayan Nedenler**

Çelik çaprazlama diğer modellere göre çok fazla yapısal olmayan avantajlar sunuyor, özellikle de dış eleman olarak kullanıldıklarında. Çaprazlama sistemi çok çabuk bir şekilde ve fonksiyonda minimum kesinti ile kurulabilir. Ayrıca alan kaybı ve yeniden yapılandırma maliyeti de minimize edilebilir.

- **Modelin Yapısal Yeterliliği**

Çelik çaprazlama çok katlı betonarme çerçevelerin yatay dayanımı ve rijitliği için çok iyi bir uyum sağlıyor. Çelik çaprazlama çok yönlü ve göçmenin önlenmesinden (nihai hal) deplasman kontrolüne kadar (servis durumu) değişik bir çok durumun sağlanabilmesi için kullanılabilir. Dizaynır güçlendirilmiş yapıdaki yük gruplarını tayin edebilir ve dayanım ile rijitliği bağımsız olarak ayarlayabilir.

- **İnelastik Burkulma**

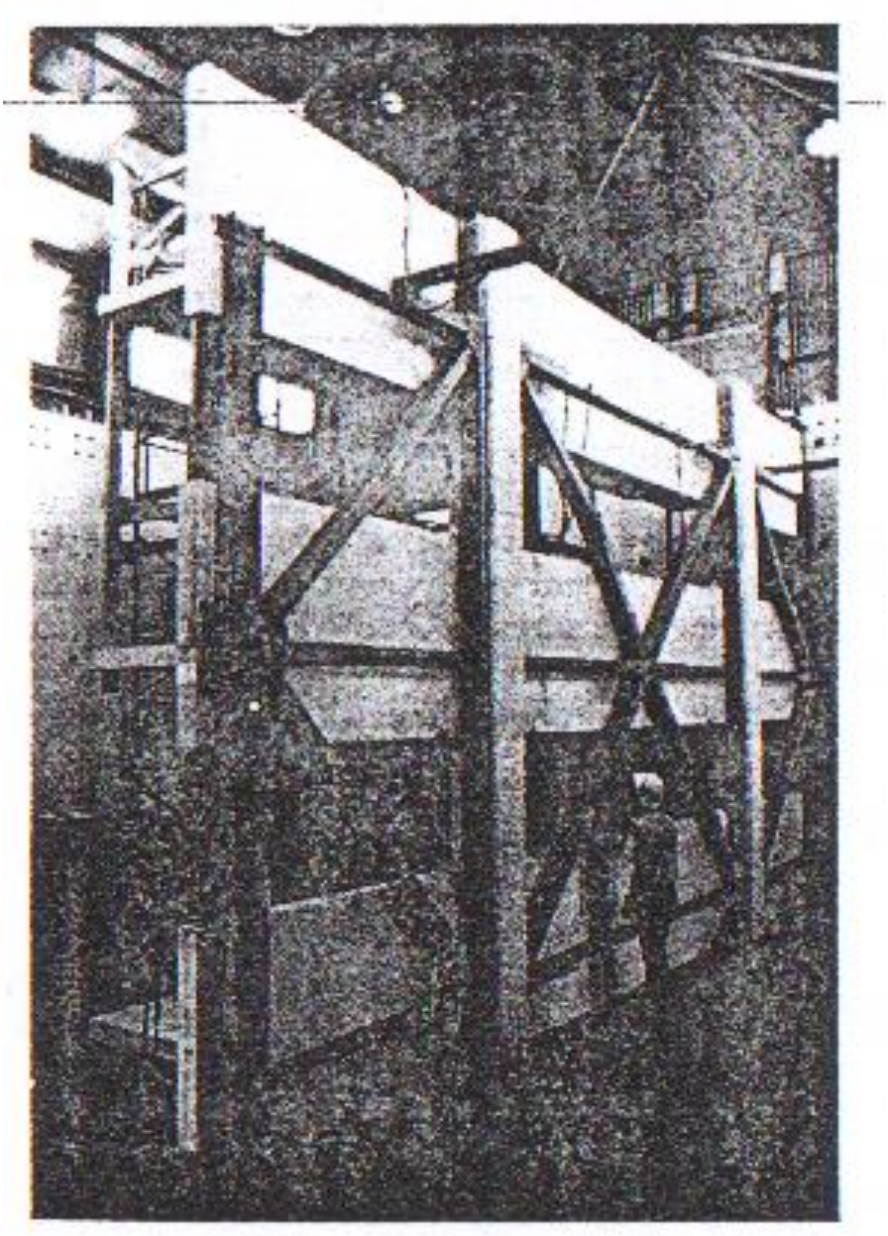
Çaprazlama sistemi elastik tepki için dizay edilebilir ama dizayn yüklerinin aşılması durumları için düktil olarak detaylandırılır. İyi histerik düktilitenin sağlanması için çaprazların inelastik burkulmaları ana problemi oluştururlar. Bu yüzden çaprazların narinlik oranları inelasik burkulmayı sınırlamak için küçük tutulabilir. Burkulmayan (çok küçük narinlik) veya elastik olarak burkulan (çok yüksek narinlik, örneğin kablolar) çaprazların kullanımı tercih edilebilir.

- **Zayıf Kolonlu Çerçeveler**

Zayıf kolon-güçlü kiriş çerçevelerin çelik çaprazlı güçlendirme işlemlerinde ortaya çıkmaları güçlü bir olasılıktır. Bu tür yapıların kiriş değişimli çerçevelerin çaprazlarla kombine edilmeleri çaprazlı çerçevenin tekrarlı inelastik davranışını geliştirir. Kısa, zayıf kolonlu çerçevelerde kirişlerde değişiklik yapılması etkili bir yöntemdir.

- **Yapılacak Çalışmalar**

Betonarme yapılarda çelik çapraz kullanımının geliştirilmesi için mevcut betonarme yapılarda kabloların çapraz elemanları olarak kullanılmaları için çalışmalar yapılmalıdır. Enerji soğurma kapasiteleri ve öngerme düzeyleri araştırılmalıdır. Zayıf kısa kolonlu çapraz çerçevelerin tüm performansını anlayabilmek için, yatay olarak deplasman yapan kısa kolonun normal kuvvet taşıma kapasitesi deneysel olarak çalışılmalıdır. Zayıf kolonlu çerçeve kirişleri için değişim kılavuz kitapları geliştirilmelidir [6].



Şekil 8.11 Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve

8.2 Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeveli Bir Yapının Sismik Dizaynı Ve Testi

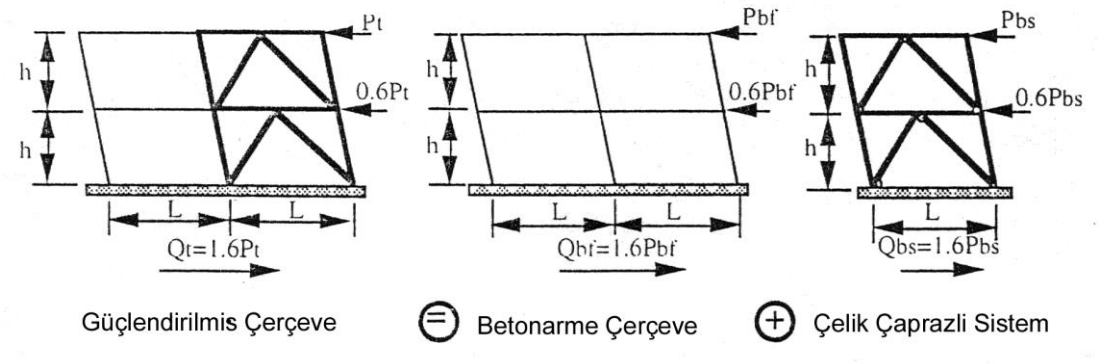
Bu bölümde Masri ve Goel tarafından (The Uviversity of Michigan) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmadan (test kurgusu ve buna bağlı olarak geliştirilen hesap algoritması dahil) bahsedilecektir [7].

Bu çalışma, sismik yüklere karşı zayıf olan mevcut betonarme binaların güçlendirilmesinde kullanılacak olan düktil çelik çaprazlı sistemlerin hesabı için rasyonel bir dizayn prosedürünün geliştirilmesi ile ilgilidir.

Çelik çaprazlama sistemleri, sismik yetersizlik gösteren yapıların güçlendirilmesi için çok cazip ve etkilidir. Günümüzde, bu sistemlerin analizi, dizaynı ve detayları için rasyonel metot yetersizliği vardır. Merak edilen ana unsur, yeni çapraz sisteminin mevcut yapıya monte edildiğinde nasıl etkinlik göstereceği ve nasıl davranacağıdır. Yakın zamanlarda şevron (V veya Λ tipinde berkitme elemanları) çapraz sistemi ile güçlendirilmiş betonarme çerçeve bir model üzerinde (Sones ve Jirsa (1986) , Lec ve Goel (1990) tarafından) deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda 2 katlı ve 1960'lı yılların şartnamelerini sağlayan betonarme bir yapı modelinin çelik elemanlar ile takviyesinin hesap algoritması sonuçları ile %2'ye kadar arttırılan tekrarlı yatay yüklere maruz bırakılan modelin test sonuçları karşılaştırılarak geliştirilen hesap algoritmasının güvenilirliği gösterilmiştir. Test kurgusunda kolonlar korniyerlerle sarılarak güçlendirilmiş ve kullanılan bu çelik elemanların kat boyunca, çekme kuvvetleri ve moment sürekliliği için, devamlılığı geliştirilen detaylarla sağlanmıştır. Bu çalışmalar sonucu aşağıda belirtilecek olan şu hesap algoritması geliştirilmiştir :

İlk olarak mevcut betonarme yapının yatay yük kapasitesi tespit edilir (elastoplastik analiz ile). Yatay yükün belirlenmesi için yapılacak çalışmalara daha sonra değinilecektir. Daha sonra betonarme yapının yatay yük kapasitesi şartnamelere göre belirlenecek olan yatay deprem kuvvetleri ile karşılaştırılarak mevcut yapının ne mertebeye kadar takviye yapılacağına karar verilir. Arzu edilen kapasite ve mevcut kapasite arasındaki fark yeni çelik elemanlarla karşılanacaktır. Burada çelik elemanların akma mekanizması mevcut betonarme çerçevenin akma mekanizması ile

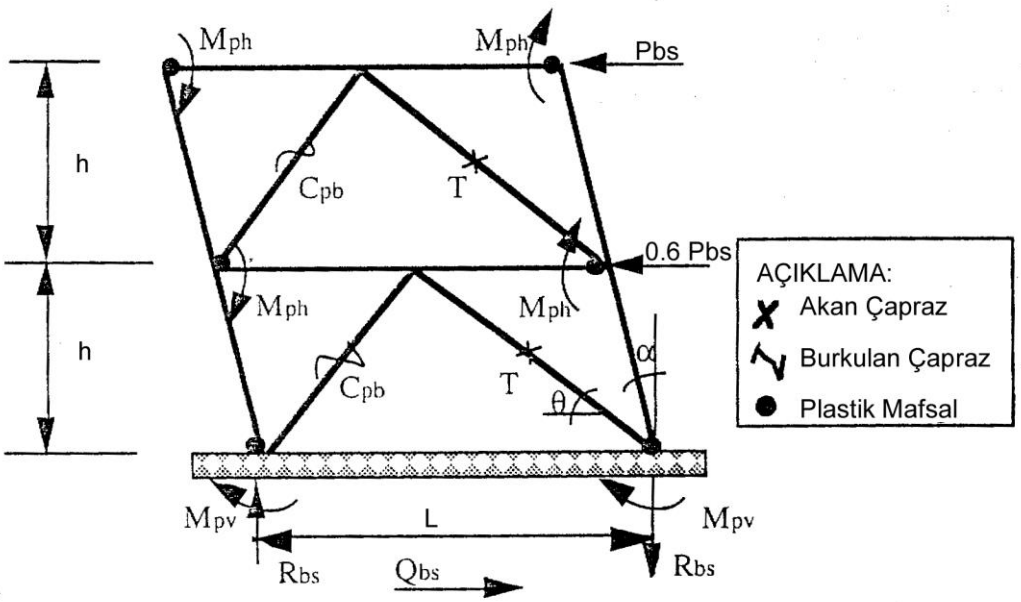
ayni olan değerdir. Yani betonarme yapı göçme durumuna geldiği andaki çelik elemanların karşıladığı enerji dikkate alınacaktır. Bu yaklaşımdan yola çıkılarak sistem, iki yapısal parçaya ayrılarak çözümleme yapılabilir; Betonarme çerçeve ve çelik çapraz sistemi (yarı kompozit durum). Masri ve Goel sistemin hesaplarında AISC-LRFD'yi kullanmışlardır.



Şekil 8.11 Güçlendirilmiş çerçevenin bileşenleri

$$P_t = P_{bf} + P_{bs} \tag{8.1}$$

Yatay yüklerin yaptığı dış işlerle, berkitmeler ve plastik mafsal oluşumu ile sağlanan iç enerjinin eşitliğinden M_{ph} ve M_{pv} arasında bir bağıntı elde edilir. R_{bs} ve M_{pv} arasındaki ilişki yatay yüklerin taban yüzeyindeki döndürme momentlerinin, mesnet tepkilerinin direnç momentlerine eşitlenmesiyle elde edilir. Yatay ve düşey çelik elemanlarının analizine, bu elemanların kritik kesitlerindeki kuvvet ve momentleri bulmak için M_{ph} ve M_{pv} arasında ikinci bir ilişki bulunarak devam edilebilir. Çerçeve akma mekanizmalarında, düşey elemanlarda sadece temel seviyesinde plastik mafsal oluşması istenir. Diğer üst düşey elemanlarda plastik mafsal oluşmaması için $M_{pv}>M_{ph}$ olmalıdır. Bu durumda M_{pv}/M_{ph} oranı 1.1 alınarak bu ikinci eşitlik kurulabilir.



Şekil 8.12 Çelik çapraz sisteminin akma mekanizması

8.2.1 Düşey Çelik Elemanların Dizaynı

Düşey çelik elemanları, her kolonu saran ve bağ levhalarıyla birbirine bağlanmış, tek parça gibi düşünülecek olan dört adet korniyer elemanlardan oluşur. Kesitin eğilme kapasitesi iki korniyerin akma kuvvetlerinin toplamının, iki karşıt korniyerin merkezleri arasındaki moment koluyla çarpımına eşittir. Betonarme kolonun basınç kuvvetine karşı direnç göstereceği farz edilerek, düşey çelik elemanlar aşağıda bağıntıları verilen nihai eğilme momenti ve normal çekme kuvvetine göre dizayn edilirler:

$$A\sigma_a \geq \frac{M_{pv}}{2b_c} + \frac{F_{tv}}{4} \tag{8.2}$$

$$A\sigma_a \geq \frac{M_{pv}}{2b_c} \tag{8.3}$$

a;bir korniyerin alanı

b_c; betonarme kolonun genişliği.

(8.2) denkleminin bir çok durum için düşey korniyerlerin dizaynında etkin olacağı dikkate alınmalıdır. (8.2) denkleminde, bir korniyerin nominal akma kapasitesi M_{pu} momentinden ve F_{tv} kuvvetinden dolayı bir korniyer üzerindeki nihai normal çekme kuvvetine eşit veya bu kuvvetten daha büyük olarak ayarlanır. (8.3) denkleminde, bir korniyerin normal basınç kapasitesi M_{pu} momentinden dolayı bir korniyer üzerindeki nihai normal basınç kuvvetine eşit veya bu kuvvetten daha büyük olarak ayarlanır. 4 çelik korniyerden oluşan bileşke kesitin normal moment kapasitesi M_{nv};

$$M_{nv} = (2A\sigma_a)\ (b) \tag{8.4}$$

olarak hesap edilir.

b; 2 tane karşılıklı korniyerin ağırlık merkezleri arasındaki moment kolu.

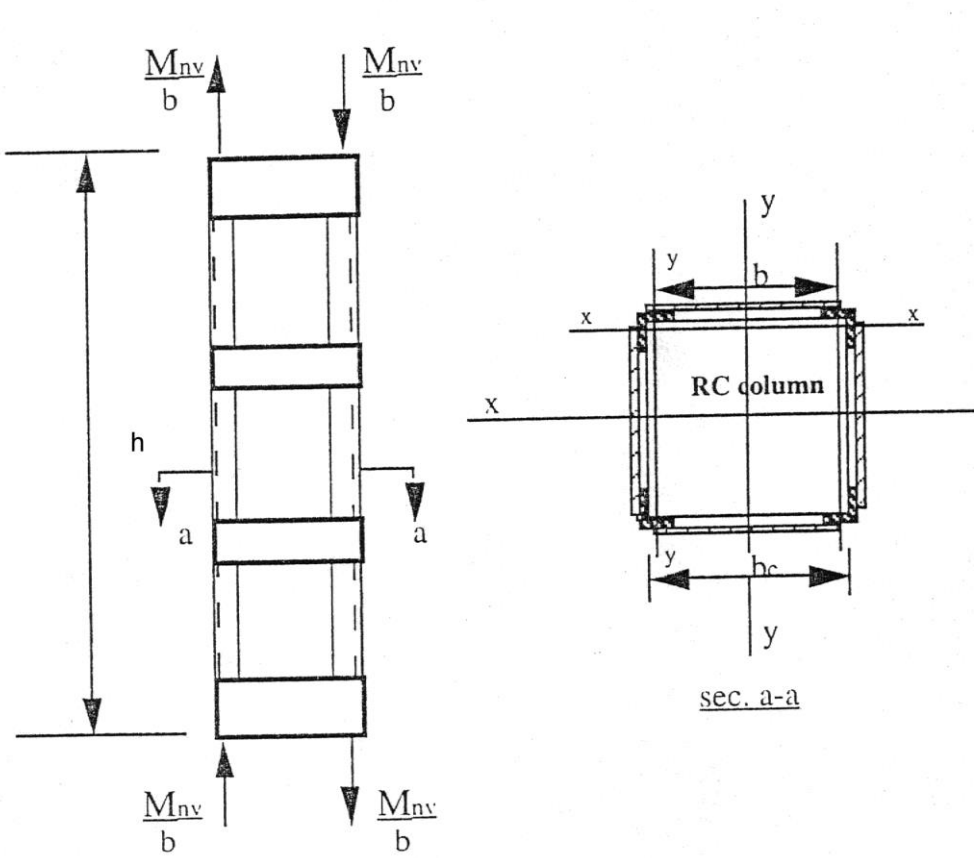
Betonarme kolonun, dört korniyerden oluşan çelik kesitinin akma kapasitesini sağlayabilecekleri şekilde bağ levhaları boyutlandırılır. Bağ levlaharının dizayn kuvvetleri şekil 8.13'de gösterilmektedir. Bu kuvvetler, düşey korniyerler normal akma kapasitelerine ulaştıklarında, kolonların uç kesitlerinde oluşurlar. Bağ levhalarında hiçbir akmanın olmaması için 1.25 değerinde bir üst dayanım faktörü kullanılması uygun olur. Bu durumda bağ levhaları aşağıda verilen H'_{ba} kesme kuvveti ve M'ba momenti için dizayn edilebilirler:

$$H'_{ba} = \frac{1{,}25\left(\frac{M_{nv}}{b}\right)}{N'} \tag{8.5}$$

$$M'_{ba} = \frac{H'_{ba} * b_{cl}}{2} \tag{8.6}$$

N' ; kolonun her iki tarafındaki toplam bağlantı sayısı,

b_{cl} ; iki korniyer arası temiz mesafe.



Şekil 8.13 Bağ levhalarının dizayn kuvvetleri

8.2.2 Yatay Çelik Elemanlarının Dizaynı

Yatay elemanlar döşemenin alt ve üst yüzeyini güçlendirmek ve berkitme elemanlarını mevcut yapıyla birleştirmek için kullanılırlar. Bu yatay elemanların dizaynına, kritik kesitlerdeki nihai kuvvet ve momentlerin hesap edilmeleriyle başlanır. Mesnet ve orta açıklık iki kritik kesit olarak farz edilirler. Dengelenmemiş çapraz kuvvetinin düşey bileşeni P_v, bir çapraz burkulduktan sonraki, yatay çelik elemanlarda oluşan nihai eğilme momentine dahil edilir. P_v'nin değeri aşağıdaki gibi hesap edilebilir.

$$P_v = (T - C_{pb}) \sin\theta \qquad (8.7)$$

Bunun yanı sıra, dengelenmemiş çapraz kuvvetinin yatay birleşeni P_h, alttaki yatay elemandaki nihai normal kuvvete ilave edilir. P_h'nın değeri aşağıdaki gibi hesap edilebilir.

$$P_h = (T+C).\cos\theta \qquad (8.8)$$

Üst çelik elemanları her kesitte genelde aynı en kesit değerine sahip olacak şekilde seçilirler. Mesnet yüzünde nihai momentin bilinmesiyle, üst eleman, aşağıda denklemi verilen normal çekme kuvveti F_{th} ve normal basınç kuvvet F_{ch} kuvvetlerine göre boyutlandırılırlar:

$$F_{th} = F_{ch} = \frac{M_{ph}}{t_p} \tag{8.9}$$

t_p; panelin kısa kısmındaki döşeme+kiriş kalınlığı.

Üst elemanın kesitinin kabaca alanı aşağıda verilen formüllerle hesap edilebilir.

$$A_{brüt} \geq \frac{F_{th}}{\sigma_a} \quad \text{ve,} \tag{8.13}$$

$$A_{brüt} \geq \frac{F_{th}}{F_a} \tag{8.11}$$

Burkulma gerilmesi F_a'nın değeri akma gerilmesi σ_a'ya eşit alınabilir çünkü mevcut kesme bağlantılarından dolayı yatay elemanlarda bir burkulma oluşamaz.. Orta açıklıktaki nihai normal çekme kuvveti aşağıdaki gibi elde edilir.

$$F_{tm} = \frac{P_v L}{4 t_s} + \frac{P_h}{2} \tag{8.12}$$

t_s ; Orta açıklıktaki döşeme kalınlığı.

Orta açıklık kesiti ve panel yüzü kesiti arasında bir plastik mafsalın oluşumunu önlemek için bu alt çelik elemanın kesit alanı aşağıdaki denklemi sağlayacak şekilde seçilebilir:

$$A_{brüt} \geq \frac{F_{tm}}{\sigma_a} \tag{8.13}$$

Sonunda, mesnet ve orta açıklık kesitindeki birleşim elemanlarının gerçek moment kapasiteleri aşağıdaki eşitlikleri kullanarak elde edildiler;

$$M_{nh} = \sigma_a * (a_t y_t + a_b y_b) \tag{8.14}$$

a_t ve a_b; alt ve üst elemanların kesit alanları.

y_t ve y_b; alt ve üst elemanların, çelik kesitin plastik tarafsız ekseninden ölçülen ağırlık merkezlerinin mesafesini gösterir.

Burada, döşeme-kolon bağlantısındaki çapraz kuvvetinin yatay bileşeninin üst yatay çelik elemanın dizaynına dahil edilmediğine dikkat edilmelidir, çünkü bu kuvvetin şekil 8.14'de gösterildiği gibi her bağlantıda kullanılan U profillerle bağlantılara doğrudan aktarılacağı kabul edilmiştir.

Alt ve üst yatay elemanları birbirlerine ve betonarme döşemeye bağlamak için kesme bağlantı elemanları kullanılır. Bağlantı elemanları, çelik elemanların akma kapasitelerini gerçekleyecek şekilde dizayn edilirler. Çelik elemanları döşemeye tespit etmek için civata ve somunlardan faydalanılır. Şekil 14'de çapraz elemanın, akma mekanizması oluştuğunda, iki mesnet kesiti arasında civatalarla transfer edilecek kuvvetler gösterilmektedir. Kesme bağlantı elemanlarında hiç bir hasar oluşmayacağı kabulu ile, bağlantı elemanları, döşeme-kolon bağlantısındaki çapraz kuvvetinin yatay bileşenine ilaveten momentlerden dolayı oluşacak normal kuvvetlere de direnecek şekilde konservatif olarak dizayn edilirler. Bu yüzden, civatalar aşağıda verilen toplam kesme kuvveti H_{bo}'a göre boyutlandırılabilirler:

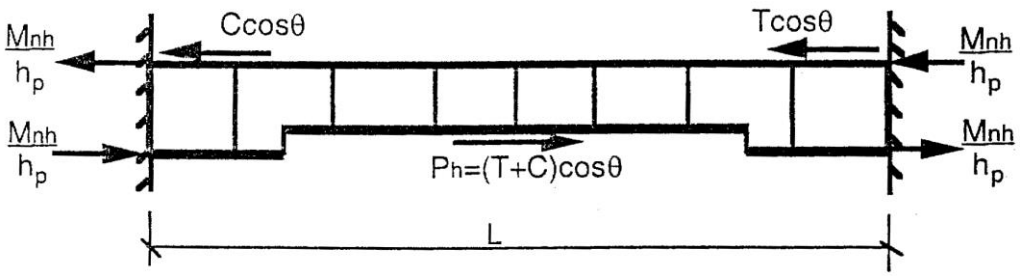
$$H_{bo}=1{,}25\left(\frac{2M_{nh}}{h_c}\right)+(T+C)\cos\theta \qquad (8.15)$$

h_c; kolon yüzeyi kesitindeki alt ve üst yatay çelik mesnet kesitleri arasındaki elemanların ağırlık merkezleri arasındaki mesafe.

Mesnet kesitleri arasındaki gerekli cıvata sayılı N_{bo} aşağıdaki formül ile hesap edilebilir.

$$N_{bo}=\frac{H_{bo}}{F_{bo}} \qquad (8.16)$$

F_{bo} ; civalatanın kesme kuvveti kapasitesi.



Şekil 8.14 Kesme bağlantılarının dizayn kuvvetleri

8.2.3 Çelik Çaprazların Temel Ankraj Dizaynı

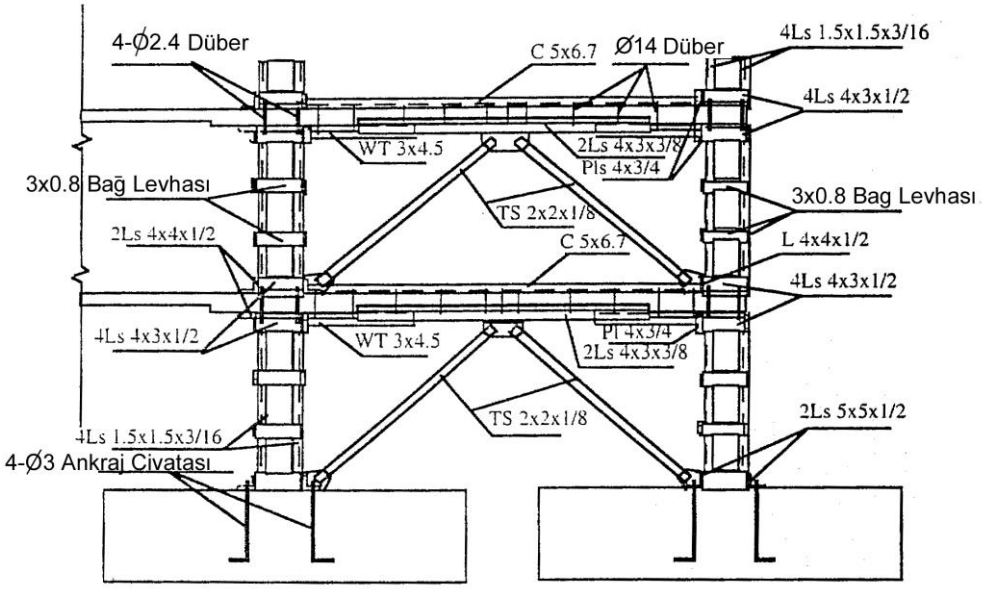
Çelik temel ankrajı, çelik çaprazlı sistemin reaksiyon kuvvetleri M_{nv}, R_{bs} ve H'ya direnecek şekilde boyutlandırılırlar. Her temel bloğuna yerleştirilen dört ankraj civatası çelik çaprazlı sistemi ankre etmek için kullanılır. Ankraj civataları düşey korniyerlerin reaksiyon kuvvetlerine direnecek şekilde dizayn edilirler. Böylece, her ankraj çubuğuna etkileyen çekme ve kesme kuvvetleri aşağıdaki gibi olur;

$$T_b = \frac{M_{nv}}{2L_a} + \frac{R_{bs}}{4} \tag{8.17}$$

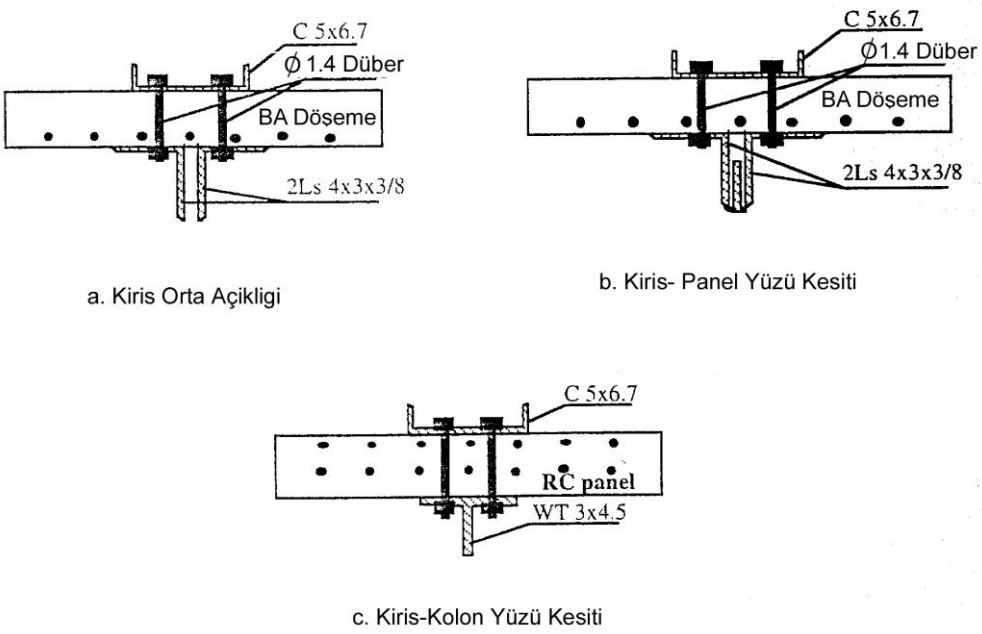
$$H_b = \frac{H}{4} \tag{8.18}$$

L_a ; kolonun her yüzeyindeki civatalar arası moment kolu.

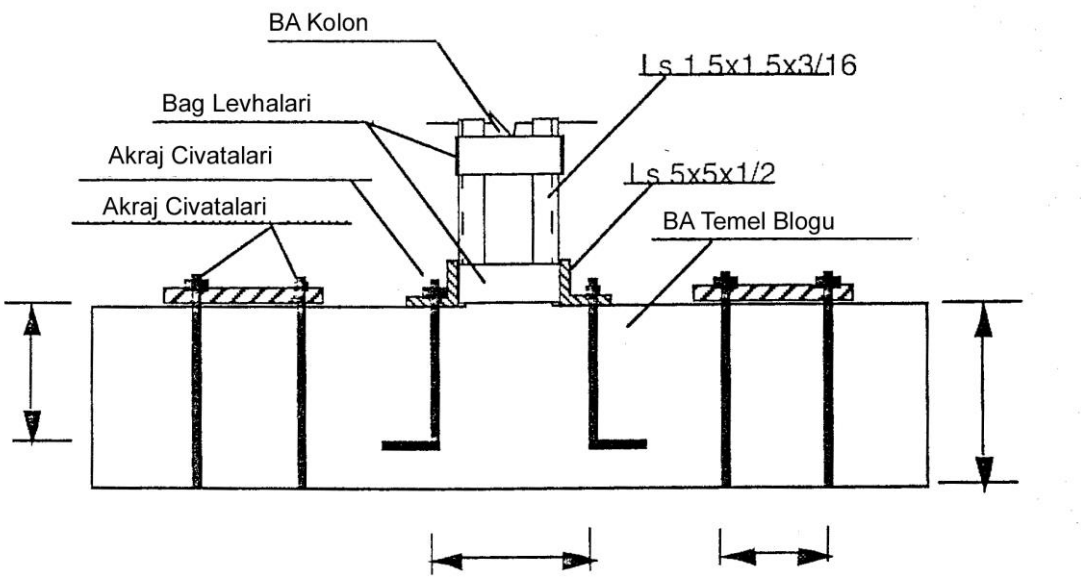
Taban korniyerleri düşey korniyerlere kaynatılır. Taban korniyeri ve düşey korniyeri arasındaki kaynak, düşey korniyerin akma kapasitesine eşit olan bir kesme kuvvetine direnecek şekilde dizayn edildi. Şekil 8.15'de çaprazlı çerçevenin planı gösterilmektedir. Kesit alanları ve bağlantı detayları şekil 8.16'da gösterilmektedir. Şekil 8.17'de temel ankraj kurgusunun detayı gösterilmektedir.



Şekil 8.15 Çelik çapraz sistemi planı



Şekil 8.16 Güçlendirilmiş döşemede çelik elemanlara ait detaylarar

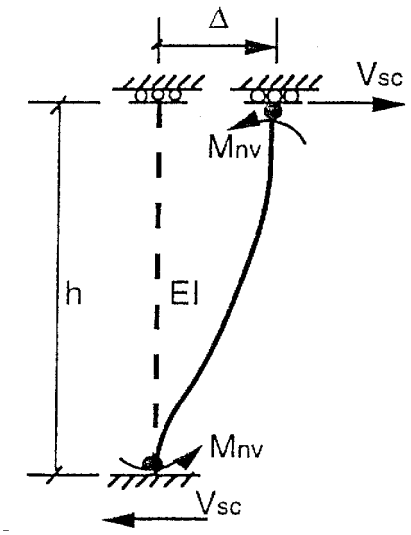


Şekil 8.17 Çelik kolonların temele ankrajlanmalarına ait detaylar

Bağ levhaları daha önce de açıklandığı gibi korniyerlerin akma kapasitelerine göre dizayn edilirler. Buna uygun olarak bağların sayısı ve aralığı seçilir. Bileşik kesitin M_{nv} moment kapasitesi ve I atalet momentinin bilinmesiyle, bağ levhası çelik kolon tarafından karşılanacak nihai kesme kuvveti V_{sc} ve rijitlik K_{sc} aşağıdaki gibi elde edilebilir (Şekil 8.18):

$$V_{sc} = \frac{2M_{nv}}{h} \tag{8.19}$$

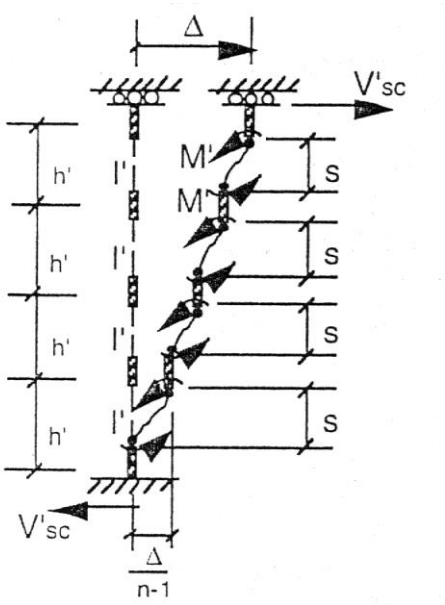
$$K_{sc} = \frac{V_{sc}}{\Delta} = \frac{12EI}{h^3} \tag{8.20}$$



Şekil 8.18 Bağ levhalı çelik kolonun orijinal modeli

Bağ levhalarının sayısı ve aralığı güçlendirilmiş kolonun davranışını önemli ölçüde etkiler. Sonuç olarak, orijinal model, şekil 19'daki yeni modelin kolon boyunca bağ levhalı korniyerlerle ve bağ levhasızlar arasındaki rijitlik farkını dikkate alacak şekilde sadeleştirilebilir. Bağ levhalı korniyerlerin moment kapasiteleri ve atalet momentleri, orijinal modelde kullanılan bileşik kesitinki olacaktır. Bununla birlikte, bağsız korniyerlerin moment kapasiteleri ve atalet momentleri, M'ye I', tek bir korniyerinkinin 4 ile çarpımına eşit olacaktır. Yeni modelde, plastik mafsalların her düşey korniyerin sonunda bağlar arasında oluşacağı farzedilir. Böylece, bağ levhalı çelik kolonun dayanım ve rijitliği orijinal modeldekinden daha küçük olacaktır. Bağ levhalı kolon tarafından karşılanan nihai kesme kuvveti V'_{sc}, tek bir korniyerin moment kapasitesi M_{ang}'ye ve bağları arasındaki temiz açıklık S'ye bağlıdır. V'_{sc}'nin değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$V'_{sc} = \frac{8M_{ang}}{S} \tag{8.21}$$



Şekil 8.19 Bağ levhalı çelik kolonun modelinin yinelenmesi

Aynı boyuttaki korniyerler için, V_{sc} kesme kuvveti bağlar arası mesafe sının azalması ve bağların sayılarının artmasıyla önemli ölçüde artıyor. Bağ levhalı kolonun kesme dayanımının bileşke kolonunkine eşit olacak şekilde bağlar arasındaki temiz açıklık için rasyonel bir değer denklem (8.19) ve (8.20)'den hesaplanabilir. Bağlar arasındaki gerekli mesafe aşağıdaki gibi verilebilir;

$$S = \frac{4M_{ang} * h}{M_{nv}} \tag{8.22}$$

Bağ levhalı çelik kolonun rijitliği K_{sc} yeni modele göre,

1- bir korniyerin atalet momenti I_{ang}'ye

2- bağların sayısı n'ye

3- bağ levhalarının merkezleri arası mesafe h'ye bağlıdır.

K_{sc}'nin değeri aşağıdaki gibi hebaplanabilir.

$$K_{sc} = \frac{V'_{sc}}{\Delta} = \frac{48EI_{ang}}{h'3(n-1)} \tag{8.23}$$

(8.20) ve (8.23) denklemlerinden, bağların merkezleri arasındaki mesafe, bağ levhası kolonunun rijitliğinin bileşke kolonunkine iyice benzeyecek şekilde yaklaşık olarak

tariflenebilir. Bağ levhaları merkezleri arasındaki gerekli mesafe merkezleri arasındaki gerekli mesafe aşağıdaki gibi hesap edilebilir.

$$h' = h \sqrt{4I_{ang}/I} \tag{8.24}$$

Masri ve Goel yaptıkları bu çalışma sonucu aşağıdaki nihai değerlendirmeleri yapmışlardsır:

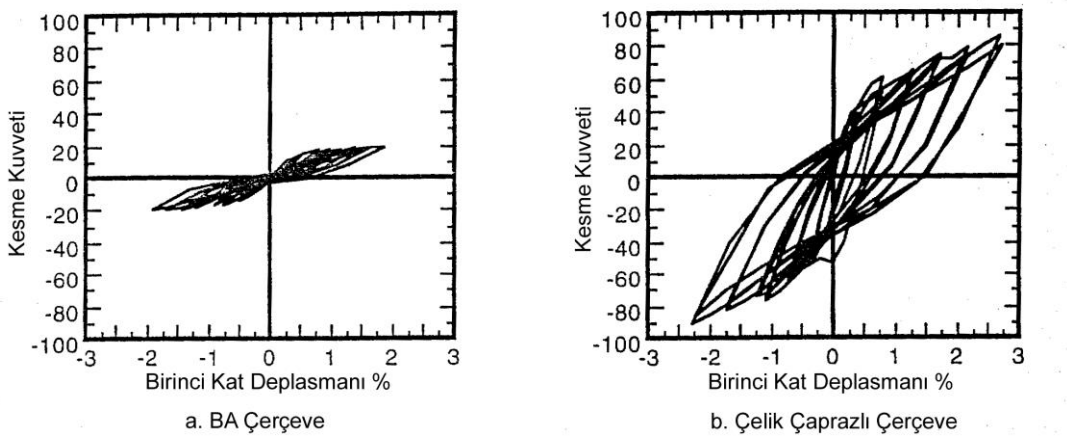
Sonuçlar ;

1- Sismik yüklere göre zayıf olan ve hasarlı betonarme çerçevelerin güçlendirilmesinde düktil çelik çaprazlama sistemlerinin kullanılması çok etkin bulunmuştur. Dayanımda, rijitlikte ve enerji soğrulmasında ciddi artışlarla birlikte histerik çevrimler çok yüksek ve stabil olmuşlardır (Şekil 8.20).

2- Çelik çaprazlama için kullanılan hesap prosedürü tatminkar bulunmuştur. Bunu yanı sıra, inşa prosedürü iyi çalışmış ve gerçek projeler için kullanımının pratik olacağı ortaya çıkmıştır.

3- Bu çalışmada, çaprazlama sisteminin düşey korniyerlerinin betonarme çerçevenin döşemeleri boyunca devamlılığını sürdürmek için kullanılan detaylar ve bağlantılar başarılı bir şekilde davranış göstermişlerdir. Düğüm noktalarının zımbalama kesme dayanımını arttırarak düktillikte artış sağlanmıştır.

4- Betonarme kolonların mantolanmasında kullanılan, tek parça çelik kesit gibi davranan düşey çelik elemanların davranışı, daha çok bunları birbirlerine bağlayan levhaların dayanımlarına ve aralıklarına bağlılık göstermiştir. Düşey çelik elemanlarının toplam eğilme dayanımı için olan bağ levhalarının dayanım ve aralığının hesap edilmesi için geliştirilen metot tatminkar bulunmuştur [7].



Şekil 8.20 BA çerçevenin ve çaprazlı çerçevenin histerik çevrimleri

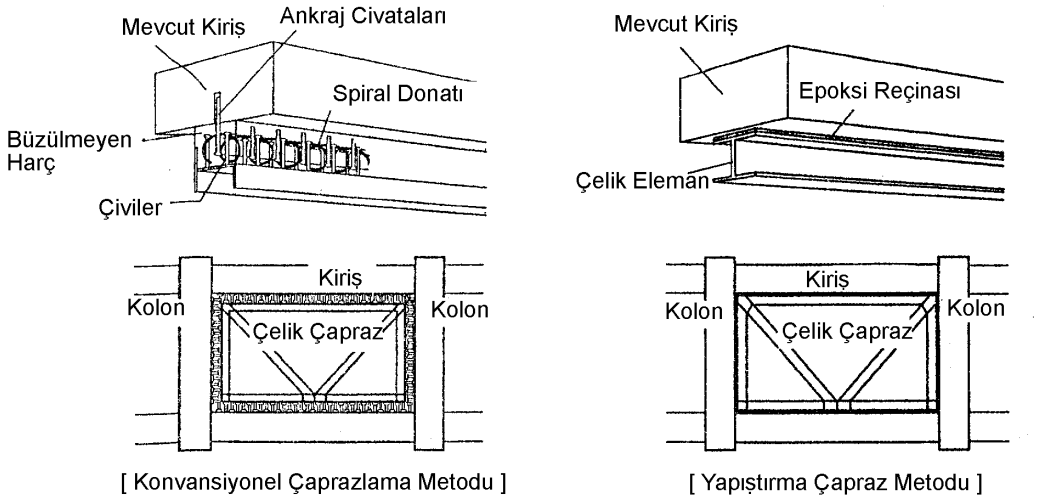
8.3 Çelik Çaprazlı Yapıştırma Metodu

8.3.1 Yapıştırma Çelik Çaprazlar Üzerine Deneysel Çalışmalar

Çerçeve içersine yerleştirilen yapıştırma çelik çapraz sistemi mevcut yapıların onarımı ve güçlendirilmeleri için yeni bir metottur. Bu metotla işler daha sessiz ve daha kısa süreli olarak yapılabilir, çünkü çelik çaprazlar mevcut kolon ve kirişlere epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar. Bina kullanımda iken bile çalışmalar devam edebilmektedir. Bu sistem Takenaka Corporation tarafından test edilmiştir. Bu çalışmada tekrarlı yatay yükler altında 5 numune test edilmiştir. Birinci numune çaprazsız çerçeve, ikincisi konvansiyonel çelik çapraz, üç , dört ve beşinci numuneler şekilleri V veya Λ olarak değişiklik gösteren yapıştırma çelik çaprazlı sistemlerdir. Test sonuçları maksimum kesme kuvveti ve kesme kuvveti deplasman ilişkileri üzerine kurulmuştur. Bu bölümde bu test sonuçlarından ve JBDPA , 1996 yönetmeliğindeki hesap algoritmasından ve elde edilen sonuçlardan bahsedilecektir.

Japonya'da yürürlükteki yapı standartlarının (1981'de yürürlüğe giren) gerektirdiği şartları sağlamayan bir çok yapı bulunmaktadır. Bu yüzden 1981'den önceki mevcut yapıların 1995 Kobe depreminden sonra yenilenmesi gereklilik haline gelmiştir. Çelik çaprazlama mevcut yapıların onarım ve güçlendirilmeleri için yaygın olarak kullanılır. Şimdiye kadar uygulanan bu metodla, çelik çaprazlar ve mevcut çerçeveler ankraj civatalariyla, çivilerle, spiral donatılarla ve büzülme yapmayan harçlarla

birbirlerine monte edildiler. Ankraj civatalarının montelenmesi işleminde yüksek ses ve güçlü titreşimler işin yapıldığı kattaki, katın altında ve üstündeki insanları etkilemektedir. Bu yüzden yapı kullanımda iken işin yapılması çok zordur. Çelik çaprazlı yapıştırma metodu yapıların depreme karşı güçlendirilmesinde daha sessiz ve daha zayıf titreşimlerle yapılabilen etkin metodlardan biridir. Bu metodla, çelik çapraz mevcut çerçeveye epoksi reçinesi ile yapıştırılır. Konvansiyonel metodda yapılan harçla düzeltme işlemine gerek yoktur. İş daha kısa sürede yapılabilir. Şekil 8.21 konvansiyonel çapraz sistemi ve yapıştırma çapraz sistemi arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir [8].



Şekil 8.21 Çelik berkitme sistemleri: a) konvansiyonel metod, b) yapıştırma çapraz metodu

8.3.2 Düğüm Noktalarının Kayma Dayanımı

Yapıştırma düğüm noktasının çatlarkenki ve kayarkenki yükünün ne olduğunun bilinmesi önemlidir. Kayma dayanımı V_{sl} ;

$$V_{sl}= V_{c1}+V_{c2}+V_{ja} \tag{8.25}$$

şeklinde ifade edilebilir.

V_{c1}, V_{c2}= Düğüm noktası kayarken beton çekme ve basınç kolonunda oluşan kesme kuvvetidir.

V_{ja}= Yapıştırma düğüm noktasının kayma dayanımı.

V_{c1} ve V_{c2}'nin elde edilmesi çok zordur. Düğüm noktasının kayma dayanımı aşağıdaki eşitlikle güvenle elde edilebilir.

$$V_{sl}= V_{ja} \tag{8.26}$$

$$V_{ja}= \tau_{ja}*L_i*B_j = 0{,}376*\sqrt{\sigma_B}*L_i*B_j \tag{8.27}$$

τ_{ja}= Ortalama yapıştırma kesme gerilmesi.

(8.27) denklemi, epoksinin ve betonun başka bir yapıştırma kesme testiyle de (Miyauchi and Kei at al , 1998) doğrulanmıştır. Yapıştırma düğüm noktasının kayması yaklaşık olarak R=2/1000 rad'de oluşur. exVbsl uygun denklemlerle hesap edilebilir ve V_{ja} yaklaşık olarak çaprazların yatay kuvveti exV_{bsl}'ye eşittir. $ex\tau_{ja}$'yı yaklaşık olarak $0{,}376\sqrt{\sigma_B}$ ($1{,}2*\sqrt{\sigma_B}$ kgf/cm^2) alabiliriz.

$$exV_{bsl} = 2*exR_{sl}*E_s*A_s*\sin\theta*\cos^2\theta \tag{8.28}$$

8.3.3 Maksimum Dayanım

Çapraz elemanları aktığında oluşan maks. dayanımlar aşağıdaki denklemlerde verilmiştir [9].

$$V_{su1}= \sum \alpha V_c + V_{bu} \tag{8.29}$$

$$V_{bu}= V_{bu}(t)+V_{bu}(c) \tag{8.30}$$

V_c= Betonarme kolonun maks. dayanımı

$V_{bu}(t)$= Çekme diagonelinin yatay akma dayanımı.

$V_{bu}(c)$= Basınç diagonelinin yatay burkulma veya akma dayanımı

α= Çaprazlar aktığı andaki kolonların yatay dirençlerinin kolonların yatay dayanımlarına oranı. α, eğilme kolonları için 0.7 veya kesme kolonları için 1 alınabilir.

Çelik çaprazlar akmadan önce çapraz ve kiriş (veya kolon) arasındaki yapıştırma düğüm noktasında çatlaklar oluşurkenki maks dayanım aşağıdaki denklemlerle elde edilir [9];

$$V_{su2}= \alpha V_c+pV_c+V_{jf} \quad (8.31)$$

$$V_{jf}= \mu N_v \quad (8.32)$$

$$N_v= 0{,}5*V_{b(\ R=2/1000\ )}*\tan\theta \quad (8.33)$$

pV_c= Kolonun zımbalama dayanımı.

V_{jf}= Düşey çelik elemanında, çekme diagonelinden oluşan düşey yük N_v veya basınç diagonelinden oluşan düşey N_v yüküne göre oluşan sürtünme ile yapıştırma düğüm noktasının yatay dayanımı.

Sürtünme faktörü μ=1.0 olarak alınabilir çünkü düğüm noktalarının çatlakları, iç yüzeyde değil betonda oluşur (Şekil 8.22).

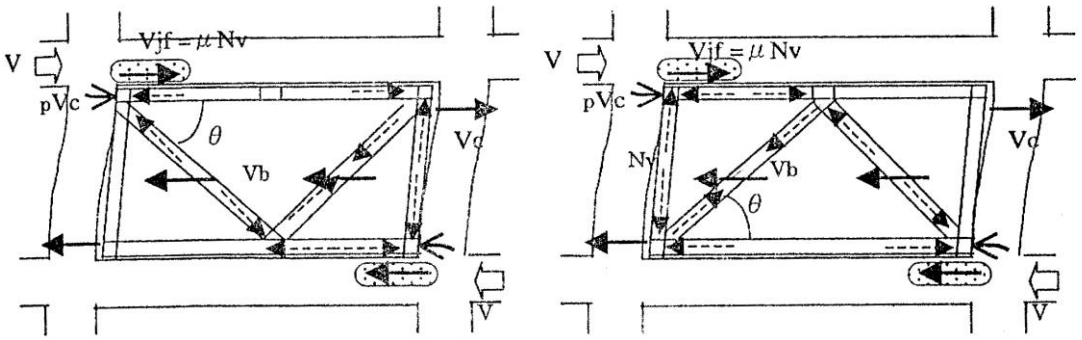
V_b= Diagonellerin yatay kuvvetleri



Şekil 8.22 Betonda çatlak oluşumu

Şekil 8.23'de sürtünme mekanizması gösteriliyor. Düğüm noktaları çatladıktan sonra diagonellerdeki yatay V_b kuvvetinin elde edilmesi zordur. Kolon ve kirişin dayanımı yeterli iken sonuçta V_b, V_{bu}'ya eşit olacaktır. Ama, diagoneller akmadan önce kolonlarda zımbalama göçmesi oluşabilir. Bu yüzden V_b'yi düğüm noktaları yaklaşık

olarak R=2/1000 rad'de kayarken diagonellerdeki yatay kuvvet $V_{b(\ R=2/1000\ )}$ olarak kabul edilir.



Şekil 8.23 Düğüm noktasında çatlak oluşumundan sonraki sürtünme mekanizması

Maks. dayanım aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

V_{su}= min (V_{su1}, V_{su2}) (8.34)

$PV_c = k_{min} * \tau_o * b_c * D_c$ (kgf), [9] (8.35)

$k_{min}=0,34/(\ 0,52+a/D_c\ )$ (8.36)

b_c= Kolon genişliği

D_c= Kolon derinliği

a= 5 cm (genelde)

$\tau_o = 10+0,1*F_{cl}+0,85*\sigma$ ($0<\sigma<0,33F_{cl}-28$) (kfg/cm^2) (8.37)

$\tau_o = 0,22*F_{cl}+0,49*\sigma$ ($0,33F_{cl}-28<\sigma<0,66F_{cl}$) (kfg/cm^2) (8.38)

F_{cl}= Betonun ortalama basınç dayanımı (kfg/cm^2)

$\sigma = P_g * \sigma_y * \sigma_o$ (8.39)

Pg= Düşey donatı oranı.

σ_o= Düşey gerilme.

σ_y= ana donatının akma gerilmesi.

8.3.4 Sonuçlar

Bu testler neticesinde elde edilen önemli bulgular aşağıda verilmiştir.

1. Yapıştırma çelik çaprazlı sistemlerin şekillerinin V veya Λ ve kirişlerin guseli veya gusesiz oluşlarıyla P-δ eğrisi pek değişmez..

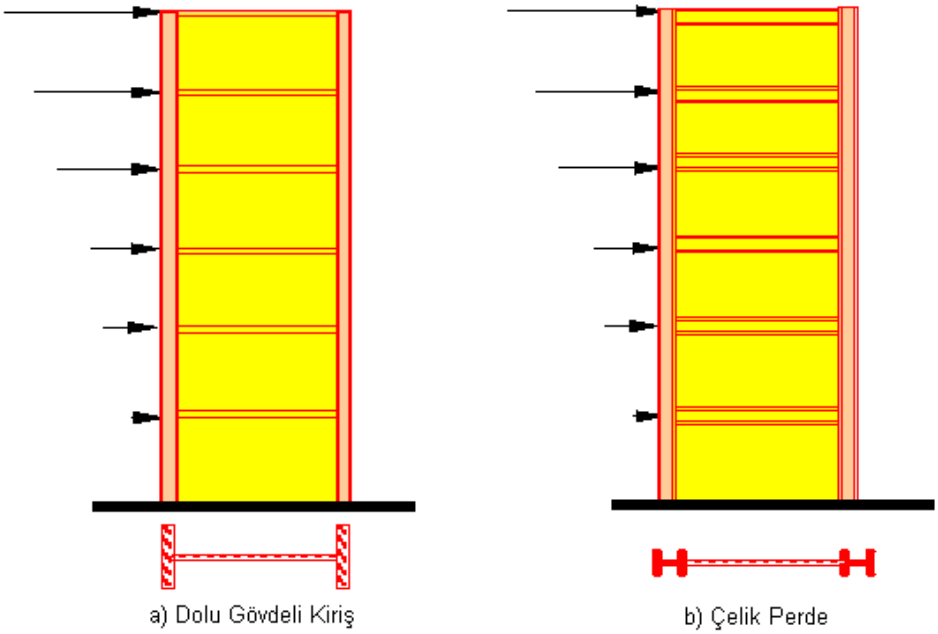
2. Yapıştırma çelik çaprazlı sistemin maks dayanımı çapazsız sisteminkinden yaklaşık olarak 3 kat daha fazla ve konvansiyonel çaprazlama sisteminkinden daha azdır. Deformasyon açısı R, yapıştırma çaprazlı sistemde konvansiyonel sistemdekine nazaran daha büyüktür.

3. Yapıştırma düğüm noktasının ortalama kayma – kesme gerilmesi τ_{ja} çok doğru bir şekilde $0{,}376\sqrt{\sigma_B}$ olarak hesap edilebilir.

4. Yapıştırma çelik çapraz sisteminin maks dayanımı çaprazlar aktığında V_{su1}, çaprazlar akmadan önce düğüm noktalarında çatlak oluşursa V_{su2} ile ifade edilebilir[8].

8.4 Çelik Perdeler

Çelik perdelerin ana fonksiyonu, yatay yüklerden dolayı kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentlerine karşı koymaktır. Genelde çelik perde sistemi; çelik duvar levhası, iki sınır kolon ve yatay kirişlerden oluşur. Çelik duvar levhası ve iki sınır kolonu düşey plak kirişi (Plate Girder) gibi davranırlar (şekil 8.24). Kolonlar, düşey plak kirişinin flanşları ve çelik levha duvarı da gövdesi gibi davranır. Yatay döşeme kirişleri ise plak kirişteki transfer stifnır elemanları gibi davranırlar.



Şekil 8.24 a) Dolu gövdeli kiriş, b) Çelik perde

Çelik perdelerin bazı avantajları aşağıda sıralanmıştır:

1. Sistemin dizayn ve detay özellikleri çok düktil olduğundan, yüksek enerji soğurma kapasiteleri vardır. Bunun sonucunda da çelik perdeler yatay yüklere karşı çok ekonomik ve etkili olurlar.

2. Çelik perde sistemi yüksek rijitliğe sahiptir. Bu özelliği sayesinde deplasman kontrolünde etkin rol oynarlar.

3. Betonarme perdelere nazaran çelik perdeler daha hafiftirler. Böylece yapı ağırlığını azaltırlar ve dolayısıyla sismik yatay yükler de azalırlar.

4. Eşdeğer betonarme perdelere göre daha da ince olan çelik perdeler mimari konsrüktif bakımından, daha az yer kapladıkları için, daha kullanışlıdır. Betonarme perde kullanılan yüksek binaların alt katlarındaki perde duvarlar kalın olurlar. Bu da kat planında alan kaybı demektir. Bu durum çelik perde kullanımı ile ortadan kaldırılabilir.

5. Binaların sismik güçlendirilmesinde çelik perdeler betonarme perdelere nazaran daha kolay ve hızlı inşa edilirler.



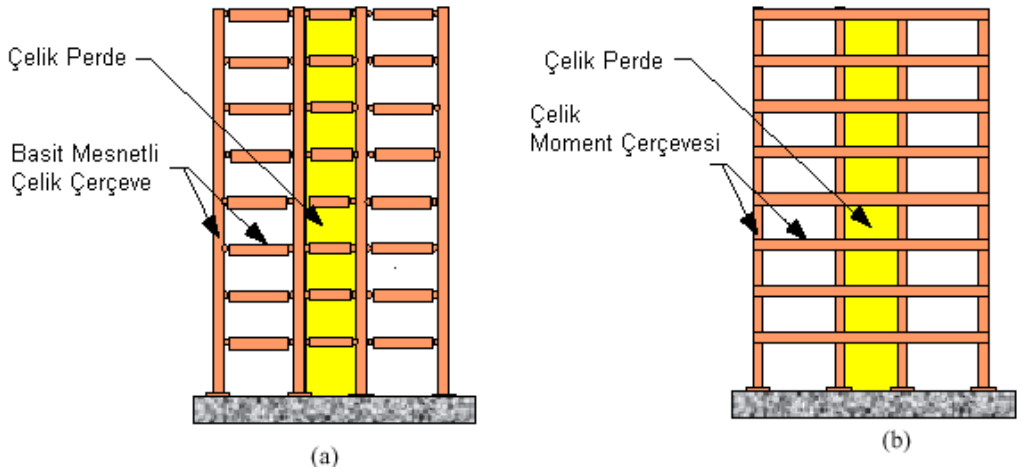
(photos: Nippon Steel, Japan)

Şekil 8.25 Çelik perdeli bir yapının resmi

Çelik perdeler ilk olarak National Building of Code of Canada'da ele alınmıştır. Daha sonraları International Building Code'da (IBC-2000) çelik pereler daha kapsamlı olarak yer almışlardır. Günümüzde çelik perdelerle ilgili şartname hazırlıklarına Amerika, Japonya, Kanada ve İngiltere gibi ülkelerde yapılan çalışmalarla devam edilmektedir. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings'da (AISC) çelik perdelerle ilgili doğrudan atıflar vardır ve bu şartname bazı bölümleri AISC-LRFD ile ilişkilendirmiştir. IBC-2000'de çelik perdelerde R katsayısı ile ilgili tablolar vardır (tablo 1617.6). Bu tablolarda dual (moment aktaran çerçeve) sistemler için R= 8 olarak belirtilmiştir (Dual system with special moment frames and special steel concentrically braced frames) [10]. Ülkemiz deprem şartnamesi henüz bu tür sistemler ile ilgili bir madde içermemektedir.

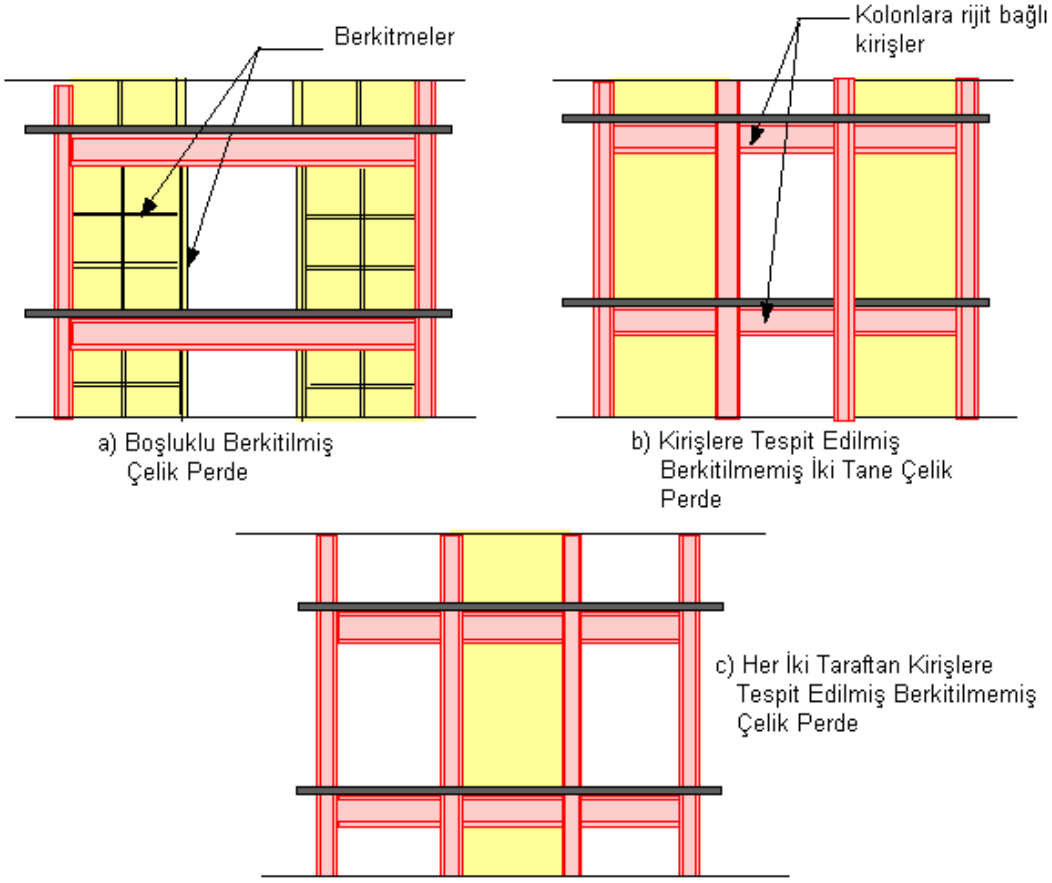
8.4.1 Çelik Perdelerin Sismik Dizaynı

Şekil 8.26'da iki tip çelik perde duvar sistemi gösterilmektedir. Bunlar, standart ve dual sistemlerdir. Standart sistemler basit kiriş-kolon (mafsallı) birleşim detaylarından oluşurlar. Sonuç olarak, sistemde yatay kuvvete karşı direnç gösteren elemanlar sadece çelik perdeler olurlar. Dual sistemler ise moment aktaran birleşimlerden oluşurlar ve moment çerçeveleri yatay yükler altında çelik perdelerin yardımcı sistemleri (ikincil sistem) olarak çalışırlar.



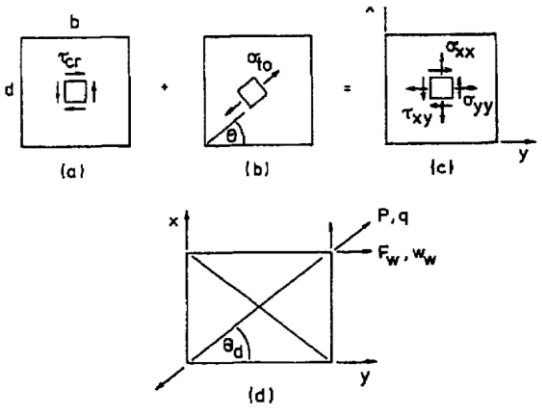
Şekil 8.26 Çelik perdelerin iki tipi: a) standart sistem, b) dual sistem

Çelik perdeler berkitmeli veya berkitmesiz olabilirler. Berkitme levha kullanımındaki amaç çelik perdenin kesme akmasından önce burkulmasını önlemektir. Berkitmesiz çelik perdelerin burkulmasına müsaade edilebilir. Bu tür elemanlarda amaç, kat kesme kuvvetinin diagonal çekme alanlarının kullanılmalarıyla karşılanmalarıdır.



Şekil 8.27 Boşluklu çelik perdelere örnekler

8.4.2 Çelik Perdelerin Kesme Kuvveti Altında Davranışı



Şekil 8.28 Çelik perde levhasında oluşması beklenen gerilmeler: a) kritik kesme gerilmesi, b) çekme alanı, c) gerilmelerin kombinasyonu, d) panel diyagoneli doğrultusunda yükleme

Durum1: Sadece kesme kuvveti altında perdenin burkulması;

$$\tau_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{t}{b}\right)^2 \le \tau_o = \sigma_o / \sqrt{3} \text{ [13,14]} \tag{8.40}$$

$$k = 5.34+(4/\alpha)^2 \tag{8.41}$$

$$\alpha = a/b \tag{8.42}$$

$$F_{wcr} = \tau_{cr} bt \tag{8.43}$$

Durum2: Düzlemi içersinde kesme kuvveti ve çift eksenli basınç kuvveti altında perdenin burkulması;

$$\frac{\sigma_y}{\sigma_{cry}} + \frac{\sigma_x}{\sigma_{crx}} + \frac{\tau}{\tau_{cr}} \le 0.25 \text{ [14]} \tag{8.44}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\upsilon^2)}\left(\frac{t}{b}\right)^2 \tag{8.45}$$

$$\alpha \ge 1 \Rightarrow k = 4 \tag{8.46}$$

$$\alpha < 1 \Rightarrow k = \left(\alpha + \frac{1}{\alpha}\right)^2 \qquad (8.47)$$

E= Elastisite oranı

t= perde kalınlığı

b= perde genişliği

a= perde uzunluğu

α= kesit oranı (a/b)

υ = poisson oranı

k= burkulma katsayısı

τ_{cr}= kritik burkulma kesme gerilmesi

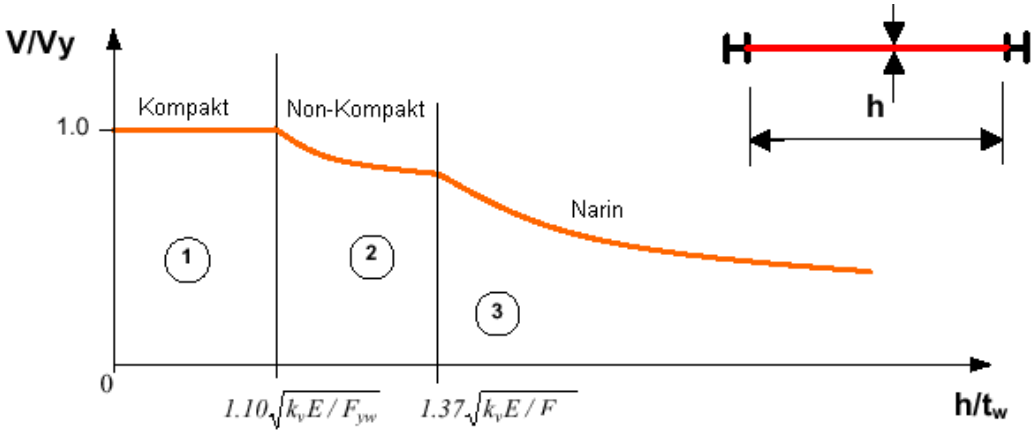
σ_{cr}= kritik burkulma basınç gerilmesi

τ_o= kesme akma gerilmesi

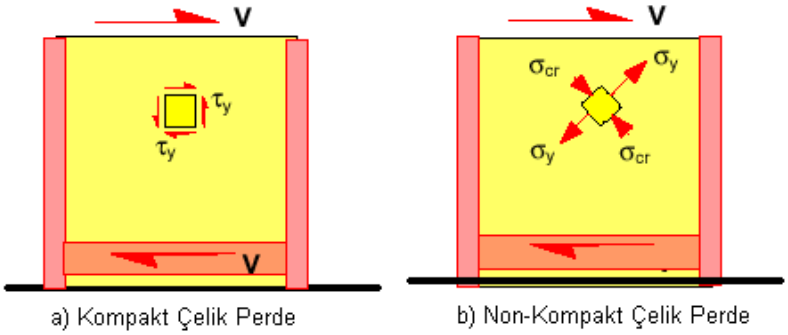
σ_o= tek eksenli akma gerilmesi

F_{wcr}= gövde levhasının kritik kesme kuvveti.

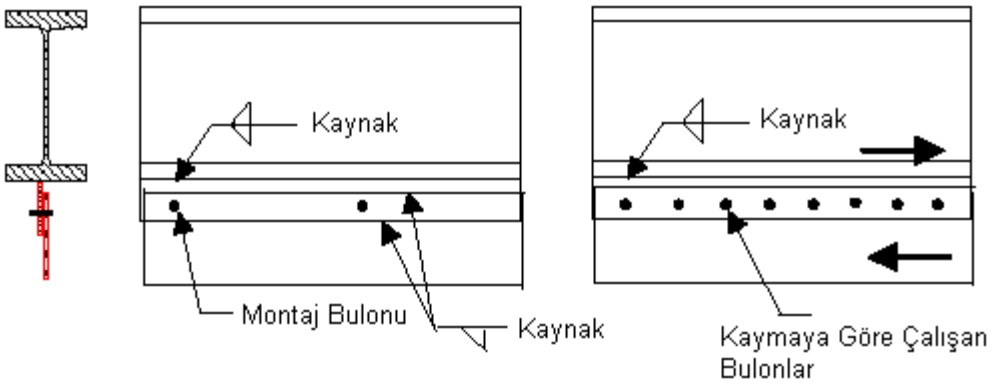
Şekil 8.29'da çelik perdenin dayanımının narinlik oranına göre değişimi gösterilmektedir. Bu narinlik oranlarına dayanarak çelik perdeler kompakt, non-kompakt ve narin olmak üzere üç kategoriye ayrılırlar. AISC bu üç ayrı kategori için aşağıdaki üç ayrı sınıflandırmayı yapar:



Şekil 8.29 Çelik perdelerin üç ayrı davranış bölgeleri



Şekil 8.30 Kesme akması ve çekme alanı hareketi altındaki çelik perdeler



Şekil 8.31 Çelik perde levhasının sınır kiriş ve kolonlara bğlantısı

Kategori 1 : Bu kategorideki elemanlar kompakt olarak adlandırılırlar. Bu sınıftaki çelik perdelerde, burkulmadan önce akma oluşur. Bu tür elemanlarla ilgili aşağıdaki şu koşullar mevcuttur:

$$\lambda p = 1.1 * \sqrt{\frac{kv * E}{F_{yw}}} \tag{8.48}$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ ise kompakt} \tag{8.49}$$

Bu tür elemanların kesme kapasiteleri şu formülle hesaplanır:

$$Vn = 0.6 * A_w * F_{yw} \tag{8.50}$$

Kategori 2 : Bu kategorideki elemanlar non-kompakt olarak adlandırılırlar. Bu sınıftaki çelik perdelerde, bazı kesme akmaları oluştuğunda burkulmanın oluşması beklenir.bu durumda kat kesme kuvveti, çekme ve basınç diagonel kuvvetlerinin yatay bileşenleriyle karşılanırlar (şekil 5.3).

Bu tür elemanlarda narinlik oranı $\frac{h}{t_w}$, λ_p'den büyük ama $\lambda_r = 1.37 * \sqrt{\frac{kv * E}{F_{yw}}}$ 'den küçük olmalıdır.

$$1.1 * \sqrt{\frac{kv * E}{F_{yw}}} < \frac{h}{t_w} < 1.37 * \sqrt{\frac{kv * E}{F_{yw}}} \tag{8.51}$$

Bu tür elemanların kesme kapasiteleri aşağıdaki şekildeki gibi hesaplanırlar:

$$Vn = 0.6*A_w*F_{yw}*\frac{1-C_v}{1.15*\sqrt{1+(\frac{a}{h})^2}} \quad (8.52)$$

$$kv = 5+\frac{5}{(a/h)^2} \quad (8.53)$$

$$C_v = \frac{1.1*\sqrt{\frac{kv*E}{F_{yw}}}}{h/t_w} \quad (8.54)$$

Kategori 3 : Bu sınıftaki elemanlarda narinli oranı $\frac{h}{t_w} > 1.37*\sqrt{\frac{kv*E}{F_{yw}}}$ 'dır ve bu elemanlar narin olarak isimlendirilirler. Bu elemanlarda, elastik durum altında bile burkulma oluşur. Bunların kesme kuvveti kapasiteleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$Vn = 0.6*A_w*F_{yw}*\frac{1-C_v}{1.15*\sqrt{1+(a/h)^2}} \quad (8.55)$$

$$kv = 5+\frac{5}{(a/h)^2} \quad (8.56)$$

$$Cv = \frac{1.51*kv*E}{(\frac{h}{t_w})^2*F_{yw}} \quad (8.57)$$

Tüm kategorilerde $A_w = d_w*t_w$'dir. (8.58)

Tüm kategorilerdeki çelik perde elemanları $V_d < V_n$ olacak şekilde bir kapasiteye sahip olmak zorundadırlar.

Kompakt çelik perdelerde, momentlerin önemli bir oranı berkitme elemanlarıyla güçlendirilmiş duvar levhaları tarafından karşılanmaktadırlar. Bunun yanı sıra, güçlendirilmemiş (non-kompakt) çelik perdelerde momentler sınır kolonlarıyla

karşılanırlar. Çelik perdelerin kolon ve kiriş elemanları aşağıdaki şu iki koşulu da sağlamalıdır:

$$\frac{b_f}{2*t_f} < \frac{52}{\sqrt{\sigma_a}} \tag{8.59}$$

$$\frac{h_c}{t_w} < \frac{520}{\sqrt{\sigma_a}} \tag{8.60}$$

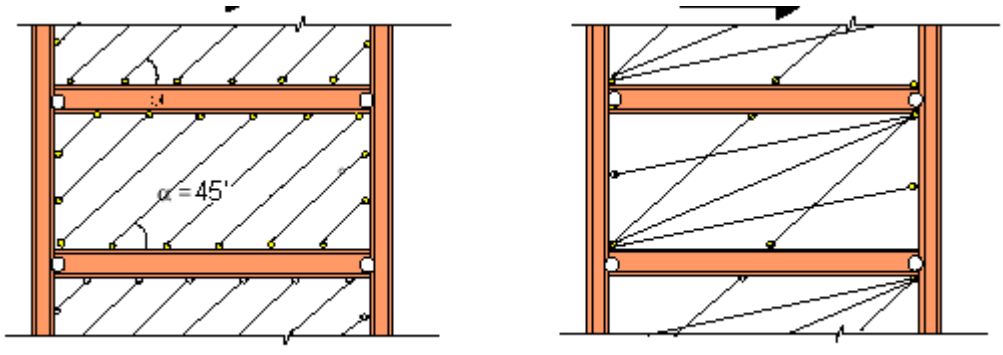
Çelik Perde bağlantı elemanları ve sınır elemanları (yatay ve düşey profiller) aşağıdaki şu kuvvete göre boyutlandırılırlar [10];

$$E_M = \Omega_o Q_E \pm 0.2 S_{DS} D \tag{8.61}$$

8.4.3 Çelik Perdelerin Modellenmesi

Kompakt çelik perdele, izotropik malzeme olarak shell elemanlarla modellenebilirler çünkü bu elemanlarda burkulmadan önce kesme akması oluşur. Bu shell elemanların en azından 4x4 meshlik sistemle modellenmesi uygun olur.

Non-kompakt çelik perdeler için izotropik malzeme özellikleri geçerli olmaz. Bunların, shell elemanlarda anizotropik malzeme özelliği içeren bilgisayar programlarında modellenmesi gerekir. Şayet bu mümkün değilse, Kanada'lı araştırmacıların önerdiği gibi çelik perdeler, çekme bölgesinde kafes elemanlarla idealleştirilebilirler (şekil 8.32).



a) Driver et al, 1983 b) Rezal, 2000

Şekil 8.32 Çelik perdeleri kafes sistem gibi kurgulayan iki model

9. MEVCUT BETONARME YAPILARIN DURUMU VE GÜÇLENDİRME STRATEJİLERİ

9.1 Giriş

Yapılar, deprem kuvvetleri altında inelastik davranış göstereceklerinden dolayı maksimum deplasmanların hesaplanabilmeleri için eşdeğer elastik yatay kuvvet prosedürü etkin bir metot olmaz. Bu bağlamda, yapıların güçlendirme projelerinin hazırlanması için ATC 40'da bir takım hesap prosedürü verilmiştir. ATC 40 mevcut yapının durumunun anlaşılması için performans elemanları, zemin-yapı ilişkisi, güçlendirme stratejileri, non-lineer statik analiz gibi konu başlıkları altında çalışmaların yapılmasını tavsiye eder ve bu çalışmalarla ilgili bilgiler içerir. Yapının deprem yükleri altındaki davranışını belirlemek için SAP 2000 analiz programından istifade edilebilir. Bu analiz programı ATC 40 (betonarme yapılar için) ve FEMA 273'e (çelik yapılar için) göre elastoplastik analiz yapabilmektedir. Mevcut yapının yatay yük kapasitesinin ve güçlendirme projesinin sınır değerlerinin hesaplanmasında bu bölümde bazı hesap ilkeleri hakkında bilgiler verilecektir.

ATC 40'da yapılar beş ayrı yapısal performans seviyesine ayrılmıştır. Bu performans seviyeleri sayesinde, yapının hangi kategoride olacağı belirlendikten sonra, güçlendirme stratejisi ve güçlendirmenin sınırları belirlenir. Bu performans seviyeleri şunlardır:

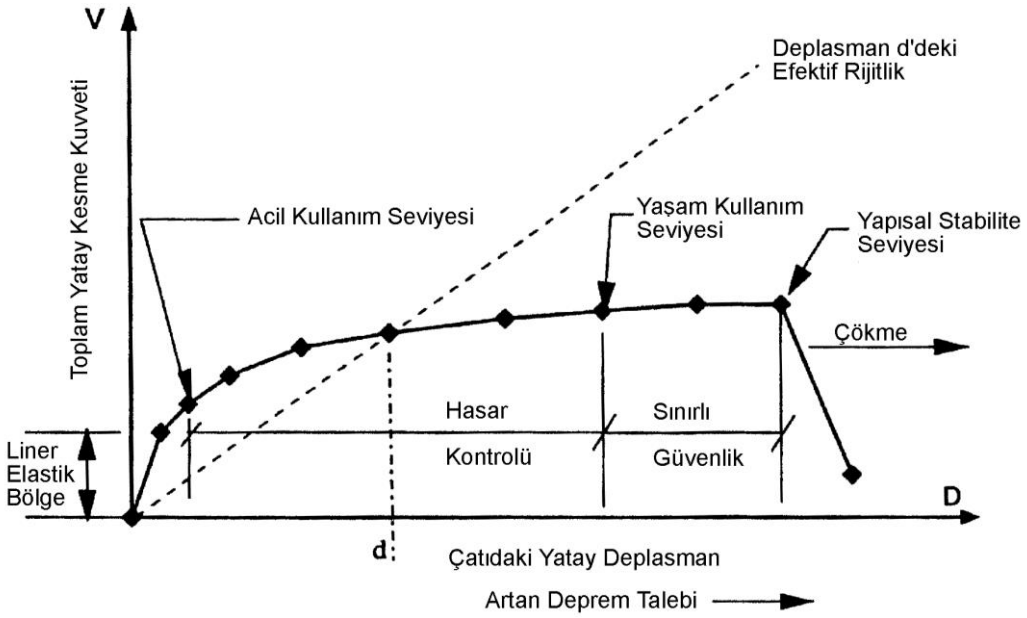
1. **Acil Kullanım (Immediate Occupancy), SP1 :** Bu kategorideki yapılarda son derece sınırlı hasarların oluşmasına izin verilir. Bu tür yapılar için hastaneler örnek verilebilir. Bu tür yapıların oldukça rijit hale getirilmeleri öngörülmektedir.

2. **Hasar Kontrolü (Damage Kontrol), SP2 :** Pek spesifik bir seviye değildir. Yapının SP1 ile SP3 arasında bir noktada hasara uğraması istenir. Bu tür binalara örnek olarak tarihi yapılar gösterilebilir.

3. **Yaşam Güvenliği (Life Safety), SP3 :** Bu seviyedeki yapılarda önemli deprem hasarları olması beklenir. Bununla birlikte kalıcı ve önemli yapısal göçmeler de olabilir. Ama insanların can kaybının muhakkak önlenmesi gerekir. Mevcut konutlar bu kategoride değerlendirilebilir.

4. **Sınırlı Güvenlik (Limited Safety), SP4 :** Bu kategorideki yapılarda hasar seviyeleri SP3'dekilerden daha kötü ve SP5'dekilerden de daha iyidir.

5. **Yapısal Stabilite (Structural Stability), SP5 :** Bu seviyedeki yapılar tamamen veya kısmen göçme durumundadırlar. Yapı rijitliği ve dayanımında, yapı göçmese dahi, önemli düşüşler olur. Buna rağmen bütün önemli elemanlar zati ağırlıkları taşıyabilmektedirler. Bu yapıların onarımı ve güçlendirilmesi ekonomik olmaz.

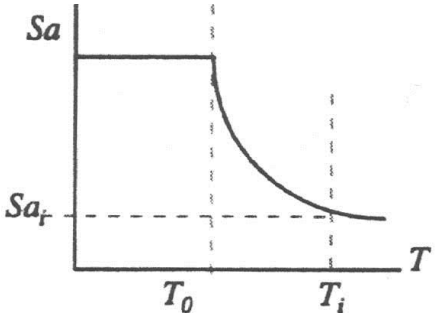


Şekil 9.1 Yapı performans seviyeleri

9.2 Güçlendirme Stratejileri

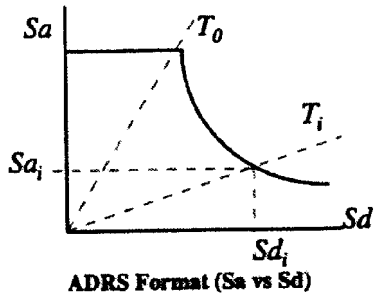
Mevcut şartnamelere göre yapılan geleneksel güçlendirme projeleri yapı için optimal çözümün bulunmasını sağlamazlar. Maliyetler ve projeler için önemli olan bu optimal çözümler için performans analizinin yapılması gerekir [11]. Bu performans analizinin sonuçlarına göre yapıdaki rijitlik artımları veya dayanım artımlarına karar verilmesi daha kolay ve uygun hale gelir. Yapının elastoplastik analizi (ATC 40

bölüm 8'e göre) yapılarak P-δ eğrisi elde edilir ve yapı hakkında gerçekçi bilgilere ulaşılır. Bundan sonra yapılacak olan işlem P-δ eğrisinin ADRS formatına çevrilmesidir. ADRS formatı, ayni grafik üzerinde ivme-zaman ve P-δ eğrilerinin gösterimidir. ADRS formatı Sa-Sd eğrisi ve P-Sd eğrisi ile oluşur. Bu yüzden mevcut ivme-zaman ve P-δ eğrilerinin dönüşümlerinin yapılması gerekir. Bu dönüşümler aşağıdaki şekilde yapılır:



Şekil 9.2 S_a-T eğrisi

Sa-T eğrisinde Sa-Sd eğrisine geçiş için $S_{di} = \frac{Ti^2}{4\pi^2} * S_{ai}g$ değerleri hesap edilir ve



Şekil 9.3 S_a-S_d eğrisi

eğrisi elde edilir. Burada:

$$S_{ai}g = \frac{2\pi}{Ti} * S_v \text{ ve } S_{di} = \frac{Ti}{2\pi} * S_v \text{ 'dir.} \quad (9.1)$$

P-δ eğrisinin S_a-S_d'ye dönüşümü için:

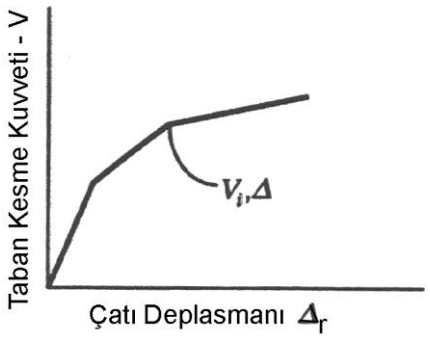
$$S_{ai} = \frac{V_i / W}{\alpha_1} \text{ ve } S_{di} = \frac{\delta_{çatı}}{PF1 * \phi 1, çatı} \quad (9.2)$$

değerleri hesap edilerek S_a-S_d eğrisi üzerinde bulunan noktaların birleştirilmesiyle ADRS formatına dönüşüm tamamlanır. α_m ve PF_m değerleri aşağıdaki gibi

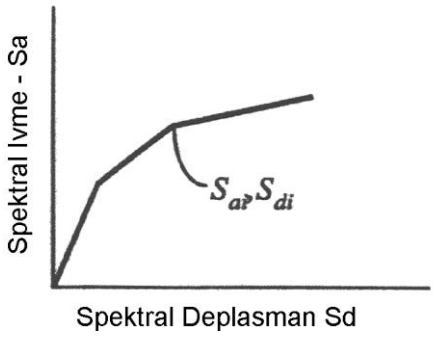
hesaplanırlar:

$$PF_m = \frac{\sum_{i=1}^{N}(Wi\phi im)/g}{\sum_{i=1}^{N}(Wi\phi^2 im)/g} \tag{9.3}$$

$$\alpha_m = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(Wi\phi im)/g\right]^2}{\left[\left[\sum_{i=1}^{N}Wi/g\right]\sum_{i=1}^{N}(Wi\phi^2 im)/g\right]} \tag{9.4}$$



Şekil 9.4 Kapasite eğrisi



Şekil 9.5 Kapasite spektrumu

Elde edilen bu grafik sayesinde yapının performans noktası tespit edilir. Yapı kapasitesi bu şekilde belirlendikten sonra yapılacak iş güçlendirmenin derecesinin tespitidir. Bu tespit ATC 40'da şu şekilde verilmiştir:

Arzu edilen taban kesme kuvveti;

$$V_{gerekli} = \frac{S_{au}'}{S_{au}} * V_u \quad (9.5)$$

Burada;

$V_{gerekli}$ = Güçlendirilmiş yapıda arzu edilen nihai taban kesme kuvveti kapasitesi,

S_{au}' = Arzu edilen performans noktasındaki spektral ivme,

S_{au} = Orijinal yapının nihai spektral ivmesi,

V_u = Orijinal yapının taban kesme kuvveti.

Arzu edilen periyod;

$$T' = 0.32 * \sqrt{\frac{S_{d\%5}}{S_{a\%5}}} \quad (9.6)$$

Burada;

T' = Güçlendirilmiş yapı için hedeflenen periyod,

$S_{d\%5}$ = Hedef deplasman (inch),

$S_{a\%5}$ = Hedef deplasman çizgisi ile elastik spektrum eğrisinin çakıştığı noktadaki spektral ivme.

Arzu edilen rijitlik;

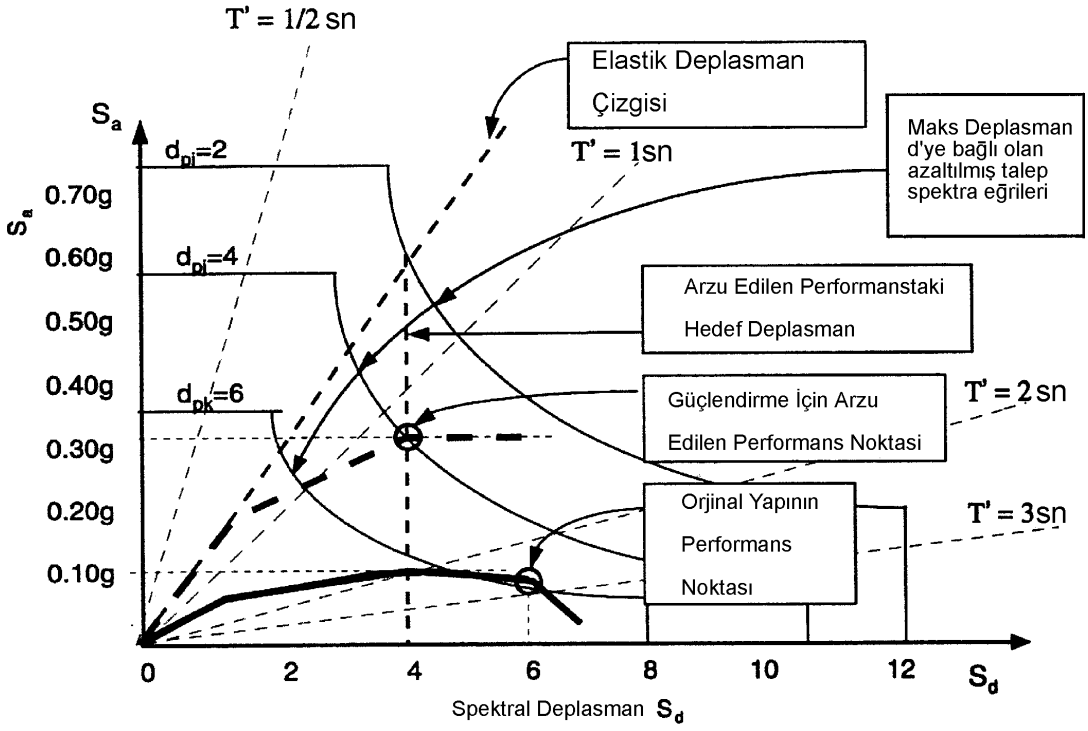
$$K_r = K_i * \left[\frac{Ti}{T'}\right]^2 \quad \text{olarak hesap edilir.} \quad (9.7)$$

Burada;

K_r = Güçlendirilmiş yapı için gerekli rijitlik,

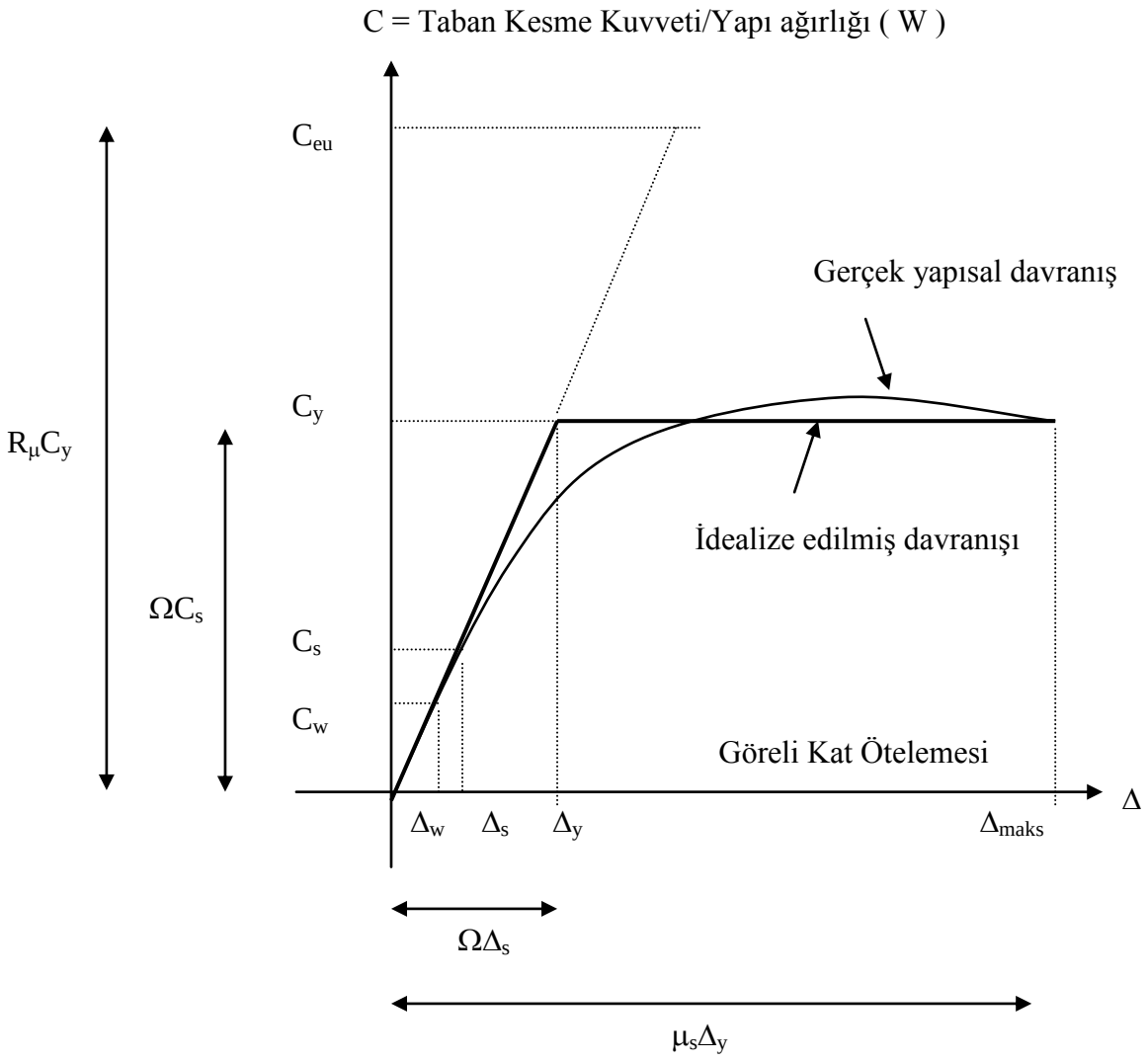
K_i = Orijinal yapının rijitliği,

T' = Güçlendirilmiş yapının periyodu.



Şekil 9.6 Azaltılmış spektrum eğrileri ile arzu edilen seviye için hedef deplasmanın elde edilişi

10. BETONARME - ÇELİK KARMA SİSTEMİNİN TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISININ SAPTANMASI



Şekil 10.1 Yapı elastoplastik eğrisi ve onun elastik yük altındaki davranış eğrisinin durumu

- Yapısal süneklik faktörü

$$\mu_s = \Delta_{maks} / \Delta_y \quad (10.1)$$

- Süneklik azaltma katsayısı

$$R_\mu = C_{eu} / C_y \quad (10.2)$$

Elastik sistem yük seviyesi C_{eu}, C_y akma değerine R_μ katsayısına bölünerek düşürülür. Burada R katsayısı, sistemin Δ_y akma deformasyon sınırının ötesinde histerik enerji yutma kapasitesi ile ilgilidir.

- Yapısal mukavemet rezervi

$$\Omega = C_y / C_s \quad (10.3)$$

C_s ilk plastik mafsal oluşumu ve C_y akma seviyesi arasında mevcut rezerv mukavemet katsayısıdır.

Yapısal mukavemet rezervi şu faktörlerden dolayı oluşur:

1. Plastikleşme nedeniyle iç kuvvet dağılımındaki değişimler.
2. Standartlarca öngörülen birden fazla yük kombinezonları.
3. Boyutlandırma ve detaylandırma konusunda standartlarca öngörülen minimum koşullar.
4. Boyutlandırma sırasında kullanılan malzeme mukavemetinin üstünde oluşan gerçek mukavemet değerleri.
5. Deplasman sınırlandırmaları.
6. Öngörülenin üstünde eleman enkesit boyutları.
7. Gerilme pekleşmesi.
8. Boyutlandırma sırasında yük taşıyıcı olarak hesaba katılmayan elemanlar.

- Emniyet faktörü

$$C_w = C_s / Y \tag{10.4}$$

Emniyet gerilmesi esaslı boyutlandırma için boyutlandırma yükü seviyesi C_w, C_s'nin Y faktörüne bölünmesinden elde edilir.

- R'nin elde edilişi;

$$R = \frac{C_{eu}}{C_w} = \frac{C_{eu}}{C_y} \frac{C_y}{C_s} \frac{C_s}{C_w} = R_\mu \Omega Y \tag{10.5}$$

Elastik dizayn spektrum değerleri, yapının düktillik kapasitesi ve mukavemet rezervini hesaba katmak için R taşıyıcı sistem katsayısına bölünürek C_w'ye karşı gelen yatay yüklerin elde edilmesi ile sistem lineer elastik matematik model gibi çözülerek boyutlandırma işlemi yürütülür [12,21].

11. ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ İNCELENMESİ ve YETERSİZ YAPILARIN GÜÇLENDİRME PROJELERİNİN HAZIRLANIŞI

11.1 Giriş

Dünyanın çeşitli bölgelerinde meydana gelen depremler, mevcut bir çok yapının hasar almasına ve yıkılmasına, dolayısıyla büyük çapta can ve mal kaybına sebebiyet vermişlerdir. Bu kayıpları ortadan kaldırmak için çeşitli ülkelerde deprem mühendisliğine yönelik şartnameler gözden geçirilmiş ve bu şartnamelerin yetersizlikleri yeni şartnamelerle giderilmiştir. Dünyada yaşanan bu gelişmeler ülkemize de yansımış ve 1975 tarihinden beri yürürlükte olan Deprem Yönetmeliği 1997'de yinelenmiştir. Yeni deprem yönetmeliğinin içerdiği ağır şartlara, eski yönetmeliklerle projelendirilmiş yapılar uyum gösterememektedir. Bu durum karşısında bu tarz eski yapıların yeni koşullara göre kontrolü ve gerekirse güçlendirilmeleri can ve mal kaybının önlenmesi için zorunlu hale gelmiştir. Bütün bu gelişmelere paralel olarak ülkemizin 1999'da yaşadığı Kocaeli ve Düzce Depremleri acı birer tecrübe olarak mevcut yapıların güçlendirilmesi gereksinimlerini net bir şekilde ortaya çıkarmışlardır.

Bu bölümde, yukarıda da bahsedildiği gibi yeni koşulların mevcut bir yapı üzerindeki etkisi ve bu yapının günümüz koşullarına uyumlu hale getirilmesi incelenecektir.

11.2 Yapının Tanıtımı

İncelenen yapı; İstanbul ili, Kadıköy İlçesi, Caferağa Mahallesi, Yusuf Kamil Paşa Sokak (Barış Manço Sokak, Moda), 37 pafta, 1234 ada, 6 parselde yer alan 3 kapı nolu Eti Apartmanı'dır. Bina; 2 bodrum kat, 1 zemin katı ve 4 normal kattan oluşan 7 katlı, betonarme konut olarak 1969 yılında projelendirilmiş ve 1970 yılında inşa edilmiş bir yapıdır. Yapının 2. bodrum katı sığınak, kapıcı dairesi, kalorifer dairesi ve 2 normal daireden, bunun yanı sıra diğer tüm katlar 3 daireden oluşmaktadır. 1.

bodrum kat kalıp planının 3 ve diğer katların kalıp planlarının 4 tarafında 1.5 metrelik çıkmalar vardır. Binanın çatısı ahşap taşıyıcılar üzerine kiremit kaplamasından oluşmaktadır.

Yapı taşıyıcı sistemi, kolon-kiriş ve normal döşemeden oluşan betonarme çerçevedir. Kolon boyutlarının nerdeyse her katta değişiklik gösterdiği yapıda döşemeler; balkonlarda 15cm, normal kat salonlarında 12cm ve diğer tüm mahallerde 10cm'dir. Yapının çerçeve sistemi oluşturulurken mimari kurgu dikkate alınmış ve tüm kirişler bölme duvarların (boşluklu tuğladan) olduğu akslara yapılmıştır. Bu yüzden yapının çerçeve sisteminde kiriş-kiriş birleşimlerine sıkça rastlanmaktadır. Özellikle çıkmaların olduğu yerlerde, boylama kirişleri konsol kirişlerinin arasına yapıldığından kolon-kiriş çerçeve kurgusu mevcut olamamıştır.

Binada gözlemlere dayalı olarak yapılan araştırmalarda bodrum katlarında herhangi bir korozyonun olmadığı ama bazı kirişlerde ise çatlakların olduğu görülmüştür. Yapının durum tespitinin daha ayrıntılı yapılabilmesi için yapılacak çalışmada, orijinal mimari, statik ve betonarme projeleri kullanılmıştır. Statik ve betonarme hesaplarda yapı malzemesi BS 16-BÇ I'dir. Bu çalışmada da ayni malzeme değerleri kullanılacaktır. Yapı, 1997 ABYYHY'e göre 1. derecede deprem bölgesindedir ve yapının zemin sınıfı Z2'dir.

11.3 Mevcut Yapının ABYYHY'e Göre İncelenmesi

Yapının matematik modeli bir sonlu elemanlar programı olan ve dünyanın hemen her yerinde kullanılan SAP2000 analiz programı ile oluşturulmuştur. SAP2000 programı kullanılarak yapının dinamik analizi yapılmıştır. Yapının, ABYYHY'de belirtilen maddelere uyması Eşdeğer Deprem Yüküne Göre Hesabı mümkün kılmış ve hesaplarda deprem yükleri bu yöntemle belirlenmiştir. Kiriş ve kolonlar frame (çubuk) eleman olarak tariflenmiştir. Bununla birlikte betonarme yapıda ise ilave perdeler, ayrı iki dosyada shell eleman ve frame (çubuk) eleman olarak tariflenmiştir. Bunun nedeni, shell elemanlarda perde eğilme momentlerinin okunamaması ve çubuk elemanlarının da tariflenen rijitliklerinin doğruluğunun kontrol edilebilmesidir.

Yapının dinamik analizi için kat kütleleri SAP2000'in, rijit kabul edilen diyaframlar için kullandığı master jointlerde tanımlanmıştır. Programın diyafram özelliği de kullanılarak ayni kattaki tüm düğüm noktaların birlikte hareketi sağlanmıştır. Yatay yük analizi için spektral ivme değerleri ABYYHY'de belirtilen Z2 sınıfı için hesaplanmış ve 14 mod kullanılarak yapının dinamik analizi yapılmıştır. Bu analizden elde edilen periyodlar yapının gerçek periyodları olduğundan eşdeğer deprem yükü hesabında bu değerler kullanılmıştır. Yapının durumunun belli olması için 1.4G+1.6Q, G+Q±E ve 0.9G±E yük kombinasyonları değerlendirilmiş ve bunlardan çıkan sonuçlar tablolaştırılmıştır. Bu kombinasyonları oluşturmak için yapının zati ve hareketli yükleri kirişler üzerinde tanımlanmışlardır. Bu yükler; kiriş zati, döşeme zati, döşeme hareketli, tuğla10 ve tuğla15'dir. Döşeme yükleri düzgün ve trapozatial yayılı yük kabulüne göre ilgili kirişlere dağıtılmıştır. Yapı duvarları, iç kısımlarda 10cm, dış cephelerde ise 15cm'lik boşluklu tuğlalardır. Bu duvarların yükseklikleri mimari planlardan tespit edilmiş, gerekli yerlerde kapı ve pencere gibi boşluklar duvar yüklerinden çıkarılmıştır. Bu yük kombolarına göre bulunan kesit tesirleri altında yapının mevcut kesit ve donatılarının durumu belirlenmiş ve sonuçları tablolarda özetlenmiştir. Oluşan bu durum çerçevesinde yapının güçlendirilmesi durumu netlik kazanmıştır.

11.4 Mevcut Yapının Analizi

Yük Analizi [25];

- Döşemelerde;

  parke= 8*0.02= 0.16kN/m²

  kaplama= 0.05*20= 1.0kN/m²

  BAP= 25*10= 2.5kN/m²

  sıva= 2*0.22= 0.44kN/m²

  ∑ g= 4kN/m²

  q= 2kN/m²

- Kirişlerde (örnek olarak K102 kirişinin yük analizi yapılacaktır);

  Kiriş zati ağırlığı= 25*0.2*0.5= 2.5kN/m

  Duvar (15'lik tuğla)= 3.2*1.0+0.5*1.6= 4kN/m

  D102 döşemesinden G= 4.35kN/m (yamuk yük)

  D102 döşemesinden Q= 2.17kN/m (yamuk yük)

Burada duvar yüksekliği 1m ve pencere yüksekliği 1.6m'dir. 15'lik tuğlanın ağırlığı 3.2kN/m² ve pencerenin ağırlığı da 0.5kN/m² olarak alınmıştır. Döşemelerde ise yük;

kısa kenarda G= $\frac{P_{lk}}{3}$,

uzun kenarda G= $\frac{P_{lk}}{3}(\frac{3}{2}-\frac{1}{2*m^2})$ ($m=\frac{l_u}{l_k}$) şeklinde hesaplanmıştır [27].

Yapının Deprem Katsayısı A_o= 0.4,

Deprem Yapı Tipi Katsayısı R= 4 (süneklik düzeyi normal yapı),

Deprem Yapı Önem Katsayısı I= 1,

Zemin Periyodu T_A =0.15sn – T_B= 0.40sn ve

Hareketli Yük Katsayısı n= 0.3'dür.

Tx= 1.06sn, Ty= 0.95sn (SAP2000'den).

S(T)= 2.5*(T_B/T)$^{0.8}$ ≅1.2

A(T)= A_o*I*S(T)= 0.4*1.0*1.2= 0.48

V_t= W*A(T)/R= 30340*0.48/R= 14560/R (R= 4 ⇒ Vt= 3640kN)

V_t > 0.1*A_o*I*W_t= 0.1*0.4*1.0*30340= 1214kN [17].

NOT: Bu kuvvetler SAP2000'de, G+Q±E ve 0.9G±E kombolarında 4'e bölünmüştür.

Tablo 11.1 Kat Kesme Kuvvetleri (kN) ve Kat Kütleleri (kNsn²/m)

KAT	F	h(m)	Fh	V*Fh/ΣFh	$M_{e\%5x}$	$M_{e\%5y}$	KÜTLE
4.N.K.	3750	19.9	74630	3180	3340	3600	383
3.N.K.	4550	17	77350	3300	3460	3740	464
2.N.K.	4620	14.1	65140	2780	2920	3150	470
1.N.K.	4630	11.2	51860	2210	2320	2500	472
Z.K.	4660	8.3	38680	1650	1730	1870	475
1.B.K.	4420	5.4	23870	1020	990	1160	450
2.B.K.	3710	2.6	9650	410	370	400	379
∑	30340		341180				

Tablo 11.2 Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

KAT	X-X doğ.	Δx	Y-Y doğ.	Δy	Δmaks
2.B.K	0.363cm	0.363	0.291cm	0.291	0.91cm
1.B.K.	1.160cm	0.797	0.932cm	0.641	0.98cm
Z.K.	2.200cm	1.040	1.804cm	0.872	1.015cm
1.N.K.	3.355cm	1.155	2.761cm	0.957	1.015cm
2.N.K.	4.507cm	1.152	3.682cm	0.921	1.015cm
3.N.K.	5.525cm	1.018	4.500cm	0.818	1.015cm
4.N.K.	6.220cm	0.695	5.056cm	0.556	1.015cm

$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.0035$ veya $(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.02 / R$'den elverişsiz olanı sağlanmalıdır.

$(\Delta_i)_{maks} / h_i = 1.155 / 290 = 0.00398 \cong 0.0035$ (1.N.K.)

İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

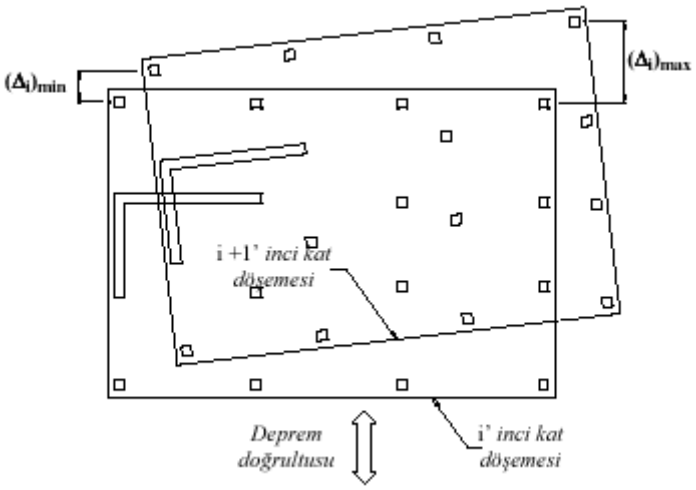
$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort}\sum_{j=1}^{N} W_j}{V_i h_i} \leq 0.12$$ şartı sağlanmalıdır.

Tablo 11.3 Mevcut yapı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

KAT	$(\Delta_i)_{x\ ort}$	$(\Delta_i)_{y\ ort}$	$\sum$Wi (kN)	V_i (kN)	h_i (cm)	θ_{ix}	θ_{iy}
4.N.K.	0.695	0.556	3750	795	290	0.011	0.009
3.N.K.	1.018	0.818	8300	1620	290	0.018	0.014
2.N.K.	1.152	0.921	12920	2315	290	0.022	0.018
1.N.K.	1.155	0.957	17550	2868	290	0.024	0.020
Z.K.	1.040	0.872	22210	3281	290	0.024	0.020
1.B.K.	0.797	0.641	26630	3536	280	0.021	0.017
2.B.K.	0.363	0.291	30340	3639	260	0.012	0.009

Tablolardan da görüldüğü gibi göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe değerleri ABYYHY'de belirtilen sınırlar içersinde kalmaktadır.

A1-Burulma Düzensizliğinin Kontrolü;



Şekil 11.1 A1-Burulma düzensizliği

$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks} / (\Delta_i)_{ort} < 1.2$ koşulu sağlanmalıdır.

$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{min}]$

Tablo 11.4 Mevcut yapı A-1 burulma düzensizliğinin kontrolü

KAT	$(\Delta_i)_{min\ x}$	$(\Delta_i)_{maks\ x}$	$(\Delta_i)_{ort\ x}$	$(\Delta_i)_{min\ y}$	$(\Delta_i)_{maks\ y}$	$(\Delta_i)_{ort\ y}$	$\eta_{bi\ x}$	$\eta_{bi\ y}$
4-3.NK	0.58cm	0.81cm	0.70cm	0.42cm	0.69cm	0.56cm	1.16	1.23
3-2.NK	0.86cm	1.18cm	1.02cm	0.57cm	1.02cm	0.80cm	1.06	1.28
2-1.NK	0.98cm	1.32cm	1.15cm	0.67cm	1.15cm	0.91cm	1.15	1.26
1.NK-ZK	1.06cm	1.26cm	1.16cm	0.73cm	1.15cm	0.94cm	1.08	1.22
ZK-1.BK	0.96cm	1.10cm	1.03cm	0.68cm	1.07cm	0.88cm	1.07	1.22
1-2.BK	0.73cm	0.87cm	0.80cm	0.51cm	0.72cm	0.62cm	1.09	1.16

Tablodan da görüldüğü üzere mevcut yapı, X-X doğrultulu deprem yükü için burulma kriterini sağlıyor ama Y-Y doğrultulu deprem yükü için η_{bi} katsayısı istenilen sınırların dışına çıkıyor. Bu durumda bu kata uygulanan ± %5 ek dışmerkezlik $D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2$ katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir. Ama mevcut yapı zaten yetersiz olduğu için bu koşula göre hesaplar tekrarlanmamıştır.

11.5 Mevcut Yapı Kirişlerinin Betonarme Hesabı

Kirişlerin betonarme hesabı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma Grubu tarafından 2001'de hazırlanan abağa göre yapılmıştır. Burada örnek olarak bir kirişin açıklık ve mesnet donatı hesabı yapılmış ve diğer elemanların donatıları bir tabloda gösterilerek mevcut donatılarının durumu hakkında bilgi verilmiştir. Ayni şekilde bir kirişin etriye hesabı da örnek olarak verilmiş ve diğer elemanların etriye durumları da yine ayni tabloda belirtilmiştir. Kiriş kesme kuvvetleri mesnetten a/2+d kadar mesafede, moment değerleri de mesnetten a/2 kadar mesafede alınmıştır. a/2

burada kolon yarı kesit uzunluğu, d ise kiriş faydalı yüksekliğidir [23,24]. Örnek olarak K102 kirişinin betonarme hesabı yapılacaktır.

K102 (20/50) kirişi kesit tesirleri;

$M_{m\ sol}$ = 86kNm $M_{m\ sağ}$ = 108kNm

$M_{aç}$ = 16kNm V_d = 68kN

- Sol mesnette hesap

$$K=\frac{b_w * d^2}{M_{sd}}=\frac{0.2*0.48^2}{86}=54*10^{-5} \longrightarrow k_s=5.92\ ,\ k_x=0.286$$

X= k_x*d= 0.286*48= 13.728 cm< 40cm (dikdörtgen kesit)

$$A_s=\frac{k_s * M_{sd}}{d}=\frac{5.92*86}{0.48}=1060mm^2$$

- Sağ mesnette hesap

$$K=\frac{b_w * d^2}{M_{sd}}=\frac{0.2*0.48^2}{108}=43*10^{-5} \longrightarrow k_s=6.11\ ,\ k_x=0.333$$

X= 0.333*48=16cm < 40cm (dikdörtgen kesit)

$$A_s=\frac{k_s * M_{sd}}{d}=\frac{6.11*108}{0.48}=1375mm^2$$

- Açıklıkta hesap

b_w= 0.20+3.25/10= 0.52m

$$K=\frac{b_w * d^2}{M_{sd}}=\frac{0.52*0.48^2}{16}=749*10^{-5} \longrightarrow k_s=5.40\ ,\ k_x=0.050$$

X= 0.05*48= 2.4cm < 10cm (dikdörtgen kesit)

$$A_s=\frac{k_s * M_{sd}}{d}=\frac{5.4*16}{0.48}=180mm^2$$

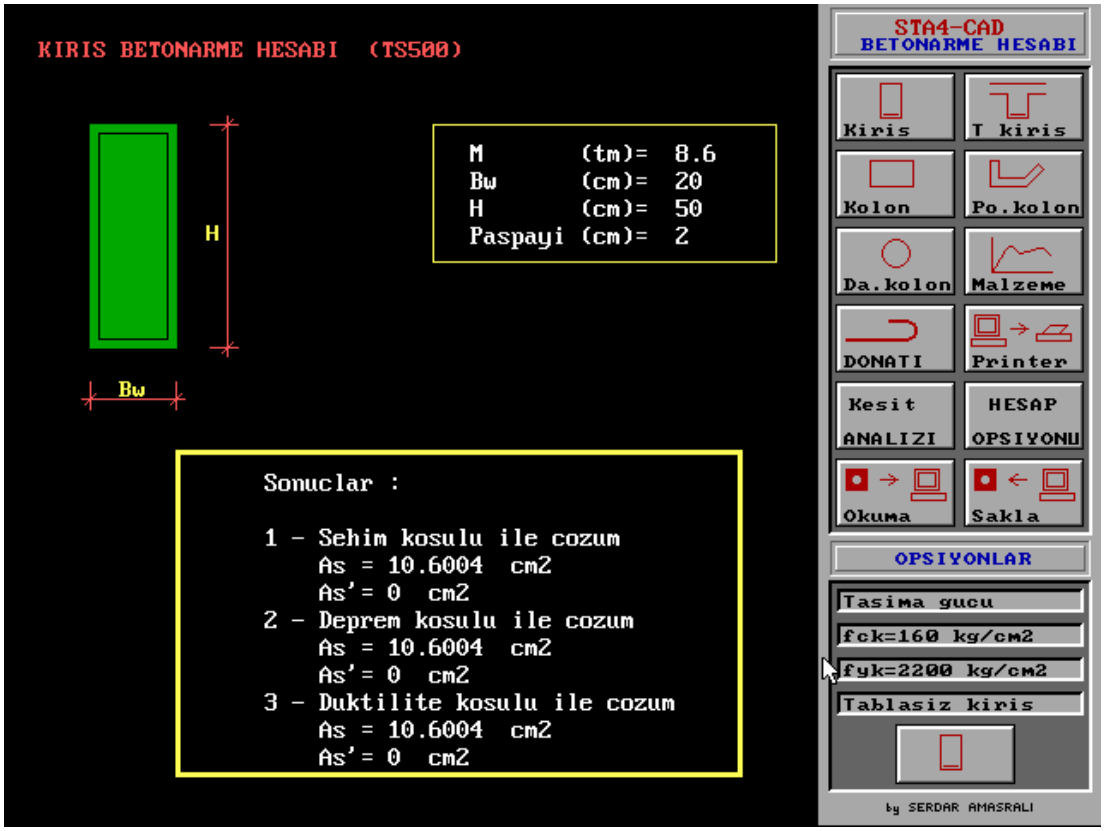
- $V_r = 0.80V_{cr} + V_{ws}$

$V_{cr} = 0.65f_{ctd}b_wd$

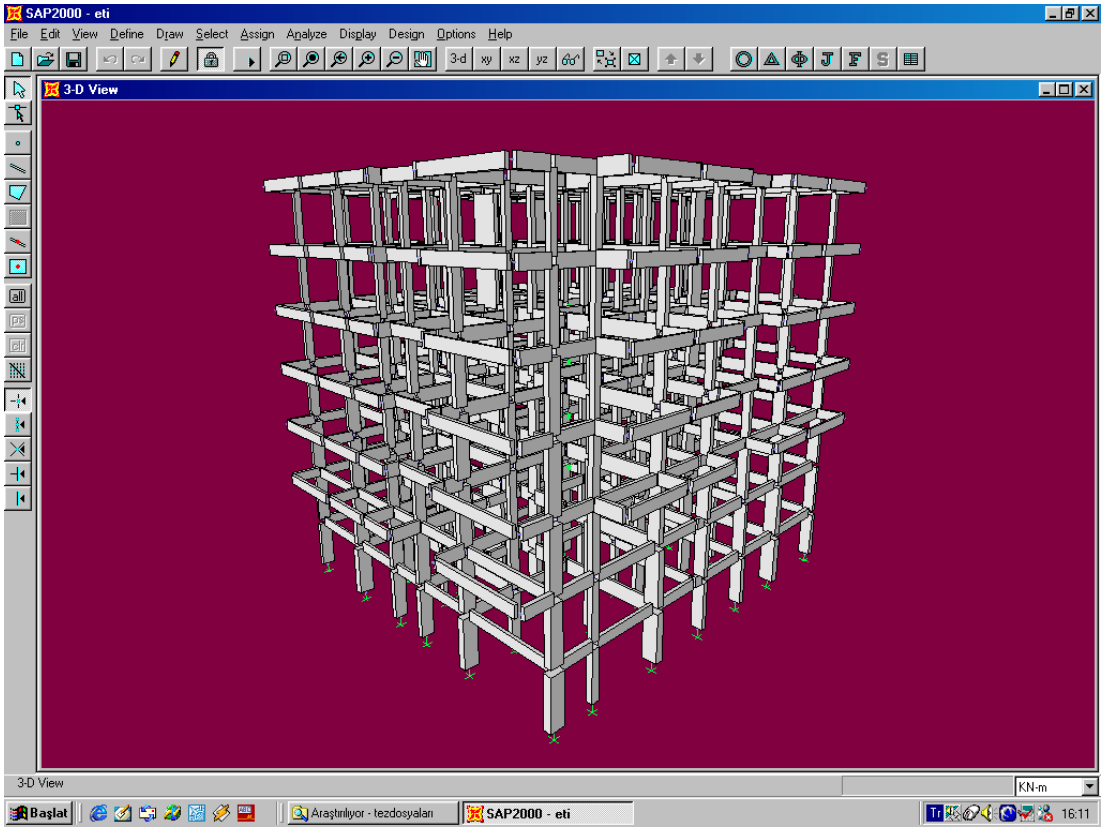
$$V_{ws} = \frac{nAsw}{S} f_{ywd}d$$

$V_r = 0.80*0.65*9*20*48 + 2*0.50*48*1910 / 20 = 9077kg = 91kN$ (etr ϕ8/20)

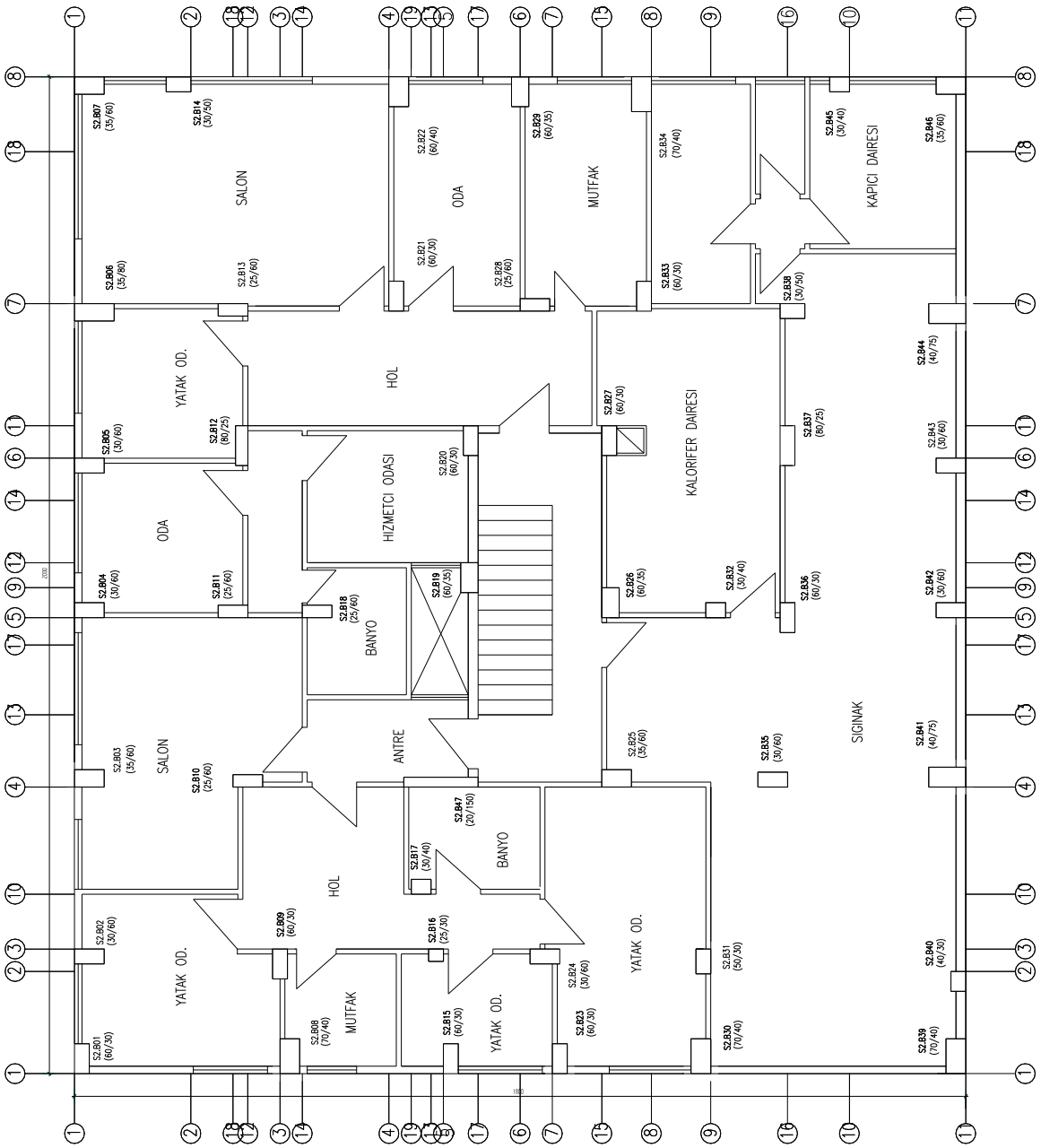
Bundan sonra ise hesaplar, Betonarme Analiz Programı olan STA4CAD'de yapılmıştır. Bu programda da ayni kirişin, ileride de kolonun betonarme hesabı yapılmış ve elle yapılan hesabı tutmuştur. Bundan sonraki tüm betonarme yapı elemanlarının kesit hesapları bu programda hazırlanmıştır [24,29].



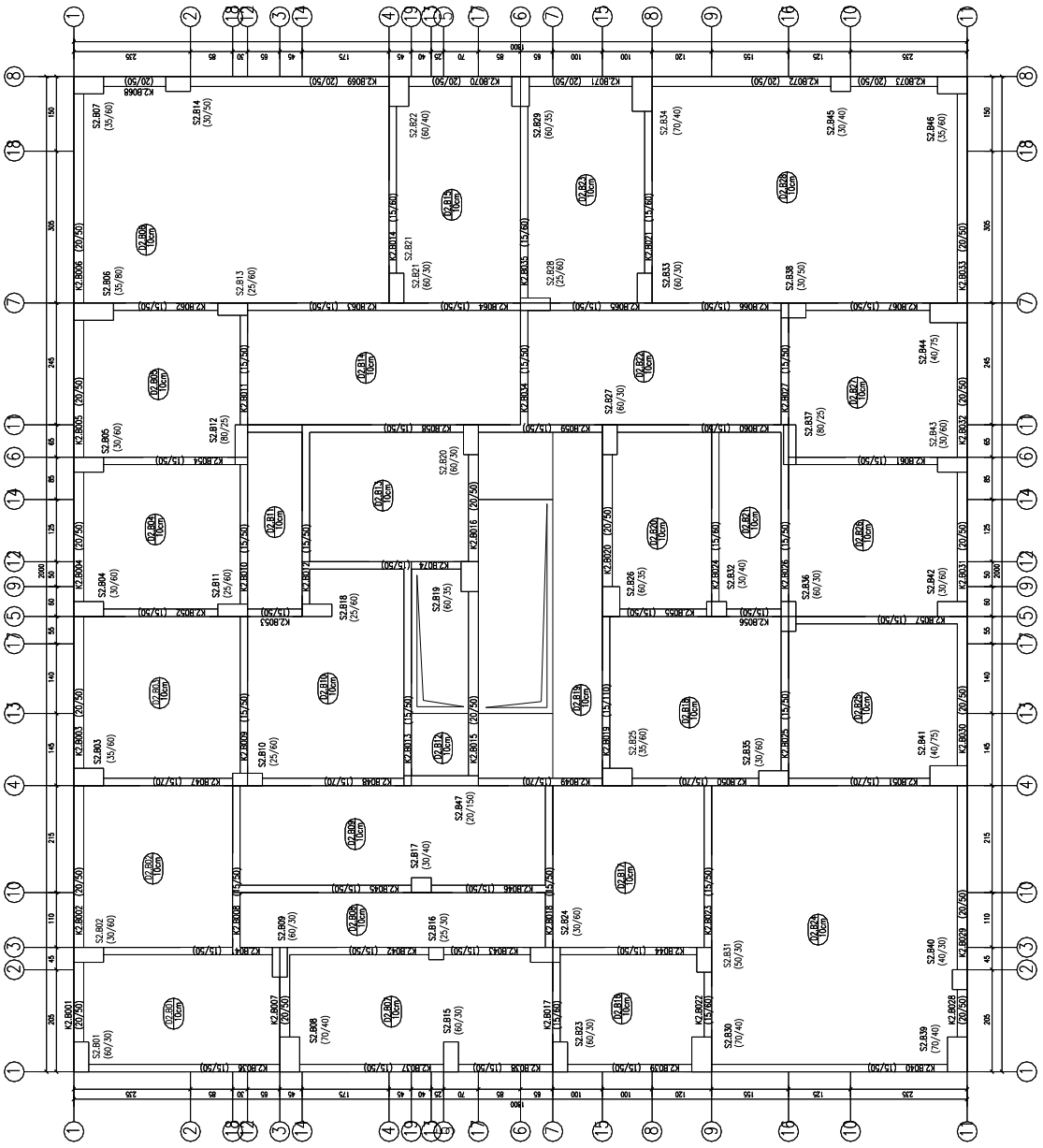
Şekil 11.2 STA-4CAD programında K102 kirişi sol mesnette hesap değerleri



Şekil 11.3 Mevcut Yapı SAP2000 modeli



Şekil 11.4 Mevcut Yapı 2.BK Planı



Şekil 11.5 Mevcut Yapı 2.BK Tavanı Kalıp Planı

Tablo 11.5 Mevcut yapı kiriş kesit tesirleri

MEVCUT YAPI KİRİŞ KESİT TESİRLERİ (birim kN-m)																
KİRİŞ NO	BOYUT	YÜKLEME TİPİ														
		1.4G+1.6Q					G+Q+E					G+Q-E				
		Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ
K101	20/50	5,69	4,59	10,8	16,2	20,3	140	31,2	95,3	81,2	107	148	24,8	80,2	104	78,4
K102	20/50	13,9	9,2	16,9	25,5	27,3	67	3,17	108	35,3	72,2	86,4	16	84	70,9	34
K103	20/50	18,4	10,5	17,5	29,2	28,7	78,9	13,5	91,4	29,9	70,3	105	1,04	67	70,7	30,2
K104	20/50	16,5	8,43	14	26,6	25	57,5	6,85	76,8	23,9	60	80,5	4,89	57,3	61,1	25
K105	20/50	11,9	6,56	18,7	22,5	26,9	80	8,52	128	49,7	84,2	96,6	17,7	101	81,2	46,6
K106	20/50	32,9	20,3	25,6	41,9	38,4	87,3	12	132	24,2	80,2	133	16,2	96,5	82,6	26,7
K107	20/50	12,1	5,8	5,02	23,5	17,8	145	5,34	154	105	134	162	2,79	147	138	109
K108	15/50	4,99	35,1	41,1	44,5	53,9	12,3	20,7	75,8	10	57,3	19,3	28,4	17,5	52,2	18
K109	15/50	29,9	15	33	44,5	46,8	40,4	12,7	79,3	3,63	67,1	82	7,94	33,5	65,5	2,04
K110	15/50	33,4	16	39,8	47,3	69,6	46,7	12,6	126	10	94,2	93,1	10,1	70,2	76	24,9
K111	15/50	12,6	6	5,98	27,6	18,7	126	21,6	104	76,3	108	143	13,2	95,5	115	82,4
K112	15/50	55,6	23,9	2,09	84,5	37,7	16,4	51,3	42,8	40,2	42,8	94	17,8	10,1	77,1	9,91
K113	15/50	18,8	45,6	9,5	52,4	43,8	4,89	36,9	14,4	30,9	36,4	31	26,8	1,17	42,3	24,9
K114	15/60	46,1	31,2	45,9	62,1	62	146	19,9	213	42,3	128	210	23,3	149	129	42,4
K115	20/50	6,01	17,6	33,9	33,2	36,2	22,6	15,1	106	0,86	49,9	31,1	40	58	47,5	1,55
K116	20/50	21,7	8,05	8,64	32,6	25,8	167	3,26	193	111	152	197	8	180	157	116
K117	15/60	6,48	2,6	17,8	16,8	25,9	190	35,2	141	117	147	199	31,5	116	141	111
K118	15/50	29,7	17,8	6,96	47,9	30,4	21,1	32,8	17,5	11,9	36,3	62,6	13,6	7,73	55,1	3,05
K119	20/50	26	22,5	45,7	51,1	71,9	124	9,8	185	51,5	137	160	21,3	122	123	37,2
K120	20/50	49,1	25,3	38,1	72,7	57,3	115	14,9	180	28,2	118	183	20,2	128	130	38,7
K121	15/60	43,5	30,8	49,3	60,6	63,4	157	19,8	224	47,6	134	217	22,8	156	132	45,7
K122	15/60	15,5	6,57	18	29,5	40,6	220	20,7	211	152	200	242	11,6	186	193	144
K123	15/50	42,7	22,1	4,72	70,3	33,2	40	41,8	19,8	22,2	49,6	99,1	11,2	13,3	75,1	3,39
K124	15/60	33,9	32,3	1,54	57,1	40,3	51,8	53,5	14,3	16,8	51,1	98,9	8,57	12,2	62,8	5,05
K125	15/50	21,7	19,4	50,2	43,2	90,4	89,9	24,7	155	35,7	130	120	2,14	85,1	95,9	42,5
K126	15/50	40,7	17,6	45,8	58,3	79,8	95,2	31,4	161	24,7	125	152	6,98	97,6	106	45,4
K127	15/50	13,7	5,66	3,61	28,1	18,2	142	20,9	121	89,8	122	161	12,9	113	129	96,7
K128	20/50	6,33	1,33	10	13,7	23,5	187	36	128	143	169	195	34	114	162	136
K129	20/50	23,2	15,9	29,7	49,1	38,1	95,3	1,1	156	32,7	93,2	127	23,1	115	101	40,2
K130	20/50	26,8	13,2	28,5	36	70,3	112	40,6	120	43,2	116	149	26,3	80,2	93,5	60,4
K131	20/50	21,8	8,19	14,2	33,6	25,1	61,9	6,06	86,3	24,6	65,5	92,4	5,31	66,5	71,4	70,5
K132	20/50	10,3	6,64	20,2	21,5	27,9	97,2	11,8	151	62,8	97,4	112	21	123	93	58,4
K133	20/50	32,8	20,1	26,1	41,7	38,5	108	12,7	151	33,6	89,6	153	15,2	115	91,9	35,9
K134	15/50	0,84	5,88	15,8	7,38	19,6	19	14,5	59,8	22,5	41,8	20,2	14,6	37,5	33,2	13,9
K135	15/60	31,9	30,1	48,1	53,9	61,6	76,3	3,53	181	21	101	121	45,2	114	96	15,6
K136	15/50	18,9	15,3	27,5	31	35,1	72,8	11,7	42,5	50,9	4,72	46,4	9,61	80,9	7,59	53,7
K137	15/50	22,2	8,83	12,5	34,6	28,8	82,4	37,2	43,9	60,4	16,2	51,5	13,3	61,3	12,1	56,3
K138	15/50	9,89	2,68	8,01	22	20,3	59,8	1,94	47,5	63,5	34,1	46,1	1,79	58,7	32,9	62,3
K139	15/50	12,8	6,76	17,2	22,5	25,3	62	12,2	56,1	53,6	20,2	44,2	2,78	80,1	22,1	55,5
K140	15/50	49,1	29,9	45,9	51	49,7	91,1	22,5	28,8	58,3	11,7	23	18,9	92,5	12,6	57,5

Tablo 11.6 Mevcut yapı kiriş kesit tesirleri devamı

MEVCUT YAPI KİRİŞ KESİT TESİRLERİ (birim kN-m)																	
KİRİŞ NO	BOYUT	YÜKLEME TİPİ															
		1.4G+1.6Q					G+Q+E					G+Q-E					
		Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ
K141	15/50	47,4	30,3	55,4	61,6	89,8	139	19,2	31,3	86,8	25,7	73,4	53,2	108	0,89	99,6
K142	15/50	42,4	10,1	12,1	54,4	36	81,2	20,5	28,5	64,7	1,82	22,2	14,4	45,2	11	51,9
K143	15/50	11,2	3,5	14,9	28,5	31,8	57,2	34,8	104	94,1	52,2	41,6	29,9	124	54,5	96,4
K144	15/50	33,6	16,8	8,89	48,2	32,8	138	47,6	84,1	97,5	41,1	91	23,6	96,5	30,4	86,8
K145	15/50	4,74	23,2	50,2	39,3	62	7,32	31,6	24,6	37,1	33,4	0,74	25,8	69,9	17,6	52,9
K146	15/50	34	2,32	6,22	45,2	16,9	73,3	20,1	6,61	54,2	11	26	23,3	5,73	8,66	34,5
K147	15/70	28,9	15,8	20	45,3	39,8	232	3,55	169	155	95,4	191	25,5	196	91,5	151
K148	15/70	43,9	27,1	73,3	63,5	111	199	6,37	150	131	9,56	138	31,1	252	42,7	164
K149	15/70	50	17,8	34,5	80,9	61,9	274	29	183	196	100	204	50,6	232	83	187
K150	15/70	54	32	41,4	70,7	67,2	214	50,6	144	143	46,8	139	78,8	201	44,2	140
K151	15/70	41,9	23	37,7	68,8	55	213	32,7	192	159	73,5	155	0,9	244	64	150
K152	15/50	25,1	15,7	21,2	42,1	49,6	125	7,6	86,6	94,7	37,8	90,4	14,2	116	36,1	92,9
K153	15/50	2,87	0,8	4,48	8,,21	12,2	121	5,64	127	184	169	117	5,75	133	172	186
K154	15/50	34,3	17,7	6,58	48,4	31,5	97,8	16,6	11,7	62,2	6,26	50,1	41,1	20,8	5,8	50,1
K155	15/50	13,8	7,21	4,43	28,7	26,3	108	5,65	73,5	99,4	61,1	88,3	15,7	79,6	59,2	97,5
K156	15/50	4,64	0,47	5,19	15,2	12,4	87,2	4,44	88,6	124	105	80,8	3,77	95,8	103	122
K157	15/50	10,2	39,8	18,5	48,1	52,9	17,2	35,6	13,4	43,5	26,5	3,13	19,6	39	23,3	46,7
K158	15/50	67,8	45,7	70,3	90,1	81,8	108	37,1	5,49	87,8	34,4	13,9	37,3	103	37,8	79,3
K159	15/50	32,3	0,9	20,9	44	33,5	104	19	56,5	94,1	38,2	58,9	21,5	85,7	32,4	85,1
K160	15/50	45,8	37,9	37,3	67,3	65,4	88	19,1	40,7	80	12,5	24,2	21,8	92,6	13,6	78,7
K161	15/50	7,48	25,9	43,6	37,9	58	20,6	44,1	37,4	49,4	17,2	10,2	8,21	97,9	3,31	63,3
K162	15/50	31,5	16,5	26	47,1	55,4	203	2,7	135	137	66,4	160	25,5	171	71,9	143
K163	15/50	34,1	15,7	25,2	64,8	47,5	146	7,9	66,9	110	32,5	98,4	29,7	102	20,7	98,5
K164	15/50	25,8	8,88	9,35	43,5	31,1	108	33,4	138	119	16,8	72,3	21,1	151	58,3	110
K165	15/50	16,3	8,38	19,8	36	38,6	157	21,7	76,6	114	62	134	33,3	104	63,8	116
K166	15/50	24	10,7	21,1	43,6	51,8	102	27,3	110	107	40,7	68,7	12,4	140	46,2	112
K167	15/50	37,8	22,7	37,3	66,7	53,6	166	30,2	143	132	48,5	114	1,23	195	39,6	123
K168	20/50	5,64	0,28	12,4	12,1	25,2	167	19,5	115	152	126	159	19,9	132	135	161
K169	20/50	42,8	23,8	32,6	62,3	43,3	125	19,1	77,7	88,1	14,8	65,4	13,9	123	1,84	75,1
K170	20/50	15,7	3,54	6,85	23,1	16,5	143	6,97	108	108	80,7	121	11,9	118	76,1	104
K171	20/50	9,68	3,78	12,4	18,8	20,8	121	12,7	125	107	79,1	107	1,37	143	50,5	108
K172	20/50	36,3	20	25,5	43,6	51,8	132	8,04	77,1	80,6	14,4	81,1	19,7	115	19,9	86,1
K173	20/50	12,7	2,59	10,1	29,1	18,3	114	23,8	142	128	95	35,8	20,2	156	87,6	121

Tablo 11.7 Mevcut yapı kirişlerinin durumu

MEVCUT YAPI KİRİŞLERİNİN DURUMU													
KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				GEREKLİ DONATI				MEVCUT DONATI MİKTARI			
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR.	SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR.				
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR.
K101	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	7,63	3,53	11,2	ϕ8/15	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K102	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	10,6	1,8	13,8	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K103	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	9,9	1,5	11,3	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K104	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	7,48	0,92	7,1	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K105	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	9,9	1,97	12,4	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K106	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	16,4	2,23	13,3	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K107	20/50	15,2	6,66	15,2	ϕ6/20	9,9	0,64	9,9	ϕ10/16	yeterli	yeterli	yeterli	yetersiz
K108	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	2,78	4,05	9,48	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yeterli
K109	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	4,52	1,67	9,9	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yetersiz
K110	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	9,6	1,79	8,45	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K111	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	15,3	2,49	9,7	ϕ10/18	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K112	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	9,47	6,1	4,92	ϕ8/15	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K113	15/50	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20	3,53	5,4	1,44	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K114	15/60	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20	13,9	2,9	14,3	ϕ8/15	yetersiz	yeterli	yeterli	yetersiz
K115	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	3,2	4,58	10,5	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K116	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	18,4	0,88	18,4	ϕ10/14	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K117	15/60	10,8	3,39	2,71	ϕ8/20	12,4	3,29	10,5	ϕ10/18	yeterli	yeterli	yetersiz	yetersiz
K118	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	6,64	3,81	2,63	ϕ6/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K119	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	14,9	2,58	18,3	ϕ8/14	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K120	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	14,1	2,81	14,1	ϕ8/16	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K121	15/60	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20	14,8	2,9	14,8	ϕ8/15	yetersiz	yeterli	yeterli	yetersiz
K122	15/60	15,3	3,39	4,97	ϕ8/20	11,5	1,94	10,1	ϕ10/13	yeterli	yeterli	yetersiz	yetersiz
K123	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	10,6	4,93	2,92	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K124	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	8,21	5,19	1,67	ϕ6/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K125	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	10	2,84	11,4	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K126	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	10,5	3,56	8,9	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K127	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	19,1	2,37	13,5	ϕ10/16	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K128	20/50	10,8	1,13	5,4	ϕ8/20	10	4,11	7,34	ϕ10/13	yeterli	yeterli	yetersiz	yetersiz
K129	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	13,8	2,58	17,2	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K130	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	14	4,71	7,1	ϕ8/20	yetersiz	yetersiz	yetersiz	yetersiz
K131	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	11,2	0,92	8,13	ϕ6/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K132	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	12,4	2,35	14,4	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K133	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	16,6	2,23	15,5	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K134	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	2,93	1,67	6,64	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yeterli
K135	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	12	5,32	15,4	ϕ8/16	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K136	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	7,04	1,67	9,04	ϕ/8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K137	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	9,47	4,3	6,23	ϕ/8/20	yetersiz	yetersiz	yetersiz	yeterli
K138	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	6,23	0,33	6,23	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K139	15/50	14,8	3,39	3,84	ϕ8/20	6,64	1,33	9,34	ϕ/8/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yeterli
K140	15/50	5,6	8,04	14,8	ϕ8/20	10	3,44	10	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli

Tablo 11.8 Mevcut yapı kirşlerinin durumu devamı

MEVCUT YAPI KİRİŞLERİNİN DURUMU													
KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				GEREKLİ DONATI				MEVCUT DONATI MİKTARI			
		SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE				
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE
K141	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	11,2	6,37	11,5	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K142	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	9,2	2,37	4,55	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K143	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	5,31	4,05	13,4	ϕ8/16	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K144	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	14,6	5,71	10	ϕ10/20	yetersiz	yetersiz	yetersiz	yeterli
K145	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	1	3,68	8,02	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yeterli
K146	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	8,02	2,6	1	ϕ6/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K147	15/70	4,97	3,39	12,9	ϕ10/15	12,3	1,96	13,8	ϕ10/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K148	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	14,4	2,45	13,2	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K149	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	12,8	4,1	15,4	ϕ10/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K150	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	11,7	2,61	11,7	ϕ10/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K151	15/70	18	3,39	4,97	ϕ10/15	15,4	2,62	13,9	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yeterli
K152	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ10/20	8,74	1,67	8,02	ϕ10/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K153	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	8,74	0,64	11,2	ϕ10/16	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K154	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ6/20	7,6	4,8	2,93	ϕ6/20	yetersiz	yetersiz	yeterli	yeterli
K155	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	9,81	1,79	8,02	ϕ8/15	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K156	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	8,02	5,32	9,47	ϕ10/15	yetersiz	yetersiz	yetersiz	yetersiz
K157	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ10/20	2,48	4,68	4,56	ϕ8/20	yeterli	yetersiz	yetersiz	yeterli
K158	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	11,7	5,32	11,4	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yetersiz	yeterli
K159	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	11,4	2,49	9,34	ϕ8/18	yetersiz	yeterli	yeterli	yetersiz
K160	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	9,59	4,43	10,3	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yeterli	yeterli
K161	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ6/20	2,93	5,19	9,47	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K162	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	13,2	2,84	12,5	ϕ10/16	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K163	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	14	3,44	9,8	ϕ10/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K164	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	10,6	3,81	15,7	ϕ10/18	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K165	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	11,2	3,81	11,2	ϕ10/18	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K166	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	9,7	3,13	13,9	ϕ10/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K167	15/50	21,6	3,39	3,84	ϕ10/20	12,9	3,44	16,6	ϕ10/18	yeterli	yeterli	yetersiz	yetersiz
K168	20/50	4,97	3,39	13,7	ϕ8/15	2,9	2,23	11,2	ϕ10/14	yeterli	yeterli	yeterli	yetersiz
K169	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	13,8	2,58	13,8	ϕ8/15	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K170	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	14,5	1,33	12,6	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K171	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	12,6	1,35	14,9	ϕ8/15	yetersiz	yeterli	yetersiz	yeterli
K172	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	14,5	2,23	11,9	ϕ8/20	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz
K173	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	11,2	2,69	11,2	ϕ10/18	yetersiz	yeterli	yetersiz	yetersiz

Tablodan da görüldüğü gibi sadece 7 kirişin sağ ve sol mesnet donatıları yeterlidir. Diğer tüm kirişlerin en az bir taraftaki mesnet donatıları yetersizdir. Bunun akabinde 33 tane kirişin de mevcut etriyeleri yetersizdir. Güçlendirme sistemi oluşturulurken bu yetersiz şartların da ortadan giderilmesi gerekmektedir.

11.6 Mevcut Yapı Kolonlarının Betonarme Hesabı

Kolonların betonarme hesabı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma Grubu tarafından 2001'de hazırlanan abağa göre yapılmıştır. Burada örnek olarak bir kolonun betonarme hesabı yapılmış ve diğer elemanların donatıları bir tabloda gösterilerek mevcut donatılarının durumu hakkında bilgi verilmiştir. Ayni şekilde bir kolonun etriye hesabı da örnek olarak verilmiş ve diğer elemanların etriye durumları da yine ayni tabloda belirtilmiştir.

- S106 (35X80) Kolonunda Betonarme Hesap

Kesit tesirleri;

M= 522kNm

N= 1530kN

$V_{d\ maks}$ = 188kN

$$m = \frac{M}{b*h^2*fcd} = \frac{5220000}{35*80^2*110} = 0.21$$

$$n = \frac{N}{b*h*fcd} = \frac{154300}{35*80*110} = 0.50$$

ω= 0.13 [23]

$$A_s = \frac{\omega*b*h}{fyd\ /\ fcd} = \frac{0.13*35*80}{17.4} = 21\,cm^2$$ ⟶ seçilen donatı 8ϕ18

$A_g = A_s / 3 = 7cm^2$ (her iki yana) ⟶ seçilen gövde donatısı 2ϕ18

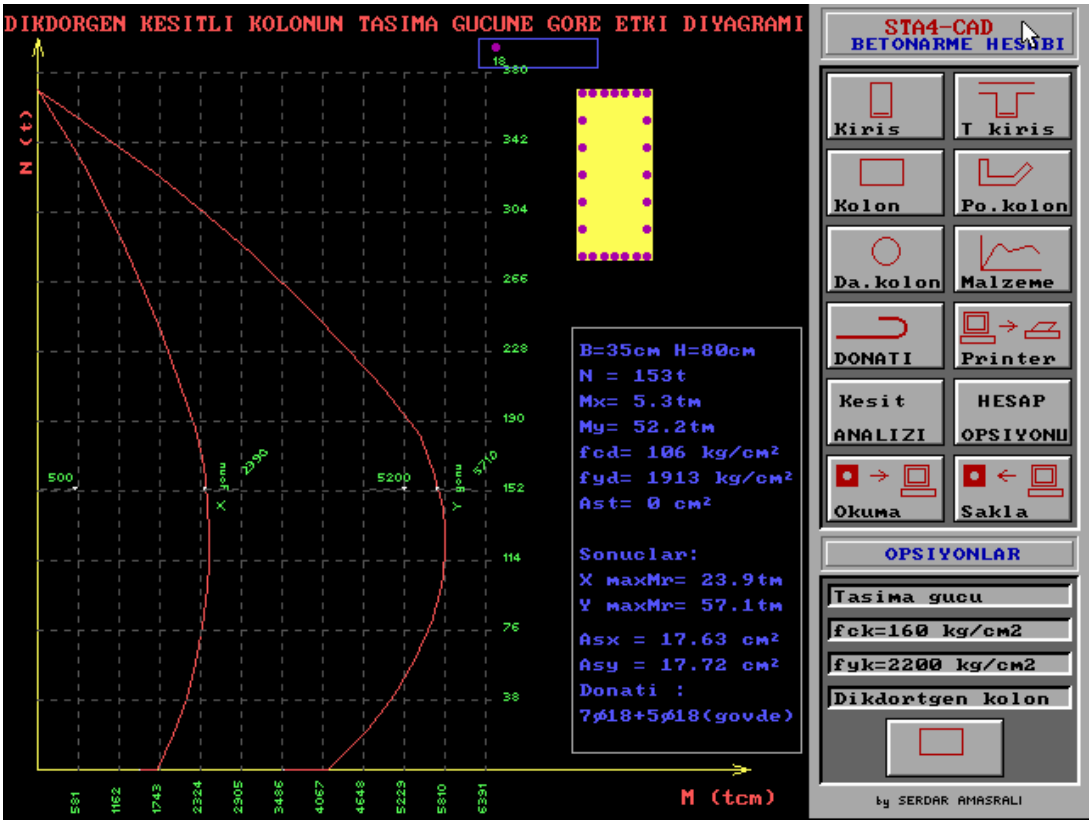
Toplam donatı = 2*(2+8) = 20ϕ18

V_r= 0.80V_{cr}+V_{ws} idi.

V_r= 0.80*0.65*9*35*78 + 2*0.50*78*1910 / 20 = 20225kg = 202kN (etr ϕ8/20)

$N_{d\ maks}$= 0.85*f_{cd}*b*h = 0.85*11*350*800= 2618000N= 2618kN

Diğer elemanlara ait hesaplar tablolarda özetlenmiştir.



Şekil 11.6 STA4-CAD programında betonarme kolon hesabı (diğer yön için min %5 eksantrisite alınıyor)

Tablo 11.9 Mevcut yapı kolon kesit tesirleri

MEVCUT YAPI KOLON KESİT TESİRLERİ																
KOLON NO	YÖN	YÜKLEME TİPİ														
		1.4G+1.6Q			G+Q+/-Ex			G+Q+/-Ey			0.9G+/-Ex			0.9G+/-Ey		
		N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
S101	X-X	896	6,75	3,6	25	214	86,7	827	29,6	14,2	152	215	87,1	651	29,2	13,7
	Y-Y		8,94	5,32		4,44	0,95		53	31		2,97	0,08		52,2	30,2
S102	X-X	962	1,65	0,9	1056	89,7	62,9	843	12,6	14,2	872	89,8	63	659	12,5	9,33
	Y-Y		24,5	14,4		17	5,05		172	31		12,5	2,44		170	73,4
S103	X-X	1152	0,23	0,07	784	119	72,5	1453	15,3	9,47	565	119	72,5	1235	15,4	9,6
	Y-Y		17,7	10,9		11	3,72		224	76		7,88	1,82		222	106
S104	X-X	985	1,1	0,66	636	86	58,5	1157	9,8	9,62	447	85,9	58,4	968	9,92	6,31
	Y-Y		13,4	8,33		8,93	5,35		187	108		6,43	3,81		186	76,7
S105	X-X	956	1,22	0,74	631	87,5	60,3	907	10,5	6,18	451	87,3	60,1	727	10,7	7,19
	Y-Y		17,1	10,4		9,41	5,71		188	78,2		7,56	3,78		187	69,7
S106	X-X	1303	4,9	2,71	1083	141	76	1543	20,1	6,99	865	141	76,5	1328	19,7	11,9
	Y-Y		18,7	12,7		37,8	17,9		521	71,7		35,3	15,6		519	188
S107	X-X	965	12,6	7,25	899	105	55,9	1530	8,71	12,4	735	104	54,7	1366	9,8	3,02
	Y-Y		2,77	2,72		23,2	8,13		252	190		22,4	7,67		252	103
S108	X-X	1107	15,9	8,3	36	443	161	844	24,6	1,76	a177	444	162	631	33,9	16,2
	Y-Y		4,02	1,71		14,2	7,75		127	104		14,2	7,52		127	63,2
S109	X-X	983	1,66	1,11	1300	224	91,7	649	14,4	17,3	1116	23,6	91,6	464	14,6	5,65
	Y-Y		7,79	4,24		5,62	4,29		65	63,5		5,05	3,55		65,5	44,4
S110	X-X	1122	3,36	1,95	726	49,8	33	835	2,62	5,53	518	49,6	32,8	625	2,84	1,3
	Y-Y		6,41	4,28		4,21	1,41		188	43,7		5,07	2,21		187	111
S111	X-X	852	1,11	0,61	471	51,3	34,7	912	4,32	1,06	316	51,3	34,7	756	4,32	3,03
	Y-Y		11	5,38		8,85	4,59		168	112		2,43	3,48		169	81,2
S112	X-X	1297	14,8	8,33	723	409	153	909	29	3,05	491	408	151	677	30,3	8,94
	Y-Y		24,9	14,5		21,8	13,1		56,7	80,1		9,95	10,4		54,3	33,8
S113	X-X	872	2,65	1,54	1039	49,7	32,9	366	2,47	7,41	891	49,5	32,6	218	2,71	1,15
	Y-Y		0,65	1,15		12	5,77		209	36,5		11,5	5,46		209	218
S114	X-X	746	5,36	3,,1	453	43,3	14,7	a228	5,1	0,88	322	42,9	14,3	359	4,41	0,81
	Y-Y		13,5	8,2		19,8	14,1		171	119		18,2	12,4		169	104
S115	X-X	812	5,11	2,61	42	185	38	634	5,38	1,22	a108	185	38,3	485	5,23	2,08
	Y-Y		1,93	0,89		7,65	5,73		61,4	106		7,55	5,54		61,5	41,1
S116	X-X	450	0,06	0,02	653	11,7	0,61	459	0,66	2,4	570	11,7	0,62	376	0,68	0,24
	Y-Y		0,83	0,38		3,8	2,64		31,6	40,9		3,62	2,55		31,7	23,6
S117	X-X	672	0,32	0,14	245	31,6	6,92	585	0,53	0,23	122	31,6	6,96	468	0,53	0,18
	Y-Y		9,08	4,89		4,22	2,75		59,1	23,5		3,54	1,85		59,7	31,3
S118	X-X	698	22,3	12,8	339	32	11,8	a193	19,7	0,15	216	33,9	14,1	a316	15,8	9,81
	Y-Y		3,81	1,36		3,8	1,79		156	30,4		3,11	1,53		156	65,4
S119	X-X	944	8,2	4,83	106	286	131	553	2,73	0,38	a40,73	286	130	407	3,16	0,76
	Y-Y		32,8	18,3		12,9	16,3		70,8	24,3		23,7	13,1		73,4	27,5
S120	X-X	1015	4,58	2,78	1318	234	98,1	843	2,62	0,67	1132	234	118	657	3,03	1,05
	Y-Y		17,4	9,69		14,6	7,5		62	34,1		11	5,54		63,6	36,1
S121	X-X	1003	21,1	11,5	363	224	88,1	820	15,4	11,7	179	225	90,4	636	13,2	9,34
	Y-Y		0,82	0,22		3,56	1,58		89,1	64,6		3,53	1,64		89,1	64,6
S122	X-X	1400	28,3	16	1548	304	124	1045	18,6	6,15	1283	301	121	780	5,17	3,1
	Y-Y		10,9	5,54		11,9	4,05		160	87,8		12,6	5,13		160	88,9
S123	X-X	754	5,22	2,65	113	236	98,6	511	3,37	1,38	250	237	99	374	2,56	0,96
	Y-Y		1,46	1,04		6,35	4,2		62,4	42,1		6,55	4,36		62,2	42
S124	X-X	930	6,18	3,47	1224	91,3	61,1	488	0,93	0,15	1055	91,8	61,7	319	0,62	0,46
	Y-Y		4,92	3,57		11,8	4,91		190	98,7		12,7	5,63		190	97,9

Tablo 11.10 Mevcut yapı kolon kesit tesirleri devamı

S125	X-X	1136	11,4	6,38	535	116	63,3	388	10,6	5,38	332	117	64,6	185	2,35	4,08
	Y-Y		3,97	3,22		7,09	3,48		252	143		8,14	4,4		251	142
S126	X-X	1031	2,22	0,93	686	294	135	1115	3,64	0,38	492	294	136	921	3,71	0,64
	Y-Y		5,18	3,32		2,45	1,55		90,8	49,1		1,5	0,95		90,2	48,4
S127	X-X	962	19,3	11	1149	242	104	636	14,5	9,66	969	240	101	456	8,63	7,36
	Y-Y		12,2	7,22		13	8,23		80,1	55,4		10,5	6,78		78,8	54
S128	X-X	930	6,59	3,74	365	54,1	367	651	5,41	3,13	193	54,8	37,5	478	3,93	2,3
	Y-Y		1,32	0,07		11,3	4,89		195	102		11	4,83		195	102
S129	X-X	1040	26	14,7	1136	270	108	726	17,7	8,59	943	267	106	533	12,6	6,69
	Y-Y		0,57	0,08		11,8	7,24		129	84,1		11,6	7,22		129	84,1
S130	X-X	1274	15,5	7,92	16	490	190	712	18,2	3,73	a259	491	192	469	19	5,15
	Y-Y		13,8	8,4		8,15	0,55		132	69,5		9,68	2,19		130	67,9
S131	X-X	944	10,5	5,74	1350	169	5,12	404	4,63	0,56	1163	170	93,2	217	5,55	1,77
	Y-Y		5,29	2,89		92	4,09		52,1	33,9		4,74	3,58		52,4	34,4
S132	X-X	728	17,2	9,75	391	48,3	26,1	475	12,1	6,25	256	49,8	26,9	341	8,97	4,45
	Y-Y		1,4	0,52		1,47	0,72		82,1	54		1,16	0,59		82,1	54,1
S133	X-X	970	20,5	11,1	353	236	91,8	597	14,5	5,35	164	235	94	408	10,3	3,12
	Y-Y		1,02	0,84		9,35	6,61		90	65,6		9,08	6,4		89,7	65,4
S134	X-X	1321	35,3	19,9	1519	491	196	863	24,9	18,9	1270	488	192	614	21,7	15
	Y-Y		9,04	5,84		20,2	12,3		192	109		19	11,2		190	108
S135	X-X	1165	10,2	5,73	556	79,1	44,9	840	4,08	0,87	332	79,9	46	616	2,74	0,23
	Y-Y		2,8	0,69		9,09	6,74		219	126		9,41	6,82		218	126
S136	X-X	1027	3,13	2,03	608	255	114	487	17	8,45	414	254	114	293	16,6	8,04
	Y-Y		1,49	1,08		2,03	1,26		67,9	43,2		1,61	0,98		67,5	42,9
S137	X-X	1233	14	8,14	726	449	168	754	32,3	16	496	448	166	522	30,8	14,5
	Y-Y		13,7	7,69		13,4	7,06		44,5	22,2		11	5,68		45,6	23,6
S138	X-X	909	2,8	1,66	1138	74,6	47,7	745	4,97	3,33	956	74,4	47,4	565	4,74	3,1
	Y-Y		4,14	2,9		12	8,36		155	92,5		11,3	7,74		155	91,9
S139	X-X	1066	12,8	6,32	189	499	184	558	47,5	13,8	a394	499	185	352	48	14,8
	Y-Y		22	11,9		18,2	12,6		104	36,8		16,6	10,4		106	39
S140	X-X	617	6,19	3,41	1092	111	73,3	501	9,69	5,42	969	112	74	379	10,3	6,14
	Y-Y		0,34	0,34		1,67	0,3		25,6	8,4		1,75	0,35		25,5	8,35
S141	X-X	1366	0,49	0,53	980	224	118	334	23,6	12,8	729	223	118	74	23,3	12,6
	Y-Y		23,8	10,7		18,4	11,5		427	157		17,4	9,24		428	159
S142	X-X	1030	4,26	2,52	698	102	70,7	468	10,9	17,8	491	102	70,2	261	10,5	7,32
	Y-Y		9,15	4,18		5,56	2,7		163	48,3		3,75	1,85		164	49,1
S143	X-X	965	1,21	0,78	606	102	70,1	471	11	7,79	416	101	69,9	281	10,8	7,59
	Y-Y		22,2	11,4		13,9	5,05		175	54,8		9,54	2,78		176	57,1
S144	X-X	1291	6,1	3,19	986	223	117	344	21,6	10,4	743	223	118	100	22	11
	Y-Y		24	10,6		27,6	2,46		480	162		22,8	0,29		481	164
S145	X-X	809	3,97	2,32	665	37,6	11,9	1204	3,91	2,1	507	37,4	11,6	1047	3,65	1,82
	Y-Y		7,37	3,87		6,19	2,35		90,8	57,1		6,76	3,14		91,4	57,8
S146	X-X	935	11,6	6,73	762	122	65	107	16,3	11,2	584	121	63,7	285	15,2	9,95
	Y-Y		7,11	2,77		20,7	5,05		246	95,5		20,7	5,52		246	95,9
P147	X-X	1505	8,84	5,04	1110	41,2	14,6	1336	4,16	4,1	852	41,9	15,5	1078	3,46	3,26
	Y-Y		39,9	11		48,5	22,2		1405	394		50,2	19,9		1403	396

Tablo 11.11 Mevcut yapı kolonlarının durum tesbiti

MEVCUT YAPI KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR X (cm)	Y (cm)	DONATI ALANI As (cm²)	MEVCUT DONATI (adet)	MEVCUT ETRİYE	Nmaks (kN)	Vmaks (kN)	GEREKLİ DONATI adet	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI DURUMU	ETRİYE MİKTARI DURUMU
S101	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	32ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S102	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S103	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	1946	154	14ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S104	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	10ϕ16	ϕ8/20	kısmen yeterli	yeterli
S105	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	10ϕ16	ϕ8/20	kısmen yeterli	yeterli
S106	35	80	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2578	206	20ϕ18	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S107	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	1946	154	22ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S108	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2574	196	28ϕ20	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S109	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	22ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S110	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1411	126	12ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S111	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1411	126	10ϕ16	ϕ8/20	kısmen yeterli	yeterli
S112	80	25	24,1	12ϕ16	ϕ8/20	1915	168	20ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S113	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1411	126	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S114	30	50	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1411	116	22ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S115	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	20ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S116	25	30	6,02	4ϕ14	ϕ8/20	758	62	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S117	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1168	92	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S118	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1411	104	22ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S119	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	1946	154	32ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S120	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	22ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S121	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S122	60	40	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2254	167	22ϕ18	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S123	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	18ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S124	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	12ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S125	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	1946	154	18ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S126	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	1946	154	20ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S127	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S128	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1411	126	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S129	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	1946	154	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S130	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2574	196	28ϕ20	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S131	50	30	12,1	6ϕ16	ϕ8/20	1362	116	26ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S132	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1168	92	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S133	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S134	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2574	196	24ϕ20	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S135	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	16ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S136	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	18ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S137	80	25	24,1	12ϕ16	ϕ8/20	1915	168	28ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S138	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S139	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2574	196	34ϕ20	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S140	40	30	12,1	6ϕ16	ϕ8/20	1168	92	24ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S141	40	75	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2736	207	8ϕ20	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S142	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	2736	139	10ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S143	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	10ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S144	40	75	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2736	207	10ϕ20	ϕ8/20	kısmen yeterli	yeterli
S145	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1168	92	22ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S146	35	60	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	1946	139	30ϕ18	ϕ8/20	yetersiz	yeterli
S147	20	150	40,7	16ϕ14	ϕ8/20	2730	282	62ϕ16	ϕ8/20	yetersiz	yeterli

Tablo 11.12 Mevcut yapı sistem rijitlik merkezi koordinatları

KOLON NO	Xi (m)	Yi (m)	b (m)	d (m)	Ix (m4)	Iy (m4)	Xi*Ix (m5)	Yi*Iy (m5)
S101	1,8	1,625	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,00140625	0,0073125
S102	3,875	1,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01009115	0,00113932
S103	7,375	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0331875	0,00140625
S104	10,525	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0473625	0,00140625
S105	13,725	1,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,03574219	0,00113932
S106	16,8	1,8	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,09072	0,00243
S107	21,375	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0961875	0,00140625
S108	1,8	5,8	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,03132
S109	3,75	5,65	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00244141	0,01471354
S110	7,375	5	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01920573	0,00325521
S111	10,775	4,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,0280599	0,00309245
S112	14,1	4,875	0,8	0,25	0,00104167	0,01066667	0,0146875	0,052
S113	16,825	4,8	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,02243333	0,0025
S114	21,35	3,65	0,3	0,4	0,0016	0,0009	0,03416	0,003285
S115	1,75	9,075	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00113932	0,02363281
S116	3,875	8,8	0,25	0,3	0,0005625	0,00039063	0,00217969	0,0034375
S117	5,225	8,5	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,00696667	0,00442708
S118	10,775	6,35	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,0280599	0,00413411
S119	11,45	9,525	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,00894531	0,0428625
S120	14,2	9,525	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,01109375	0,0428625
S121	17,2	7,975	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,01119792	0,02076823
S122	21,2	8	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,02862	0,0432
S123	1,75	11,275	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00113932	0,02936198
S124	4,125	11,05	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01074219	0,00719401
S125	7,375	12,45	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0331875	0,00972656
S126	10,95	12,275	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,00855469	0,0552375
S127	14,2	12,275	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,01109375	0,0552375
S128	16,925	10,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,04407552	0,0069987
S129	21,2	10,5	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,0165625	0,04725
S130	1,8	14,2	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,07668
S131	3,8	14,225	0,4	0,25	0,00052083	0,00133333	0,00197917	0,01896667
S132	10,775	14,45	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,01436667	0,00752604
S133	17,2	13,025	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,01119792	0,03391927
S134	21,2	13	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,02862	0,0702
S135	7,125	15,65	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01855469	0,0101888
S136	10,65	16	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00693359	0,04166667
S137	14,1	15,925	0,8	0,25	0,00104167	0,01066667	0,0146875	0,16986667
S138	16,825	15,95	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,02243333	0,00830729
S139	1,8	19,35	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,10449
S140	3,35	19,375	0,4	0,25	0,00052083	0,00133333	0,00174479	0,02583333
S141	7,4	19,2	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,03996	0,02592
S142	10,755	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0483975	0,015
S143	13,725	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0617625	0,015
S144	16,8	19,2	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,09072	0,02592
S145	21,35	16,95	0,3	0,4	0,0016	0,0009	0,03416	0,015255
S146	21,375	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0961875	0,015
P147	7,35	8,9	0,2	1,5	0,05625	0,001	0,4134375	0,0089
				Toplam	0,15234792	0,11362604	1,57167563	1,21137682

X_g=	11,5	X_r=	10,3163578
Y_g=	10,5	Y_r=	10,6610844
e_x=	1,18	$0.05*L_x$=	1,15
e_y=	0,16	$0.05*L_y$=	1,05

Tablolardan da anlaşılacağı gibi mevcut yapı kolonlarının 4 tanesi boyuna donatı bakımından yeterli fakat diğer hepsi yetersizdir. Bunun yanı sıra tüm kolonlar normal kuvvet ve kesme kuvveti bakımından yeterlidir. Ayrıca sistemin rijitlik merkezi bulunarak daha önceden tespit edilen A1 burulma düzensizliğinin nedeni saptanmıştır. Yapı ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi çakışmamaktadır. X_g ve Y_g burada yaklaşık olarak ağırlık merkezi koordinatları, X_r ve Y_r de rijitlik merkezi koordinatlarıdır. e_x ve e_y ise sırasıyla X_g-$X_r$ve Y_g-Y_r farklarıdır. $0.05L_x$ ve $0.05L_y$ değerleri yönetmeliğin ön gördüğü eksantirisite mesafesidir.

11.7 Mevcut Yapının Değerlendirilmesi ve Durumunun Tespiti

- ABYYHY'e göre eşdeğer deprem yükü hesaplandı ve yapının matematik modeline tahkik edildi. Bu deprem yükleri zati ve hareketli yükler ile birleştirilerek kritik kesit tesirleri saptandı ve bu değerlere göre yapı elemanlarının durumu belirlendi.
- Bu değerlendirmeler 2.B.K.'da yapıldı ve sonuç olarak 10 kolonun dışında (S102–S104–S105–S111–S116-S117-S132-S138-S141-S144) diğer tüm kolonların boyuna donatı miktarları yetersiz çıktı. Buna rağmen kolonların tümünde %4'lük maks. donatı oranı aşılmadı. Süneklik düzeyi normal olarak değerlendirilen mevcut yapının tüm kolonlarında $V_d<V_r$ şartı sağlandı ve bunun yanı sıra TS500 madde 7.4.1'de belirtilen, eksenel yük taşıma kapasitesi, $N_d \leq 0.9f_{cd}A_c$ koşulu tüm kolonlarda sağlandı.
- 73 tane kirişten sadece 7'sinin (K107-K112-K113-K115-K141-K161-K168) sağ ve sol mesnet donatıları yeterli çıktı. 6 kirişin ise (K130-K137-K144-K154-K156-K157) açıklık donatıları yetersiz çıktı ama mevcut donatıların yeterlilik oranları %60 ile %80 arasında kaldı. Diğer tüm kirişlerin ise en az bir tarafındaki mesnet donatıları yetersiz kaldılar.
- Bunun yanı sıra 33 tane kirişin de mevcut etriyeleri yetersiz seviyededir.
- Yapılan rijitlik ve kütle merkezi kontrolünde de her iki merkezin çakışmadığı tespit edilmiştir.
- Kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri kontrolünden çıkan sonuçlar şartnamenin sınır değerlerinin altında kalmışlardır.
- Mevcut yapı için güçlü kolon-zayıf kiriş kontrolü yapılmamıştır.

Yukarıda, yapı ile ilgili özetlenen tespitler neticesinde yapının güçlendirilmesine karar verilmiştir. Bundan sonraki bölümlerde, yapının iki ayrı sisteme göre güçlendirilmesi yapılacaktır. Bunlar; ilave betonarme perdelerle yapılacak olan betonarme takviye ve ilave çelik çapraz ve çelik perdelerle yapılacak olan çelik elemanlar ile takviyedir. Daha sonra ise her iki sistem çeşitli kriterlere göre mukayese edilecektir.

12. BETONARME YAPININ ÇELİK ELEMANLARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

12.1 Giriş

Yapılar, deprem kuvvetleri etkisi altında inelastik davranış gösterirler. Yapı, üzerine etkiyen deprem kuvetini kendi yatay yük kapasitesi ile karşılamak zorundadır. Yatay yük kapasitesi, yapıda plastik mafsallar oluşumu ve bu mafsalların enerji yutma kapasitelerinin toplamıyla ilgilidir. Mevcut yapılar, enerji yutumu bakımından günümüz şartnamelerinin koşullarını yerine getiremezler ama yine de bu tarz eski yapıların da mevcut bir enerji yutma kapasiteleri vardır. Bu tür yapıların günümüz koşullarına adaptasyonu için yapılacak olan ilk iş, mevcut deprem yükü için yapının ne kadar daha enerji yutma kapasitesine ihtiyacı olduğunun tespitidir. Bu işlem için, yapının elastoplastik analizi yapılarak aranan değer elde edilir. Bundan sonraki aşama, ATC40'da da belirtilen performans kategorilerinden hangisinin yapı için uygun olduğunun tespiti ve yapının o noktaya kadar enerji yutma kapasitesinin arttırılmasıdır. Bu işlemler SAP2000 sonlu eleman programında yapılabilmektedir. Yapının 3 boyutlu modeli yerine, çalışılması daha kolay olduğu için 2 boyutlu çerçevede de ayni işlemler yapılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus 2 boyutlu çerçevenin 3 boyutlu model ile ayni özelliği gösteriyor olabilmesidir. Daha sonra ise yapının kiriş ve kolonlarındaki mevcut donatılar SAP2000 programının define/frame section/concrete–reinforcement bölümüne girilir. Yapı malzeme bilgisi de programın ön gördüğü şekilde tanımlandıktan sonra elastoplastik analiz yapılabilir. Daha önce de bahsedildiği gibi SAP2000 programı bu tarz hesap için ATC40 ve FEMA273'ü referans alır. ATC40'daki hesap algoritmasından daha önce bahsedilmişti.

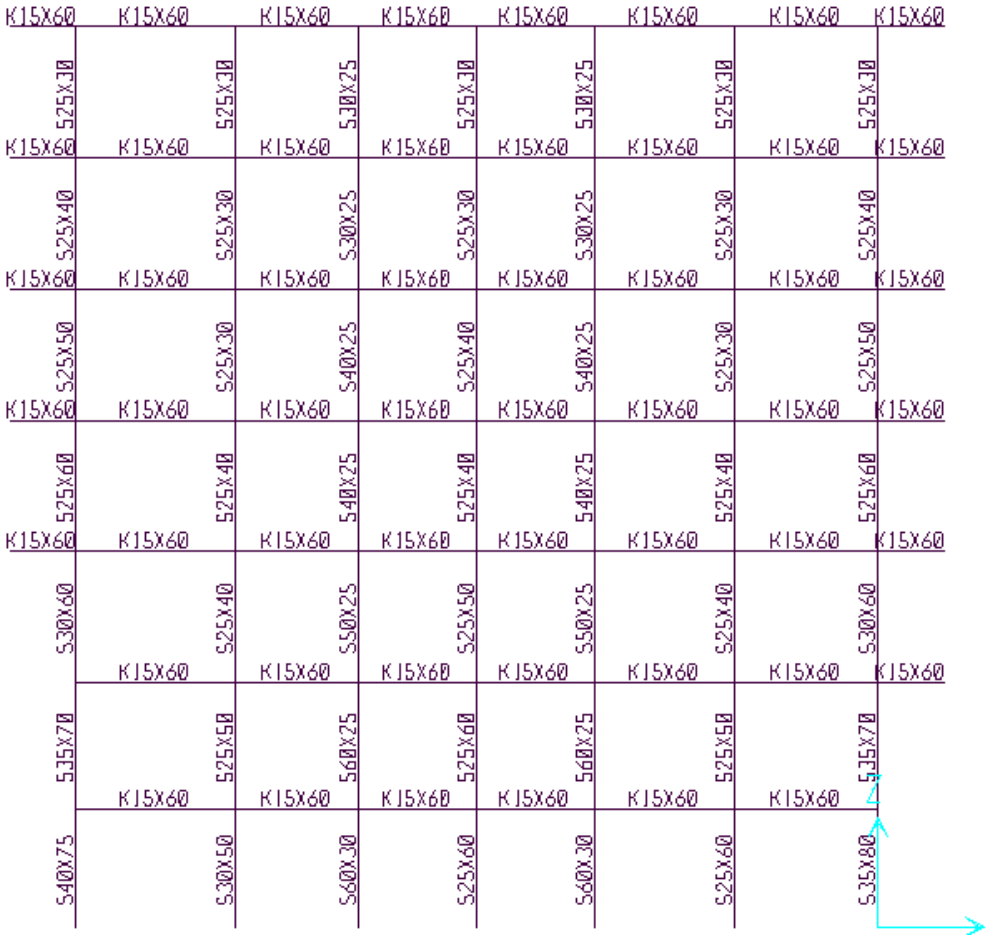
Bu bölümde mevcut yapıdan bir çerçeve çıkarılmış ve bu çerçeve üzerinde ilk önce mevcut betonarme yapının elastoplastik analizi yapılmıştır. ATC40'da bahsedildiği şekilde; $V_{gerekli}$, T' ve K_r hesap edildikten sonra yapının çelik çaprazlarla

güçlendirilmiş modeli oluşturulmuş ve güçlendirme işlemi için yaşam güvenliği (life safety) performans seviyesi benimsenmiştir (betonarme konut).

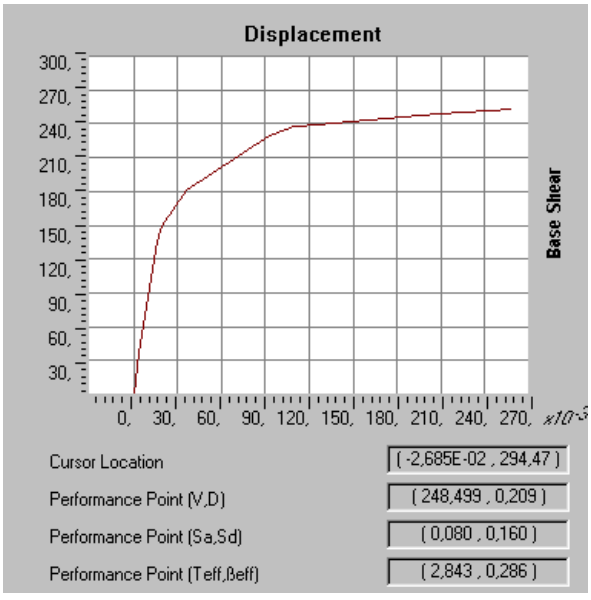
Yapının çelik çaprazlı modeli şu şekilde kurulmuştur; Yatay ve düşey çelik elemanlar betonarme çerçeveye, fiktif çubuklar vasıtasıyla, belirli aralıklarda bölünerek modellenmiştir. Bu fiktif çubukların alanları ($A=100m^2$) çok büyük, eğilme rijitlikleri ($I= 10^{-8}m^4$) çok küçük seçilmiştir ve elemanlar, programın rijit end offset özelliği kullanılarak rijit çubuklar haline getirilmişlerdir. Böylece betonarme çerçeve ile çelik elemanların birlikte hareketi sağlanmıştır. Betonarme çerçeve ve çelik elemanların arasındaki mesafe her iki elemanın ağırlık merkezleri arası toplam mesafedir. Böylece elemanlar arası gerçek yük dağılımı sağlanmış olur. Elemanlar kompozit olarak (tek bir çubuk) tanımlanırsa, elemandaki yük dağılımı şu şekilde olur; Momentler EI/L^3 oranında, kesme kuvvetleri GF/L oranında, normal kuvvetler de AE/L oranında elemanlar arasında paylaşılır.

Bundan sonra yapılacak olan işlem güçlendirme sisteminin 3 boyutlu modelde de oluşturulmasıdır. Pushover (elastoplastik) analiz 3 boyutlu modelde çok fazla yer kaplayacağından ve hatta bazı bilgisayarlarda kapasitesine göre saatlerce sürebileceğinden dolayı, yapının R katsayısı belirlenerek modal analiz veya eşdeğer deprem yükü yöntemi ile çözüm benimsenmiştir. Güçlendirilmiş çerçevenin R katsayısının hesabı pushover analizinin sonuçlarından faydalanılarak daha önce bahsedilen prosedüre göre ≈6 olarak hesaplanmıştır. Ülkemiz deprem şartnamesinde (ABYYHY) bu tür sistemlerin R katsayıları hakkında henüz bir madde yoktur ama Seismic Provisions for Structural Steel Buildings'de tablo I-C4-1'de SCBF sistemleri için R= 6 [20] ve çelik perdeler için ise IBC-2000'de tablo 1617.6'da R= 8 olarak belirtilmiştir [10]. Mevcut yapı-çelik eleman sisteminde, R= 6 çıkması çeliğin düktillik özelliğinin iyi olmasındandır ve bu yapının çelik elemanlar ile güçlendirilmesi projesinde de R=6 alınarak deprem analizi yapılmıştır.

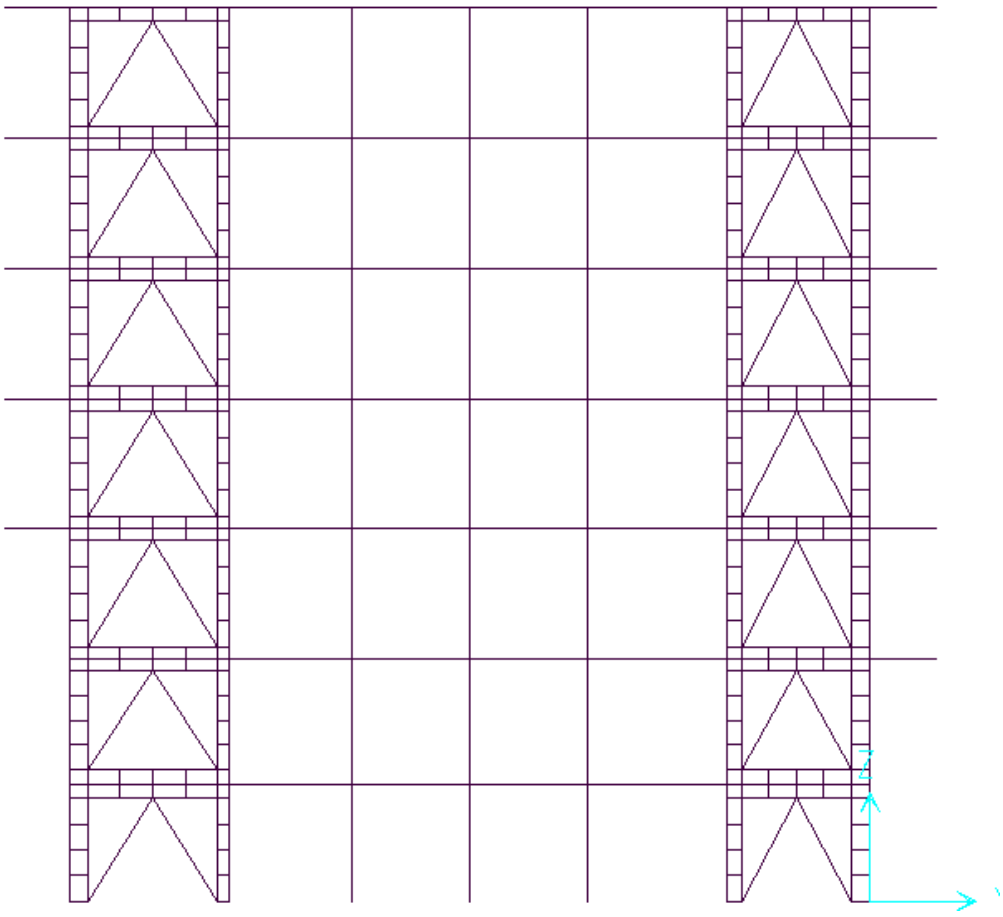
12.2 Pusover Analizi



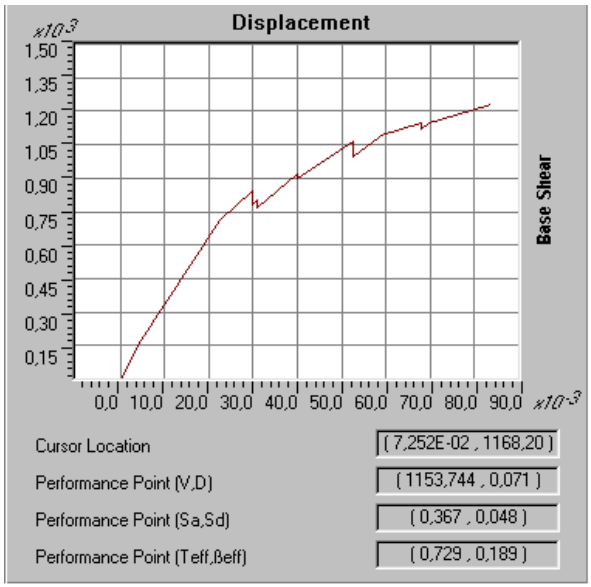
Şekil 12.1 Mevcut yapıda 7 aksı çerçevesi



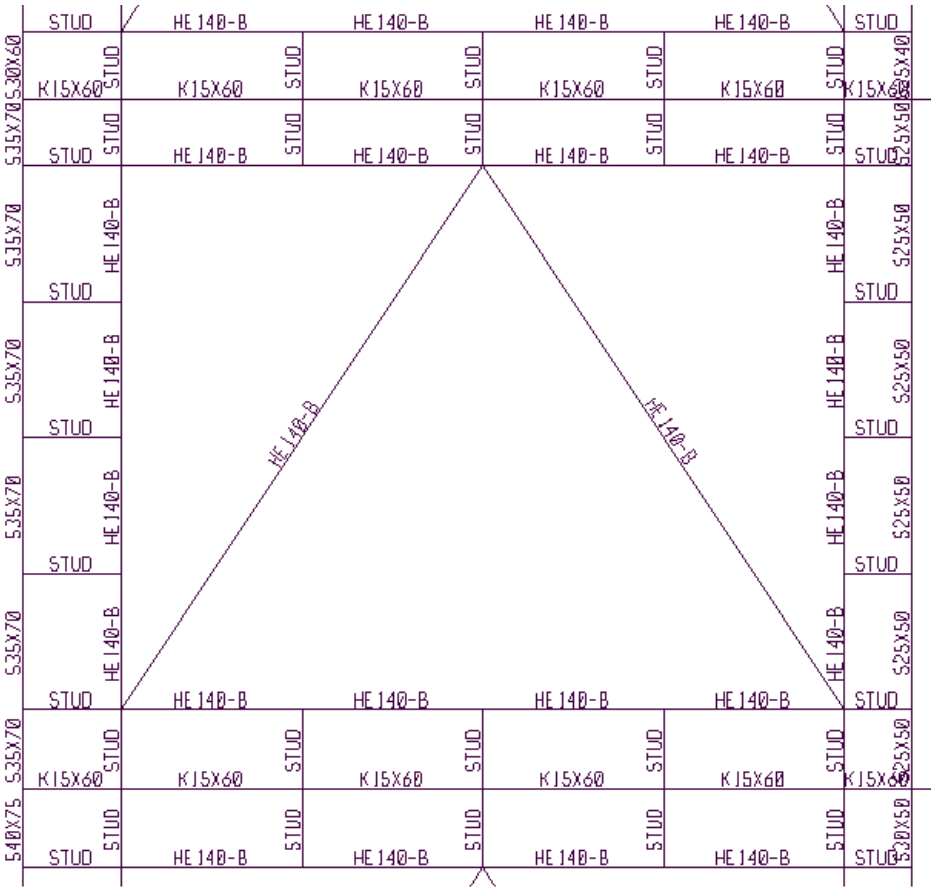
Şekil 12.2 Mevcut yapı pushover eğrisi



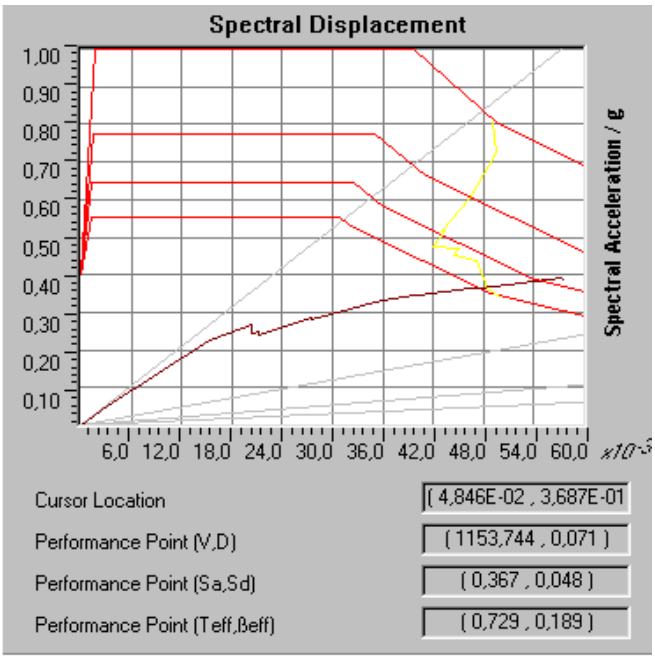
Şekil 12.3 Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş 7 aksı çerçeve



Şekil 12.4 Güçlendirilmiş yapı pushover eğrisi



Şekil 12.5 Güçlendirilmiş yapı modelinde çelik elemanlar



Şekil 12.6 Güçlendirilmiş yapı ADRS eğrisi

PUSHOVER CURVE

File

Step	Displacement	Base Shear	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	-3,480E-05	0,0000	253	0	0	0	0	0	0	0	253
1	0,0036	37,2551	252	1	0	0	0	0	0	0	253
2	0,0157	135,6084	236	17	0	0	0	0	0	0	253
3	0,0190	149,4878	226	27	0	0	0	0	0	0	253
4	0,0366	180,8170	210	43	0	0	0	0	0	0	253
5	0,0922	228,9969	193	37	23	0	0	0	0	0	253
6	0,1097	237,4427	187	40	26	0	0	0	0	0	253
7	0,1123	238,1594	185	41	27	0	0	0	0	0	253
8	0,2084	248,4252	179	30	15	29	0	0	0	0	253
9	0,2590	252,5181	174	23	26	28	0	2	0	0	253

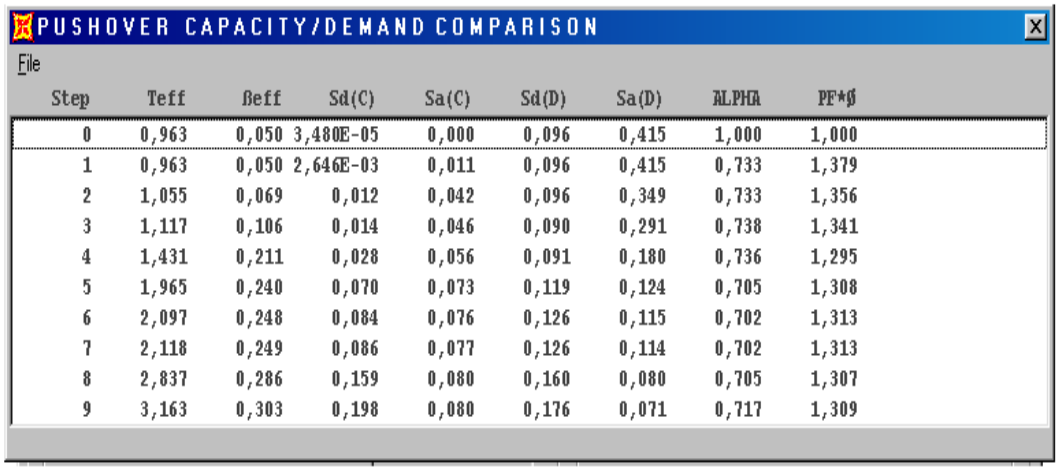
Şekil 12.7 Mevcut yapının P-δ değerleri ve oluşan plastik mafsal sayıları

PUSHOVER CURVE

File

Step	Displacement	Base Shear	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	-1,330E-05	0,0000	768	0	0	0	0	0	0	0	768
1	0,0046	170,0351	765	3	0	0	0	0	0	0	768
2	0,0224	714,2589	726	40	2	0	0	0	0	0	768
3	0,0297	844,1365	720	44	2	0	1	1	0	0	768
4	0,0297	777,6972	719	45	2	0	1	0	0	1	768
5	0,0309	800,5993	718	46	1	1	0	1	0	1	768
6	0,0309	765,8983	718	46	1	1	0	0	0	2	768
7	0,0401	921,5135	711	49	5	0	0	1	0	2	768
8	0,0401	899,4977	711	49	5	0	0	0	0	3	768
9	0,0524	1062,4569	701	55	6	1	0	2	0	3	768
10	0,0524	997,0192	700	55	7	1	0	0	0	5	768
11	0,0584	1087,1617	696	59	7	1	0	0	0	5	768
12	0,0588	1091,7216	695	60	7	1	0	0	0	5	768
13	0,0678	1148,6987	693	60	9	0	0	1	0	5	768
14	0,0678	1121,3533	691	62	9	0	0	0	0	6	768
15	0,0698	1146,7515	690	63	9	0	0	0	0	6	768
16	0,0838	1233,5531	681	70	6	4	0	1	0	6	768
17	0,0838	1233,5531	669	73	6	10	0	0	2	8	768

Şekil 12.8 Güçlendirilmiş yapının P-δ değerleri ve oluşan plastik mafsal sayıları

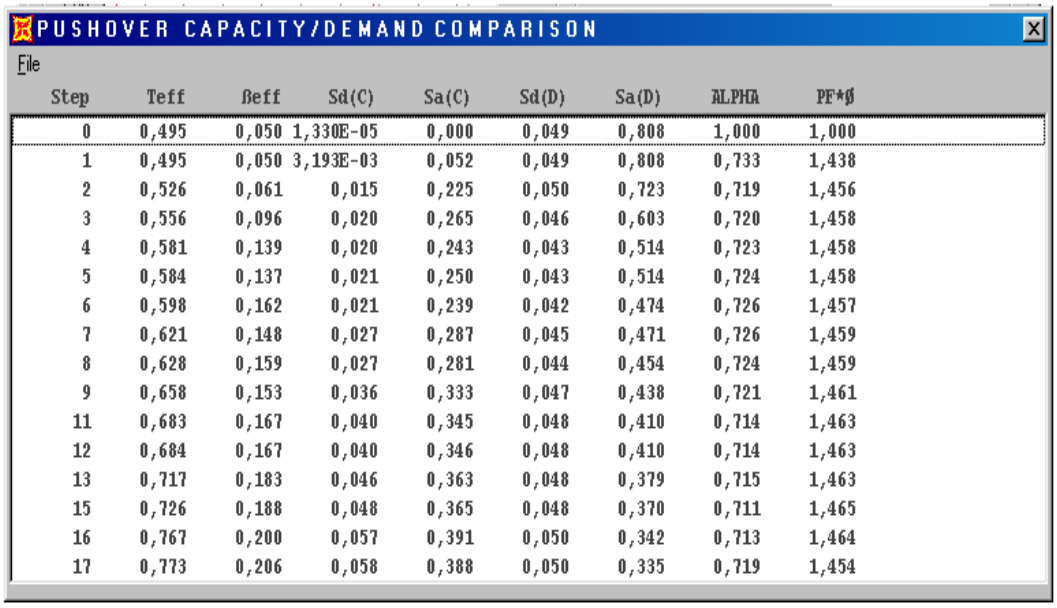


PUSHOVER CAPACITY/DEMAND COMPARISON

File

Step	Teff	ßeff	Sd(C)	Sa(C)	Sd(D)	Sa(D)	ALPHA	PF*Ø
0	0,963	0,050	3,480E-05	0,000	0,096	0,415	1,000	1,000
1	0,963	0,050	2,646E-03	0,011	0,096	0,415	0,733	1,379
2	1,055	0,069	0,012	0,042	0,096	0,349	0,733	1,356
3	1,117	0,106	0,014	0,046	0,090	0,291	0,738	1,341
4	1,431	0,211	0,028	0,056	0,091	0,180	0,736	1,295
5	1,965	0,240	0,070	0,073	0,119	0,124	0,705	1,308
6	2,097	0,248	0,084	0,076	0,126	0,115	0,702	1,313
7	2,118	0,249	0,086	0,077	0,126	0,114	0,702	1,313
8	2,837	0,286	0,159	0,080	0,160	0,080	0,705	1,307
9	3,163	0,303	0,198	0,080	0,176	0,071	0,717	1,309

Şekil 12.9 Mevcut yapı ADRS değerleri



PUSHOVER CAPACITY/DEMAND COMPARISON

File

Step	Teff	ßeff	Sd(C)	Sa(C)	Sd(D)	Sa(D)	ALPHA	PF*Ø
0	0,495	0,050	1,330E-05	0,000	0,049	0,808	1,000	1,000
1	0,495	0,050	3,193E-03	0,052	0,049	0,808	0,733	1,438
2	0,526	0,061	0,015	0,225	0,050	0,723	0,719	1,456
3	0,556	0,096	0,020	0,265	0,046	0,603	0,720	1,458
4	0,581	0,139	0,020	0,243	0,043	0,514	0,723	1,458
5	0,584	0,137	0,021	0,250	0,043	0,514	0,724	1,458
6	0,598	0,162	0,021	0,239	0,042	0,474	0,726	1,457
7	0,621	0,148	0,027	0,287	0,045	0,471	0,726	1,459
8	0,628	0,159	0,027	0,281	0,044	0,454	0,724	1,459
9	0,658	0,153	0,036	0,333	0,047	0,438	0,721	1,461
11	0,683	0,167	0,040	0,345	0,048	0,410	0,714	1,463
12	0,684	0,167	0,040	0,346	0,048	0,410	0,714	1,463
13	0,717	0,183	0,046	0,363	0,048	0,379	0,715	1,463
15	0,726	0,188	0,048	0,365	0,048	0,370	0,711	1,465
16	0,767	0,200	0,057	0,391	0,050	0,342	0,713	1,464
17	0,773	0,206	0,058	0,388	0,050	0,335	0,719	1,454

Şekil 12.10 Güçlendirilmiş yapı ADRS değerleri

12.3 Güçlendirme Derecesinin Tespiti

Arzu edilen taban kesme kuvveti $V_{gerekli} = \frac{S_{au}'}{S_{au}} * V_u = \frac{0,367}{0,08} 248,5 = 1140\ kN$ (9.5)

Güçlendirilmiş yapıda $V'_u = 1153,74kN > 1140kN$ ✓

Hedeflenen periyod $T' = 0.32 * \sqrt{\frac{S_{d\%5}}{S_{a\%5}}} = 0,32 * \sqrt{\frac{(4,8 / 2,54)in}{0,367}} = 0,73sn$ (9.6)

Gerekli rijitlik $K_r = K_i * \left[\frac{Ti}{T'}\right]^2 = K_i * \left[\frac{0,96}{0,73}\right]^2 \Rightarrow \frac{K_r}{K_i} = 1,73$ (9.7)

Güçlendirme projesi yukarıdaki hedef değerlere ulaşılarak hazırlanmıştır. Mevcut yapının rijitliği en az 1,73 kat arttırılmalıdır. Bu artımın kontrolü şu şekilde yapılmıştır; Mevcut yapı esdepx kuvveti (dosya eti.SDB) 4.5'e bölünerek güçlendirilmiş yapı eşdepx kuvveti ile ayni değerler elde edilmiş ve bu kuvvetlerden dolayı yapının tepe noktasının deplasmanı ölçülmüştür. Bu deplasman oranları 0.055/0.022=2.5 dir. F= k*x dersek F'yi sabit tutduğumuz için deplasman oranlarının tersi ile rijitlik oranı elde edilebilir. Burada elde edilen 2.5 değeri gerekli olan rijitlik artım oranı 1.73'den büyüktür yani yapı arzu edilen rijitlik dayanımına ulaşmıştır. Güçlendirilmiş yapının 1. ve 2. doğal periyodları 0.67 ve 0.65 sn'dir. Bu değerler de hedeflenen periyod olan 0.73sn'ye ulaşıldığını göstermektedir. Bundan sonra yapılacak olan işlem R katsayısını belirleyerek modal analiz veya eşdeğer deprem yöntemine göre yapının ABYYHY'e göre kontrolüdür.

12.4 R'nin Elde Edilişi

Süneklik azaltma katsayısı $R_\mu = C_{eu} / C_y = 0.808 / 0.367 = 2.21$ (10.1)

Yapısal mukavemet rezervi $\Omega = C_y / C_s = 0.367 / 0.225 = 1.64$ (10.2)

Emniyet faktörü $C_w = C_s / Y$'dir. Hesapta, çelik elemanlar için 1.71 ve betonarme elemanlar 1.5 olan bu değerlerin ortalaması olan 1.6 kullanılmıştır.

Böylece $R = R_\mu \Omega Y = 2.21*1.64*1.6 \cong 6$ (10.5)

eldeedilir. Burada C_s ilk plastik mafsal oluşumundaki katsayıdır. Şimdi 3 boyutlu modellenmiş güçlendirme datasının incelenmesi yapılabilir.

12.5 Çelik Takviyeli Yapının Analizi

Yapının Deprem Katsayısı A_o= 0.4,

Deprem Yapı Tipi Katsayısı R= 6,

Deprem Yapı Önem Katsayısı I= 1,

Hareketli Yük Katsayısı n= 0.3'dür ($W= W_G + 0.3*W_Q$)

Tx= 0.670sn, Ty= 0.654sn (SAP2000'den).

$S(T)x= 2.5*(T_B/T)^{0.8} \cong 1.65$

$A(T)x= A_O*I*S(T)= 0.4*1.0*1.65= 0.66$

$V_{tx}= W*A(T)/R= 30340*0.65/6= 3337kN$

Tablo 12.1 Çelik takviyeli yapı X yönü kat kesme kuvvetleri (kN) ve kat kütleleri (kNsn²/m)

KAT	F	h(m)	Fh	V*Fh/ΣFh	$M_{e\%5x}$	KÜTLE
4.N.K.	3850	19.9	76615	732	769	393
3.N.K.	4650	17	79090	756	794	474
2.N.K.	4720	14.1	66552	635	667	481
1.N.K.	4730	11.2	52976	506	531	482
Z.K.	4760	8.3	39508	378	398	486
1.B.K.	4520	5.4	24408	234	227	461
2.B.K.	3810	2.6	9906	95	86	389
∑	31040		349015			

$S(T)y= 2.5*(T_B/T)^{0.8} \cong 1.70$

$A(T)y= A_O*I*S(T)= 0.4*1.0*1.70= 0.68$

$V_{ty}= W*A(T)/R= 30340*0.68/6= 3334kN$

Tablo 12.2 Çelik takviyeli yapı Y yönü kat kesme kuvvetleri (kN) ve kat kütleleri (kNsn²/m)

KAT	F	h(m)	Fh	V*Fh/ΣFh	$M_{e\%5y}$	KÜTLE
4.N.K.	3850	19.9	76615	754	867	393
3.N.K.	4650	17	79090	780	896	474
2.N.K.	4720	14.1	66552	656	835	481
1.N.K.	4730	11.2	52976	521	630	482
Z.K.	4760	8.3	39508	390	449	486
1.B.K.	4520	5.4	24408	241	277	461
2.B.K.	3810	2.6	9906	98	98	389
∑	31040		349015			

Tablo 12.3 Çelik takviyeli yapı göreli kat ötelemelerinin kontrolü

KAT	X-X doğ.	Δx	Y-Y doğ.	Δy	Δmaks
2.B.K	0.12cm	0.12	0.125cm	0.125	0.87cm
1.B.K.	0.380cm	0.26	0.368cm	0.243	0.93cm
Z.K.	0.710cm	0.33	0.693cm	0.325	0.97cm
1.N.K.	1.080cm	0.37	1.05cm	0.357	0.97cm
2.N.K.	1.470cm	0.39	1.440cm	0.390	0.97cm
3.N.K.	1.820cm	0.35	1.810cm	0.370	0.97cm
4.N.K.	2.200cm	0.38	2.090cm	0.280	0.97cm

$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.0035$ veya $(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.02 / R$'den elverişsiz olanı sağlanmalıdır.

$(\Delta_i)_{maks} / h_i = 0.39 / 290 = 0.00134 \cong 0.0035$ (1.N.K.)

İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

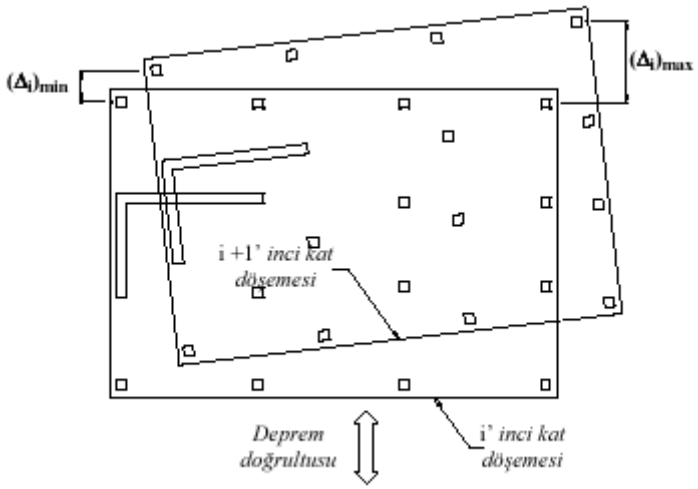
$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^{N} W_j}{V_i h_i} \leq 0.12$$ şartı sağlanmalıdır.

Tablo 12.4 Çelik takviyeli yapı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

KAT	$(\Delta_i)_{x\ ort}$	$(\Delta_i)_{y\ ort}$	$\sum$Wi (kN)	V_i (kN)	h_i (cm)	θ_{ix}	θ_{iy}
4.N.K.	0.38	0.28	3850	732	290	0.0062	0.0044
3.N.K.	0.35	0.37	8500	1488	290	0.0077	0.0064
2.N.K.	0.39	0.39	13220	2123	290	0.0090	0.0077
1.N.K.	0.37	0.357	17950	2629	290	0.0096	0.0089
Z.K.	0.33	0.325	22710	3007	290	0.0091	0.0094
1.B.K.	0.26	0.243	27230	3241	280	0.0078	0.0081
2.B.K.	0.12	0.125	31040	3336	260	0.0043	0.0050

Tablolardan da görüldüğü gibi göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe değerleri ABYYHY'de belirtilen sınırlar içersinde kalmaktadır.

A1-Burulma Düzensizliğinin Kontrolü;



Şekil 12.11 A1-Burulma düzensizliği

$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks} / (\Delta_i)_{ort} < 1.2$ koşulu sağlanmalıdır.

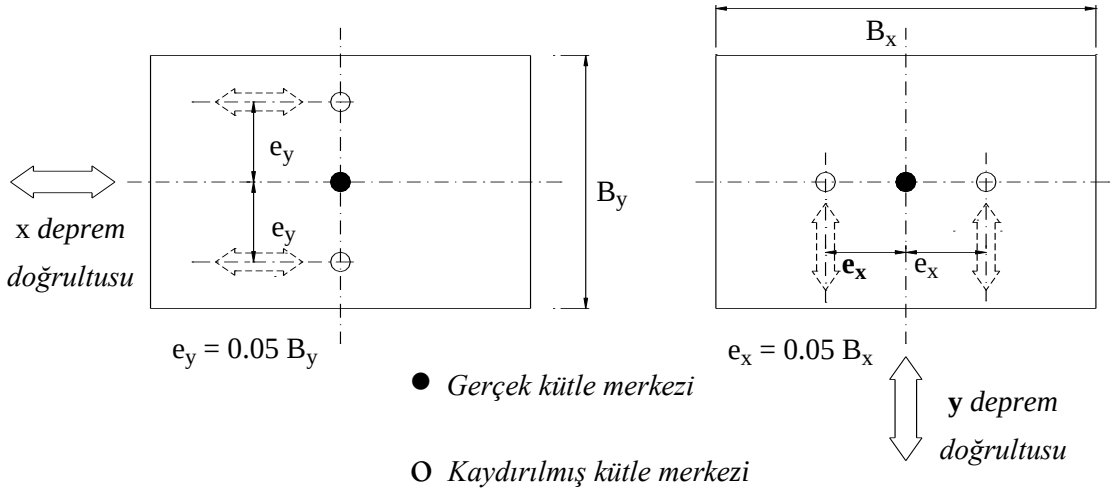
$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\ [(\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{min}\ ]$

Tablo 12.5 Çelik takviyeli yapı A-1 burulma düzensizliğinin kontrolü

KAT	$(\Delta_i)_{min\ x}$	$(\Delta_i)_{maks\ x}$	$(\Delta_i)_{ort\ x}$	$(\Delta_i)_{min\ y}$	$(\Delta_i)_{maks\ y}$	$(\Delta_i)_{ort\ y}$	$\eta_{bi\ x}$	$\eta_{bi\ y}$
4-3.NK	0.281cm	0.396cm	0.325cm	0.184cm	0.382cm	0.283cm	1.21	1.35
3-2.NK	0.339cm	0.484cm	0.412cm	0.252cm	0.490cm	0.371cm	1.18	1.32
2-1.NK	0.319cm	0.473cm	0.396cm	0.276cm	0.499cm	0.388cm	1.19	1.29
1.NK-ZK	0.302cm	0.429cm	0.365cm	0.29cm	0.265cm	0.447cm	1.17	1.26
ZK-1.BK	0.284cm	0.382cm	0.333cm	0.28cm	0.255cm	0.396cm	1.15	1.22
1-2.BK	0.210cm	0.293cm	0.255cm	0.22cm	0.204cm	0.281cm	1.17	1.16

Binanın herhangi bir i'inci katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, yukarıdaki tanımlara göre bu kata uygulanan ± %5 ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir [17].

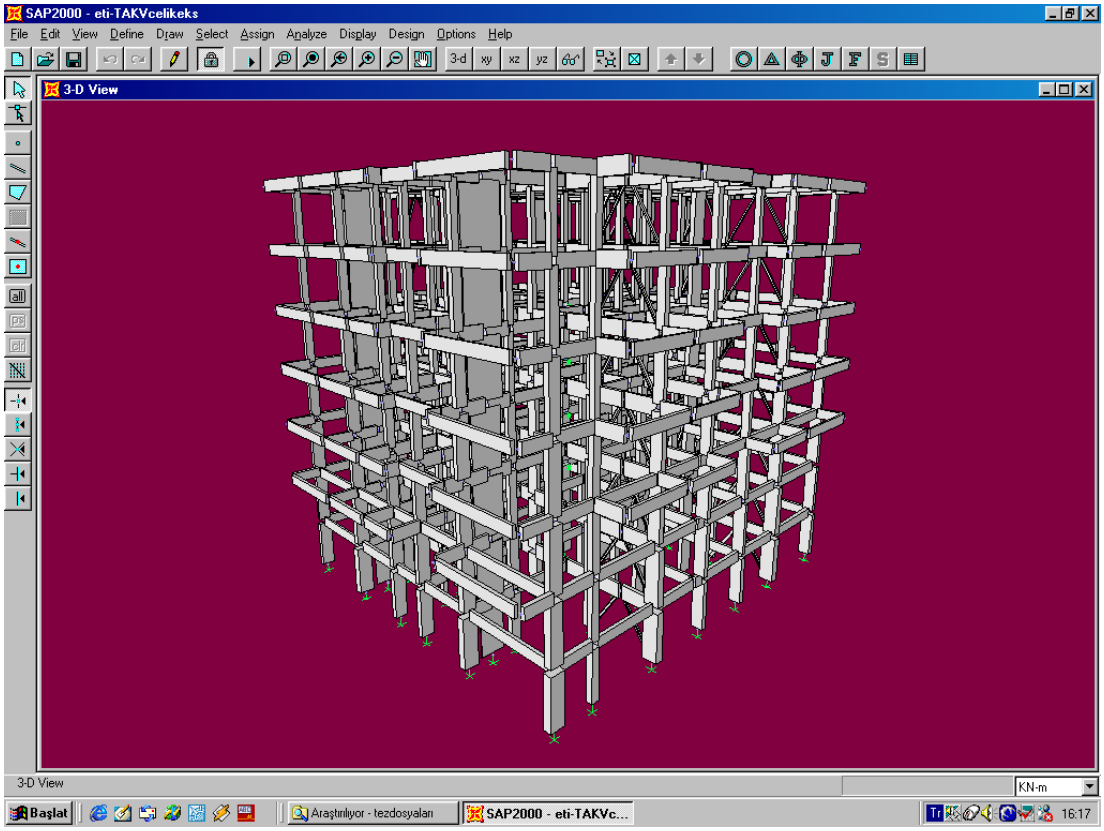
$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2$



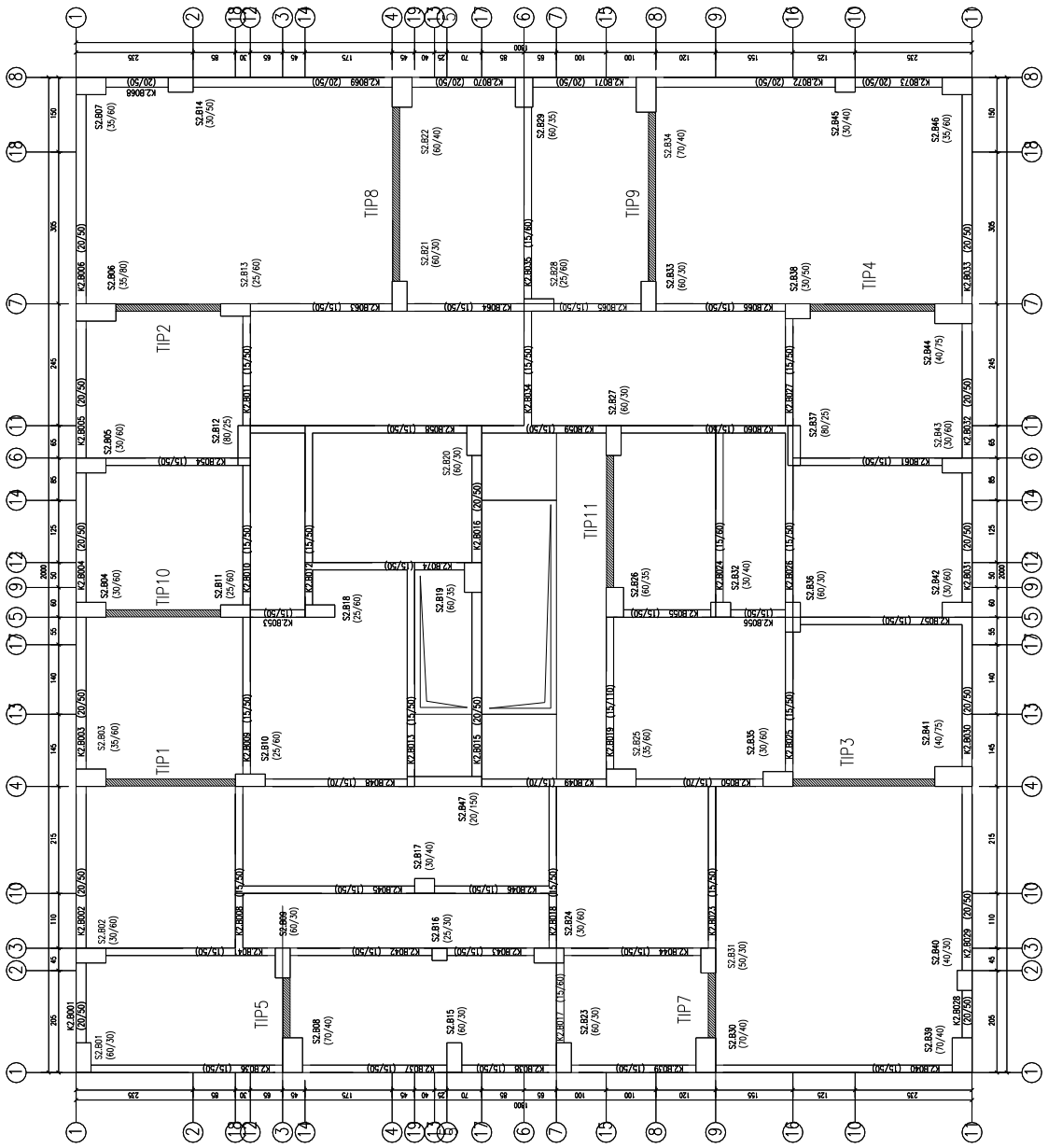
Şekil 12.12 Gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri için dışmerkezlikler

Tablo 12.6 Çelik takviyeli yapının D_i değerleriyle düzeltilmiş kat kesme kuvvetleri (kN)] ve kat kütleleri (kNsn²/m)

KAT	F	h(m)	Fh	V*Fh/ΣFh	$M_{e\%5y}$	KÜTLE
4.N.K.	3850	19.9	76615	754	1101	393
3.N.K.	4650	17	79090	780	1084	474
2.N.K.	4720	14.1	66552	656	969	481
1.N.K.	4730	11.2	52976	521	693	482
Z.K.	4760	8.3	39508	390	449	486
1.B.K.	4520	5.4	24408	241	277	461
2.B.K.	3810	2.6	9906	98	98	389
∑	31040		349015			



Şekik 12.13 Çelik Elemanlarla Takviye Edilmiş Yapı SAP2000 Modeli



Şekil 12.14 Çelik Takviye Elemanları 2.BK Tavanı Yerleşim Planı

Tablo 12.7 Çelik takviyeli yapı kiriş kesit tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI KİRİŞ KESİT TESİRLERİ (birim kN-m)																	
KİRİŞ NO	BOYUT	YÜKLEME TİPİ															
		1.4G+1.6Q					G+Q+E					G+Q-E					
		Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ
K101	20/50	6	5	11	16	20	39	12	33	16	42	47	6	18	39	13
K102	20/50	13	9	17	25	28	15	4	43	1	36	34	9	19	35	2
K103	20/50	18	10	18	29	29	15	9	36	5	35	40	5	11	35	5
K104	20/50	18	8	12	28	24	8	6	29	6	30	34	6	12	32	4
K105	20/50	11	7	19	22	27	18	1	47	4	38	34	9	21	35	1
K106	20/50	33	20	25	42	38	11	13	53	13	43	58	15	18	46	10
K107	20/50			*TİP5*												
K108	15/50	6	36	40	46	53	2	22	41	26	42	7	28	11	38	32
K109	15/50	31	15	32	45	46	2	11	40	20	43	42	9	4	43	21
K110	15/50	34	16	2	47	26	2	12	20	20	32	46	11	23	47	4
K111	15/50	9	7	9	25	21	39	10	40	15	47	51	2	21	49	17
K112	15/50	56	24	2	84	38	21	28	5	51	32	57	5	2	61	21
K113	15/50	19	45	9	53	44	8	33	9	34	32	19	30	4	38	29
K114	15/60			*TİP8*												
K115	20/50	6	19	33	33	36	4	4	51	15	34	13	22	4	32	17
K116	20/50	21	8	9	32	26	44	5	67	21	62	73	6	54	66	25
K117	15/60	6	3	18	17	26	68	13	54	54	60	59	9	29	31	24
K118	15/50	30	15	7	49	29	6	17	9	27	26	35	4	1	41	15
K119	20/50	25	23	46	51	72	37	17	84	4	81	72	14	20	67	19
K120	20/50			*TİP11*												
K121	15/60			*TİP9*												
K122	15/60			*TİP7*												
K123	15/50	47	20	4	72	31	5	24	10	40	32	60	4	4	60	12
K124	15/60	33	32	2	57	40	1	32	5	33	35	45	13	2	47	21
K125	15/50	23	19	2	44	33	21	17	30	7	46	53	9	28	53	1
K126	15/50	40	17	1	58	29	15	19	29	18	42	70	6	30	63	3
K127	15/50	8	6	10	24	22	50	10	52	23	56	61	1	38	58	25
K128	20/50	6	2	10	13	24	65	14	50	45	71	72	12	36	64	38
K129	20/50	22	16	31	48	39	24	6	70	10	50	55	15	27	57	3
K130	20/50	28	10	9	37	11	28	19	17	1	33	67	5	30	50	17
K131	20/50	21	8	14	33	25	12	6	37	6	35	42	5	18	41	1
K132	20/50	8	6	22	20	30	32	2	66	15	49	44	10	35	43	8
K133	20/50	34	20	25	42	38	23	13	65	7	49	70	14	30	51	4
K134	15/50	1	1	17	6	21	7	8	34	7	27	7	7	10	17	3
K135	15/60	33	30	47	55	61	5	12	77	21	60	51	29	13	55	25
K136	15/50	17	15	30	30	36	36	11	5	33	13	12	10	46	8	38
K137	15/50	22	9	13	34	29	41	4	12	38	6	10	9	29	10	34
K138	15/50	9	3	8	21	21	28	2	16	35	5	15	2	27	5	35
K139	15/50	11	7	20	21	27	28	8	13	31	4	14	2	41	1	34
K140	15/50	49	30	46	50	50	57	21	7	44	25	10	20	57	26	44

Tablo 12.8 Çelik takviyeli yapı kirş kesit tesirleri devamı

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI KİRİŞ KESİT TESİRLERİ (birim kN-m)																	
KİRİŞ NO	BOYUT	YÜKLEME TİPİ															
		1.4G+1.6Q					G+Q+E					G+Q-E					
		Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç.	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maç	Msağ	Vsol	Vsağ
K141	15/50	36	26	68	56	97	69	21	18	57	51	19	34	6	22	83
K142	15/50	53	9	4	60	30	57	3	11	52	11	17	10	17	31	31
K143	15/50	6	6	16	25	35	25	18	37	49	7	17	10	60	14	56
K144	15/50	27	18	34	67	29	67	7	29	58	2	31	18	48	3	52
K145	15/50	6	24	48	40	61	6	24	18	32	38	3	10	49	24	47
K146	15/50	32	3	1	44	18	41	7	2	40	4	3	11	2	21	21
K147	15/70			*TİP1*												
K148	15/70	35	20	31	54	52	125	21	97	98	25	76	41	139	22	97
K149	15/70	20	12	29	41	52	150	24	98	130	65	122	7	138	73	138
K150	15/70	47	32	43	68	68	117	40	60	94	1	50	5	120	1	94
K151	15/70			*TİP3*												
K152	15/50			*TİP10*												
K153	15/50	1	2	4	6	14	55	9	68	94	80	56	6	73	15	100
K154	15/50	33	20	7	48	32	54	1	2	45	10	8	25	11	22	34
K155	15/50	15	7	3	30	25	54	1	32	56	18	33	10	36	15	53
K156	15/50	3	1	6	14	13	39	3	37	60	40	34	2	44	40	60
K157	15/50	10	40	19	48	53	11	31	2	38	33	2	24	24	29	41
K158	15/50	67	37	70	90	82	74	29	25	71	47	20	38	73	51	67
K159	15/50	29	3	24	41	36	57	14	15	57	3	17	10	49	1	53
K160	15/50	46	38	37	68	65	57	34	4	62	31	8	19	55	33	60
K161	15/50	7	26	44	37	58	12	29	2	36	31	2	6	60	16	50
K162	15/50			*TİP2*												
K163	15/50	20	15	41	55	57	76	4	21	74	4	50	17	77	3	75
K164	15/50	43	9	9	56	18	67	20	70	78	26	7	7	58	2	51
K165	15/50	5	9	40	20	54	60	8	7	51	1	66	21	61	22	74
K166	15/50	41	11	3	56	39	83	22	80	89	23	27	6	85	11	77
K167	15/50			*TİP4*												
K168	20/50	4	1	13	11	25	77	8	48	73	48	71	9	65	57	84
K169	20/50	41	24	35	61	45	71	18	21	62	11	15	15	70	22	51
K170	20/50	17	4	5	24	15	74	2	50	60	33	51	7	57	26	55
K171	20/50	7	4	15	16	23	58	8	53	56	28	48	2	74	33	60
K172	20/50	37	20	25	43	52	73	11	24	53	13	23	16	60	8	59
K173	20/50	12	3	11	28	20	55	12	60	68	35	39	8	75	29	65

Kirişlerin betonarme hesapları, mevcut yapı için verilen örnekteki prosedüre göre yapılmıştır. Buradan çıkan sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 12.9 Çelik takviyeli yapı kirişleri durumu

ÇELİK TAKVYELİ YAPI KİRİŞLERİ DURUMU													
KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				GEREKLİ DONATI				MEVCUT DONATI MİKTARI			
		SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE				
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE
K101	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	3,8	1,1	3,8	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K102	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	4,41	1,01	5,65	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K103	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	5,02	1,16	4,41	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K104	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	4,41	0,92	4,41	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K105	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	4,11	0,9	5,34	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K106	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	6,02	2,23	6,02	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K107	20/50	15,2	6,66	15,2	ϕ6/20		*TİP5*						yeterli
K108	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	1,15	4,17	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K109	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	4,68	1,72	4,68	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K110	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	4,68	2,37	2,93	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K111	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	4,68	1	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K112	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	5,31	3,08	0,72	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K113	15/50	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20	2,93	3,81	1,3	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K114	15/60	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20		*TİP8*						yeterli
K115	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	1,87	2,49	5,96	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K116	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	6,57	0,88	6,57	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K117	15/60	10,8	3,39	2,71	ϕ8/20	4,68	1,33	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K118	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	4,52	2,25	1,15	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K119	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	13,2	5,94	21,7	ϕ8/20	takviye	yeterli	takviye	yeterli
K120	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20		*TİP11*						yeterli
K121	15/60	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20		*TİP9*						yeterli
K122	15/60	15,3	3,39	4,97	ϕ8/20		*TİP7*						yeterli
K123	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	6,64	2,32	1,3	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K124	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	5,46	3,1	0,59	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K125	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	5,97	3,32	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K126	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	6,64	3,44	4,5	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K127	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	6,23	0,94	5,31	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K128	20/50	10,8	1,13	5,4	ϕ8/20	4,68	1,33	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K129	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	6,02	1,72	7,74	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K130	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	7,34	3,45	3,2	ϕ6/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K131	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	6,02	0,94	5,97	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K132	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	6,02	1,1	7,34	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K133	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	7,6	2,24	6,83	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K134	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	1	0,64	4,47	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K135	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	5,31	1,37	5,31	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K136	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	4,52	1,37	5,31	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K137	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	4,68	1	4,47	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K138	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	3,69	0,27	4,68	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K139	15/50	14,8	3,39	3,84	ϕ8/20	4,52	0,28	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K140	15/50	5,6	8,04	14,8	ϕ8/20	6,5	3,44	6,5	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli

Tablo 12.10 Çelik takviyeli yapı kirşleri durumu devamı

ÇELİK TAKVYELİ YAPI KİRİŞLERİ DURUMU													
KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				GEREKLİ DONATI				MEVCUT DONATI MİKTARI			
		SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE				
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE
K141	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	5,19	3,93	7,32	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K142	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	7,32	1,22	2,63	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K143	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	3,69	2,02	7,32	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K144	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	8,45	1,79	4,93	ϕ8/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K145	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	0,86	2,84	4,93	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K146	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	4,68	1,45	4,52	ϕ6/20		yeterli	yeterli	yeterli
K147	15/70	4,97	3,39	12,9	ϕ10/15		*TİP1*						yeterli
K148	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	8,42	2,25	2,34	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K149	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	13,3	2,28	13,3	ϕ10/20	takviye	yeterli	takviye	yeterli
K150	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	8,42	3,34	8,42	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K151	15/70	18	3,39	4,97	ϕ10/15		*TİP3*						yeterli
K152	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ10/20		*TİP10*						yeterli
K153	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	4,67	1,56	4,67	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K154	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ6/20	5,97	2,84	1,44	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K155	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	5,97	1	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K156	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	4,68	0,33	5,31	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K157	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ10/20	4,68	4,3	2,93	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K158	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	8,74	5,19	8,74	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K159	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	6,64	1,79	4,93	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K160	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	7,04	4,18	7,04	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K161	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ6/20	1,44	3,32	6,64	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K162	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20		*TİP2*						yeterli
K163	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	9,47	2,37	9,47	ϕ8/20	takviye	yeterli	takviye	yeterli
K164	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	8,16	2,14	8,16	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K165	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	8,16	2,14	8,16	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K166	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	10	2,37	10	ϕ8/20	takviye	yeterli	takviye	yeterli
K167	15/50	21,6	3,39	3,84	ϕ10/20		*TİP4*						yeterli
K168	20/50	4,97	3,39	13,7	ϕ8/15	6,02	0,88	6,02	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K169	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	7,08	2,58	7,08	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K170	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	8,8	0,77	6,44	ϕ8/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K171	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	8,8	0,77	7,74	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K172	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	8,67	2,23	7,09	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K173	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	6,07	6,44	1,21	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo 12.11 Çelik takviyeli yapı kolon kesit tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI KOLON KESİT TESİRLERİ																
KOLON NO	YÖN	YÜKLEME TİPİ														
		1.4G+1.6Q			G+Q+/-Ex			G+Q+/-Ey			0.9G+/-Ex			0.9G+/-Ey		
		N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
S101	X-X	860	9	6	396	69	29	706	21	11	226	70	30	535	20	10
	Y-Y		8	5		3	1		25	16		3	1		25	15
S102	X-X	915	3	2	764	29	20	688	10	8	592	29	20	515	10	7
	Y-Y		10	13		13	3		83	42		9	1		80	40
S103	X-X	1132	2	1	603	39	24	1848	11	8	413	39	24	1659	12	8
	Y-Y		7	4		9	5		129	85		10	6		128	84
S104	X-X	963	1	1	518	27	19	1627	6	3	364	28	19	1473	5	3
	Y-Y		14	9		1	1		113	70		2	1		123	70
S105	X-X	942	1	1	635	28	19	821	7	5	461	28	20	647	8	5
	Y-Y		18	12		11	8		95	42		8	6		94	41
S106	X-X	1295	6	4	1038	45	24	2426	15	10	834	46	28	2221	14	10
	Y-Y		7	2		27	16		327	196		26	15		326	95
S107	X-X	948	11	7	754	38	22	1067	8	2	592	36	21	906	6	1
	Y-Y		7	5		19	9		130	58		18	8		128	58
S108	X-X	934	48	28	a715	379	242	948	35	10	A907	376	237	755	38	14
	Y-Y		4	3		13	7		55	29		12	7		56	29
S109	X-X	1152	28	17	2244	198	132	514	17	5	2037	196	130	307	20	7
	Y-Y		9	6		7	5		27	18		6	4		28	19
S110	X-X	1008	2	2	684	17	11	5	1	1	514	17	12	A165	1	1
	Y-Y		19	12		12	7		168	108		12	7		167	108
S111	X-X	833	2	2	467	17	11	A27	4	3	336	17	11	A157	4	3
	Y-Y		11	6		1	1		97	62		1	1		96	61
S112	X-X	1246	13	8	757	144	62	721	18	3	535	144	61	499	19	3
	Y-Y		25	17		10	11		32	24		14	9		30	21
S113	X-X	781	4	3	465	18	13	A642	5	2	344	18	12	A762	5	2
	Y-Y		11	9		17	11		202	126		16	10		200	125
S114	X-X	753	5	3	499	16	7	180	4	1	368	16	7	49	4	1
	Y-Y		14	10		17	13		87	56		15	11		86	54
S115	X-X	685	8	4	328	67	16	567	5	3	189	68	17	428	5	3
	Y-Y		6	4		6	4		26	17		6	4		27	18
S116	X-X	355	1	1	414	5	1	317	1	1	340	5	1	274	1	1
	Y-Y		1	1		2	2		14	11		2	2		15	11
S117	X-X	633	1	1	382	11	3	489	1	1	262	12	3	370	1	1
	Y-Y		10	6		5	4		26	13		5	3		26	14
S118	X-X	648	23	15	419	10	2	A91	18	11	303	8	1	A207	14	9
	Y-Y		4	2		2	1		77	37		2	1		77	34
S119	X-X	941	7	5	486	104	51	598	2	1	341	105	51	454	2	1
	Y-Y		32	21		12	14		29	6		19	11		32	10
S120	X-X	1004	4	3	968	86	40	731	2	1	791	86	39	553	2	1
	Y-Y		18	11		10	15		27	13		6	3		29	15
S121	X-X	1105	15	9	A492	156	69	781	16	11	A696	156	71	558	15	9
	Y-Y		1	1		3	2		44	33		32	2		44	33
S122	X-X	1406	1	1	2380	120	81	791	14	6	2122	200	81	532	15	5
	Y-Y		4	6		7	1		79	44		7	2		79	44
S123	X-X	962	43	26	283	86	35	504	4	2	151	86	38	373	3	2
	Y-Y		1	1		7	5		27	19		6	5		27	19
S124	X-X	644	8	5	872	32	20	554	2	1	712	32	21	394	1	1
	Y-Y		2	2		10	4		87	48		10	4		88	48

Tablo 12.12 Çelik takviyeli yapı kolon kesit tesirleri durumu devamı

S125	X-X	1005	5	3	634	42	22	432	8	5	451	43	23	249	6	3
	Y-Y		6	5		7	3		125	80		8	4		125	79
S126	X-X	1030	1	1	A620	133	82	597	5	3	A765	132	83	451	5	3
	Y-Y		5	4		10	5		45	26		8	4		44	25
S127	X-X	960	18	12	1718	113	70	557	4	2	1579	113	69	437	3	2
	Y-Y		12	9		12	8		40	30		10	6		40	28
S128	X-X	774	7	5	276	18	8	544	5	3	132	19	13	402	4	2
	Y-Y		2	1		12	4		97	52		8	4		97	52
S129	X-X	958	24	16	923	103	48	662	17	9	746	100	45	485	12	7
	Y-Y		2	1		9	6		64	43		8	5		64	43
S130	X-X	1145	10	4	A531	400	221	665	27	12	A769	401	221	427	28	13
	Y-Y		16	10		8	1		61	35		9	3		60	34
S131	X-X	711	5	2	1634	126	75	556	8	4	1488	126	75	410	8	4
	Y-Y		7	5		4	3		22	14		4	2		22	15
S132	X-X	719	18	12	337	14	5	457	12	6	211	15	6	331	8	5
	Y-Y		2	1		4	2		39	26		4	2		39	26
S133	X-X	1061	16	9	A747	172	77	805	8	1	A954	173	78	598	6	1
	Y-Y		1	1		5	4		45	34		5	3		44	33
S134	X-X	1372	7	5	2711	335	132	1091	17	7	2456	335	132	835	17	6
	Y-Y		10	7		17	12		97	58		16	11		95	56
S135	X-X	1100	12	8	649	27	14	1432	4	2	439	28	16	1222	2	1
	Y-Y		24	14		19	15		171	90		18	13		173	92
S136	X-X	1007	3	2	654	98	46	637	12	6	464	98	46	447	12	6
	Y-Y		2	1		2	1		33	21		2	1		32	21
S137	X-X	1181	14	10	786	176	75	861	21	11	569	174	74	642	20	9
	Y-Y		14	9		13	7		20	9		10	6		21	10
S138	X-X	869	5	4	738	35	23	1577	3	2	571	34	12	1410	3	1
	Y-Y		6	2		16	6		211	110		16	6		210	110
S139	X-X	1052	15	7	385	193	75	634	30	8	191	193	76	430	30	9
	Y-Y		20	12		17	12		43	14		15	10		45	16
S140	X-X	617	6	4	664	42	27	450	6	4	545	43	28	331	7	4
	Y-Y		1	1		2	1		12	5		2	1		12	5
S141	X-X	1353	2	1	1054	87	48	A88	15	8	791	86	48	A351	15	8
	Y-Y		4	1		28	11		377	153		28	11		376	154
S142	X-X	1012	5	3	702	40	28	557	7	5	497	40	28	373	7	5
	Y-Y		7	5		4	3		78	26		4	3		79	26
S143	X-X	949	2	2	632	40	27	527	9	7	446	40	27	341	8	6
	Y-Y		20	12		13	6		83	27		9	4		85	28
S144	X-X	1240	6	10	815	86	46	A595	14	6	577	86	46	A832	14	7
	Y-Y		3	2		38	13		493	171		36	13		452	171
S145	X-X	803	4	3	622	16	6	848	3	2	467	16	6	693	3	2
	Y-Y		8	4		3	1		44	28		4	1		45	29
S146	X-X	928	11	8	672	49	29	282	11	8	496	48	27	104	10	7
	Y-Y		5	2		15	5		124	52		15	5		125	53
P147	X-X	160	10	6	1095	13	4	1151	6	4	822	14	4	878	4	3
	Y-Y		33	14		53	25		663	248		53	23		663	250

Tablo 12.13 Çelik takviyeli yapı kolonlarının durum tesbiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet		DURUMU	DURUMU
S101	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S102	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S103	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	TİP1	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S104	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP10	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S105	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S106	35	80	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2772	206	TİP3	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S107	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S108	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S109	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S110	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	TİP1	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S111	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	TİP10	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S112	80	25	24,1	12ϕ16	ϕ8/20	1980	168	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S113	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	TİP3	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S114	30	50	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	116	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S115	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S116	25	30	6,02	4ϕ14	ϕ8/20	743	62	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S117	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1188	92	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S118	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	104	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S119	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S120	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S121	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S122	60	40	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2254	167	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S123	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S124	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S125	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S126	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	TİP11	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S127	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP11	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S128	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S129	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S130	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S131	50	30	12,1	6ϕ16	ϕ8/20	1362	116	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S132	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1188	92	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S133	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	TİP9	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S134	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	TİP9	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S135	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S136	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S137	80	25	24,1	12ϕ16	ϕ8/20	1980	168	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S138	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP4	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S139	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	8ϕ20	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S140	40	30	12,1	6ϕ16	ϕ8/20	1168	92	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S141	40	75	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2736	207	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S142	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	2736	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S143	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S144	40	75	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2970	207	TİP4	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S145	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1188	92	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S146	35	60	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2079	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S147	20	150	40,7	16ϕ14	ϕ8/20	2970	282	16ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo 12.14 Çelik takviyeli sistemin rijitlik merkezi koordinatları

KOLON NO	Xi (m)	Yi (m)	b (m)	d (m)	Ix (m4)	Iy (m4)	Xi*Ix (m5)	Yi*Iy (m5)
S101	1,8	1,625	0,6	0,25	0,0007813	0,0045	0,0014063	0,0073125
S102	3,875	1,75	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0100911	0,0011393
S103	7,375	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0331875	0,0014063
S104	10,525	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0473625	0,0014063
S105	13,725	1,75	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0357422	0,0011393
S106	16,8	1,8	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,09072	0,00243
S107	21,375	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0961875	0,0014063
S108	1,8	5,8	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,03132
S109	3,75	5,65	0,5	0,25	0,000651	0,0026042	0,0024414	0,0147135
S110	7,375	5	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0192057	0,0032552
S111	10,775	4,75	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0280599	0,0030924
S112	14,1	4,875	0,8	0,25	0,0010417	0,0106667	0,0146875	0,052
S113	16,825	4,8	0,25	0,4	0,0013333	0,0005208	0,0224333	0,0025
S114	21,35	3,65	0,3	0,4	0,0016	0,0009	0,03416	0,003285
S115	1,75	9,075	0,5	0,25	0,000651	0,0026042	0,0011393	0,0236328
S116	3,875	8,8	0,25	0,3	0,0005625	0,0003906	0,0021797	0,0034375
S117	5,225	8,5	0,25	0,4	0,0013333	0,0005208	0,0069667	0,0044271
S118	10,775	6,35	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0280599	0,0041341
S119	11,45	9,525	0,6	0,25	0,0007813	0,0045	0,0089453	0,0428625
S120	14,2	9,525	0,6	0,25	0,0007813	0,0045	0,0110938	0,0428625
S121	17,2	7,975	0,5	0,25	0,000651	0,0026042	0,0111979	0,0207682
S122	21,2	8	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,02862	0,0432
S123	1,75	11,275	0,5	0,25	0,000651	0,0026042	0,0011393	0,029362
S124	4,125	11,05	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0107422	0,007194
S125	7,375	12,45	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0331875	0,0097266
S126	10,95	12,275	0,6	0,25	0,0007813	0,0045	0,0085547	0,0552375
S127	14,2	12,275	0,6	0,25	0,0007813	0,0045	0,0110938	0,0552375
S128	16,925	10,75	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0440755	0,0069987
S129	21,2	10,5	0,6	0,25	0,0007813	0,0045	0,0165625	0,04725
S130	1,8	14,2	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,07668
S131	3,8	14,225	0,4	0,25	0,0005208	0,0013333	0,0019792	0,0189667
S132	10,775	14,45	0,25	0,4	0,0013333	0,0005208	0,0143667	0,007526
S133	17,2	13,025	0,5	0,25	0,000651	0,0026042	0,0111979	0,0339193
S134	21,2	13	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,02862	0,0702
S135	7,125	15,65	0,25	0,5	0,0026042	0,000651	0,0185547	0,0101888
S136	10,65	16	0,5	0,25	0,000651	0,0026042	0,0069336	0,0416667
S137	14,1	15,925	0,8	0,25	0,0010417	0,0106667	0,0146875	0,1698667
S138	16,825	15,95	0,25	0,4	0,0013333	0,0005208	0,0224333	0,0083073
S139	1,8	19,35	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,10449
S140	3,35	19,375	0,4	0,25	0,0005208	0,0013333	0,0017448	0,0258333
S141	7,4	19,2	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,03996	0,02592
S142	10,755	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0483975	0,015
S143	13,725	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0617625	0,015
S144	16,8	19,2	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,09072	0,02592
S145	21,35	16,95	0,3	0,4	0,0016	0,0009	0,03416	0,015255
S146	21,375	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,0007813	0,0961875	0,015
P147	7,35	8,9	0,2	1,5	0,05625	0,001	0,4134375	0,0089
TİP101	7,35	2,825	0,06	2,26	0,0577159	4,068E-05	0,4242117	0,0001149
TİP102	15,35	2,75	0,077	1,76	0,0349822	6,696E-05	0,5369772	0,0001841
TİP103	7,35	17,4	0,04	2,53	0,0539809	1,349E-05	0,3967598	0,0002348
TİP104	16,85	17,525	0,06	1,91	0,0348394	3,438E-05	0,5870431	0,0006025
TİP105	2,8	5,75	0,8	0,2	0,0005333	0,0085333	0,0014933	0,0490667
TİP107	2,85	14,25	0,96	0,2	0,00064	0,0147456	0,001824	0,2101248
TİP108	19,175	7,95	3,15	0,04	0,0000168	0,1041863	0,0003221	0,8282807
TİP109	19,175	13,05	3,04	0,04	1,621E-05	0,0936482	0,0003109	1,2221092
TİP110	10,5	3,25	1,96	0,07	5,602E-05	0,0439223	0,0005882	0,1427475
TİP111	12,5	11,5	2,31	0,07	6,603E-05	0,0719039	0,0008253	0,8268954
			Toplam		0,3351947	0,4507212	3,5220314	4,4917374

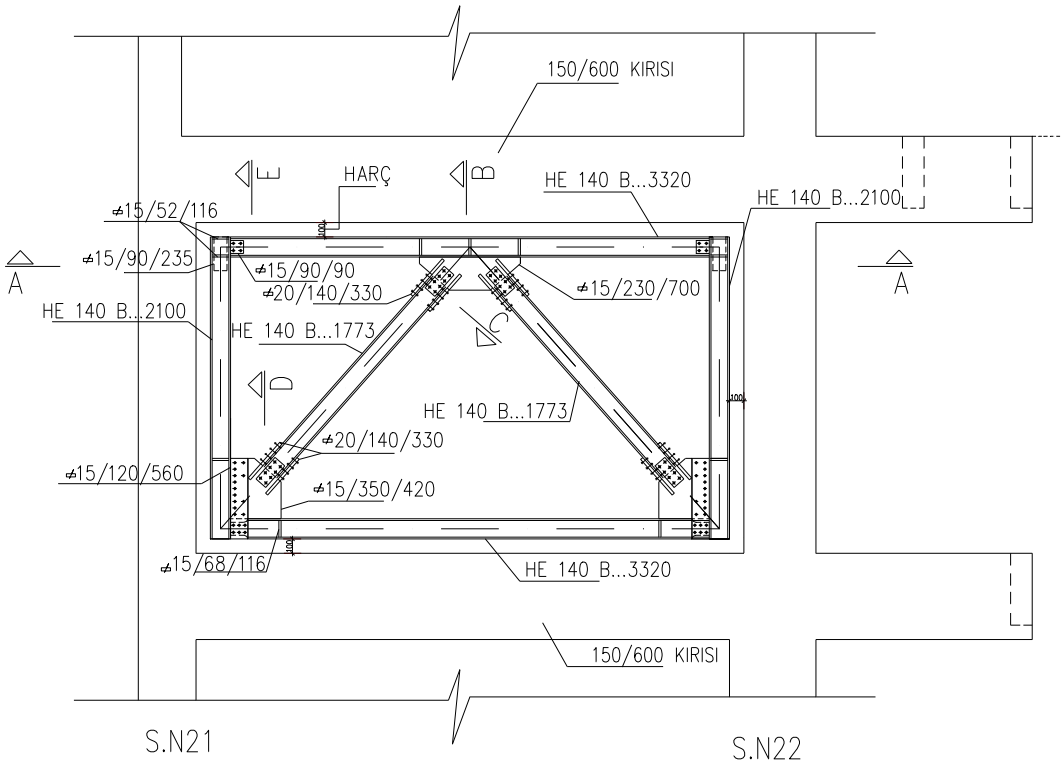
Xg=	11,5	Xr=	10,50742	ex=	1	$0.05L_x$=	1.15
Yg=	10,5	Yr=	9,9656671	ey=	0,05	$0.05L_y$=	1.05

12.6 Çelik Elemanların Dizaynı

Bu bölümde çelik elemanların (çaprazlar ve çelik perdeler) hesabı yapılacaktır. Tüm elemanların hesaplarının gösterimi yerine çapraz ve çelik perdelerden birer örnek seçilmiş ve bu elemanlara ait hesaplar yapılmıştır. Diğer elemanlara ait bilgiler ise tablo halinde bölüm sonunda verilmiştir.

12.6.1 Çelik Çapraz Sisteminin hesabı

Burada hesabı yapılacak olan çapraz sistemi 2.N.K. TİP8 elemanıdır. İlk olarak çelik çaprazlı yapıştırma metoduna göre çapraz sisteminin dayanımı belirlenmiş daha sonra ise çelik elemanların ve birleşimlerinin hesapları yapılmıştır.



Şekil 12.15 Çelik çapraz sistemi

1) Düğüm Noktası Kayma Dayanımı

$V_{sl}= V_{c1}+V_{c2}+V_{ja}$ idi ($V_{c1}+V_{c2}$ ihmal edilmişti) (8.25)

$V_{sl}= V_{ja}= 0{,}119*\sqrt{\sigma_B}*L_i*B_j$ (8.26)

Yapıştırma düğüm noktalarının kaymaları takriben R= 2/1000 rad'de oluşur. Bu yüzden V_{ja}'nın yaklaşık olarak berkitmelerin yatay kuvvetleri exV_{bsl}'ye eşit olması beklenir.

$exV_{bsl} = 2*exR_{sl}*E_s*A_s*\sin\theta*\cos^2\theta$ (8.28)

$exV_{bsl} = 2*(2/1000)*2.1*10^4*43 *\sin49*\cos^2 49 = 1173kN$

$V_{ja}= exV_{bsl}$ dersek;

$0.119*\sqrt{1.6}*320*B_j= 1173 \Rightarrow B_j= 24.4cm$ çıkar.

İncelenen mevcut yapı kirişlerinde b_w= 15-20cm arası olduğu için istenilen B_j değerine ulaşılması mümkün değildir. Bu durum karşısında yatay dayanımın, kimyasal düberler vasıtasıyla sağlanması tercih edilmiştir (konvansiyonel metod). Bundan sonra çapraz sisteminin maksimum dayanımı elde edilecektir.

2) Maksimum Dayanım

1) Berkitme Elemanları Akarsa;

$V_{su1}= \sum \alpha V_c+V_{bu}$ (8.29)

$V_{bu}= [V_{bu}(t)+V_{bu}(c)]*\cos\theta$ (8.30)

$\alpha V_c = 0.65 f_{ctd} b_w d$ $(f_{ctd}= 0.09kN/cm^2)$ (TS-500 8.1)

$V_{bu}(t) = A*\sigma_{çem}$ (ASD D)

$V_{bu}(c) = A_g*F_a$ (ASD E)

S40/25'de;

$\alpha V_c = 0.65*0.09*38*25 = 56$ kN

S60/25'de;

αV_c = 0.65*0.09*58*25 = 85 kN

$V_{bu}(t)$= 14.4*43= 619 kN

$\frac{kl}{r} < C_c$ ise;

$$F_a = \frac{\left\{1 - \frac{(kl/r)^2}{2C^2_c}\right\}\sigma_a}{\left\{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8C_c} - \frac{(kl/r)^3}{8C^3_c}\right\}} \qquad \text{(ASD E2-1)}$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{kl}{r} = \frac{254}{3.58} = 71 \\ C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 21000}{24}} = 131 > \frac{kl}{r} \end{array}\right\} \quad F_a = 9.69 \text{kN/cm}^2$$

$V_{bu}(c)= P_n$= 9.69*43 = 417 kN

V_{su1}= 56 + 85 + (619 + 417)*cos49= 821 kN

2) Harç Bölgesinde Çatlak Oluşursa;

$V_{su2} = \alpha V_c + pV_c + V_{jf}$ (8.31)

$V_{jf} = \mu N_v$ (8.32)

$N_v = 0{,}5 * V_{b(\ R=2/1000\ )} * \tan\theta$ (8.33)

$V_{b(\ R=2/1000\ )} = ex V_{bsl} = 2 * \frac{2}{1000} * 2.1 * 10^4 * 43 * \sin 49 * \cos^2 49 = 1173$ kN

N_v= 0,5*1173*tan49= 675 kN

V_{jf}= 1.0*675= 675 kN

S40/25'de pVc ;

$$k_{min}= \frac{0.34}{0.52+5/40} = 0.53 \qquad (8.36)$$

$P_g= \frac{9.24}{40*25} = 9.24*10^{-3}$ (Düşey donatı oranı)

$\sigma_o= \frac{356000}{250*400} = 3.56$ N/m² (Düşey gerilme) ve $\sigma_{yd}= 191$ N/mm²

$\sigma= Pg*\sigma_{yd} + \sigma_o= 9.24*10^{-3}*191 + 3.56= 5.32$ N/mm² ≈ 53 kgf/cm² (8.39)

$F_{cl}= 110$ kgf/cm² $\Rightarrow$ $0.33*F_{cl}= 53$kgf/cm²

$\tau_o= 0.22*F_{cl}+0.49*\sigma$ ($0{,}33F_{cl}-28<\sigma<0{,}66F_{cl}$) (kfg/cm^2) (8.37)

$\tau_o= 0.22*110 + 0.49*53= 50.17$ kgf/cm²

$pV_c= k_{min}*\tau_o*b_c*D_c= 0.53*50.17*40*25= 26590$ kgf ≈ 266 kN (8.35)

S60/25'de αV_c =85 kN idi

$V_{su2}= 85 + 266 + 675= 1026$ kN

$V_{su}= \min(V_{su1}, V_{su2})= 821$ kN

Sap2000'den G+Q+Ex yüklemesi berkitme eleman normal kuvvetleri;

$P_ç= +258$ kN

$P_b= -331$ kN

$P_d=(258+331)*\cos 49= 386$ kN

Kolon kesme kuvvetleri toplamı (sap2000)= 34+17= 51 kN

$\sum P_u= 386+51= 437$ kN < V_{su} ✓, arzu edilen dayanım sağlanmıştır. Bundan sonraki aşama yatay, düşey ve berkitme çelik elemanlarının ve bunları birleştiren detayların çözümüdür.

Tablo 12.14 Yapıda kullanılan diğer berkitme elemanları

	λ	F_a	V_t	V_c	V_{su}	V_d
HE100A	104	7	297	292	374	136
HE120A	86	8.5	354	215	470	314
HE120B	85	8.8	476	300	620	455
HE160B	64	10.26	760	557	1429	638

3) Çaprazlama Sisteminin Kiriş ve Kolonlarının Hesabı ve Kontrolü

Yatay ve düşey elemanlara gelen normal kuvvet V_{jf} = 675kN ve N_v= 675kN. Seçilen profil HE 140 B ve profiller boylu boyunca mevcut betonarme kiriş ve kolonlara monte edildiğinden bunların burkulma boyları kendi boylarına eşit olacaktır. Bu durumda;

$P = A*\sigma_{HZ} = 43*16 = 688$ kN > Vjf ✓

Dual sistemler için seçilen profiller kompaktlık şartını sağlamalıdır. HE140B profilinin kompaktlığının kontrolü (ST 37 için);

$$\frac{b}{t_b} = \frac{14}{1.2} = 11.66 \leq 17 \checkmark \qquad \text{(TS-4561 2.5.6)}$$

$$\frac{h_g}{t_g} = \frac{9.2}{0.7} = 13.14 \leq 44 \checkmark \qquad \text{(TS-4561 2.5.8)}$$

4) Şevron Berkitme Elemanlarının Dizaynı

$P_T = P_E + P_V$

P_E: Deprem yükünden dolayı oluşan eksenel kuvvet,

P_V: Düşey yükten dolayı oluşan eksenel kuvvet,

P_T: Toplam eksenel yük olmak üzere;

P_E = +288kN (sol), -281kN (sağ)

P_V = -34kN (sol), -69kN (sağ)

$P_{T,sol}$ = +288+0 = +288kN (çekme, -P_V yükü ihmal)

$P_{T,sağ}$ = -49-281 = -330kN (basınç) [15]

Burkulma boyu kl = 254 cm

- Emniyet Gerilmeleri Yöntemine Göre Berkitme Elemanlarının Kontrolü

Bu durumda birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri için TS648'deki EIY yükleme durumunda izin verilen %15 artırım, deprem durumunda en fazla %33'e çıkarılabilir. Ayrıca süneklik düzeyi yüksek merkezi güçlendirilmiş çerçevelerde V ve Λ şeklinde örgü elemanları kullanılıyorsa; bu elemanlar, üzerlerindeki deprem yüklerinin 1.5 katına göre boyutlandırılmalıdırlar [16].

P_T = +288 kN (çekme) ⟶ P_{eq} = 1.5*288 = 432 kN

P_T = -330 kN (basınç) ⟶ P_{eq} = 1.5*325 = 488 kN

Seçilen profil HE 140 B ; A = 43 cm², i_{min} = 3.58 cm

Kesitin kompaktlığının kontrolü;

$$\frac{b}{t_b} = \frac{14}{1.2} = 11.66 \le 17 \checkmark$$

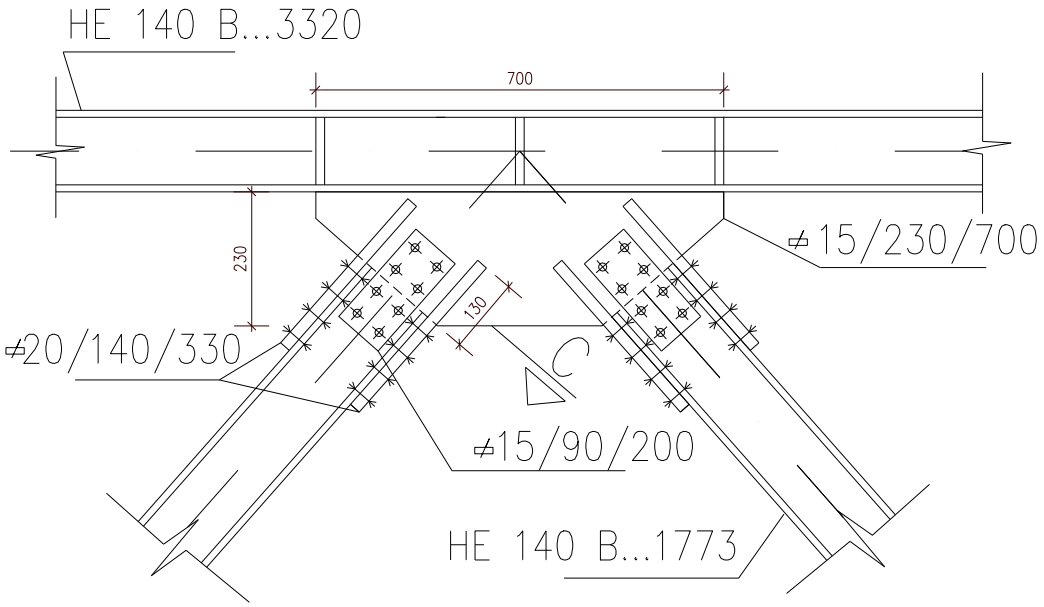
$$\frac{h_g}{t_g} = \frac{9.2}{0.7} = 13.14 \le 44 \checkmark$$

$$\lambda = \frac{254}{3.58} = 71 \Rightarrow \omega = 1.49$$

$$\lambda = 71 \le 5.87\sqrt{\frac{E}{\sigma_a}} = 173 \checkmark \qquad \text{(UBC2210-9.2.a)}$$

$$\sigma = \omega\frac{P}{A} = 1.49\frac{488}{43} = 16.91\,\text{kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 1.33*14.4 = 19.1\,\text{kN/cm}^2 \checkmark$$

5) Berkitmelerin Kirişe Bağlantı Detayı



Şekil 12.16 Berkitmelerin kirişe bağlantı detayı

Düğüm noktalarında, çevrimli yüklere karşı bağlantıların yeterli olması için yüksek mukavemetli bulonların kullanılması gereklidir [19]. Bağlantı elemanları, şartnamelerin öngördüğü yük kombinasyonları altında aşağıdaki kuvvetlerin en küçüğüne mukavemet edecek şekilde boyutlandırılırlar [16];

i – Berkitme elemanlarının taşıyabileceği maksimum eksenel çekme yükü.

ii – Deprem yüklerinden dolayı, örgü elemanlarında oluşan eksenel kuvvetin 2.8 katı ile gravitasyonel yüklerden oluşan eksenel kuvvetlerin toplamı.

iii – Sistemin, berkitme elemanlarına iletebileceği maksimum yüke göre.

i – $P = A*\sigma_a = 43*24 = 1032kN$ (çekme)

ii – $2.8* P_E+P_V = 2.8*281+69 = 856kN$ (basınç) ✓

iii – Şu an için belli değil.

Boyutlandırma ii seçeneğindeki yüke göre yapılacaktır.

- Berkitme elemanı başlık ve gövdesindeki bulonların tahkiki;

$P_b = \frac{1.2*14}{43} * 856 = 335\,kN$ (profil başlığına gelen kuvvet)

Yüksek mukavemetli M14 bulonunda ($P_{öng} = 0.5P_v$);

Kesme kapasitesi = $\frac{\pi d^2}{4}\tau_{em} = \frac{\pi 1.4^2}{4} * 27 = 41.6kN$✓

Ezilme kapasitesi = $\min \sum t\, d\sigma_{l,em} = 1.2*1.4*43 = 72.2kN$

$n = \frac{335}{41.6} = 8M14$

$P_g = \frac{0.7*9.2}{43} * 856 = 128\,kN$ (profil gövdesine gelen kuvvet)

Gövdedeki bulonlarda;

Kesme kapasitesi = $\frac{\pi d^2}{4}\tau_{em} = \frac{\pi 1.4^2}{4} * 27 = 41.6kN$✓

Ezilme kapasitesi = $\min \sum t\, d\sigma_{l,em} = 0.7*1.4*43 = 42.14kN$

$n = \frac{128}{41.6} = 4M14$

- Berkitme elemanının efektif net alanının kontrolü;

$A_e = 43 - 4*1.4*1.2 = 36.28cm^2$

$F^* = \frac{856}{43} = 19.9\,kN/cm^2$

$$\frac{A_e}{A_g} \geq \frac{1.2\alpha F^*}{F_u} \qquad \text{(UBC 2211.4-9.3.b)}$$

$$\frac{A_e}{A_g} = \frac{36.28}{43} = 0.84 \geq \frac{1.2\alpha F^*}{F_u} = \frac{1.2*1.0*19.9}{37} = 0.65$$ ✓

- Başlık levhalarının tahkiki;

Seçilen başlık levhaları #140.20

$P_b = \frac{1.2*14}{43}*856$ = +/- 335 kN (profilin başlığına gelen kuvvet)

$P_{sc} = 1.7*F_a*A$ (basınç için) (ASD N4-1)

Levhalar için $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ =0.29*t = 0.29*2= 0.58cm ,[15].

İki bulon arası = 3.5*d = 3.5*1.4 = 5cm

kl= 5cm (levhada iki bulon arasındaki burkulma boyu , M14 bulonu için)

$\frac{kl}{r} = \frac{5}{0.58} = 8.62$

$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}} = 131 > \frac{kl}{r}$

} $F_a = 14.1 kN/cm^2$

P_{sc}= 1.7*14.1*14*2 = 671kN > P_b =335 kN ✓

Berkitme elemanının başlığındaki levhanın efektif net alanının kontrolü;

$F^* = \frac{335}{14*2} = 11.96$ kN/cm²

A_e = 14*2 – 2*1.4*2 = 22.4 cm² (2 M14 bulon deliği)

$\frac{22.4}{14*2} = 0.8 \geq \frac{1.2*1.0*11.96}{37} = 0.39$ ✓

Levhanın eksenel çekme kuvveti dayanımının kontrolü;

$P = A_e*\sigma_a$ = 22.4*24 = 537kN > P_b = 335kN✓

Başlık levhasında kaynakta kontrol;

Seçilen kaynak kalınlığı a= 6 mm (a_{maks} =0.7*t_{min} = 0.7*1.2=0.84cm)

$A_k = 4*0.8*(13-2*0.8) = 36.5$ cm²

$\tau_k = \frac{335}{36.5} = 9.18$ kN/cm² ≤ $\tau_{k,em} = 10.5$ kN/cm² ✓

- Gövde levhasının tahkiki

Seçilen gövde levhası ⧄ 90.15

$P_g = \frac{0.7*9.2}{43} *856 = +/- 128$ kN (profilin gövdesine gelen kuvvet)

$\frac{kl}{r} = \frac{5}{0.29*1.5} = 11.49$

$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}}$ 131 > $\frac{kl}{r}$

} $F_a = 14.1$ kN/cm²

$P_{sc} = 1.7*14.1*9*1.5 = 324$ kN > P_g ✓

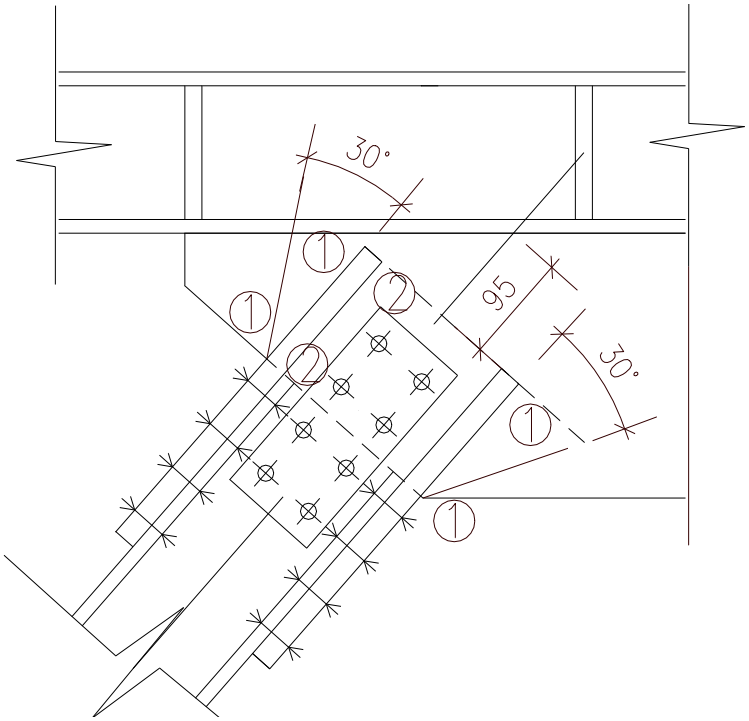
$P_{st} = 9*1.5*24 = 324$ kN > P_g ✓

$A_e = 9*1.5 – 2*1.4*1.5 = 9.3$ cm²

$F^* = \frac{128}{9*1.5} = 9.48$kN/cm²

$\frac{9.3}{9*1.5} = 0.69 \geq \frac{1.2*1.0*9.48}{37} = 0.31$ ✓

- Guse Levhasında Kontrol;



Şekil 12.17 Guse levhası-berkitme detayı

Guse levhası Whitmores Metodu'na göre kontrol edilecektir, [15].

Whitmores Metodu'na Göre;

Efektif genişlik= 14+2*2+tan30*2*15 = 35 cm

P = 856 kN ve seçilen levha kalınlığı t= 1.5 cm

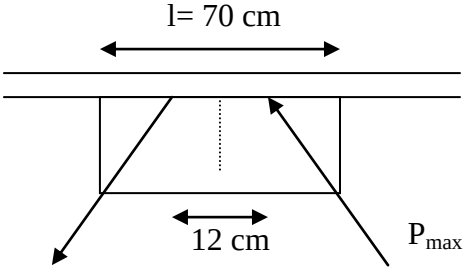
$$\frac{kl}{r}=\frac{9.5}{0.29*1.5}=13.8$$

$$C_c=\sqrt{\frac{2\pi^2E}{Fy}}=131>\frac{kl}{r}$$

$\Big\}$ F_a =14.1 kN/cm²

P_{sc} = 1.7*14.1*35*1.5 = 1258 kN > 856 kN ✓

- Kiriş-Levha birleşiminde kontrol



Şekil 12.18 Kiriş-guse levhası birleşimi

ΣP_x= 856*cos49*2=1123kN

Her iki berkitme elemanın da ayni anda ayni doğrultuya etkidiği farz edilecek.

seçilen kaynak kalınlığı ve boyu ; a = 0.8cm, l_k = 70cm

A_k = 2*0.8*(70-2*0.8) = 109.44cm²

$\tau_k = \frac{1123}{109.44}$ = 10.26 kN/cm² ≤ $\tau_{k,em}$ = 10.5 kN/cm² ✓

P_y = 856*sin49 = 646 kN

M = 646*12 = 7752 kNcm

W_k = 0.8*2*(70-2*0.8)²/6 = 1248 cm³

$\sigma_k = \frac{7752}{1248}$ = 6.21 kN/cm²

$\sigma_v = \sqrt{\tau^2 + \sigma^2} = \sqrt{10.26^2 + 6.21^2}$ = 11.99 t/cm² < $\sigma_{k,em}$ = 12.5 kN/cm² ✓

Lokal Gövde Burkulması Tahkiki;

$$\frac{R}{t_w(N+5k)} \le 0.66*\sigma_a*1.7 \qquad \text{(ASD K1-2)}$$

t_w= 0.7cm

N= 70cm

k= 2.4cm (Profil başlık et kalınlığı+profilin güvde üstendeki yarıçapı, t_b+r)

R= ΣP_y= 2*856*sin49 = 1292kN

R ≤ 0.66*24*1.7*0.7*(70+5*2.4)= 1545kN ✓

$$f_b = \frac{M_{B-B}}{t_w(N+5k)^2/4} + \frac{P_v}{t_w(N+5k)}$$

$$f_b = \frac{7752}{0.7*82^2/4} + \frac{69}{0.7*82} = 7.79 \text{kN/cm}^2 < 0.66*\sigma_y*1.7 = 0.66*24*1.7 = 27$$ ✓

Yırtılma Kontrolü;

F_v= 0.3F_u ⟶ net kesme alanı (ASD J.4-1)

F_t= 0.5F_u ⟶ net çekme alanı (ASD J.4-2)

F_v= 2*2*15= 60 cm²

F_t= (1.5*9-2*1.4)= 10.7 cm²

Kesit 1-1-1-1'de;

R_{to}= 1.7*37*(0.3*60+0.5*10.7)=1456 kN > 856kN✓

Kesit 1-1-2-2'de;

R_{to}= 1.7*34*0.3*60= 1132 kN > P_b= 335 kN ✓

Gövde levhasında;

R_{to}= 0.5*1.7*37*10.3= 324 kN > P_g= 128 kN✓

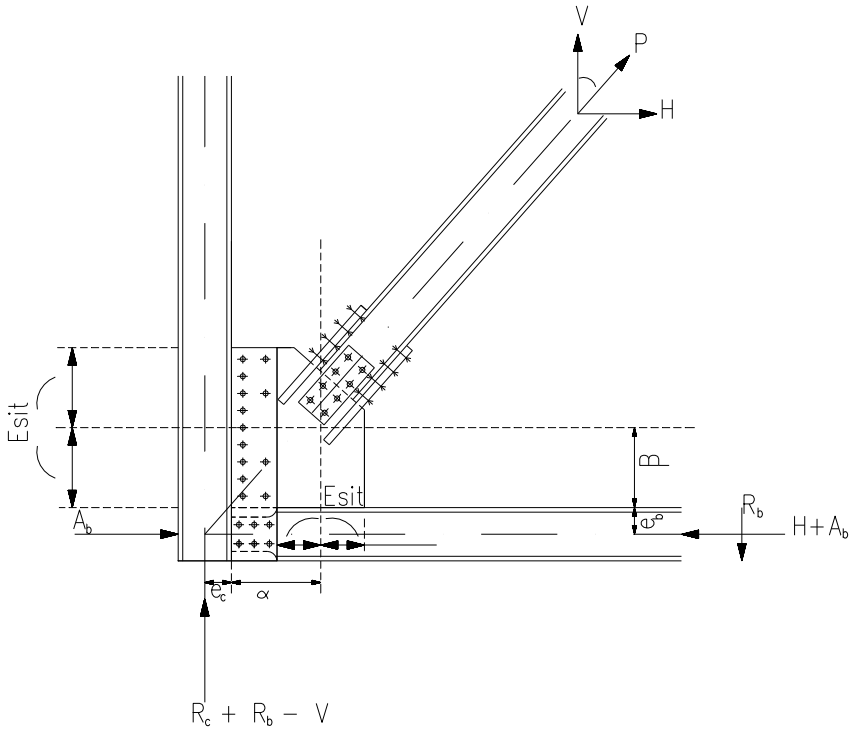
6) Berkitme ve Kiriş-Kolon Bağlantı Detayının Dizaynı

Bu detay üniform kuvvet metoduna göre çözülecektir. Burada ana amaç α ve β sayılarının, sistemde moment oluşturmayacak şekilde deneme yanılma yöntemiyle belirlenmesidir, [15]. Böylece;

Bağ levhası – Kiriş,

Bağlevhası – Kolon ve

Kiriş – Kolon birleşimlerinde moment oluşumu önlenecektir [15].



Şekil 12.19 Berkitme ve kiriş-kolon bağlantı detayı

$\alpha - \beta\tan\theta = e_b\tan\theta - e_c$

$V_c = \frac{\beta}{r}(P)$ $\qquad$ $H_c = \frac{ec}{r}(P)$

$V_b = \frac{eb}{r}(P)$ $\qquad$ $H_b = \frac{\alpha}{r}(P)$

$r = \sqrt{(\alpha + e_c)^2 + (\beta + e_b)^2}$

Detay hesabı berkitme eksenel yükü P_{max} = 856kN kuvvetine göre yapılacaktır.

α= 17.5 cm seçilirse;

15.5 - βtan41 = 7*tan41 – 7 $\Rightarrow$ β= 21.2 cm bulunur.

r = $\sqrt{(17.5+7)^2+(21+7)^2}$ =37.2 cm $\Rightarrow$

$V_c = \frac{21}{37.2}856 = 483$ kN $\qquad$ $H_c = \frac{7}{37.2}856 = 161$ kN

$V_b = \frac{7}{37.2}856 = 161$ kN $\qquad$ $H_b = \frac{17.5}{37.2}856 = 403$ kN

olarak hesaplanırlar.

H= H_b + H_c = 403+161 = 564 kN = 856*cos49

V= V_b + V_c = 161+483 = 644 kN = 620*sin49

Başlık, gövde ve guse levhalarında seçilen levha kalınlığı t= 1.5 cm

Guse Levhası;

A-A kesitinde efektif genişlik b= 14 + 2*15*tan30 = 31cm

$\sigma = \frac{856}{1.5*31}$ =18.4 kN/cm²

kl= 32cm

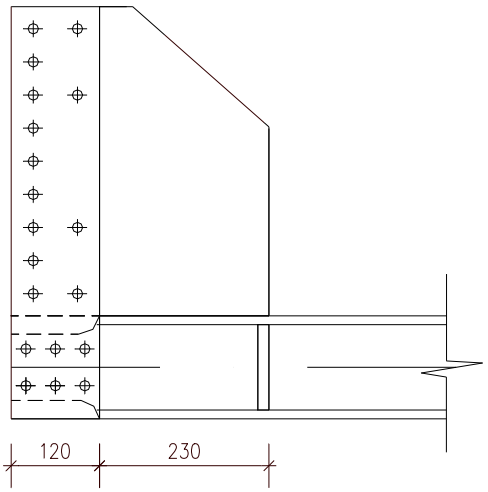
$\frac{kl}{r} = \frac{0.8*32}{0.29*1.5}$ =59

$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}}$ =131

} F_a = 10.77 kN/cm²

1.7F_a = 18.31 kN/cm² $\cong$ σ ✓

- Guse Levhası – Kiriş Detayı



Şekil 12.20 Guse levhası-kiriş detayı

$$\left.\begin{aligned}\sigma_k &= \frac{V_b}{A_k} = \frac{161}{2*0.8*(23-2*0.8)} = 4.7\ \text{t/cm}^2 \\ \tau_k &= \frac{H_b}{A_k} = \frac{403}{2*0.8*(23-2.0.8)} = 11.77\ \text{t/cm}^2\end{aligned}\right\}$$

$$\sigma_v = \sqrt{4.7^2 + 11.77^2} = 12.66 \le 12.5\ \text{kN/cm}^2 \checkmark$$

Kiriş Gövdesinde lokal Akma Tahkiki;

t_w= 0.7cm

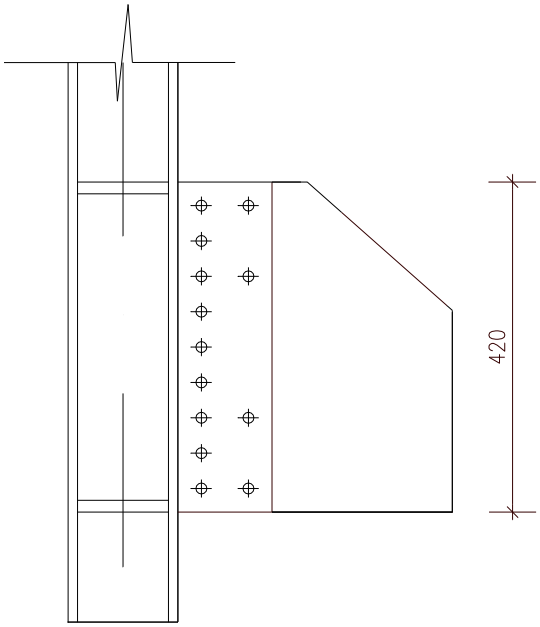
N= 25cm

k= 2.4cm

R=V_b= 161kN

$$\frac{R}{t_w(N+2.5K)} = \frac{161}{0.7*(25+2.5*2.4)} = 7.42 \le 0.66*\sigma_a*1.7 = 27 \checkmark$$

- Guse Levhası – Kolon Detayı



Şekil 12.21 Guse levhası-kolon detayı

$$\sigma_k = \frac{H_c}{A_k} = \frac{161}{2*0.6*(42-2*0.6)} = 3.28 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{V_c}{A_k} = \frac{483}{2*0.6*(42-2*0.6)} = 9.87 \text{kN/cm}^2$$

$\sigma_v = \sqrt{3.28^2 + 9.87^2} = 10.4 \text{ kN/cm}^2 \leq 12.5 \text{ kN/cm}^2$ ✓

Bulonlarda tahkik;

Kesme kuvveti alan plak, kiriş boyunca da devam ettirildiği için eksantrisite momenti ($M=V_c*e$) dikkate alınmayacaktır [15].

$R= \sqrt{H_c^2 + V_c^2} = \sqrt{161^2 + 483^2} = 509\text{kN}$

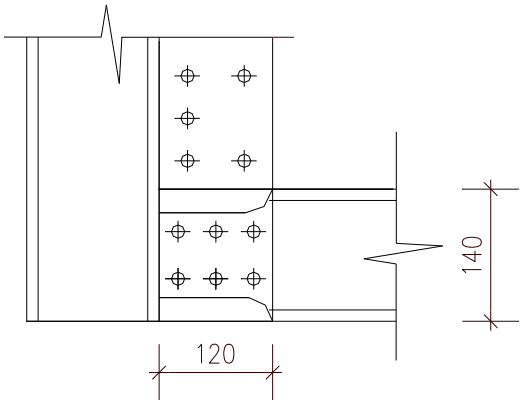
$t_{min}=1.5\text{cm} \Rightarrow$ kullanılacak maks bulon çapı $d_{max}= \sqrt{5*1.5}$ -0.2= 2.7 cm (seçilen M14)

Kesme kapasitesi = $\frac{\pi d^2}{4} \tau_{em} = \frac{\pi 1.4^2}{4} *27 = 41.6\text{kN}$

Ezilme kapasitesi = $\min \sum t \, d\sigma_{l,em} = 1.5*1.4*43 = 90.3\text{kN}$

n= $\frac{509}{41.6}$ =13 tane M14 yüksek mukavemetli bulon (öngerme 0.5Pv)

- Kiriş – Kolon Bağlantı Detayı



Şekil 12.22 Kiriş-kolon bağlantı detayı

$A_b \pm (H - H_b) = 161$ kN

$V_b \pm R_b = 161$ kN

Kaynakta kontrol;

Seçilen kaynak boyu l_k= 14 cm

$$\left.\begin{aligned} \sigma_k &= \frac{161}{2*(14-0.8)} = 6.1 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_k &= \frac{161}{2*(14-0.8)} = 6.1 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}\right\} \quad \sigma_v = \sqrt{6.1^2 + 6.1^2} = 8.63 \text{ kN/cm}^2$$

$0.7t_{min}$ = 0.7*1.2 = 0.84cm > 0.8 ✓ $\Rightarrow$ seçilen a= 8 mm

Bulonlarda tahkik (Seçilen bulonM14);

Kesme kuvveti alan plak, kiriş boyunca da devam ettirildiği için eksantrisite momenti ($M=V_c*e$) dikkate alınmayacaktır [15].

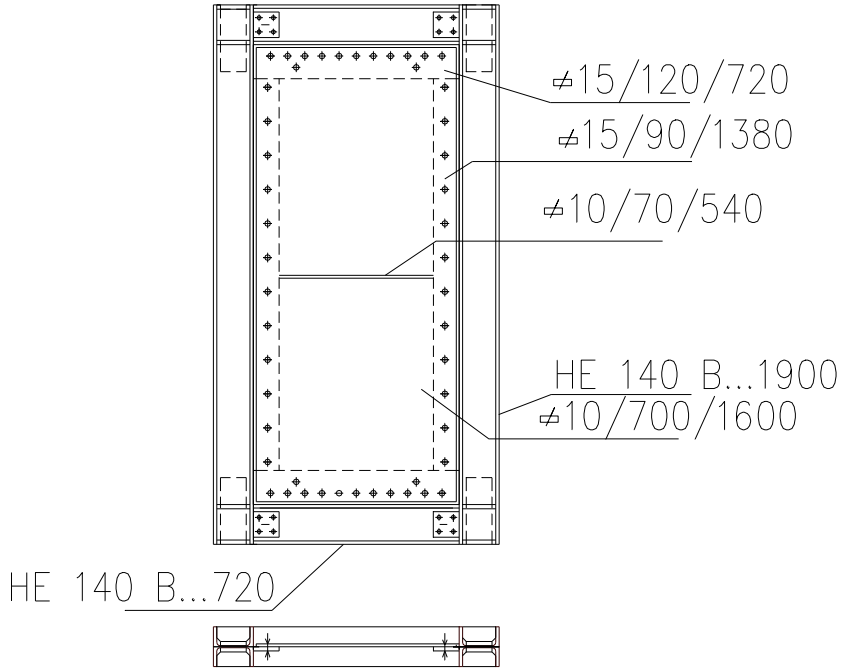
R= $\sqrt{[A_b + (H - H_b)]^2 + (V_b \pm R_b)^2} = \sqrt{161^2 + 161^2}$ = 228 kN

Kesme kapasitesi = $\frac{\pi d^2}{4} \tau_{em} = \frac{\pi 1.4^2}{4} * 27$ = 41.6kN

Ezilme kapasitesi = min $\sum t\, d\sigma_{l,em}$ = 0.7*1.4*43 = 42.4 kN

n= $\frac{228}{41.6} \cong$ 6 tane M14- yüksek mukavemetli bulon (öngerme 0.5Pv)

12.6.2 Çelik Perde Sisteminin Hesabı



Şekil 12.23 Çelik perde sistemi

Yükler;

P_V=D= 16+9.4+9.4= 35kN

P_E=Q_E= 226+113+124= 463kN

Çelik perdeler daha önce belirtilen şu yüke göre dizayn edilirler;

E_M= $\Omega_o Q_E \pm 0.2 S_{DS} D$, S_{DS}= 0.27 (Ao*I*S(T)/2.5=0.4*1.66/2.5) (8.60)

E_M= 2.5*463+0.2*0.27*35= 1159kN

- Maks Dayanım

$V_{su}= \Sigma\alpha V_c+V_{bu}$ (8.29)

S70/40'da; $V_c= 0.65*0.09*68*40= 159$kN

S60/30'da; $V_c= 0.65*0.09*58*30= 102$kN

$V_{su1}= 159+102+V_{bu}$

$V_{su1} = E_M$ dersek V_{bu}'yu, yani çelik perdenin karşılaması gereken yükü buluruz.

$V_{bu}= 1159-159-102= 898$ kN (çelik perde bu yükü karşılayacak)

$\frac{a}{h}=\frac{91}{72}=1.26$ (çelik perde mesh uzunlukları oranı)

$$kv=5+\frac{5}{(a/h)^2}=5+\frac{5}{1.26^2}=8.15 \quad (8.53)$$

$$\frac{h}{t_w}=72<1.1*\sqrt{\frac{kv*E}{F_{yw}}}=1.1*\sqrt{\frac{8.15*21000}{24}}=93\Rightarrow \text{kompakt (kategori 1)} \quad (8.48)$$

$A_w= h*t_w+A_{g,HE\ 140\ B} = 72*1.0+9.2*0.72= 78.62$ cm² (8.58)

$V_n= 0.55\sigma_a t_w d= 0.55*78.62*24= 1037$ kN$>V_{bu}$ (8.50)

$t_w= 1$cm ve h= 72cm seçildi (a=91cm'de bir yatay berkitme kullanıldı).

- Berkitmelerin Seçimi (ASD G4, [22])

$I= a*t_w^3*J$

$J= 2.5*(h/a)^2-2\geq 0.5$

$h/a= 72/91= 0.79$, $t_w= 1$cm

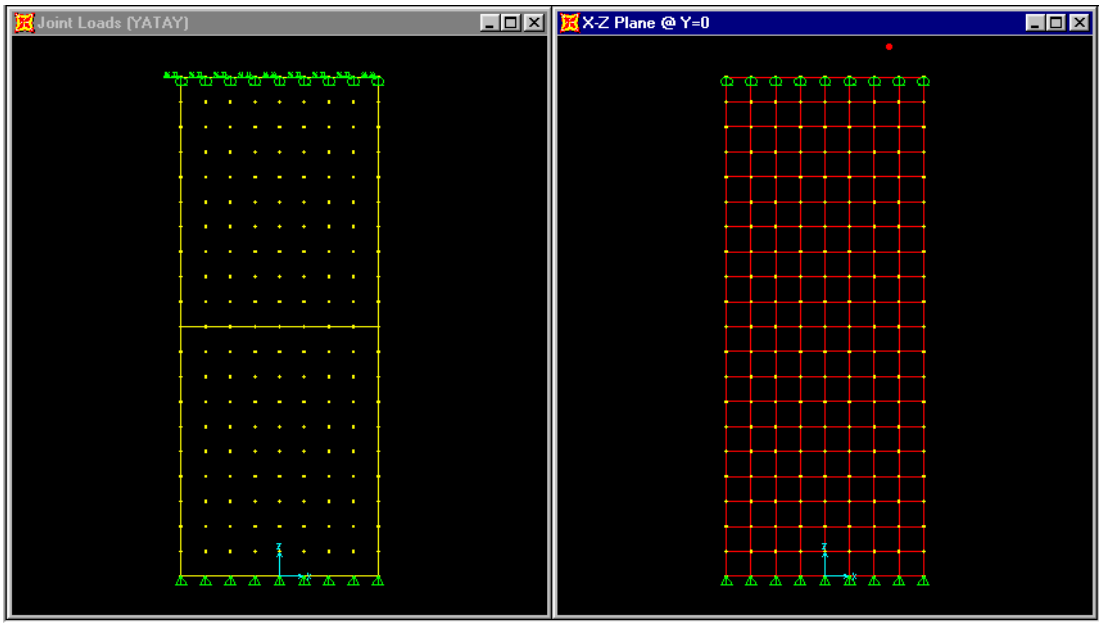
$J= 2.5*0.79^2-2=-0.44\Rightarrow 0.5$ seçilir.

$I= 91*1.0^3*0.5= 45.5$ cm^4

Seçilen berkitme $\neq 2*70.10$ ($2*I = 2*1.0*7^3/12 = 57.17$ cm^4)

- **Çelik Perdenin Sonlu Elemanlar ile Çözümü ve Gerilme Analizi**

Çelik Perde, mevcut yapıdan bağımsız olduğu için (betonarme mevcut yapı + çelik elemanlar) ayrık olarak modellenebilir. Bu durumda perde, yapı dinamik analizi sonucu elde edilen kesme kuvvetine göre tahkik edilir. Modelin her iki yanı serbest, alt kısmı basit mesnet ve üst kısmı da sadece düşey doğrultu için tutulmuş mesnetlerden oluşturulabilir. Perde kesme kuvveti düğüm noktalarına tariflenerek gerilme analizi yapılır. Model oluşturulurken, yatay ve düşey çelik profillerle stifnır elemanları da kullanılmalıdır [14].



Şekil 12.24 Çelik Perde Sap2000 FEM modeli a) çelik elemanlar b) FEM Shell elemanlar

1) Sadece kesme kuvveti altında perdenin burkulması;

$\alpha = a/b = 72/91 = 0.79$ (8.42)

$k = 5.34+(4/\alpha)^2 = 5.34+(4/0.79)^2 = 31$ (8.41)

$$\tau_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{t}{b}\right)^2 = \frac{31\pi^2 21000}{12(1-0.3^2)}\left(\frac{1}{91}\right)^2 = 71\text{kN/cm}^2 \quad (8.40)$$

$$\frac{\tau}{\tau_{cr}} = \frac{3.5}{71} = 0.05 \le 0.25 \checkmark$$

2) Düzlemi içersinde kesme kuvveti ve çift eksenli basınç kuvveti altında perdenin burkulması;

$$\sigma_{crx} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\upsilon)^2}\left(\frac{t}{b}\right)^2 \qquad (8.45)$$

α_x = a/b= 72/91= 0.79< 1 $\Rightarrow$ k = $\left(\alpha + \frac{1}{\alpha}\right)^2 = \left(0.79 + \frac{1}{0.79}\right)^2 = 4.23$

$$\sigma_{crx} = \frac{4.23\pi^2 21000}{12(1-0.3)^2}\left(\frac{1}{91}\right)^2 = 18 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{cry} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\upsilon)^2}\left(\frac{t}{a}\right)^2 \qquad (8.45)$$

α_y = b/a = 91/72= 1.26> 1 $\Rightarrow$ k= 4

$$\sigma_{cry} = \frac{4\pi^2 21000}{12(1-0.3)^2}\left(\frac{1}{72}\right)^2 = 27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_y}{\sigma_{cry}} + \frac{\sigma_x}{\sigma_{crx}} + \frac{\tau}{\tau_{cr}} = \frac{3.4}{27} + \frac{0.4}{18} + \frac{3.2}{71} = 0.19 < 0.25 \checkmark \qquad (8.44)$$

σ_x, σ_y ve τ değerleri Sap2000'den alınmıştır.

- Bağlantı Elemanları

Bağlantı elemanları hesap kuvveti V_n= 1037kN idi.

Yüskek mukavemetli M20 bulonunda;

Kesme kapasitesi = $\frac{\pi d^2}{4}\tau_{em} = \frac{\pi * 2^2}{4} * 27 = 85\text{kN}$

Ezilme kapasitesi = $\min \sum t\, d\sigma_{l,em} = 1.0*2*43 = 86\text{kN}$

n=$\frac{1037}{85}$ =12M20 (öngerme 0.5Pv)

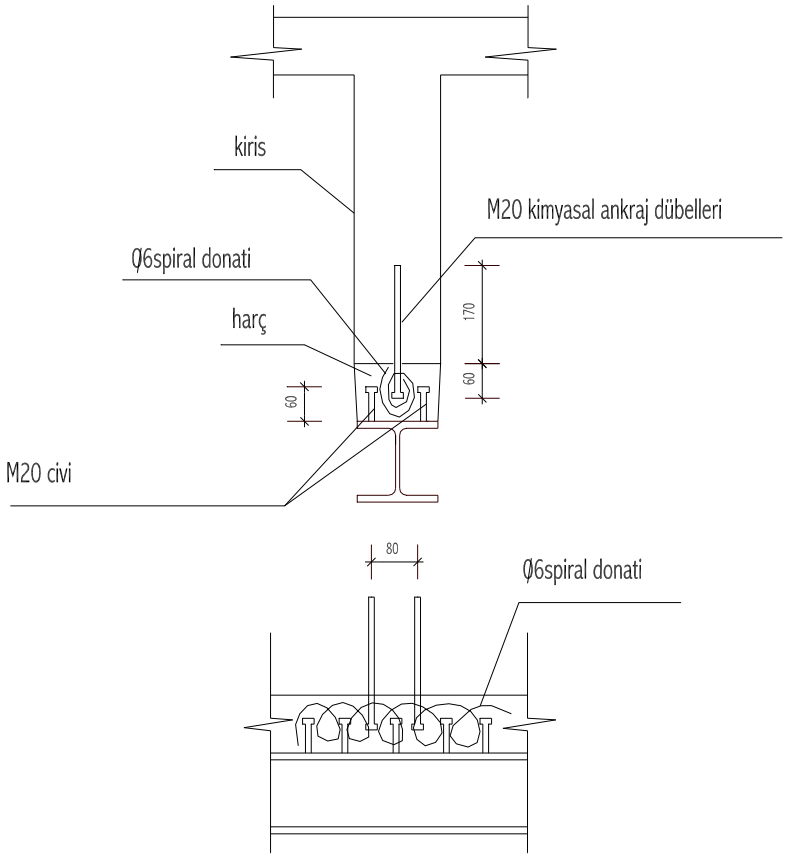
A_k= 2*0.8*(72-2*0.8)= 113 cm²

$\tau_k = \frac{1037}{113} = 9.18\text{KN/cm}^2 \le \tau_{k,em} = 10.5\text{kN/cm}^2 \checkmark$

12.6.3 Kayma Elemanlarının Tespiti

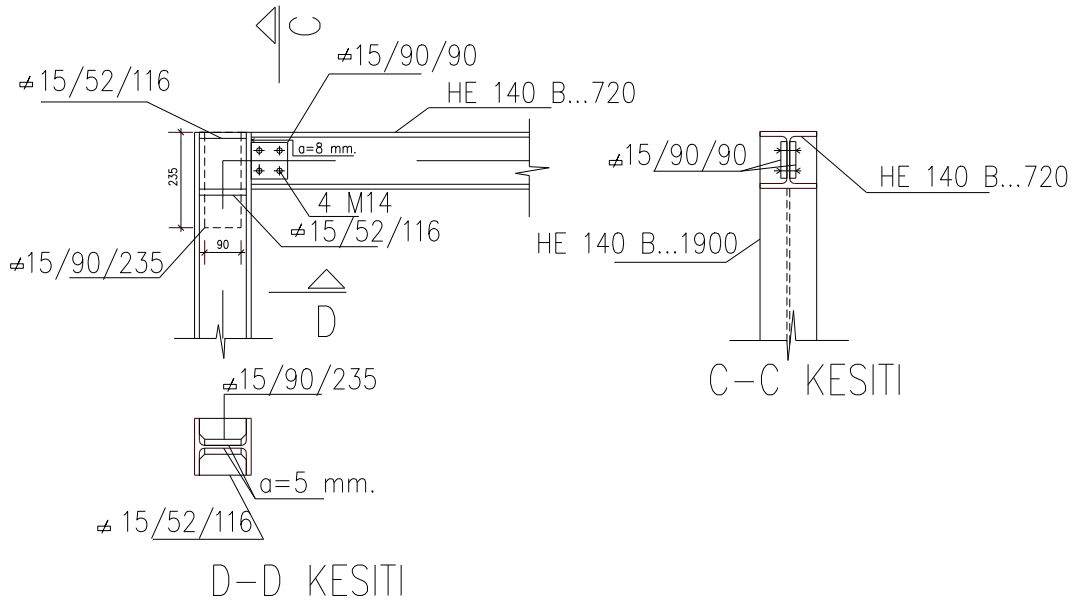
Bu elemanlar HILTI'nin ürettiği kimyasal dübellerden seçilmiştir. Düberlere ait kapasite kuvvet değerleri ilgili kurumun hazırladığı teknik rapordan alınmıştır. Bu raporlara istinaden M20 kimyasal dübeli tercih edilmiştir. Bu dübel T_{maks}= 89kN yük taşıma kapasitesine sahiptir. Dübeller V_n=1037kN kuvvetini betonarme kesite aktarabilmelidir. Bunun için gerekli dübel sayısı;

$$n= \frac{1037}{89} = 12 M20 \text{ kimyasal dübel (HILTI'den)}$$



Şekil 12.25 Kayma elemanlarının (kimyasal dübeller) detayı

12.6.4 Kiriş-Kolon Birleşimi



Şekil 12.26 Kiriş-kolon dual birleşimi

Seçilen kiriş ve kolon profili HE 140 B ;

$$A = 43\ cm^2\ ,\ i_{min} = 3.58\ cm$$

- Kesitin kompaktlığının kontrolü;

$$\frac{b}{t_b} = \frac{14}{1.2} = 11.66 \le 17\ \checkmark$$

$$\frac{h_g}{t_g} = \frac{9.2}{0.7} = 13.14 \le 44\ \checkmark$$

μN_v= 675 kN (çelik çaprazdan)

V_n= 1037 kN (çelik perdeden)

Detaylar, kiriş ve kolon profillerine gelen normal kuvvet V_n= 1037kN'ye göre çözülmüştür.

$P = A * \sigma_a = 43^{*}24 = 1032\ kN \cong 1037\ kN\ \checkmark$

$P_{başlık}$= 1.2*14*1032/43 = 403 kN

$P_{gövde}$= 0.7*9.2*1032/43 = 154 kN

- Profil Başlığındaki küt kaynakta;

$P_{max}= A_{küt\ kaynak} * \sigma_a$ = 1.2*14*24= 403kN ≅ 403kN✓

Not: Küt kaynak, yüksek kalitede kaynak işlemi yapıldı takdirde uygulandığı profillerin emniyet gerilmelerinde çalışır [19].

- Gövde levhasındaki kaynakta;

$A_{gövde\ kaynak}$= 2*0.8*(9-2*0.8) = 11.84 cm²

$$\sigma = \frac{154}{11.84} = 13\ kN/cm^2 \leq \sigma_{em} = 12.5 kN/cm^2 ✓$$

- Gövde bulonları M14 seçilsin;

$\sigma_{l,em}$ = 0.7*1.4*43 = 42 t

$\tau_{ç,em}$ = π*1.4²/4*27 = 41.6 t

$$n = \frac{154}{41.6} = 6M14$$

- Gövde Levhasında Kontrol

Seçilen Levha # 15.80.90

A_g=1.5*9 = 13.5cm²

A_e =1.5*9-2*1.4*1.5= 9.3cm²

$$F^* = \frac{154}{13.5} = 11.4\ kN/cm^2$$

$$\frac{9.3}{13.5} = 0.69 > \frac{1.2*1.0*11.4}{37} = 0.37\ ✓$$

- Kolon Gövdesi Kesme Tahkiki

$$V_n = 0.55 * \sigma_a * d_c * t_p * \left[1 + \frac{3 * b_{cf} * t_{cf}^{\,2}}{d_b * d_c * t_p}\right] \qquad \text{(UBC 2211.4 8.3.a)}$$

Burada;

t_p= birleşim kayma bölgesi toplam et kalınlığı (takviye levhaları dahil), 3.7cm

d_c= kolon kesit yüksekliği, 14cm

b_{cf}= kolon başlık genişliği, 14cm

t_{cf}= kolon başlık kalınlığı, 1.2cm

d_b= kiriş kesit yüksekliği, 14cm

σ_a = akma sınır gerilmesi, 24kN/cm²

$$V_n = 0.55*24*14*3.7*\left[1 + \frac{3*14*1.2^2}{14*14*3.7}\right] = 741kN$$

Ayrıca kayma bölgesi et kalınlığı aşağıdaki şu ifadeyi sağlamalıdır;

$$t \geq \frac{(d_z + w_z)}{90} \qquad \text{(UBC 2211.4 8.3.b)}$$

Burada;

t= kayma bölgesinde kolon gövdesinin veya takviye levhasının et kalınlığı

d_z= kayma levhasının süreklilik levhaları arasında kalan derinliği, 14-2*1.5=11cm

w_z=kayma bölgesinin kolon başlık elemanları arasında kalan genişliği, 11.6cm

$$t \geq \frac{(11+11.6)}{90} = 0.25cm \checkmark$$

Seçilen ilave levha #15.90.250 (Çift levha kullanılacak, A=2*1.5*9 = 27cm²)

- Kolon Gövdesinde Berkitme Gerekliliği

Rn = (2.5k+N)* σ_a *t_w

k= 2.4cm t_w= 3.7cm t_{cf}= 1.2cm

N= 3.7cm σ_a = 24kN/cm² d_c= 14cm

h= 9.2cm

Rn= (5*2.4+3.7)*24*3.7= 861kN

Rn > $P_{başlık}$ = 403kN olduğundan berkitme gerekli değil ama süreklilik levhası kullanımı yine de tercih edildi.

Kaynakta kontrol;

Seçilen kaynak kalınlığı a= 0.5cm<0.7*1.5=1.05cm

Berkitmelerden aktarılacak kuvvet;

Temas yüzeyi alanı= (2.5k+N)*t_w+2*b*t=(2.5*2.4+3.7)*3.7+2*1.5*5= 51cm²

[(Levha alanı)/(Temas yüzeyi alanı)]*$P_{başlık}$= [(1.5*5)/51]*403= 59kN

$$\tau_k = \frac{59}{2*0.5*(9-2*0.5)} = 7.37kN/cm^2 \le \tau_{k,em} = 10.5kN/cm^2$$

Kolon başlığında;

$0.157*\sqrt{A_{flanş}} = 0.157*\sqrt{1.2*14} = 0.64 < 1.09$ (ASD K1-1)

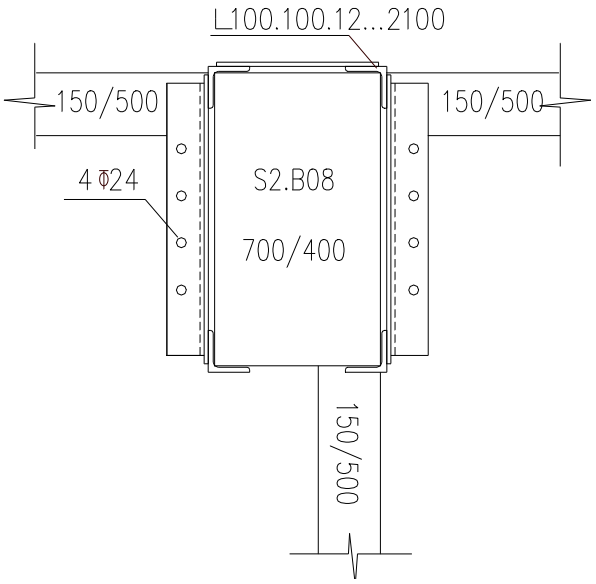
olduğundan berkitmeye gerek yok.

12.6.5 Kolonlardaki Çekme Kuvveti için Detayların Teşkili

G+Q◊E yüklerinden dolayı kolonlarda oluşan çekme kuvvetinin çelik elemanlarla karşılanması ve bu elemanların eklerinin katlar arasında sürekliliğinin sağlanması gerekir. Ayrıca kolonlarda oluşan momentler, ilave edilecek bu çelik korniyerlerle karşılanabilirler. Böylece kolonda basit basınç ve basit çekme durumlarına göre kontroller ve gerekli güçlendirmeler daha ekonomik olarak yapılabilir. Bu durumda olan kolonların moment almayacağı aşikardır yani kolonlarda Mr=0'dır, [27].

Basit çekme durumunda Nd= $A_s f_y$'dir. (TS-500 7.4.2)

Basit basınç durumunda Nd= $0.9 f_{cd} b_w d + A_s f_y$'dir. (TS-500 7.4 ve [27]'de pp.150)



Şekil 12.27 BA kolondaki çekme kuvvetini karşılayacak korniyerlerden oluşan çelik kolonlar

Kesit tesirleri;

$P_ç$= 715 kN

M= 380kNm (S108 kolonu GQEx yüklemesi)

Nd= $A_s * f_y$ = 25.10cm²*19.1kN/cm²= 479kN (betonarme kolonun aldığı)

F_{tv}=(715 - 479)= 236kN (korniyer elemanların alacağı çekme kuvveti)

$$A*\sigma_{em} \geq \frac{M}{2b_c} + \frac{F_{tv}}{4} \Rightarrow A*14 \geq \frac{38000}{70} + \frac{236}{4} \Rightarrow A = 23cm^2 \qquad (8.2)$$

seçilen kesit ∟100.100.12

Bu kuvvetin katlar arasında aktarılabilmesi için gerekli olan çekme çubuğu Φ24 seçilirse;

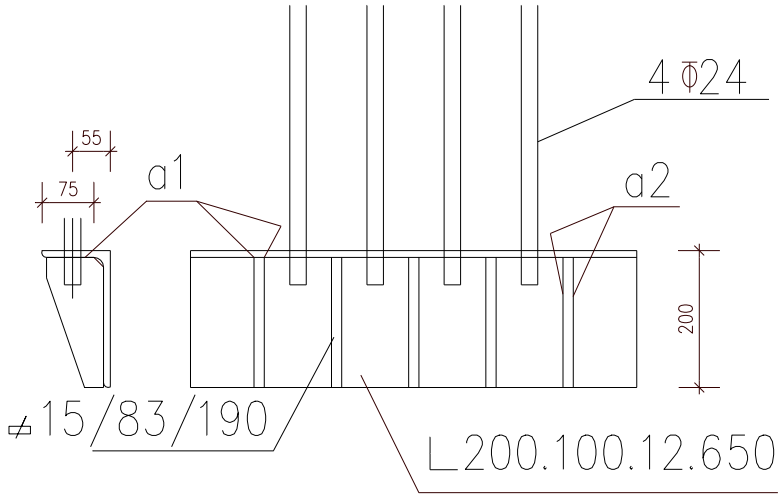
$P_{\Phi 24}$= π*(0.86*2.4)²/4*42= 141kN

Bağlantı elemanları, korniyerlerin eksenel akma yükünü taşımalıdırlar (max çekme). Bu durumda donatılara gelen kuvvet;

P= 2*22.7*24= 1090kN

$$n= \frac{1090}{141} = 8\Phi 24$$

Donatıların tespit edileceği korniyerler L200.100.12 seçildi. Bu elemanlara 5 tane t= 1.5cm kalınlığında guse levhası kaynatıldı. Bu detayın teşkili aşağıdaki şekilde yapıdı.



Şekil 12.28 Süreklilik donatılarının tespit edileceği korniyer ve bağlantı detayı

a_1 kaynağında;

seçilen a= 0.8cm<0.7*1.2= 0.84cm

$\sum A_k$= 10*0.8*(7-0.8*2)= 43.2cm²

$$\sigma_k = \frac{1090/2}{43.2} = 12.6 \le \sigma_{k,em} = 12.5\,\text{kN/cm}^2$$

a_2 kaynağında;

$$\sum A_k = 10*0.8*(17-0.8*2) = 123 cm^2$$

$$\sum W_k = 10*0.8*(17-0.8*2)^2/6 = 451 cm^3$$

$M_e = P/2*(w_1-t) = (1090/2)*(5.5-1.2) = 2344 kNcm$

$$\sigma_k = \frac{2344}{451} = 5.2\ kN/cm^2$$

$$\tau_k = \frac{1090/2}{123} = 4.43\ kN/cm^2$$

t_w= 1.5cm kalınlığında 5 tane guse levhasında;

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1090/2*5.5}{405} = 7.40\ kN/cm^2\ \checkmark$$

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{1090/2}{5*1.5*17} = 4.27\ kN/cm^2 \checkmark$$

L200.100.12'deki çevre kaynaklarında;

$I_k = 2*0.8*66.6*10.4^2+2*0.8*21.6^3/12 = 12869 cm^4$

$W_k = 12869/10.8 = 1192 cm^3$

$$\sigma_{k1} = \frac{M}{W_k} = \frac{1090/2*5.5}{1192} = 2.52\ kN/cm^2$$

$$\sigma_{k2} = \frac{P}{A_k} = \frac{1090/2}{2*0.8*66.6} = 5.11\ kN/cm^2$$

$\sigma_k = 2.52+5.11 = 7.63\ kN/cm^2 \checkmark$

- Bağ levhasında tahkik

M_{nv} = 2*A*σ_a*b= 2*22.7*24*(70-2*2.9)= 69952kNcm

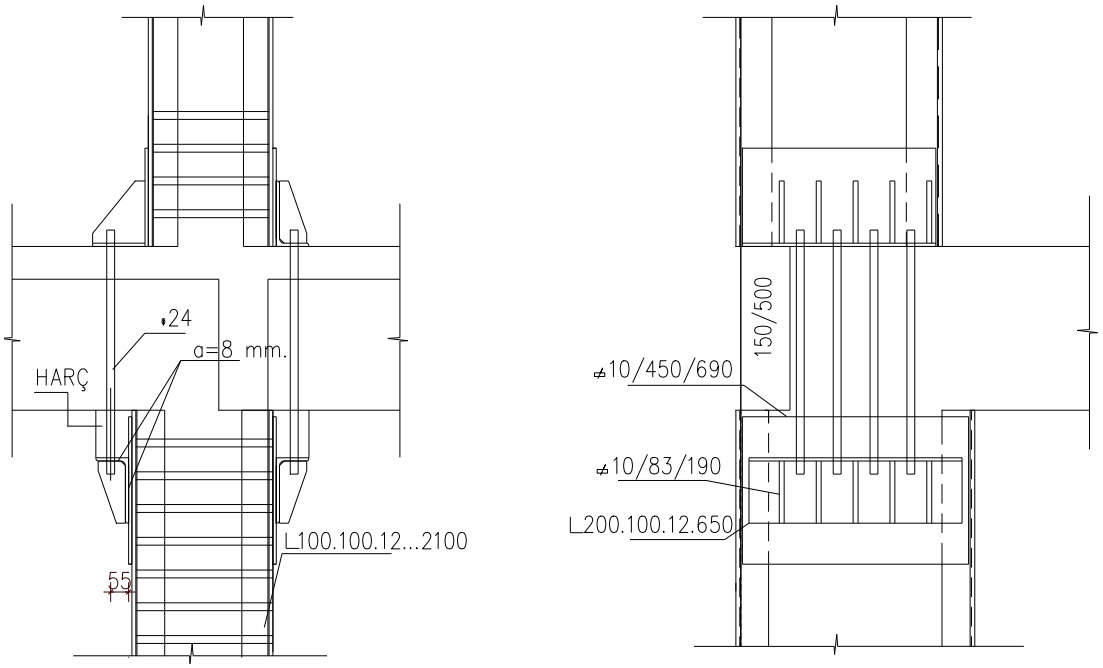
$$H'_{ba} = \frac{1{,}25(M_{nv}/b)}{N'} = \frac{1.25*(69952/64.2)}{6} = 227kN \qquad (8.5)$$

$$M'_{ba} = \frac{H'_{ba}/2*b_{cl}}{2} = \frac{227/2*70}{2} = 3973kNcm \qquad (8.6)$$

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= \frac{3973}{1.5*45^2/6} = 7.86\,\text{kN/cm}^2 \\ \tau &= \frac{227}{1.5*45} = 3.36\,\text{kN/cm}^2 \end{aligned}\right\} \quad \sigma_v = \sqrt{7.86^2 + 3.36^2} = 8.54\text{kN/cm}^2 \le \sigma_{em} \checkmark$$

- Bağ levhası kaynaklarında;

Seçilen kaynak kalınlığı a= 0.8cm'dir. bağ levhası korniyere, tespit edildiği yüzey boyunca kaynatılacaktır.



Şekil 12.29 Çelik kolonların katlar arası sürekliliğini sağlayan detayın kesiti

Z= M'_{ba}/h= 3973/45= 88.3kN

$$\tau_k = \frac{88.3}{2*0.8*(8-0.8)} = 7.66\,\text{kN/cm}^2$$

Gövdedeki kaynaklarda;

$$\tau_{k1} = \frac{227}{2*0.8*45} = 3.11\,\text{kN/cm}^2$$

Buna ilaveten gövde kaynakları, çekme donatılarının tespit edildiği korniyerin de yükünü aktaracaktır.

$$\tau_{k2} = \frac{1090/2}{2*0.8*45} = 7.57\ \text{kN/cm}^2$$

τ_k= 3.11+7.57= 10.68kN/cm² ≤ $\tau_{k,em}$= 10.5kN/cm²

1090/2= 545kN'lik çekme kuvvetinden gelen moment M_e= 545*(w_1+t) olur.

545*(5.5+1.5)= 3815kN/cm

$$\sigma_k = \frac{M}{W_k} = \frac{3815}{2*0.8*45^2/6} = 7.06\,\text{kN/cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2+\tau^2} = \sqrt{7.06^2+10.68^2} = 12.8 \le 12.5 kN/cm^2 \checkmark$$

Basit basınç durumunda ise normal kuvveti betonarme kolonlar alacak ve momenti de ilave çelik korniyerler karşılayacak. Basit çekme hali genelde daha kritik çıkmaktadır.

Tablo 12.16 Kolonlardaki çekme kuvveti için korniyer tablosu

	KOLONLARDKİDAKİ ÇEKME KUVVETİ İÇİN KORNİYER ALANLARI											
	K. No	X(cm)	Y(cm)	Mevcut As(cm²)	Nç(kN)	Nd(kN)	Ftv(kN)	M(kNcm)	Akor(cm²)	seçilen	Gerekli As(cm²)	Donatı durumu
TİP1	S103	35	60	20,11	444	384,101	59,899	12700	8,62915	70.70.7		
	S203	30	60	15,26	211	291,466	-80,466	21800	12,9762	90.90.9	26	Yetersiz
	S303	25	60	16,08	38	307,128	-269,13	18500	11,0119	-	20	Yeterli
TİP2	S113	25	60	16,08	642	307,128	334,872	20100	17,9441	100.100.10		
	S213	25	50	12,32	362	235,312	126,688	14500	12,6194	80.80.8		
	S313	25	40	9,24	107	176,484	-69,484	8200	7,32143	70.70.7	15	Yetersiz
	S106	35	80	25,40	712	485,14	226,86	32100	18,3814	100.100.10		
	S206	35	70	25,40	412	485,14	-73,14	41300	21,0714	100.100.12	44	Yetersiz
	S306	30	60	15,26	176	291,466	-115,47	25800	15,3571	90.90.9	30	Yetersiz
TİP3	S141	40	75	25,12	89	479,792	-390,79	37700	17,9524	100.100.10	34	Yetersiz
TİP4	S144	40	75	25,12	595	479,792	115,208	45300	23,6287	100.100.12		
	S244	35	70	25,40	352	485,14	-133,14	15800	8,06122	-	22	Yeterli
	S344	30	60	15,26	95	291,466	-196,47	11700	6,96429	-	15	Yeterli
	S138	30	60	15,26	404	291,466	112,534	21000	14,5095	90.90.9		
	S238	25	50	12,32	205	235,312	-30,312	10600	7,57143	80.80.8	18	Yetersiz
	S338	25	40	9,24	9	176,484	-167,48	8700	7,76786	80.80.8	14	Yetersiz
TİP5	S108	70	40	25,12	715	479,792	235,208	38000	23,5879	100.100.12		
	S208	60	35	20,11	433	384,101	48,899	26600	16,7065	100.100.10		
	S308	60	30	16,08	172	307,128	-135,13	19400	11,5476	80.80.8	25	Yetersiz
	S109	60	30	16,08	727	307,128	419,872	18600	18,5691	100.100.10		
	S209	60	25	16,08	427	307,128	119,872	15900	11,6049	80.80.8		
	S309	50	25	12,32	114	235,312	-121,31	7900	5,64286	-	13	Yeterli
	S409	40	25	9,24	45	176,484	-131,48	4200	3,75	-	8	Yeterli
TİP7	S130	70	40	25,12	531	479,792	51,208	40000	21,3226	100.100.12		
	S230	60	30	16,08	239	307,128	-68,128	23200	13,8095	90.90.9	30	Yetersiz
	S330	50	30	12,06	46	230,346	-184,35	17100	12,2143	80.80.8	22	Yetersiz
	S131	50	30	12,06	60	230,346	-170,35	12800	9,14286	-	9	Yeterli
	S231	50	25	12,32	397	235,312	161,688	10800	10,6016	80.80.8		
	S331	40	25	9,24	110	176,484	-66,484	4700	4,19643	-	11	Yeterli
	S431	40	25	9,24	33	176,484	-143,48	5000	4,46429	-	10	Yeterli
TİP8	S121	60	30	16,08	492	307,128	184,872	15600	12,587	80.80.8		
	S221	60	25	16,08	321	307,128	13,872	8700	5,42629	60.60.6		
	S321	50	25	12,32	151	235,312	-84,312	6400	4,57143	-	12	Yeterli
	S122	60	40	25,40	463	485,14	-22,14	20200	12,0238	-	30	Yeterli
	S222	60	35	20,11	256	384,101	-128,1	10200	6,07143	-	18	Yeterli
	S322	60	30	16,08	108	307,128	-199,13	12000	7,14286	-	16	Yeterli
TİP9	S133	60	30	16,08	747	307,128	439,872	17100	18,0334	100.100.10		
	S233	60	25	16,08	467	307,128	159,872	9900	8,74771	70.70.7		
	S333	50	25	12,32	213	235,312	-22,312	6900	4,92857	-	14	Yeterli
	S433	40	25	9,24	21	176,484	-155,48	4300	3,83929	-	12	Yeterli
	S134	70	40	25,12	843	479,792	363,208	33300	23,4757	100.100.12		
	S234	60	35	20,11	545	384,101	160,899	11200	9,53986	70.70.7		
	S334	60	35	20,11	322	384,101	-62,101	12100	7,20238	-	20	Yeterli
	S434	60	25	16,08	95	307,128	-212,13	10700	6,36905	-	14	Yeterli
TİP10	S111	25	60	16,08	270	307,128	-37,128	9700	5,77381	-	16	Yeterli
	S104	30	60	16,08	492	307,128	184,872	11100	9,90843	70.70.7		
	S204	25	60	16,08	325	307,128	17,872	9400	5,91438	60.60.6		
	S304	25	60	16,08	213	307,128	-94,128	9800	5,83333	-	16	Yeterli
	S404	25	50	12,32	98	235,312	-137,31	5500	3,92857	-	10	Yeterli
TİP11	S126	60	35	20,11	620	384,101	235,899	13300	12,1291	80.80.8		
	S226	60	30	20,11	424	384,101	39,899	13300	8,62915	70.70.7		
	S326	60	25	16,08	165	307,128	-142,13	11000	6,54762	-	16	Yeterli
	S127	60	30	16,08	683	307,128	375,872	11400	13,4977	90.90.9		
	S227	60	25	16,08	449	307,128	141,872	10500	8,78343	70.70.7		
	S327	60	25	16,08	212	307,128	-95,128	9600	5,71429	-	16	Yeterli

Tablo 12.17 Çelik eleman tip 1,2,3 ve 4 kesit tesirleri

KAT	TİP1						TİP2						TİP3						TİP4					
	GQ			Ey			GQ			Ey			GQ			Ey			GQ			Ey		
	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
2.BK	267	4	2	77	115	145	205	4	1	26	257	142	45			166			46			256		
1.BK	230	10	6	70	308	184	208	9	7	42	374	315	45			225			56			354		
ZK	225	8	6	76	337	206	233	8	5	4	462	266	38			239			44			375		
1.KN	197	9	3	66	330	218	192	10	4	30	410	256	34			224			38			353		
2.NK	19			104			27			158			21			166			34			290		
3.NK	11			70			15			114			16			116			22			185		
4.NK	6			40			9			52			6			49			16			83		

Tablo 12.18 Çelik eleman tip 5,7,8 ve 9 kesit tesirleri

KAT	TİP5						TİP7						TİP8						TİP9					
	GQ			Ey			GQ			Ey			GQ			Ey			GQ			Ey		
	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
2.BK	118	20	10	160	171	113	255	4	2	96	182	104	36			226			38			307		
1.BK	262	33	23	44	265	152	302	11	5	66	279	153	22			313			29			439		
ZK	165	38	14	162	245	151	180	24	3	180	260	155	18			286			25			388		
1.KN	254	9	5	20	233	133	274	33	18	5	233	134	69			376			76			411		
2.NK	209	9	3	7	199	121	258	23	14	10	270	167	49			281			64			39		
3.NK	106	7	4	7	116	78	118	7	3	16	136	96	30			164			40			236		
4.NK	44	10	7	5	9	4	60	7	3	9	23	11	17			85			22			91		

Tablo 12.19 Çelik eleman tip 10 ve 11 kesit tesirleri

KAT	TİP10						TİP11					
	GQ			Ey			GQ			Ey		
	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
2.BK	251	4	3	95	287	161	394	10	3	83	722	342
1.BK	235	10	4	114	340	196	372	11	1	77	835	432
ZK	214	2	2	86	361	210	328	16	11	24	776	430
1.KN	208	11	6	79	362	213	303	22	13	17	690	408
2.NK	171	15	8	68	347	218	25			176		
3.NK	136	19	11	45	250	172	18			123		
4.NK	55	23	14	18	35	14	8			75		

Tablo 12.20 Güçlendirmede Kullanılan Çelik Elemanlar

		2.BK	1.BK	ZK	1.NK	2.NK	3.NK	4.NK
TİP1	kolon-kiriş	HE140B	HE140B	HE140B	HE140B	HE100A	HE100A	HE100A
	berkitme					HE100A	HE100A	HE100A
	çelik levha	t=5mm	t=5mm	t=5mm	t=5mm			
TİP2	kolon-kiriş	HE140B	HE140B	HE140B	HE140B	HE120A	HE100A	HE100A
	berkitme					HE120A	HE100A	HE100A
	çelik levha	t=5mm	t=5mm	t=5mm	t=5mm			
TİP3	kolon-kiriş	HE120B	HE120B	HE120B	HE120B	HE120A	HE100A	HE100A
	berkitme	HE120B	HE120B	HE120B	HE120B	HE120A	HE100A	HE100A
	çelik levha							
TİP4	kolon-kiriş	HE140B	HE140B	HE140B	HE140B	HE120B	HE120A	HE100A
	berkitme	HE140B	HE140B	HE140B	HE140B	HE120B	HE120A	HE100A
	çelik levha							
TİP5	kolon-kiriş	HE140B	HE140B	HE140A	HE120A	HE100A	HE100A	HE100A
	berkitme							
	çelik levha	t=10mm	t=10mm	t=10mm	t=10mm	t=10mm	t=5mm	t=5mm
TİP7	kolon-kiriş	HE140B	HE140A	HE120A	HE120A	HE100A	HE100A	HE100A
	berkitme							
	çelik levha	t=10mm	t=10mm	t=10mm	t=10mm	t=10mm	t=5mm	t=5mm
TİP8	kolon-kiriş	HE140B	HE140B	HE140B	HE160B	HE140B	HE120A	HE100A
	berkitme	HE140B	HE140B	HE140B	HE160B	HE140B	HE120A	HE100A
	çelik levha							
TİP9	kolon-kiriş	HE160B	HE160B	HE160B	HE160B	HE160B	HE120B	HE100A
	berkitme	HE160B	HE160B	HE160B	HE160B	HE160B	HE120B	HE100A
	çelik levha							
TİP10	kolon-kiriş	HE140A	HE140A	HE140A	HE120A	HE120A	HE100A	HE100A
	berkitme							
	çelik levha	t=5mm	t=5mm	t=5mm	t=5mm	t=5mm	t=5mm	t=5mm
TİP11	kolon-kiriş	HE140B	HE140B	HE140B	HE140B	HE120B	HE100A	HE100A
	berkitme					HE120B	HE100A	HE100A
	çelik levha	t=7mm	t=7mm	t=7mm	t=7mm			

13. BETONARME YAPININ BETONARME PERDELERLE GÜÇLENDİRİLMESİ

13.1 Giriş

Yapının güçlendirilmesinde tercih edilen sistem ilave betonarme perdelerdir. Kolon mantolaması ve kiriş takviyesine gereksinim duyulmayacak şekilde sisteme ilave perdeler, mimarinin de müsadde ettiği sınırlar çerçevesinde, yerleştirilmişlerdir. Perde elemanları, orta noktalarından çubuk eleman olarak tariflenmiş ve bunların bağlandığı çerçeve içersinde kalan kirişler ise rijit eleman olarak tariflenmişlerdir. Böylece gerçek perde rijitliği elde edilmiştir. Betonarme perdeler iki kolon arası aks mesafesine göre tariflenmiş böylece kolon-perde sistemi rijitliği çok yakın bir değerde tutturulmuştur. Betonarme takviyeli yapıda ilave perdeler, ayrı iki dosyada shell eleman ve frame (çubuk) eleman olarak tariflenmiştir. Bunun nedeni shell elemanlarda perde eğilme momentlerinin okunamaması ve çubuk elemanların da tariflenen rijitliklerinin doğruluğunun kontrol edilebilmesidir. Yapının dinamik analizi için kat kütleleri SAP2000'in, rijit kabul edilen diyaframlar için kullandığı master jointlerde tanımlanmıştır.

13.2 Betonarme Takviyeli Yapının Analizi

Yapının Deprem Katsayısı A_o=0.4,

Deprem Yapı Tipi Katsayısı R= 6 (betonarme perde-çerçeve karma sistem),

Deprem Yapı Önem Katsayısı I= 1,

Zemin Periyodu T_A =0.15sn – T_B= 0.40sn ve

Hareketli Yük Katsayısı= 0.3'dür.

T_x= 0.54sn, T_y= 0.52sn (SAP2000'den).

$S(T)= 2.5*(T_B/T)^{0.8} \cong 2$

$A(T)= A_o*I*S(T)= 0.4*1.0*1.2= 0.8$

$V_t= W*A(T)/R= 32440*0.8/R= 4325kN$

$V_t > 0.1*A_o*I*W_t= 0.1*0.4*1.0*32440= 1298kN$

Tablo 13.1 Betonarme takviyeli yapı kat kesme kuvvetleri (kN) ve kat kütleleri (kNsn²/m)

KAT	F	h(m)	Fh	V*Fh/ΣFh	$M_{e\%5x}$	$M_{e\%5y}$	KÜTLE
4.N.K.	4050	19.9	80595	956	1004	1083	413
3.N.K.	4850	17	82450	978	1027	1108	494
2.N.K.	4920	14.1	69372	822	863	931	502
1.N.K.	4930	11.2	55216	655	688	742	503
Z.K.	4960	8.3	41168	489	513	554	506
1.B.K.	4720	5.4	25488	303	295	343	481
2.B.K.	4010	2.6	10426	126	113	124	409
∑	30340		364715				

Tablo 13.2 Betonarme takviyeli yapı göreli kat ötelemelerinin kontrolü

KAT	X-X doğ.	Δx	Y-Y doğ.	Δy	Δmaks
2.B.K	0.076cm	0.076	0.077cm	0.077	0.87cm
1.B.K.	0.26cm	0.184	0.256cm	0.179	0.93cm
Z.K.	0.0533cm	0.273	0.516cm	0.260	0.97cm
1.N.K.	0.868cm	0.335	0.826cm	0.310	0.97cm
2.N.K.	1.235cm	0.367	1.156cm	0.330	0.97cm
3.N.K.	1.613cm	0.378	1.490cm	0.334	0.97cm
4.N.K.	1.980cm	0.367	1.803cm	0.313	0.97cm

$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.0035$ veya $(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.02 / R$'den elverişsiz olanı sağlanmalıdır.

$(\Delta_i)_{maks} / h_i = 0.378 / 290 = 0.0013 < 0.0033$ (3.N.K.)

İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

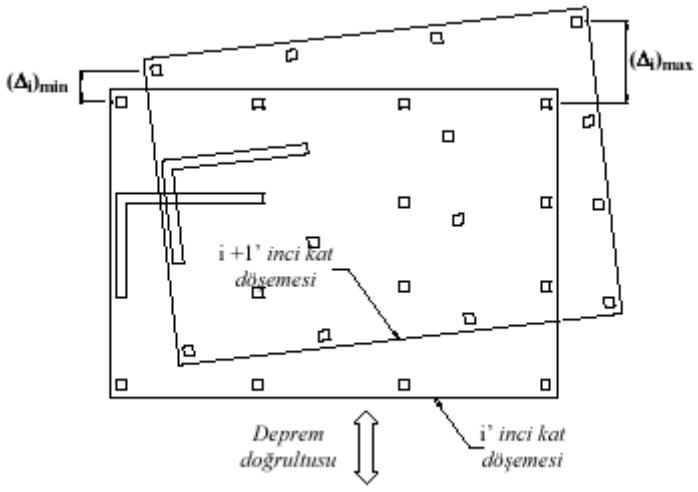
$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^{N} W_j}{V_i h_i} \leq 0.12$$ şartı sağlanmalıdır.

Tablo 13.3 Betonarme takviyeli yapı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

KAT	$(\Delta_i)_{x\ ort}$	$(\Delta_i)_{y\ ort}$	$\sum$Wi (kN)	V_i (kN)	h_i (cm)	θ_{ix}	θ_{iy}
4.N.K.	0.076	0.077	4050	956	290	0.0011	0.0012
3.N.K.	0.184	0.179	8900	1934	290	0.0029	0.0028
2.N.K.	0.273	0.260	13820	2756	290	0.0047	0.0045
1.N.K.	0.335	0.310	18750	3411	290	0.0063	0.0059
Z.K.	0.367	0.330	23710	3900	290	0.0077	0.0069
1.B.K.	0.378	0.334	28430	4203	280	0.0091	0.0081
2.B.K.	0.367	0.313	32440	4329	260	0.0110	0.0902

Tablolardan da görüldüğü gibi göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe değerleri ABYYHY'de belirtilen sınırlar içersinde kalmaktadır.

A1-Burulma Düzensizliğinin Kontrolü;



Şekil 13.1 A-1 burulma düzensizliği

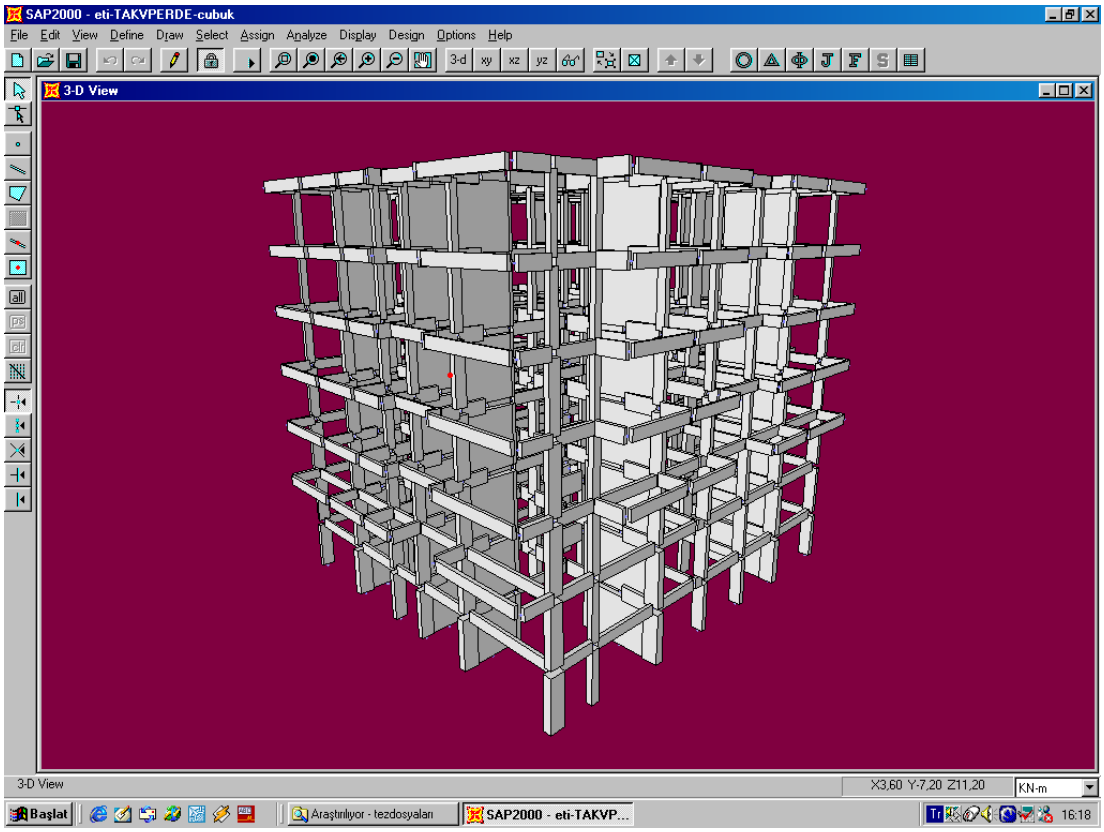
$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks} / (\Delta_i)_{ort} < 1.2$ koşulu sağlanmalıdır.

$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{min}]$

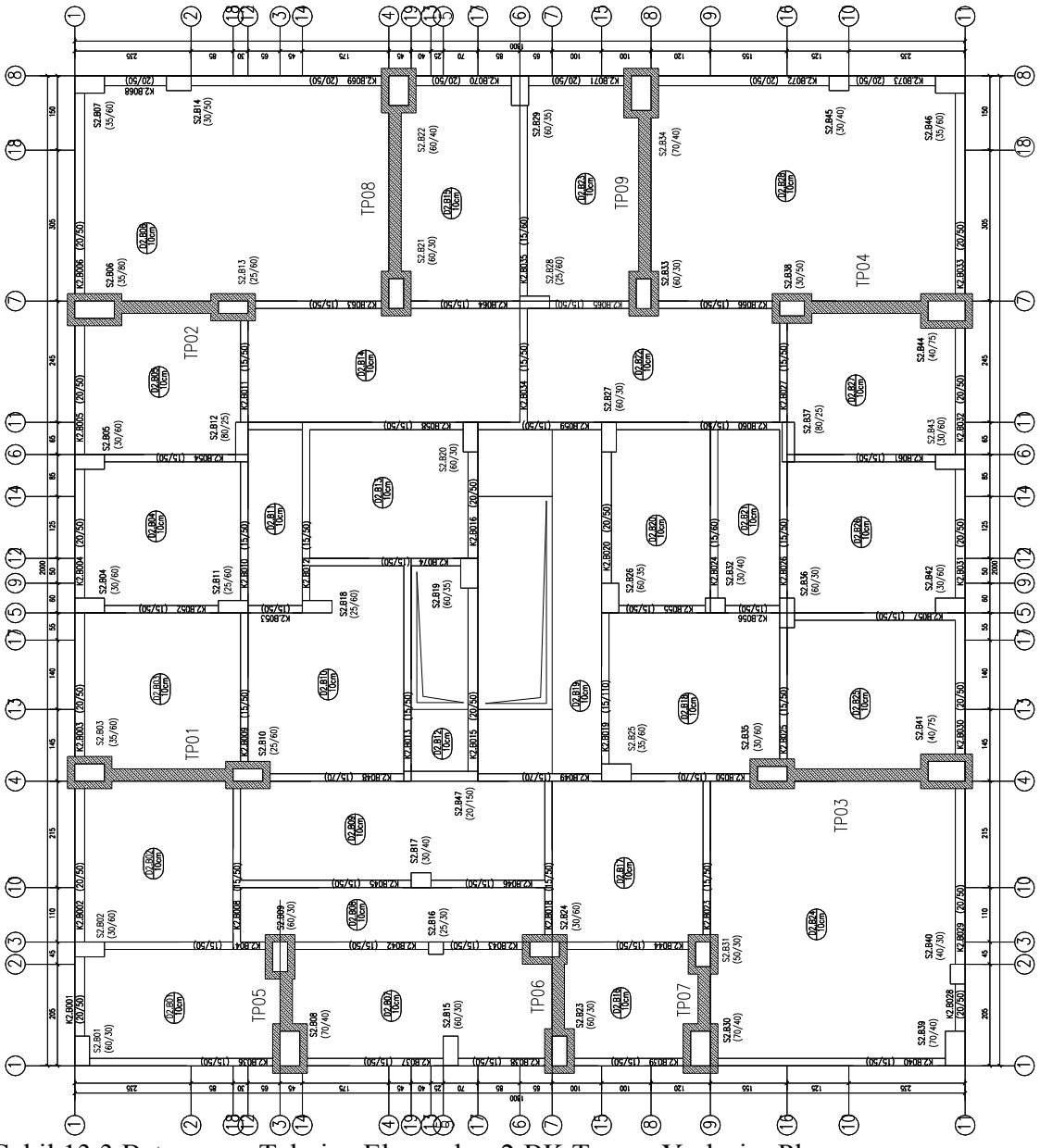
Tablo 13.4 Betonarme takviyeli yapı A-1 burulma düzensizliğinin kontrolü

KAT	$(\Delta_i)_{min\ x}$	$(\Delta_i)_{maks\ x}$	$(\Delta_i)_{ort\ x}$	$(\Delta_i)_{min\ y}$	$(\Delta_i)_{maks\ y}$	$(\Delta_i)_{ort\ y}$	$\eta_{bi\ x}$	$\eta_{bi\ y}$
4-3.NK	0.30cm	0.44cm	0.37cm	0.25cm	0.37cm	0.310cm	1.19	1.19
3-2.NK	0.30cm	0.45cm	0.375cm	0.28cm	0.40cm	0.340cm	1.20	1.18
2-1.NK	0.29cm	0.44cm	0.365cm	0.27cm	0.38cm	0.325cm	1.21	1.17
1.NK-ZK	0.27cm	0.41cm	0.340cm	0.26cm	0.36cm	0.310cm	1.21	1.16
ZK-1.BK	0.21cm	0.34cm	0.275cm	0.23cm	0.30cm	0.265cm	1.23	1.13
1-2.BK	0.15cm	0.21cm	0.180cm	0.15cm	0.20cm	0.175cm	1.17	1.14

Tablodan da görüldüğü üzere mevcut yapı, X-X ve Y-Y doğrultulu deprem yükü için burulma kriterini sağlıyor.



Şekil 13.2 Betonarme Perdelerle Takviye Edilmiş Yapı SAP2000 Modeli



Şekil 13.3 Betonarme Takviye Elemanları 2.BK Tavanı Yerleşim Planı

Tablo 13.5 Betonarme takviyeli yapı kiriş kesit tesirleri

BETONARME TAKVİYELİ YAPI KİRİŞ KESİT TESİRLERİ (birim kN-m)																	
KİRİŞ NO	BOYUT	YÜKLEME TİPİ															
		1.4G+1.6Q					G+Q+E					G+Q-E					
		Msol	Maçıklık	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maçıklık	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maçıklık	Msağ	Vsol	Vsağ
K101	20/50	4,48	5,54	10,1	16	20,5	20,7	9,06	20,6	3,72	29,4	27,1	1,31	6,45	26,2	0,59
K102	20/50	7,62	8,74	24,6	21,2	31,6	11,6	4,13	37,6	3,35	33,6	22,2	7,67	3,27	26,3	10,6
K103	20/50	25,2	9,9	11,8	32,9	25	1,88	7,93	21,8	14,4	26,1	33,2	5,86	5,35	31,6	8,89
K104	20/50	15	9,66	13,1	26,4	25,2	2,58	6,92	21,8	10,5	25,7	23,5	6,54	3,52	26,5	9,65
K105	20/50	5,89	5,97	25,9	18,2	31,1	11,3	1,77	38,3	1,3	33,3	19,6	6,57	2,21	24,3	10,3
K106	20/50	36,9	20	22,1	43,7	36,6	4,49	13,6	37	20,2	35,7	46,8	14,2	6,38	40,7	15,3
K107	20/50		*TİP5*													
K108	15/50	4,1	34,8	46,1	43,2	56,1	1,07	21,7	43,3	24,3	43,6	6,79	26,9	20,9	36,2	34,8
K109	15/50	37,1	14,7	26,3	48,6	42,8	12,9	10,5	30,4	26,4	37,1	38,6	5,82	6,05	41,2	22,4
K110	15/50	30,9	17	0,26	46,4	26,9	7,78	12	13,1	23,9	27	35,2	11,6	13,5	40,8	10,3
K111	15/50	2,5	7,26	13,6	20,3	26	27,5	8,69	31,5	6,69	39,1	31,1	1,45	12,6	35,2	2,75
K112	15/50	55,1	24	2,12	84,2	37,8	27,1	23,8	3,83	54,8	29,7	49,8	9,79	0,85	62,7	23,1
K113	15/50	18,8	45,7	9,4	52,5	43,8	9,33	32,9	8,23	35,4	31,8	16,9	30,8	4,87	37,8	29,4
K114	15/60		*TİP8*													
K115	20/50	5,76	17,8	33,7	33,2	36,3	0,83	6,28	41,4	18,3	30,7	8,97	18,9	6,31	28,3	20,8
K116	20/50	20,8	8,08	9,51	32	26,5	23,5	5,16	45,7	5,57	46,6	52,5	6,13	32,2	50,4	9,35
K117	15/60		*TİP6*													
K118	15/50	38,1	11,3	5,28	52,8	25,8	1,74	19,6	7,71	25	26	51,5	4,65	0,32	48,9	10,2
K119	20/50	12,6	27,7	48,6	46,3	76,7	62,9	4,35	152	23,8	109	80,4	42,8	85	88,2	2,79
K120	20/50	49,2	25,2	38,1	72,7	57,3	8,11	14,9	57,5	35,5	54,6	60,1	20	4,64	64,2	25
K121	15/60		*TİP9*													
K122	15/60		*TİP7*													
K123	15/50	46,5	20,5	4,12	71,7	31,8	6,38	24,6	7,88	40,1	31,7	58	3,76	2,17	59,1	12,7
K124	15/60	33,6	32,5	1,57	57	40,4	6,3	29,6	4,11	34,4	33,3	40,4	15,6	1,92	44,1	22,9
K125	15/50	27,2	18,8	1,15	46,7	30,2	1,95	15,6	17,9	17,5	35,9	42,8	10,5	19,6	47,4	6
K126	15/50	39,9	17,9	0,77	58	28,7	1,15	16,9	19,3	25	35,2	56,6	7,88	20,4	55,5	4,76
K127	15/50	3,64	6,75	13,4	20,9	25,4	32,4	8,48	36,8	10,9	43,3	37,5	0,96	18,1	40,1	7,62
K128	20/50	5,58	1,9	9,66	13,5	23,7	38,5	9,26	33,2	24,1	50	46,2	6,57	19,8	43,1	17,1
K129	20/50	19,3	15,5	34,3	46,8	40,3	14,3	8,13	56,7	16	44,5	41,1	13,4	9,1	48,8	11,7
K130	20/50	32,4	8,94	11,5	39	8,21	10,7	14,7	8,34	9,86	23,2	55,7	2,18	24,4	44,6	11,6
K131	20/50	21	9,28	12,9	33,8	24,9	3,7	6,58	27,1	12,2	28,8	33	6,32	9,11	34,9	6,02
K132	20/50	5,02	6,13	26,4	17,8	31,6	23,6	0,16	53,8	7,69	42,3	30,7	8,41	17	32,7	1,8
K133	20/50	37,6	19,8	21,9	43,9	36,4	4,35	13,4	46,4	15,9	40,1	56,6	14,1	16	45,3	10,7
K134	15/50	0,1	1,21	18,9	5,85	21,2	5,48	6,65	30,6	5,08	24,4	5,64	5,16	4,14	13,6	5,65
K135	15/60	34	29,8	46,6	54,8	60,8	10,2	15,4	56,1	29,3	51,1	37,1	25,8	8,5	47	33,4
K136	15/50	15,9	15,2	30,9	29,4	36,6	28,1	10,9	3,76	28,9	17,2	5,98	10,2	39,3	12,2	32
K137	15/50	23,9	9,15	10,1	35,9	27,6	35,3	4,35	7,58	35,1	9,08	1,99	8,38	21,7	14,9	29,2
K138	15/50	3,97	2,92	13,5	16,8	25,5	17,8	2,12	5,87	25,5	3,94	12,3	1,93	24,6	2,06	31,5
K139	15/50	12,7	6,22	18,3	22,1	25,6	24,1	6,39	6,5	26,3	7,16	6,32	2,28	32,1	4,71	28,7
K140	15/50	50,4	29,8	44,6	51,5	49,2	51,2	21,2	13,8	42,3	27,8	18,7	20,2	48,2	29,3	40,7

Tablo 13.6 Betonarme takviyeli yapı kiriş kesit tesirleri devamı

BETONARME TAKVİYELİ YAPI KİRİŞ KESİT TESİRLERİ (birim kN-m)																	
KİRİŞ NO	BOYUT	YÜKLEME TİPİ															
		1.4G+1.6Q					G+Q+E					G+Q-E					
		Msol	Maçıklık	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maçıklık	Msağ	Vsol	Vsağ	Msol	Maçıklık	Msağ	Vsol	Vsağ
K141	15/50	40,1	29	61,3	58	91,1	55,5	18,7	23,2	51,4	52,6	0,27	28	62,2	29,4	76,1
K142	15/50	45,6	10,3	8,37	56,5	33,9	47,4	4,95	5,41	47,4	15,4	16,1	9,37	17	31,2	31,7
K143	15/50	5,47	3,1	21,5	2,85	37,4	17,5	11,4	17,3	36,8	5,16	9,9	7,06	47,1	4,97	46,9
K144	15/50	29,8	17,1	12,1	46	34,9	53,9	8,45	18	50,7	5,71	12,6	15,3	34,8	13,4	47
K145	15/50	5,67	24,1	47,4	40,2	61,1	5,8	21,7	21,3	31,4	39,1	2,08	11,9	44,6	24,6	45,9
K146	15/50	28,4	4,69	0,28	42,5	19,6	33,8	2,88	1,55	36	7,18	5,77	9,39	1,91	23,2	20
K147	15/70		*TİP1*													
K148	15/70	58,4	24,3	2,95	70,1	36	114	7,2	35,8	83,9	10,2	32,3	26,5	51,5	13,6	60,2
K149	15/70	3,24	17,8	37,6	26,9	63,6	40,8	28,5	33,9	59,7	2,34	45,4	7,89	86,5	22,1	86,5
K150	15/70	39,3	28,8	54,9	62,6	73,9	96,9	34,5	37,9	81,7	11,2	42,2	32	114	5,35	91,7
K151	15/70		*TİP3*													
K152	15/50	23,2	15,7	23,2	40,9	40,9	44	10,1	10,2	45,4	11,5	11,8	11,7	42,4	11,5	45,4
K153	15/50	1,78	0,21	5,76	6,51	13,9	33,1	1,31	30,7	52,2	37,8	30,6	1,56	38,7	42,9	57,2
K154	15/50	32,8	18,2	6,98	48,2	33,1	41,5	5,33	0,78	40,7	15,2	4,07	20	8,91	26,4	29,5
K155	15/50	11,8	7,44	5,96	27,1	27,9	34,4	2,19	16,1	40	1,72	17,9	8,14	24,3	2,11	40,4
K156	15/50	2,43	0,41	7,48	12,3	15,3	26	1,34	21,2	41,4	22	22,7	0,72	31,6	24,1	43,5
K157	15/50	10	39,6	19	47,9	52,9	9,26	29,4	6,92	35,6	34,3	4,65	25,5	19,4	30,9	39,1
K158	15/50	67,1	45,9	70,9	89,9	82,1	63,7	30,4	34,2	69,6	50,8	29,7	33,5	64,5	55,6	63,3
K159	15/50	30,4	3,52	21,7	41,9	34,1	43,1	10,7	3,84	46,3	7,31	0,73	5,98	34,2	12,4	40,4
K160	15/50	44,2	37,7	39,3	66,3	66,5	46,5	30,7	8,51	55,4	36,9	14,9	22	46,2	36,8	55,8
K161	15/50	7,33	25,5	44,5	37,6	58,3	8,86	24,3	13,8	32	34,7	1,31	21	47,9	20,4	46,3
K162	15/50		*TİP2*													
K163	15/50	29,8	15,5	29,9	62	50,4	79,3	2,18	20,8	74,7	3,13	38,1	19,3	62,4	11	66,8
K164	15/50	31,8	9,33	2,36	48,4	26,2	38,5	16,3	34,4	53,4	1,56	5,78	3,36	37,6	13,9	38
K165	15/50	3,9	9,83	29,3	27,7	46,9	39	3,98	5,67	38,5	13,4	33,6	17,6	35	0,32	51,8
K166	15/50	26,3	10,9	18,6	45,4	50,1	65,6	17,7	55	73,5	7,31	29,2	2,71	80,7	10,5	76,6
K167	15/50		*TİP4*													
K168	20/50	3,11	1,11	13,3	10,4	26,9	41,4	4,17	20	41,5	15,5	37	5,75	38,5	27	53
K169	20/50	35,3	2,32	41,1	58,6	47	49,6	16,7	2,32	52,4	20,9	0,71	15,6	54,7	28,8	44,5
K170	20/50	24	3,75	1,91	29,6	9,99	53,5	0,81	32,6	46,3	18,6	19,9	5,33	30	4,97	32,7
K171	20/50	1,3	3,99	22,9	10,6	28,9	30,5	5,62	21	33,3	5,53	32,2	0,33	53	18,3	46
K172	20/50	39,4	19,7	22,4	45,3	50,2	55,7	12,4	9,94	44,9	21,4	0,37	15	41	18,1	48,1
K173	20/50	9,23	2,61	13,6	26,1	21,3	31,4	7,34	26,6	44,1	11,1	18,6	3,69	45,5	7,83	40,9

Kirişlerin betonarme hesapları, mevcut yapı için verilen örnekteki prosedüre göre yapılmıştır. Buradan çıkan sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 13.7 Betonarme takviyeli yapı kirişlerinin durumu

BETONARME TAKVYELİ YAPI KİRİŞLERİ DURUMU													
KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				GEREKLİ DONATI				MEVCUT DONATI MİKTARI			
		SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE				
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE
K101	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	3,95	1	2,16	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K102	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	3,2	0,88	4,87	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K103	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	4,87	1,1	2,6	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K104	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	3,35	1,1	2,6	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K105	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	2,9	0,71	4,72	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K106	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	5,96	2,9	4,41	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K107	20/50	15,2	6,66	15,2	ϕ6/20		*TİP5*						yeterli
K108	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	0,97	3,93	4,67	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K109	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	4,5	1,67	3,53	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K110	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	4,47	1,9	1,88	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K111	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	4,52	0,96	3,69	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K112	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	5,7	2,72	0,57	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K113	15/50	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20	2,69	5,31	1,35	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K114	15/60	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20		*TİP8*						yeterli
K115	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	1,29	2,12	5,34	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K116	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	5,05	0,8	4,68	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K117	15/60	10,8	3,39	2,71	ϕ8/20		*TİP6*						yeterli
K118	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	5,05	2,25	1,15	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K119	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	8,26	4,95	14,9	ϕ8/20	takviye	yeterli	takviye	yeterli
K120	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	6,06	2,81	6,02	ϕ8/20	yeterli	yeterli	takviye	yeterli
K121	15/60	3,59	6,03	16,2	ϕ8/20		*TİP9*						yeterli
K122	15/60	15,3	3,39	4,97	ϕ8/20		*TİP7*						yeterli
K123	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	5,97	2,84	1,14	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K124	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	4,27	2,99	0,47	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K125	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	4,52	2,14	2,93	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K126	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	5,97	2,02	2,92	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K127	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	4,51	0,94	4,47	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K128	20/50	10,8	1,13	5,4	ϕ8/20	3,65	1,02	3,65	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K129	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	4,71	1,78	6,02	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K130	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	6,02	1,66	3,5	ϕ6/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K131	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	4,87	1,02	3,35	ϕ6/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K132	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	4,56	0,92	6,02	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K133	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	6,02	2,24	5,96	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K134	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	0,8	0,74	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K135	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	4,52	2,8	3,89	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K136	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	4,15	1,67	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K137	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	4,52	1,02	3,23	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K138	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	2,63	0,33	3,69	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K139	15/50	14,8	3,39	3,84	ϕ8/20	3,54	0,68	3,85	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K140	15/50	5,6	8,04	14,8	ϕ8/20	5,06	3,44	5,06	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli

Tablo 13.8 Betonarme takviyeli yapı kirişlerinin durumu devamı

BETONARME TAKVYELİ YAPI KİRİŞLERİ DURUMU													
KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				GEREKLİ DONATI				MEVCUT DONATI MİKTARI			
		SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETR	SOL M.	AÇIKLIK	SAĞ M.	ETRİYE
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)				
K141	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	4,47	3,32	5,97	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K142	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	4,92	1,11	2,47	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K143	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	2,63	1,22	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K144	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	5,57	1,9	4,16	ϕ8/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K145	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	0,86	2,72	4,68	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K146	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	4,52	1	0,3	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K147	15/70	4,97	3,39	12,9	ϕ10/15		*TİP1*						yeterli
K148	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	7,5	2,12	5,32	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K149	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	4,67	2,2	6,4	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K150	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	6,4	2,69	7,68	ϕ10/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K151	15/70	18	3,39	4,97	ϕ10/15		*TİP3*						yeterli
K152	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ10/20	4,52	1,79	4,47	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K153	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	4,52	0,18	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K154	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ6/20	4,52	2,25	1,3	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K155	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	4,47	0,88	3,69	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K156	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	3,08	0,16	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K157	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ10/20	1,44	4,68	2,93	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K158	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	5,97	5,32	7,32	ϕ8/20	yeterli	yeterli	takviye	yeterli
K159	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	4,52	1,22	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K160	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	4,52	4,43	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K161	15/50	2,71	3,39	10,8	ϕ6/20	1,3	2,96	4,52	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K162	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20		*TİP2*						yeterli
K163	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	7,32	2,25	6,5	ϕ8/20	takviye	yeterli	yeterli	yeterli
K164	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	4,52	2,25	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K165	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	4,52	2,25	4,52	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K166	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	6,5	2,25	8,74	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K167	15/50	21,6	3,39	3,84	ϕ10/20		*TİP4*						yeterli
K168	20/50	4,97	3,39	13,7	ϕ8/15	4,41	0,66	4,41	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K169	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	5,96	1,9	6,02	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K170	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	4,87	0,66	4,41	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K171	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	4,41	0,65	4,87	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K172	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	6,02	2,24	5,18	ϕ8/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli
K173	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	4,41	0,77	5,96	ϕ6/20	yeterli	yeterli	yeterli	yeterli

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme İlkelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo 13.9 Betonarme takviyeli yapı kolon kesit tesirleri

BETONARME TAKVİYELİ YAPI KOLON-İLAVE PERDE KESİT TESİRLERİ																
KOLON NO	YÖN	YÜKLEME TİPİ														
		1.4G+1.6Q			G+Q+/-Ex			G+Q+/-Ey			0.9G+/-Ex			0.9G+/-Ey		
		N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
S101	X-X	859	7,21	3,68	424	35,2	11,5	661	7,12	4,64	254	35,5	12	492	6,79	4,11
	Y-Y		8,2	4,72		2,98	0,57		16,4	10,7		2,17	0,2		15,7	9,9
S102	X-X	846	0,48	0,4	703	16,2	11,4	694	4,79	3,22	541	16,1	11,3	533	4,93	3,32
	Y-Y		23,3	13,1		19,1	7,26		50,8	25,8		14,9	4,89		48,9	23,4
S103	X-X	403	0,41	0,1	131	20,7	12,3	1512	3,18	2,17	55	20,7	12,3	1436	3,19	2,13
	Y-Y		1,06	0,73		5,93	2,19		56,7	25		6,09	2,33		56,5	24,9
S104	X-X	916	0,87	0,42	607	14,7	9,56	836	1,17	0,19	430	14,7	9,65	660	1,35	0,27
	Y-Y		14,7	8,25		10,2	5,12		51,8	23,7		7,51	3,6		50,5	22,2
S105	X-X	899	3,08	1,84	625	16,3	11,5	759	3,22	2,33	454	15,9	11,1	589	3,84	2,7
	Y-Y		19	10,7		11,9	7,41		52,5	23		8,38	5,44		50,8	21
S106	X-X	508	4,67	2,48	535	23,1	10,9	2057	5,61	4,52	450	23,3	11,4	1972	5,29	4,07
	Y-Y		1	0,7		14,9	5,74		138	53,5		14,6	5,59		137	53,4
S107	X-X	921	11,2	6,46	726	21,4	13,1	950	9,66	4,73	570	20,4	11,9	794	7,73	3,61
	Y-Y		5,54	3,18		13,4	6,42		63,9	26		12,9	5,89		63,4	25,5
S108	X-X	513	3,01	0,99	770	87,1	32,6	447	5,79	2,66	867	87	32,8	349	5,88	2,5
	Y-Y		3,65	1,98		10,1	5,47		53,2	15,6		9,89	5,2		33,4	15,8
S109	X-X	397	1,41	0,47	1108	42,7	16,8	202	2,76	1,25	1033	42,6	16,9	127	2,8	1,16
	Y-Y		8,42	4,78		7,68	5,26		15,4	9,26		6,22	4,42		16,1	10,1
S110	X-X	307	2,43	1,44	319	10,2	7,14	825	0,9	0,34	262	10,1	7	683	0,67	0,2
	Y-Y		4,41	2,55		3,36	0,47		43,8	22		3,79	0,96		43,4	21,5
S111	X-X	788	2,69	1,49	509	8,88	5,56	589	4,2	2,58	365	5,94	5,75	446	3,85	2,39
	Y-Y		9,72	5,31		7,18	4,44		40,9	17		5,16	3,34		41,8	18,1
S112	X-X	1171	17	9,78	716	80,4	32,3	695	18,7	7,81	504	78,9	30,6	483	15,6	6,03
	Y-Y		25,2	14,5		18,6	10,9		22,6	16,8		13,9	8,23		18,7	14,1
S113	X-X	262	5,16	3,01	72	11,2	8,24	a805	7,51	4,13	29	10,7	7,72	a849	6,6	3,6
	Y-Y		2,83	1,65		4,94	2,18		48,9	24,4		4,59	1,8		48,6	24
S114	X-X	736	4,98	2,91	500	9,25	4,13	272	3,95	1,95	372	8,91	3,76	143	3,32	1,58
	Y-Y		11,4	6,46		15,6	11		44,9	28,7		13,1	9,65		43,8	27,3
S115	X-X	645	5,9	2,97	206	36,2	5,63	476	3,18	2,02	88	36,4	6,02	358	2,38	1,63
	Y-Y		3,17	1,78		7,96	5,69		15,8	9,97		7,37	5,36		16	10,3
S116	X-X	279	0,35	0,18	420	2,41	0,69	241	0,62	0,39	368	2,26	0,29	190	0,44	0,38
	Y-Y		1,33	0,75		2,12	1,57		8,27	6,03		1,86	1,42		8,39	6,18
S117	X-X	591	0,66	0,19	397	6,07	0,96	428	0,31	0,54	289	6,08	1	320	0,85	6,14
	Y-Y		9,58	5,4		4,79	3,6		13,7	5,56		3,75	2,61		15,4	6,54
S118	X-X	675	22,4	12,8	435	13,2	5,09	221	16,7	9,67	316	9,27	2,87	103	12,8	7,46
	Y-Y		1,92	0,97		1,85	1,3		39,8	15,6		1,75	1,11		39,9	15,8
S119	X-X	941	7,86	4,73	498	59,7	27,6	615	4,58	2,43	352	59,3	27,2	470	4,08	2,09
	Y-Y		32,3	18,3		23,9	13,6		19,2	3,39		18,3	10,5		13,6	0,21
S120	X-X	985	4,49	2,8	814	48,3	20,1	722	2,73	1,42	633	47,9	19,7	541	2,16	1,04
	Y-Y		17,4	9,91		12,5	6,83		11,6	3,55		8,91	4,82		13,3	5,56
S121	X-X	285	0,9	0,42	a1099	47,5	20,8	220	1,23	0,43	a1153	47,2	20,7	166	1,4	0,51
	Y-Y		0,38	0,24		2,28	1,56		25,3	19,4		2,25	1,54		25,3	19,4
S122	X-X	444	1,43	0,85	2014	62,5	26,7	183	1,48	0,37	1930	62,2	26,5	100	1,74	0,52
	Y-Y		8,98	5,04		6,52	1,33		38,1	19,3		4,76	0,35		38,9	20,3
S123	X-X	391	1,23	0,38	a741	48,8	19,3	201	0,64	0,15	a795	48,8	19,3	147	0,46	0,82
	Y-Y		0,45	0,22		7,11	5,2		16,6	10,9		6,99	5,14		16,6	11
S124	X-X	368	1,17	0,59	1143	13,2	5,65	245	0,69	0,34	1076	13,2	5,73	178	0,49	0,23
	Y-Y		2,97	1,78		7,04	1,23		51,4	26,5		7,39	1,61		51	26,1

Tablo 13.10 Betonarme takviyeli yapı kolon kesit tesirleri devamı

S125	X-X	935	5,04	2,75	580	33,3	23,4	700	4,22	2,22	414	33,8	24	534	3,13	1,62
	Y-Y		0,44	0,24		8	4,88		69,6	41,6		8,44	5,27		69,6	41,2
S126	X-X	1014	0,9	0,14	762	75,3	44,4	856	1	0,25	571	75,3	44,9	665	0,92	0,12
	Y-Y		5,24	3,03		2,72	1,33		24,8	14		1,77	0,75		24,3	13,4
S127	X-X	941	19,1	10,9	764	55,1	26,2	655	13,7	8,09	589	53,2	24	480	9,75	5,81
	Y-Y		11,7	6,71		9,61	5,77		23,7	17,8		7,26	4,42		22,6	16,4
S128	X-X	663	6,18	3,5	a37	9,37	5,39	454	4,49	2,56	a159	10	6,19	333	3,08	1,76
	Y-Y		0,89	0,7		4,59	1,75		48,9	24,3		4,54	1,74		48,8	24,3
S129	X-X	816	24,8	14,1	896	59,7	26,7	565	17,3	9,72	746	57,4	23,9	414	12,4	6,95
	Y-Y		0,13	0,1		6,37	4,23		33	21,7		6,34	4,22		33	22
S130	X-X	512	3,13	1,1	a1007	108	41,9	776	4,21	0,82	a1106	108	42,2	178	4,16	1,06
	Y-Y		14,8	8,47		9,77	2,41		39	22,5		6,88	0,76		37,6	20,9
S131	X-X	335	2,99	1,51	1118	31,4	13	250	2,17	0,67	1053	31,6	13,3	184	1,54	0,36
	Y-Y		6,36	3,61		5,88	4,08		12,4	7,23		4,7	3,41		13	7,9
S132	X-X	708	17	9,67	460	6,07	0,14	496	12,1	6,76	329	7,57	1,91	365	8,96	4,97
	Y-Y		2,1	1,16		2,39	1,52		21	13,5		1,96	1,28		21,2	13,7
S133	X-X	273	0,93	0	a1249	54,4	24,4	215	2,03	1,02	a1301	54,2	24,3	163	1,84	0,92
	Y-Y		1,55	0,86		4,09	2,88		25,6	19,8		4,29	2,99		26	19,9
S134	X-X	475	2,29	1,48	2486	111	47,6	456	4,43	2,39	2395	110	47,3	365	3,98	2,12
	Y-Y		8,31	4,77		13,5	10,3		50,2	29,4		12,6	9,26		49,3	28,4
S135	X-X	420	12,3	6,96	150	14,1	5,7	1391	4,74	2,38	69	15,2	7,05	1310	2,35	1,03
	Y-Y		5,68	3,04		7,75	5,21		51,3	24,8		7,34	4,65		51,7	25,3
S136	X-X	969	1,31	0,98	633	56,3	24,2	675	5,3	3,75	450	56,1	24	492	5,04	3,35
	Y-Y		0,96	0,58		0,53	0,16		18,1	11,6		0,28	0,32		17,9	11,4
S137	X-X	1094	17,8	10,2	690	103	40,4	874	8,58	5,39	487	102	38,5	671	6,91	3,44
	Y-Y		13,9	7,93		10,5	5,77		7,93	1,53		7,96	4,35		9,14	2,96
S138	X-X	276	6,13	3,57	292	18,3	12,5	1265	1,48	0,57	238	17,8	11,9	1210	2,52	1,18
	Y-Y		2,17	1,16		4,25	2,47		34,6	17,3		4,41	2,71		34,8	17,6
S139	X-X	1059	11,9	5,92	442	112	36,6	682	9,27	0,75	237	113	37,5	477	7,79	1,68
	Y-Y		20,8	11,7		14,4	10,6		23,2	3,61		12,7	8,49		25	5,75
S140	X-X	576	4,74	2,6	616	24,3	15	373	2,12	1,21	503	24,8	15,6	259	2,56	1,78
	Y-Y		0,53	0,32		1,23	0,2		6,95	2,3		1,28	0,25		6,9	2,25
S141	X-X	556	0,81	0,52	597	52	26,9	a1324	4,88	2,53	482	51,8	26,8	a1429	4,65	2,35
	Y-Y		4,46	2,12		14,8	7,23		121	51,8		14,6	6,82		122	52,2
S142	X-X	975	2,68	1,61	676	24,6	17,3	534	1,39	0,42	480	24,4	17	338	1,04	0,17
	Y-Y		6,89	3,72		4,1	2,82		40,5	9,6		2,67	2,04		41,1	10,4
S143	X-X	906	3,02	1,8	602	24,9	17,6	488	7,91	5,05	423	24,6	17,3	310	7,26	4,66
	Y-Y		19,8	10,9		13,4	6,6		39,9	7,27		9,36	4,41		41,6	9,46
S144	X-X	446	5,23	2,75	87	50,3	24,9	a1663	4,14	1,65	3	50,7	25,4	a1746	4,5	2,18
	Y-Y		3,05	1,42		13,5	4,65		132	52,6		13,6	4,92		132	52,9
S145	X-X	776	3,83	2,24	622	9,46	3,69	751	2,33	1,6	470	9,22	3,42	600	1,87	1,33
	Y-Y		6,58	3,71		4,69	1,48		20,9	11,9		3,34	0,73		21,5	12,7
S146	X-X	912	10,1	5,89	640	30,5	17,4	343	4,6	3,47	467	29,5	16,3	169	3,46	2,4
	Y-Y		4,18	2,12		10,3	2,59		60	21,1		10,5	2,97		6,02	21,4
P147	X-X	1323	9,09	5,16	1008	6,24	0,21	806	6,54	3,81	783	6,41	0,66	581	5,01	2,94
	Y-Y		15,1	6		44,3	15,6		372	99,4		44,2	14,2		373	101

Tablo 13.11 Betonarme takviyeli yapı kolonlarının durum tesbiti

BETONARME TAKVİYELİ YAPI KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet		DURUMU	DURUMU
S101	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S102	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP1	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S103	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S104	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S105	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S106	35	80	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2772	206	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S107	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S108	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S109	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S110	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	TİP1	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S111	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S112	80	25	24,1	12ϕ16	ϕ8/20	1980	168	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S113	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S114	30	50	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	116	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S115	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S116	25	30	6,02	4ϕ14	ϕ8/20	743	62	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S117	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1188	92	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S118	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	104	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S119	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S120	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S121	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S122	60	40	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2254	167	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S123	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP6	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S124	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP6	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S125	35	60	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S126	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S127	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S128	25	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1485	126	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S129	60	35	20,1	10ϕ16	ϕ8/20	2079	154	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S130	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S131	50	30	12,1	6ϕ16	ϕ8/20	1362	116	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S132	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1188	92	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S133	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1654	139	TİP9	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S134	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	TİP9	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S135	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S136	60	30	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S137	80	25	24,1	12ϕ16	ϕ8/20	1980	168	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S138	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	TİP4	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S139	70	40	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2772	196	8ϕ20	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S140	40	30	12,1	6ϕ16	ϕ8/20	1168	92	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S141	40	75	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2736	207	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S142	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	2736	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S143	30	60	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S144	40	75	25,1	8ϕ20	ϕ8/20	2970	207	TİP4	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S145	30	40	16,1	8ϕ16	ϕ8/20	1188	92	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S146	35	60	25,5	10ϕ18	ϕ8/20	2079	139	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S147	20	150	40,7	16ϕ14	ϕ8/20	2970	282	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo 13.12 Betonarme takviyeli yapı ilave perde kesit tesirleri

BETONARME TAKVİYELİ YAPI İLAVE PERDE KESİT TESİRLERİ																
KOLON NO	YÖN	YÜKLEME TİPİ														
		1.4G+1.6Q			G+Q+/-Ex			G+Q+/-Ey			0.9G+/-Ex			0.9G+/-Ey		
		N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V	N	M	V
TP101	X-X	1967	0,92	0,43	1360	33,9	8,96	1535	3,19	0,58	990	33,8	8,62	1164	3,35	0,65
	Y-Y		74,4	41		592	61,8		5060	811		599	69,7		5053	804
TP102	X-X	1876	0,57	0,71	1269	41,9	10,2	1461	3,17	0,66	911	41,8	10,2	1102	3,09	0,67
	Y-Y		130	24,1		396	104		3682	771		410	99,3		3669	776
TP103	X-X	1588	0,84	0,39	1070	30,1	7,67	906	2,72	0,39	806	30	7,6	643	2,87	0,46
	Y-Y		36,8	12,1		466	83,6		4174	773		457	80,5		4165	770
TP104	X-X	1678	0,74	0,25	1122	47,2	11,6	1407	3,66	0,85	798	47,1	11,5	1083	3,51	0,8
	Y-Y		111	5,53		668	112		5662	963		646	114		5640	966
TP105	X-X	1410	58,7	6,23	1175	1832	380	951	107	25,6	907	1824	38,1	683	115	24,3
	Y-Y		0,84	0,4		6,16	1,66		26	6,92		6,14	1,6		26	6,98
TP106	X-X	1293	68,8	13,3	779	2100	416	863	41,3	5,61	545	2093	419	629	19,9	3,31
	Y-Y		0,5	0,2		6,09	1,58		26,1	7,12		6,09	1,55		26,1	7,15
TP107	X-X	1421	73,5	12,8	1331	2252	462	929	111	8,96	1054	2245	465	652	103	12
	Y-Y		0,72	0,32		6,13	1,63		26	7,01		6,1	1,56		26,1	7,07
TP108	X-X	2007	114	1,41	1345	7505	1017	1157	263	48,8	968	7483	102	780	285	49,4
	Y-Y		1,28	0,63		7,24	1,26		52,5	13,5		7,27	1,37		52,6	13,6
TP109	X-X	1893	73,5	10,2	1225	8380	1212	1671	276	56,5	863	8359	1210	1308	254	53,9
	Y-Y		1,16	0,6		7,33	1,35		52,6	13,6		7,34	1,45		52,6	13,7

13.3 Takviye Perdelerinin Betonarme Hesabı

Yapının takviyesi için, mevcut binaya ilave edilecek olan perdeler süneklik düzeyi yüksek olarak seçildiğinden perdelerin betonarme hesabı ABYYHY'de bu hal için belirlenen durumlara göre yapılmıştır. Burada en olumsuz perde olan TP109 için hesaplar ayrıntılı olarak yapılacaktır ve diğer ilave perdelerin donatıları tablolaştırılarak belirtilecektir. Perdelerin mevcut kolonlar ile birlikte çalışacağı kabülüne göre hesap perde yükleri için mevcut kolonların da kesit tesirleri hesaba dahil edilmiştir. Hesabı yapılan TP109 perdesi S133 ve S134 kolonları arasındadır. Perde hesabında uç bölgesi olarak mevcut kolonu saran bölüm de göz önüne alınmıştır ama mevcut kolonun kesiti ve donatısı hesaplara dahil edilmemiştir. ABYYHY'de belirtilen min. şartlar ve kriterler doğrultusunda perde hesabı şu şekilde yapılmıştır:

- Kesit Tesirleri:

M_{GQEx} = 8380 (TP109) + 54(S133) + 111(S134) = 8545kN

N_{GQEx} = -1225(TP109) + 1249(S133) –2487(S134) = 3712kN (çekme kuvveti hariç)

V_{GQEx} = 1199(TP109) + 24(S133) + 46(S134) = 1284kN

- Enkesit Koşulları:

$\frac{H_W}{l_W} = \frac{19.9}{5.0} = 3.98 \geq 2 \Rightarrow h \geq \frac{H_{kat}}{12} = \frac{2.9}{12} = 0.24m$ olduğundan seçilen perde kalınlığı h= 0.25m ve bu durum karşısında perde uç bölgesi oluşturulmalıdır.

- Kritik Perde Yüksekliği:

$H_{cr} \geq l_w = 5.0$

$H_{cr} \geq \frac{H_w}{6} = \frac{19.9}{6} = 3.32$

$H_{cr} = 5.0m \leq 2*l_w$ ✓

$l_u \geq 0.2*l_w = 0.2*5 = 1.0m$ ✓

$l_u \geq 2*b_w = 2*0.25 = 0.5m$

(Kritik bölgede perde uç bölgesi uzunluğu)

- Perde Donatı Hesabı (uç bölgede):

$m = \frac{8545}{0.25*5^2*17000} = 0.08$

$n = \frac{3712}{0.25*5*17000} = 0.17$

$\omega \cong 0.05$, ($\rho_{min} = 0.002$)

$A_s = \frac{0.05*0.25*5}{20.5} = 3.05*10^{-3} m^2 = 31cm^2$

$A_{s,min} = 0.002*l_w*b_w = 0.02*25*500 = 25cm^2$ ⟶ Seçilen donatı 24Φ14

$N_d \geq 0.2*A_c*f_{ck} = 0.2*250*1000*25 = 1250000N = 1250kN$ ✓

Perdenini uzun doğrultusu için;

$A_{sh} \geq 0.3*s*b_b*\left[\frac{A_c}{A_{ck}} - 1\right]\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3*100*940*\left[\frac{250*1000}{190*940} - 1\right]\frac{25}{420} = 671mm^2$ ✓

$A_{sh} \geq 0.075*s*b_k*\left[\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right] = 0.075*100*940*\left[\frac{250}{420}\right] = 420mm^2$

$A_o = 671/4 = 168mm^2 = \Phi 16/10$

Perdenini kısa doğrultusu için;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s * b_b * \left[\frac{A_c}{A_{ck}} - 1\right] \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 200 * 190 * \left[\frac{250 * 1000}{190 * 940} - 1\right] \frac{25}{420} = 271 mm^2 \checkmark$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s * b_k * \left[\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right] = 0.075 * 200 * 190 * \left[\frac{250}{420}\right] = 170 mm^2$$

$A_o = 271/4 = 68mm^2 = \Phi 10/10-20$

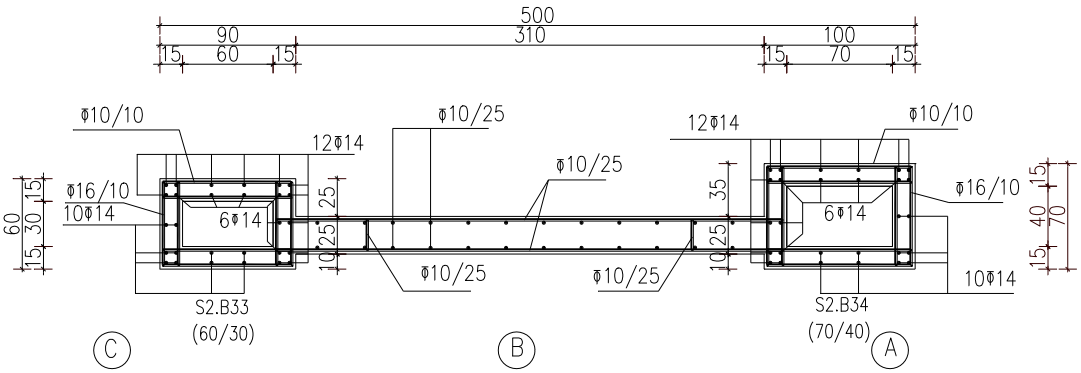
Gövde Donatısı;

$A_{sg,min} = 0.0025*(l_w - 2*l_u)*b_w = 0.0025*(5 - 2*1.0)*0.25 = 1.88*10^{-3} m^2 = 18.8cm^2$

Bu donatı alanı, yatay ve düşey donatılar için, yarısı önde ve yarısı da arka yüzde olacak şekilde donatı toplamlarıdır.

$18.8/2 = 9.4cm^2$ ve min donatı aralığı 25cm olduğundan seçilen donatı $\Phi 10/25$ ✓

(1 metrede $3.14cm^2$ ise 3.0 metrede $3.0*3.14 = 9.42cm^2$ donatı olur).



Şekil 13.4 Betonarme perde kesiti

Perde ve mevcut kolondan oluşan sisteme GQE yüklemesinden dolayı çekme kuvveti geldiği için çekme kuvveti alan perdede şu kontrollar yapılmalıdır [25]:

Kesitin A ucunda basınç, C ucunda çekme hali;

- Donatıların aldığı çekme kuvveti

$T_C = 4004*0.365 = 1461kN\ (26\Phi 14)$

$T_B = 2*314*3.1*0.365 = 711kN\ (2*\Phi 10/25)$

- Beton basınç kuvveti

C_A = 3712 + 1461 +711 = 5884kN

a = $\frac{C_A}{0.85 * f_{cd} * b} = \frac{5884}{0.85 * 0.017 * 600} = 679mm = 68cm$, beton basınç bölgesi

M_r = 1461*2 + 5884*1.81 = 13572kNm

A, C, B2'deki donatıların akma sınırını aştığı kabulü ile ($\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \%0.2$)

C_C = 0.85*0.017*[600*1900 – 300*600] + 0.85*0.017*[0.85*2700 – 900]*300 + 4004*0.365 = 12711kN

T_{B1} = 2*314*1.8*0.365/2 = 206kN

T_{B2} = 2*314*3.1*0.365 = 711kN

T_A = 2*314*0.3*0.365 + 4004*0.365 = 1530kN

$N_r = C_C - T_{B2} - T_A$ = 12711 – 711 – 1530 = 10470kN > N_d ✓

M_r = 12711*2 + 206*2.4 + 711*0 + 1530*1.81 = 28686kN > M_d ✓

- Perde kesme güvenliği

$V_{d,maks} = 0.45 * f_{ctk} * b * h + f_{yk} * A_s$

$V_{d,maks}$ = 0.45*1.15*250*5000 + 420*(2*314*3.1 + 4004*2) = 4827891N = 4828kN

$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * b * h$ = 0.65*1.15*250*5000 = 934375N = 934kN

$V_{d,maks} = 0.25 * f_{cd} * b * h$ = 0.25*17*250*5000 = 5312500N = 5313 kN

Yatay donatı $\Phi 10 / 25 \Rightarrow$

$V_r = 0.8 * V_{cr} + A_{sws} * d * f_{ywd} / s$

V_r = 0.8*934375 + 2*79*0.95*5000*420/250 = 2022704N = 2022kN > V_d ✓

Tablo 13.13 Betonarme takviyeli yapı sistem rijitlik merkezi koordinatları

KOLON NO	Xi (m)	Yi (m)	b (m)	d (m)	Ix (m4)	Iy (m4)	Xi*Ix (m5)	Yi*Iy (m5)
S101	1,8	1,625	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,00140625	0,0073125
S102	3,875	1,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01009115	0,00113932
S103	7,375	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0331875	0,00140625
S104	10,525	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0473625	0,00140625
S105	13,725	1,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,03574219	0,00113932
S106	16,8	1,8	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,09072	0,00243
S107	21,375	1,8	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0961875	0,00140625
S108	1,8	5,8	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,03132
S109	3,75	5,65	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00244141	0,01471354
S110	7,375	5	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01920573	0,00325521
S111	10,775	4,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,0280599	0,00309245
S112	14,1	4,875	0,8	0,25	0,00104167	0,01066667	0,0146875	0,052
S113	16,825	4,8	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,02243333	0,0025
S114	21,35	3,65	0,3	0,4	0,0016	0,0009	0,03416	0,003285
S115	1,75	9,075	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00113932	0,02363281
S116	3,875	8,8	0,25	0,3	0,0005625	0,00039063	0,00217969	0,0034375
S117	5,225	8,5	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,00696667	0,00442708
S118	10,775	6,35	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,0280599	0,00413411
S119	11,45	9,525	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,00894531	0,0428625
S120	14,2	9,525	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,01109375	0,0428625
S121	17,2	7,975	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,01119792	0,02076823
S122	21,2	8	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,02862	0,0432
S123	1,75	11,275	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00113932	0,02936198
S124	4,125	11,05	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01074219	0,00719401
S125	7,375	12,45	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0331875	0,00972656
S126	10,95	12,275	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,00855469	0,0552375
S127	14,2	12,275	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,01109375	0,0552375
S128	16,925	10,75	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,04407552	0,0069987
S129	21,2	10,5	0,6	0,25	0,00078125	0,0045	0,0165625	0,04725
S130	1,8	14,2	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,07668
S131	3,8	14,225	0,4	0,25	0,00052083	0,00133333	0,00197917	0,01896667
S132	10,775	14,45	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,01436667	0,00752604
S133	17,2	13,025	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,01119792	0,03391927
S134	21,2	13	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,02862	0,0702
S135	7,125	15,65	0,25	0,5	0,00260417	0,00065104	0,01855469	0,0101888
S136	10,65	16	0,5	0,25	0,00065104	0,00260417	0,00693359	0,04166667
S137	14,1	15,925	0,8	0,25	0,00104167	0,01066667	0,0146875	0,16986667
S138	16,825	15,95	0,25	0,4	0,00133333	0,00052083	0,02243333	0,00830729
S139	1,8	19,35	0,6	0,3	0,00135	0,0054	0,00243	0,10449
S140	3,35	19,375	0,4	0,25	0,00052083	0,00133333	0,00174479	0,02583333
S141	7,4	19,2	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,03996	0,02592
S142	10,755	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0483975	0,015
S143	13,725	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0617625	0,015
S144	16,8	19,2	0,3	0,6	0,0054	0,00135	0,09072	0,02592
S145	21,35	16,95	0,3	0,4	0,0016	0,0009	0,03416	0,015255
S146	21,375	19,2	0,25	0,6	0,0045	0,00078125	0,0961875	0,015
P147	7,35	8,9	0,2	1,5	0,05625	0,001	0,4134375	0,0089
PTİP101	7,35	2,825	0,25	2,65	0,38770052	0,00345052	2,84959883	0,00974772
PTİP102	15,35	2,75	0,25	2,5	0,32552083	0,00325521	4,99674479	0,00895182
PTİP103	7,35	17,4	0,25	3	0,5625	0,00390625	4,134375	0,06796875
PTİP104	16,85	17,525	0,25	2,75	0,43326823	0,00358073	7,30056966	0,06275228
PTİP105	2,8	5,75	1,4	0,25	0,00182292	0,05716667	0,00510417	0,32870833
PTİP106	2,875	11,25	1,75	0,25	0,00227865	0,11165365	0,00655111	1,25610352
PTİP107	2,85	14,25	1,5	0,25	0,00195313	0,0703125	0,00556641	1,00195313
PTİP108	19,175	7,95	3,45	0,25	0,00449219	0,85549219	0,0861377	6,80116289
PTİP109	19,175	13,05	3,45	0,25	0,00449219	0,85549219	0,0861377	11,164173
			Toplam		1,87637656	2,07793594	21,042461	21,9128983

e_x=	0,29	0.05*Lx=	1,15	X_g=	11,5	X_r=	11,2144126
e_y=	0,05	0.05*Ly=	1,05	Y_g=	10,5	Y_r=	10,545512

14. GÜÇLENDİRME MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ve SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde bölüm 12 ve 13'de yapılan betonarme ve çelik ile güçlendirme işlerinin sonuçlarından çıkarılan metrajlara göre yapılmış olan maliyet analizleri Tablo 14.1 ve Tablo 14.2'de özetlenmiştir.

Tablo 14.1 Betonarme Güçlendirme Maliyeti

	Miktar	Birim Fiyat	Maliyet (TL)
Donatı İmalatı A	15 ton	560.912.500 TL/ton	8.413.687.500 TL
Donatı İmalatı B	20 ton	529.037.500 TL/ton	10.580.750.000 TL
Beton İmalatı	253 m³	52.325.816 TL/m³	13.238.431.450 TL
Kalıp İşleri	1745 m²	7.132.500 TL/m²	12.446.212.500 TL
Duvar Yıkımı	36.1 m³	10.190.625 TL/m³	367.881.563 TL
Epoksi Tutarı	384 kg	12.457.800 TL/kg	4.783.795.200 TL
		Toplam Maliyet	**49.830.758.821 TL**

Tablo 14.2 Çelik ile Güçlendirme Maliyeti

	Miktar	Birim Fiyat	Maliyet (TL)
Çelik İşlerinin Maliyeti	38652 kg	1.400.000 TL/kg	54.112.800.000 TL
Harç	8.3 m³	52.325.816 TL/m³	434.304.273 TL
Harç Katkı Malzemesi	5 kg	1.520.000 TL/kg	7.600.000 TL
Çeliğin Pas İzolasyonu	124 kg	12.304.000 TL/kg	1.525.696.000 TL
Duvar Yıkımı	42.3 m³	10.190.625 TL/m³	431.063.437 TL
Kimyasal Dübel	1664 adet	4.950.000 TL/adet	8.236.800.000 TL
		Toplam Maliyet	**64.748.263.710 TL**

Yukarıda özetlenen maliyet çalışmalarından elde edilen sonuca göre Çelik ile Güçlendirme Maliyeti, Betonarme ile Güçlendirme Maliyetinden;

$$\frac{64.748.263.710}{49.830.758.821} = 1.30 \text{ kat fazla çıkmıştır.}$$

Burada kullanılan fiyatlar Aralık 2002 başı itibari ile Tekiz'den alınmıştır. Betonarme ile Güçlendirmedeki epoksi tutarı, Çelik ile Güçlendirmedeki harç katkı malzemesi ve çeliğin pas izolasyonu Sika'dan Kasım 2002 sonunda alınmış birim fiyatlardır. Bunun yanı sıra Çelik ile Güçlendirmedeki kimyasal dübel fiyatı da

Hilti'den yine Kasım 2002 sonunda alınmış birim fiyattır. Yapının temelleri ile ilgili bir fiyat analizi çalışması yapılmamıştır. Betonarme perdelerin çelik elemanlara göre daha fazla yük aldığı düşünülecek olursa betonarme ile takviye edilecek sistemin temel çözümünün daha maliyetli olacağı sonucuna varılabilir. Bu durum da yukarıda elde edilen katsayıyı az da olsa etkileyecektir. Bunun yanı sıra her iki sistem ile takviyede bazı kirişlerin de güçlendirilmeleri gerektiği ortaya çıkmıştır fakat kiriş güçlendirme maliyetleri de aşağı yukarı her iki sistem için ayni olacağından kiriş takviyesi ile ilgili bir maliyet çalışması yapılmamıştır.

14.1 Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler

İncelenen her iki güçlendirme sistemi sonunda, mevcut yapı elemanlarının kesit tesirlerinde belirgin azalmalar olmuş ve yapı elemanları kapasite bakımından kabul edilebilir değerlere ulaşmışlardır. Betonarme perdeler çelik çaprazlara göre daha rijit olduğundan betonarme takviyeli sistemde yapı elemanları daha da rahatlamıştır. Bunun yanı sıra çelik perde sistemi betonarme perdeler ile eşit rijitliğe yakın olduğu için, çelik perdelerin kullanıldığı yerlerdeki yapı elemanlarının da kapasitelerindeki iyileşme betonarme takviyedeki sisteme hemen hemen eşit hale gelmiştir. Bunun neticesi olarak çelik perdeler ile yapılan güçlendirmelerde çeliğin betonarmeye göre rijitlikteki dezavantajı giderilmiş olmaktadır. Bunun yanı sıra betonarme perdeye göre daha düktil olan çelik perdeler yapıyı daha yumşak seviyede tutarak yapıya gelen deprem yükünün, betonarme perdeli sisteme nazaran daha küçük seviyede kalmasını sağlamışlardır.

Çelik yapıların ülkemiz koşullarında maliyetinin değerlendirilmesi ve mevcut uygulamanın iyileştirilmesi konusunda neler yapılabileceği, izlenen bölümle özetlenmiştir.

14.1.1 Çelik ve Betonarme Yapının Tümsel Maliyetinin Değerlendirilmesi

Alışılagelmiş maliyet karşılaştırması, genelllikle her iki malzeme kullanılarak üretilmiş taşıyıcı sistemlerin birim alana veya hacime denk gelen maliyeti kullanılarak yapılmaktadır.

Bu elemanter yaklaşım, yapı maliyetinin gerçekçi ve tümsel maliyetini etkileyen ve şekil 14.1'de görülen bir çok faktörü göz ardı etmekte, sadece ileride açıklanan

‘yapım maliyetini’ hesaba katmaktadır. Bu kapsamda değerlendirme yapılırsa, çelik konstrüksiyon taşıyıcılı yapı maliyeti betonarme taşıyıcılı yapıya göre %5~12 daha pahalı olmaktadır. Ancak, şekil 14.1’de verilen diğer faktörler de kapsam içine alınarak değerlendirme yapılırsa, bu maliyet farkı kapanmaktadır. Bunlara ek olarak, aşağıda verilen A faktörü kapsamındaki bir yapı maliyetinin %8’inin taşıyıcı sisteme ait olduğu, %24’ünün ince işlere, %20’sinin dış yüzey kaplamasına, %18’inin temel inşaatına, %14’ünün hazırlık çalışmalarına, %3’ünün mekanik aksama ait olduğu düşünülürse; %8 taşıyıcı sistem payının içinde değinilmiş olan %5~12 oranındaki farkın yapının tümsel maliyeti yanında ihmal edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

Bu durumu daha iyi vurgulayabilmek için, şekil 14.1’deki tablolarda verilen faktörlerin yapının tümsel maliyetine etkisini sırasıyla vermek gerekir.

A. Yapım maliyeti

A1. Üstyapı Maliyeti

- Malzeme Ağırlığı

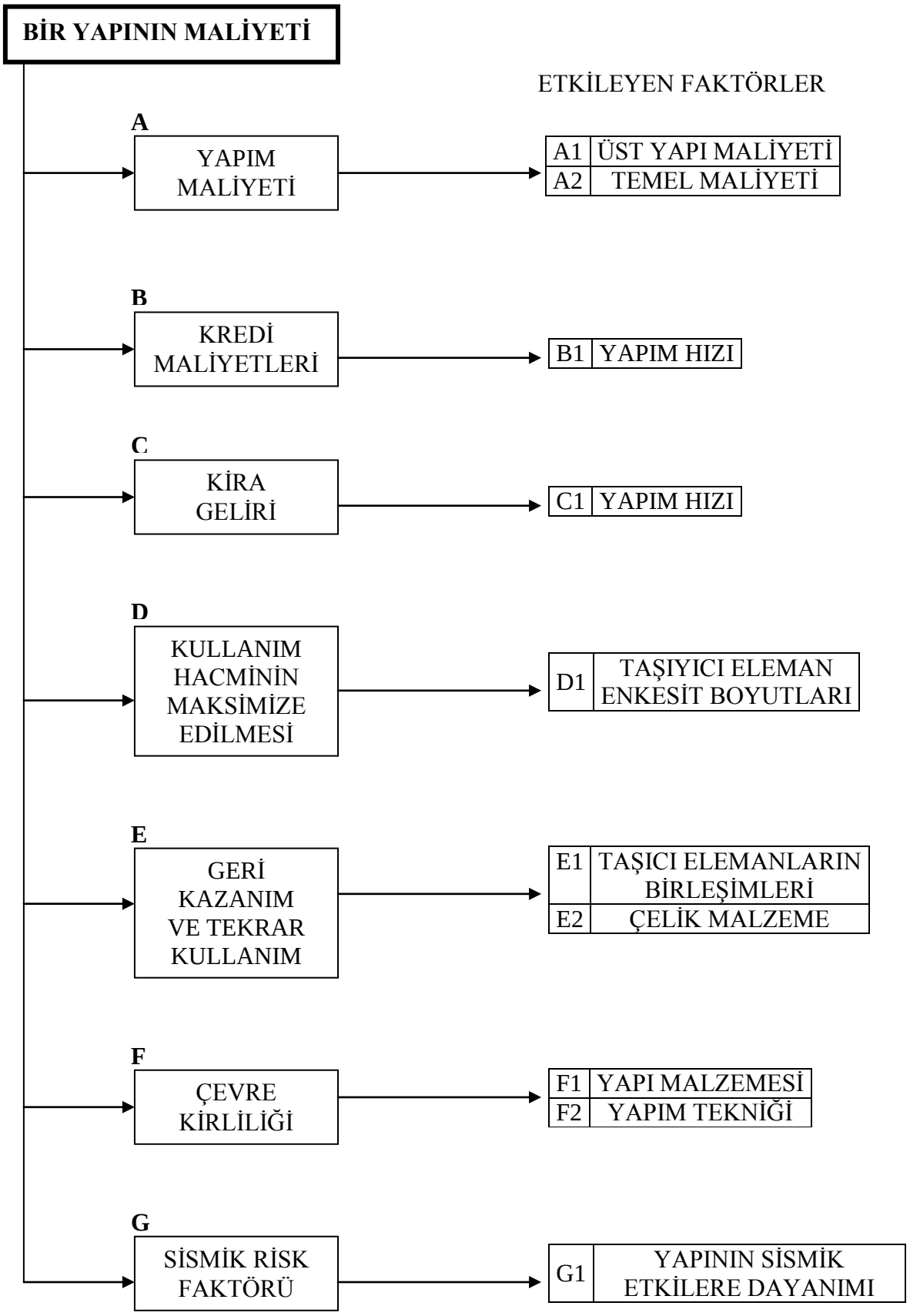
Yüksek mukavemetli çelik kullanılması halinde yapının tümsel çelik ağırlığı azalır. Bu durumda çelik üreticisinden çelik konstrüksiyon imalatçısına ve çelik konstrüksiyon imalatçısından montaja taşın maliyetinde azalma sağlanır. Montaj ağırlığı azaldığından montaj kolaylaşır, düşük kapasiteli montaj ekipmanı yeterli olacağından daha ucuz montaj maliyetlerine ulaşılır.

- Çelik Konstrüksiyon İmalat Hacminin Azalması

Taşıyıcı sistemin eleman sayısını azaltmak, bu elemanların kesitlerini ve boyutlarını mümkün olduğunca birbirine eşit seçmek, birleşimleri basitleştirmek suretiyle imal edilecek farklı eleman sayısını azaltmak gibi yollarla imalat maliyetlerini ciddi şekilde azaltmak mümkündür.

- Şantiye Yerine Atelyede İmalat

Atelyede imalat, yıl boyu daha kontrollü bir ortamda çalışma olasılığı sağlar. Bu süretle daha yüksek kalitede imlat imkanı sağlanacağından, şantiyede yapılacak montaj daha problemsiz olur ve montaj maliyeti düşer.



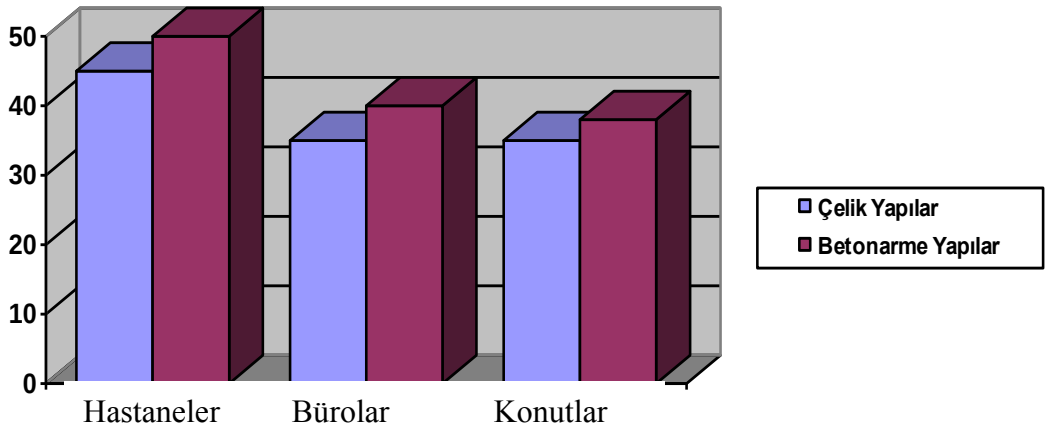
Şekil 14.1 Tümsel Maliyeti Etkileyen Faktörler

- Tesisatın Entegrasyonu

Çelik yapıda ısıtma, havalandırma ve elektrik tesisatının taşıyıcı sisteme entegrasyonu, betonarme yapıya göre çok daha kolay ve düşük maliyetlidir. Projelendirme sırasında kiriş gövdelerinde hesaplanarak bırakılan delikler, sözü edilen tesisatın yapıya entegrasyonunu oldukça kolaylaştırır.

A2. Temel Maliyetleri

Aynı yapı için çelik taşıyıcı sistemler, betonarme taşıyıcı sistemlere göre oldukça hafif olduğundan, bu durum temel maliyetlerinde özellikle kötü zemin koşullarında önemli farklar yaratır. Şekil 14.2'de bu fark çelik ve betonarme taşıyıcı sistemli yapılar için belirtilmiştir.



Şekil 14.2 Relatif Temel Maliyeti

B. Kredi Maliyetleri, C. Kira Geliri

B1 ve C1. Yapım Hızı

Çelik yapı, betonarme yapıya göre daha hızlı gerçekleştirilebilir. Genellikle bu süre betonarme yapıya göre %50 daha kısadır. Bu nedenle çelik yapı çok daha erken kullanılabilir duruma gelerek daha erken kira gerili sağlayabilir. Çelik yapının betonarme yapıya göre çok daha hızlı bitirilebilmesi sayesinde, şantiye masrafrları ve ekipman kiraları için yapılan ödemelerden daha erken kurtulunur. Bütün bunlar, yapının tümsel maliyetini ciddi şekilde etkileyen faktörlerdir.

D. Kullanım Maliyetlerinin Maksimize Edilmesi

D1. Taşıyıcı Elemanların Enkesit Boyutları

Son zamanlarda beton malzemesinin mukavemetini 1000kg/cm² civarında taşıyan süper plastikleştiricilerin kullanımının yaygınlaştırılmış olmasına rağmen betonarme taşıyıcı elemanların enkesit boyutları, aynı yük taşıma ve süneklik kapasitesine sahip çelik elemanlara göre göz ardı edilemeyecek derecede büyüktür. Zira, betonarme elemanın süneklik kapasitesini çeliğinkine (eşitlemek mümkün değildir) yaklaştırmak için, kolon-kiriş birleşimlerinde kolon ve kirişe oldukça fazla betonarme çeliği konması gerekir. Oysa betonun, donatının etrafını sararak yeterli düzetde aderans sağlanması için, betonarme çeliği elemanları arasındaki aralık belirli sınırlardan az olamaz. Bu ise, yük taşıma ve süneklik bakımından çelik elemanla eş tutulan betonarme elemanın boyutlarının çelik elemanınkine göre ciddi şekilde büyük olmasına neden olur. Sözkonusu nedenle, betonarme ve çelik malzemeyle gerçekleştirilen aynı mimari plan ve fonksiyondaki iki yapıdan çelik olanının kat kullanım alanı en az %15 daha fazladır. Bu durum, çelik yapının kira gelirini artırıcı, dolayısıyla tümsel maliyetini azaltıcı rol oynar.

E. Geri Kazanım ve Tekrar Kullanma

E1. Taşıyıcı Elemanların Birleşimleri ve Ekleri

Çelik yapılarda taşıyıcı elemanların birleşimleri, ‘atelye birleşimleri ve ekleri’ ile ‘montaj birleşimleri ve ekleri’ olmak üzere iki grupta toplanabilir. Atelye ek ve birleşimleri daha çok kaynaklı olurken, motaj ek ve birleşimleri bulonlu olur. Sözkonusu özellik, çelik yapıya çok küçük bir maliyetle sökülüp takılabilirlik özelliği kazandırır. Bu sayede örneğin çelik kostriksüyon bir fabrika yapısı, içindeki ekipmanları ile birlikte bir ülkeden diğerine taşınabilir. Betonarme yapılar için sözkonusu olmayan bu özellik, stratejik olduğu kadar da ekonomik avantajlar sağlar. Çelik yapının bu özelliği, yapımından sonra tadilini, takviyesini ve fonksiyonlarını artırmak için genişletilmesini kolaylıkla ve minimum maliyetle mümkün kılar.

E2. Çelik Malzeme

Çelik,dünyada en çok geri kazanımı yapılan malzemedir. Büyün çelik cinsleri, mukavemet ve malzeme özelliklerini kaybetmeden bir çok kez geri kazanım işlemine

sokulabilir. Çeliğin bu avantajları, tümsel yapı maliyetinin hesabında mutlaka gözönünde tutulmalıdır.

F. Çevre Kirliliği

F1. Yapı Malzemesi ve F2. Yapım Tekniği

Beton malzemesi, beton santrallerinden şantiyelere mobil mikserler yoluyla taşınmakta ve bu taşınma sırasında cadde ve sokakkara dökülerek gözardı edilemeyecek kirliliklere neden olmaktadır. Ayrıca beton pompaları, betonu dökülen katlara malzemeyi ulaştırması sırasında komşu binalara ve bitki örtüsüne geri dönüşü olmayan hasarlar vermekte ve ses kirliliği yaratarak insanların sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. Bu durumda tümsel yapı maliyetinin hesabında dikkate alınmalıdır.

G. Sismik Risk Faktörü

G1. Yapının Sismik Etkilere Dayanımı

Çelik yapıların, malzemenin yüksek süneklik kapasitesi (kopmadan deformasyon yapabilme yeteneği) nedeniyle, deprem etkisi altında diğer yapı türlerine göre daha yüksek oranda deprem enerjisi yutabilmesi, bu yapı türünü sismik etkilere karşı betonarme yapılara göre çok daha dayanıklı kılar. Bu durumun da yapının tümsel maliyetinde hesaba katılması gerektiği açıktır.

Yukarıda açıkılanan bilgilerin ışığı altında çelik elemanlar ile takviyenin, fizibilite koşuluna göre değerlendirilecek olursa daha uygun bir sistem olduğu kanısı ağır basmaktadır. Hastanelerin, Eğitim Kurumlarının, Resmi Yapıların, Çok Katlı Yapıların, Otellerin, Sanayi Yapılarının v.b gibi yapıların kullanımları kesintiye uğramadan güçlendirilmeleri ancak çelik elemanlarla mümkün olabilmektedir. Bu yapıların servis durumları nazare dikkate alındığında çelik elemanlarla takviye yine tek tercih olmaktadır. Betonarme perdelerle takviye yapılırken, yapının içersinde imalat zorunluluğu bu tür yapıların kullanım kriterlerini kısıtlar. Çelik elemanların ise atelyede imalat ve yerinde montaj özelliği bu tür bir dejavantajı ortadan kaldırmaktadır [30].

Bunun yanı sıra betonarme elemanlarla takviye edilecek olan bir yapının içersinde ikametgah edenlerin geçici bir sure de olsa başka bir yere nakili söz konusudur.

Böyle bir durum çelik elemanlarla takviyede (montaj özelliğinden dolayı) söz konusu değildir. Bu da maliyet hesabı için göz ardı edilmemesi gereken taşıma ve kira giderleri demektir ki çelik ile betona arasındaki tümsel maliyeti etkileyen bir husustur.

Sonuç olarak, çelik elemanlar ile takviye yönteminin; tümsel maliyet ve yapı fonksiyonlarının sürekliliği bakımından güçlendirme işlerinde betonarme perde kullanılması haline göre bazı uygulamalarda daha fizibil olduğu, bazılarında ise betonarme perde kullanılması hali kadar fizibil olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.

[2] **Bayülke, N.,** 1999. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirlimesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi

[3] **Tübitak, İMO,** 1999. Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi Kurs Notları.

[4] **Yarar, T.,** 2001. Betonarme ve Çelik Yapı Elemanlarıyla Güçlendirilen Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Güçlendirme Maliyetlerinin Kıyaslanması, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] **Yerci, N.,** 2001. Betonarme Binalarda Onarım, Güçlendirme ve Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Yönünden İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] **Badoux, M., James, O. J.,** 1990. Steel Bracing of RC Frames for Seismic Retrofitting, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 116, no. 1, pp. 55-74, ASCE.

[7] **Masri, A. C., Goel, C. and Eeri, M.,** 1996. Seismic Design and Testing of an RC Slap-Column Frame Strengthened by Steel Bracing, *Earthquake Spectra*, Vol. 12, no. 4, pp. 645-666.

[8] **Xiao, Y. and Mahin, S. A.,** 2000. Composite and Hybrid Structures, *Proceeding of 6th ASCCS Conference*, Vol. 2, pp. 869-876, Los Angeles, USA.

[9] **Japan Building Disaster Prevention Association,** 1996. Guidline for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings, Japan.

[10] **Astaneh, A.,** 2001. Seismic Behaviour and Design of Steel Shear Walls, *Structural Steel Education Council*, AISC, Steel Tips.

[11] **ATC 40, Seicmic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings,** 1996. *Applied Technology Council*, California.

[12] **The Seismic Provisions of the 1997 Uniform Building Code,** 2000. *Earthquake Spectra,* Vol. 16, no. 1, pp. 85-101

[13] **Roberts, T. M.,** 1995. Seismic Resistance of Steel Plate Shear Walls, *Engineering Structures,* Vol. 17, no. 5, 344-351.

[14] **Baldelli, J. A.,** 1983. Steel Shear Walls for Existing Buildings, *Engineering Journal,* AISC, Vol. 20, 2nd Quater, pp. 70-77.

[15] **Becker, R.** 1995. Seismic Design of Special Concenrtrically Braced Steel Frames, *Structural Steel Education Council*, AISC, Steel Tips.

[16] **Uniform Building Code,** 1997. Structural Engineering Design Provisions, Vol. 2, *International Conference of Building Conference*, California.

[17] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,** 1997. Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.

[18] **AISC,** 1994. Load and Resisting Factor Design Specification, *American Institute of Steel Construction Inc.,* Chicago

[19] **AISC,** 2001. Specification for Structural Steel Buildings, Allowable Strees Design and Plastic Design, *American Institute of Steel Construction Inc.,* Chicago.

[20] **AISC,** 1997. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, *American Institute of Steel Construction Inc.,* Chicago.

[21] **ATC 19,** 1995. Structural Response Modification Factors, *Applied Technology Council,*California.

[22] **Gaylord, E. H., Gaylord, C. H. and Stallmeyer, J. E.,** 1992. Steel Structures, McGraw-Hill,Inc.

[23] **İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma Grubu,** 2001. Betonarme Tablo ve Abaklar, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

[24] **TS-500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[25] **TS-498**. 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında, Alınacak Yüklerin Hesap Değerler, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[26] **TS-4561**, 1985. Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[27] **Celep, Z. ve Kumbasar N.,** 1998. Betonarme Yapılar İkinci Baskı, 271-305, Beta Dağıtım, İstanbul.

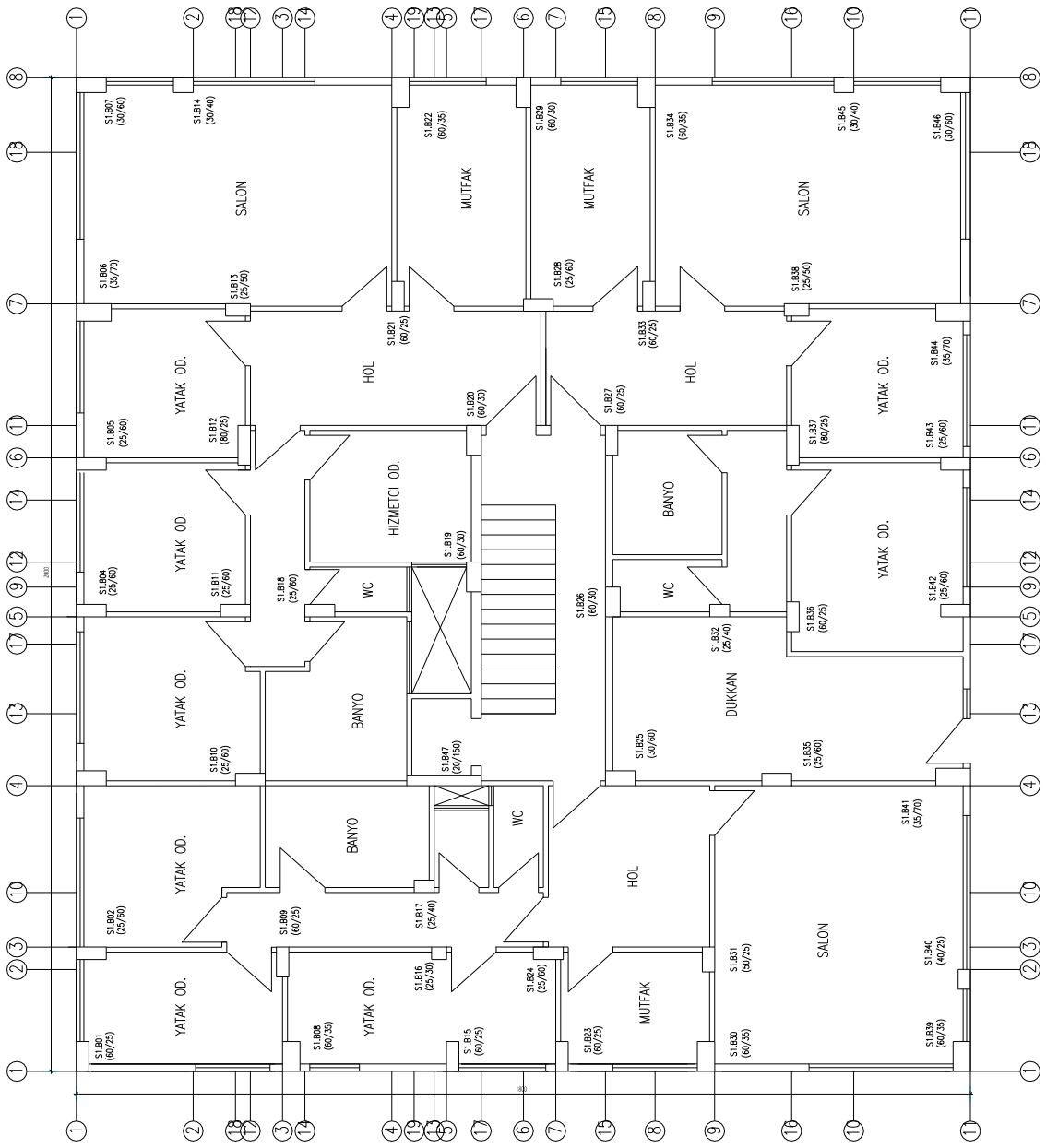
[28] **Wilson, E. L. ve Habidullah, A.,** 1999. SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, ver. 7.21, California, USA.

[29] **Amasralı, S.,** 2000. STA4-CAD, ver 8.1, Çok Katlı Betonarme Yapıların 3 Boyutlu Analiz ve Tasarımı, İstanbul.

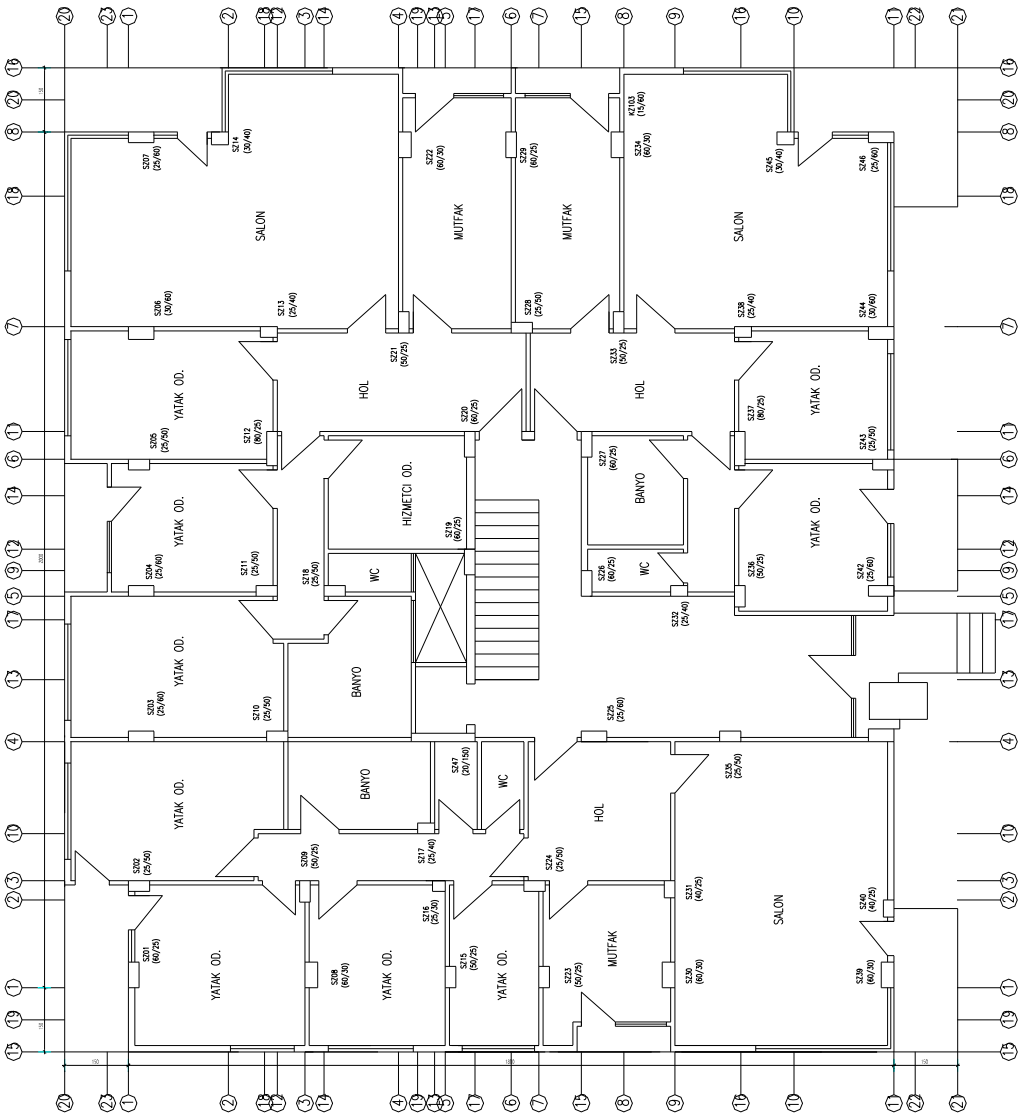
[30] **Yapısal Çelik Derneği,** 2001. Çelik Yapıların Fizibilitesi ve Mühendislik Uygulamalarının İyileştirilmesi Konularında Rapor, İstanbul.

EKLER

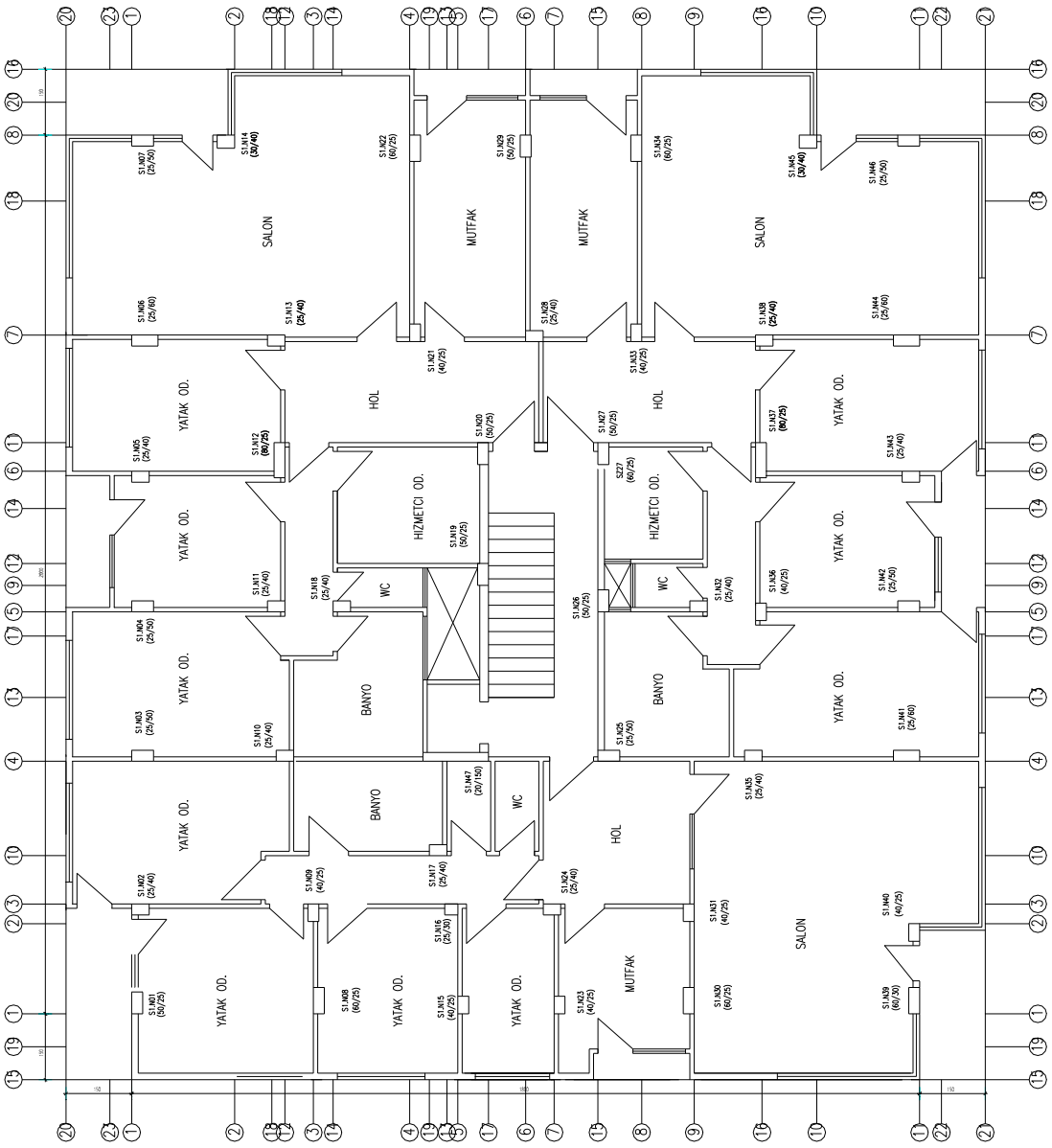
EK A. MEVCUT YAPI MİMARİ ve KALIP PLANLARI



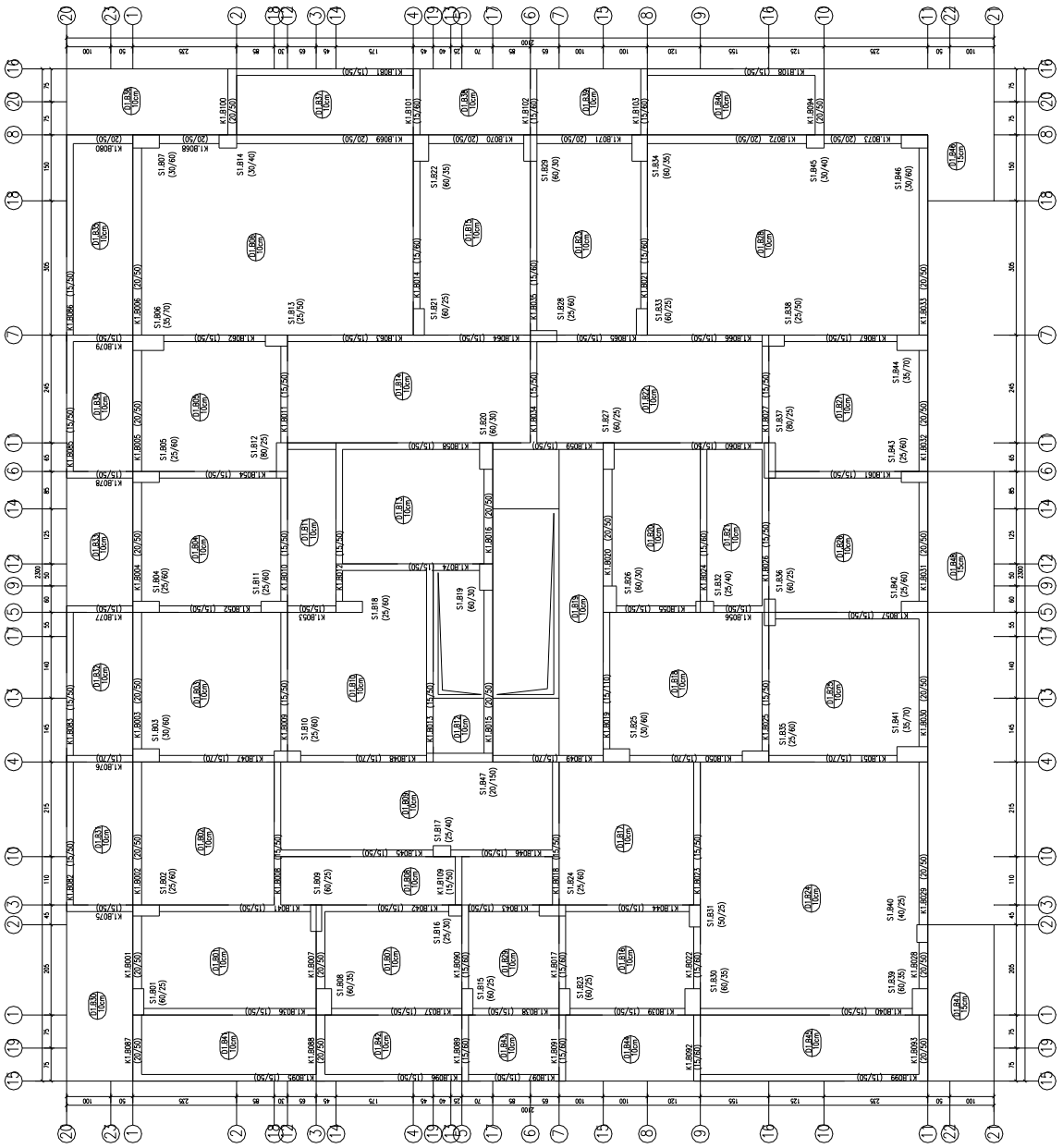
Şekil A.1. Mevcut Yapı 1.BK Planı



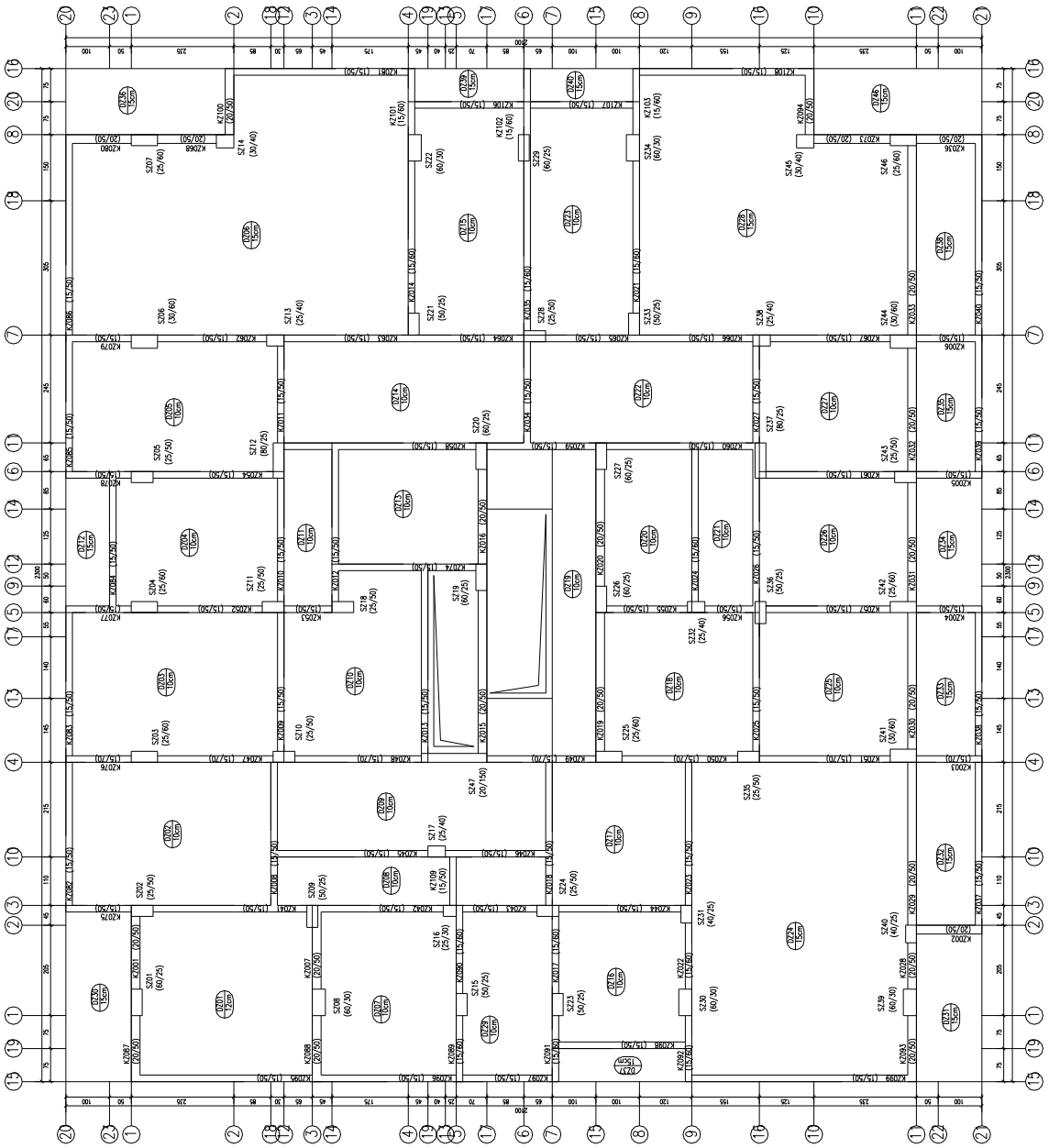
Şekil A.2. Mevcut Yapı ZK Planı



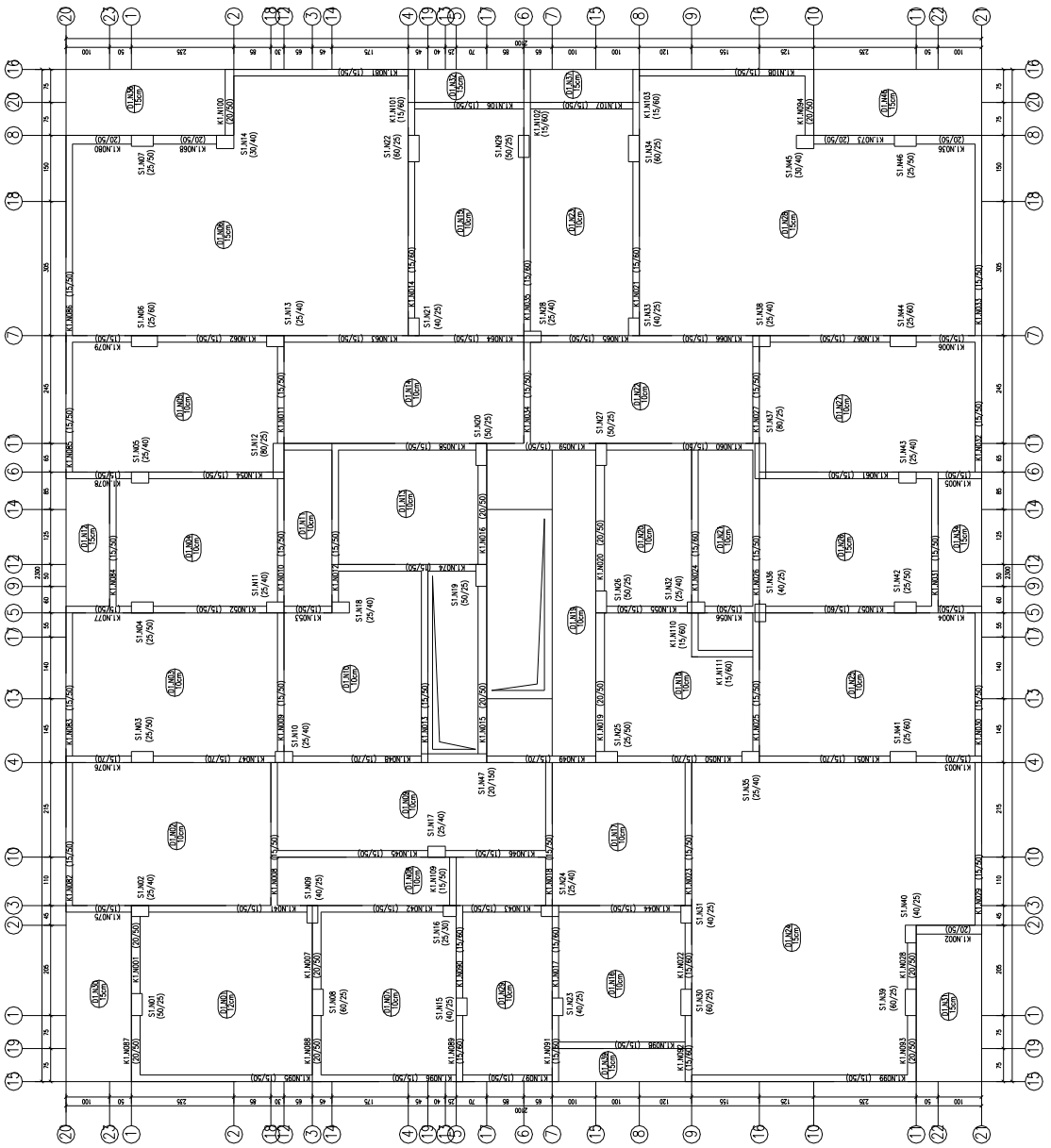
Şekil A.3. Mevcut Yapı Normal Kat Planı



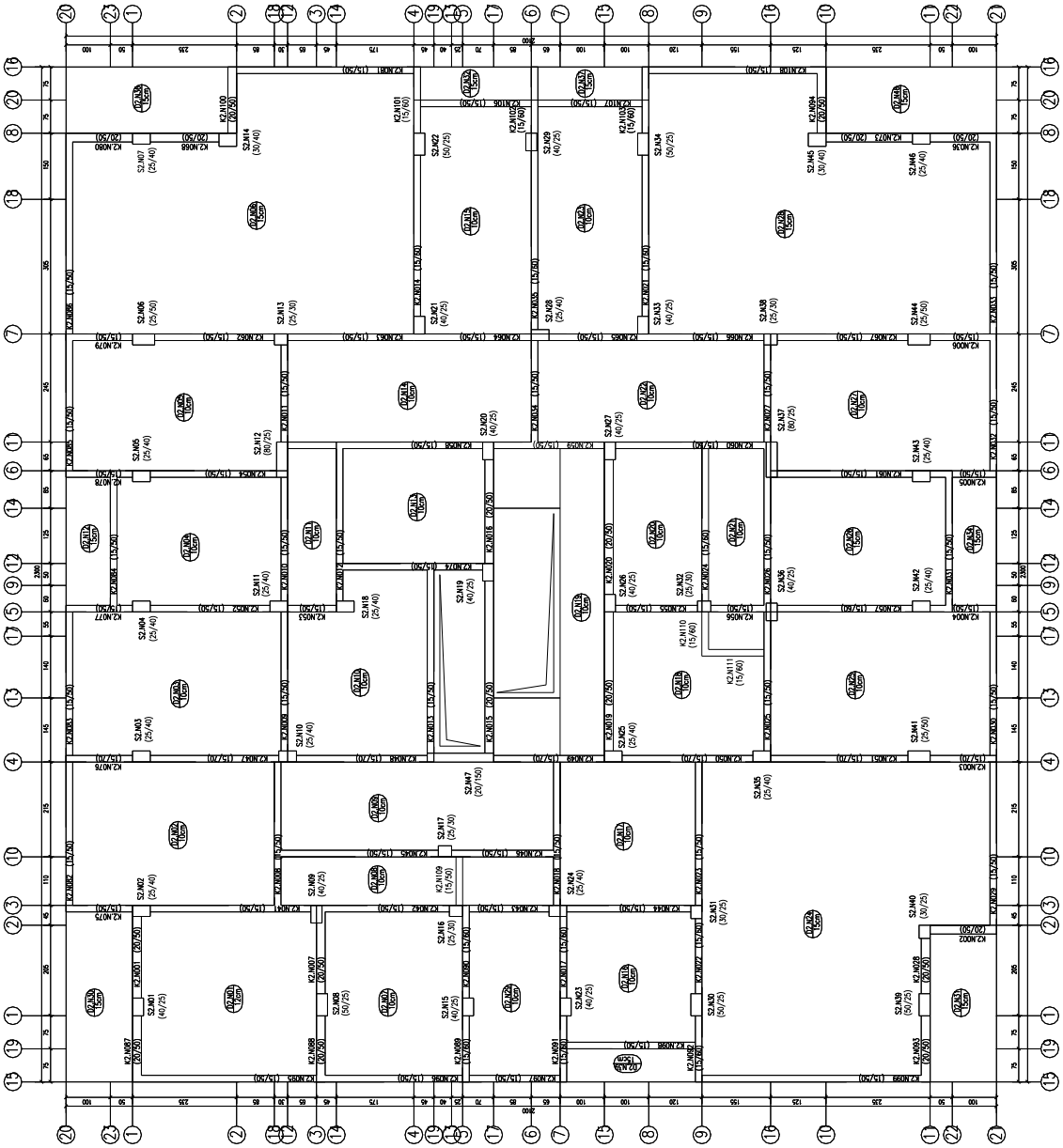
Şekil A.4. Mevcut Yapı 1.BK Tavanı Kalıp Planı



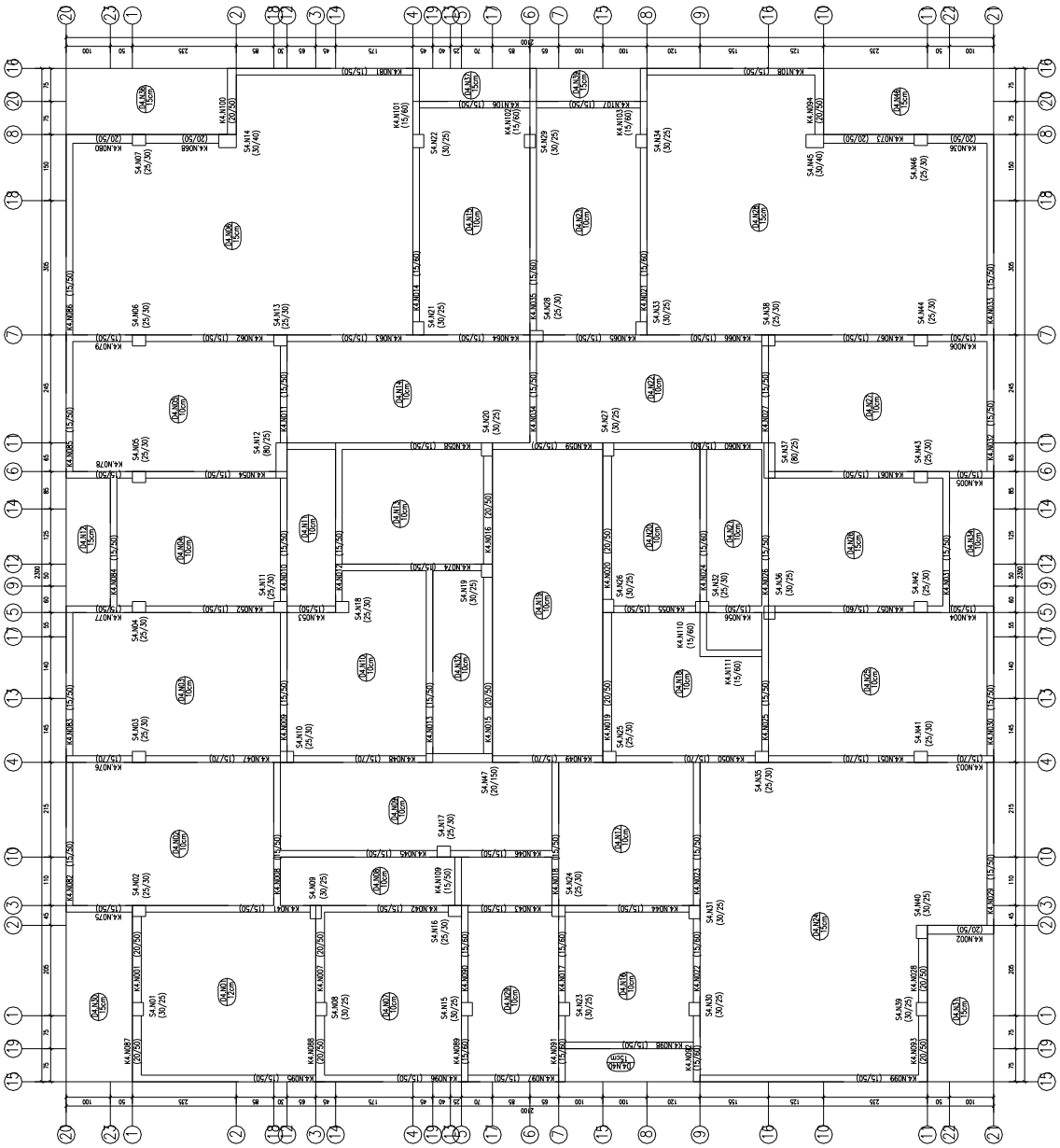
Şekil A.5. Mevcut Yapı ZK Tavanı Kalıp Planı



Şekil A.6. Mevcut Yapı 1. NK Tavanı Kalıp Planı

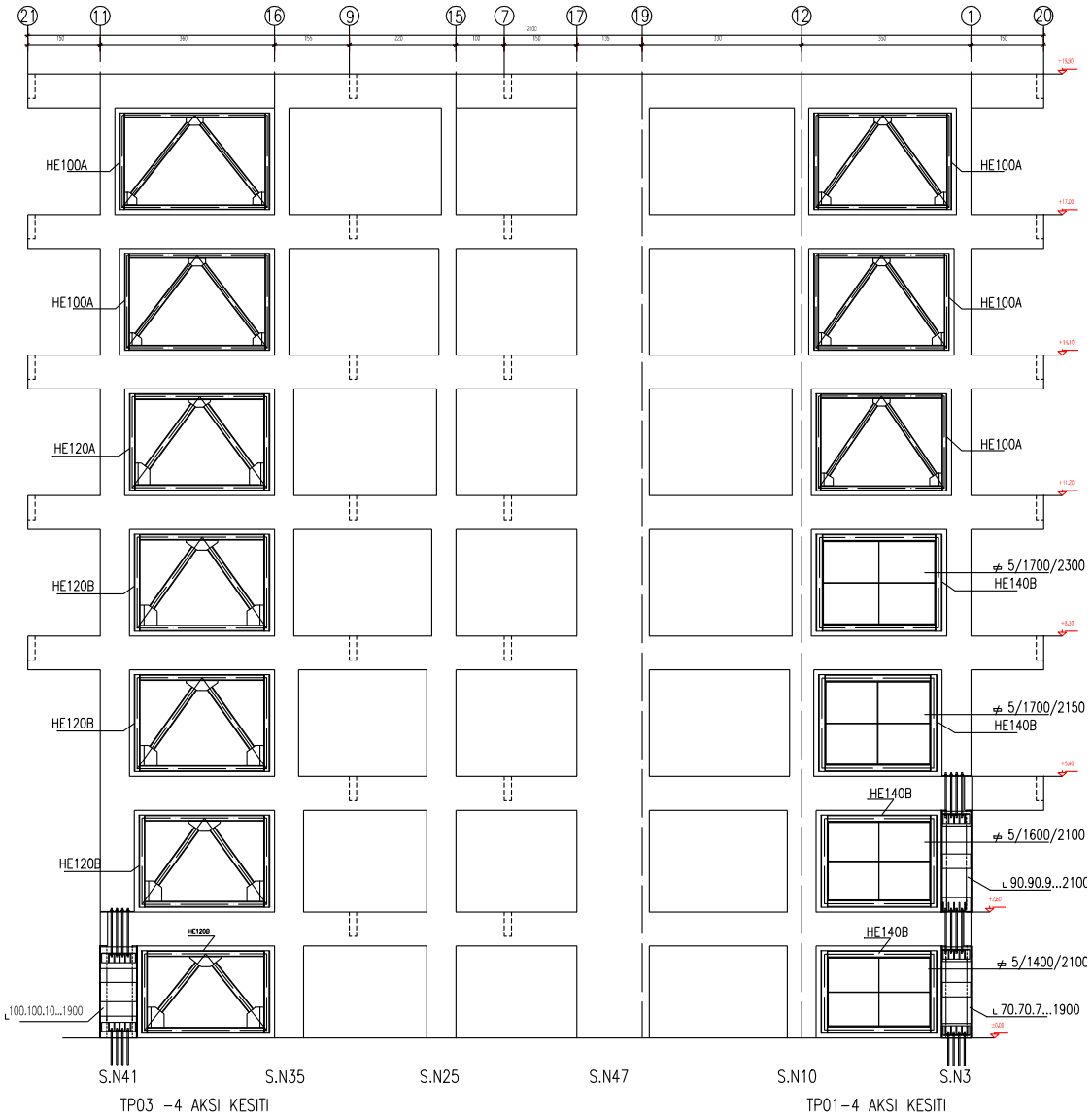


Şekil A.7. Mevcut Yapı 2.NK Tavanı Kalıp Planı

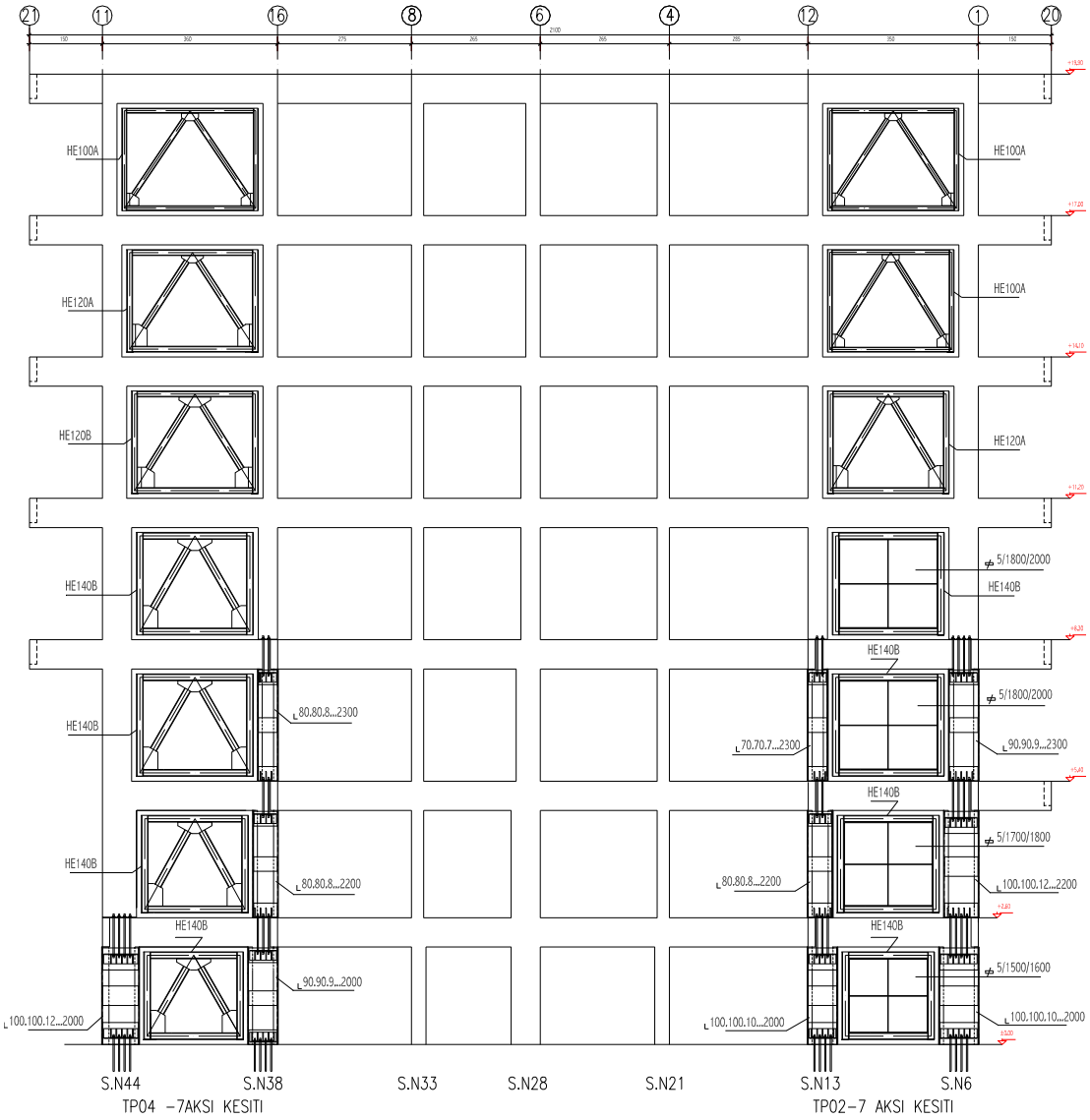


Şekil A.8. Mevcut Yapı 4.NK Tavanı Kalıp Planı

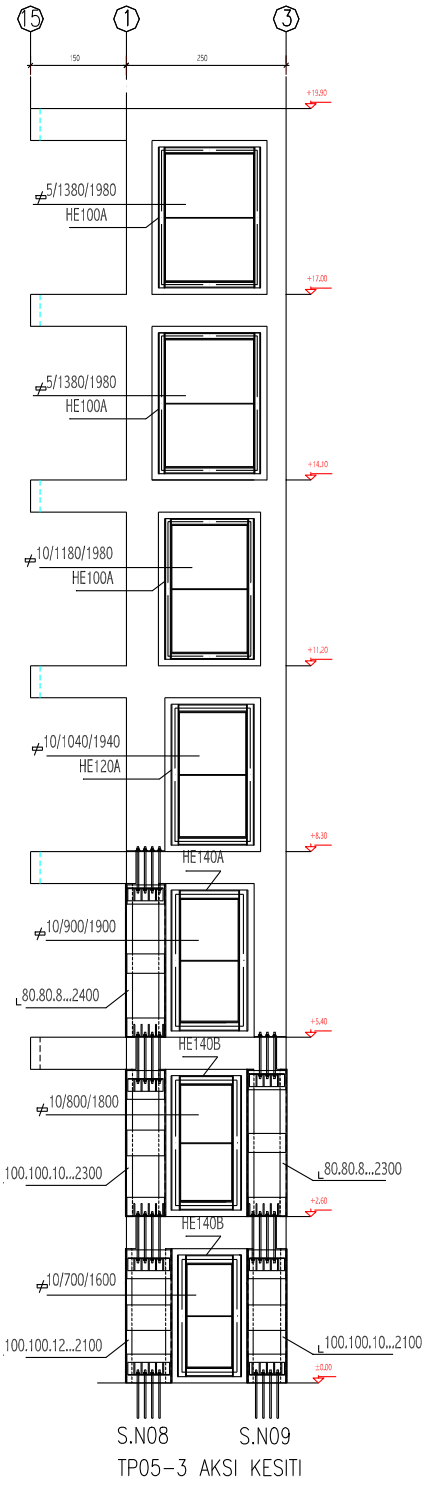
EK B. ÇELİK TAKVİYE ELEMANLARI BOY KESİTLETRİ

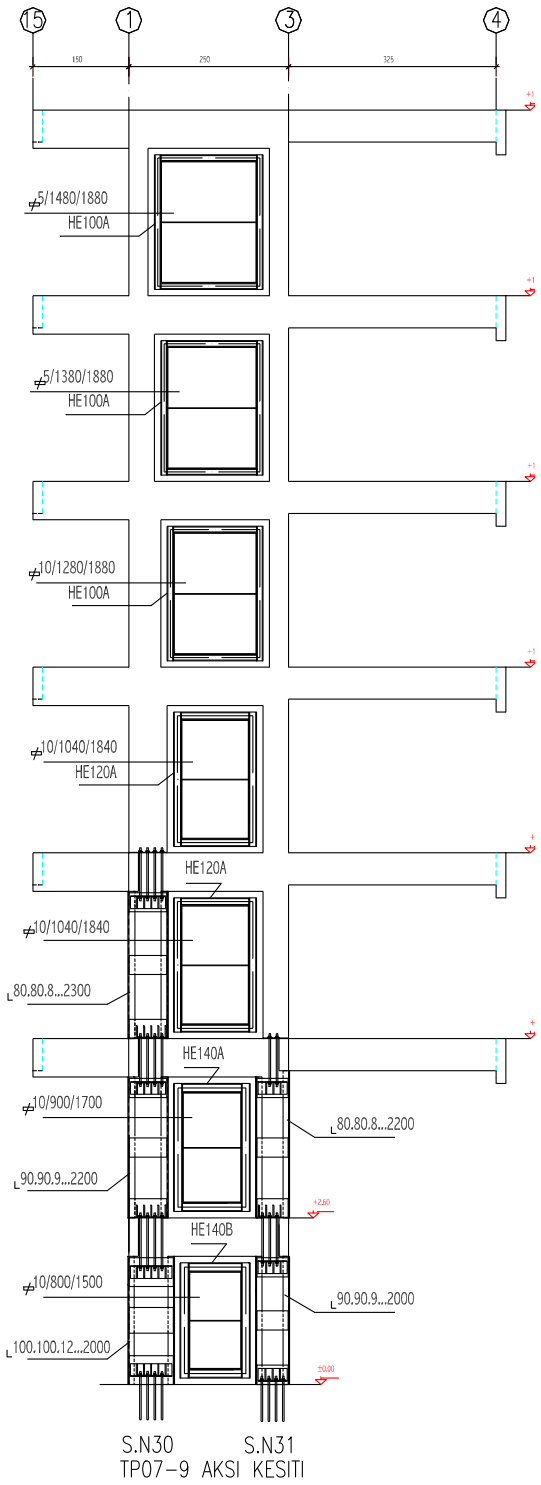


Şekil B.1. Çelik Takviye Elemanları Tip1 ve Tip 3 Boy Kesitleri

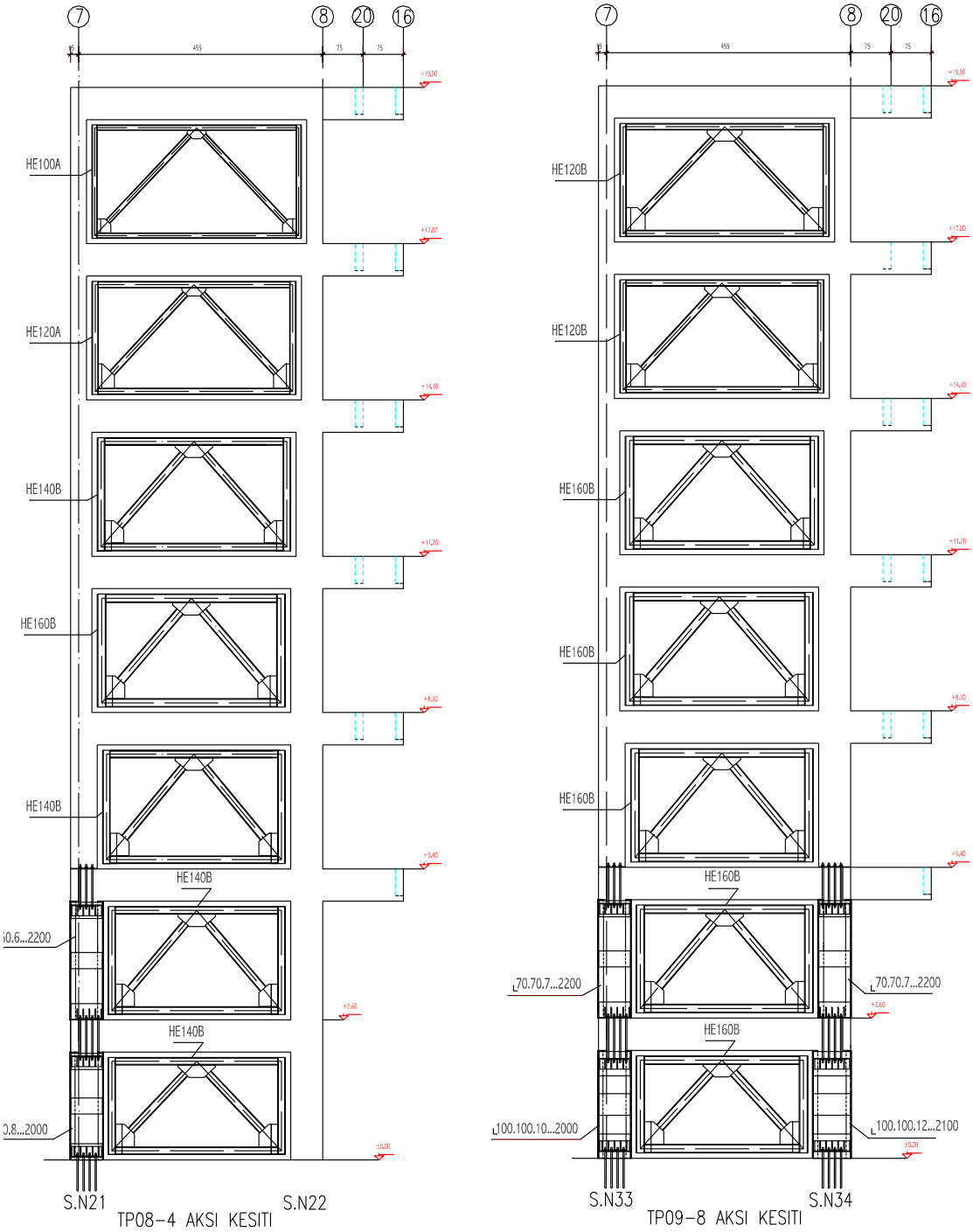


Şekil B.2. Çelik Takviye Elemanları Tip2 ve Tip 4 Boy Kesitleri

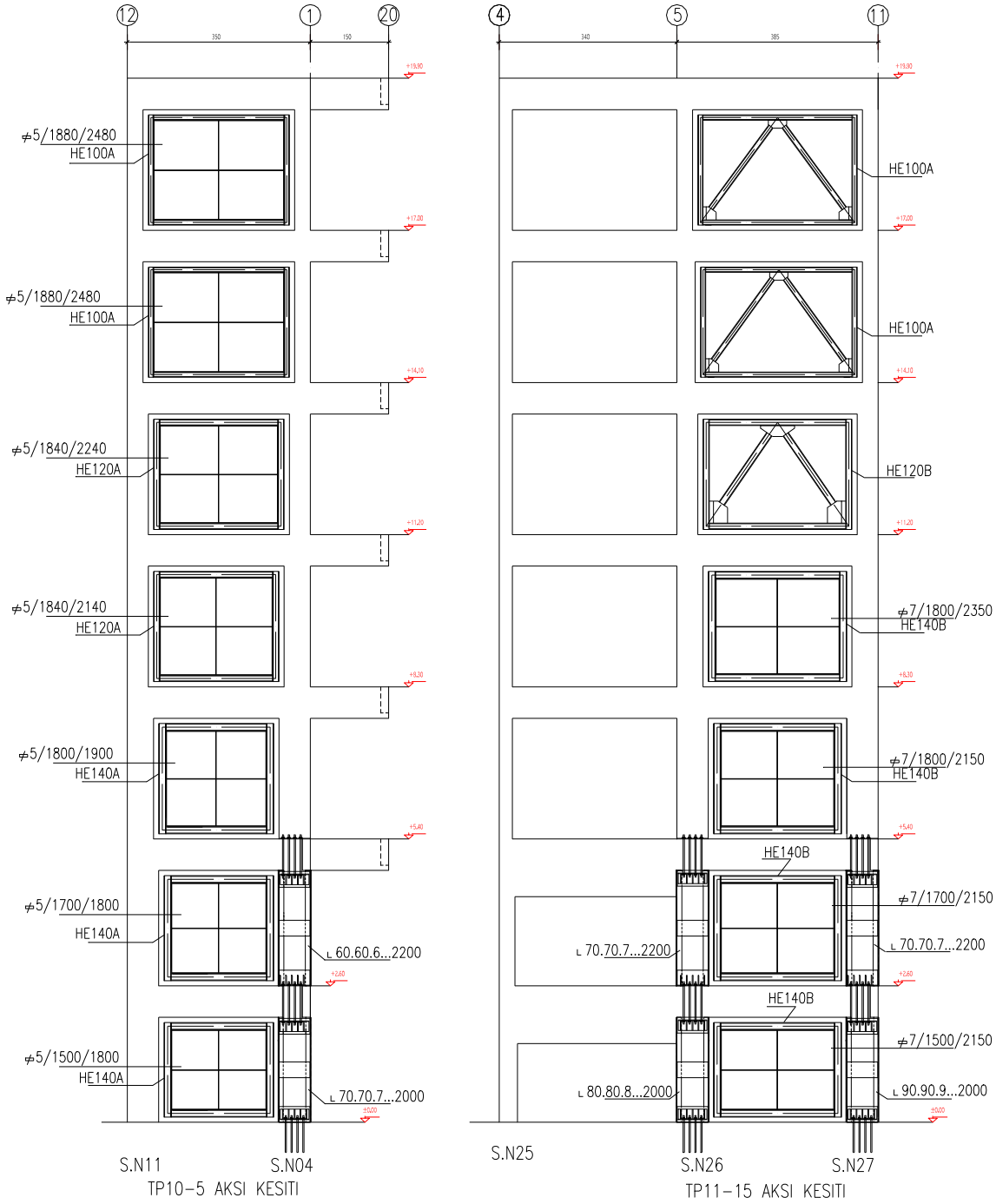




Şekil B.3. Çelik Takviye Elemanları Tip5 ve Tip 7 Boy Kesitleri

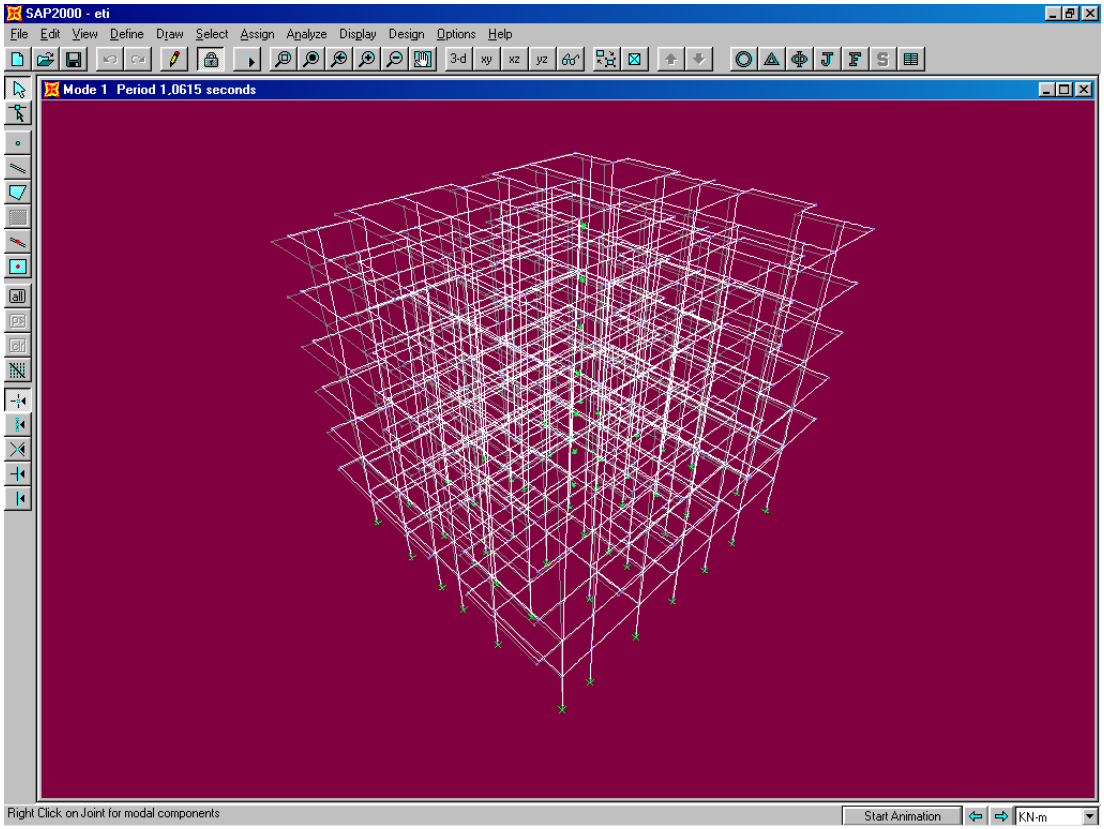


Şekil B.4. Çelik Takviye Elemanları Tip8 ve Tip 9 Boy Kesitleri

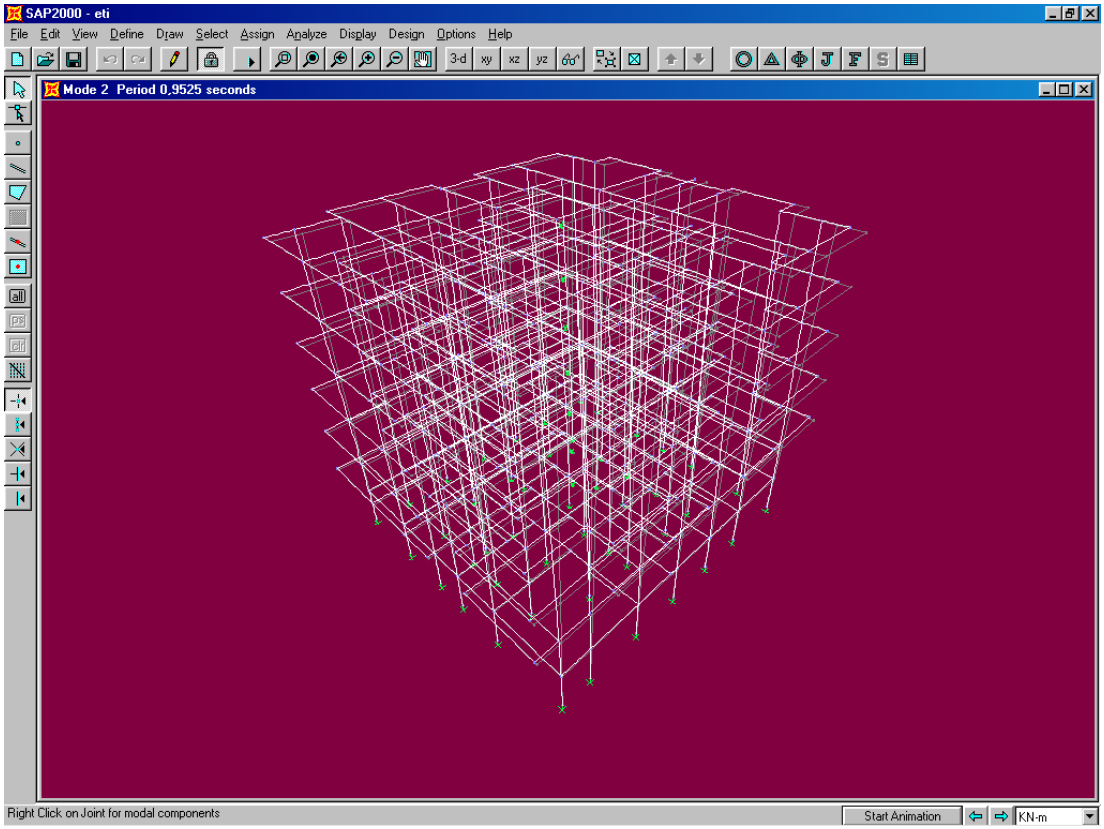


Şekil B.5. Çelik Takviye Elemanları Tip10 ve Tip 11 Boy Kesitleri

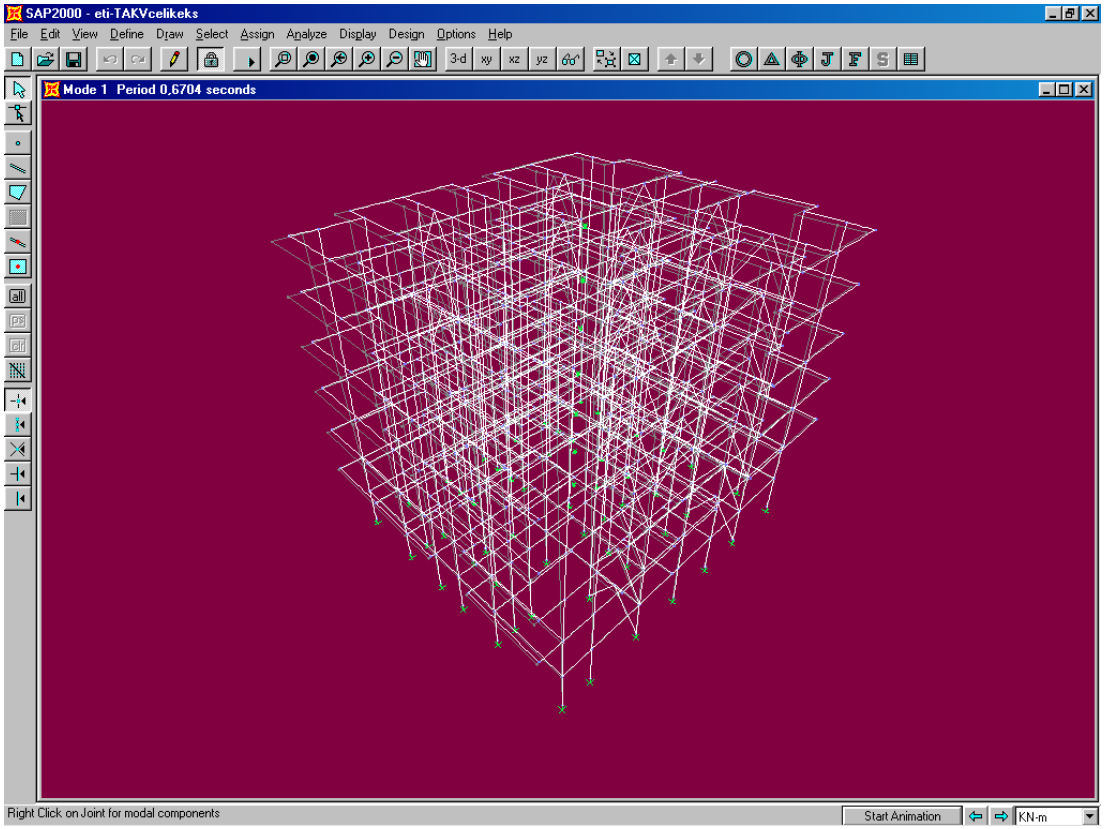
EK C. Yapı Modal Delasmanları



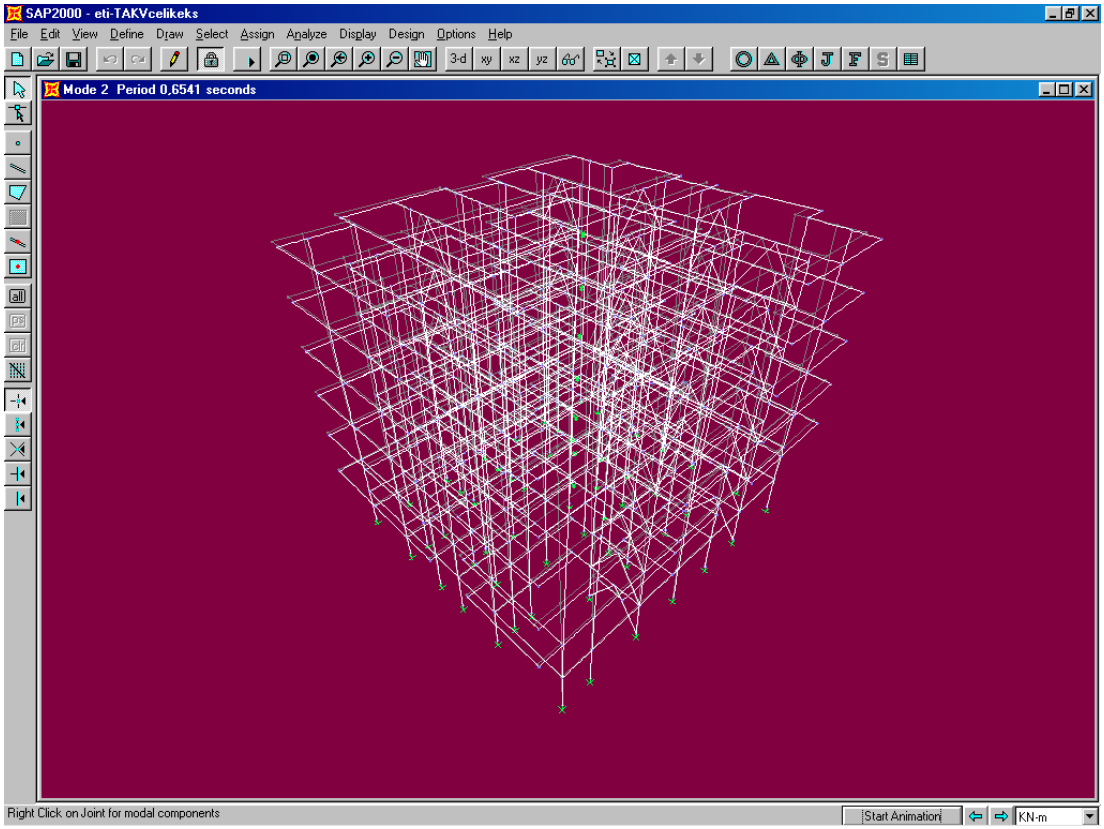
Şekil C.1. Mevcut Yapı 1.Mod Şekli



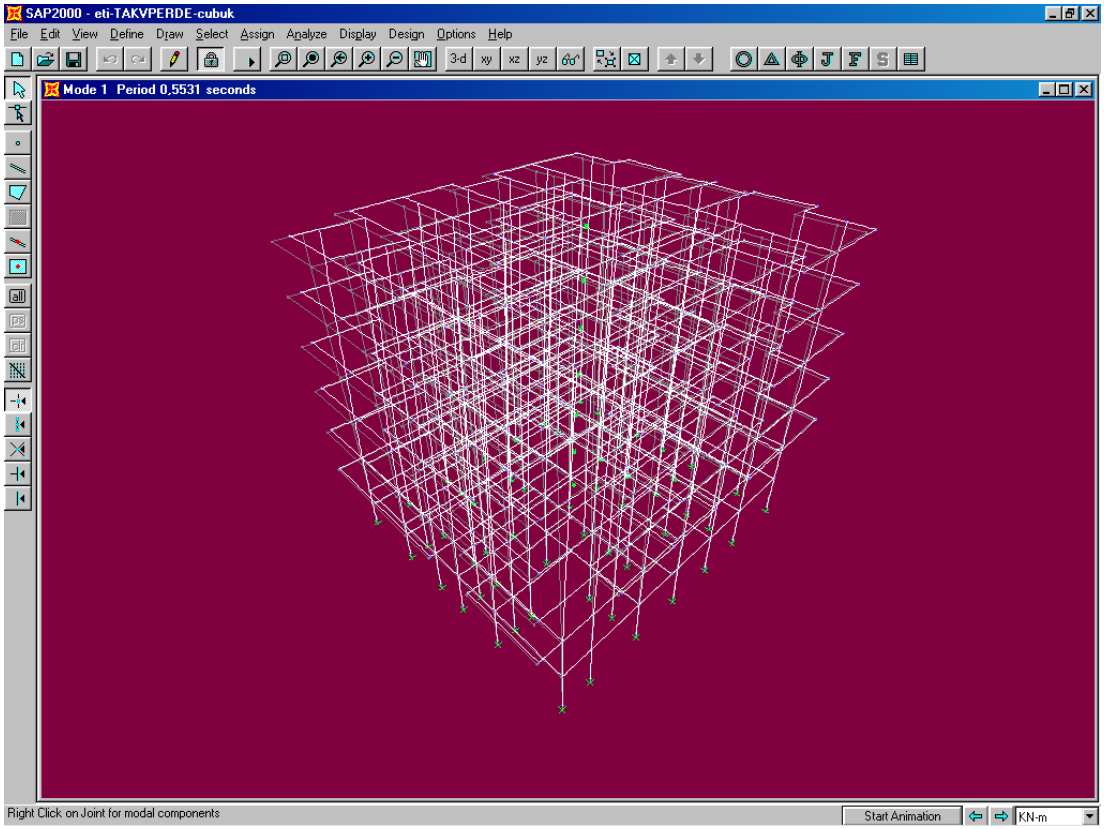
Şekil C.2. Mevcut Yapı 2. Mod Şekli



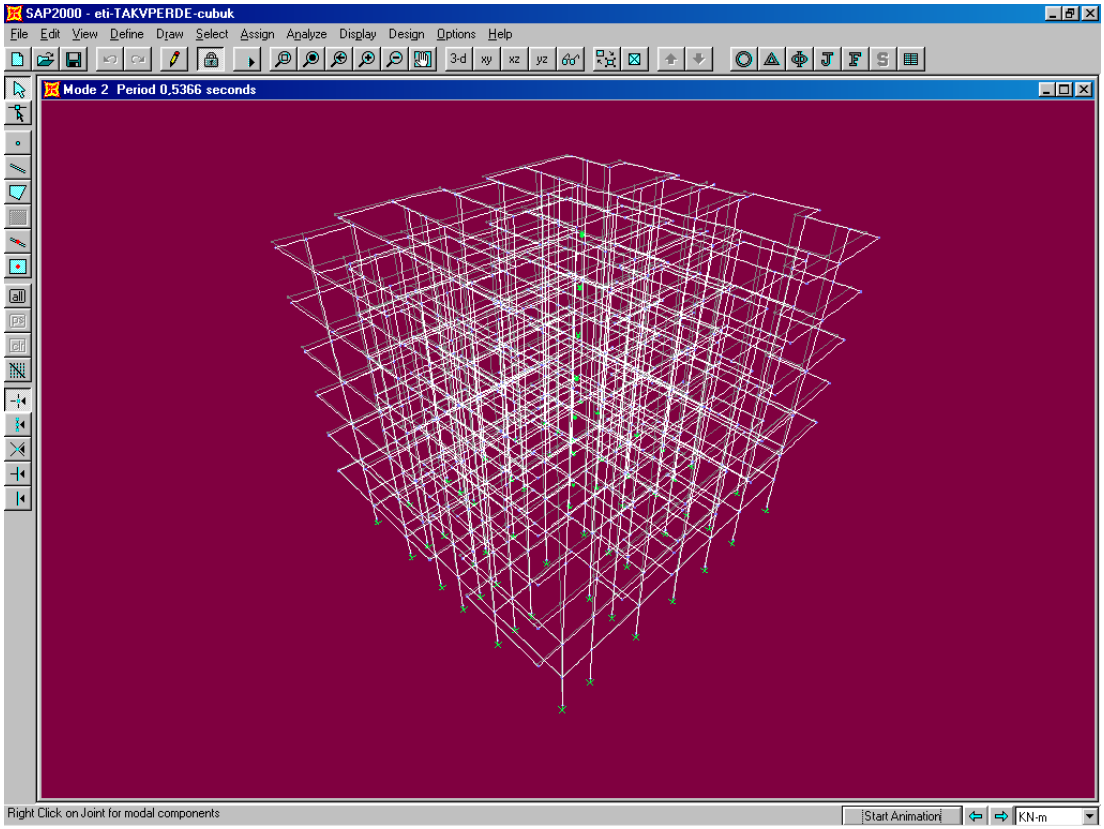
Şekil C.3. Çelik Takviyeli Yapı 1. Mod Şekli



Şekil C.4. Çelik Takviyeli Yapı 2. Mod Şekli



Şekil C.5. Betonarme Takviyel Yapı 1. Mod Şekli



Şekil C.6. Betonarme Takviyeli Yapı 2. Mod Şekli

EK D. Çelik Takviyeli Yapı Kolon Kesit Tesirleri

Tablo D.1. Çelik Takviyeli Yapı 1.BK Kolon Kesit Tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 1.BK KOLON KESİT TESİRLERİ							
KOLON NO	YÖN	KESİT TESİRLERİ					
		G+Q+E			G+Q-E		
		N	M	V	N	M	V
S201	X-X	396	34	20	743	30	12
S202	Y-Y	596	43	23	519	22	16
S203	Y-Y	1511	232	150	a211	218	141
S204	Y-Y	1328	96	59	a324	94	60
S205	Y-Y	726	40	18	423	20	11
S206	Y-Y	1957	432	267	a412	413	256
S207	Y-Y	968	56	23	282	57	32
S208	X-X	a433	266	160	1700	201	113
S209	X-X	1423	205	124	a427	159	92
S210	Y-Y	121	201	31	913	186	121
S211	Y-Y	22	108	69	792	103	67
S212	X-X	641	85	42	819	57	15
S213	X-X	a362	145	94	1177	136	87
S214	Y-Y	165	61	43	760	41	28
S215	X-X	298	25	21	695	15	7
S216	Y-Y	257	22	16	217	21	15
S217	Y-Y	411	17	11	349	27	18
S218	Y-Y	a78	55	18	418	34	24
S219	X-X	414	72	43	685	58	14
S220	X-X	817	57	32	326	49	27
S221	X-X	a322	87	47	1532	100	55
S222	X-X	2027	83	31	a256	102	60
S223	X-X	286	49	30	646	49	27
S224	Y-Y	460	69	47	556	59	40
S225	Y-Y	367	131	92	817	115	80
S226	X-X	a424	132	84	1274	126	81
S227	X-X	1293	106	66	a448	105	67
S228	Y-Y	468	91	60	451	86	56
S229	X-X	818	56	28	380	25	12
S230	X-X	a239	232	137	1782	221	125
S231	X-X	1155	109	66	a397	108	63
S232	Y-Y	375	43	30	445	41	7
S233	X-X	a467	99	54	1650	107	58
S234	X-X	2257	95	37	a545	112	65
S235	Y-Y	1096	126	83	174	154	104
S236	X-X	542	67	42	635	60	38
S237	X-X	676	109	57	711	75	36
S238	Y-Y	1175	105	70	a205	106	73
S239	X-X	405	65	38	979	54	23
S240	X-X	583	45	21	158	54	37
S241	Y-Y	68	145	77	790	58	41
S242	Y-Y	510	14	3	756	21	9
S243	Y-Y	472	12	9	702	44	27
S244	Y-Y	a352	158	72	1936	143	65
S245	Y-Y	766	53	36	226	62	42
S246	Y-Y	288	48	20	932	58	32
P247	Y-Y	962	366	176	944	371	183

Tablo D.1. Çelik Takviyeli Yapı ZK Kolon Kesit Tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI ZK KOLON KESİT TESİRLERİ							
KOLON NO	YÖN	KESİT TESİRLERİ					
		G+Q+E			G+Q-E		
		N	M	V	N	M	V
S301	X-X	350	60	39	623	15	9
S302	Y-Y	468	24	16	443	31	20
S303	Y-Y	1041	189	122	a38	185	120
S304	Y-Y	988	87	54	a213	98	62
S305	Y-Y	576	22	12	365	35	22
S306	Y-Y	1354	256	162	a176	257	163
S307	Y-Y	807	42	23	252	81	51
S308	X-X	a172	193	118	1370	132	87
S309	X-X	915	103	63	a114	79	53
S310	Y-Y	239	124	82	577	118	77
S311	Y-Y	85	65	42	567	65	43
S312	X-X	530	97	57	680	64	35
S313	X-X	a108	82	52	760	78	50
S314	Y-Y	106	68	30	618	51	31
S315	X-X	249	54	36	558	20	12
S316	Y-Y	211	26	18	207	23	16
S317	Y-Y	348	21	14	302	29	20
S318	Y-Y	a41	51	17	674	52	9
S319	X-X	351	76	50	542	61	41
S320	X-X	654	60	39	286	49	14
S321	X-X	a151	64	40	1110	59	38
S322	X-X	1645	60	32	a108	120	77
S323	X-X	259	51	35	523	30	18
S324	Y-Y	379	63	42	443	55	36
S325	Y-Y	318	154	104	644	135	92
S326	X-X	a165	110	71	845	100	65
S327	X-X	894	102	65	a212	97	62
S328	Y-Y	389	83	56	372	81	55
S329	X-X	641	40	21	335	37	22
S330	X-X	a46	171	101	1488	149	98
S331	X-X	752	50	30	a110	48	32
S332	Y-Y	293	24	16	407	50	33
S333	X-X	a213	68	43	1153	60	38
S334	X-X	1794	65	37	a322	121	76
S335	Y-Y	779	104	72	260	128	91
S336	X-X	432	64	43	515	53	38
S337	X-X	559	112	65	591	76	42
S338	Y-Y	805	80	53	a9	87	59
S339	X-X	347	78	47	802	26	12
S340	X-X	502	53	36	134	58	39
S341	Y-Y	227	105	72	710	62	40
S342	Y-Y	421	16	9	653	18	3
S343	Y-Y	408	19	12	588	35	20
S344	Y-Y	a95	117	74	1502	94	43
S345	Y-Y	634	58	35	152	64	39
S346	Y-Y	259	57	39	792	65	36
P347	Y-Y	762	354	205	817	370	210

Tablo D.1. Çelik Takviyeli Yapı 1.NK Kolon Kesit Tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 1.NK KOLON KESİT TESİRLERİ							
KOLON NO	YÖN	KESİT TESİRLERİ					
		G+Q+E			G+Q-E		
		N	M	V	N	M	V
S401	X-X	296	44	29	488	10	6
S402	Y-Y	362	20	13	345	25	16
S403	Y-Y	640	174	119	121	179	120
S404	Y-Y	663	43	28	a97	55	36
S405	Y-Y	451	11	7	281	22	15
S406	Y-Y	839	196	129	50	212	141
S407	Y-Y	622	24	12	237	70	46
S408	X-X	18	114	70	805	108	64
S409	X-X	550	39	24	a45	42	26
S410	Y-Y	318	64	43	294	62	42
S411	Y-Y	112	30	20	370	32	21
S412	X-X	417	80	18	532	52	31
S413	X-X	73	75	50	425	75	51
S414	Y-Y	85	44	34	433	41	31
S415	X-X	198	34	23	431	8	6
S416	Y-Y	159	27	18	176	23	16
S417	Y-Y	268	22	15	238	34	23
S418	Y-Y	a7	34	24	500	36	25
S419	X-X	292	63	41	402	50	35
S420	X-X	481	46	31	241	38	26
S421	X-X	36	40	27	690	35	23
S422	X-X	1073	40	22	60	108	70
S423	X-X	217	35	24	402	15	10
S424	Y-Y	293	42	29	330	37	25
S425	Y-Y	273	131	85	480	103	74
S426	X-X	35	64	43	472	58	38
S427	X-X	489	58	39	a5	55	36
S428	Y-Y	303	57	39	288	58	40
S429	X-X	511	20	13	271	24	16
S430	X-X	86	109	67	892	132	79
S431	X-X	514	37	23	a32	50	31
S432	Y-Y	203	52	33	378	46	29
S433	X-X	a21	43	29	732	37	24
S434	X-X	1213	56	30	a95	108	69
S435	Y-Y	515	65	45	320	88	60
S436	X-X	327	46	32	398	42	29
S437	X-X	441	103	62	470	72	40
S438	Y-Y	482	92	63	146	104	71
S439	X-X	302	71	49	638	20	10
S440	X-X	403	53	34	91	53	33
S441	Y-Y	286	34	21	925	46	28
S442	Y-Y	313	39	22	523	24	11
S443	Y-Y	336	18	12	453	14	9
S444	Y-Y	55	120	78	1032	41	21
S445	Y-Y	332	37	25	267	40	25
S446	Y-Y	224	58	41	603	33	21
P447	Y-Y	582	294	177	680	325	194

Tablo D.1. Çelik Takviyeli Yapı 2.NK Kolon Kesit Tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 2.NK KOLON KESİT TESİRLERİ							
KOLON NO	YÖN	KESİT TESİRLERİ					
		G+Q+E			G+Q-E		
		N	M	V	N	M	V
S501	X-X	229	36	23	354	7	5
S502	Y-Y	262	11	8	247	16	11
S503	Y-Y	391	51	28	257	64	43
S504	Y-Y	382	24	16	10	30	20
S505	Y-Y	329	16	11	204	29	20
S506	Y-Y	498	94	45	253	131	83
S507	Y-Y	437	14	8	204	64	42
S508	X-X	110	58	38	455	52	32
S509	X-X	304	31	20	56	33	21
S510	Y-Y	443	95	61	108	83	54
S511	Y-Y	131	30	20	211	32	21
S512	X-X	305	84	51	388	59	35
S513	X-X	303	23	16	153	44	29
S514	Y-Y	86	38	30	288	34	29
S515	X-X	149	43	29	307	12	8
S516	Y-Y	109	28	20	135	23	16
S517	Y-Y	156	18	12	207	16	11
S518	Y-Y	20	44	30	332	46	31
S519	X-X	224	47	32	273	41	28
S520	X-X	328	40	26	193	34	23
S521	X-X	154	51	34	380	44	30
S522	X-X	651	27	17	175	84	57
S523	X-X	171	44	30	284	20	14
S524	Y-Y	286	24	17	153	31	21
S525	Y-Y	213	93	62	320	76	51
S526	X-X	285	52	33	260	35	24
S527	X-X	285	29	18	231	28	17
S528	Y-Y	219	75	51	209	75	51
S529	X-X	369	16	11	201	18	12
S530	X-X	140	68	44	488	72	47
S531	X-X	257	17	11	76	20	13
S532	Y-Y	162	24	16	261	20	13
S533	X-X	161	57	39	363	47	32
S534	X-X	698	35	23	102	86	58
S535	Y-Y	306	78	53	317	11	69
S536	X-X	233	64	43	291	58	39
S537	X-X	323	112	69	347	81	48
S538	Y-Y	220	54	36	230	56	38
S539	X-X	253	68	46	451	16	9
S540	X-X	266	27	18	86	30	21
S541	Y-Y	303	100	66	590	40	26
S542	Y-Y	238	41	27	374	31	21
S543	Y-Y	246	29	19	329	19	13
S544	Y-Y	172	107	72	627	35	24
S545	Y-Y	321	44	32	119	48	32
S546	Y-Y	188	58	38	423	25	17
P547	Y-Y	419	316	209	518	331	221

Tablo D.1. Çelik Takviyeli Yapı 3.NK Kolon Kesit Tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 3.NK KOLON KESİT TESİRLERİ							
KOLON NO	YÖN	KESİT TESİRLERİ					
		G+Q+E			G+Q-E		
		N	M	V	N	M	V
S601	X-X	153	22	15	223	5	3
S602	Y-Y	164	10	7	154	17	11
S603	Y-Y	209	12	7	202	42	28
S604	Y-Y	143	7	5	74	11	7
S605	Y-Y	204	8	5	130	14	11
S606	Y-Y	254	8	2	234	72	43
S607	Y-Y	260	2	1	157	36	24
S608	X-X	158	35	24	222	26	18
S609	X-X	134	14	10	122	13	9
S610	Y-Y	303	46	31	34	40	26
S611	Y-Y	126	9	6	63	11	7
S612	X-X	191	104	67	241	80	50
S613	X-X	249	51	35	37	44	31
S614	Y-Y	76	37	25	160	39	26
S615	X-X	97	25	16	185	6	4
S616	Y-Y	63	27	18	91	20	14
S617	Y-Y	114	13	9	108	20	13
S618	Y-Y	21	22	15	182	21	14
S619	X-X	144	40	27	155	36	24
S620	X-X	191	23	16	132	21	14
S621	X-X	167	27	18	166	28	19
S622	X-X	340	28	17	188	68	44
S623	X-X	118	23	16	170	11	7
S624	Y-Y	131	25	16	131	20	13
S625	Y-Y	148	67	46	175	52	35
S626	X-X	218	44	31	121	29	21
S627	X-X	128	13	8	184	11	7
S628	Y-Y	136	38	24	129	37	25
S629	X-X	228	15	10	130	18	11
S630	X-X	200	39	26	228	37	25
S631	X-X	110	17	11	181	19	7
S632	Y-Y	110	24	16	155	20	14
S633	X-X	209	31	21	119	30	20
S634	X-X	329	33	21	174	70	45
S635	Y-Y	132	35	23	261	45	30
S636	X-X	142	37	24	182	33	21
S637	X-X	202	127	81	218	101	62
S638	Y-Y	61	54	37	226	54	37
S639	X-X	185	58	37	279	7	4
S640	X-X	148	25	17	7	29	20
S641	Y-Y	262	66	41	309	22	13
S642	Y-Y	158	22	14	229	15	10
S643	Y-Y	157	18	11	205	11	7
S644	Y-Y	204	79	50	311	23	13
S645	Y-Y	187	42	28	95	41	27
S646	Y-Y	141	33	21	254	11	7
P647	Y-Y	249	364	196	340	368	198

Tablo D.1. Çelik Takviyeli Yapı 4.NK Kolon Kesit Tesirleri

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 4.NK KOLON KESİT TESİRLERİ							
KOLON NO	YÖN	KESİT TESİRLERİ					
		G+Q+E			G+Q-E		
		N	M	V	N	M	V
S701	X-X	71	19	13	96	3	2
S702	Y-Y	68	7	5	63	14	9
S703	Y-Y	70	3	2	100	17	11
S704	Y-Y	30	3	2	62	3	2
S705	Y-Y	85	7	3	52	15	9
S706	Y-Y	88	11	6	126	23	15
S707	Y-Y	110	12	8	83	29	20
S708	X-X	76	5	4	83	6	4
S709	X-X	28	7	5	74	3	2
S710	Y-Y	144	31	22	a17	29	20
S711	Y-Y	77	5	4	5	5	3
S712	X-X	75	100	50	83	70	30
S713	X-X	137	33	22	a19	28	18
S714	Y-Y	39	56	34	58	50	13
S715	X-X	38	20	13	50	2	1
S716	Y-Y	21	22	15	38	14	10
S717	Y-Y	41	11	7	41	16	11
S718	Y-Y	11	22	15	67	15	10
S719	X-X	53	22	15	47	23	8
S720	X-X	71	21	13	58	16	12
S721	X-X	104	16	11	30	21	13
S722	X-X	107	9	4	118	27	17
S723	X-X	51	20	13	64	7	4
S724	Y-Y	51	21	14	46	15	11
S725	Y-Y	68	38	25	53	27	18
S726	X-X	117	26	17	21	17	11
S727	X-X	21	10	5	93	6	4
S728	Y-Y	52	31	21	47	31	21
S729	X-X	91	7	11	53	6	4
S730	X-X	112	4	2	55	1	1
S731	X-X	13	3	2	110	11	7
S732	Y-Y	48	20	13	56	14	9
S733	X-X	108	32	21	30	32	21
S734	X-X	98	11	6	113	26	17
S735	Y-Y	30	25	16	138	32	22
S736	X-X	54	36	24	74	29	20
S737	X-X	83	123	61	84	78	32
S738	Y-Y	a18	38	26	134	35	24
S739	X-X	96	27	17	120	6	4
S740	X-X	51	35	22	34	40	25
S741	Y-Y	140	21	14	112	3	1
S742	Y-Y	67	17	11	92	13	8
S743	Y-Y	64	15	10	85	10	5
S744	Y-Y	123	27	17	99	2	1
S745	Y-Y	74	45	17	49	51	31
S746	Y-Y	72	25	17	106	2	1
P747	Y-Y	83	258	96	146	266	104

EK E. Çelik Takviyeli Yapı Kolonlarının Durum Tespiti

Tablo E.1. Çelik Takviyeli Yapı 1.BK Kolonlarının Durum Tespiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 1.BK KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet		DURUMU	DURUMU
S201	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S202	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S203	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	TİP1	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S204	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP10	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S205	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S206	35	70	25,4	10ϕ18	ϕ8/20	2425	179,4	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S207	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S208	60	35	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	2079	153,8	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S209	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S210	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP1	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S211	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP10	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S212	80	25	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S213	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S214	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S215	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S216	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S217	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S218	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S219	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S220	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S221	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S222	60	35	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	2079	153,8	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S223	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S224	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S225	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S226	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	TİP11	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S227	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP11	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S228	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S229	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S230	60	35	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	2079	153,8	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S231	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S232	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S233	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP9	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S234	60	35	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	2079	153,8	TİP9	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S235	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	TİP3	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S236	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S237	80	25	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S238	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	TİP4	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S239	60	35	20,11	10ϕ16	ϕ8/20	2079	153,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S240	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S241	35	70	25,4	10ϕ18	ϕ8/20	2425	179,4	8ϕ18	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S242	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S243	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S244	35	70	25,4	10ϕ18	ϕ8/20	2425	179,4	TİP4	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S245	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S246	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
P247	20	150	18,47	12ϕ14	ϕ8/20	2970	281,8	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo E.2. Çelik Takviyeli Yapı ZK Kolonlarının Durum Tespiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI ZK KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI DURUMU	ETRİYE MİKTARI DURUMU
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet			
S301	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S302	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S303	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	10ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S304	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	10ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S305	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S306	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S307	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S308	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	TİP5	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S309	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	10ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S310	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S311	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S312	80	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S313	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	TİP2	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S314	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S315	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S316	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S317	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S318	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S319	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S320	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S321	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S322	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	TİP8	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S323	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S324	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S325	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S326	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S327	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S328	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S329	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S330	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S331	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S332	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S333	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	10ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S334	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	10ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S335	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	10ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S336	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S337	80	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S338	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	TİP7	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S339	60	30	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S340	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S341	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S342	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S343	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S344	30	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1782	139,4	10ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S345	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S346	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
P347	20	150	18,47	12ϕ14	ϕ8/20	2970	281,8	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo E.3. Çelik Takviyeli Yapı 1.NK Kolonlarının Durum Tespiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 1.NK KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet		DURUMU	DURUMU
S401	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S402	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S403	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S404	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	10ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S405	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S406	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	10ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S407	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S408	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S409	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S410	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S411	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S412	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S413	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S414	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S415	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S416	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S417	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S418	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S419	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S420	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S421	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S422	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S423	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S424	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S425	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S426	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S427	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S428	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S429	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S430	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S431	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S432	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S433	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S434	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	8ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S435	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S436	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S437	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S438	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S439	60	25	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S440	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S441	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S442	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S443	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S444	25	60	16,08	8ϕ16	ϕ8/20	1485	125,8	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S445	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	6ϕ16	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S446	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
P447	20	150	18,47	12ϕ14	ϕ8/20	2970	281,8	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo E.4. Çelik Takviyeli Yapı 2.NK Kolonlarının Durum Tespiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 2.NK KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet		DURUMU	DURUMU
S501	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S502	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S503	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S504	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S505	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S506	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S507	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S508	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S509	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S510	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S511	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S512	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S513	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S514	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S515	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S516	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S517	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S518	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S519	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S520	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S521	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S522	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S523	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S524	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S525	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S526	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S527	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S528	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S529	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S530	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S531	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S532	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S533	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S534	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S535	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S536	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S537	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S538	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S539	50	25	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S540	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S541	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S542	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S543	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S544	25	50	12,32	8ϕ14	ϕ8/20	1237	104,2	6ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S545	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S546	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
P547	20	150	18,47	12ϕ14	ϕ8/20	2970	281,8	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo E.5. Çelik Takviyeli Yapı 3.NK Kolonlarının Durum Tespiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 3.NK KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	adet		DURUMU	DURUMU
S601	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S602	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S603	25	35	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	866	72,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S604	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S605	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S606	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S607	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S608	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S609	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S610	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S611	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S612	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S613	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S614	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S615	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S616	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S617	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S618	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S619	35	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	866	72,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S620	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S621	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S622	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S623	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S624	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S625	25	35	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	866	72,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S626	35	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	866	72,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S627	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S628	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S629	35	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	866	72,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S630	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S631	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S632	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S633	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S634	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S635	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S636	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S637	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S638	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S639	40	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S640	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S641	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S642	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S643	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S644	25	40	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	990	83,5	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S645	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S646	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
P647	20	150	18,47	12ϕ14	ϕ8/20	2970	281,8	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

Tablo E.6. Çelik Takviyeli Yapı 4.NK Kolonlarının Durum Tespiti

ÇELİK TAKVİYELİ YAPI 4.NK KOLONLARININ DURUM TESBİTİ											
KOLON NO	BOYUTLAR		DONATI ALANI As	MEVCUT DONATI	MEVCUT ETRİYE	Nmaks	Vmaks	GEREKLİ DONATI	GEREKLİ ETRİYE	BOYUNA DONATI	ETRİYE MİKTARI
	X (cm)	Y (cm)	(cm²)	(adet)		(kN)	(kN)	Adet		DURUMU	DURUMU
S701	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S702	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S703	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S704	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S705	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S706	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S707	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S708	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S709	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S710	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S711	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S712	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S713	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S714	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S715	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S716	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S717	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S718	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S719	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S720	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S721	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S722	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S723	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S724	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S725	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S726	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S727	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S728	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S729	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S730	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S731	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S732	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S733	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S734	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S735	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S736	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S737	80	25	9,24	6ϕ14	ϕ8/20	1980	168,1	8ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S738	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S739	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S740	30	25	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S741	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S742	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S743	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S744	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S745	30	40	12,06	6ϕ16	ϕ8/20	1188	92,3	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
S746	25	30	6,16	4ϕ14	ϕ8/20	742	61,9	4ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli
P747	20	150	18,47	12ϕ14	ϕ8/20	2970	281,8	12ϕ14	ϕ8/20	yeterli	yeterli

EK F. Çelik Takviyeli Yapı Kirişleri Durumu

Tablo F.1. Çelik Takviyeli Yapı 1.BK Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K201	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	38	31	65	17	6,13	4,46	yeterli	yeterli
K202	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	20	45	33	15	4,76	6,14	yeterli	yeterli
K203	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	10	37	36	7	5,22	5,37	yeterli	yeterli
K204	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	30	39	7	5,67	4,45	yeterli	yeterli
K205	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	17	50	30	15	4,31	5,80	yeterli	yeterli
K206	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	9	50	60	21	6,15	5,80		
K207	20/50	15,24	6,66	15,24	ϕ6/20	TİP5							
K208	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	17	48	24	6	3,46	5,56	yeterli	yeterli
K209	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	4	46	45	1	5,18	5,5	yeterli	yeterli
K210	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	5	28	54	31	5,80	4,01	yeterli	yeterli
K211	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	57	50	61	32	5,80	5,82	yeterli	yeterli
K212	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	17	7	64	4	6,15	1,0	yeterli	yeterli
K213	15/50	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	15	9	21	3	3,4	1,25	yeterli	yeterli
K214	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP8							
K215	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	5	60	16	3	2,26	6,92	yeterli	yeterli
K216	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	60	82	86	68	7,93	8,20	yeterli	yeterli
K217	15/60	10,75	3,39	2,71	ϕ8/20	57	51	82	26	7,6	5,55	yeterli	yeterli
K218	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	1	10	38	2	4,61	1,41	yeterli	yeterli
K219	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	58	107	80	49	7,20	11,20	yeterli	yeterli
K220	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	TİP11							
K221	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP9							
K222	15/60	15,27	3,39	4,97	ϕ8/20	TİP7							
K223	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	106	179	150	174	14,76	20,5	takviye	takviye
K224	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	5	6	47	3	5,5	0,7	yeterli	yeterli
K225	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	27	37	57	34	6,7	4,61	yeterli	yeterli
K226	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	28	40	81	39	8,20	4,61	yeterli	yeterli
K227	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	65	56	73	41	6,33	6,6	yeterli	yeterli
K228	20/50	10,75	1,13	5,4	ϕ8/20	59	52	96	40	11,72	6,14	yeterli	yeterli
K229	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	42	84	68	36	7,93	8,20	yeterli	yeterli
K230	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	32	22	74	32	6,15	3,13	yeterli	yeterli
K231	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	11	46	53	13	6,15	5,80	yeterli	yeterli
K232	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	34	75	49	36	6,0	8,84	yeterli	yeterli
K233	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	24	77	80	31	9,5	9,1	yeterli	yeterli
K234	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	11	46	12	24	1,7	5,31	yeterli	yeterli
K235	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	9	92	53	18	5,55	9,15	yeterli	yeterli
K236	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	33	2	14	47	4,61	5,44	yeterli	yeterli
K237	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	40	12	5	21	4,61	3,01	yeterli	yeterli
K238	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	21	11	14	25	3,01	3,61	yeterli	yeterli
K239	15/50	14,77	3,39	3,84	ϕ8/20	28	1	7	46	4,07	5,44	yeterli	yeterli
K240	15/50	5,6	8,04	14,77	ϕ8/20	59	4	13	54	7,0	6,34	yeterli	yeterli

Tablo F.2. Çelik Takviyeli Yapı 1.BK Kirişleri Durumu Devamı

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K241	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	78	19	18	5	9,65	2,72	yeterli	yeterli
K242	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	57	23	9	18	5,80	3,31	yeterli	yeterli
K243	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	25	45	5	61	3,61	6,14	yeterli	yeterli
K244	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	172	30	39	50	19,9	5,82	takviye	yeterli
K245	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	6	2	1	44	0,84	5,1	yeterli	yeterli
K246	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	38	3	8	2	4,61	0,42	yeterli	yeterli
K247	15/70	4,97	3,39	12,87	ϕ10/15	TİP1							
K248	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	178	151	125	187	15,38	16,0	takviye	takviye
K249	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	192	123	24	161	16,46	14,1	takviye	yeterli
K250	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	149	97	79	150	13,01	11,2	takviye	yeterli
K251	15/70	17,95	3,39	4,97	ϕ10/15	TİP3							
K252	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	TİP10							
K253	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	78	85	77	90	7,16	8,33	yeterli	takviye
K254	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	66	4	11	12	6,83	1,70	yeterli	yeterli
K255	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	61	43	33	37	6,14	4,6	yeterli	yeterli
K256	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	48	42	49	52	5,57	6,1	yeterli	yeterli
K257	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	12	1	3	26	1,7	3,76	yeterli	yeterli
K258	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	85	18	13	78	10,72	9,65	yeterli	yeterli
K259	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	62	19	16	55	6,14	5,8	yeterli	yeterli
K260	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	63	12	3	65	6,14	6,82	yeterli	yeterli
K261	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	14	8	3	66	2,0	6,82	yeterli	yeterli
K262	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	TİP2							
K263	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	112	42	86	95	13,4	11,5	takviye	takviye
K264	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	58	80	3	70	6,14	7,15	yeterli	yeterli
K265	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	74	4	78	57	7,15	5,80	yeterli	yeterli
K266	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	98	109	42	111	12,85	13,2	takviye	takviye
K267	15/50	21,55	3,39	3,84	ϕ10/20	TİP4							
K268	20/50	4,97	3,39	13,69	ϕ8/15	98	42	64	60	7,15	5,80	yeterli	yeterli
K269	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	77	23	25	74	7,90	8,71	yeterli	yeterli
K270	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	76	40	41	55	7,90	6,3	yeterli	yeterli
K271	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	59	41	38	77	6,8	9,11	yeterli	yeterli
K272	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	78	36	26	72	7,90	8,7	yeterli	yeterli
K273	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	66	65	42	96	5,80	11,72	yeterli	takviye

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo F.3. Çelik Takviyeli Yapı ZK Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K301	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	37	42	79	34	6,90	6,14	yeterli	yeterli
K382	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	1	21	3	12	0,6	3,0	yeterli	yeterli
K383	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	15	4	18	3	2,5	0,6	yeterli	yeterli
K384	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	1	14	15	3	2,29	2,0	yeterli	yeterli
K385	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	2	24	3	22	0,6	3,43	yeterli	yeterli
K386	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	21	12	28	1	4,2	2,0	yeterli	yeterli
K307	20/50	15,24	6,66	15,24	ϕ6/20	TİP5							
K308	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	5	54	20	4	3,4	6,34	yeterli	yeterli
K309	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	4	44	44	1	5,18	5,06	yeterli	yeterli
K310	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	9	33	55	35	6,33	4,61	yeterli	yeterli
K311	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	67	55	68	36	6,90	6,15	yeterli	yeterli
K312	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	13	7	34	4	4,61	1,12	yeterli	yeterli
K313	15/50	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	15	9	21	3	3,0	1,12	yeterli	yeterli
K314	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP8							
K315	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	7	62	17	18	2,4	7,17	yeterli	yeterli
K316	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	59	86	86	67	10,32	10,32	yeterli	yeterli
K317	15/60	10,75	3,39	2,71	ϕ8/20	41	45	86	19	8,5	5,46	yeterli	yeterli
K318	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	5	23	1	44	0,7	3,31	yeterli	yeterli
K319	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	65	123	78	62	9,5	15,0	yeterli	yeterli
K320	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	TİP11							
K321	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP9							
K322	15/60	15,27	3,39	4,97	ϕ8/20	TİP7							
K323	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	38	13	83	9	10,2	1,84	yeterli	yeterli
K324	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	11	7	48	3	5,55	0,6	yeterli	yeterli
K325	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	28	35	56	32	6,5	4,61	yeterli	yeterli
K326	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	30	45	80	41	7,54	5,19	yeterli	yeterli
K327	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	74	60	84	47	7,54	6,14	yeterli	yeterli
K328	20/50	10,75	1,13	5,4	ϕ8/20	56	47	100	40	12,3	6,14	yeterli	yeterli
K329	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	53	70	64	33	7,42	6,14	yeterli	yeterli
K330	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	18	18	56	30	6,42	4,35	yeterli	yeterli
K331	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	10	38	51	16	6,14	5,56	yeterli	yeterli
K332	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	30	65	36	18	5,22	7,58	yeterli	yeterli
K333	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	11	61	69	28	8,1	6,14	yeterli	yeterli
K334	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	14	54	14	31	2,0	5,8	yeterli	yeterli
K335	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	5	95	46	18	5,31	11,6	yeterli	yeterli
K395	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	10	18	1	22	1,41	3,16	yeterli	yeterli
K396	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	20	6	18	8	2,86	1,12	yeterli	yeterli
K397	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	8	2	4	4	1,4	0,6	yeterli	yeterli
K398	15/50	14,77	3,39	3,84	ϕ8/20	8	12	1	21	1,4	3,15	yeterli	yeterli
K399	15/50	5,6	8,04	14,77	ϕ8/20	17	5	15	15	2,4	2,25	yeterli	yeterli

Tablo F.4. Çelik Takviyeli Yapı Zk Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K341	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	82	13	14	2	10,1	1,84	yeterli	yeterli
K342	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	68	26	14	27	6,15	3,91	yeterli	yeterli
K343	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	28	36	20	51	4,1	5,95	yeterli	yeterli
K344	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	66	31	38	54	6,14	5,80	yeterli	yeterli
K345	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	18	7	1	56	2,56	5,80	yeterli	yeterli
K346	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	46	2	5	2	5,31	0,4	yeterli	yeterli
K347	15/70	4,97	3,39	12,87	ϕ10/15	TİP1							
K348	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	207	179	156	217	17,6	18,4	takviye	takviye
K349	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	207	49	120	5	17,6	5,13	takviye	yeterli
K350	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	152	151	85	151	13,3	13,2	takviye	takviye
K351	15/70	17,95	3,39	4,97	ϕ10/15	TİP3							
K352	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	TİP10							
K353	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	82	78	83	75	10,1	9,22	takviye	takviye
K354	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	74	5	11	14	9,1	2,0	takviye	yeterli
K355	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	60	45	31	35	5,80	5,2	yeterli	yeterli
K356	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	58	47	57	54	6,15	5,80	yeterli	yeterli
K357	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	11	1	3	31	1,6	4,52	yeterli	yeterli
K358	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	89	14	6	77	10,8	7,15	yeterli	yeterli
K359	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	61	18	18	59	7,15	7,0	yeterli	yeterli
K360	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	69	19	1	71	8,37	8,65	yeterli	yeterli
K361	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	15	9	4	74	2,13	9,08	yeterli	yeterli
K362	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	TİP2							
K363	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	153	58	111	110	17,8	13,1	takviye	takviye
K364	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	48	71	6	65	5,6	8,6	yeterli	yeterli
K365	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	67	5	72	51	8,1	5,95	yeterli	yeterli
K366	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	112	130	53	132	13,3	15,5	takviye	takviye
K367	15/50	21,55	3,39	3,84	ϕ10/20	TİP4							
K368	20/50	4,97	3,39	13,69	ϕ8/15	112	76	62	80	13,7	9,5	takviye	yeterli
K381	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	16	14	1	20	2,26	2,84	yeterli	yeterli
K3106	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	26	1	6	13	3,72	1,83	yeterli	yeterli
K3107	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	13	2	2	22	1,83	3,13	yeterli	yeterli
K3108	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	14	4	9	12	1,90	1,80	yeterli	yeterli
K373	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	83	68	83	120	7,54	15,3	yeterli	takviye

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo F.5. Çelik Takviyeli Yapı 1.NK Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K401	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	21	31	77	27	6,92	4,46	yeterli	yeterli
K482	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	22	3	14	0,42	3,13	yeterli	yeterli
K483	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	17	4	19	3	2,84	0,56	yeterli	yeterli
K484	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	1	11	14	3	1,97	1,55	yeterli	yeterli
K485	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	1	26	3	25	0,42	3,72	yeterli	yeterli
K486	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	24	10	30	2	4,32	1,4		
K407	20/50	15,24	6,66	15,24	ϕ6/20	TİP5							
K408	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	8	56	15	3	2,13	6,6	yeterli	yeterli
K409	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	2	45	44	2	5,1	5,19	yeterli	yeterli
K410	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	10	34	57	39	6,73	4,61	yeterli	yeterli
K411	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	70	54	70	36	6,80	5,80	yeterli	yeterli
K412	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	10	7	63	4	6,15	1,1	yeterli	yeterli
K413	15/50	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	14	9	21	3	3,01	1,1	yeterli	yeterli
K414	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP8							
K415	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	7	59	18	17	2,55	7,0	yeterli	yeterli
K416	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	44	70	74	58	8,7	8,5	yeterli	yeterli
K417	15/60	10,75	3,39	2,71	ϕ8/20	33	39	82	15	8,03	4,7	yeterli	yeterli
K418	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	9	10	45	2	5,19	1,41	yeterli	yeterli
K419	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	65	134	78	63	9,15	15,7	yeterli	yeterli
K420	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	TİP11							
K421	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP9							
K422	15/60	15,27	3,39	4,97	ϕ8/20	TİP7							
K423	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	32	15	111	10	13,24	2,19	takviye	yeterli
K424	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	2	7	55	4	5,5	0,8	yeterli	yeterli
K425	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	33	16	58	30	6,87	4,4	yeterli	yeterli
K426	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	36	51	77	44	6,90	5,8	yeterli	yeterli
K427	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	79	62	92	51	11,18	7,5	takviye	takviye
K428	20/50	10,75	1,13	5,4	ϕ8/20	54	64	47	58	6,17	7,5	yeterli	yeterli
K429	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	4	34	6	22	0,84	4,61	yeterli	yeterli
K430	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	24	6	28	2	4,0	0,9	yeterli	yeterli
K431	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	7	18	21	7	3,0	2,57	yeterli	yeterli
K432	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	1	26	4	19	0,56	3,76	yeterli	yeterli
K433	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	20	15	27	5	3,87	2,1	yeterli	yeterli
K434	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	15	61	17	38	2,42	5,80	yeterli	yeterli
K435	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	1	93	39	10	4,61	11,3	yeterli	yeterli
K495	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	8	18	1	24	1,12	3,46	yeterli	yeterli
K496	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	20	5	20	7	2,86	1,1	yeterli	yeterli
K497	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	7	2	3	4	1,0	0,5	yeterli	yeterli
K498	15/50	14,77	3,39	3,84	ϕ8/20	7	15	1	22	1,0	3,16	yeterli	yeterli
K499	15/50	5,6	8,04	14,77	ϕ8/20	20	6	17	15	2,86	2,13	yeterli	yeterli

Tablo F.6. Çelik Takviyeli Yapı 1.NK Kirişleri Durumu Devamı

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K441	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	71	15	7	2	6,15	2,23	yeterli	yeterli
K442	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	70	28	12	32	6,15	4,61	yeterli	yeterli
K443	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	29	33	16	41	4,22	4,72	yeterli	yeterli
K444	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	57	27	38	52	5,80	5,80	yeterli	yeterli
K445	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	8	7	1	54	1,12	5,80	yeterli	yeterli
K446	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	43	1	1	1	4,94	0,14	yeterli	yeterli
K447	15/70	4,97	3,39	12,87	ϕ10/15	TİP1							
K448	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	212	187	171	233	19,7	21,4	takviye	takviye
K449	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	205	85	161	121	19,9	14,7	takviye	takviye
K450	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	133	100	65	151	6,36	13,3	yeterli	takviye
K451	15/70	17,95	3,39	4,97	ϕ10/15	TİP3							
K452	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	TİP10							
K453	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	81	69	82	77	10,15	9,5	takviye	takviye
K454	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	73	5	14	15	8,70	2,13	yeterli	yeterli
K455	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	61	60	31	49	5,80	5,80	yeterli	yeterli
K456	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	6	5	4	5	0,84	0,7	yeterli	yeterli
K457	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	58	33	40	107	5,80	12,8	yeterli	yeterli
K458	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	94	12	7	77	11,4	9,6	yeterli	yeterli
K459	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	58	14	17	59	6,86	7,7	yeterli	yeterli
K460	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	68	24	2	74	8,32	9,08	yeterli	yeterli
K461	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	15	7	5	79	2,23	9,7	yeterli	yeterli
K462	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	TİP2							
K463	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	166	67	123	111	19,2	13,24	takviye	takviye
K464	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	40	65	7	62	4,61	7,91	yeterli	yeterli
K465	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	64	6	68	47	7,7	5,44	yeterli	yeterli
K466	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	111	130	57	137	13,24	16,0	yeterli	yeterli
K467	15/50	21,55	3,39	3,84	ϕ10/20	TİP4							
K468	20/50	4,97	3,39	13,69	ϕ8/15	103	68	53	78	12,7	9,24	yeterli	yeterli
K481	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	16	9	2	15	2,3	2,12	yeterli	yeterli
K4106	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	21	1	3	13	3,03	1,83	yeterli	yeterli
K4107	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	14	2	1	20	2,02	2,84	yeterli	yeterli
K4108	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	14	5	8	13	2,02	1,83	yeterli	yeterli
K473	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	82	53	76	117	6,90	14,3	yeterli	takviye

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo F.7. Çelik Takviyeli Yapı 2.NK Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K501	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	3	25	74	24	6,92	3,57	yeterli	yeterli
K582	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	21	3	11	0,42	3,0	yeterli	yeterli
K583	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	15	5	16	4	2,26	0,7	yeterli	yeterli
K584	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	1	12	16	3	2,26	1,7	yeterli	yeterli
K585	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	2	26	3	25	0,42	3,7	yeterli	yeterli
K586	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	23	11	31	3	4,46	1,54		
K507	20/50	15,24	6,66	15,24	ϕ6/20	TİP5							
K508	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	8	56	16	1	2,27	6,42	yeterli	yeterli
K509	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	1	44	41	5	4,7	6,15	yeterli	yeterli
K510	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	10	38	59	40	7,0	5,52	yeterli	yeterli
K511	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	71	52	77	38	9,5	6,15	yeterli	takviye
K512	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	10	8	63	4	7,4	1,12	yeterli	yeterli
K513	15/50	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	15	8	23	3	3,31	1,1	yeterli	yeterli
K514	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP8							
K515	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	7	54	19	15	2,72	6,17	yeterli	yeterli
K516	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	26	51	60	43	7,13	5,80	yeterli	yeterli
K517	15/60	10,75	3,39	2,71	ϕ8/20	22	32	77	10	9,5	4,61	yeterli	yeterli
K518	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	12	11	47	2	5,43	1,54	yeterli	yeterli
K519	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	58	117	74	61	9,1	14,3	yeterli	yeterli
K520	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	TİP11							
K521	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP9							
K522	15/60	15,27	3,39	4,97	ϕ8/20	TİP7							
K523	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	36	15	117	11	13,8	2,2	yeterli	yeterli
K524	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	1	7	52	4	6,17	0,98	yeterli	yeterli
K525	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	30	12	55	28	6,47	1,69	yeterli	yeterli
K526	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	33	54	73	46	8,93	6,34	yeterli	yeterli
K527	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	82	58	100	51	12,0	5,80	yeterli	yeterli
K528	20/50	10,75	1,13	5,4	ϕ8/20	35	43	98	38	12,0	5,14	yeterli	yeterli
K529	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	4	34	5	22	0,70	4,82	yeterli	yeterli
K530	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	25	5	27	2	3,87	0,70	yeterli	yeterli
K531	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	5	16	20	6	2,84	2,26	yeterli	yeterli
K532	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	1	26	4	19	0,60	3,72	yeterli	yeterli
K533	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	21	14	27	4	3,87	1,97	yeterli	yeterli
K534	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	16	65	17	40	2,10	7,55	yeterli	yeterli
K535	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	7	88	34	6	4,92	10,6	yeterli	yeterli
K595	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	8	19	1	25	1,12	3,57	yeterli	yeterli
K596	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	21	4	22	5	3,01	0,7	yeterli	yeterli
K597	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	6	2	2	4	0,83	0,5	yeterli	yeterli
K598	15/50	14,77	3,39	3,84	ϕ8/20	7	16	1	23	0,9	3,28	yeterli	yeterli
K599	15/50	5,6	8,04	14,77	ϕ8/20	20	6	17	15	3,0	2,12	yeterli	yeterli

Tablo F.8. Çelik Takviyeli Yapı 2.NK Kirişleri Durumu Devamı

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K541	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	64	38	1	68	7,67	8,22	yeterli	yeterli
K542	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	72	28	15	32	6,15	4,61	yeterli	yeterli
K543	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	28	27	12	32	4,21	4,61	yeterli	yeterli
K544	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	48	23	32	46	5,6	5,31	yeterli	yeterli
K545	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	7	10	2	49	1,0	5,70	yeterli	yeterli
K546	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	37	1	8	1	4,61	0,14	yeterli	yeterli
K547	15/70	4,97	3,39	12,87	ϕ10/15	TİP1							
K548	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	173	165	149	223	15,0	20,6	takviye	takviye
K549	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	202	55	140	83	19,0	6,8	takviye	yeterli
K550	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	104	83	47	141	8,61	12,2	yeterli	yeterli
K551	15/70	17,95	3,39	4,97	ϕ10/15	TİP3							
K552	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	TİP10							
K553	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	74	55	73	61	6,92	7,26	takviye	takviye
K554	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	72	5	13	16	6,92	7,27	yeterli	yeterli
K555	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	51	42	24	33	5,94	4,61	yeterli	yeterli
K556	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	5	5	4	5	0,6	0,70	yeterli	yeterli
K557	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	51	18	32	37	5,94	4,61	yeterli	yeterli
K558	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	95	11	9	73	11,5	8,93	yeterli	yeterli
K559	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	51	7	8	52	5,94	6,1	yeterli	yeterli
K560	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	63	23	1	75	7,5	9,22	yeterli	yeterli
K561	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	16	6	4	76	2,28	9,30	yeterli	yeterli
K562	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	TİP2							
K563	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	134	53	105	101	15,7	13,3	takviye	takviye
K564	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	42	56	9	52	4,86	6,1	yeterli	yeterli
K565	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	54	10	57	45	6,34	5,2	yeterli	yeterli
K566	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	104	118	49	124	12,5	15,9	takviye	takviye
K567	15/50	21,55	3,39	3,84	ϕ10/20	TİP4							
K568	20/50	4,97	3,39	13,69	ϕ8/15	91	59	26	72	8,85	6,92	yeterli	yeterli
K581	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	17	9	3	15	2,41	2,17	yeterli	yeterli
K5106	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	22	1	2	14	3,13	2,1	yeterli	yeterli
K5107	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	14	1	1	21	1,97	3,0	yeterli	yeterli
K5108	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	14	6	8	14	1,97	2,1	yeterli	yeterli
K573	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	78	30	68	100	6,92	13,0	yeterli	takviye

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo F.9. Çelik Takviyeli Yapı 3.NK Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K601	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	11	20	68	20	6,14	2,84	yeterli	yeterli
K682	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	20	3	11	0,42	2,84	yeterli	yeterli
K683	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	15	5	15	4	2,12	0,8	yeterli	yeterli
K684	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	10	15	3	2,12	1,4	yeterli	yeterli
K685	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	1	26	3	25	0,42	3,72	yeterli	yeterli
K686	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	24	9	31	3	4,46	1,26		
K607	20/50	15,24	6,66	15,24	ϕ6/20	TİP5							
K608	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	7	53	16	2	2,27	6,2	yeterli	yeterli
K609	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	3	40	37	9	4,65	4,1	yeterli	yeterli
K610	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	6	77	53	22	6,30	9,5	yeterli	yeterli
K611	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	65	48	72	35	8,8	5,56	yeterli	yeterli
K612	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	10	7	57	3	6,73	1,10	yeterli	yeterli
K613	15/50	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	15	8	23	3	3,31	1,12	yeterli	yeterli
K614	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP8							
K615	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	5	48	18	10	2,57	6,14	yeterli	yeterli
K616	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	8	31	44	26	5,06	4,46	yeterli	yeterli
K617	15/60	10,75	3,39	2,71	ϕ8/20	1	21	64	1	7,67	2,86	yeterli	yeterli
K618	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	14	11	47	3	5,43	1,55	yeterli	yeterli
K619	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	48	106	64	47	5,06	13,2	yeterli	yeterli
K620	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	TİP11							
K621	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP9							
K622	15/60	15,27	3,39	4,97	ϕ8/20	TİP7							
K623	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	34	15	118	11	14,0	2,13	takviye	yeterli
K624	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	4	7	59	4	7,0	0,98	yeterli	yeterli
K625	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	24	5	45	21	5,28	0,70	yeterli	yeterli
K626	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	21	49	57	38	6,7	5,70	yeterli	yeterli
K627	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	74	54	94	49	12,1	5,15	takviye	yeterli
K628	20/50	10,75	1,13	5,4	ϕ8/20	1	34	83	28	9,9	5,0	yeterli	yeterli
K629	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	4	32	6	21	0,84	5,0	yeterli	yeterli
K630	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	24	5	25	2	3,57	0,70	yeterli	yeterli
K631	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	5	15	18	5	2,55	2,12	yeterli	yeterli
K632	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	1	27	4	20	0,6	3,75	yeterli	yeterli
K633	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	23	12	27	4	1,8	1,69	yeterli	yeterli
K634	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	15	65	16	39	2,28	7,81	yeterli	yeterli
K635	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	17	78	24	6	3,46	9,7	yeterli	yeterli
K695	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	7	21	1	27	1,0	3,0	yeterli	yeterli
K696	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	21	3	23	4	3,01	0,56	yeterli	yeterli
K697	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	5	2	1	4	0,84	0,56	yeterli	yeterli
K698	15/50	14,77	3,39	3,84	ϕ8/20	6	17	1	21	0,90	3,01	yeterli	yeterli
K699	15/50	5,6	8,04	14,77	ϕ8/20	20	6	18	13	2,86	1,84	yeterli	yeterli

Tablo F.10. Çelik Takviyeli Yapı 2.NK Kirişleri Durumu Devamı

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K641	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	58	44	5	62	6,86	7,4	yeterli	yeterli
K642	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	66	24	20	31	5,82	4,52	yeterli	yeterli
K643	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	25	12	4	16	3,61	2,28	yeterli	yeterli
K644	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	34	16	22	41	4,61	4,70	yeterli	yeterli
K645	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	7	13	3	47	1,0	5,44	yeterli	yeterli
K646	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	34	1	11	1	4,61	0,14	yeterli	yeterli
K647	15/70	4,97	3,39	12,87	ϕ10/15	TİP1							
K648	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	137	126	118	191	11,8	17,7	yeterli	yeterli
K649	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	168	23	95	48	15,0	4,92	takviye	yeterli
K650	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	83	63	32	122	6,8	10,33	yeterli	yeterli
K651	15/70	17,95	3,39	4,97	ϕ10/15	TİP3							
K652	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	TİP10							
K653	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	56	27	51	32	5,15	4,61	yeterli	yeterli
K654	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	61	2	1	14	7,26	2,0	takviye	yeterli
K655	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	41	35	16	27	4,70	3,91	yeterli	yeterli
K656	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	6	6	4	5	0,84	0,7	yeterli	yeterli
K657	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	37	4	21	79	4,61	9,8	yeterli	yeterli
K658	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	92	15	16	66	11,8	7,95	yeterli	yeterli
K659	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	44	1	1	44	5,1	5,1	yeterli	yeterli
K660	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	55	15	4	70	6,5	8,5	yeterli	yeterli
K661	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	15	5	2	65	2,13	7,8	yeterli	yeterli
K662	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	TİP2							
K663	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	127	43	93	88	15,0	11,2	takviye	takviye
K664	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	30	34	18	31	4,5	4,52	yeterli	yeterli
K665	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	32	18	35	34	4,5	4,61	yeterli	yeterli
K666	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	90	103	38	115	11,7	15,0	takviye	takviye
K667	15/50	21,55	3,39	3,84	ϕ10/20	TİP4							
K668	20/50	4,97	3,39	13,69	ϕ8/15	68	30	7	52	7,93	6,15	yeterli	yeterli
K681	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	17	8	2	14	2,4	1,85	yeterli	yeterli
K6106	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	20	2	3	13	2,84	1,83	yeterli	yeterli
K6107	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	13	2	2	18	1,83	2,80	yeterli	yeterli
K6108	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	13	5	8	14	1,83	1,85	yeterli	yeterli
K673	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	58	1	41	75	5,20	6,92	yeterli	yeterli

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

Tablo F.11. Çelik Takviyeli Yapı 4.NK Kirişleri Durumu

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K701	20/50	3,5	3,4	3,84	ϕ8/20	17	8	48	8	5,6	1,12	yeterli	yeterli
K782	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	15	2	8	0,3	2,12	yeterli	yeterli
K783	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	12	4	11	3	1,55	0,56	yeterli	yeterli
K784	20/50	3,84	3,4	3,84	ϕ8/20	2	7	11	2	1,55	0,98	yeterli	yeterli
K785	20/50	3,84	3,4	3,93	ϕ8/20	1	21	2	20	0,3	3,0	yeterli	yeterli
K786	20/50	3,93	6,03	3,6	ϕ8/20	20	8	24	1	3,42	1,20		
K707	20/50	15,24	6,66	15,24	ϕ6/20	TİP5							
K708	15/50	5,6	8,04	5,6	ϕ6/20	7	34	14	2	1,98	4,90	yeterli	yeterli
K709	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	7	24	17	15	2,41	3,42	yeterli	yeterli
K710	15/50	4,97	3,4	3,84	ϕ6/20	1	24	35	28	5,1	3,42	yeterli	yeterli
K711	15/50	3,84	3,4	2,71	ϕ6/20	45	25	48	19	5,14	3,50	yeterli	yeterli
K712	15/50	7,61	8,04	5,6	ϕ8/15	4	5	30	3	4,31	0,70	yeterli	yeterli
K713	15/50	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	10	5	16	2	2,226	0,70	yeterli	yeterli
K714	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP8							
K715	20/50	3,59	6,03	8,74	ϕ8/20	4	26	11	11	1,55	3,72	yeterli	yeterli
K716	20/50	8,74	3,39	2,71	ϕ8/20	6	10	12	8	1,6	1,40	yeterli	yeterli
K717	15/60	10,75	3,39	2,71	ϕ8/20	6	1	39	13	5,83	1,83	yeterli	yeterli
K718	15/50	3,59	6,03	3,59	ϕ6/20	17	7	35	3	5,1	0,98	yeterli	yeterli
K719	20/50	3,84	4,52	7,91	ϕ8/20	23	75	31	30	4,46	8,8	yeterli	yeterli
K720	20/50	7,91	4,52	3,84	ϕ8/20	TİP11							
K721	15/60	3,59	6,03	16,15	ϕ8/20	TİP9							
K722	15/60	15,27	3,39	4,97	ϕ8/20	TİP7							
K723	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	37	11	106	8	13,2	1,55	takviye	yeterli
K724	15/60	3,85	4,52	3,84	ϕ6/20	6	5	25	2	3,67	0,70	yeterli	yeterli
K725	15/50	3,84	4,52	4,97	ϕ6/20	10	1	21	12	3,1	1,69	yeterli	yeterli
K726	15/50	4,97	3,39	3,84	ϕ6/20	12	35	34	25	4,9	5,1	yeterli	yeterli
K727	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ6/20	49	28	65	27	6,14	4,0	yeterli	yeterli
K728	20/50	10,75	1,13	5,4	ϕ8/20	34	11	59	9	6,8	1,55	yeterli	yeterli
K729	20/50	5,6	6,03	3,59	ϕ6/20	5	31	4	22	0,56	4,46	yeterli	yeterli
K730	20/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	25	4	25	2	3,57	0,56	yeterli	yeterli
K731	20/50	2,71	3,39	3,84	ϕ6/20	2	10	12	3	1,69	1,40	yeterli	yeterli
K732	20/50	3,84	3,39	6,73	ϕ6/20	1	21	3	15	0,42	3,0	yeterli	yeterli
K733	20/50	6,73	6,03	3,59	ϕ6/20	18	10	20	2	2,84	1,4	yeterli	yeterli
K734	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/20	15	54	14	34	1,98	6,2	yeterli	yeterli
K735	15/60	3,59	6,03	9,62	ϕ10/15	28	48	1	9	4,0	6,14	yeterli	yeterli
K795	15/50	4,97	4,52	3,84	ϕ8/20	4	17	1	22	0,56	3,13	yeterli	yeterli
K796	15/50	3,84	3,39	4,97	ϕ8/20	18	1	20	1	2,55	0,14	yeterli	yeterli
K797	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ8/20	2	1	1	2	0,28	0,28	yeterli	yeterli
K798	15/50	14,77	3,39	3,84	ϕ8/20	3	15	1	16	0,30	2,26	yeterli	yeterli
K799	15/50	5,6	8,04	14,77	ϕ8/20	16	6	14	11	2,26	1,55	yeterli	yeterli

Tablo F.12. Çelik Takviyeli Yapı 4.NK Kirişleri Durumu Devamı

KİRİŞ NO	BOYUT	MEVCUT DONATI				KESİT TESİRLERİ				GEREKLİ DONATI		MEVCUT DONATI MİKTARI	
		SOL M.	AÇ.	SAĞ M.	ETR	G+Q+E		G+Q-E		SOL M.	SAĞ M.		
	(cm)	(cm²)	(cm²)	(cm²)	(ϕ/cm)	M.SOL	M.SAĞ	M.SOL	M.SAĞ	(cm²)	(cm²)	SOL M.	SAĞ M.
K741	15/50	8,74	6,03	9,62	ϕ10/20	35	38	7	40	4,61	4,61	yeterli	yeterli
K742	15/50	3,84	3,39	3,87	ϕ10/20	48	14	21	19	5,6	2,71	yeterli	yeterli
K743	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	9	5	4	1	1,27	0,14	yeterli	yeterli
K744	15/50	2,71	3,39	3,84	ϕ10/20	17	6	15	20	2,42	2,36	yeterli	yeterli
K745	15/50	4,97	3,39	2,71	ϕ6/20	5	7	2	29	0,70	4,22	yeterli	yeterli
K746	15/50	2,71	3,39	4,97	ϕ6/20	18	1	11	1	2,6	0,14	yeterli	yeterli
K747	15/70	4,97	3,39	12,87	ϕ10/15	TİP1							
K748	15/70	6,1	4,52	4,97	ϕ10/15	103	91	94	145	8,55	12,6	yeterli	takviye
K749	15/70	6,1	4,52	6,1	ϕ10/15	111	12	46	1	9,3	1,2	yeterli	yeterli
K750	15/70	4,97	4,52	6,1	ϕ10/15	51	54	29	100	5,24	8,27	yeterli	yeterli
K751	15/70	17,95	3,39	4,97	ϕ10/15	TİP3							
K752	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	TİP10							
K753	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	41	9	37	12	4,7	1,70	yeterli	yeterli
K754	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	41	2	1	11	4,7	1,70	yeterli	yeterli
K755	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	17	15	4	10	2,42	2,13	yeterli	yeterli
K756	15/50	2,71	3,39	2,71	ϕ6/15	4	5	3	4	0,56	0,70	yeterli	yeterli
K757	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ10/20	16	8	7	48	2,28	5,56	yeterli	yeterli
K758	15/50	9,87	8,04	5,6	ϕ8/20	55	13	11	40	6,47	4,61	yeterli	yeterli
K759	15/50	7,86	5,15	9,87	ϕ8/20	25	7	9	26	3,61	3,76	yeterli	yeterli
K760	15/50	3,59	6,03	7,86	ϕ8/20	32	7	7	40	4,61	4,61	yeterli	yeterli
K761	15/50	2,71	3,39	10,75	ϕ6/20	9	5	1	43	1,27	4,94	yeterli	yeterli
K762	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	TİP2							
K763	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	104	27	76	62	12,5	7,4	takviye	yeterli
K764	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	8	19	29	11	4,27	2,7	yeterli	yeterli
K765	15/50	3,84	3,39	2,71	ϕ10/20	13	29	20	13	2,92	4,21	yeterli	yeterli
K766	15/50	3,84	3,39	3,84	ϕ10/20	62	81	20	92	7,45	11,80	yeterli	takviye
K767	15/50	21,55	3,39	3,84	ϕ10/20	TİP4							
K768	20/50	4,97	3,39	13,69	ϕ8/15	50	3	27	21	5,82	3,0	yeterli	yeterli
K781	20/50	6,1	4,52	4,97	ϕ8/15	13	8	3	13	1,84	1,84	yeterli	yeterli
K7106	20/50	3,84	3,39	6,1	ϕ8/15	14	2	5	9	1,85	1,27	yeterli	yeterli
K7107	20/50	6,73	3,39	3,84	ϕ8/15	9	5	2	14	1,27	2,0	yeterli	yeterli
K7108	20/50	6,73	4,27	6,73	ϕ8/15	11	5	7	10	1,55	1,41	yeterli	yeterli
K773	20/50	4,72	3,39	4,73	ϕ6/20	25	17	12	49	3,61	5,71	yeterli	yeterli

Bazı kirişlerin mevcut donatılar yetersiz seviyede kalmıştır ama 27.12.1999 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Öğretim Üyeleri'nce kabul edilen 'Güçlendirme Projelerinde Genel İlkeler' isimli taslakta belirtilen koşullar uyarınca bu kirişlerde de her hangi bir güçlendirme yapılması öngörülmemiştir [1].

As (gerekli) < (1.00 ~ 1.25) * As (mevcut) (kiriş – donatı biliniyorsa)

As (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) * Ac (mevcut) (kiriş – donatı bilinmiyorsa)

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Ordu'da doğan Yavuz Emre KÜÇÜK ilk, orta ve lise eğitimini Ordu'da tamamlamıştır. Ordu Anadolu Lisesi'nden 1994 yılında mezun olduktan bir sene sonra İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'ne girmiştir. Lisans eğitimini 1999 yılında tamamlamıştır. Ayni yıl İTÜ'de yüksek lisans öğrenimine başlamış ve 2001 yılında derslerini tamamlamıştır. Halen özel bir şirkette proje mühendisi olarak çalışmaktadır.