



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARİHİ YIĞMA BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİK ANALİZİ: TARİHİ KONYA-GAZİ LİSESİ (DARÜ'L MUALLİM) ÖRNEĞİ

SEYİT UĞUZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalını

Aralık-2016
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ YIĞMA BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİK ANALİZİ: TARİHİ KONYA-GAZİ LİSESİ (DARÜ'L MUALLİM) ÖRNEĞİ

SEYİT UĞUZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

2016, 120 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Mahmud Sami Döndüren
Doç. Dr. Mehmet Kamanlı
Yrd. Doç. Dr. Süleyman Kamil Akın

Kültürümüzün önemli bir parçası olan tarihi yapıların deprem gibi doğal afetlere karşı korunması ve gelecek nesillere aktarılması son derece önemlidir. Bu tür yapıların korunabilmesi için tarihi yapıların yapısal davranışlarının iyi bilinmesi gereklidir. Tarihi yapıların deprem etkisine karşı ne kadar güvenli olup olmadığının belirlenebilmesi için yapının deprem performansının belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde tarihi yapıların karmaşık geometriye sahip sistemlerinin modellenmesinde ve yapısal analizinde yaygın olarak kullanılan yöntem sonlu elemanlar metodudur. Bu çalışmada, Tarihi Konya Gazi Lisesi'nin mevcut durumuna göre deprem güvenliği DBYBHY-2007'ye göre tasarım ve yapım kuralları incelenerek ETABS programında yapısal analizi yapılmıştır. Tarihi Gazi Lisesi'nin sonlu elemanlar analiz sonuçlarının yorumlanabilmesi için deplasman, moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvetleri gösteren grafiklerden faydalanılmıştır. 97 yıldır öğrencilere hizmet veren bu yapıda herhangi bir deprem etkisiyle meydana gelebilecek gerilmeler, hasarlar hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışmanın elimizde bulunan tarihi değerleri kaybetmeme ve gelecek nesillere ulaştırılması açısından çözüm önerileri sunacak bir çalışma olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Tarihi Yapılar,

ABSTRACT

MS THESIS

EARTQUAKE SAFETY ANALYSIS OF A HISTORICAL MASONRY BUILDING: HISTORICAL GAZI HIGH SCHOOL CASE

Seyit UGUZ

THE GRADUATE SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING

Seyit UĞUZ

2016, 120 Pages

Jury
Assoc. Prof. Mahmud Sami Döndüren
Assoc. Prof. Mehmet Kamanlı
Assist. Prof. Süleyman Kamil Akın

The protection of historical buildings, which are the important part of our culture, and passed on to future generations, is extremely significant. The structural behaviour of historical buildings is required to be known well in order to protect such structures. It is necessary to determine the structure seismic performance to know whether how much the historical building has strength against the effects of the earthquake. Nowadays, the method widely used for the modelling and structural analysing of historical buildings is the finite element method.

In this study, earthquake safety of Historical Gazi High School was examined according to Turkish Seismic Code-Specifications for structures to be built in disaster areas- and structural analysis of Gazi High School was conducted by ETABS program. It has benefited from the graphs, which shows displacements, moments, shear forces and axial forces, to evaluate the results of Gazi High School structural analysis. It has been given information about stresses and damages that may occur due to an earthquake. It is aimed that this study will offer recommendations about protecting the historical buildings and keeping them to future generations.

Keywords: Earthquake, Finite Element Method, Historical Building

ÖNSÖZ

Öncelikle, yüksek lisans tezimin danışmanlığını yürüten ve olumlu eleştirileriyle bana yol gösteren değerli hocam, Sayın Doç. Dr. M. Sami DÖNDÜREN'e,

Bu araştırma sürecinde son derece önemli katkıda bulunan ve tez çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle bana ışık tutan değerli hocalarım Doç. Dr. Mehmet KAMANLI, Yrd. Doç. Dr. Alpaslan YARAR ve Yrd. Doç. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ hocalarıma,

Çalışma boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak tezime katkıda bulunan Cem YILMAZ'a,

Çalışma boyunca her an desteğini gördüğüm değerli dostlarım Arş. Gör. Gamze ÇANKAYA, Arş. Gör. Sercan DOĞAN ve Arş. Gör. Sercan YAĞMUR'a,

Eleştiri ve fikirlerini paylaştığım her zaman yanımda olan tüm arkadaşlarıma ve dostlarıma,

Tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca benden desteklerini hiç esirgemeyen her zaman yanımda olan Annem Birsen UĞUZ'a, Babam Mehmet UĞUZ'a, Ablam Şerife Uğuz ARSU'ya ve kardeşim Şeyma Nur UĞUZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Seyit UĞUZ
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**

TABLOLAR DİZİNİ ..... **xii**

SİMGELER ..... **xiii**

KISALTMALAR ..... **xiv**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **5**

3. YIĞMA YAPILAR VE DEPREM ALTINDAKİ DAVRANIŞLARI **12**

3.1. Yığma yapının tanımı 12
3.2. Yığma yapı malzemeleri 13
3.2.1. Tuğla 13
3.2.2. Kerpiç 16
3.2.3. Doğal yapı taşları 16
3.2.4. Beton briket 17
3.2.5. Bağlayıcı Harç 18
3.3. Yığma yapı elemanları 19
3.3.1. Temeller 19
3.3.2. Duvarlar 20
3.3.3. Sütun ve Ayaklar 21
3.3.4. Kemerler 21
3.3.5. Tonozlar 23
3.4. Yığma yapıların sınıflandırılması 23
3.4.1. Donatılı yığma yapılar 23
3.4.2. Donatısız yığma yapılar 23
3.4.3. Sarılmış yığma yapılar 24
3.5. Türkiye'de yığma yapılar 24
3.6. Deprem yönetmeliğinde yığma yapılar ve tasarım kuralları 26
3.6.1. Lentolar 29
3.6.2. Yatay Hatıllar 29
3.6.3. Düşey Hatıllar 29
3.6.4. Döşemeler 30
3.7. Yığma yapıların analizi 30

3.7.1. Yığma yapıların sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi ve analizi ... 31
3.8. Yığma yapılarda oluşan hasarlar ve güçlendirme yöntemleri ... 32
3.8.1. Yığma yapılarda oluşan hasarlar ... 33
3.8.1.1. Zemin oturmalarına bağlı hasarlar ... 33
3.8.1.2. Depreme bağlı hasarlar ... 34
3.8.2. Yığma yapılarda hasarların sınıflandırılması ... 36

4. ÖRNEK ÇALIŞMA: TARİHİ KONYA-GAZİ LİSESİ ... 46

4.1. Yapının tanıtılması ... 46
4.1.1. Tarihçe ... 46
4.1.2. Mimari özellikleri ... 48
4.1.3. Taşıyıcı sistem ve malzeme özellikleri, ... 50
4.1.4. Yapının mevcut durumu ... 51
4.2. Gazi Lisesi'nin mevcut durumunun Deprem Yönetmeliği'ne göre incelenmesi 52
4.2.1. Kat sayısı ve yükseklikleri ... 53
4.2.2. Duvarların planda düzenlenmesi ... 53
4.2.3. Duvar kalınlıkları ... 55
4.2.4. Duvar uzunluk ve açıklıkları ... 55
4.2.5. Taşıyıcı duvar boşlukları ... 58
4.3. Kullanılan analiz programı ... 62
4.4. Yapının ETABS 2015 programında modellenmesi ve analizi ... 62
4.4.1. Yapısal Modelleme ... 62
4.4.2. Deprem kuvvetlerinin hesabı ... 65
4.4.3. Düşey yükler ... 66
4.4.4. Yük kombinasyonları ... 67
4.4.5. Malzeme ve yapısal kesit tanımlamaları ... 75

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA ... 78

5.1. Sonuçlar ... 78
5.1.1. Modal analiz sonuçlar ... 78
5.1.2. Eksenel gerilme sonuçları ... 81
5.1.3. Kayma gerilmesi sonuçları ... 89
5.1.4. Yer değiştirme sonuçları ... 96
5.2. Tartışma ... 99

6. KAYNAKLAR ... 101

7. ÖZGEÇMİŞ ... 104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Konya Gazi Lisesi (Darü'l Muallimin) 2
Şekil 3.1. Romalılar tarafından yapılmış tuğlalar (Yıldırım, 2007)..... 14
Şekil 3.2. Günümüz kil tuğlaları (Yıldırım, 2007) 14
Şekil 3.3. Taş duvar örgü biçimleri (Drysdale ve ark., 1994)..... 17
Şekil 3.4. Günümüzde kullanılan boşluklu bloklar (Yıldırım, 2007) 18
Şekil 3.5. Antik Klaros tapınak alanındaki Apollon Klaros Tapınağı temeli (Türker, 2010) 19
Şekil 3.6. Tekil temel (Mahrebel, 2006)..... 20
Şekil 3.7. Romalılar zamanında yapılmış yığma duvarlar (Yıldırım, 2007) 21
Şekil 3.8. Tek parça sütunlar (Sesigür ve ark., 2007)..... 21
Şekil 3.9. M.Ö. 600'de Yunanistan'ın Tiryns şehrinde yapılmıs duvar içinde dirsek kemer (Yıldırım, 2007)..... 22
Şekil 3.10. M.S. 550'de Irak'da çamur tuğladan yapılmış Ctesiphon Sarayı (Yıldırım, 2007)..... 22
Şekil 3.11. Tonoz yapılar (Yıldırım, 2007) 23
Şekil 3.12. Yığma yapı sayısının toplam yapı sayısına oranı (Türer ve ark., 2005)..... 25
Şekil 3.13. Yığma binalarda yaşayan toplam nüfus haritası (Türer ve ark., 2005) 25
Şekil 3.14. Yığma duvarlarda mesnetlenme şekli..... 29
Şekil 3.15. Çubuk elemanlarla oluşturulan çerçeve ve kemer modeller..... 31
Şekil 3.16. Yığma yapılarda temel oturmalarından kaynaklanan hasarlar (Öncü, 2011)34
Şekil 3.17. Gevşek zeminli bir yapıda duvarda göçme (Batur, 2006) 34
Şekil 3.18. Tuğla yığma duvarlarda çatlaklar (Öztaş, 2009) 35
Şekil 3.19. Yığma yapılarda meydana gelen duvar hasarları (Önal, 2012) 36
Şekil 3.20. Az hasarlı duvar örneklerinde görülen çatlaklar (Onar, 2011)..... 37
Şekil 3.21. Orta hasarlı duvarlarda oluşan çatlaklar (Öztaş, 2009) 38
Şekil 3.22. Ağır hasarlı duvar (Onar, 2011) 38
Şekil 3.23. Çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarılması (Aköz, 2008)..... 40
Şekil 3.24. Geniş çatlakların bağ plakası ile onarılması (Üstündağ, 2000) 41
Şekil 3.25. Çatlak bir duvarın dikilerek onarılması (Aköz, 2008)..... 41
Şekil 3.26. Temellerin güçlendirilmesine ilişkin detaylar (Kara, 2009)..... 42
Şekil 3.27. Küçük Ayasofya Camii'nde mini kazıklarla temel takviyesi (Aköz, 2008) . 43
Şekil 3.28. Çimento enjekte edilerek taş duvarın güçlendirilmesi (Üstündağ, 2000) 44
Şekil 3.29. İki taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması (Kara, 2009) 45
Şekil 3.30. Pencere boşlukları arasındaki duvarların gergi demirleri ile güçlendirilmesi (Onar, 2011)..... 45
Şekil 4.1. Gazi Lisesi'ne ait vaziyet planı (Çiftçi, 2011)..... 46
Şekil 4.2. Gazi Lisesi ön cephe görüntüsü (Anonim, 2016b) 47
Şekil 4.3. Gazi lisesi arka cephe görünümü..... 47
Şekil 4.4. Gazi lisesi ön cephe görünümü..... 48
Şekil 4.5. Gazi lisesi bodrum kat planı 49
Şekil 4.6. Gazi lisesi zemin kat planı..... 49
Şekil 4.7. Gazi Lisesi birinci kat planı..... 50
Şekil 4.8. Gazi Lisesi ikinci kat planı 50
Şekil 4.9. Birinci kat döşemesindeki yatay hatıllar 51
Şekil 4.10. Gazi Lisesi pencere kemerindeki çatlak 52
Şekil 4.11. Bodrum kat planındaki duvar düzensizlikleri..... 54
Şekil 4.12. 1. Zemin planındaki duvar düzensizlikleri 54
Şekil 4.13. Birinci kat planındaki duvar düzensizlikleri..... 54

Şekil 4.14. İkinci kat planındaki duvar düzensizlikleri 55
Şekil 4.15. Deprem yönetmeliğine göre izin verilen taşıyıcı duvar uzunluğu..... 56
Şekil 4.16. Bodrum kat planında X ekseni yönündeki taşıyıcı duvarlar..... 57
Şekil 4.17. Taşıyıcı duvar boşlukları (DBYBHY, 2007)..... 59
Şekil 4.18. Gazi Lisesi Zemin kat planından bina köşesinde kalan taşıyıcı duvar boşlukları 59
Şekil 4.19. Bodrum kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar 60
Şekil 4.20. Zemin kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar 60
Şekil 4.21. Birinci kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar 61
Şekil 4.22. İkinci kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar 61
Şekil 4.23. Gazi Lisesi birinci kat merdiven boşluğunda bulunan pencerelerden bir görüntü 62
Şekil 4.24. Bodrum kat planında aksların oluşturulması 63
Şekil 4.25. Etabs programında aksların görüntüsü 63
Şekil 4.26. Binanın ön cephe modeli 64
Şekil 4.27. Binanın arka cephe modeli 64
Şekil 4.28. Eşdeğer deprem yükü 65
Şekil 4.29. Sismik kütlenin tanımlanması 66
Şekil 4.30. Zemin katta bulunan 80 cm kalınlıkta taşıyıcı duvarın tipik tanımlanması . 75
Şekil 4.31. Kabuk elemanların asal eksenleri ve gerilme yönleri (Dabanlı, 2008) 76
Şekil 4.32. Malzeme özellikleri 77
Şekil 5.1. Modal Analiz Parametreleri..... 79
Şekil 5.2. Birinci mod şekli (Y yönü)..... 80
Şekil 5.3. İkinci mod şekli burulma..... 80
Şekil 5.4. Üçüncü mod şekli (X Yönü)..... 81
Şekil 5.5. ETABS lokal akslar..... 81
Şekil 5.6. 1-1 Aksı eksenel gerilmeler..... 82
Şekil 5.7. 2-2 Aksı eksenel gerilmeler..... 82
Şekil 5.8. 3-3 Aksı eksenel gerilmeler..... 82
Şekil 5.9. 4-4 Aksı eksenel gerilmeler..... 83
Şekil 5.10. 5-5 Aksı eksenel gerilmeler..... 83
Şekil 5.11. 6-6 Aksı eksenel gerilmeler..... 83
Şekil 5.12. 7-7 Aksı eksenel gerilmeler..... 84
Şekil 5.13. 8-8 Aksı eksenel gerilmeler..... 84
Şekil 5.14. A-A Aksı eksenel gerilmeler 84
Şekil 5.15. B-B Aksı eksenel gerilmeler..... 85
Şekil 5.16. D-D Aksı eksenel gerilmeler 85
Şekil 5.17. D_1-D_1 Aksı eksenel gerilmeler 85
Şekil 5.18. E-E Aksı eksenel gerilmeler..... 86
Şekil 5.19. E_1-E_1 Aksı eksenel gerilmeler 86
Şekil 5.20. E_2-E_2 Aksı eksenel gerilmeler 86
Şekil 5.21. F-F Aksı eksenel gerilmeler 87
Şekil 5.22. F_1-F_1 Aksı eksenel gerilmeler..... 87
Şekil 5.23. G-G Aksı eksenel gerilmeler 87
Şekil 5.24. H-H Aksı eksenel gerilmeler 88
Şekil 5.25. I-I Aksı eksenel gerilmeler 88

Şekil 5.26. 1-1 Aksı kayma gerilmeleri 90
Şekil 5.27. 2-2 Aksı kayma gerilmeleri 90
Şekil 5.28. 3-3 Aksı kayma gerilmeleri 90
Şekil 5.29. 4-4 Aksı kayma gerilmeleri 91
Şekil 5.30. 5-5 Aksı kayma gerilmeleri 91
Şekil 5.31. 6-6 Aksı kayma gerilmeleri 91
Şekil 5.32. 7-7 Aksı kayma gerilmeleri 92
Şekil 5.33. 8-8 Aksı kayma gerilmeleri 92
Şekil 5.34. A-A Aksı kayma gerilmeleri 92
Şekil 5.35. B-B Aksı kayma gerilmeleri 93
Şekil 5.36. D-D Aksı kayma gerilmeleri 93
Şekil 5.37. D_1-D_1 Aksı kayma gerilmeleri 93
Şekil 5.38. E-E Aksı kayma gerilmeleri 94
Şekil 5.39. E_1-E_1 Aksı kayma gerilmeleri 94
Şekil 5.40. E_2-E_2 Aksı kayma gerilmeleri 94
Şekil 5.41. F-F Aksı kayma gerilmeleri 95
Şekil 5.42. F_1-F_1 Aksı kayma gerilmeleri 95
Şekil 5.43. G-G Aksı kayma gerilmeleri 95
Şekil 5.44. H-H Aksı kayma gerilmeleri 96
Şekil 5.45. I-I Aksı kayma gerilmeleri 96
Şekil 5.46. X Yönü maksimum deplasman (mm) 97
Şekil 5.47. Y Yönü maksimum deplasman (mm) 97
Şekil 5.48. 8-8 Aksı maksimum deplasman (mm) 98
Şekil 5.49. D-D Aksı maksimum deplasman (mm) 98

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Basınç Dayanımları ve biçimlerine göre harman tuğlaları (TS704) 14
Tablo 3.2. Harman Tuğlası Boyutları (TS704)..... 15
Tablo 3.3. Fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımları (TS705) 15
Tablo 3.4. Taşıyıcı duvarlarda kullanılan kerpicin boyutları (Sayın, 2009)..... 16
Tablo 3.5. DBYBHY-2007'ye göre yığma yapılar için izin verilen en çok kat sayısı ... 26
Tablo 3.6. Deprem yönetmeliğine göre duvarların çatlama emniyet gerilmeleri (fem) . 27
Tablo 3.7. Taşıyıcı duvarların en küçük kalınlıkları (DBYBHY, 2007) 28
Tablo 3.8. Yığma yapılar için hasar kriterleri (Onar, 2011)..... 33
Tablo 4.1. Hareketli yük katılım katsayısı (DBYBHY, 2007) 66
Tablo 4.2. Eşdeğer deprem yükü 67
Tablo 4.3. Yük kombinasyonları 67
Tablo 5.1. Modal analiz x-y kütle katılımları 79

SİMGELER

τ_{em} **:** Duvar kayma emniyet gerilmesi

τ_0 **:** Duvar çatlama emniyet gerilmesi

μ **:** Sürtünme katsayısı

σ **:** Duvar düşey gerilmesi

f_{em} **:** Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi

I **:** Bina önem katsayısı

A_0 **:** Deprem Bölgesi Katsayısı

R **:** Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

N **:** Hareketli Yük Katılım Katsayısı)

f_k **:** Karakteristik Basınç Dayanımı

E **:** Elastisite Modülü

G **:** Kayma Modülü

δ **:** Göreli yer değiştirme

KISALTMALAR

ASTM **:** American Society for Testing and Materials

TS **:** Türk Standartları

CFRP **:** Carbon Fibre reinforced polymers

CAD **:** Computer Aided Design

ASTM **:** American Society for Testing and Materials

DBYBHY **:** Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik

ETABS **:** Structural Software for Building Analysis and Design

LUSAS **:** London University Stress Analysis System

SAP **:** Systems Analysis and Program Development

1. GİRİŞ

Ülkemiz dünyanın en aktif ve tehlikeli deprem kuşaklarının birisinde yer almaktadır. Türkiye'de nüfusun %70'i 1. ve 2. derece deprem bölgesinde yaşamakta ve mevcut yapıların %90'dan fazlası deprem riski altındadır. Ülkemizde her yıl orta ve küçük büyüklükte depremler meydana gelmektedir. Şiddetli depremler ise yaklaşık 10 yıllık periyotlarla ülkemizin değişik yerlerinde meydana gelmekte ve büyük can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. 1999 Marmara depreminde yaklaşık olarak 18 bin kişi, 2011 Van depreminde ise 605 kişi hayatını kaybetmiştir. Erzincan-1939, Erzincan-1992, Kocaeli-1999, Dinar-1925, Düzce-1999 depremleri de ülkemizde ciddi can ve mal kayıplarına sebep olmuş depremler olarak örnek gösterilebilir.

Depremler kent merkezlerinde hasara ve can kaybına neden olduğu gibi kırsal bölgelerde de önemli kayıplara sebep olmaktadır. Kırsal kesimlerdeki binaların neredeyse tümü, şehir merkezlerinde de eski binaların büyük bir kısmı yığma yapılardır. Bunlara ek olarak ülkemizdeki tarihi yapıların büyük bir kısmı yığma, ahşap ve bunların karışımı olarak inşa edilmiştir. Bu tür yapıların taşıyıcı sistemlerinin incelenmesinde kullanılabilecek bir yönetmelik mevcut değildir. Günümüzde yığma yapıların tasarımında kullanılan yönetmelikler yeni yapılar düşünülerek hazırlandığı için, tarihi yapıların incelenmesinde bu yönetmeliklerin kullanılması oldukça zordur.

Konya şehri Türk deprem haritasına göre 4. Derece deprem bölgesinde yer almakta ve Akşehir-Ilgın gibi aktif faylara yakınlığı ile tehlike arz etmektedir. Konya yığma bina oranının toplam yapı stokuna oranı olarak en fazla yığma binaya sahip ildir (Türer ve ark., 2005). Türk deprem yönetmeliğinde 4. Derece deprem bölgesinde yapılabilecek yığma bina katsayısı 4 olarak belirtilmesine rağmen, bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden önce yapılmış 6 katlı yığma binalara da rastlamak mümkündür. Söz konusu bu binaların tasarımında hiçbir deprem hesabı yapılmamış ve sadece yatay rüzgâr yüklerine göre hesap yapılmıştır. Ayrıca pencere boşlukları ve yerleri, duvar düzenlemeleri ve kalınlıkları sismik dayanım hesabı göz önüne alınmadan gerçekleştirilmiştir. Çok büyük sayıdaki bu binaların deprem dayanımlarının ve risklerinin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.



Şekil 1.1. Konya Gazi Lisesi (Darü'l Muallimin)

Konya'da ayrıca tarihi binaların tamamı yığma bina şeklinde teşkil edilmiştir. Bu binalara örnek olarak, büyük bir kütleye ve kat yüksekliğine sahip Konya Gazi Lisesi (Darü'l Muallimin) dikkat çekmektedir. Mimar Muzaffer Bey tarafından 1914 yılında uygulamaya başlanan bu yapı 1917 yılında tamamlanmıştır. Bina 4 katlı olup kat yüksekliği 5 m dir. Bina cephesinde çok büyük pencere boşlukları mevcuttur ve hali hazırda lise binası olarak kullanılmakta olup toplam 1200 öğrenci öğrenim görmektedir. Şekil 1 'de Konya Gazi Lisesi'nden bir görüntü görülmektedir.

Yığma binaların analizi betonarme binalara göre oldukça zahmetlidir. Bu konudaki hazır programlarda yapılan analizlerde yetersiz kalmaktadır. Son yıllarda bilgisayar teknolojileri sayesinde yığma yapıların analizinde klasik analiz yöntemlerinden ziyade doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin ve mafsalların dikkate alındığı plastik analiz yaklaşımı daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

Yığma yapıların modellenmesinde mikro modelleme ve makro modelleme olmak üzere iki tip yaklaşım söz konusudur. Mikro modelleme de tuğla ve harçtan oluşan yığma yapı birimleri ayrı ayrı modellenmek suretiyle modelleme yapılır. Dolayısıyla mikro modelleme de yapıya ait malzeme ve bağlayıcı maddelerin mekanik özelliklerin tam olarak bilinmesi gerekmektedir. Genellikle büyük bir hesap yüküyle karşılaşılan mikro modelleme, yerel analizler için uygun olarak kullanılırken, büyük ölçekli yapıların analizlerinde tercih edilmemektedir (Dabanlı, 2008). Bu modelde uygulamalar ise sonlu elemanlar, ayrıl elemanlar ve limit analiz kullanılarak

gerçekleştirilir. Plastik analizde kullanılan makro modellemede ise yığma yapı malzemesi homojen kabul edilerek mekanik malzeme özellikleri bu kabul üzerinden tanımlanmaktadır (Çaktı ve ark., 2013). Yığma yapıların yapısal analizlerinde ise genellikle sonlu elemanlar yöntemi kullanılmaktadır. Bu analiz yönteminde yapı analizin amacına uygun bir şekilde ve sayıda sonlu elemanlara ayrıştırılarak modellenir ve analizi yapılır. Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan yapısal analizlerde ETABS, SAP2000 vb. paket programlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Konya Gazi Lisesi'nde 1200 öğrenci eğitim görmektedir. Bina 1917 yılından bu yana gerek Konya kent merkezinde olan ve gerekse Akşehir-Ilgın gibi kötü faylarda olan depremlere maruz kalmıştır. Yapının etkisinde kaldığı depremlere bakıldığında; Konya ilinde, 1900-1946 yılları arasında büyüklüğü 4,9-5,7 arasında değişen 5 deprem olmuştur. Bu yıllara arasında en büyük magnitüde sahip deprem 26.09.13921 yılında Altınekin ilçesinin 10 km batısında oluşan depremdir. Bu depremlerin yani sıra 1918 yılında Cihanbeyli kuzeyinde 5.3, 1921 yılında Ilgın-Çavusçugöl kuzeydoğusunda 5.2 ve 5.4 büyüklüğünde 2 deprem ve 1931 yılında yine Çavusçugöl kuzeydoğusunda 4.9 büyüklüğünde depremler oluşmuştur (Anonim, 2016a). Bina 97 yıllık kullanım süresince meydana gelen depremleri yıkılmadan atlatmış olmasına rağmen, gelecekte olabilecek depremlere karşı performansının incelenmesi hem kamu yararı hem de tarihi binaların deprem performansının incelenmesi konusu ile ilgili akademik araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Ülkemiz birçok medeniyetlere ev sahipliği yapmış ve bu medeniyetlerin tarihi özelliklerini taşıyan kaleler, surlar, camiler, köprüler, kiliseler gibi tarihi yığma yapılara sahiptir. Yeni inşa edilen yapıların tasarımında deprem güveliğine dikkat edilirken, diğer taraftan mevcut tarihi yapılarımızın da deprem performanslarının değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Tarihi Konya Gazi Lisesi'nin mevcut durumuna göre deprem güvenliği incelenecektir ve 97 yıldır öğrencilere hizmet veren bu yapıda herhangi bir deprem etkisiyle meydana gelebilecek gerilmeler, hasarlar hakkında bilgi verilecek ve böylece elimizde bulunan tarihi değerleri kaybetmeme ve gelecek nesillere ulaştırılması açısından çözüm önerileri sunacak bir çalışma olacaktır. Bina geometrisinin büyüklüğü, kat planlarının birbirinden farklı olması ve binanın mevcut bir projesinin olmaması gibi nedenlerden dolayı tez projesinde sadece Gazi lisesinin ele alınması yeterli görülmüştür.

Yapının deprem güvenliği, doğrusal olmayan statik analiz için kullanılan bilgisayar programlarından ETABS programı ile incelenmiştir. ETABS programı CSI

firmasının bir yazılımıdır ve özellikle bina türü yapıların 3 boyutlu statik analizleri için tasarlanmıştır. Programda sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapısal analiz yapılmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde yığma yapılarla ilgili yürütülen deneysel ve analitik çalışmalara yer verilmiştir.

Döndüren (2008), çalışmasında normal harçla hazırlanan bir yığma duvarla, Sikalatex katkı malzemesiyle bağlayıcı özelliği arttırılmış harçla hazırlanan bir yığma duvarın düzlem dışı kırılmasını araştırmıştır. Bunun için 6 adet aynı boyutlarda duvar numunesi değişik katkı miktarları kullanılarak örmüşler ve çalışma sonucunda yığma duvarların tekrarlanır düzlem dışı yükler altında kırılma çizgileri oluşturarak kırıldığı, kırılma türünün gevrek olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca katkı malzemesi kullanılarak harcın bağlayıcı özelliğinin arttırılması ile duvarın %25 fazlası ile kırıldığını gözlemlemiştir.

Kanıt ve Döndüren (2008), çalışmalarında normal harçla hazırlanan bir yığma duvar numunesi ile katkı maddeli harçla hazırlanan bir yığma duvar numunesinin davranışlarını incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarında yığma duvar numuneleri için ASTM 1391-81'de önerilen standart kayma gerilmesi deney tekniğini kullanmışlardır. Deney sonuçlarına göre, normal harçla hazırlanan numunede göçme yükü 49,58 kN iken bağlayıcı özelliği arttırılan haçla örülen numunedeki göçme yükü 98,17 kN olmuştur. Buna göre bağlayıcı özelliği attırılan harçla hazırlanan numune normal harçla hazırlanan numunenin yaklaşık iki katı daha fazla yük taşımıştır. Bu sonuçlara göre, yığma yapılarda duvar örümün de harcın performansının arttırılması amacı ile kullanılan katkı maddesi yapıyı yatay yüklere karşı dayanıklı hale getirdiğini gözlemlemişlerdir.

Boz (2006) çalışmasında, 2.derece deprem bölgesinde yer alan tarihi Aspendos tiyatrosunun afet yönetmeliğinde belirlenen deprem yükleri altında dinamik analizini yapmış ve üç boyutlu sonlu elemanlar modellemesini kullanarak yapıda oluşan gerilmelerin seviyelerini incelemiştir. Ayrıca tiyatroda sık sık yapılan konserler gösterilerden dolayı oluşan ses dalgalarının yapının rezonans durumuna girmesine sebep olup olmadığını da incelemiştir.

Hüsnü ve ark. (2012) çalışmalarında, düzensiz bir plan şekline sahip olan Tarihi Mustafa Paşa Hamamını Sap2000 programı yardımıyla sonlu elemanlar yöntemiyle analitik modellemesini yapmışlar ve analiz sonuçlarını incelemişlerdir. Yapının hesap modelinde ve sabit yükler ve deprem spektrumu ile tanımlanan yer hareketinin yol açtığı zorlamalar olmak üzere iki ayrı yükleme durumu uygulamışlardır.

Dabanlı (2008) çalışmasında, tarihi yığma yapılarının güvenlik durumlarının belirlenmesinde ve yapı güvenliklerinin değerlendirilmesi sürecinde uygulanacak ve izlenecek metot ve yaklaşımlar üzerinde durmuşlardır. Öncelikle tarihi yığma yapıların incelenmesinde izlencek yollar anlatılmış (tarihi araştırmalar, gözlem ve ölçümler, malzeme ve zemin özelliklerinin belirlenmesi vb) devamında yığma yapıların analiz yöntemleri üzerinde durulmuş ve son olarakta örnek bir yapı seçilerek bu yapı sonlu elemanlar yöntemiyle modellenerek statik ve dinamik analizleri neticesinde deprem performansı ve yapısal güvenliğini incelemişlerdir.

Teomete (2004) çalışmasında tarihi yığma yapıların sonlu elemanlar metodu ile modellenmesi ve analizini incelemiştir. Bunun için örnek yapı olarak Urla Kamanlı Camii'ni seçmiş ve yapının tarihçesini araştırmış, rölevesini çıkartmış ve malzeme testlerini yapmıştır. Topladığı verilerle yapının sonlu elemanlar analizini LUSAS adlı ticari bir program ile gerçekleştirmiştir.

Şen (2006) çalışmasında tarihi yığma yapıların modelleme ve analiz yöntemlerini incelemiştir. Çalışması için 105 yaşında tarihi yığma bir bina seçmiştir ve bina düşey ve yatay yükler altında incelenmiştir. Seçilen modelin analizi için 3D Finite Element Modeli ve Lineer Elastik Analiz olmak üzere iki yöntem kullanmıştır.

Artar (2006) çalışmasında; Osmanlı dönemi mimarisinde inşa edilen 5 tane tarihi camiyi (Fatih Cami, Beyazıt Cami, Mihrimah Cami, Rüstem Paşa Cami ve Şehzade Mehmet Camii) incelemiştir. Şehzade Mehmet Camii'ni seçerek bu yapının yapısal özelliklerini incelemiştir. Şehzade Mehmet Camii'nin Statik ve dinamik şartlar altında lineer yapısal davranışını incelemek için yapının sonlu elemanlar yöntemiyle modellemesini yapmışlar ve bu modellemenin analizini İstanbul'da meydana gelcek olası bir deprem şartları altında gerçekleştirilmiştir.

Bağcı ve ark. (2013) çalışmalarında, İzmir'de zemin oturması sebebiyle duvarlarında hasar oluşan tarihi yığma bir yapının deprem güvenliğini incelemişlerdir. Bina bodrum kat, zemin kat, normal kat ve çatı katından oluşmaktadır. İncelenen bina, bodrum katların tüm duvarları ve diğer katların dış cephe duvarları taştan yapılmış bir binadır. Yapının modellemesi ve analizini Sap2000 programını kullanarak yapmışlardır. Gözlenen sonuçlara göre, yapıdaki hesaplanan gerilmeler Türk Deprem Yönetmeliği-2007'de verilen maksimum gerilmelerden düşük çıkmıştır. Sadece bodrum kat duvarlarındaki gerilmeler yüksek çıkmıştır.

Şener (2004) çalışmasında, tarihi yığma anıtları yıkmadan ve bütünlüğünü bozmadan yerlerinin değiştirilmesi ile ilgili yeni bir metot üzerinde çalışmıştır.

Sundukları yöntemde ki bu yöntem özellikle ince ve uzun minare benzeri tarihi yapılarda uygulanabilir, yapı parçalara ayrılmadan ve bütünlüğü bozulmadan belli bir yatay seviyeye eğilerek yer değiştirmesi amaçlanmıştır. Yığma yapı malzemelerinin kırılgan yapıya sahip olmalarından dolayı, eğilme sırasında oluşacak çekme kuvvetlerine karşı koyabilmek için yapı dıştan ön gerilme kablolarla sarılmıştır. Çalışma için Hasankeyf'te bulunan bir tarihi minare örnek olarak seçilmiştir. Hasankeyf'e yapılacak olan Ilısu Barajı'ndan dolayı sular altında kalmasını engellemek için konumunun değiştirilmesi gereken bu minareyi incelemişlerdir. Bu metodun etkisinin ve geçerliliğinin belirlenmesi güçlü bir analitik modelleme yöntemi olan sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Yaptıkları incelemeler neticesinde bu yöntemle yığma yapıların taşınma ve yeniden yerleştirilme işlemlerinin gerçekleştirilebileceği sonucuna varmışlardır.

Asli (2008) çalışmasında, bazı küçük ölçekli şehirlerde (Bolu, Düzce, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Kırıkkale) yığma yapıları yeniden hayata geçirmek için yığma yapılarla betonarme yapıların performanslarını kıyaslamış ve yüksek katlı betonarme yapıların yerine 4 katlı yığma yapıları önermiştir. Bunun için 4 katlı yığma bir yapı ile 4 katlı betonarme yapının mimari özelliklerini değiştirmeden yapıldığında aynı performansı göstereceğini öne sürmüştür. Bu iki yapının davranışlarını karşılaştırmak için sonlu elemanlar yöntemi ve Sap2000 bilgisayar programını kullanmıştır. Sonuç olarak önerisinin başarılı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Türker (2010) çalışmasında, yığma yapıların deprem yükleri altında gerçek mekanik davranışlarının ortaya koyulması sayısal analiz yöntemleriyle zor olması göz önüne alınarak, yapısal davranışlarını, deprem yükleri altında aldıkları hasar çeşitlerini incelemek amacıyla örnek bir yığma binayı ele alarak lineer eşdeğer deprem hesabı ile analiz yöntemini incelemiştir. Çalışmasına örnek olarak İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Dekanlığını kullanmıştır. Bu çalışma kapsamında; yapının bütün duvarlarının basınç gerilmelerini sağladığı yalnız kayma gerilmelerini sağlamadığını belirlemiştir. Kayma gerilmelerinin sağlanamaması ise duvar kalınlıklarının az olması ve kat yüksekliklerinin fazla olmasından kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Yapıda rijitlik ve kütle merkezlerinin çakışmamasından dolayı büyük burulma momentlerinin oluştuğu gözlenmiş ve yapı merkezinde yapılacak olan güçlendirmenin binayı depreme karşı daha dayanıklı hale getireceğini vurgulamıştır.

Arıcan (2010) çalışmasında, tarihi yığma yapıların deprem davranışını incelemek amacıyla, Isparta'da bulunan 7 adet tarihi yığma yapıların deprem

davranışlarını incelemiştir. Analizlerinde sonlu elemanlar programı olan SAP2000 ile modellenen yığma yapıların, zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemiyle analizlerini gerçekleştirmiştir. Yapılar tek katlı, iki katlı, üç katlı şeklinde modellenmiş ve malzeme açısından doğal taş ve fabrika tuğlası olmak üzere iki farklı türden malzemeyle zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemiyle taban kesme kuvveti ve en büyük yer değiştirmelerin görüldüğü depremlere ait gerilme değerlerini elde etmiştir. Bu çalışma neticesinde tarihi yığma yapıların performanslarının belirlene bilirliğine ve güçlendirme çalışmalarına yardımcı olacak nitelikte sonuçlar elde etmiştir.

Atabey (2011) çalışmasında, 1. Deprem bölgesinde yer alan Sivas'ın Suşehri ilçesinde bulunan ve yığma yapı olarak inşa edilmiş olan Aşağısarıca İlköğretim Okulu binasının deprem performansını, TDY-2007 esaslarını dikkate alarak StatiCAD-Yığma paket programı ile yapmıştır.

Sayın (2009) çalışmasında, yığma duvarların lineer olmayan statik ve dinamik analizini incelemiştir. Bunun için bir program yazmış ve bunu MATLAB dilince kodlamıştır. Yine MATLAB dilinde yığma duvarın iki ve üç boyutlu sonlu eleman modelini oluşturan mesh programı yazmıştır. Lineer olmayan dinamik analiz için 1992 Erzincan ve 2003 Bingöl depreminin ivme kayıtlarını kullanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, yığma duvarlarda hasarın çoğunlukla pencere boşlukları ve duvar köşelerinde olduğu gözlenmiştir. Duvar içindeki boşluk miktarının artmasıyla hasarın büyüdüğü ve daha hızlı yayıldığı gözlenmiştir.

Ateş (2010) çalışmasında, günümüzde İnşaat Mühendisleri tarafından yapıların modellenmesi ve analizi için kullanılan paket programların güvenirliliği ve geçerliliği konusunda araştırma yapmıştır. Çalışmasında daha önce güçlendirme kararı alınmış bir yapı örneğinin mevcut durumunun değerlendirilmesi, güçlendirilmesine karar verilmesi ve güçlendirme yöntemleriyle güçlendirilmesi konusunu ele almıştır. Bu yapı örneklerini Sta4cad V12 ve Etabs V9 programlarında eşit şartlarda modelleyerek aralarındaki hesap farklılıklarını incelemiştir. Sonuç olarak bu iki programında birbirine yakın sonuçlar çıkardığı sonucuna varmışlardır.

Ercan (2010) çalışmasında, tarihi yığma yapıların deprem davranışlarını ve deprem güvenliklerini belirlemek için kullanılan deneysel ve analitik yöntemlerin uygulamasını, İzmir'de seçmiş olduğu iki örnek yapıda yapmıştır. Yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılan taş, tuğla ve harç gibi malzemelerinn üzerinde yaptığı testlerle malzeme parametrelerini belirlemiş ve bu verilerle yapıların sonlu elemanlar yöntemiyle modelleme ve analizini yapmış ve dinamik karakteristiklerini belirlemiştir. Ayrıca aynı

binalarda Operasyonel Modal Analiz uygulaması yapmış ve dinamik karakteristiklerini belirlemiştir. Deneyse ve analitik yöntemlerle elde edilen bu verileri karşılaştırmıştır.

Bayülke (2011) çalışmasında, 1970 yıllarından beri yığma yapı davranışlarını inceleyen Bayülke, çalışmasında yığma yapıların depreme dayanıklı tasarım ilkelerini, malzeme özelliklerini ve deprem etkisi altındaki davranışları konusunda deneyimlerini sunmuştur.

Aköz (2008) çalışmasında, tarihi yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesini modelleme yapmış olduğu bir örnekle incelemiştir. Çalışmasında örnek tarihi yapı olarak 1400'lü yıllarda yapılmış olan tarihi Murat Paşa Cami'sini seçmiştir. Bu yapının üç boyutlu sonlu eleman modelini hazırlayarak statik ve dinamik çözümlemesini yapmıştır.

Aytekin (2006) çalışmasında, donatısız ve sarılmış yığma yapıların deprem davranışlarını, yığma yapı sınıflarını ve hesap yöntemlerini mevcut yönetmelik ve standartlar ışığında irdelemiştir. Öncelikle tuğla ve gaz betondan iki adet yığma yapı modeli oluşturmuştur. Önce donatısız modeli dikkate almış daha sonra da ABYYHY'de belirtilen esaslara göre düşey hatıllar eklenerek oluşturulmuş modeli dikkate almıştır. Oluşturduğu bu modelleri 12 Kasım 1999 Düzce depreminden elde edilen ivme kayıtlarını kullanarak Sap2000 programında mod birleştirme yöntemiyle deprem hesabını yapmıştır. Donatısız ve sarılmış durumdaki modellerin analizi sonucunda elde edilen kesit tesirleri ve yer değiştirme değerlerini karşılaştırmıştır. Ayrıca her iki model için maliyet analizi yaparak donatısız ve sarılmış durumları karşılaştırmıştır.

Batur (2006) çalışmasında, yığma yapıların deprem etkisine karşı davranışından yola çıkarak yığma yapı elemanlarında meydana gelen gerilmeleri hesaplamıştır. Seçilen deprem bölgesine göre modellenen yapıda, döşeme, hatıl ve duvar gibi taşıyıcı elemanların ağırlıkları bulunarak eşdeğer deprem yükü metoduna göre yapıya etkiyecek deprem yüklerini bulmuştur. Bulunan deprem yükleri etkisinde yapıda meydana gelecek olan gerilmelerle emniyet gerilmelerini karşılaştırdıklarında modellenen yapının seçilen deprem bölgesi için uygun bir model olduğu sonucuna varmıştır.

Bruneau (1995) çalışmasında, 17 Ocak 1994 yılında Los Angeles'ta meydana gelen 6,8 şiddetindeki Northridge depreminde hasar gören yığma yapıları inceleyerek hasar nedenleri hakkında bilgi vermiştir.

Durak (2008) çalışmasında, Ege bölgesindeki yığma yapıların yapısal durumlarının belirlenmesi için envanter çalışması yapmış ve yapıların deprem güvenliği açısından durumunu incelemiştir. Bu çalışma kapsamında Ege bölgesinde bulunan 741

adet yığma yapı için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'in 5. Bölümündeki yığma yapılar için depreme dayanıklı tasarım kuralları uygunluğu açısından değerlendirmiştir. Yapılan çalışma neticesinde Ege bölgesinde bulunan yığma yapıların önemli bir kısmının deprem açısından yetersiz olduğu sonucuna varmıştır. Yetersiz görülen yapıların orta büyüklükteki bir deprem için bile ağır hasar riski taşıdığı kanısına varmıştır.

Öncü (2011) tez çalışmasında, İzmir ili, Bornova ve Seferihisar ilçelerinde bulunan betonarme ve yığma yapıları DBYBHY-2007'ye göre inceleyerek, yapıların düzensizlik durumlarını ve deprem karşı dayanımlarını değerlendirmiştir. Mevcut yapıların depreme benzeyen yükler altında performans analizleri yaparak yapıların mevcut durumlarına göre güçlendirme modelleri geliştirmiştir.

Çöğürcü (2007) çalışmasında, düzlem dışı yüklenen yığma duvarların ve yığma duvarlarda oluşabilecek çatlak hasarlarının onarılması için düşünülen epoksi reçineli FRP ile yatay der uygulamasını analitik ve deneysel olarak araştırmıştır. Bu çalışmada, aynı geometri ve malzeme özelliklerine ait prototip duvar üretilerek, FRP ile takviyeli ve takviyesiz şekilde yükleme yapılarak FRP'nin duvarı kırılmaya karşı ne kadar güçlendirdiği incelenmiştir. Sonuç olarak, yatay derzini epoksili FRP ile takviyesi ile güçlendirilen duvarın kırılmaya karşı 3 kat daha fazla dayanıklı olduğu görülmüştür.

Üstündağ (2000) bir ve iki katlı yığma yapıların yatay yükler altındaki davranışını incelemek için çalışma yapmıştır. Çalışmasında, yığma yapıları oluşturan elemanlar ve özellikleri, mevcut standartlara göre bu elemanların sağlaması gereken koşullar, yığma duvarlarda oluşan hasarlar ve bu hasarlar neticesinde güçlendirme yöntemleri hakkında bilgi vermiştir.

Kaya (2003), yaptığı çalışmada, hasarlı veya kısmen yıkılmış yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesini incelemiştir. Betonarme ve çeliğin, onarım ve güçlendirmede ne derece etkili olduğu üzerinde çalışmıştır. Ayrıca tarihi hasar görmüş tarihi yapıların onarım ve güçlendirme tekniklerini incelemiştir.

Çöğürcü (2003) çalışmasında, Konya ilinin öncelikli haberleşme ve iletişim yapılarından olan Türk Telekom Konya Başmüdürlük Binası ve Cumhuriyet Binası'nın deprem güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla söz konusu haberleşme binalarının mevcut mimari ve statik projelerini incelemiş ve gerekli statik ve betonarme çözümleri SAP2000 ve İde Statik bilgisayar programları kullanarak yapmıştır. Yaptığı araştırmalar sonucunda söz konusu binaların depreme karşı dayanıklılığının yeterli güvenilirlikte olmadığı ve en kısa zamanda güçlendirilmeleri gerektiğini belirlemiştir.

Ergün ve ark. (2012) çalışmalarında; 1991 yılında projelendirilip inşa edilen daha önceden Araştırma Hastanesi olarak kullanılan Afyon Kocatepe Üniversitesi'ne ait binanın, Dişçilik Fakültesi Eğitim ve Tedavi binası olarak yeniden kullanımından önce binanın mevcut durumunun deprem performansı analizi için yapılacak işlemler ve güçlendirme çalışmaları için uygulama detaylarını irdelemişlerdir. Sonuç olarak, binanın taşıyıcı sistem elemanları mevcut betonarme projelerine uygun olarak yapılmış ancak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yükleri altında "Hemen Kullanım (HK)" ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yükleri altında "Can Güvenliği (CG)" performans kriterlerini sağlamadığı ortaya çıkmıştır. Yatay yükler altında yetersizliğinin giderilmesi için taşıyıcı sistem elemanlarında güçlendirme yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Aydın (2012) çalışmasında; literatürdeki performans tahmin etme ve modelleme yöntemlerinin mevcut betonarme yapılara uygulandığında gerçeğe ne kadar yakın sonuç verdiğini araştırmak amacıyla 23 Ekim 2011 Van depreminde ağır hasar görmüş 3 katlı betonarme bir yapıyı incelemiştir. DBYBHY-2007'de belirtilen doğrusal eşdeğer deprem yükü, artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemlerini kullanarak yapının performans analizini ve deprem sonrası yapıda oluşan hasarları değerlendirerek hesap yöntemlerinin doğruluğunu ve güvenirliliğini incelemiştir.

Kanıt ve ark. (2005) çalışmalarında yığma yapıların sismik davranışlarını incelemişlerdir. Çalışmada düzlem dışı tersinir yüklerle yüklenen bir yığma duvarın deney sonuçlarını sunmuşlardır. Çalışma sonucunda, test edilen yığma duvarın yönetmelik şartlarını sağlayacak sünekliğe sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

3. YIĞMA YAPILAR VE DEPREM ALTINDAKİ DAVRANIŞLARI

3.1. Yığma yapının tanımı

Yığma yapılar, taşıyıcı sistemi tuğla ve doğal taşlar gibi farklı malzemelerden yapılmış düşey duvarlardan oluşan yapılardır. Yığma yapılarda duvarlar hem taşıyıcı hem de mimari olarak etkinlik gösterirler. Yapının dışındaki duvarlar yapıyı dış etkilerden korudukları gibi yapının kullanım amacına göre iç bölmelerin ayrılmasını da sağlarlar. Duvarların bu şekilde birden çok işlevi yapım kolaylığı ve kullanım açısından yığma yapıların önemli bir üstünlüğüdür (Bayülke, 2011).

Türkiye'de yapı stoğuna bakıldığında yapıların büyük bir oranı yığma yapılardır. Yığma yapıların bazı açılardan üstünlükleri olsa da, deprem ve yatay yükler etkisi altında dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelendirilmezler. Ancak Türkiye'de ekonomik koşullar nedeniyle yığma yapı yapımının devam edeceğinden dolayı bu yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi ve deprem dayanımlarının arttırılması gerekmektedir (Batur, 2006).

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 1998 yılına ait rakamlarına göre yerleşim yerlerindeki yapıların %30'u betonarme, %48'i yığma ya da hımış, %22'si ise kerpiç ya da moloz taş yığma yapılardan oluşmaktadır. Kırsal bölgelerde ise yığma yapı oranı daha fazla olup %82'ye kadar çıkmaktadır. Bu verilerden anlaşılacağı üzere ülkemizde deprem bölgelerinde önemli miktarda yığma yapı bulunmakta olup nüfusumuzun büyük bir kısmı da bu yapılarda yaşamaktadır. Yığma yapıların bu kadar yaygın olmasının sebepleri; inşaat aşamasında yapım tekniğinin basit olması ve dolayısıyla işçiliğinin kolay olması, diğer yapılara oranla daha ekonomik olması ve yığma yapılarda kullanılan malzemelerin kolay temin edilebilir olmasıdır. Yığma yapıların bu üstünlüklerinin yanında bazı sakıncaları da bulunmaktadır. Bunların başlıcaları ise; yapım tekniklerinin basit olmasından dolayı inşaat aşamasında ustalık ve mühendislik bilgisi gerektirmediğinden gelişi güzel inşa edilmesinden dolayı deprem esnasında hasar görmesi ya da yıkılması kaçınılmazdır, malzeme dayanımlarının yeterli olmadığından dolayı yüksek katlı yığma yapı inşa etmek oldukça zordur, adaptasyon yapma tekniği daha azdır dolayısıyla yerel bir bölgede yapılacak küçük detay hataları özellikle depremlerde büyük hasarlara yol açabilir, yığma yapıların sünekliği az olduğundan elastik ötesi bir davranış ile enerji tüketmeleri beklenmez ve son olarak da yığma yapılarda kullanılan malzemelerin çok çeşitli olmasından ötürü malzemelerin

özelliklerinin bilinmesi ve davranışları hakkında genelleme yapılması oldukça zordur (Aytekin, 2006).

3.2. Yığma yapı malzemeleri

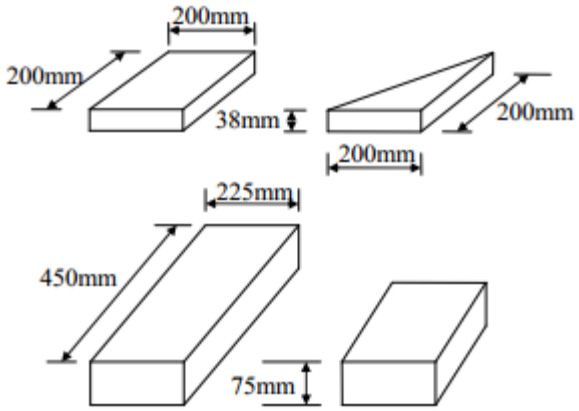
Yığma yapılarda yapı malzemesi olarak duvarlarda doğal taşlar, yapay taşlar (harman tuğlası, fabrika tuğlası, briket) ve kerpiç kullanılmaktadır. Döşemelerde betonarme ya da ahşap olarak inşa edilir. Damlarda ise beton, toprak veya ahşap iskelet üzerine kiremit veya çinko malzemeler kullanılır. Yığma yapılarda kullanılan malzemeler yapılacak yapı sınıfına bağlı olarak kagir birim, harç, beton, donatı çeliği ve ön gerilme çeliği olarak sıralanabilir.

Türkiye yığma yapılarda kullanılan yapı malzemeleri açısından zengin bir ülkedir. Yığma yapılara bakıldığında bölgesel malzemeler kullanıldığı görülmektedir. Örneğin kırsal bölgelere bakıldığında yığma yapı malzemesi olarak çoğunlukla kerpiç, şehirlerde ise tuğla ve briket benzeri malzemeler kullanıldığı görülmektedir. Türkiye'de çok fazla bulunan tuğla ve çimento fabrikaları da yığma yapı malzemelerine olumlu katkı sağlamaktadır (Sayın, 2009).

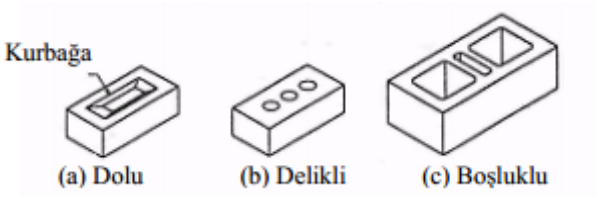
3.2.1. Tuğla

Tuğlanın yığma yapı malzemesi olarak kullanılmasının Roma döneminden önceki tarihlere dayandığı bilinmektedir. Tarihi yapılarda kullanılan pişmiş kilden üretilen tuğlalar, dere yataklarında biriken kum taşlarının kalıntılarından elde edilirlerdi. Tarihi yapılarda kullanılan tuğlalar kil ve saf kaolin karışımının fırınlarda yüksek ateşle pişirilmesiyle elde edilir. Ancak fırın teknolojisinin bulunmadığı bölgelerde tuğlaların direk güneş ısısı altında üretildiğine de rastlanmaktadır (Yılmaz, 2006).

Tuğlanın yapı malzemesi olarak kullanılması; jeolojik, ekonomik ve ideolojik koşullara göre gelişmiştir. Taşın ve ahşabın az bulunduğu ve pahalı olduğu toplumlar, kilden tuğlaları yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Eski zamanlara ait ilk yerleşim yerlerinin ve kültürlerinin, tuğla imalatına uygun alüvyonlu toprakların yer aldığı geniş nehir havzalarında kurulduğu bilinmektedir. Bu bölgeler Mezopotamya'da yer alan Nil, Fırat ve Dicle nehirlerinin aşağı bölgeleridir. Bu bölgelerde yapılan kazılarda en eski bulguların, kalıplanmış kil tabletler ve duvar rölyeflerinden oluştuğu gözlenmiştir. Kullanılan bu pişmemiş kil tabletler zamanımızda kullanılan tuğlalara benzer boyutlarda olup, elle düzeltilerek şekillendirilmiştir (Ercan, 2010). Şekil 3.1'de Romalılara ait tuğlalar Şekil 3.2'de ise günümüz kil tuğlaları gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Romalılar tarafından yapılmış tuğlalar (Yıldırım, 2007)



Şekil 3.2. Günümüz kil tuğlaları (Yıldırım, 2007)

Yığma yapı duvarlarında harman tuğlası ve fabrika tuğlası olmak üzere iki tip tuğla kullanılmaktadır.

Harman tuğlası; kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı ya da beraber yoğurulması ve ihtiyaç olursa su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu gibi maddelerin ilave edilip karıştırılması ile şekil verilip kurutulan ve ocaklarda pişirilmesi sonucu elde edilen tuğla tipidir (Atabey, 2011). Harman tuğlalarının basınç dayanımları ve biçimleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Basınç Dayanımları ve biçimlerine göre harman tuğlaları (TS704)

Sınıfı		**Tuğla Sembolü**	**Ortalama Birim Hacim Ağırlığı (max.) kg/dm³**	**Ortalama Basınç Dayanımı (min.) kgf/cm²**	**Basınç Dayanımı (min.) kgf/cm²**
Dolu Harman Tuğlası	**Orta Dayanımlı**	DOHT/50	Sınıflandırılmamış	50	40
	Az Dayanımlı	DOHT/30	Sınıflandırılmamış	30	25
Delikli Harman Tuğlası	**Orta Dayanımlı**	DEHT/50	Sınıflandırılmamış	50	40
	Az Dayanımlı	DEHT/30	Sınıflandırılmamış	30	25

Harman tuğlaları dikdörtgenler prizması şeklinde olmalı, yüzeyleri ve kenarları düzgün olmalıdır. Dolu tuğlaların üst yüzünün ortasında, derinliği 10 mm'den fazla olmayan çukurluklar bulunabilir. Çukur kenarlarının, bulundukları yüzün kenarlarına

uzaklığı 20 mm'den daha az olmamalıdır (Sayın, 2009). Harman tuğlaların boyutları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Harman Tuğlası Boyutları (TS704)

Boyutlar (mm)		**Toleranslar (mm)**
Uzunluk	190	-13/+6
Genişlik	90	-5/+4
Yükseklik	50	-2/+3

Fabrika tuğlası; kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı ya da harman edilerek ihtiyaç duyulduğunda su, kum, öğütülmüş tuğla, kiremit tozu gibi maddelerin ilave edilip karıştırılması ile makinelerde şekillendirilerek kurutulan ve fırında pişirilerek elde edilen duvar inşasında kullanılan tuğla tipidir (Atabey, 2011).

Tablo 3.3. Fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımları (TS705)

Tuğla Sınıfı	**Birim Hacim Ağırlık kg/m³**	**Delik Oranı**	**Tuğla Sembolleri**	**Ortalama Basınç kgf/cm²**
Dolu Tuğla	2	%15	2/240	240
			2/180	180
			2/120	120
	1,8	%15	1.8/220	220
			1.8/150	150
			1.8/100	100
Seyrek Delikli Tuğla	1,6	%20	1.6/220	220
			1.6/150	150
			1.6/100	100
	1,4	%25	1.4/200	200
			1.4/120	120
			1.4/80	80
Az Delikli Tuğla	1,2	%35	1.2/150	150
			1.2/100	100
			1.2/60	60

Fabrika tuğlalarının basınç dayanımları; yapıldığı toprağın cinsi, porozitesi, pişirilme ısısı, üretim biçimi, deliklerinin miktarı ve yerleri, yükleme yönleri, kenarlarının biçimi gibi birçok faktöre bağlıdır (Sayın, 2009). Fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımları Tablo 3.3'de verilmiştir.

3.2.2. Kerpiç

Kerpiç, özellikle kırsal kesimlerde kullanılan kum, balçık ve saman karışımının güneşte kurutularak elde edilmesinden oluşan yapı malzemesidir.

En eski zamana ait kerpiç yığma yapı kalıntıları, M.Ö. 8350 ila 7350 yıllarına ait Filistin'in Jericho şehrinde bulunmuştur. Anadolu'da ise Çatalhöyük'te yapılan kazılarda, M.Ö. 6500'lere ait ilk dikdörtgen yığma kerpiç evler bulunmuştur. Çatalhöyük yerleşim bölgesi olarak Tuz Gölü çevresindedir. Bu bölgede taş bulunmadığından, malzeme olarak güneşte kurutulmuş kerpiç bloklardan yararlanılmıştır (Ercan, 2010).

Deprem yönetmeliğimize göre kerpiç yapılar en fazla tek katlı olarak inşa edilebilirler. Kerpiçler dikdörtgen prizması şeklinde olmalıdır ve herhangi bir çatlak ve kırık bulunmamalıdır. Kerpiç duvarların dezavantajlarından bir tanesi ıslandığı zaman malzemenin yumuşaması ve dayanımını kaybetmesidir. Bunu gidermek için ise harcın içerisine çimento ve kireç ilave edilebilir. Bu sayede kerpici oluşturan kil ve kum taneleri birbirine yapışır ve ayrışması daha zor olur (Sayın, 2009). Taşıyıcı duvarlarda kullanılan kerpicin boyutları ve özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Taşıyıcı duvarlarda kullanılan kerpicin boyutları (Sayın, 2009)

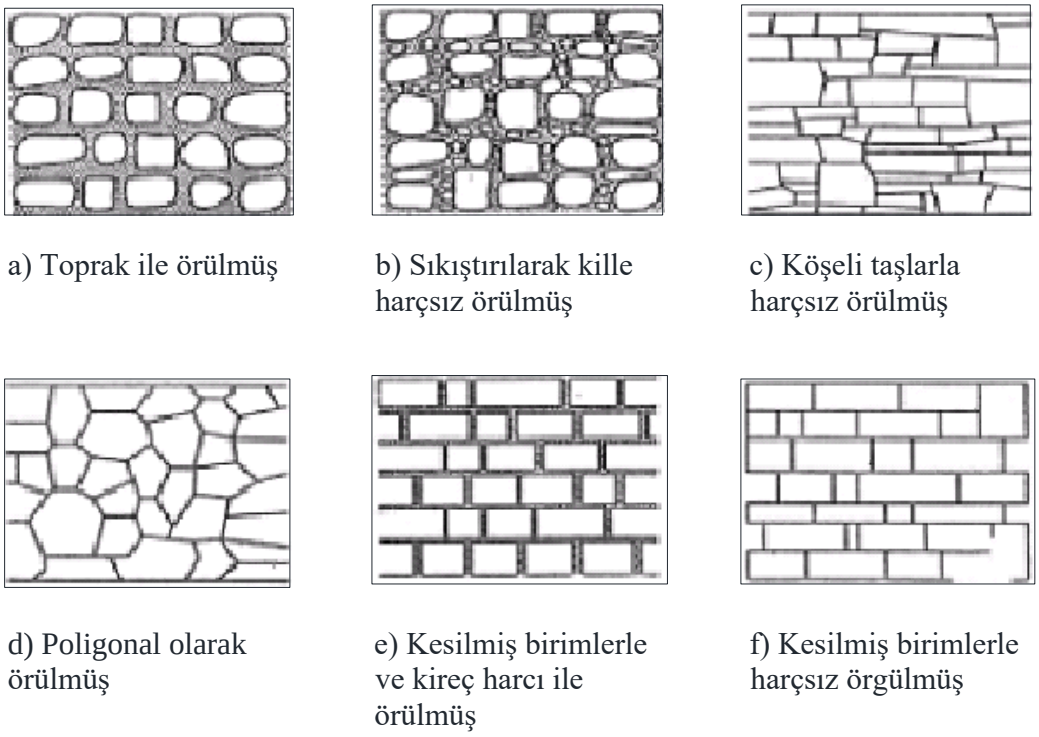
Boyutlar (mm)	Hacim (dm^3)	Yaklaşık Ağırlık (kg)
120x190x400 (Kuzu)	9,12	10-12
120x300x400 (Ana)	14,4	15-25
120x180x300 (Kuzu)	6,48	7-11
120x250x300 (Ana)	9,00	10-15

3.2.3. Doğal yapı taşları

Doğal yapı taşları, doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, homojen, atmosfer etkilerine dayanıklı ve teknolojik özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taştır. Yığma binaların yapımında kullanılacak doğal taşlar ocak taşı olmalı ve bünyelerinde çatlak, hava etkisi ile ayrışmış veya ayrışmaya başlamış kısımlar bulunmamalıdır (Sayın, 2009).

Eski çağlarda taş bir yapı malzemesi olmaktan ziyade daha çok avcılık ve hayvanlardan korunmak amacıyla kullanılırdı. Daha sonra insanların barınma ihtiyacını karşılamak için mağaralar yerine yapılan barınaklarda taş, yapı malzemesi olarak

kullanılmaya başlamıştır. İlk başlarda toplama taşlar doğrudan harçla bağlanarak duvarlar örülmüştür. Daha sonraları taşlar işlenerek şekillendirilmiş ve böylece düzgün ve hatta estetik duvarlar inşa etmişlerdir (Akman, 2003). Şekil 3.3'de ilk zamanlara ait taş duvar örgü biçimleri gösterilmiştir.

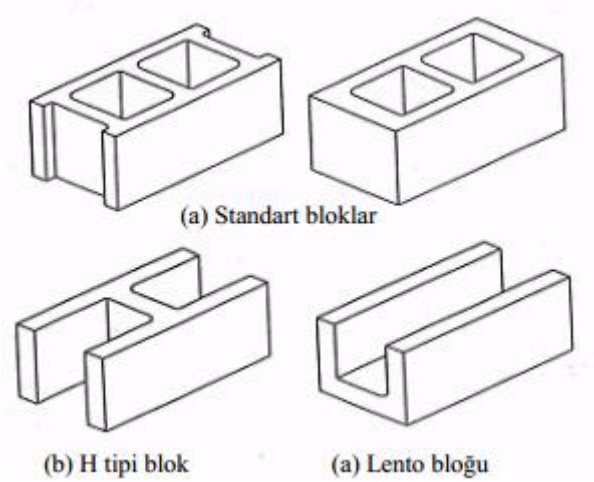


Şekil 3.3. Taş duvar örgü biçimleri (Drysdale ve ark., 1994)

Deprem bölgelerimde yapılacak binalar hakkında yönetmeliğe göre yığma yapıların inşasında doğal taş yapımına sadece bodrum ve zemin katlardaki taşıyıcı duvarlarda izin verilmektedir.

3.2.4. Beton briket

Beton briketler, çimento, hafif ve normal ağırlıktaki agregalar, su ve gerektiğinde katkı maddeleri eklenerek üretilirler. İhtiyaç halinde şantiyede bile üretilebilmektedirler. Genellikle boşluklu olarak üretilirler ve yağışsız havalarda açık havaya bırakılarak dayanım kazanmaları sağlanır. Şekil 3.4'de günümüzde kullanılan boşluklu bloklar gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Günümüzde kullanılan boşluklu bloklar (Yıldırım, 2007)

Ülkemizde tuğla üretiminin olmadığı, tuğla naklinin zor ve pahalı olduğu özellikle kırsal alanlarda taşıyıcı duvar ve dolgu duvar olarak beton briket kullanıldığı görülmektedir (Aytekin, 2006).

3.2.5. Bağlayıcı Harç

Yığma yapılarda kullanılan ve taşıyıcı duvarları oluşturan malzemelerin bir araya getirilmesinde kullanılan harç, su, çimento, kireç ve kumun belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan bağlayıcı maddedir (Atabey, 2011).

Eski çağlarda inşaat sektörünün en büyük sorunu hep bağlayıcı madde olmuştur. Yapı malzemelerinde ilk bağlayıcı harç olarak çamur kullanılmıştır. Yığma duvarların dayanımının büyük kısmı harç ile tuğla arasındaki yapışmaya ve çekme dayanımına bağlıdır. Bu nedenle harcın basınç dayanımından çok çekme ve tuğla arasındaki aderans dayanımı önemlidir (Aytekin, 2006).

Tarihi yığma yapılarda genellikle kireç harcı ve horasan harcı olmak üzere iki tip harç görülmektedir. Kireç harçları, çimentonun bulunmasına kadar geçen eski Yunan ve Roma dönemlerinde yapıların inşasında yaygın olarak kullanılmıştır. Kireç harcında, bağlayıcı madde olarak kireç ve dolgu malzemesi için de agrega karıştırılarak kireç harcı ve sıvaları elde edilmektedir. Horasan harcı ise, tuğla, kiremit vb. malzemelerin kireç ile karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Horasan, kırılmış öğütülmüş tuğla tozu ve kiremit benzeri pişmiş kildir. Bu horasan ve kireç ile elde edilen harca da horasan harcı denilmektedir. Horasan harcının dayanımı kirecin kalitesine ve tuğla tozunun inceliğine bağlı olarak değişmektedir (Mahrebel, 2006).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan çimento harçları en dayanıklı harçlardır. Bu harçlar, nem etkisindeki tabakalarda, dış duvarlarda ve parapet gibi çok açıkta yapılan işlerde ve yüksek mukavemet gerektiren tuğla ile inşa edilen yapılarda

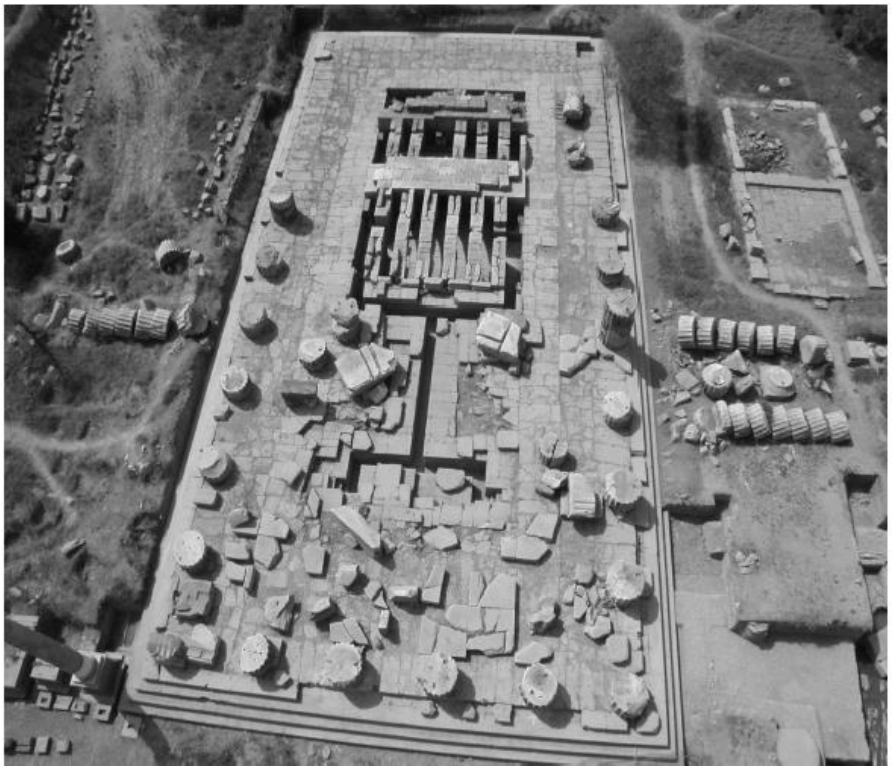
kullanılırlar. Bu tür önemli çalışmalarda harcın en önemli özelliğinin yüksek dayanımlı ve az geçirgen olmasıdır. Çimento miktarı az olan zayıf çimento harcını kullanmak pek uygun değildir. Çünkü çimento oranının belli bir oranda azaltılması işlenebilirliğin ve kohezyonun azalmasına yol açmakta ve gözenekli bir bileşim meydana geldiğinden donma direnci küçük olmaktadır (Aytekin, 2006).

3.3. Yığma yapı elemanları

Tarihi yığma yapı elemanları; duvarlar, kemerler, tonozlar, temeller, sütun ve ayaklar, merdivenler, döşemeler, kubbeler, köprüler vb. gibi yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş elemanlardır.

3.3.1. Temeller

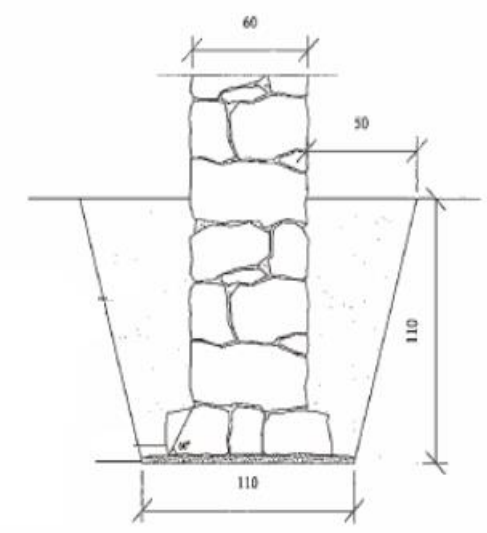
Yapıya etkiyen yatay ve düşey yüklerin zemine iletilmesini sağlayan taşıyıcı elemanlardır. Yapının üzerine oturan zemine yapılan yüzeysel temeller, sütun ve ayakların altına gelen tekil temeller ve duvar altına gelen sürekli temellerden oluşurlar. Derin temeller ise dolgu ve yumuşak zeminlerde, genellikle su içine inşa edilen yapılarda kullanılmıştır (Türker, 2010). Şekil 3.5'de tarihi bir yapının temeli gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Antik Klaros tapınak alanındaki Apollon Klaros Tapınağı temeli (Türker, 2010)

Tarihi yapı temellerine bakıldığında, günümüzdeki yapım tekniklerinin eksikliğinden dolayı bugünkü anlamda temel atma olanaklarının imkânsız olduğu görülmektedir ve temel türleri birkaç adedi geçmemektedir. Temel türlerine

baktığımızda, sağlam zeminlerde yüzeysel temeller yapılmıştır ve bunlar ayak ve sütunların altına gelen tekil temellerdir. Şekil 3.6'da yığma bir yapı elemanı altındaki tekil temel sistemi gösterilmektedir (Mahrebel, 2006).



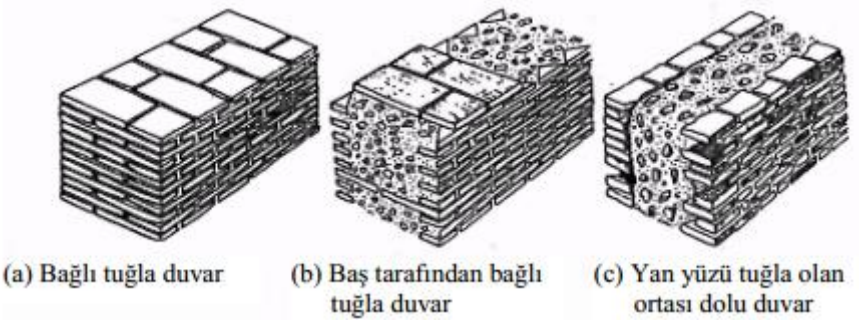
Şekil 3.6. Tekil temel (Mahrebel, 2006)

3.3.2. Duvarlar

Tarihi yapılarda taşıyıcı duvarlar, kesme taş, kaba yonu taş, moloz taş, tuğla ya da kerpiç gibi malzemelerle inşa edilen ve yapıdan gelen yükleri temele ileten sürekli elemanlardır. Duvarın en kesit boyutları, üzerine gelen eğik yüklerle, deprem yüklerinin etkisinin dikkate alınmasıyla belirlenir. Tarihi yığma yapılarda duvar kalınlıkları, yapıya etkiyen düzlem dışı yükler duvarların öz ağırlıklarıyla karşılandığından, olabildiğince büyük seçilir. Duvarların yatay ve düşey yükleri karşılayabilmesi için bir bütün olarak davranması gerekmektedir (Sesigür ve ark., 2007).

Yapı temel seviyesinden itibaren genellikle taş duvarlar devam eder. Doğal taşların yontulmasıyla oluşturulan bloklar düzgün sıralar halinde yatay olarak dizilmektedir. Düşeyde derzler şaşırtmalı olarak düzenlenmektedir. Duvarların iç ve dış kısmı boyuna taşlarla örülüp iç kısmına da dolgu duvar yapılabilir (Türker, 2010).

Kalın bir kâgir duvar, içi dolu ya da arası boşluklu olarak inşa edilebilir. Kalın duvarların iki farklı yüzünü oluşturan duvarlar aynı tip bloklarla yapılabildiği gibi farklı tip bloklarla karma olarak da yapılabilir. Duvarlar arası boş bırakılabilir ya da moloz taş ve harçla doldurulur (Türker, 2010). Şekil 3.7'da Romalılar zamanında yapılmış farklı tip tuğla duvarlar gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Romalılar zamanında yapılmış yığma duvarlar (Yıldırım, 2007)

3.3.3. Sütun ve Ayaklar

Tarihi yığma yapılarda düşey doğrultuda taşıyıcı eleman olarak duvarlardan başka sütun ve ayaklarda bulunabilir. Sütunlar tek bir malzemeden yekpare olarak olduğu gibi tek bir malzemeden tambur adı verilen genellikle dairesel blokların üst üste konması ile oluşmaktadır. Ayaklar ise duvarlar gibi olup aralıklı olarak düzenlenen tarihi yığma yapı elemanlarıdır (Türker, 2010).

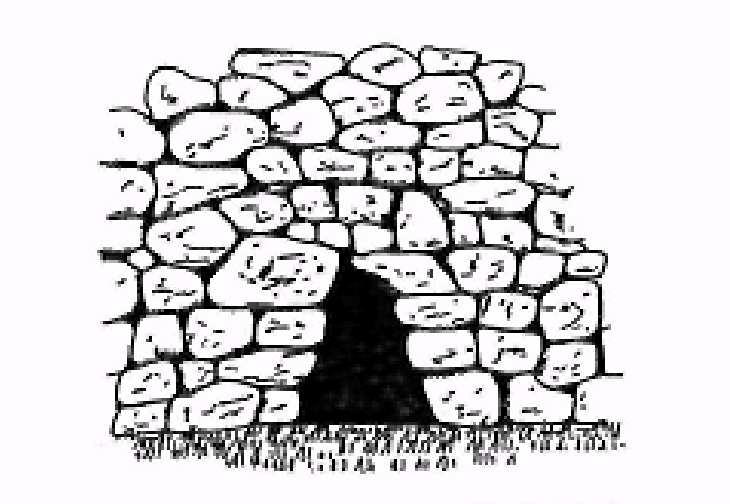
Tek parça ya da davul şekilli mermer, granit ya da başka taşlarla oluşturulan sütunlarda süreklilik, parçaların birbirine pimlerle bağlanması ile sağlanmaktadır. Şekil 3.8'de tek parça sütunlar şeklinde inşa edilmiş tarihi bir yapı görülmektedir.



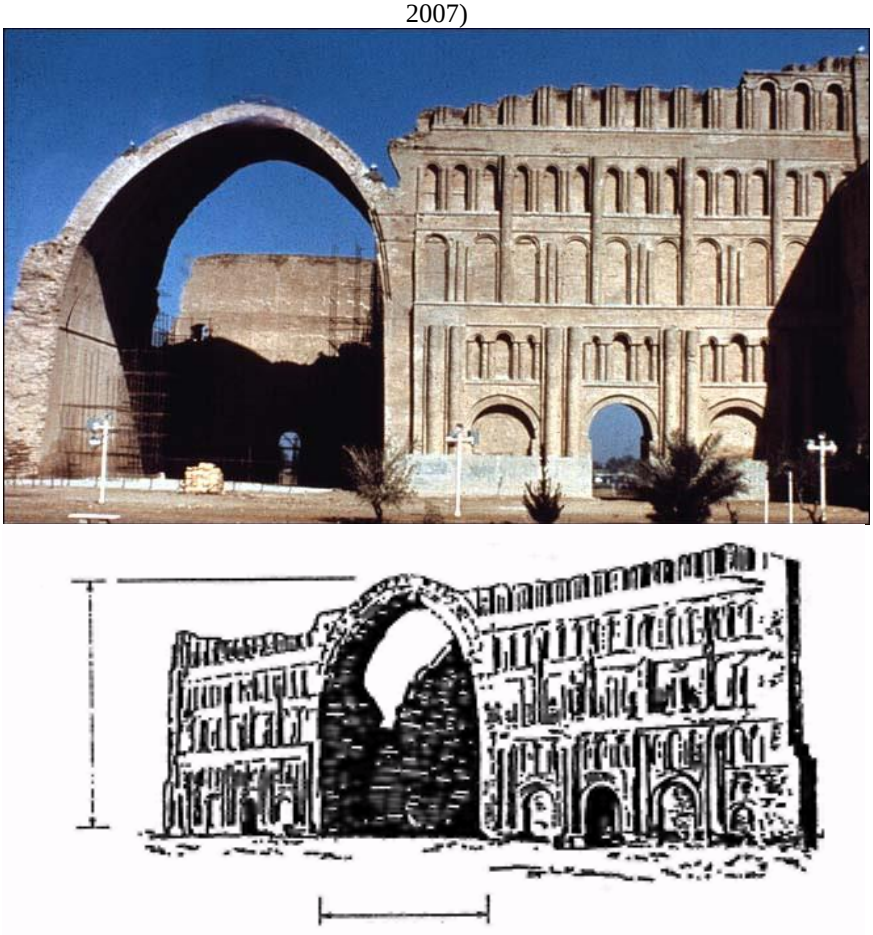
Şekil 3.8. Tek parça sütunlar (Sesigür ve ark., 2007)

3.3.4. Kemerler

Yatay ve düşey yükleri taşıyan ve belli noktalara aktaran yapı elemanlarıdır. Kemerlere etkiyen düşey yükler yapıdaki kerpiç, tuğla veya taş gibi taşıyıcı malzemeler ve detay malzemelerden oluşmaktadır (Türker, 2010). Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da M.Ö. ve M.S. yapılmış kemer yapıları görülmektedir.



Şekil 3.9. M.Ö. 600'de Yunanistan'ın Tiryns şehrinde yapılmıs duvar içinde dirsek kemer (Yıldırım, 2007)



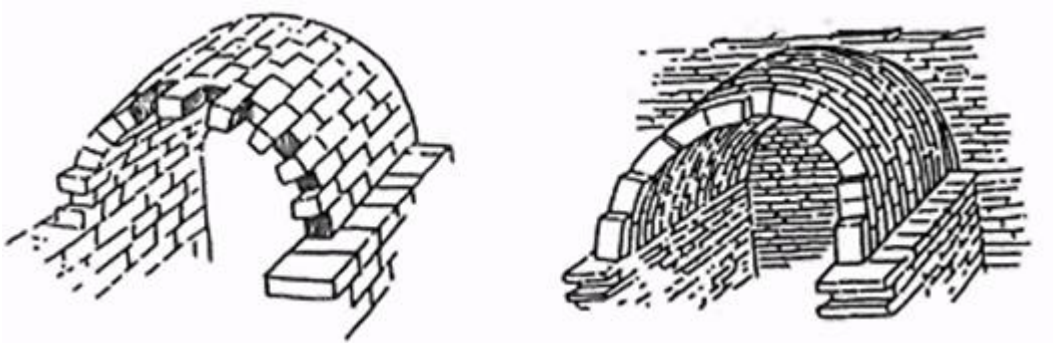
Şekil 3.10. M.S. 550'de Irak'da çamur tuğladan yapılmış Ctesiphon Sarayı (Yıldırım, 2007)

Kemerlere gelen yükler, eğrisel geometrilerinden dolayı herhangi birleşim yada köşe noktasında yoğunlaşmadan mesnetlere aktarılırlar. Kemerin duvara oturduğu yere "Üzengi Seviyesi" denir. Kemerin en üst noktasında "Kilit Taşı" bulunmaktadır. Üzengi seviyesi ile kilit noktası arasındaki mesafe kemerin sehimidir. İki üzengi noktası arası açıklık kemerin açıklığıdır ve açıklığa göre sehimi fazla kemerin taşıma gücü daha yüksektir (Yılmaz, 2006).

3.3.5. Tonozlar

Kemerin kendi düzlemine dik doğrultusunda ötelenmesi sonucu meydana gelen ve yük taşıma sistemi kemerlerdeki gibi olan aynı zamanda da kabuk özelliği gösteren tek eğrilikli yapıdır. Tonozlarda, basınç kuvvetlerinden dolayı basınç gerilmeleri oluşur (Türker, 2010).

Tonozlar tarihi yapılarda dikdörtgen şeklindeki alanların kapalı hale getirilmesinde kullanılmışlardır. Çapraz tonoz, beşik tonoz, ilkel tonoz ve manastır tonozu olmak üzere dörde ayrılır (Sesigür ve ark., 2007). Şekil 3.11'de tonoz yapı örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Tonoz yapılar (Yıldırım, 2007)

3.4. Yığma yapıların sınıflandırılması

Ülkemizde daha önceleri inşa edilen yığma yapılar mevcut standartlara göre sadece tek tip sarılmış tipte yığma yapı olarak inşa edilmekteydi. Ancak yeni standartlarla birlikte sarılmış ve donatısız yığma yapılara ilave olarak donatılı ve öngerilmeli yığma yapı türleri de standartlarımıza girmiştir (Sayın, 2009).

3.4.1. Donatılı yığma yapılar

Donatılı yığma yapılar duvar içerisine yatay olarak yerleştirilen donatıların yatay hatıllara yada düşey hatıllara bağlanmasıyla oluşturulur. Boşluklu yığma yapı elemanlarında boşluklara donatı yerleştirilmesi yada çift sıralı örülen duvarlar arasına yatay ve düşey donatı yerleştirilerek boşlukların harçla doldurulması ile oluşturulan yığma yapı türüdür (Kara, 2009).

3.4.2. Donatısız yığma yapılar

Donatısız yığma yapılar düşey ve yatay yüklerin doğrudan duvarların karşılayabileceği şekilde tasarlanmış yapılardır. Ancak bu yapılarda donatı kullanılmadığından deprem etkileri altında yapı sünek davranamadığından dinamik etkiler altında gevrek bir davranış gösterir. Duvarlarda oluşacak kayma gerilmeleri

bağlayıcı olarak kullanılan harç ile, döşemelere gelen yüklerin duvarlara aktarılması ise hatıl denilen kirişler ile karşılanmaktadır (Sayın, 2009).

3.4.3. Sarılmış yığma yapılar

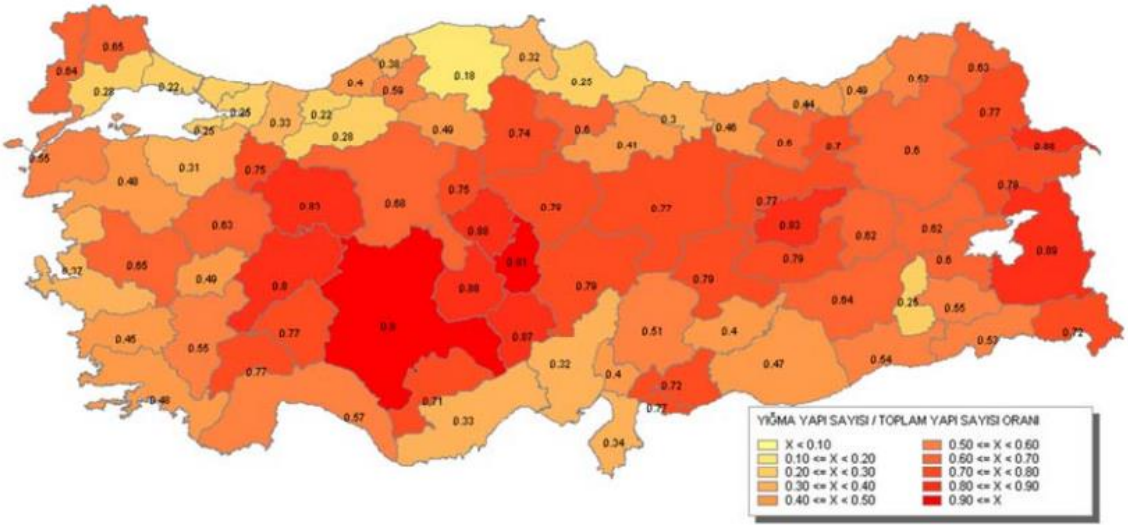
Yığma duvarlarda oluşacak çatlakların engellemek ya da bu çatlakları sınırlandırmak amacıyla taşıyıcı duvarları düşey ve yatay betonarme elemanlarla çerçeve içine alarak yapının deprem dayanımını artırmak amacıyla geliştirilmiş yapılardır. Bu betonarme elemanların çerçeve özelliği sayesinde yığma duvarların inşası da kolaylaşmaktadır (Sayın, 2009).

3.5. Türkiye'de yığma yapılar

Ülkemizde bulunan mevcut yığma yapılar eskiden kalma inşaat ustalık bilgileri ve gelişigüzel malzemelerle inşa edilmiştir. Ancak ülkemizde meydana gelen büyük depremlere bakıldığı zaman yığma yapılardan dolayı görülen acı kayıplar bize yığma binaların üzerinde çok durulmadığını ve kötü sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Yurtdışında yığma bina çeşitlerine bakıldığı zaman donatılı ve sarılmış yığma bina tipleri kullanıldığı görülmektedir ancak ülkemizde tek tip donatısız yığma binalar görülmektedir. Bunun sebebi ise ülkemizde yığma binalar kolay inşa edilebilen, ekonomik malzemeler kullanılarak ve inşaat bilgisine gerek görülmeyen yapılar olarak düşünülmektedir.

Türkiye'de özellikle kırsal kesimlerde ya da büyük şehirlerde gecekondu mahallelerinde yığma yapılar oldukça fazla görülmektedir. Ancak bu yapılarda da yine basit bir inşaat tekniği ve donatısız malzeme kullanımı görülmektedir. Geçmiş depremlere bakıldığı zaman yönetmeliklere uygun olarak inşa edilmiş yığma binaların ayakta kaldığı gözlenmiştir. Ancak yönetmelikler ve inşaat teknikleri göz ardı edilerek yapıların binalarda ciddi anlamda hasarlar gözlemlenmiştir.

Dilsiz ve ark, 2005 çalışmalarında 2000 yılı nüfus sayımı verileri ve DİE tarafından 2000 yılında gerçekleştirilen bina sayımı bilgileri ışığında Türkiye'de her il için toplan yığma yapı sayısının toplam bina sayısına oranını hesaplayarak harita halinde göstermişlerdir. Yığma yapı sayısının toplam yapı sayısına oranı Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Yığma yapı sayısının toplam yapı sayısına oranı (Türer ve ark., 2005)

Şekildeki haritaya bakıldığı zaman iç Anadolu bölgesinde yığma yapı sayısının yüzdesinin fazla olduğu görülmekte ve özellikle Konya ilinde bu oranın 0,90 olduğu görülmektedir.

Şekil 3.12'de ki haritada her il için yığma binalarda yaşayan toplam nüfus oranı haritada gösterilmiştir. Şekil 3.12'ye bakıldığında yığma binalarda yaşayan nüfuslar açısından birkaç il ön plana çıkmış olsa da genel olarak nüfus fazla olduğu için rakamsal olarak yığma binalarda yaşayan toplam insan sayıları göz ardı edilemez. Haritaya bakıldığında Türkiye'de en fazla Konya ilinde yığma bina yoğunluğunun olduğu görülmektedir. Türer ve ark. (2005) yılında yapıtlıkları çalışmalarında Konya ilinde yığma binalarda yaşayan insan sayısı 1849792 kişi olduğunu Şekil 3.13'deki haritada göstermişlerdir.



Şekil 3.13. Yığma binalarda yaşayan toplam nüfus haritası (Türer ve ark., 2005)

3.6. Deprem yönetmeliğinde yığma yapılar ve tasarım kuralları

Deprem bölgelerinde inşa edilecek yığma yapıların tasarımında, yükler etkisindeki davranışı ve yeterliliğinin sağlanması gerekmektedir. Taşıyıcı sistemi duvarlar ile oluşturulan yığma binaların tasarımı ve boyutlandırılmasında , günümüzde yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmelikler kullanılmaktadır (Özğan, 2009).

Deprem bölgelerinde yapılacak olan, hem düşey hem yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturulan yığma binaların ve bina türü yapıların boyutlandırılması ve donatılması bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik'teki yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları bölümünde belirtilen kurallara göre yapılmalıdır.

Yönetmelikte ilgili bölümde verilen kurallara göre; $S(T_1) = 2.5$ ve $R_a(T_1) = 2.0$ alınarak belirlenen deprem yüklerinin bina duvarlarında oluşturduğu kayma gerilmeleri hesaplanacak ve izin verilen sınır değerleri aşmaması sağlanacaktır (DBYBHY, 2007).

Deprem yönetmeliğinde yığma binalar için yapımına izin verilen kat sayıları deprem bölgelerine göre Tablo 3.5' de verilmiştir.

Tablo 3.5. DBYBHY-2007'ye göre yığma yapılar için izin verilen en çok kat sayısı

Deprem Bölgesi	En Çok Kat Sayısı
1	2
2,3	3
4	4

Tablo 3.5'de verilen en çok kat sayıları zemin kat ile üstündeki tüm katların toplamıdır. Bu katlara ek olarak yapılacak çatı katının alanı, temeldeki bina brüt alanının %25'inden büyük olamaz. Kat alanı, bina brüt temel alanının %25'inden büyük olan çatı katı tam kat sayılır. Ayrıca tek bir bodrum kat yapılabilir. Birden çok bodrum kat yapılmışsa Tablo 3.5'de verilen en çok kat sayısı bir kat azaltılacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalar bütün deprem bölgelerinde, bodrum katı sayılmaksızın, en çok bir katı yapılabilir.

Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3,0 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliği 2,70 m'den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliği 2,40 m'den daha çok olamaz.

Yığma binalarda taşıyıcı duvarlar planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere göre simetrik ya da simetriğe en yakın şekilde düzenlenmelidir. Ayrıca tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelmelidir.

Deprem hesap yükünün duvarların yatay derzlerine paralel olarak oluşturduğu kayma gerilmelerinin hesabı ise şu şekilde verilmiştir; yığma binanın her duvar eksenindeki kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar parçalarının göreli kayma rijitliği *k,* A/h ifadesinden hesaplanacaktır. Burada A dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı, h ise dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanıdır.

Duvara gelen deprem kuvveti duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmesi hesaplanacak ve Denklem 3.1'den bulunacak duvar kayma emniyet gerilmesi τ_{em} ile karşılaştırılacaktır.

$$\tau_{em} = \tau_0 + \mu\sigma \tag{3.1}$$

τ_{em} : Duvar kayma emniyet gerilmesi (MPa)

τ_0 : Duvar çatlama emniyet gerilmesi (MPa)

μ : Sürtünme katsayısı

σ : Duvar düşey gerilmesi

Duvarlarda kullanılan kargir birim cinsine göre duvar çatlama emniyet gerilmesi τ_0 değeri Tablo 3.6'dan alınacaktır.

Tablo 3.6. Deprem yönetmeliğine göre duvarların çatlama emniyet gerilmeleri (fem)

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	**Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi f_{em}(MPa)**
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	1.0
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35-45 arasında, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %45'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.5
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.3
Gazbeton (tutkal ile)	0.6
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.8

Taşıyıcı duvarlarda yığma malzemesi olarak Türk Standartlarına uygun doğal taş, dolu tuğla, TS-2510 ve TS EN 771-1'de taşıyıcı duvar malzemesi olarak izin verilen en büyük boşluk oranlarını aşmayan tuğlalar ve blok tuğlalar, gazbeton yapı malzeme ve elemanları, kireç, kumtaşı, dolu beton briket, kerpiç ya da benzeri kâgir malzemeler kullanılabilir.

Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak olan doğal ve yapay kagir elemanların en düşük basınç dayanımı 5.0 MPa olacaktır. Bodrum katlarda kullanılacak doğal taşların basınç dayanımı en az 10.0 MPa olacaktır. Bodrum katlarda beton duvar yapılması durumunda ise kullanılacak en düşük beton kalitesi C16 olmalıdır.

Taşıyıcı duvarlarda, sıva kalınlığı sayılmaksızın, en küçük kalınlıkları yığma binanın kat sayısına bağlı olarak Tablo 3.7'de verilmektedir.

Tablo 3.7. Taşıyıcı duvarların en küçük kalınlıkları (DBYBHY, 2007)

Deprem Bölgesi	İzin Verilen Katlar	Doğal Taş (mm)	Beton (mm)	Tuğla ve Gazbeton	Diğerleri (mm)
1, 2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1	200
	Zemin kat	500	-	1	200
1, 2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1,5	300
	Zemin kat	500	-	1	200
	Birinci kat	-	-	1	200
2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1,5	300
	Zemin kat	500	-	1,5	300
	Birinci kat	-	-	1	200
	İkinci Kat	-	-	1	200
4	Bodrum kat	500	250	1,5	300
	Zemin kat	500	-	1,5	300
	Birinci kat	-	-	1,5	300
	İkinci Kat	-	-	1	200
	Üçüncü kat	-	-	1	200

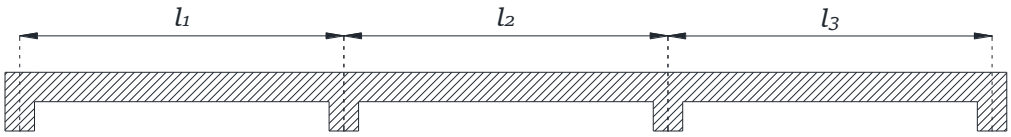
DBYBHY-2007'de taşıyıcı duvarlarda bırakılacak boşluklarla ilgili sınırlandırmalar ise şu şekildedir;

- ✓ Bina köşesine en yakın pencere yada kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1,5 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1,0 m'den az olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda bütün deprem bölgelerinde bu miktar en az 1,0 m'dir.
- ✓ Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1,0 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0,80 m'den az olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda bütün deprem bölgelerinde bu miktar en az 1,0 m'dir.
- ✓ Pencere ve kapı boşluklarının her iki kenarında betonarme düşey hatıllar yapılması durumunda minimum dolu duvar parçası uzunluğu %20 azaltılabilir.
- ✓ Bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların ara kesitine en yakın pencere ya da kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu, tüm deprem bölgelerinde 0,50 m'den az

olamaz. Boşlukların her iki kenarında kat yüksekliğince betonarme düşey hatıl varsa dolu duvar parçası 0,50 m'den az olabilir.

- ✓ Her bir kapı ve pencere boşluğunun plandaki uzunluğu 3,0 m'den daha büyük olamaz.
- ✓ Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun %40'ından fazla olmayacaktır.

Yığma duvarların mesnetlenme şekli ise Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Yığma duvarlarda mesnetlenme şekli

3.6.1. Lentolar

Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan uçlarının her birinin uzunluğu serbest lento açıklığının %15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Kerpiç duvarlı binalarda kapı üst ve pencere üst ve altlarına ahşap lento yapılabilir.

3.6.2. Yatay Hatıllar

Merdiven sahanlıkları da dahil olmak üzere her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerde betonarme döşeme ile birlikte dökülmüş betonarme yatay hatılların yapılması istenmektedir. Bu yatay hatıllar, taşıyıcı duvar genişliğine eşit genişlikte ve en az 200 mm yükseklikte olmalıdır. Hatıllarda beton kalitesi en az C16 olmalı ve içlerine taş duvarlarda en az üçü altta, üçü üstte 6Ø10, diğer malzemeden taşıyıcı duvarlarda ise en az 4Ø10 boyuna donatı ile birlikte en çok 250 mm ara ile Ø8'lik etriye konulacaktır. Kerpiç yığma duvarlarda ahşap hatıl yapılabilir.

3.6.3. Düşey Hatıllar

Yığma binaların deprem dayanımlarının arttırılması için bina köşelerinde; taşıyıcı duvarların düşey ara kesitlerinde, kapı ve pencere boşluklarının her iki yanında kat yüksekliğince uzanan betonarme düşey hatıllar yapılabilmektedir. Düşey hatıllar, her iki yandan gelen taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra duvarlara paralel olarak konulacak kalıpların arasındaki bölümün donatılarak betonlanması ile yapılacaktır.

Bina köşelerinde ve taşıyıcı duvarların ara kesitlerinde düşey hatılların en kesit boyutları kesişen duvarların kalınlıklarına eşit olacaktır. Düşey hatıllarda beton kalitesi en az C16 olmalıdır. İçlerine taş duvarlarda her iki duvar yüzüne paralel olarak en az 3

adet olmak üzere 6Ø12, diğer tüm malzemelerden taşıyıcı duvarlarda ise en az 4Ø12 boyuna donatı ile birlikte en çok 200 mm ara ile Ø8'lik etriye konulacaktır.

3.6.4. Döşemeler

Yığma binaların kat döşemeleri TS-500'deki kurallara göre tasarlanmış boyut ve donatıları olan betonarme plak ya da dişli döşemeler olacaktır (TS500, 2000). Konsol şeklindeki balkonlar, kornişler ve çatı saçakları yalnızca kat döşemelerinin uzantısı olarak yapılacak ve serbest konsol uzunluğu 1,5 m'den çok olmamalıdır.

3.7. Yığma yapıların analizi

Günümüzde tarihi yapıların korunması ve değerlendirilmesi amacıyla mevcut yapısal durumlarının kontrol edilerek ihtiyaç olması halinde onarılması ve güçlendirilmesi sık sık gündeme gelmektedir. Bu sebeple tarihi yapıların sayısal modellenmesi ve yapısal analizi son dönemlerde büyük önem taşımaya başlamıştır. Tarihi yapıların analizi, günümüzde yeni yönetmeliklere göre tasarlanmış olan binaların analizinden farklıdır. Tarihi yapıların analizi, taşıyıcı sistem elemanlarının ağırlığı, deprem, rüzgâr gibi hareketli yükler ve kullanım sırasında ortaya çıkan diğer yüklerin etkisiyle oluşan gerilmelerin ve iç kuvvetlerin hesaplanması amacıyla yapılmaktadır. Bu hesaplarla elde edilen gerilmeler taşıyıcı sistem elemanları için belirlenen taşıma gücü veya sınır gerilme değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmektedir. Bu tür yapısal hesaplamalara doğrusal elastik yaklaşımı denilmektedir. Ancak yığma yapılarda taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme özelliklerinin doğrusal elastik bir davranış sergilememesinden dolayı doğrusal hesap yöntemi etkili bir değerlendirme olmamaktadır. Malzemenin doğrusal olmayan özelliklerinin de dikkate alındığı hesap yöntemleri de bulunmaktadır (Hüsnü ve ark., 2012).

Yığma yapıların analizinde kullanılan belli başlı yöntemler; elastik analiz, plastik deformasyonlarında incelendiğinde doğrusal-elastik olmayan analiz ve çökme mekanizmasının da incelendiği limit analiz yöntemleridir. Doğrusal-elastik olmayan analiz yöntemi ve limit analiz yöntemlerinde malzemelerin gerilme-birim deformasyon özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerektiğinden bu hesap yönteminin uygulanmasında çok dikkatli olunması gerekmektedir. Aksi takdirde çok yanlış sonuçlar elde edilebilmektedir (Hüsnü ve ark., 2012).

Tarihi yığma yağıların karmaşık geometrik yapılarından ve farklı malzeme özelliklerinden dolayı günümüzdeki yöntemlerle analiz edilmesi oldukça zordur. Tarihi yapıların analizinde genellikle 3 boyutlu modeller oluşturularak sonlu elemanlar yöntemi ile bilgisayar ortamında analiz programları kullanılmaktadır. Ancak bu

karmaşık geometrik yapılarından dolayı yığma yapıların analizinde bazı sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Bu sorunların başlıca şöyledir; yapıyı oluşturan malzemelerin mekanik özelliklerinin bilinmemesi ve belirlenmesinin oldukça zor olması, yapının bütün geometrik özelliklerinin bilinmemesi, taşıyıcı elemanların kesitleri hakkında yeterli bilgi olmaması, yapıdaki hasaların ve tarihi boyunca geçirmiş olduğu onarımların tam olarak bilinmemesi gibi zorluklarla karşılaşılabilmektedir (Özen, 2005).

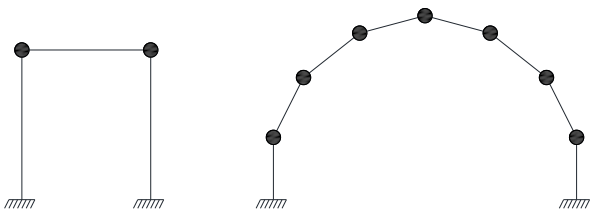
3.7.1. Yığma yapıların sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi ve analizi

Günümüzde yaygın olarak kullanılan sonlu elemanlar yöntemi, son yıllarda bilgisayar programlarının yapısal analizlerde kullanılmasına paralel olarak gelişen önemli bir sayısal hesap yöntemidir. Sonlu elemanlar yöntemi teorisinin geliştirilmesi 1900'lerde Ritz ve Galerkin'e dayanmaktadır. Bu yöntem, 1943'te Courant'ın kısmi diferansiyel denklemlerin çözümü için geliştirilmiş ve 1950'lerden bu yana bilgisayar yardımıyla bugünkü şeklini almıştır.

Karmaşık bir geometrik şekle sahip yapının sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesinde yapının bütünü, bir bölgesi ya da bir elemanı belirli bir matematik modele sahip sonlu büyüklükte elemanlarla ifade edilirler. Bu elemanlar köşe noktalarını oluşturan düğüm noktalarından birbirlerine bağlanırlar (Vatan, 2005).

Günümüzde gelişmiş bilgisayar teknolojilerinin kullanılarak taş ve tuğla gibi malzemelerden oluşan yığma yapıların davranışını incelemek yapılan çalışmalarda en büyük problem sayısal modelde malzemenin mekanik özelliklerini tam anlamıyla yansıtan bir model oluşturmanın zor olmasıdır.

Sonlu elemanlar yönteminde modelin oluşturulmasında çok fazla sonlu eleman tipi kullanılmaktadır. Bunlar; çubuk elemanlar (frame), kabuk elemanlar (Shell), katı (solid) ve bağlantı (link) elemanlardır. Çubuk elemanlar, basınç, eğilme ve eksenel deformasyon etkisinde olan kolon, kiriş, çerçeve ve kabloların modellenmesi için kullanılmaktadır. Şekil 3.15'de sonlu elemanlar yönteminde modellerde kullanılan çubuk elemanlardan çerçeve ve kemer modelleri gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Çubuk elemanlarla oluşturulan çerçeve ve kemer modeller

Yapı elemanlarının bir boyutunun diğer iki boyutunun yanında ihmal edilebilecek kadar küçük olması durumunda modellemede kabuk sonlu eleman kullanılır. Kabuk elemanın yüzeyini oluşturan elemanlar üç düğümle tanımlanan üç kenarlı ya da dört düğümle tanımlanan dört kenarlı olabilmektedir.

Katı (solid) eleman ise, dört, altı yada sekiz düğüm noktalı 3 boyutlu pramidal yada prizmatik elemanların modellemesinde kullanılmaktadır. Bağlantı (link) elemanı ise tuğlalar arasındaki harcı ifade eden bağlayıcı maddelerin modellenmesinde kullanılır.

3.8. Yığma yapılarda oluşan hasarlar ve güçlendirme yöntemleri

Yığma yapılarda duvarlar en önemli taşıyıcı elemanlardır. Bu sebeple taşıyıcı duvarlarda meydana gelebilecek hasarlar yapının taşıyıcı sistemini doğrudan etkilemektedir. Yığma yapıların en belirgin olumsuz özellikleri, taşıyıcı sistemlerinin deformasyon yapabilme yeteneğinin az olması, sünekliklerinin zayıf ve gevrek kırılmaya müsait olmalarıdır. Duvarlar deformasyon yapamadıkları işçin çatlarlar ve hatta sistemin aşırı yük taşıması sonucu göçmeler oluşur. Yığma yapılarda genellikle şu sebeplerle hasarlar meydana gelmektedir;

1- Yığma yapının tasarımının ve inşasının gerekli yönetmelik ve şartnamelere uygun olarak yapılmaması durumunda,
2- Yönetmeliklere göre tasarım yapılsa da depremin o bölge için beklenen yapı ömründen daha büyük olması durumunda,
3- Yığma yapı ağır olduğu için yapıya daha büyük yatay yük etki etmesi,
4- Taşıyıcı elemanların gevrek davranış göstermesi ve bağlayıcı harçların yeterli mukavemete sahip olmaması,
5- Yapının planda simetrik olmaması,
6- Yapıda kullanılan malzemelerin yetersiz dayanımı,
7- Malzeme ve işçiliğin yeterli olmaması,
8- Yapının inşasında oturduğu zeminin özelliklerinin dikkate alınmaması gibi durumlar söz konusudur (Öztaş, 2009).

Yığma yapılarda taşıyıcı elemanların başında duvarlar geldiği için deprem hasarlarının belirtileri duvarlarda meydana gelen çatlaklardır. Duvarda meydana gelen çatlağın genişliği ve derinliği, depremde meydana gelen kayma gerilmelerinin etkime süresine bağlıdır. Deprem sonrası yığma yapıların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Denetim Uygulama Merkezi tarafından hazırlanan yığma yapılar için hasar kriter tablosu Tablo 3.8.'de verilmektedir.

Tablo 3.8. Yığma yapılar için hasar kriterleri (Onar, 2011)

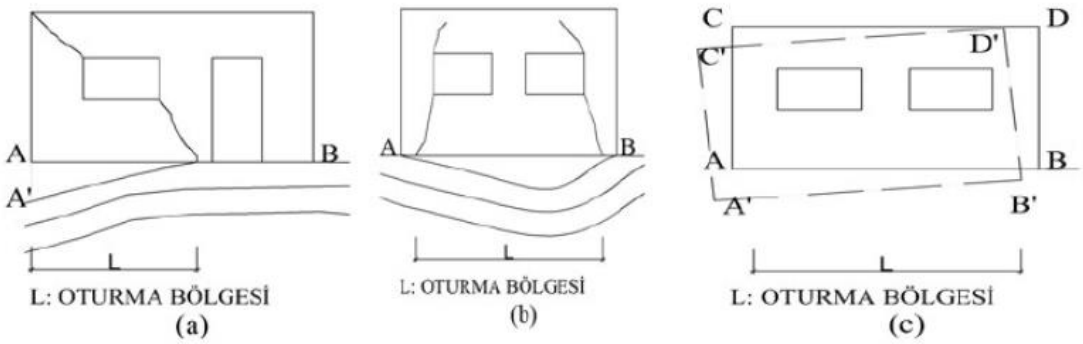
Çatlak genişliği	Hasar derecesi	Açıklama
0,1 mm'den az	Önemsiz	Taşıyıcı sisteme ve kullanıma etkisi yoktur.
0,1 mm - 0,3 mm	Önemsiz	Taşıyıcı sisteme ve kullanıma etkisi yoktur.
0,3 mm - 1 mm	Orta	Taşıyıcı sisteme etkisi yoktur. Mimari tamirler gerekir.
1 mm – 2 mm	Az	Taşıyıcı sisteme etkisi yoktur. Mimari tamirler gerekir.
2 mm - 5 mm	Orta	Taşıyıcı sistem etkilenir. Dış duvarlardan içeriye gelen hava akımı hissedilir. Yapının kullanımı etkilenir.
5 mm – 15 mm	Orta-Ağır	Pencere ve kapılar sıkışır. Su ve kanal bağlantıları kırılır. Yapı içine su ve soğuk girer. Pencere camları kırılır. Tuğla duvarlar parçalanır. Yığma kemerler çöker. Kabul edilemez çatlak sınırına ulaşmıştır.
15 mm – 25 mm	Ağır	Yapının taşıyıcılığı büyük tehlike altındadır. Önemli tamir ve takviyeler gereklidir.
25 mm'den çok	Çok Ağır	Yapıda ağır hasar mevcuttur, çok önemli takviye veya yıkım gereklidir.

3.8.1. Yığma yapılarda oluşan hasarlar

3.8.1.1.Zemin oturmalarına bağlı hasarlar

Yapıların oturduğu zeminde, yer altı sularının etkisi ile zemin parametrelerinde azalma olduğundan zeminin taşıma gücünün azalması sonucu temelde oturmalar oluşur. Yapı temellerinin altında oluşan bölgesel oturmalar yapı duvarlarında çatlakların oluşmasına sebep olmaktadır (Onar, 2011). Çatlakların yeri temel oturmasının olduğu bölümü gösterir. Yığma yapılarda kullanılan temel boyutları ile yapının duvarlarına gelen düşey gerilmeler karşılaştırılınca zemine aktarılan gerilmelerin zemine aktarılan değerlerin oldukça küçük olduğu görülmektedir. Eğer temel durumu çok kötü değilse yapının kendi ağırlığından dolayı oturma olasılığı düşüktür. Ancak tesisat ya da başka yeraltı su sızıntılarından dolayı temellerin altının boşalması ve buradaki killi zeminin kohezyonun azalması sonucu zeminde oturmalar oluşmakta ve bu da yapıya hasar vermektedir. Oturmaya sebep olan su kaçaklarının giderilmesi ve kuruyan kilin büzülmesi ile çatlaklar bir süre daha devam eder. Kurak mevsimlerin sonuna doğru zemindeki su içeriğinin azalması ile artan büzülme sonbahar mevsiminin başlangıcında yüksek düzeyde oturma çatlakları oluşturmaktadır. Bu sebeple birçok yığma yapıda zemine bağlı oturmalardan kaynaklanan çatlakların mevsimsel olarak açılıp kapandığı

görülmektedir (Öztaş, 2009). Şekil 3.16'da bir yapının farklı bölgelerinde meydana gelen oturmalar sonucu yapıda oluşabilecek çatlaklar gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Yığma yapılarda temel oturmalarından kaynaklanan hasarlar (Öncü, 2011)

1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde gevşek bir zemine oturan yığma binada duvarların göçmesinden oluşan hasar Şekil 3.17'de gösterilmiştir.

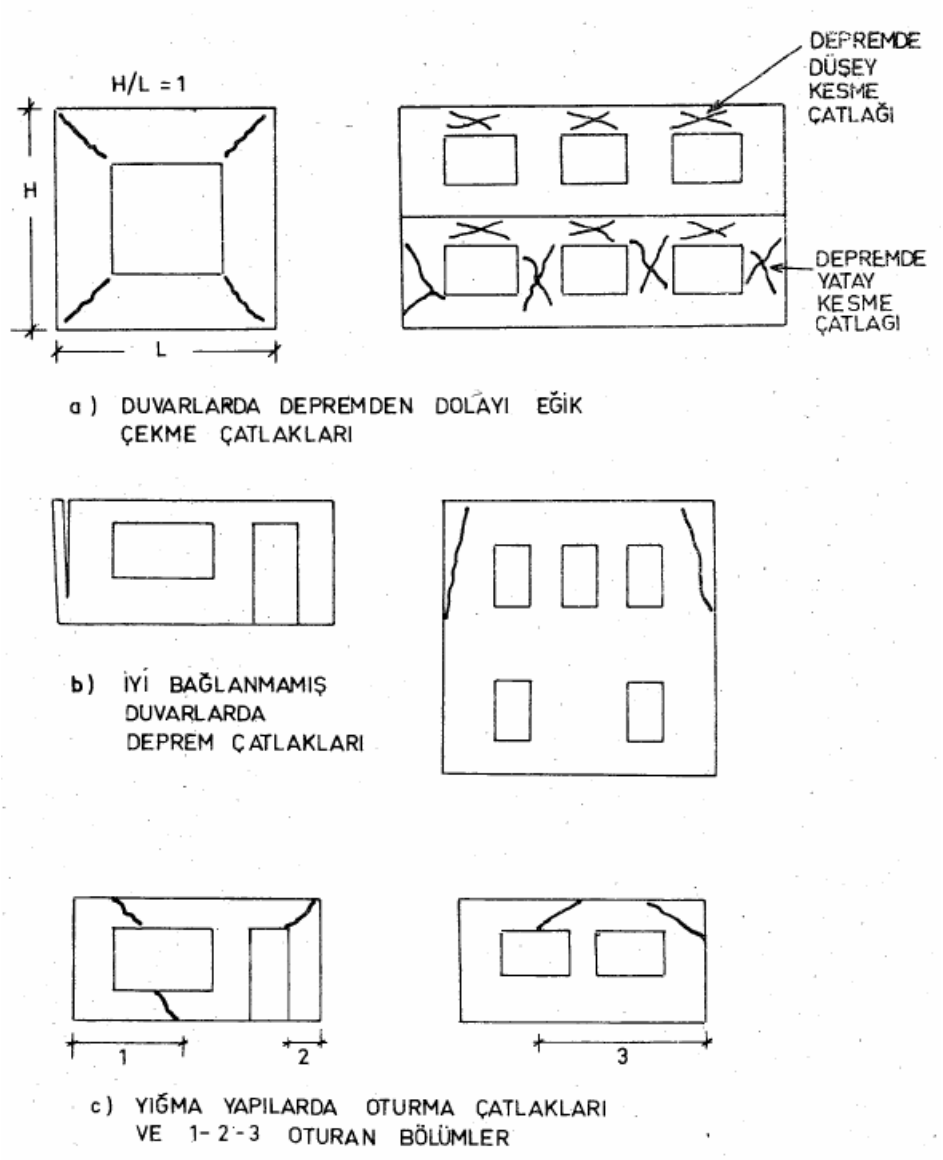


Şekil 3.17. Gevşek zeminli bir yapıda duvarda göçme (Batur, 2006)

3.8.1.2.Depreme bağlı hasarlar

Yığma yapılarda depremden dolayı meydana gelebilecek hasarlar duvarlarda çatlama ve kısmen yıkılmalar meydana gelmesidir. Özellikle yapı malzemesi olarak tuğla kullanılan yığma duvarlarda, tuğlanın gevrek bir malzeme olmasından dolayı çok küçük şiddetli depremlerde bile duvarlarda çatlaklar meydana gelebilmektedir. Çatlakları oluş biçimi ve yönü, duvarlardaki düşey ve yatay gerilmelerle birlikte duvarlardaki kapı ve pencere boşluklarının yerine ve miktarına bağlı olarak

değişmektedir. Şekil 3.18'de yığma yapı duvarlarında depremden dolay ve oturmadan dolayı oluşabilecek çatlak biçimleri verilmiştir (Öztaş, 2009).



Şekil 3.18. Tuğla yığma duvarlarda çatlaklar (Öztaş, 2009)

Depremde kuvvetler yapılara her iki asal doğrultuda etki etmektedirler. Bu iki taraflı etki ile yığma yapının köşelerinde duvar birleşim noktalarında elemanlar birbirini iter. Eğer duvarlar birbirine iyi bağlanmamışsa ya da hatıl ve tavan döşemesi yoksa köşe noktalar birbirlerini düzlem dışına iterek yapıda hasar oluşmasına sebep olurlar. Bu tür birleşim hatalarından dolayı 1999 Gölcük depreminde yıkılan bir binaya ait görüntü Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Yığma yapılarda meydana gelen duvar hasarları (Önal, 2012)

3.8.2. Yığma yapılarda hasarların sınıflandırılması

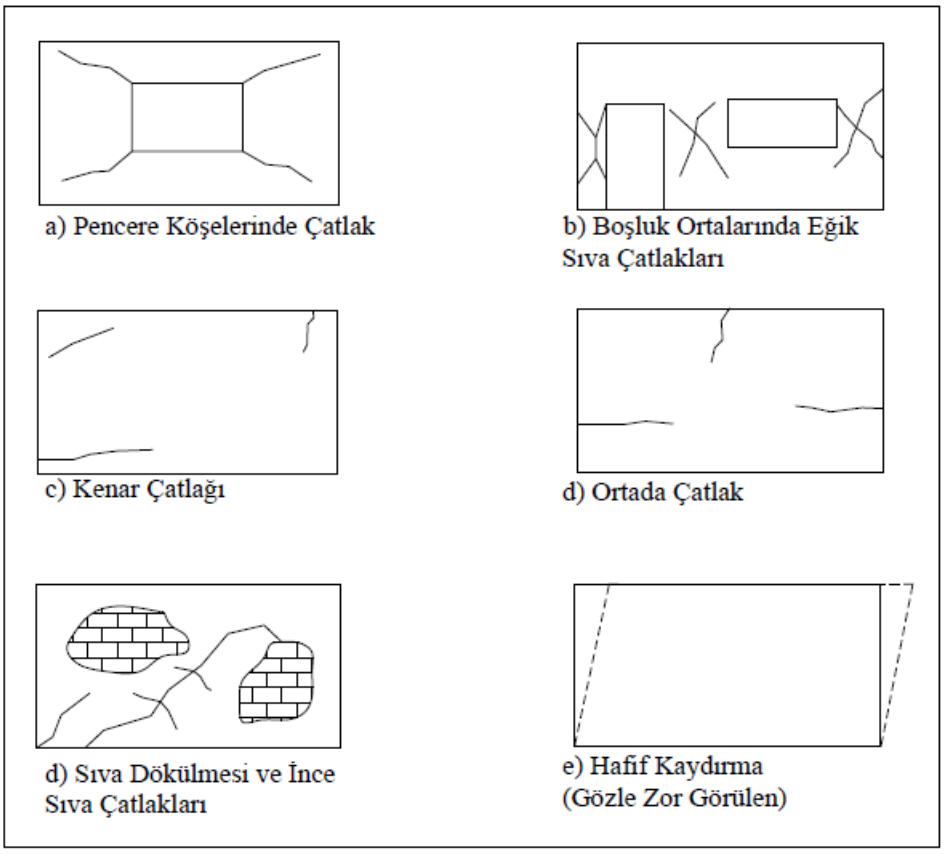
Türkiye'de meydana gelen orta ve büyük şiddetli depremlerde kırsal yapıların yarıdan fazlası ağır derecede hasar görmüştür. Büyük şiddetli depremleri az hasarlı yada hasarsız atlatan yığma yapılar sadece %10 civarındadır (Akgündüz, 2004). Yığma yapılarda hasar düzeyleri 5 aşamalı olarak belirlenebilir. Bunlar Hasarsız, Az hasarlı, Orta hasarlı, Ağır hasarlı ve Göçmüş yığma yapılar şeklindedir.

3.8.2.1.Hasarsız yığma yapılar

Bu hasar düzeyindeki yapılarda deprem etkisinde yapıda herhangi bir çatlak olmamıştır. Kılcal boyutta çatlaklar mevcut ise bunlar 1 mm'den daha ince sıva çatlaklarıdır. Depremden sonra bu hasar düzeyine giren yapılar herhangi bir onarım ve güçlendirme olmadan kullanılabilir (Önal, 2012)

3.8.2.2.Az hasarlı yığma yapılar

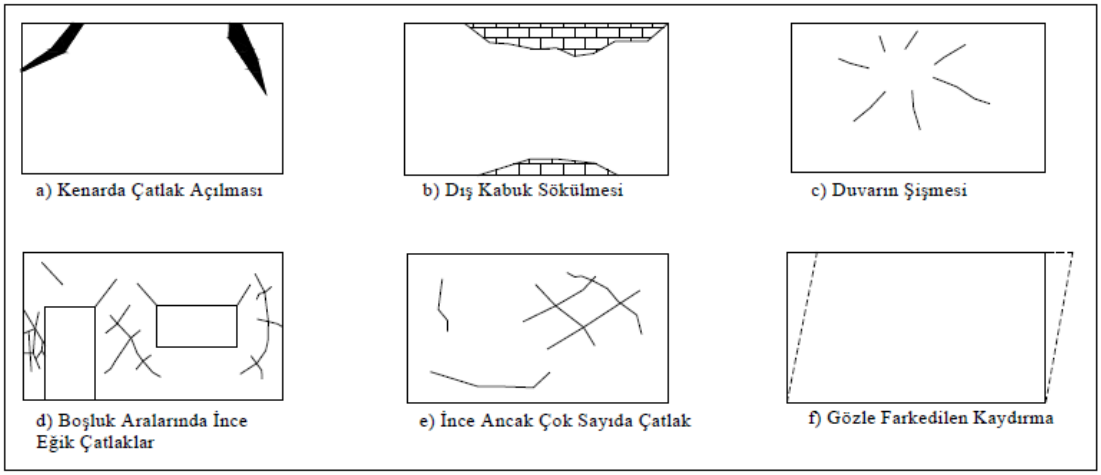
Bu hasar düzeyindeki yapılarda yığma yapılarda sıkça rastlanan X-şeklindeki kesme çatlakları gözlenmektedir. Bu çatlakların genişlikleri 1-10 mm arasında değişmektedir ve büyük olasılıkla duvarın içine kadar uzanmaktadır. Deprem hareketinin duvara dik yönde etkimesi durumunda ise duvarda yatay ve düşey çatlaklar meydana gelmektedir. Düşey çatlakların duvarların dikey birleşme noktalarında ve duvar orta kısımlarında görülür. Deprem etkisiyle duvarın düzleminden dışarıya doğru eğilmek istemesinden kaynaklanan bu çatlaklar eğilme çatlaklarıdır. Aynı şekilde düzlem dışı eğilme ile duvarın alt ve orta kısımlarında da yatay çatlaklara sebep olmaktadır (Onar, 2011). Şekil 3.20'de az hasarlı duvarlarda görülen çatlak şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Az hasarlı duvar örneklerinde görülen çatlaklar (Onar, 2011)

3.8.2.3.Orta hasarlı yığma yapılar

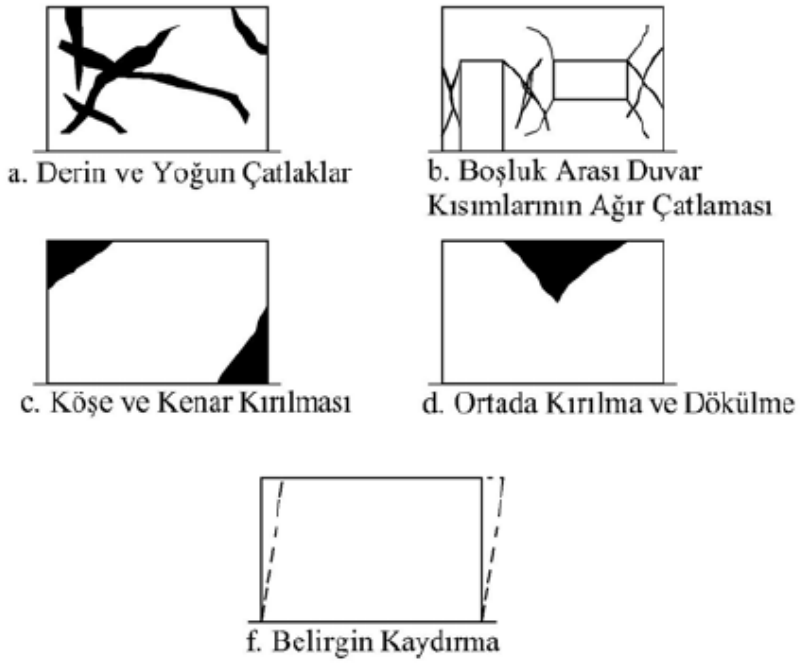
Yığma yapılar orta hasar düzeyine, az hasarlı durumdaki çatlakların büyümesi ve artmasıyla ulaşmaktadır. Depremin duvar düzlemine paralel olması durumunda eğik çatlaklar tüm duvar gövdesinde yaygın olarak gözlenebilmektedir. Kapı ve pencere boşluklarının olduğu duvarlarda çatlaklar boşluk aralarında kalan duvar kısımlarına kadar ilerleyebilmektedir. Duvarda düzlem dışı eğilme meydana gelmesi taş duvarlarda dış yüzeyine şişmesine ya da ortasından bir kısmın dökülmesine sebep olabilmektedir. Şekil 3.21'de orta hasarlı duvarlarda oluşan çatlak örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 3.21. Orta hasarlı duvarlarda oluşan çatlaklar (Öztaş, 2009)

3.8.2.4.Ağır hasarlı yığma yapılar

Bu hasar düzeyindeki yapılarda çatlaklar 25 mm'yi aşmaktadır. Bu ilave olarak, duvarların köşe noktalarından ayrışması, duvarlarda düşeylerden uzaklaşma, düşey yüklerden dolayı duvarlarda şişme ve duvarların kısmen yıkılması gibi durumlar gözlenmektedir. Bu hasar sınıfına giren yapıların önemli olması ya da acil kullanılması gerektiği durumlarda onarım ve güçlendirme ile kullanılması mümkün olabilmektedir (Önal, 2012). Şekil 3.22'de ağır hasarlı duvarlara ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 3.22. Ağır hasarlı duvar (Onar, 2011)

3.8.2.5.Göçmüş yığma yapılar

Taşıyıcı duvarlarının büyük bölümü yıkılmış, oturdukları duvarlarının yıkılması sonucu üzerindeki çatlak ve kırılmalarda döşemeli üst üste yığılmış olan yığma yapılardır. Onarım ve güçlendirme yapılamazlar. Yığma yapıların hasar düzeylerinin ve onarılıp onarılmayacağının belirlenmesi deprem şiddeti ve yapıda meydana getirdiği hasar arasındaki ilişkiye göre yapılmaktadır. Diğer taraftan eğer yığma yapının ekonomik ömrü bitmiş ise yapının yıkılarak yeniden yapılması onarılmasından daha ekonomik olacaktır (Önal ve ark., 2012).

3.8.3. Yığma yapılarda onarım ve güçlendirme yöntemleri

Depremde hasar görmüş bir yapının taşıyıcı sistem güvenliği açısından deprem öncesi durumuna getirilmesi işlemine onarım denilmektedir. Güçlendirme ise, bir yapının, hasar görmüş ya da görmemiş, deprem öncesinde sahip olduğu taşıyıcı sistem güvenliğinden daha iyi bir duruma getirmektedir. Yani yapının güçlendirilmesi için hasar görmüş olması gerekmez (Üstündağ, 2000).

Yığma yapılarda, yapının yanlış inşaat uygulamaları, kullanıcıdan kaydaklanan deformasyonlar, yapının mevcut standartlara uygun olmaması ve taşıyıcı sistem malzemesindeki dayanım yetersizliği gibi sebepler bu yapıların güçlendirilmesini zorunlu kılmaktadır (Onar, 2011).

Tarihi yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesinin yapılmasından önce, yapıların mevcut durumlarının rölevesi çıkartılmalı ve yapıda meydana gelen hasarlar incelenmelidir. Onarım ve güçlendirme için kullanılacak olan yöntemin belirlenmesinde yapının taşıyıcı sisteminin davranışı ve yük dağılımı bilinmelidir. Yığma yapılarda en önemli taşıyıcı elemanlar duvarlar olduğu için, bu yapıların onarım ve güçlendirilmesinde duvar çatlaklarının onarılması ve duvarların en kesit alanlarının arttırılması gereklidir. Onarım ve güçlendirme yapılırken aynı zamanda yapının tarihi dokusunu bozmadan yapılabilecek güçlendirme tekniği seçilmelidir (Kara, 2009).

Yığma yapıların onarım ve güçlendirmenin ana ilkeleri şunlardır (Öztaş, 2009);

- Deprem etkisi altında yapının ağırlığının önemli bir faktör olmasından dolayı yapının yükünün azaltılması gerekmektedir.
- Yapıda yönetmelik sınırlarını aşan kapı ve pencere boşluklarının kapatılması gerekmektedir.
- Yapının kütle ve rijitlik merkezinin çakışması gerekmektedir. Çakışmıyorsa yapıda oluşabilecek burulma etkisini önlemek için yeni duvarlar yapılarak kütle ve rijitlik merkezi çakıştırılmalıdır.

- Yapıda kullanılacak olan onarım ve güçlendirme yöntemi için gerekli işçilik ve malzemenin uygulanabilir olması gerekmektedir.
- Yapının yatay ve düşey yüklere göre taşıma gücü arttırılmalıdır (Üstündağ, 2000).

3.8.4. Çatlakların onarımı

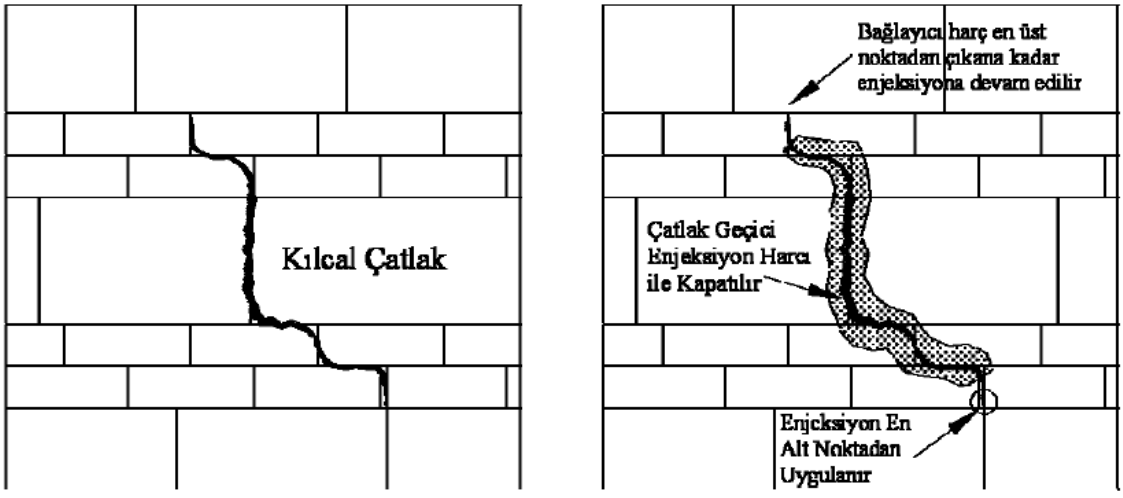
3.8.4.1.Küçük çatlakların onarımı

Yığma yapılarda özellikle duvarlarda sıkça görülen çatlakların onarılmasının yapının taşıma gücünü pozitif yönde etkisinin olduğu kesindir. Çatlakların onarım yöntemi ise çatlaklarını bulunduğu yere ve çatlak derinliklerine göre değişmektedir.

İnce çatlakların ve boşlukların onarılmasında en etkili yöntem çatlaktaki boşluğa duvarda bağlayıcı madde olarak kullanılan harca benzer bir malzemenin enjekte edilmesidir. Enjekte edilen malzeme miktarı çatlakların uzunluğuna ve çatlaktaki boşlukların hacmine göre değişmektedir. Enjeksiyon yönteminde yapılan işler şu şekilde sıralanabilir (Aköz, 2008);

1- Çatlakların basınçlı bir hava ile temizlenmesi ve geçici olarak kapatılması
2- 10-20 cm arayla 15-40 cm derinlikte 14 mm çapında delik delinmesi
3- Enjeksiyon packerlarının çakılması
4- Reçinelerin özel enjeksiyon pompaları ile enjekte edilmesi
5- Packerlerin sökülmesi ve delik yerlerinin onarılması

Şekil 3.23'de çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarılmasına ait bir örnek verilmiştir.

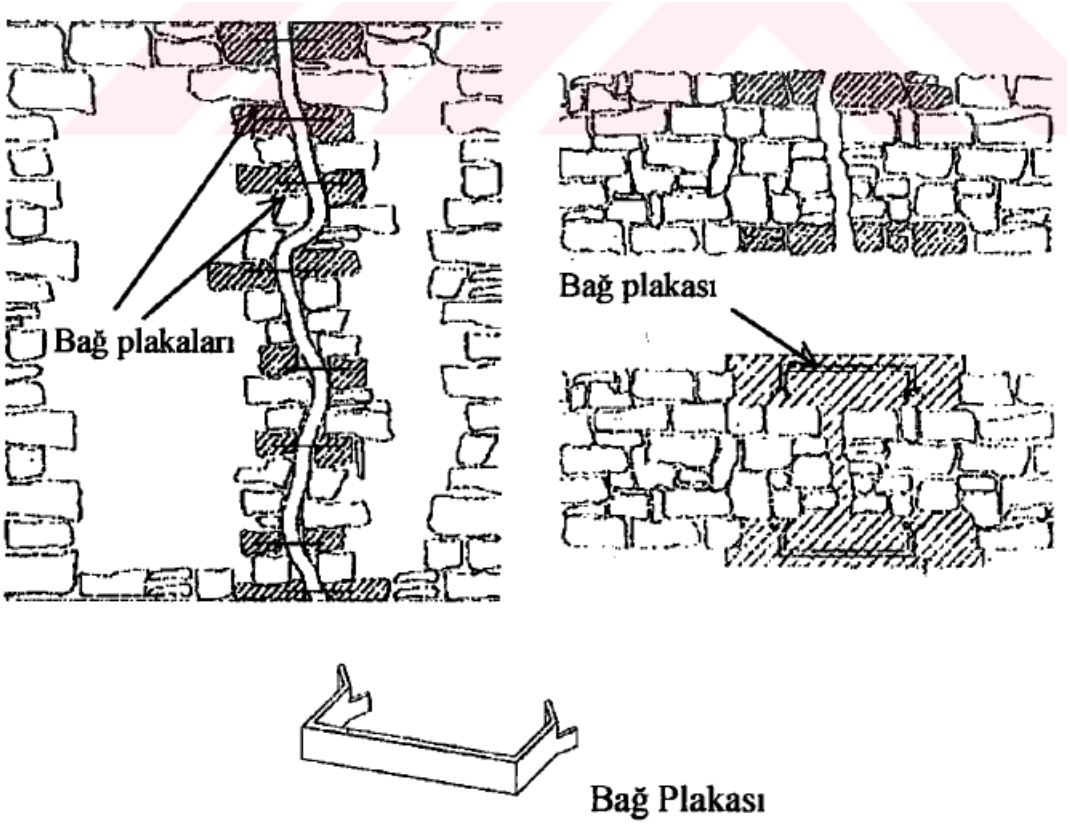


Şekil 3.23. Çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarılması (Aköz, 2008)

3.8.4.2.Geniş çatlakların onarımı

Taş, tuğla vb. malzemelerle inşa edilmiş yığma duvarlarda duvarların her iki tarafında oluşan çatlakların onarılmasında çatlağın bulunduğu yerdeki malzemelerin

çıkarılarak buraya özel hazırlanmış çelik bağlantı elemanları yerleştirilerek onarım yapılmaktadır. Çatlak kısmında boşaltılan bölümler ise yüksek dozlu çimento harcı ile doldurulmaktadır. Şekil 3.24 ve Şekil 3.25'de çatlakların bağ plakası ile dikilerek örülmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Geniş çatlakların bağ plakası ile onarılması (Üstündağ, 2000)



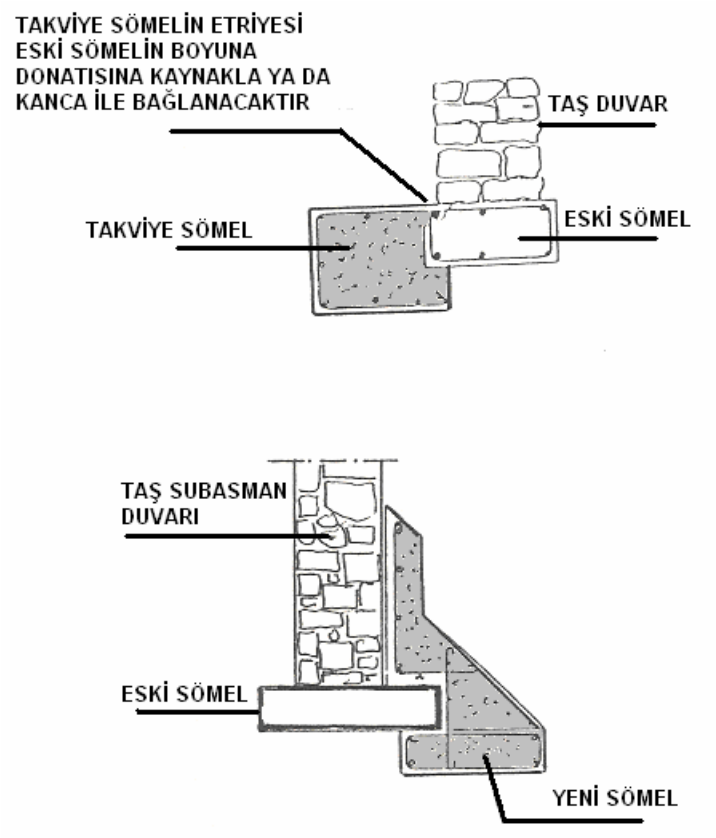
Şekil 3.25. Çatlak bir duvarın dikilerek onarılması (Aköz, 2008)

3.8.5. Taşıyıcı elemanların güçlendirilmesi

3.8.5.1.Temellerin güçlendirilmesi

Yapıların deprem önce ya da sonrası onarım ve güçlendirilmesi yapı yüklerinin artmasına sebep olabilir. Böyle bir durumda yeni yüklerin emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için temellerinde güçlendirilmesi gerekmektedir. Yapı temellerinin güçlendirilmesinde öncelikle temelin güçlendirilmesini gerektiren sebepler belirlenmeli ve zemin özellikleri incelenmelidir. Güçlendirme yönteminin seçiminde yapı zeminin özellikleri dikkate alınmalıdır.

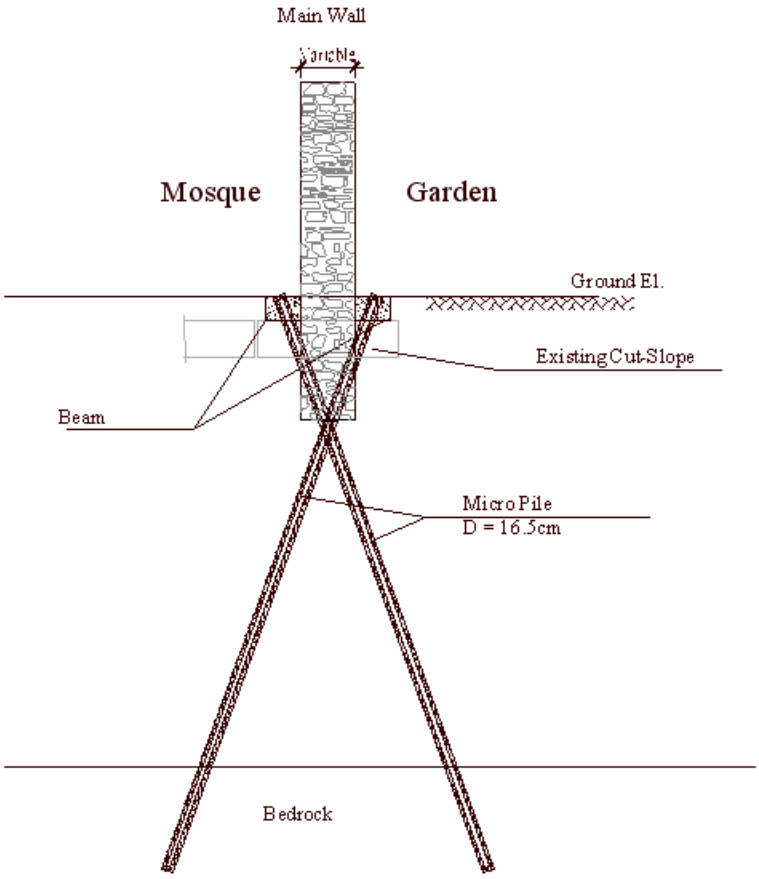
Yığma yapılarda güçlendirme için uygulanabilecek en etkili yöntemler; 4-5 metre derinlikte ya da yer altı su seviyesinin düşük olduğu durumlarda yapının altına kazılarak ulaşılır ve temelde değişiklikler yapılır. Mevcut duvar ve temeller geçici olarak desteğe alınır ve yeni temel sistemi inşa edilir (Kara, 2009). Şekil 3.26'da temellerin güçlendirilmesine ilişkin detaylar verilmiştir.



Şekil 3.26. Temellerin güçlendirilmesine ilişkin detaylar (Kara, 2009)

Taşıma gücü düşük olan zeminlerde temel yüklerinin daha derinlerdeki zemin tabakalarına aktarılması gerekmektedir. Çakma kazıklar, itmeli kazıklar ve jet-grout kolonları bu tür güçlendirmeler için kullanılmaktadır. Küçük Ayasofya Camii'nin temellerinin farklı özelliklerdeki zeminlere oturması ve zayıf olan zeminin fazla

oturması sebebiyle yapıda hasarlar meydana gelmiştir. Bu soruna çözüm olarak yapının temelleri mini kazıklarla güçlendirilmiştir (Aköz, 2008). Şekil 3.27'de Küçük Ayasofya Camii'ne ait temel güçlendirmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Küçük Ayasofya Camii'nde mini kazıklarla temel takviyesi (Aköz, 2008)

3.8.5.2.Duvarların güçlendirilmesi

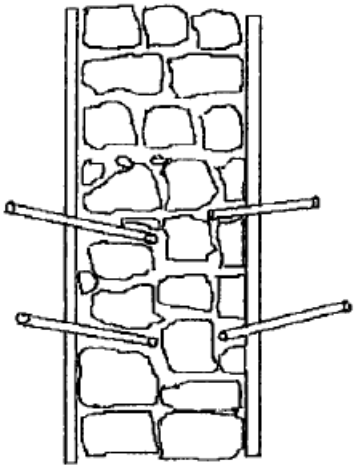
Yığma yapılarda taşıyıcı duvarlar kayma ve basınç etkisinde kalmaktadır ve bu yapıların deprem etkisi altında duvarlarda oluşan basınç ve kayma gerilmelerinin emniyet gerilmelerini aşmaması gerekmektedir. Emniyet gerilmelerini aşması durumunda ise bu duvarların en kesit alanlarının arttırılması gerekmektedir. Duvarların en kesitleri ek duvarlar yapılarak ya da püskürtme betonla yapılan takviyelerle gerçekleştirilir. Ek duvarların yapımında yeni yapılacak olan duvarların eski malzemeye uyumlu olması ve ankrajının iyi yapılması gerekmektedir.

Duvarların güçlendirilmesinde günümüzde sıkça kullanılan yöntemler; çimento enjeksiyonu, betonarme mantolama, gergi demirleri ile güçlendirme, betonarme

hatıllarla güçlendirme, ahşap dikme ve çaprazlarla güçlendirme şeklinde sıralanabilir (Kara, 2009).

a) Çimento enjeksiyonu ile güçlendirme

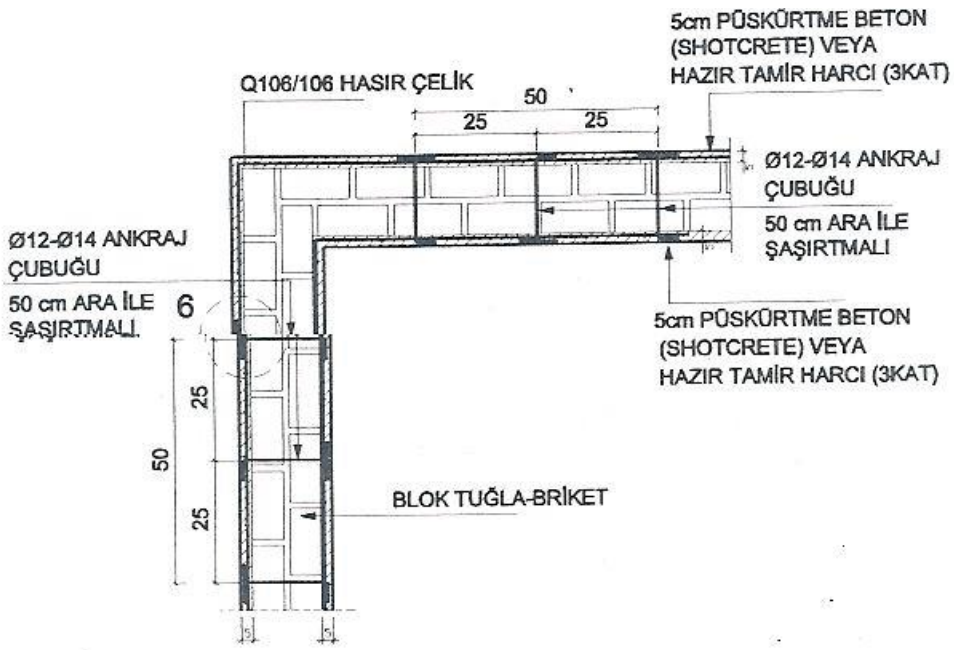
Çimento enjeksiyonu moloz taş duvarların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun için, duvarın içlerine kadar uzanan borular yerleştirilir ve duvarın iç ve dış yüzeyi 2-3 cm kalınlıkta sıva ile kaplanır. Alttaki deliklerden başlanarak duvara çimento şerbeti enjekte edilir. Çimento enjekte edilen delikler kapatılır ve bu işlemler tüm delikler için uygulanır. Özellikle kırsal bölgelerde inşa edilmiş olan yığma yapılarda harç olarak kullanılan çamurun zamanla dökülmesinden dolayı oluşan hasarlar bu yöntemle onarılabilmektedir (Üstündağ, 2000). Şekil 3.28'de çimento enjekte edilerek güçlendirilen duvara ait görüntü verilmiştir.



Şekil 3.28. Çimento enjekte edilerek taş duvarın güçlendirilmesi (Üstündağ, 2000)

b) Püskürtme beton uygulaması

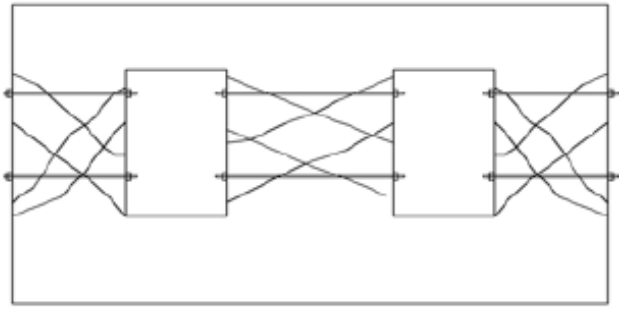
Bu yöntem yığma duvarların güçlendirilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulama özellikle kalıp kurma imkanının olmaması ya da ekonomik olmaması durumlarında kullanılır ve püskürtme betonun basınçlı hava ile duvara yapılması ile uygulanır. Taşıyıcı duvarlara epoksi ile ankraj çubukları yerleştirilir ve hasır çelik donatı bu ankrajlara sabitlenir. Bu uygulamanın duvarın iki tarafına yapılması tercih edilmelidir. Ancak üst katlarda kat kesme kuvvetleri azalacağından güçlendirme boyları azaltılabilir yada duvarların sadece bir tarafına uygulanabilir. Püskürtme beton uygulaması tabakalar halinde yapılmalıdır. Her tabakadan sonra kuruması beklenmelidir (Öztaş, 2009). Şekil 3.29'da iki taraflı püskürtme beton uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 3.29. İki taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması (Kara, 2009)

c) Gergi demirleri ile güçlendirme

Yığma yapılarda duvarlarda oluşan çatlakların önlenmesi için duvar içerisine çatlakları kesen donatılar yerleştirilmektedir. Şekil 3.30'da depremde pencere boşlukları arasında kalan duvarlarda oluşmuş çatlakların büyümesinin önlenmesi için yapılmış gergi demiri uygulaması gösterilmiştir.



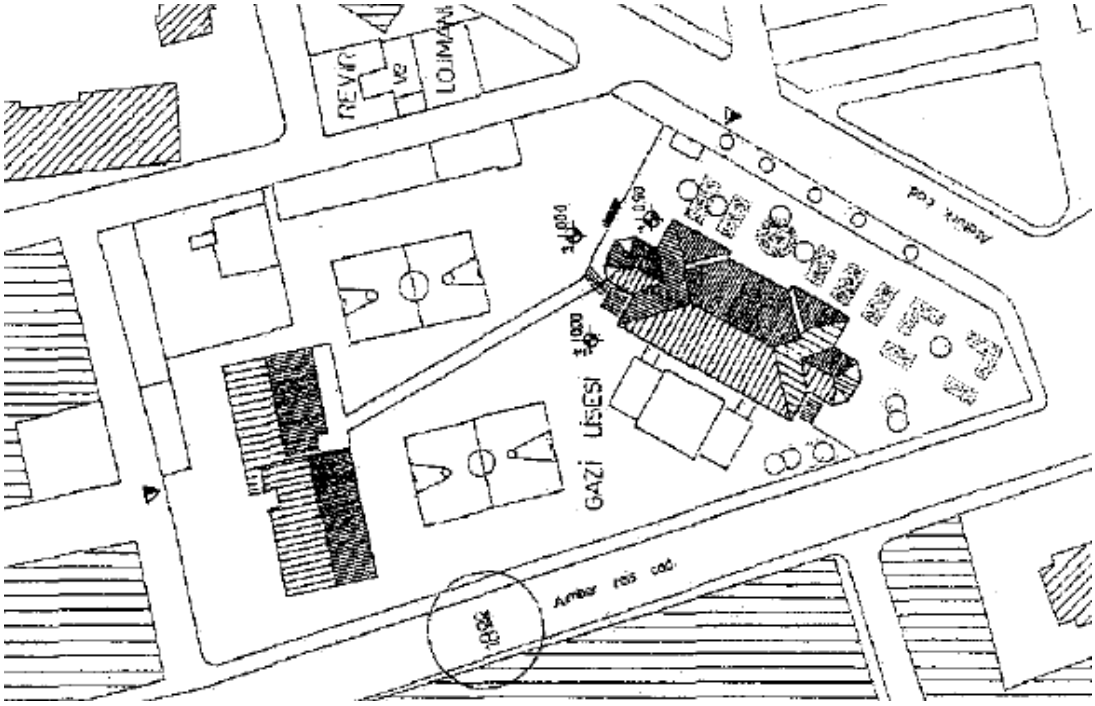
Şekil 3.30. Pencere boşlukları arasındaki duvarların gergi demirleri ile güçlendirilmesi (Onar, 2011)

4. ÖRNEK ÇALIŞMA: TARİHİ KONYA-GAZİ LİSESİ

4.1.Yapının tanıtılması

4.1.1. Tarihçe

Araştırma konusu olan Konya Gazi Lisesi'nin, eski adıyla Konya Dar'ül Muallim'in mimarı Mimar Muzaffer beydir. 1914'de uygulaması başlanan yapının inşası 1917 yılında tamamlanmıştır. 1917'de kullanıma açılan bina 1923 yılına kadar Askeri Rüştiye olarak kullanılmıştır. 1923-1934 yılları arası Dar'ül Muallim, 1934-1972 yılları arasında Konya İdadi ve 1972'den günümüze kadar ise Gazi Lisesi ve Konya Lisesi olarak kullanılmıştır. Şekil 4.1'de Gazi Lisesi'ne ait vaziyet planı verilmiştir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de Gazi Lisesi'ne ait ön ve arka cephe görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.1. Gazi Lisesi'ne ait vaziyet planı (Çiftçi, 2011)



Şekil 4.2. Gazi Lisesi ön cephe görüntüsü (Anonim, 2016b)



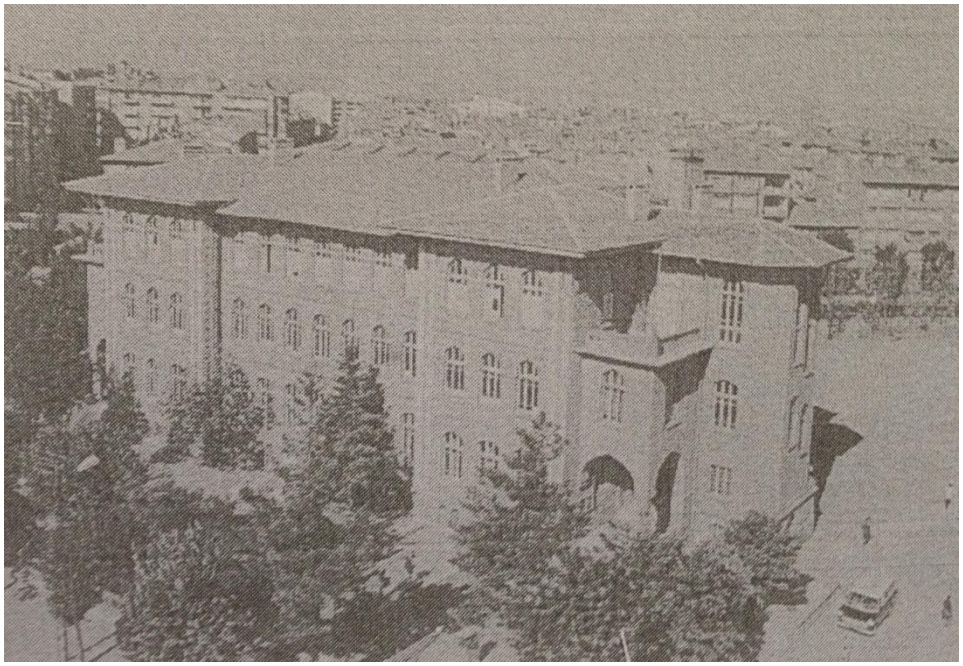
Şekil 4.3. Gazi lisesi arka cephe görünümü

Günümüzde lise binası olarak kullanılan bu idadi, ilk kez Nizamiye Medresesinde, 5 sınıflı olarak, 1 Eylül 1889 yılında açılmıştır. 1893 yılında yatılı kısmı da ilave edilmiş ve bununla birlikte yatakhane, yemekhane, laboratuvar, mescit, müze, revir gibi tesisler de eklenmiştir. 1894 yılında bir müdür, 3 muavin ve 24 öğretmen ile eğitim verilmekteydi. İdadide Ulum-u Diniye, Arapça, Türkçe, Farsça, Fransızca, cebir, hendese, tarih, coğrafya, fen dersleri vs. okutulmaktaydı. 1913 yılından sonra bu yapı Konya Sultanisi adıyla anılmaya başlanmış ve beş sınıflı bir İptidai ilave edilmiştir. Cumhuriyetin ilan edilmesinden sonra adı Konya Lisesi olarak değiştirilmiş ve 1934 yılında bugünkü Gazi Lisesi binasına taşınmıştır. O yıllarda okul, orta ve lise kısımdan

meydana gelmekte ve ayrıca yatılı ve gündüzlü öğrencilere eğitim vermekteydi (Çiftçi, 2011).

4.1.2. Mimari özellikleri

Yapı Konya kent merkezinde, Atatürk Caddesi ve Amber Reis Caddesinin kesişimin de bulunmaktadır. Söz konusu yapı okul arsasının güneyinde yer almaktadır. Doğusunda spor salonu, laboratuvarlar ve konferans salonlarını içeren binalar bulunmaktadır. Bu üç binaların ortasında kalan boş alan spor ve tören alanı olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.4'de Gazi lisesine ait bir görüntü verilmiştir.



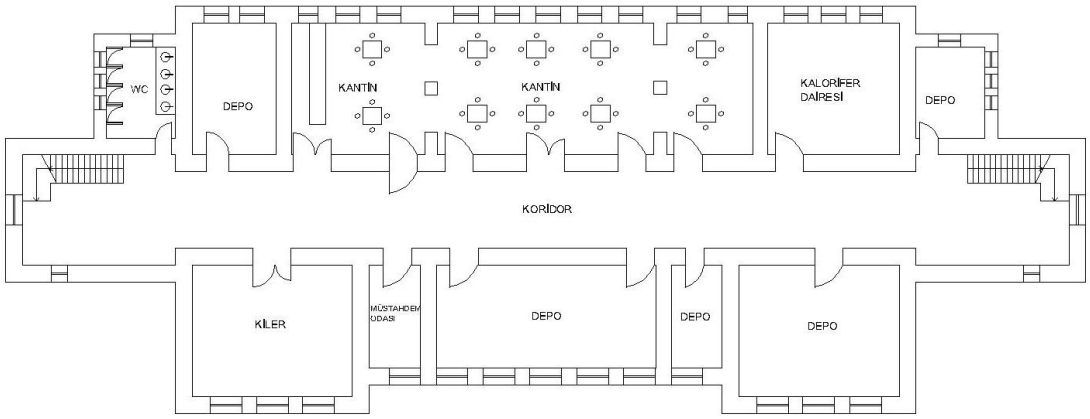
Şekil 4.4. Gazi lisesi ön cephe görünümü

Yapının tarihi bir bina olmasından dolayı yapıya ait mimari ya da statik bir proje bulunmamaktadır. Bu sebeple yapıya ait mimari proje, yapının tarafımızdan rölevesi alınarak yapılmıştır.

Konya Gazi Lisesi, bodrum kat, zemin kat ve 2 normal kattan oluşmaktadır. Yapının kat yükseklikleri her katta farklılık göstermektedir. Bodrum ve zemin kat yükseklikleri 5,00 m, birinci kat yüksekliği 4,50 m ve ikinci kat yüksekliği

4.1.2.1.Bodrum kat planı

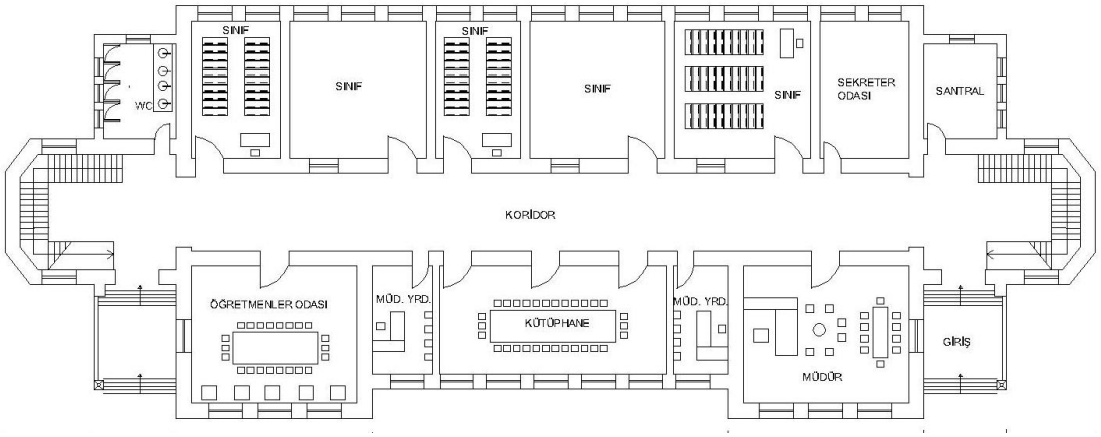
Günümüzde bu kat kantin, depo, kiler, müstahdem odası, tuvalet ve kalorifer dairesi olarak kullanılmaktadır. Üstteki 3 sınıfın kapladığı alan kantin olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.5'de yapının rölevesinden sonra çıkarılan bodrum kat planı görülmektedir.



Şekil 4.5. Gazi lisesi bodrum kat planı

4.1.2.2.Zemin kat planı

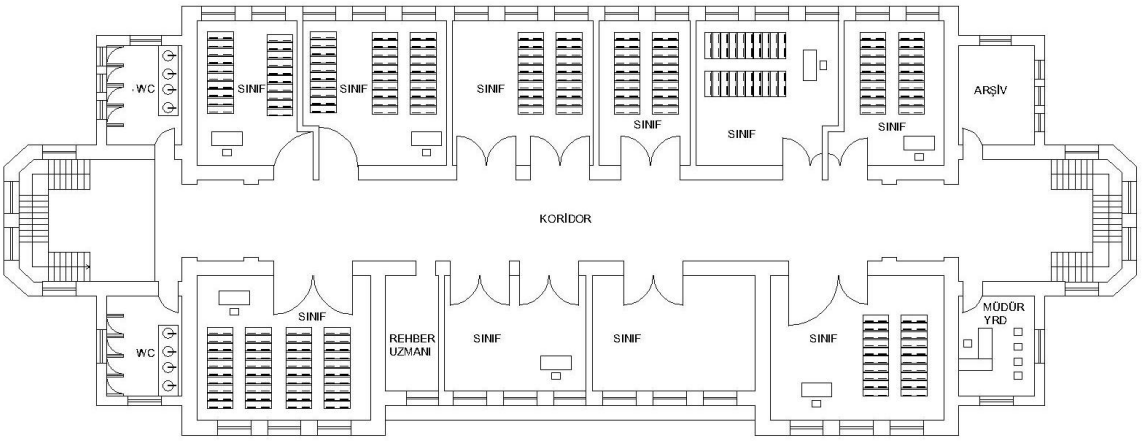
Zemin katta bina giriş hollerinde santral ve tuvaletlere yer verilmiştir. Koridordan sınıflara bağlantı sağlanmıştır. Zemin katta 5 adet sınıf, öğretmenler odası, müdür ve müdür yardımcıları odası, kütüphane ve sekreter için ayrılmış oda bulunmaktadır. Zemin kat planı Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Gazi lisesi zemin kat planı

4.1.2.3.Birinci kat planı

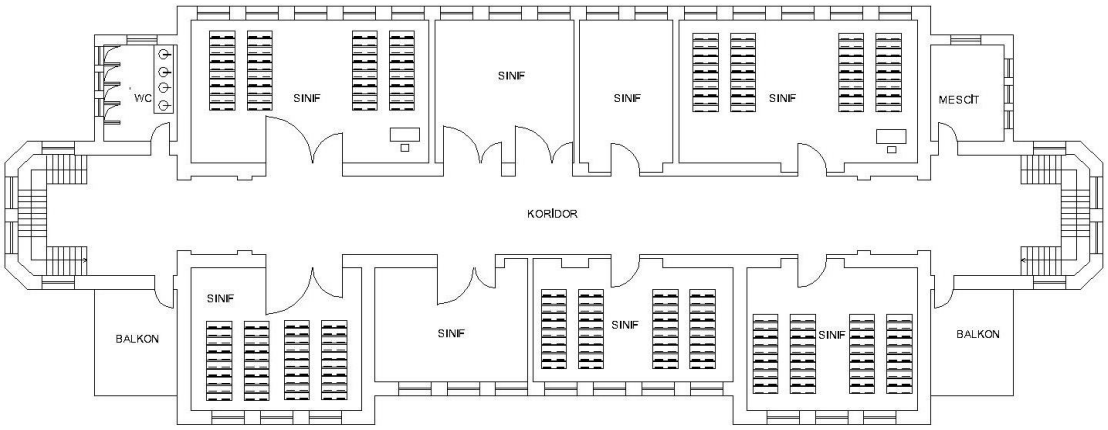
Birinci kat planında, zemin kattaki yönetici odaları ve kütüphane sınıf olarak düzenlenmiş ve alt katta santral olarak kullanılan oda müdür yardımcısı odası olmuş ve yine alttaki tuvalet hizasındaki kısımlar da erkek tuvaleti olarak düzenlenmiştir. Bu katta toplam 10 adet sınıf, rehberlik uzmanı odası, tuvaletler, arşiv ve müdür yardımcısı odası bulunmaktadır. Şekil 4.7'de birinci kat planı verilmiştir.



Şekil 4.7. Gazi Lisesi birinci kat planı

4.1.2.4.İkinci kat planı

İkinci kat yatakhane olarak düzenlenmiştir ancak günümüzde bu kısımlar derslik olarak kullanılmaktadır. Bu katta 8 sınıf bulunmaktadır ayrıca alt kattaki müdür yardımcıları odalarının hizasında balkon ve mescit için ayrılmış kısımlar bulunmaktadır. Şekil 4.8'de ikinci kat planı verilmiştir.



Şekil 4.8. Gazi Lisesi ikinci kat planı

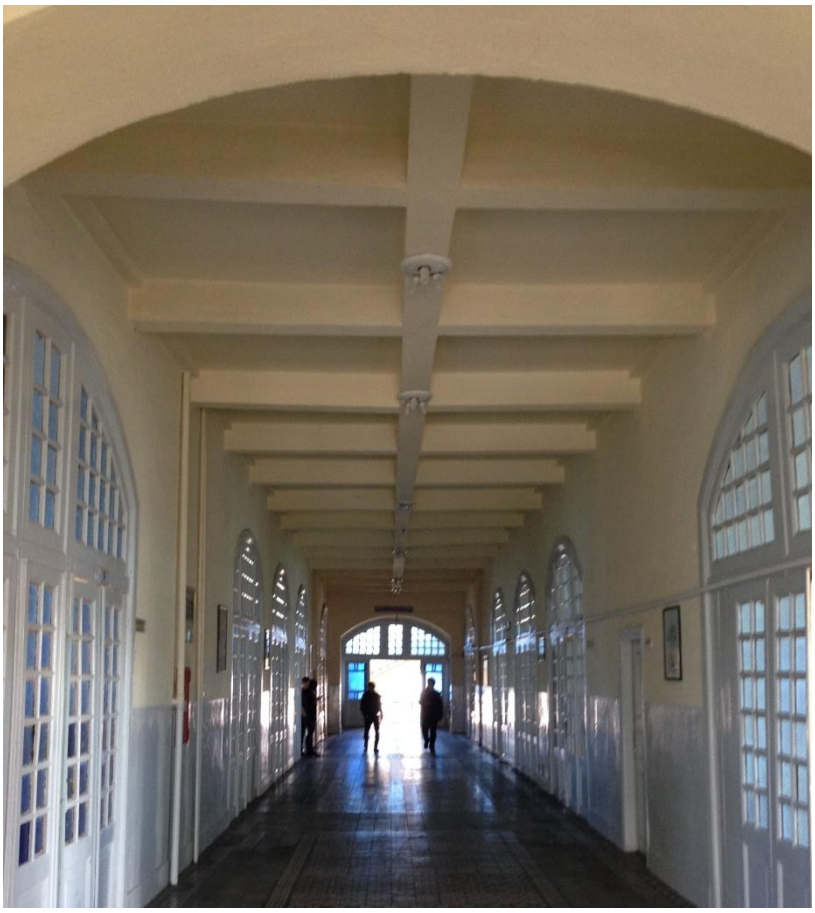
4.1.3. Taşıyıcı sistem ve malzeme özellikleri,

Yapı, tam anlamıyla simetrik olmamakla birlikte yığma kâgir taşıyıcı sistem ile inşa edilmiştir. Taşıyıcı sistem yapısı her katta değişiklik göstermektedir. Duvarlarda malzeme olarak moloz taş kullanıldığı gözlemlenmiştir. Konya Gazi Lisesi'nin mimarı olan Mimar Muzaffer beyin o dönemden Konya'daki eserlerine baktığımızda benzer mimari özelliklere rastlıyoruz. Aynı zamanda kullanılan yapı malzemeleri de benzerlik göstermektedir. O dönemde mimar Muzaffer Bey tarafından yapılan Konya Öğretmen Lisesi'nin yapımında kullanılan moloz taşların kırmızımtırak renkli olanlarının

Sille'den beyaz taşların ise Gödene 'den getirtildiği bilinmektedir (Anonim, 2016c). Bu yapıda kullanılan moloz taşlarında Silleden getirtildiği düşünülmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanlarından olan duvarlara bakıldığında, bodrum kat duvar kalınlığı 90 cm, zemin kat duvar kalınlığı 80 cm, birinci kat duvar kalınlığı 75 cm ve ikinci kat duvar kalınlığı 70 cm olduğu gözlemlenmiştir.

Yapının ikinci döşemesinin tadilatla yeniden yapıldığı bilinmektedir ancak yeterli kaynak bulunamamasından dolayı doğrulanamamıştır. Yapının rölevesi alınırken yapılan incelemelerde bodrum kat, zemin kat ve ikinci kat döşemeleri kaplamalardan görünmemektedir. Ancak 1. Kat döşemesinde herhangi bir kaplama olmadığında birinci kat döşemesinde yatay hatılların kullanıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.9'da birinci kat döşemesine ait çekilen görüntü verilmiştir.



Şekil 4.9. Birinci kat döşemesindeki yatay hatıllar

4.1.4. Yapının mevcut durumu

Kandilli Rasathanesi'nin verilerine göre Konya'da 1901 yılından bu yana 4,7'den büyük şiddette bir deprem meydana gelmediği görülmektedir. Bu da söz konusu yapının inşasından bu yana şiddetli bir deprem etkisi altında kalmadığı görülmektedir. Yapının bu zamana kadar herhangi bir yapısal hasardan dolayı tadilat görüp

görmediğine dair kaynaklara dayalı ayrıntılı bir bilgi bulunamamasına karşın 1953 yılında yapının iç mekânlarında yenileme yapıldığı bilinmektedir.

Yapının kullanım ömrü boyunca karşılaştığı depremlerden sonraki hasar durumu ya da tadilat görüp görmediğine dair kaynaklara dayalı detaylı bilgiler mevcut değildir. 1953 yılında yapının iç mekânlarında yenileme çalışmaları yapılmış olsa da genel olarak yapının tarihi dokusunun korunduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca yapının özellikle kapı ve pencere boşluklarının bulunduğu duvarlarda ince çatlaklar tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Gazi Lisesi pencere kemerindeki çatlak

4.2. Gazi Lisesi'nin mevcut durumunun Deprem Yönetmeliği'ne göre incelenmesi

Bina 1917 yılından bu yana gerek Konya kent merkezinde olan ve gerekse Akşehir-Ilgın gibi kötü faylarda olan depremlere maruz kalmıştır. Yapının etkisinde kaldığı depremlere bakıldığında; Konya ilinde, 1900-1946 yılları arasında büyüklüğü 4,9-5,7 arasında değişen 5 deprem olmuştur. Bu yıllara arasında en büyük magnitüde

sahip deprem 26.09.1921 yılında Altınekin ilçesinin 10 km batısında oluşan depremdir. Bu depremlerin yani sıra 1918 yılında Cihanbeyli kuzeyinde 5.3, 1921 yılında Ilgın-Çavusçugöl kuzeydoğusunda 5.2 ve 5.4 büyüklüğünde 2 deprem ve 1931 yılında yine Çavusçugöl kuzeydoğusunda 4.9 büyüklüğünde depremler oluşmuştur (Anonin, 2016a).

Deprem yönetmeliği daha çok betonarme ve çelik yapıların tasarımına yönelik hazırlandığı gibi, yığma yapılar için de minimum kurallar ve sınırlandırmalar içermektedir. Bu sınırlandırmalar, binanın kat sayısı, taşıyıcı duvar kalınlıkları, kapı ve pencere boşluklarının boyutları ve yerleri, lento ve hatıl boyutlarını kapsamaktadır.

4.2.1. Kat sayısı ve yükseklikleri

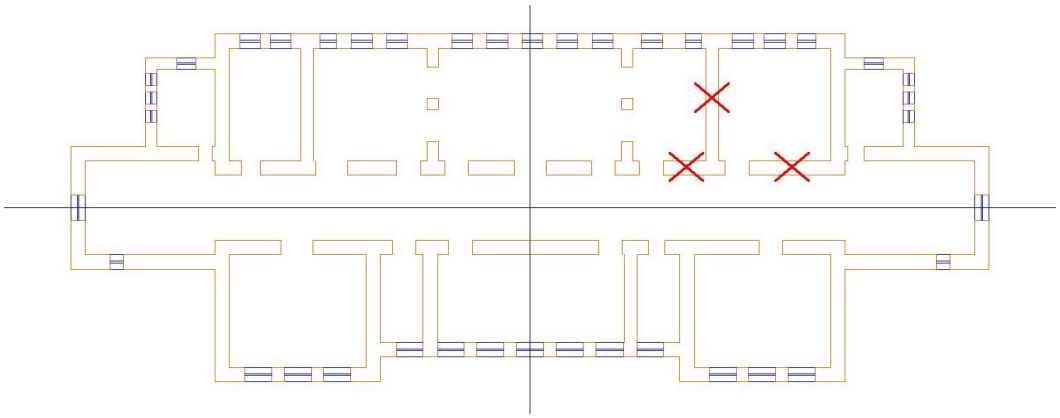
Deprem bölgelerinde yapılacak yığma binalar için, 1. derece deprem bölgesinde izin verilen en çok kat sayısı iki iken, 2 ve 3. derece deprem bölgelerinde yapılacak binalar için üç ve 4. derece deprem bölgelerinde yapılacak binalar için ise izin verilen en çok katsıyı dörttür. Burada izin verilen en çok kat sayıları zemin kat ile üstündeki tüm katların toplamıdır. Ayrıca tek bir bodrum kat yapılabilir.

Konya iyi 4. Derece deprem bölgesinde bulunmasından dolayı bu bölgede yapılacak yığma binalar için en çok izin verilen kat sayısı dörttür. Konya Gazi Lisesi Bodrum kat, zemin kat ve 2 kattan oluşmaktadır. Yönetmeliğe göre tek bodrum kat koşulunu ve zeminle birlikte 3 kattan oluşmasından dolayı en yüksek kat koşulunu da sağlamaktadır.

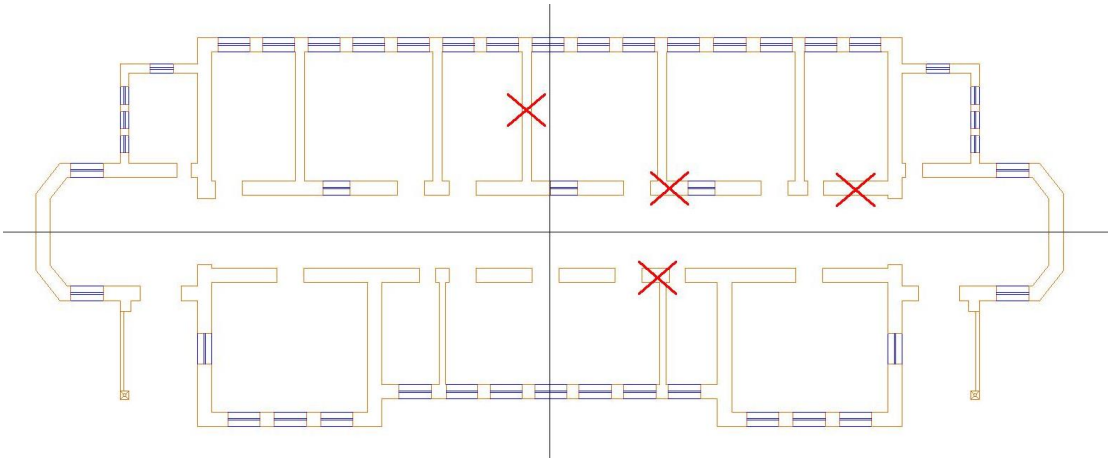
Deprem Yönetmeliği'ne göre yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3 m olacaktır. Konya Gazi Lisesi'nin kat yüksekliklerine bakıldığında bodrum ve zemin kat yüksekliği 5,00 m, birinci ve ikinci kat yüksekliği ise 4,50 m'dir. Yapının kat yükseklikleri yönetmelik şartlarına uygun değildir.

4.2.2. Duvarların planda düzenlenmesi

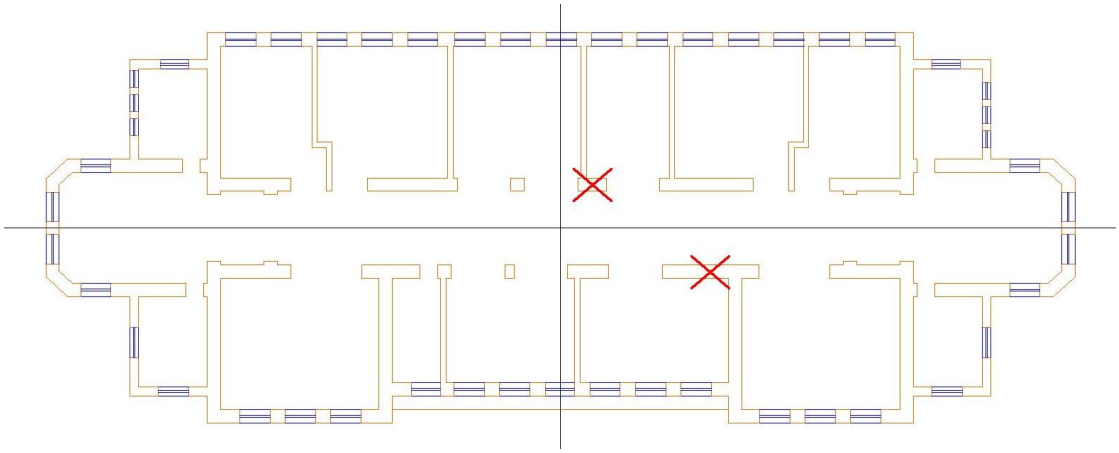
Yığma yapıların depreme dayanıklı tasarımının temel ilkelerinden bir tanesi taşıyıcı duvarların plandaki düzenlenme biçimidir. Taşıyıcı duvarların planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere simetrik ya da simetriğe en yakın şekilde düzenlenmelidir. Ayrıca tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelmelidir.



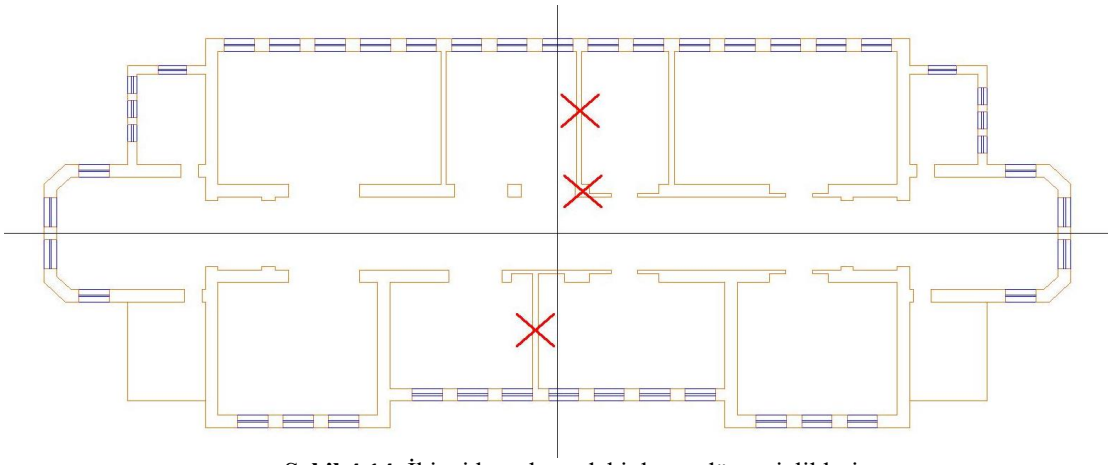
Şekil 4.11. Bodrum kat planındaki duvar düzensizlikleri



Şekil 4.12. 1. Zemin planındaki duvar düzensizlikleri



Şekil 4.13. Birinci kat planındaki duvar düzensizlikleri



Şekil 4.14. İkinci kat planındaki duvar düzensizlikleri

Söz konusu yapıya ait taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarların simetrik olmaması durumu bodrum kat planı, zemin kat planı, birinci kat planı ve ikinci planlarında sırasıyla Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de gösterilmiştir.

4.2.3. Duvar kalınlıkları

Deprem yönetmeliğine göre dördüncü deprem bölgelerinde yapılacak yığma yapılar için, duvar malzemesi olarak doğal taş kullanılması durumunda minimum duvar kalınlığı 50 cm olarak verilmektedir. 4 katlı olarak doğal taş kullanılarak yapılacak bir yığma yapıda, bodrum ve zemin kat duvar kalınlıkları 1,5 tuğla kalınlığında (50 cm), diğer katlar tek tuğla kalınlığında yapılmalıdır.

Konya Gazi Lisesinin duvar kalınlıklarına baktığımızda, duvar kalınlıkları bodrum katta 90 cm, zemin katta 80 cm, birinci katta 75 cm ve ikinci katta 70 cm olacak şekilde yapılmıştır. Söz konusu yapıda duvar kalınlıkları günümüz deprem yönetmeliğindeki minimum şartları sağlamaktadır. Yönetmeliğe göre tüm taşıyıcı duvarların planda üst üste gelmesi gerekmektedir ancak Gazi Lisesi'nde bazı taşıyıcı duvarlar üst katlardaki duvarlarla üst üste gelmemektedir.

4.2.4. Duvar uzunluk ve açıklıkları

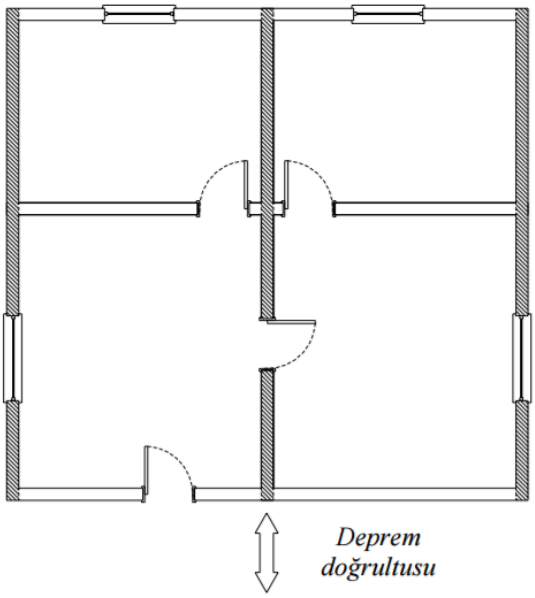
Planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları sayılmaksızın toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşeme alanları dışındaki alan) oranı (0.2 I) m/m^2 'den daha az olmayacaktır. (Şekil 4.15) (DBYBHY, 2007). Burada I, bina önem katsayısıdır.

$$\ell d / A \geq 0.2\ I\ m/m^2$$

ℓd: Taralı alan uzunluğu (m)

A: Brüt kat alanı (m2)

I: Bina önem katsayısı



Şekil 4.15. Deprem yönetmeliğine göre izin verilen taşıyıcı duvar uzunluğu

Çalışmada söz konusu yapıya ait taşıyıcı duvarlar yönetmelik şartlarına göre incelendiğinde Şekil 4.16'da Konya Gazi Lisesi'nin borum kat rölevesinde deprem yönündeki taşıyıcı duvarlar taralı bir şekilde gösterilmiştir. Taşıyıcı duvar uzunluklarının kat brüt alanı oranına bakıldığında;

Bodrum kat X yönündeki duvarlar için;

ℓd = 133,1 m (Taralı alan uzunluğu)

A = 1019,615 m^2 (Bodrum kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı okul binaları için 1,4 alınırken DBYBHY-2007'de mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi kısmında bina önem katsayısının (I=1) alınması önerilmiştir.)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{133,1}{1019,615} = 0,13 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını bodrum katta X yönündeki taşıyıcı duvarlar için sağlamamaktadır.

Y yönündeki duvarlara bakıldığında;

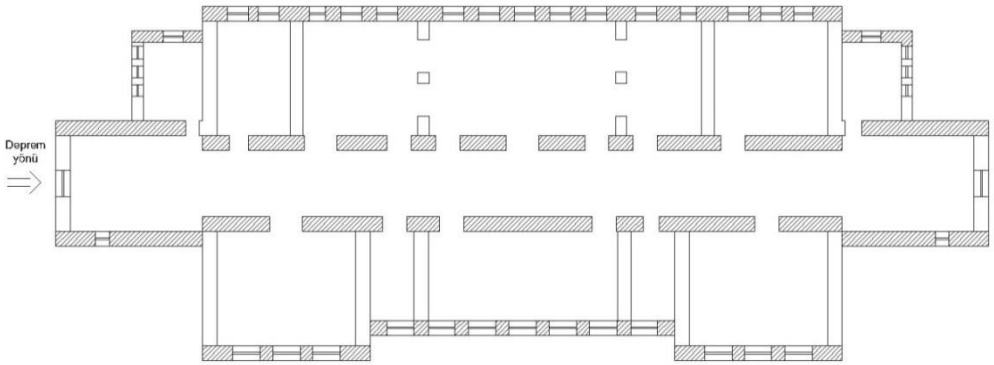
ℓd = 122,5 m (Y yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1019,615 m^2 (Bodrum kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{122,5}{1019,615} = 0,12 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını bodrum katta Y yönündeki taşıyıcı duvarlar için de sağlamamaktadır.



Şekil 4.16. Bodrum kat planında X ekseni yönündeki taşıyıcı duvarlar

Zemin kat X yönündeki duvarlar için;

ℓd = 112,1 m (X yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1015 m^2 (Zemin kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{112,1}{1015} = 0,11 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını zemin katta X yönündeki taşıyıcı duvarlar için sağlamamaktadır.

Zemin kat Y yönündeki duvarlara bakıldığında;

ℓd = 132,75 m (Y yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1015 m^2 (Zemin kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{132,75}{1015} = 0,13 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını zemin katta Y yönündeki taşıyıcı duvarlar için de sağlamamaktadır.

Birinci kat X yönündeki duvarlar için;

ℓd = 107,75 m (X yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1066,2 m^2 (Birinci kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{107,75}{1066,2} = 0,10 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını birinci katta X yönündeki taşıyıcı duvarlar için sağlamamaktadır.

Birinci kat Y yönündeki duvarlara bakıldığında;

ℓd = 93 m (Y yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1066,2 m^2 (Birinci kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{93}{1066,2} = 0,08 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını birinci katta Y yönündeki taşıyıcı duvarlar için de sağlamamaktadır.

İkinci kat X yönündeki duvarlar için;

ℓd = 100,7 m (X yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1017,9 m^2 (İkinci kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{100,7}{1017,9} = 0,09 \leq 0,2$$

olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını ikinci katta X yönündeki taşıyıcı duvarlar için sağlamamaktadır.

İkinci kat Y yönündeki duvarlara bakıldığında;

ℓd = 84,05 m (Y yönündeki duvar uzunlukları toplamı)

A = 1017,9 m^2 (Zemin kat brüt alanı)

I =1 (Bina önem katsayısı)

$$\frac{l_d}{A} = \frac{84,05}{1017,9} = 0,08 \leq 0,2$$

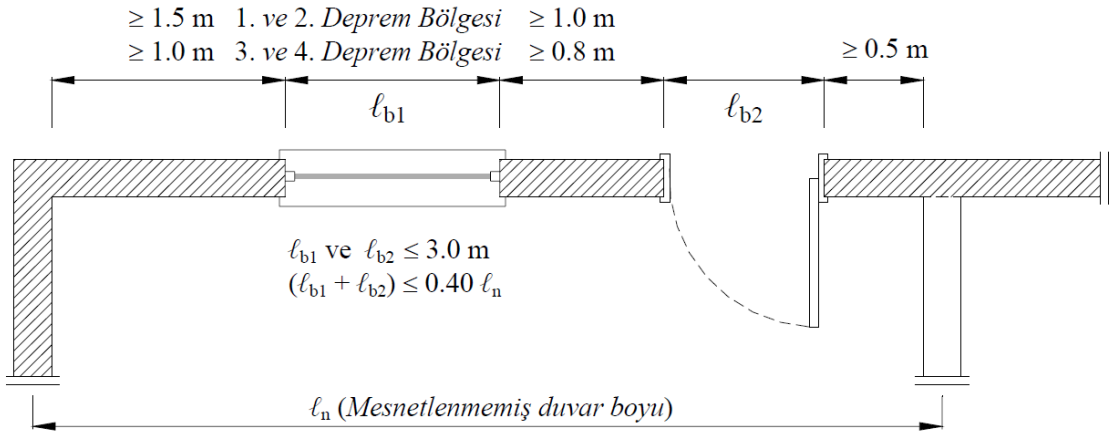
olduğundan yönetmelikte belirtilen minimum duvar uzunluk şartını ikinci katta Y yönündeki taşıyıcı duvarlar için de sağlamamaktadır.

4.2.5. Taşıyıcı duvar boşlukları

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmeliğe göre bina köşesine en yakın pencere ya da kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.50 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1.0 m'den az olamaz. Konya Gazi Lisesi dördüncü derece deprem bölgesinde bulunduğundan bina köşesine en yakın kapı ve pencere boşluğu ile bina köşesi arasında kalan duvar uzunluğunun 1.0 m'den az

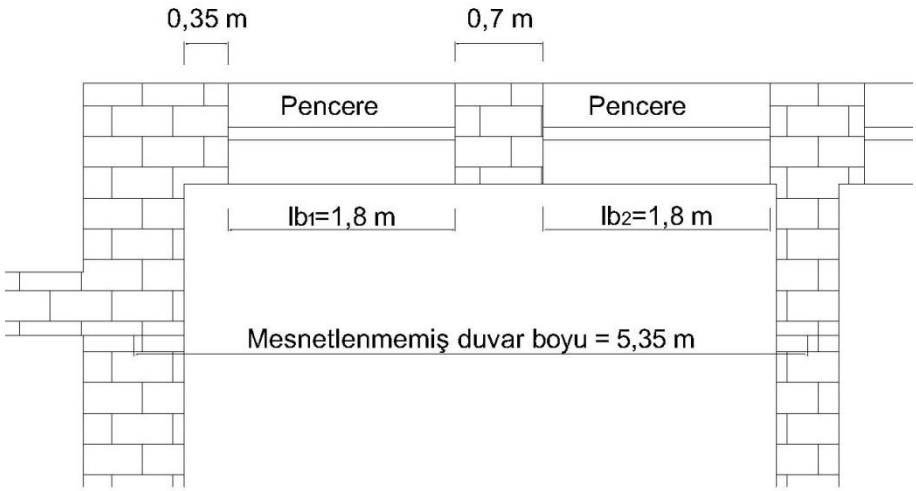
olmaması gerekmektedir. Ayrıca kapı ve pencere boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunlukları 0,80 m'den az olmaması gerekmektedir.

Bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere ya da kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak duvar uzunluğu 0,50 m'den az olamaz. Bunlara ilave olarak her bir kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunlukları 3 m'den daha büyük olamaz.



Şekil 4.17. Taşıyıcı duvar boşlukları (DBYBHY, 2007)

Gazi Lisesi taşıyıcı duvar boşlukları her kat için yönetmelik şartlarına göre kontrol edilirse;



Şekil 4.18. Gazi Lisesi Zemin kat planından bina köşesinde kalan taşıyıcı duvar boşlukları

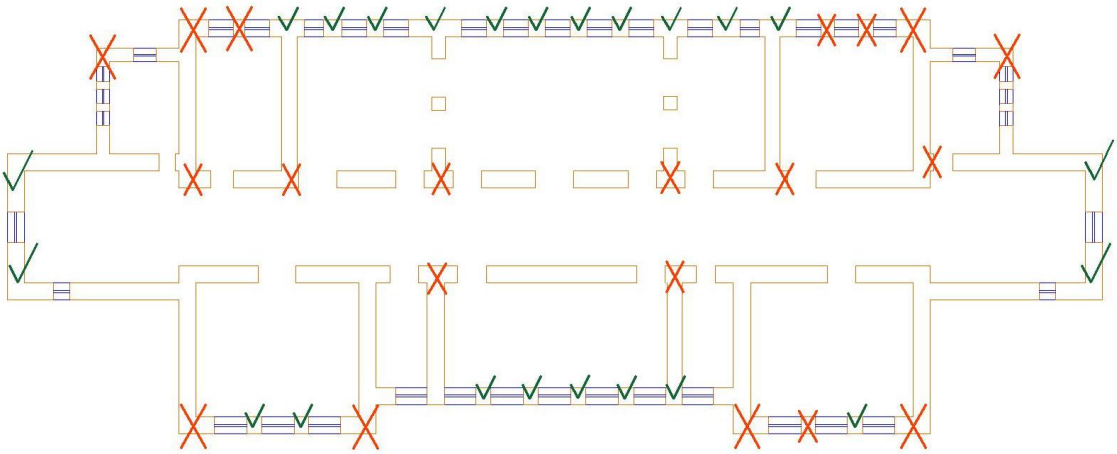
Şekil 4.18'de söz konusu yapının zemin katına ait bir kesitte taşıyıcı duvar boşlukları gösterilmiştir. Yönetmelik şartlarına göre incelendiğinde;

• Bina köşesi ile köşeye en yakın pencere arasında kalan taşıyıcı duvar uzunluğu 0,35 m'dir. Yönetmelikte bu uzunluğun minimum 1,0 m olması istenmektedir. Dolayısıyla bu şartı sağlamamaktadır. Yapı genel olarak incelendiğinde birinci ve ikinci

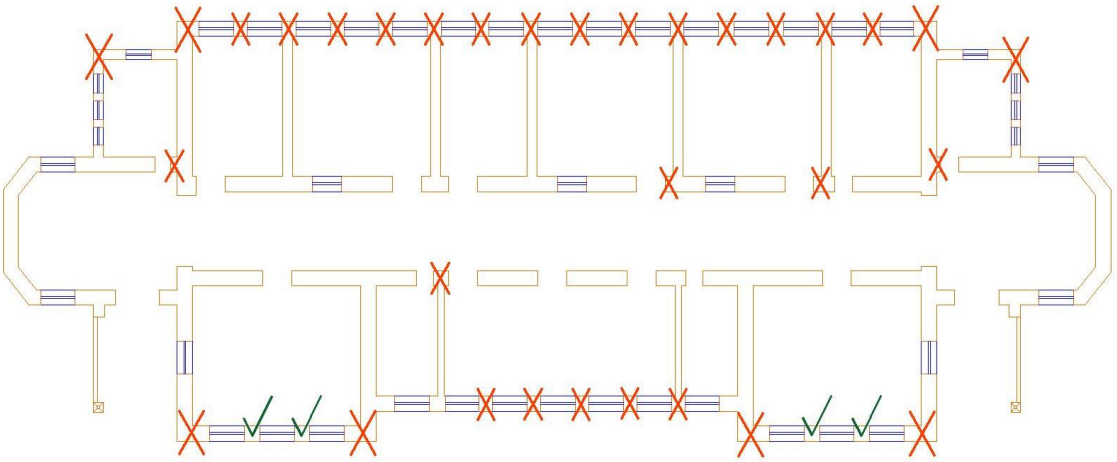
katta ön cephe köşelerinde bu koşul sağlanırken aynı katlarda arka cephelerde ve bodrum ve zemin katta tüm cephe köşelerinin hiçbirisinde bu koşul sağlanmamaktadır.

• Pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunluğunun ise yönetmelikte minimum 0,8 m olması istenmektedir. Ancak söz konusu yapıda bodrum katta arka cephede 3 adet, ön cephede 1 adet, zemin katta 4 duvar harici tüm pencere boşlukları arasında kalan duvarlarda ve 1. ve 2. katlarda 2'şer adet bu koşulu sağlamayan taşıyıcı duvarlar bulunmaktadır.

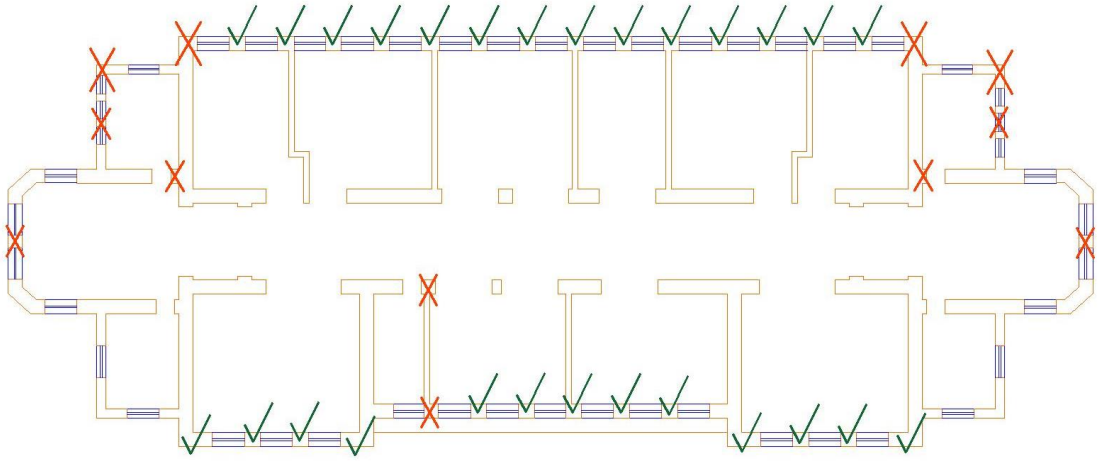
Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil.4.22'de Gazi Lisesi kat planlarında bina köşesi ve kapı, pencere boşlukları arasında kalan taşıyıcı duvarlar için yönetmeliklerin minimum şartlarına uyan ve uymayan duvarlar gösterilmiştir.



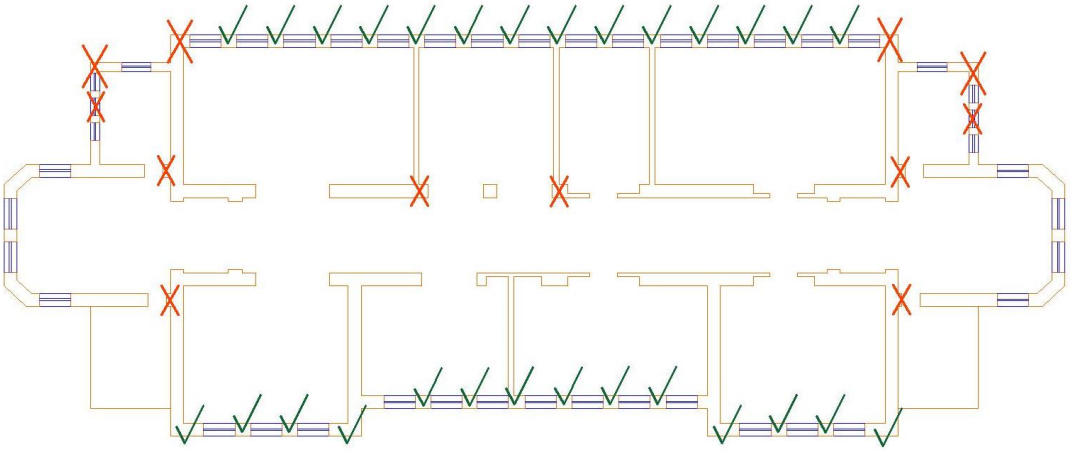
Şekil 4.19. Bodrum kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar



Şekil 4.20. Zemin kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar



Şekil 4.21. Birinci kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar



Şekil 4.22. İkinci kat planında kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar uzunlukları açısından yönetmelik koşularını sağlayan ve sağlamayan taşıyıcı duvarlar

Deprem yönetmeliğine göre her bir kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluğu 3 m'yi geçmemesi gerekmektedir. Söz konusu yapıya bakıldığında bodrum ve zemin katta kapı ve pencere boşluklarının uzunlukları yönetmelik şartlarını sağlamaktadır. Ancak birinci ve ikinci katta pencere boşlukları sağlanırken kapı boşlukları yönetmelik koşullarını sağlamamaktadır.

Şekil 4.23'de Gazi lisesinde merdiven boşluğunda bulunan ve yönetmelik şartlarına göre pencerelerin arasında kalan taşıyıcı duvar uzunluğu koşullarını sağlamayan bir kısımdan görüntü verilmiştir.



Şekil 4.23. Gazi Lisesi birinci kat merdiven boşluğunda bulunan pencerelerden bir görüntü

4.3. Kullanılan analiz programı

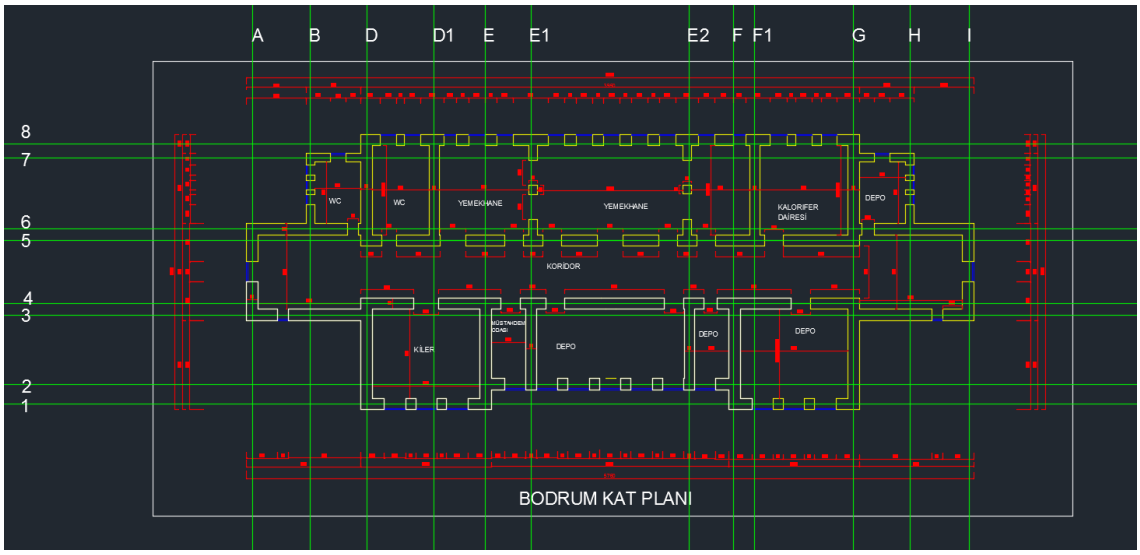
ETABS programı, doğrusal olmayan statik analiz için kullanılan bilgisayar programlarından birisidir. Program, ISO9001 kalite sertifikasına sahip CSI firmasının bir yazılımıdır ve özellikle bina türü yapıların 3 boyutlu statik analizleri için tasarlanmıştır. CSI firması 1975 yılında kurulmuştur ve dünya çapında 160'dan fazla ülkede kullanılan, Tayvan'daki Taipei Finans Merkezi, New York'taki One World Trade Center ve Pekin Ulusal Stadyumu gibi yapıların proje tasarımlarında kullanılan programlarının üretici firmasıdır. ETABS programında sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analiz yapmaktadır (Sırlıbaş, 2013).

4.4. Yapının ETABS 2015 programında modellenmesi ve analizi

4.4.1. Yapısal Modelleme

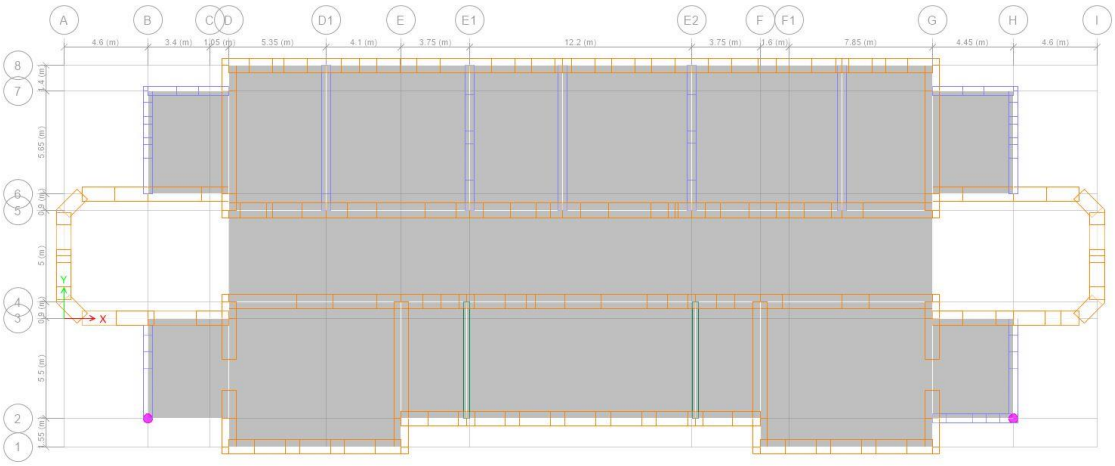
Binanın deprem performansının belirlenmesi için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) takip edilmiştir. Ancak güncel deprem yönetmeliğimizin yetersiz olabileceği durumlarda FEMA 356 (Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings) yönetmeliği kullanılmıştır.

Modeleme yapılırken öncelikle yapıya ait kat planları üzerinden akslar belirlenmiştir. Şekil 4.24'de AutoCAD programında kat planındaki akslar gösterilmiştir.



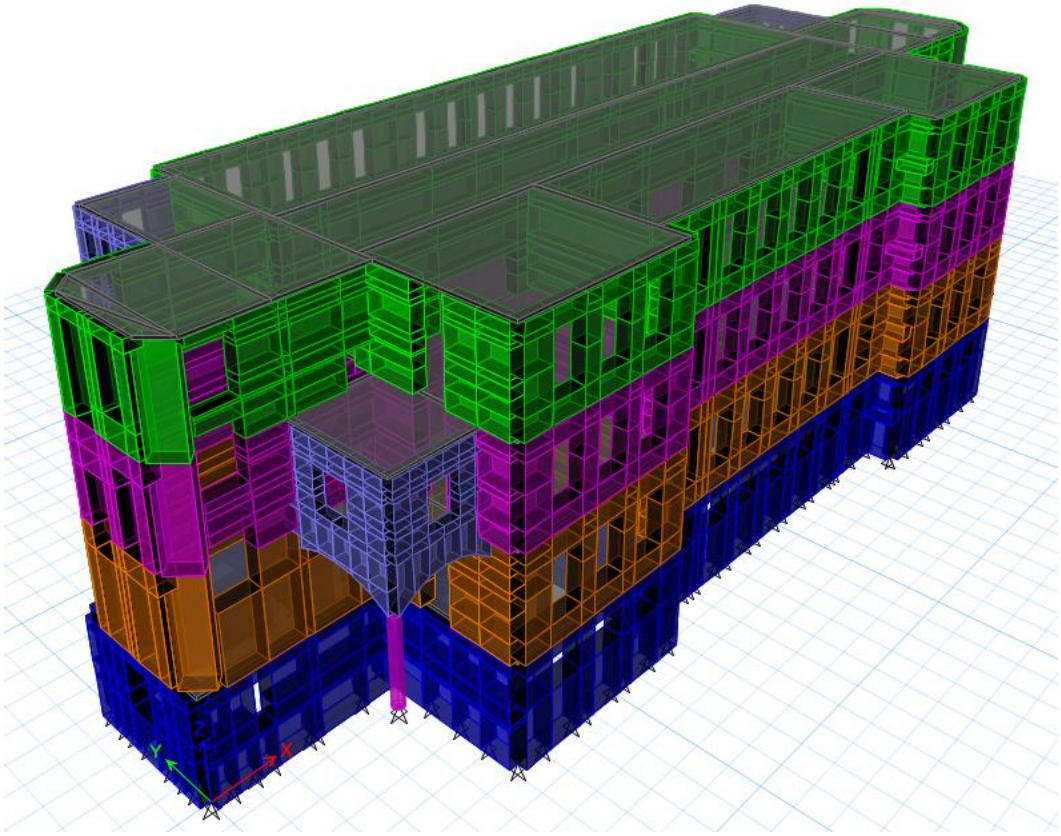
Şekil 4.24. Bodrum kat planında aksların oluşturulması

Sonrasında ETABS programında akslar belirlenmiş ve o akslara gelen elemanların modellemesi yapılmıştır. Şekil 4.25'de ETABS programında aksları gösteren bir görüntü verilmiştir.

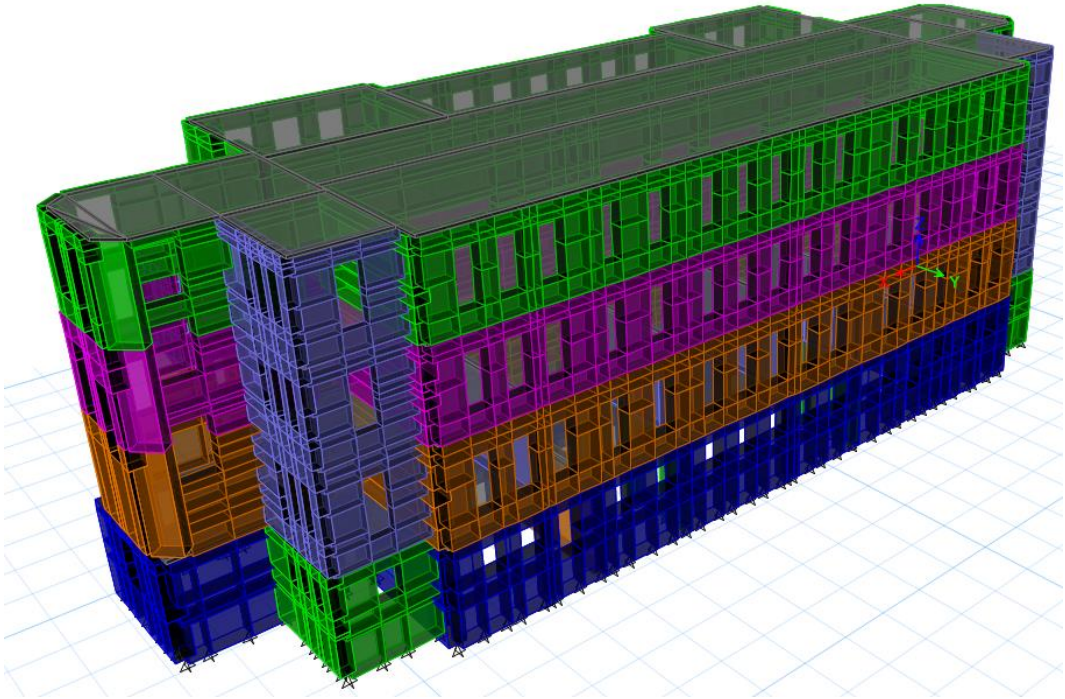


Şekil 4.25. Etabs programında aksların görüntüsü

Günümüz literatüründe, yığma yapıların ileri modelleme teknikleri olarak makro ve mikro sonlu elemanlar modelleri gösterilebilir. Bu tez kapsamında, yapısal analizler ETABS 2015 yazılımı ile oluşturulan sonlu elemanlar makro modeli ile yürütülmüştür. Binanın ön cephe modeli Şekil 4.24'de, arka cephe modeli ise Şekil 4.25'de gösterilmiştir..



Şekil 4.26. Binanın ön cephe modeli



Şekil 4.27. Binanın arka cephe modeli

4.4.2. Deprem kuvvetlerinin hesabı

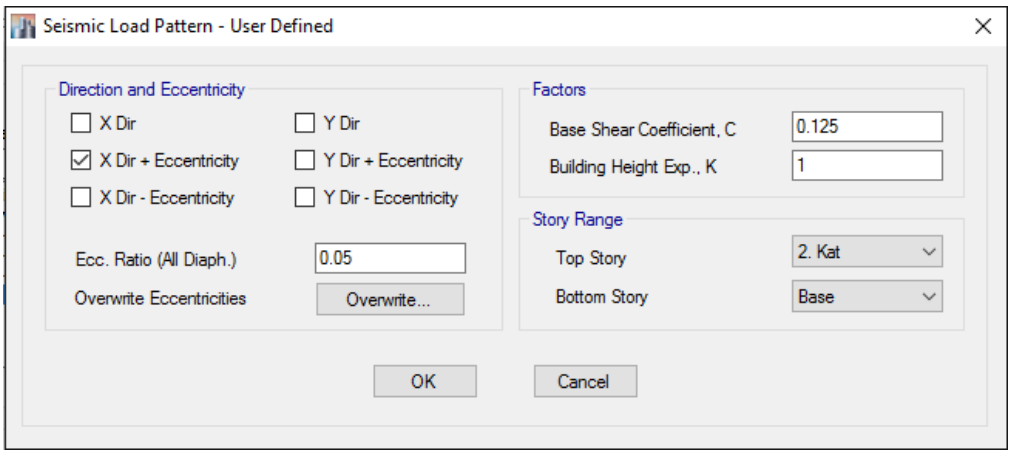
Binaya etkiyecek deprem kuvvetlerinin hesabında kullanılan parametreler aşağıda belirtilmektedir.

- ✓ A_0 (Deprem Bölgesi Katsayısı)= 0.1 (4.Bölge)
- ✓ Zemin Sınıfı: Öngörülmemiştir (DBYBHY gereğince S(T)=2.5 alınmıştır)
- ✓ I (Yapı Önem Katsayısı)= 1.0

  Mevcut ve ya güçlendirilmiş yapılarının deprem performansının belirlenmesinde deprem yönetmeliğinde yedinci bölümünde verilen koşullar göze alınmaktadır.

  Bina önem katsayısı da yönetmeliğe göre yeni projelendirilecek okul binalarında I=1 alınmaktadır ancak yönetmelikte mevcut okul projelerinin performans analizinde bölüm 7.4.2'de verilen koşul gereği I=1,0 alınır.
- ✓ R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı)= 2
- ✓ n (Hareketli Yük Katılım Katsayısı)= 0.6 (Okul)

Deprem analizi yöntemi olarak Eşdeğer Deprem Yükü seçilmiştir. Eşdeğer Deprem Yükü ETABS kullanıcı katsayısı (user coefficient) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.28. Eşdeğer deprem yükü

Şekil 4.10'da temsili olarak gösterilen yükleme, hem X hem Y yönü için pozitif ve negatif dış merkezlik kullanılarak ayrı ayrı tanımlanmıştır.

$$C = A_0 \times I \times \frac{S(T)}{R} = 0{,}125$$

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak olan sismik kütle (w_i) DBYBHY 2007'de;

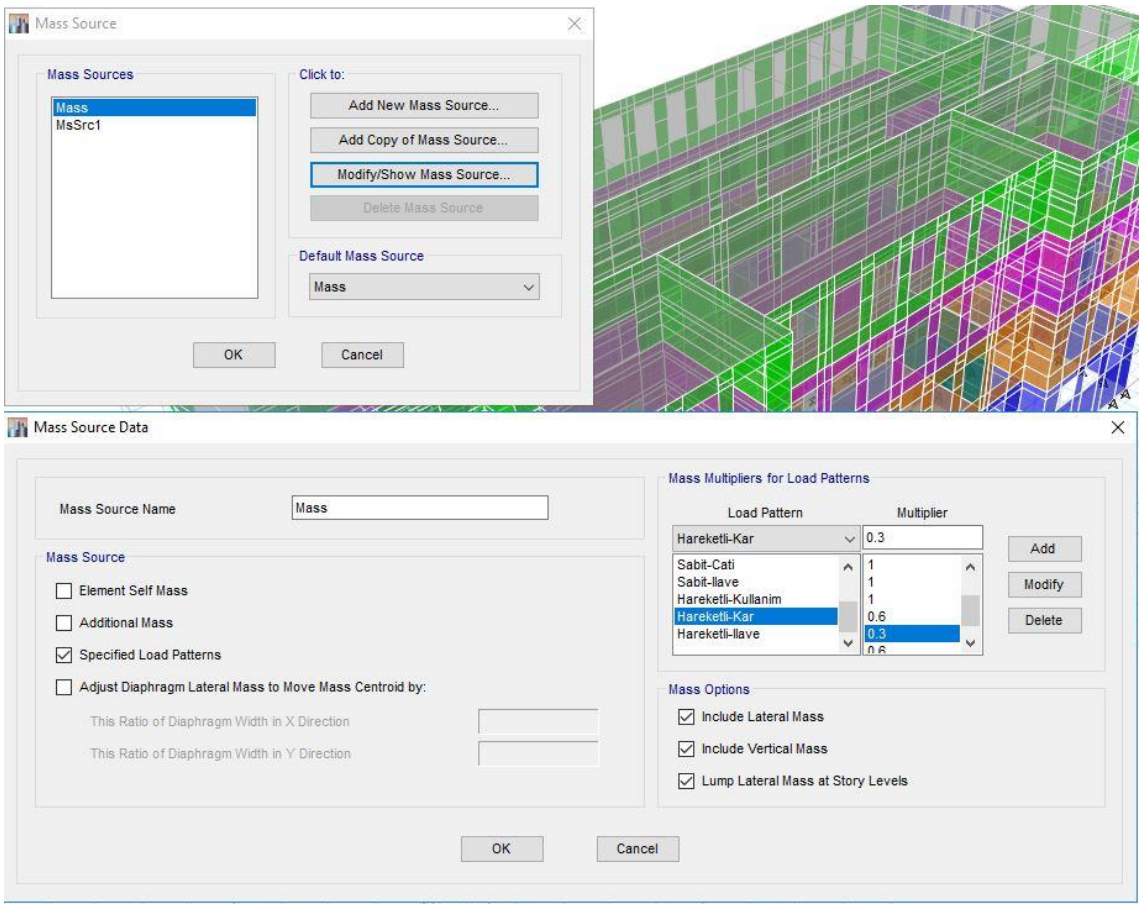
$$w_i = g_i + nq_i$$

olarak verilmiştir. Burada hareketli yük katılım katsayısı Tablo 4.1'de verilmiştir. Söz konusu yapı okul binası olduğu için n=0,6 alınmıştır. Buna göre yapıya etki edecek olan sismik kütle yönetmeliğe göre G+0,6Q şeklinde tanımlanmıştır.

Tablo 4.1. Hareketli yük katılım katsayısı (DBYBHY, 2007)

Binanın Kullanım Amacı	***n***
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

Şekil 4.27'de yönetmeliğe göre G+0,6Q şeklinde belirlenen sismik kütlenin programda tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Sismik kütlenin tanımlanması

4.4.3. Düşey yükler

Binaya etkiyen düşey yükler sabit ve hareketli yükler olmak üzere Tablo 4.1'de gösterilmektedir. Düşey yükler, döşemeler üzerine alan yayılı yükü, yatay hatıllar üzerine çizgisel yük olarak etkitilmiştir.

Burada yığma yapıdaki taşıyıcı duvarların birim hacim ağırlığı olarak 1800 kg/m^3 alınmıştır. Kaplama, tali duvar ve çatı sabit yükü ise yapının yerinde incelenerek

öngörülen yük değerleri alınmıştır. Hareketli-kullanım ve Hareketli-kar yükü ise TS 498'de verilen değerlere göre alınmıştır.

Tablo 4.2. Eşdeğer deprem yükü

Yükleme Adı	Yükleme Tipi	Değer
Sabit-Kendi	Yapısal Elemanların Kendi Ağırlıkları	1800 kg/m^3
Sabit-Kaplama	Döşeme Üzeri Kaplama Yükleri	100 kg/m^2
Sabit-Tali Duvar	Taşıyıcı Olmayan Duvar Yükleri	300 kg/m^2
Sabit-Çatı	Çatı Sabit Yükü	200 kg/m^2
Hareketli-Kullanim	TS 498 Hareketli Yük	350 kg/m^2 ve 500 kg/m^2
Hareketli-Kar	TS 498 Konya Bölgesi Kar Yükü	100 kg/m^2

4.4.4. Yük kombinasyonları

Taşıyıcı duvarların gerilme kontrolleri için kullanılan yük kombinasyonları DBYBHY ve TS 500 standartlarına uygun olarak türetilmiş ve Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Yük kombinasyonları

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K3-G+Q	Sabit-Kendi	1	Lineer Toplam
K3-G+Q	Sabit-Döşeme	1	
K3-G+Q	Sabit-Kaplama	1	
K3-G+Q	Sabit-Tali Duvar	1	
K3-G+Q	Sabit-Çatı	1	
K3-G+Q	Sabit-İlave	1	
K3-G+Q	Hareketli-Kullanım	1	
K3-G+Q	Hareketli-İlave	1	
K3-G+Q	Hareketli-Kar	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kendi	1	Lineer Toplam
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-İlave	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	EX(+)	1	
K4-G+Q+EX(+)+0.3EY(+)	EY(+)	0.3	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kendi	1	Lineer Toplam
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-İlave	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	EX(+)	-1	
K5-G+Q-EX(+)+0.3EY(+)	EY(+)	0.3	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kendi	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	EX(+)	-1	
K6-G+Q-EX(+)-0.3EY(+)	EY(+)	-0.3	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kendi	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	EX(+)	1	
K7-G+Q+EX(+)-0.3EY(+)	EY(+)	-0.3	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	EX(-)	1	
K8-G+Q+EX(-)+0.3EY(-)	EY(-)	0.3	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kendi	1	Lineer Toplam
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	1	

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-İlave	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	EX(-)	-1	
K9-G+Q-EX(-)+0.3EY(-)	EY(-)	0.3	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	EX(-)	-1	
K10-G+Q-EX(-)-0.3EY(-)	EY(-)	-0.3	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	EX(-)	1	
K11-G+Q+EX(-)-0.3EY(-)	EY(-)	-0.3	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	Lineer Toplam
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	EX(+)	1	
K12-0.9G+EX(+)+0.3EY(+)	EY(+)	0.3	
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	Lineer Toplam
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	EX(+)	-1	
K13-0.9G-EX(+)+0.3EY(+)	EY(+)	0.3	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	Lineer Toplam
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	EX(+)	-1	
K14-0.9G-EX(+)-0.3EY(+)	EY(+)	-0.3	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	Lineer Toplam
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	EX(+)	1	
K15-0.9G+EX(+)-0.3EY(+)	EY(+)	-0.3	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	Lineer Toplam
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	EX(-)	1	
K16-0.9G+EX(-)+0.3EY(-)	EY(-)	0.3	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	Lineer Toplam
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	EX(-)	-1	
K17-0.9G-EX(-)+0.3EY(-)	EY(-)	0.3	
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	Lineer Toplam
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	EX(-)	-1	
K18-0.9G-EX(-)-0.3EY(-)	EY(-)	-0.3	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	Lineer Toplam
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	EX(-)	1	
K19-0.9G+EX(-)-0.3EY(-)	EY(-)	-0.3	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kendi	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	EX(+)	0.3	
K20-G+Q+0.3EX(+)+EY(+)	EY(+)	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kendi	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	EX(+)	0.3	
K21-G+Q+0.3EX(+)-EY(+)	EY(+)	-1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kendi	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Çatı	1	Lineer Toplam
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-İlave	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	Hareketli-Kar	1	

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	EX(+)	-0.3	
K22-G+Q-0.3EX(+)-EY(+)	EY(+)	-1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kendi	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Döşeme	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kaplama	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Tali Duvar	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Çatı	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Hareketli-Kullanım	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Hareketli-İlave	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	Hareketli-Kar	1	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	EX(+)	-0.3	
K23-G+Q-0.3EX(+)+EY(+)	EY(+)	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	EX(-)	0.3	
K24-G+Q+0.3EX(-)+EY(-)	EY(-)	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	EX(-)	0.3	
K25-G+Q+0.3EX(-)-EY(-)	EY(-)	-1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	Lineer Toplam
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-İlave	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	

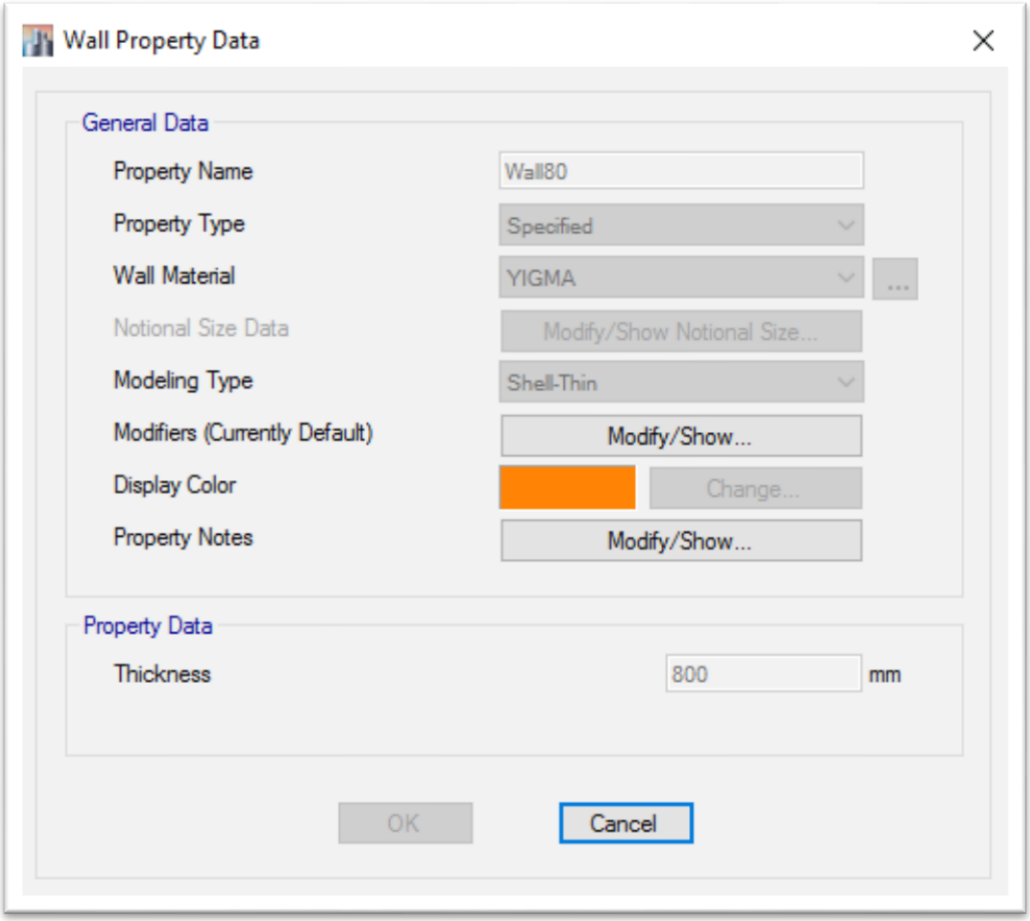
Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	EX(-)	-0.3	
K26-G+Q-0.3EX(-)-EY(-)	EY(-)	-1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kendi	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Döşeme	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kaplama	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Tali Duvar	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Çatı	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-İlave	1	Lineer Toplam
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Hareketli-Kullanım	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Hareketli-İlave	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	Hareketli-Kar	1	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	EX(-)	-0.3	
K27-G+Q-0.3EX(-)+EY(-)	EY(-)	1	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	Lineer Toplam
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	EX(+)	0.3	
K28-0.9G+0.3EX(+)+EY(+)	EY(+)	1	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	Lineer Toplam
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	EX(+)	0.3	
K29-0.9G+0.3EX(+)-EY(+)	EY(+)	-1	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	Lineer Toplam
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	EX(+)	-0.3	
K30-0.9G-0.3EX(+)-EY(+)	EY(+)	-1	
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kendi	0.9	
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Döşeme	0.9	Lineer Toplam
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Kaplama	0.9	

Kombinasyon Adı	Asal Yükler	Katsayı	Birleştirme Tipi
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-Çatı	0.9	
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	Sabit-İlave	0.9	
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	EX(+)	-0.3	
K31-0.9G-0.3EX(+)+EY(+)	EY(+)	1	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	Lineer Toplam
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	EX(-)	0.3	
K32-0.9G+0.3EX(-)+EY(-)	EY(-)	1	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	Lineer Toplam
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	EX(-)	0.3	
K33-0.9G+0.3EX(-)-EY(-)	EY(-)	-1	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	Lineer Toplam
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	EX(-)	-0.3	
K34-0.9G-0.3EX(-)-EY(-)	EY(-)	-1	
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kendi	0.9	Lineer Toplam
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Döşeme	0.9	
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Kaplama	0.9	
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Tali Duvar	0.9	
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-Çatı	0.9	
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	Sabit-İlave	0.9	
K35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	EX(-)	-0.3	
C35-0.9G-0.3EX(-)+EY(-)	EY(-)	1	

*K: Kombinasyon

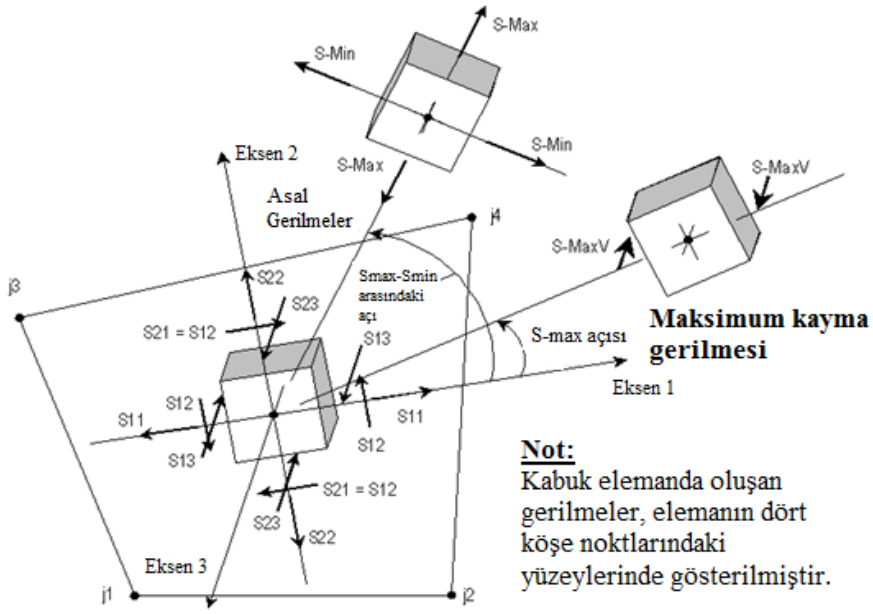
4.4.5. Malzeme ve yapısal kesit tanımlamaları

Binanın taşıyıcı duvarları sonlu elemanlar oluşturulmasına olanak tanıyan kabuk (Shell) elemanlar ile oluşturulmuştur. Sonlu elemanların oluşturulması için kritik noktalar kabuk elemanlara bölünmüştür (Mesh). Kritik noktalarda bölünmüş her bir eleman kendi içinde program tarafından bölünmektedir. Şekil 4.30'da yapının zemin katında bulunan 80 cm kalınlıktaki bir taşıyıcı duvarın tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Zemin katta bulunan 80 cm kalınlıkta taşıyıcı duvarın tipik tanımlanması

Bina döşemeleri de diyafram etkisi yaratacak şekilde kabuk (Shell) elemanlar ile modellenmiştir. Aşağıdaki şekilde kabuk elemanlara ait iç kuvvetlerin isimlendirilişi gösterilmektedir. Ayrıca düzlem kabuk elemanların gerilmeleri gösterilmektedir. Modeldeki herhangi bir elemanda herhangi bir açıdaki gerilme değerleri asal gerilmelere çevrilebilmektedir. Şekil 4.31'de gösterilen şekildeki gibi en büyük kayma gerilmeleri hesaplanmaktadır.



Şekil 4.31. Kabuk elemanların asal eksenleri ve gerilme yönleri (Dabanlı, 2008)

Taşıcıyı yığma duvar malzemesinin tanımlanmasında, yönetmeliğe göre duvar yapımında kullanılan kagir birimlerin Elastisite Modülü, malzemenin karakter basınç dayanımının 200 katı yani;

$$E_d=200f_d$$

şeklinde verilmiştir. Ancak 2016 Deprem Taslak Yönetmeliğinde yığma duvar malzemesi elastisite modülünü (eğer test yapılmamış ise) karakteristik basınç dayanımının 750 katı olarak almaktadır. Literatüre göre de $200f_d$ değeri küçük bir değer olarak görüldüğünden söz konusu yapıda Elastisite Modülü, karakter basınç dayanımının 750 katı olarak alınmıştır.

Buna göre;

$E_{duvar}= 750f_k$

$E_{duvar}=750\times1,2=900$ MPa

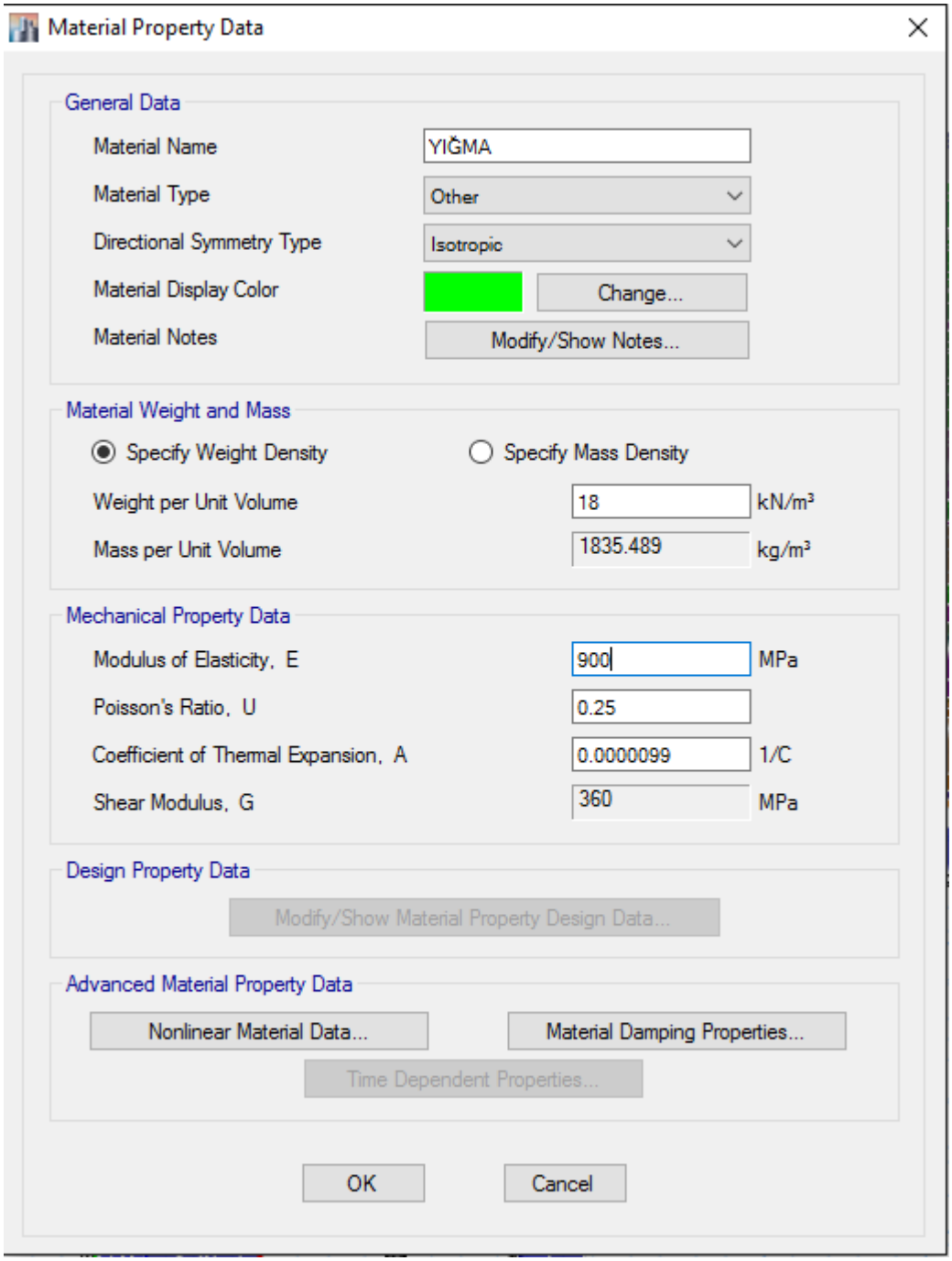
Duvar kayma modülü ise elastisite modülünün %40'ı ile sınırlandırılmıştır. Buna göre;

$$G_{duvar} = \frac{E}{2 \times (1+\gamma)} = \frac{900}{2 \times (1+0,25)} = 360\ Mpa$$

Bu denklemde E, elastisite modülü, γ ise poisson oranı olarak verilmiş ve 0,25 alınmıştır. Bu kurallar çerçevesinde elde edilen değerler aşağıda listelenmektedir.

- ✓ f_k= 1,2 MPa (Karakteristik Basınç Dayanımı-DBYBHY 2007)
- ✓ E_{duvar}= 900 MPa (Elastisite Modülü)
- ✓ G_{duvar}= 360 MPa (Kayma Modülü)

Malzeme özelliklerinin belirlenmesinde ilk önce DBYBHY 2007 maddeleri takip edilmiştir. Ancak, DBYBHY'nin elastisite modülünü $200*f_d$ olarak tarif etmesi nedeniyle oldukça düşük değerde elastisite modülü elde edilmektedir. Bu durumda, yapısal sistem direncinin düştüğü ve buna bağlı olarak iç kuvvetlerde (gerilmelerde) azalmalar oluştuğu tespit edilmiştir. Şekil 4.32'de ETABS programında malzeme özelliklerini gösteren menü verilmiştir.



Şekil 4.32. Malzeme özellikleri

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Sonuçlar

5.1.1. Modal analiz sonuçlar

Modal analiz, öz değer analizi yada Eigen-value analizi olarak bilinen, yapının serbest titreşim periyotları ve mod şekillerini belirlemek amacıyla kullanılan bir araçtır. Yapı sisteminin kütle ve rijitlik matrisleri kullanılarak serbest titreşim periyorları ve modları belirlenebilmektedir.

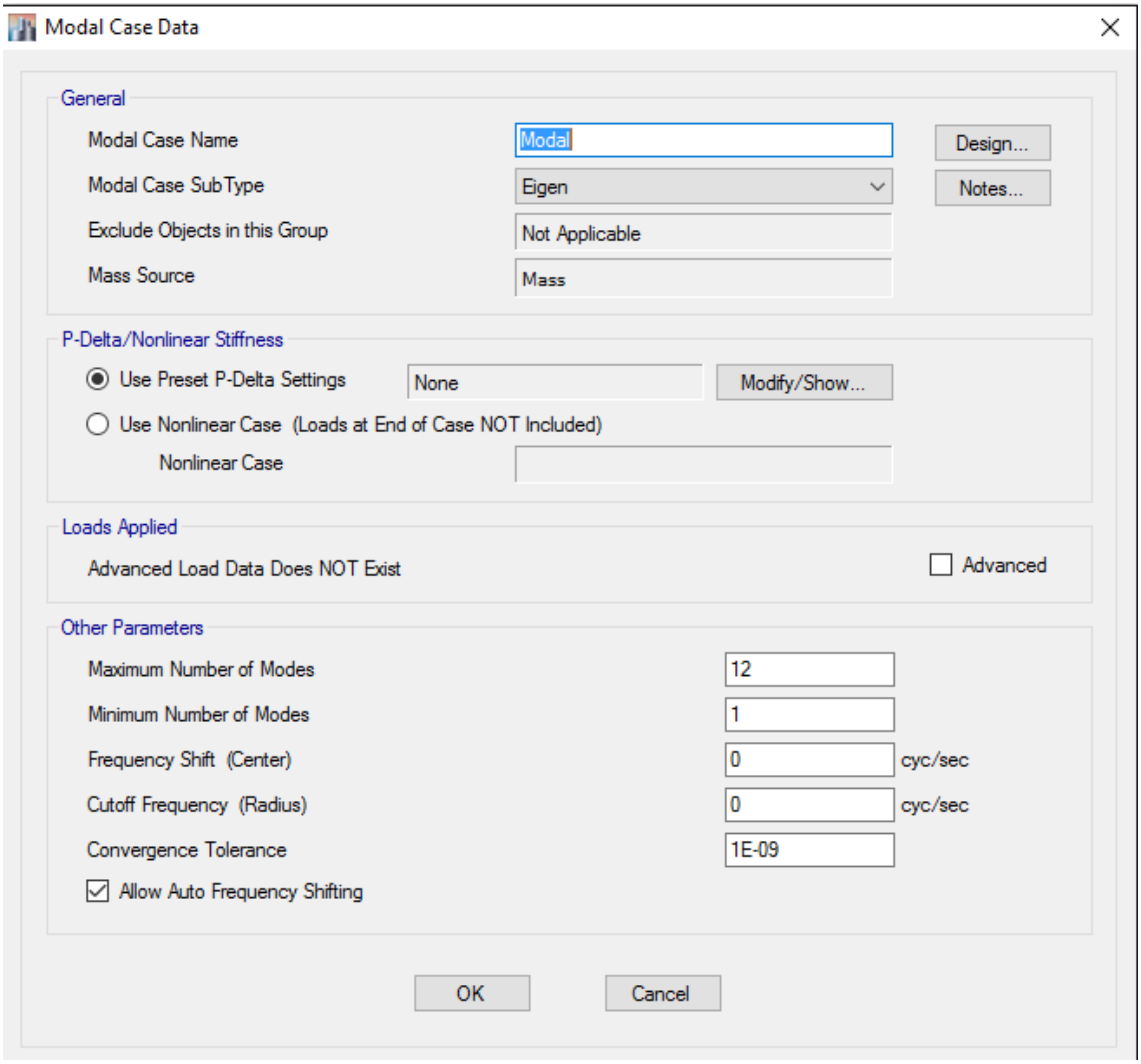
Tarihi Konya Gazi Lisesi'ne air sonlu eleman modeli Etabs programı ile modal analize tabi tutulmuştur. Modal analiz Eigen Vektörleri ile 12 mod olarak gerçekleştirilmiştir.

Bir serbest titreşim periyoduna ait olan mod şeklindeki titreşimin, yapının toplam kütlesinin ne kadarını etkileyip salınım hareketine dâhil edebildiği kütle katılım oranı ile ifade edilir.

Deprem yönetmeliğinde modal kütlelerin toplamı için bir alt sınır verilmiştir. Yönetmeliğe göre, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirleneceği ifade edilmiştir. Fakat tarihi yığma yapıların analizde az sayıda mod kullanılması durumunda bu sınırı yakalamak oldukça zor olmaktadır.

Analiz sonucunda, binanın 1. modunun 0.50 sn. titreşim periyodu "Y" yönünde, 2. modunun 0,404 sn. burulmada, 3. modunun 0.314 sn. ile "X" yönünde gerçekleştiği görülmüştür. Şekil 5.1'de modal analiz parametreleri ve Tablo 4.1'de modal analiz sonucu X ve Y yönündeki kütle dağılımları verilmiştir.

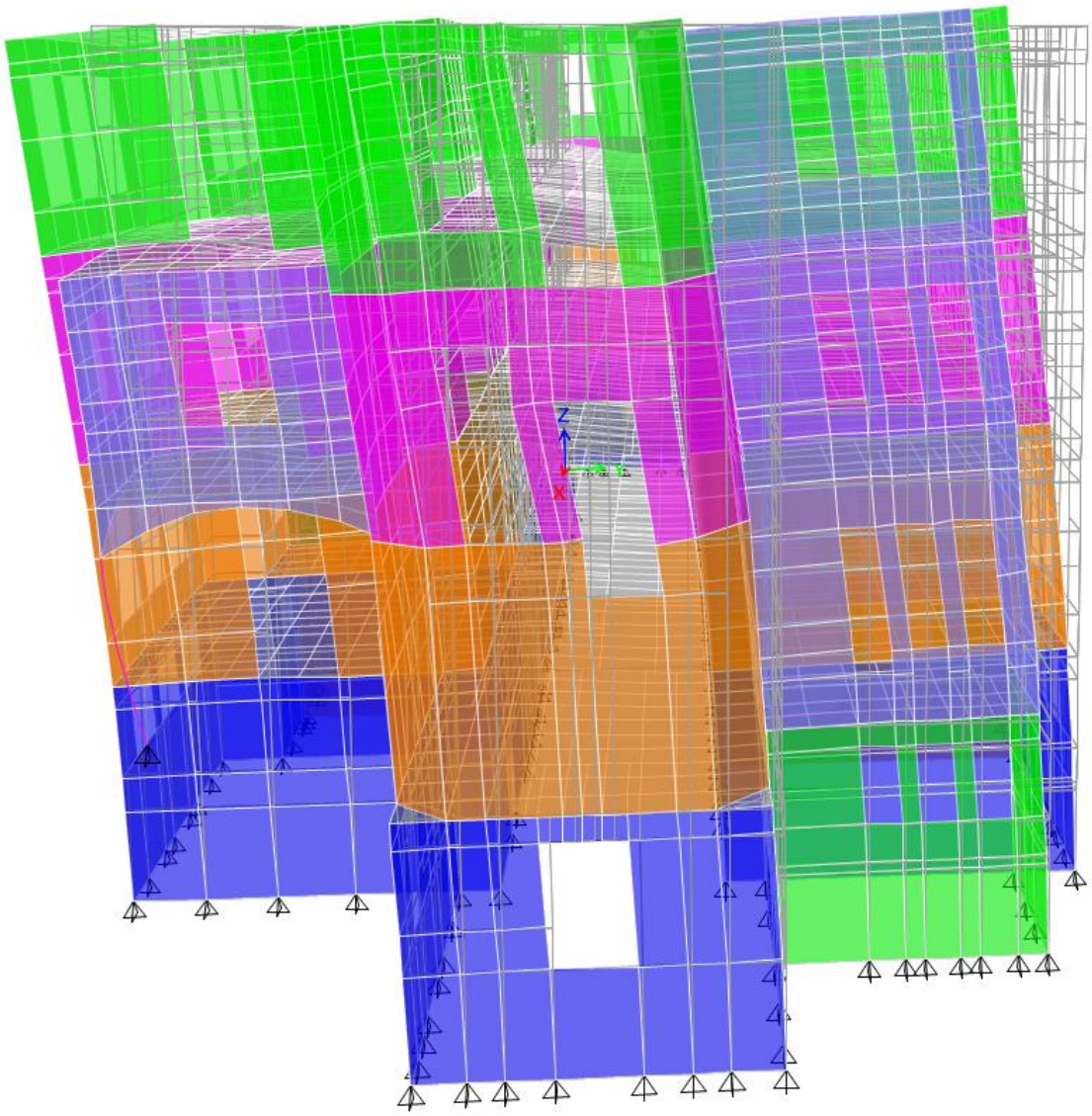
Buna göre yapının Y yönündeki kütle katılımı birinci modda %70'i aşarak Y yönünde bir yer değiştirme olduğunu görüyoruz. Aynı şekilde X yönündeki kütle katılımına baktığımızda ise üçüncü modda %70'lik kütle katılımının olduğunu görüyoruz ve Şekil 5.4'de görüleceği üzere X yönünde bir yer değiştirme görülmektedir. Aynı şekilde ikinci mod da ki kütle katılımlarına baktığımızda her iki yönde de kütle katılımı olmamaktadır Şekil 5.3'de görüldüğü gibi X ve Y yönünde bir yer değiştirme yoktur ancak yapıda burulma meydana gelmektedir.



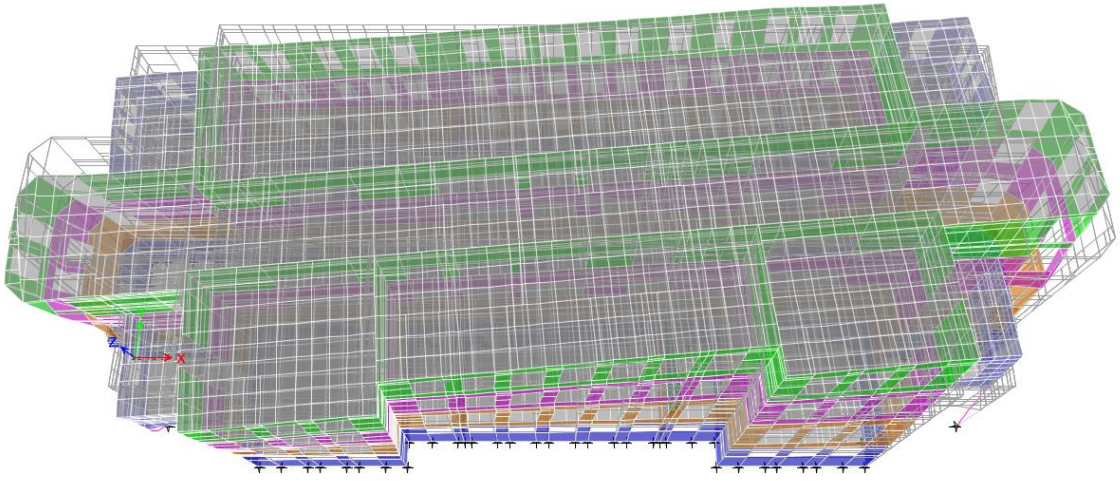
Şekil 5.1. Modal Analiz Parametreleri

Tablo 5.1. Modal analiz x-y kütle katılımları

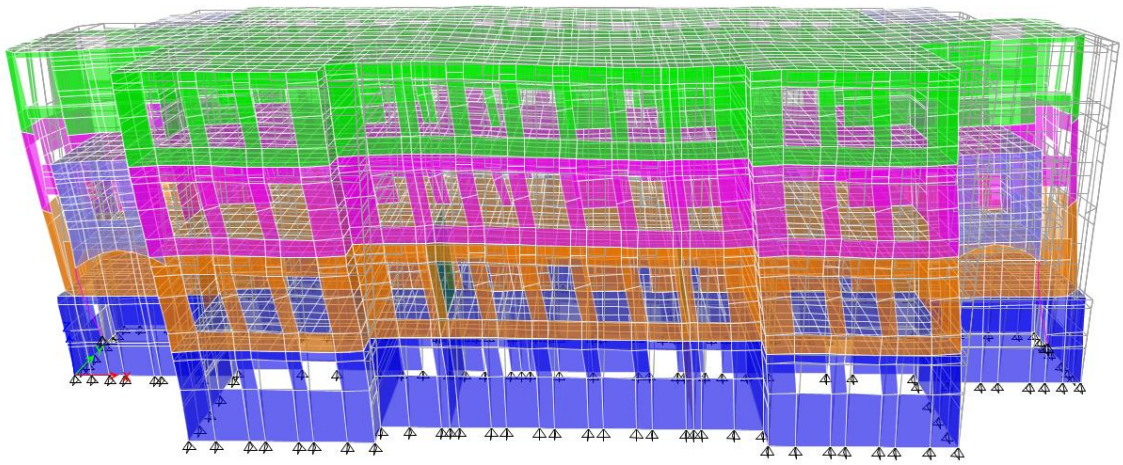
Mod Numarası	Periyot (sn)	X Yönü Kütle Katılımı	Y Yönü Kütle Katılımı
1	0.501	0.000	0.725
2	0.404	0.001	0.000
3	0.314	0.769	0.000



Şekil 5.2. Birinci mod şekli (Y yönü)



Şekil 5.3. İkinci mod şekli burulma

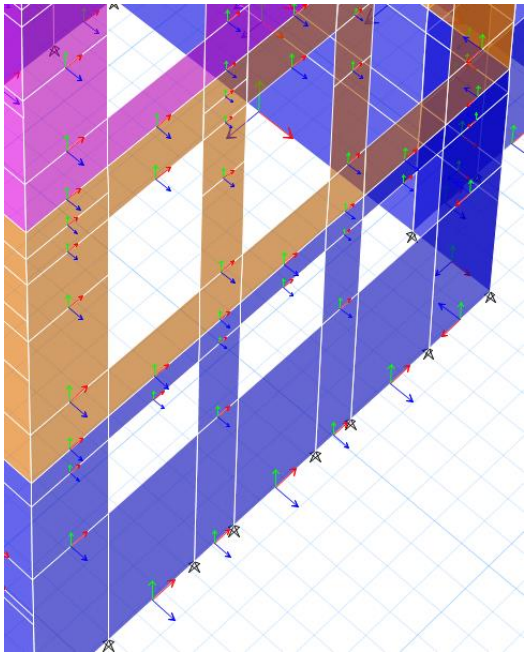


Şekil 5.4. Üçüncü mod şekli (X Yönü)

Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de modelin analiz sonucunda X yönü, Y yönü ve burulma durumundaki görüntüleri verilmiştir.

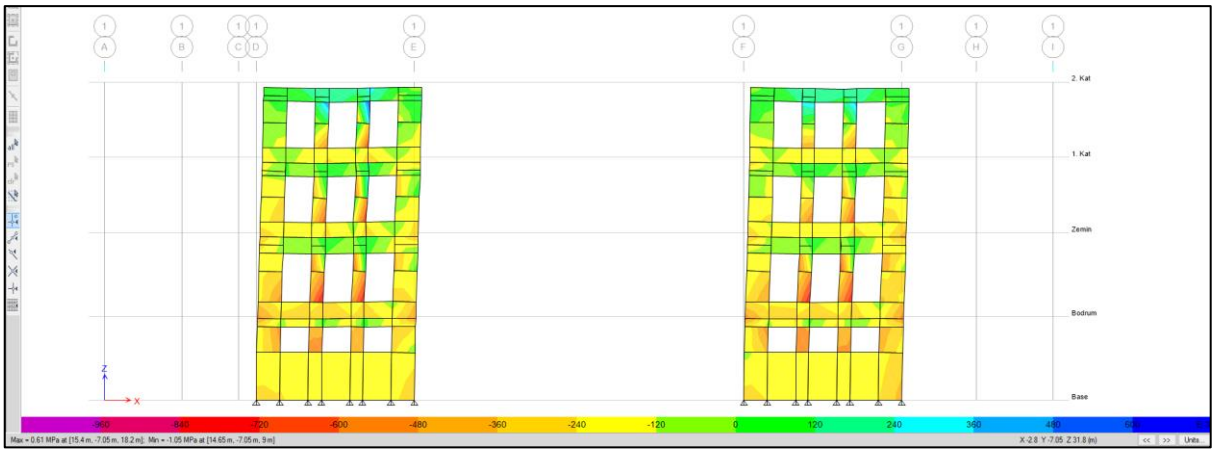
5.1.2. Eksenel gerilme sonuçları

Eksenel gerilmeler, binaya etkiyen düşey (sabit ve hareketli) yükler ile deprem anında oluşan çekme ve basınç yüklerinin birleşiminin sonucu olarak oluşmaktadır. Şekil 5.5'de görülebileceği üzere, ETABS yazılımında eksenel aks (Z Yönü) "yeşil renk ile gösterilmektedir. Bu sebepten eksenel gerilme kontrolleri ETABS programında isimlendirilen "S22" gerilmeleri için gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.5'de modele ait lokal akslar gösterilmiştir.

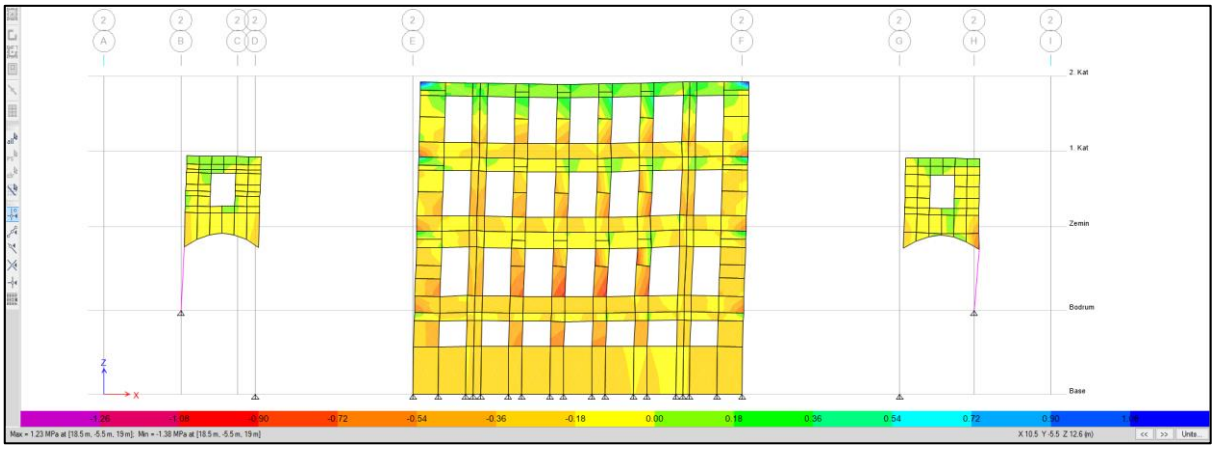


Şekil 5.5. ETABS lokal akslar

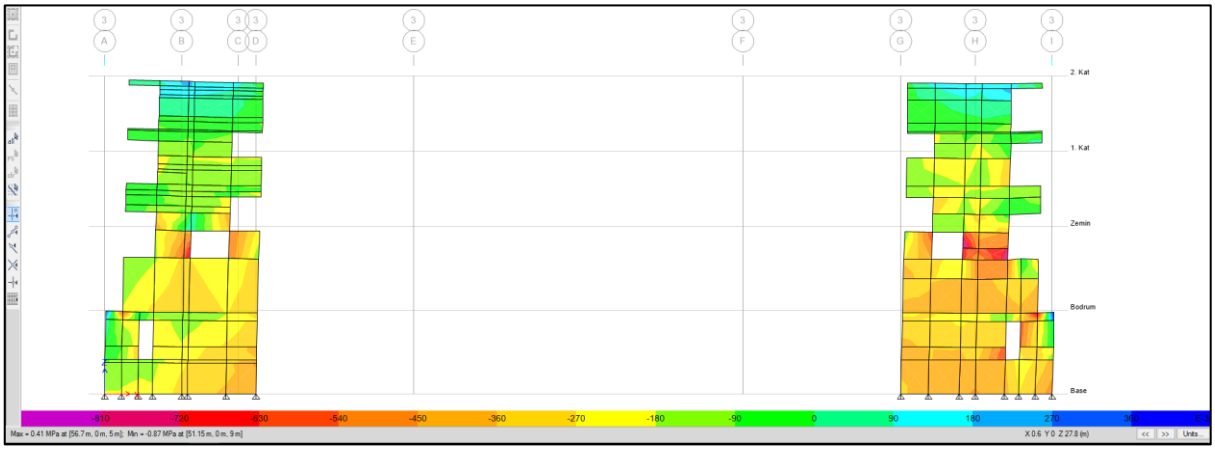
Şekil 5.6-5.25'de eksenel gerilmeleri gösteren modeller verilmiştir.



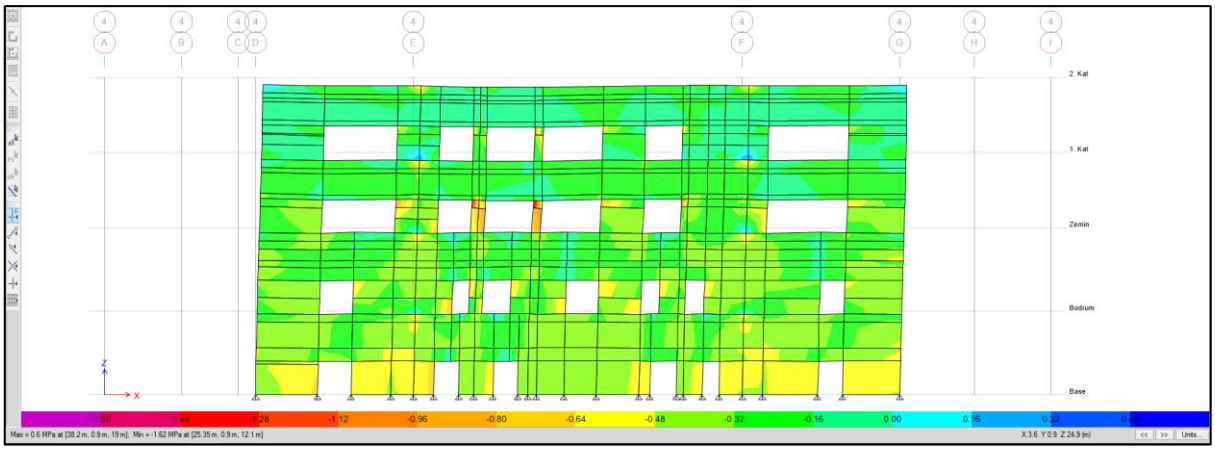
Şekil 5.6. 1-1 Aksı eksenel gerilmeler



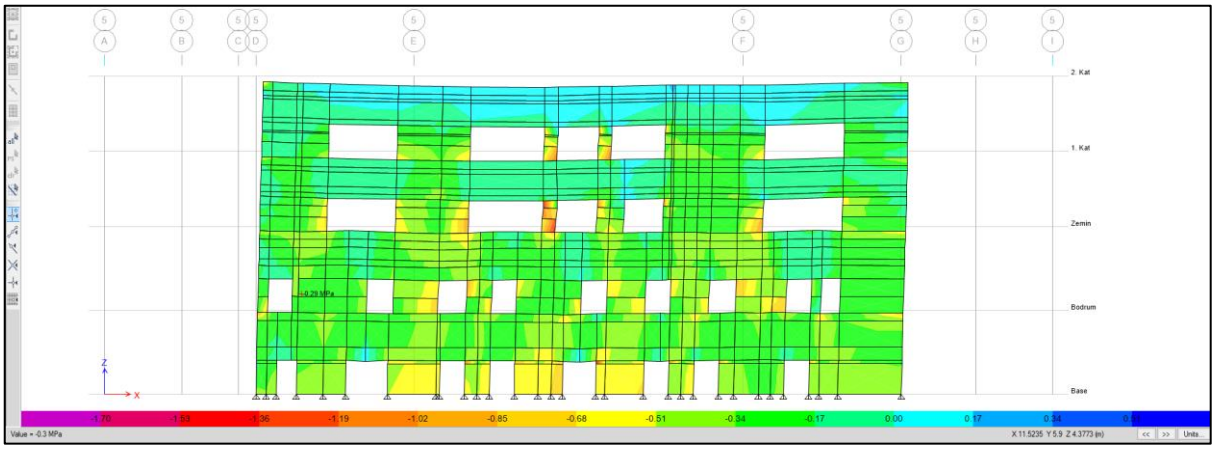
Şekil 5.7. 2-2 Aksı eksenel gerilmeler



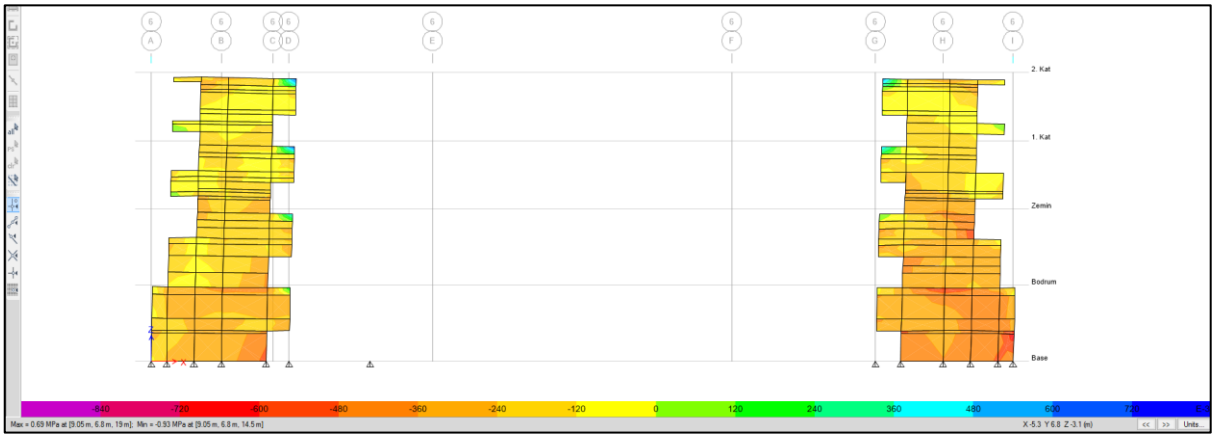
Şekil 5.8. 3-3 Aksı eksenel gerilmeler



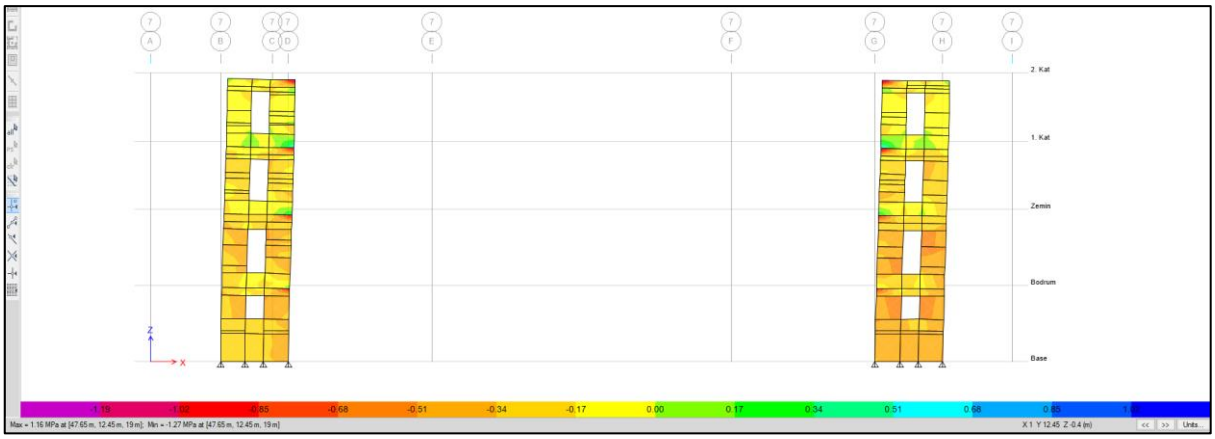
Şekil 5.9. 4-4 Aksı eksenel gerilmeler



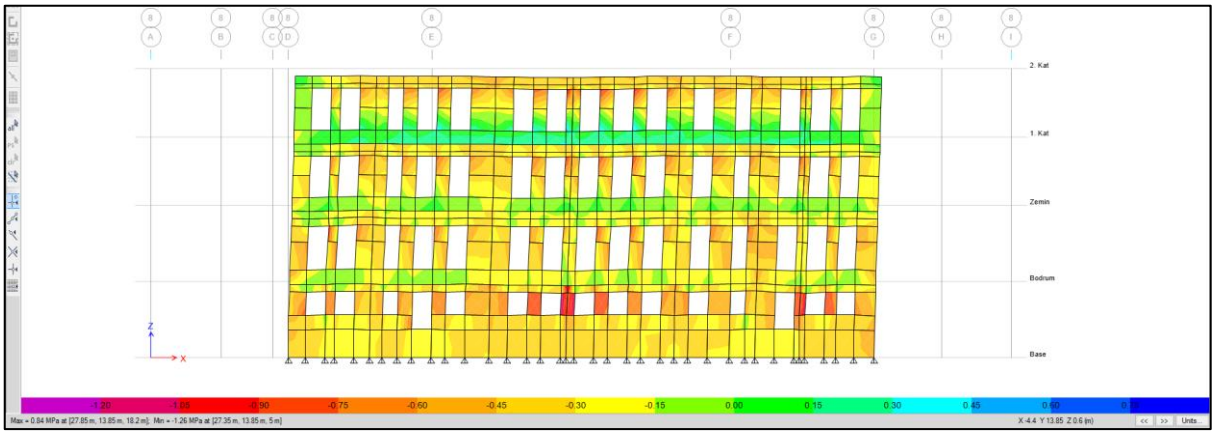
Şekil 5.10. 5-5 Aksı eksenel gerilmeler



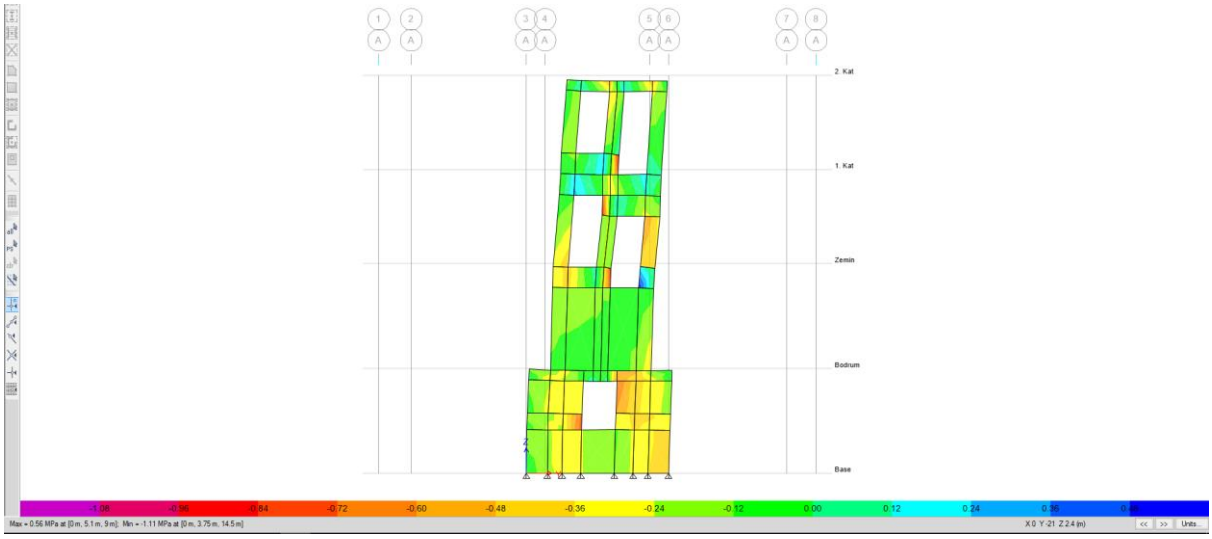
Şekil 5.11. 6-6 Aksı eksenel gerilmeler



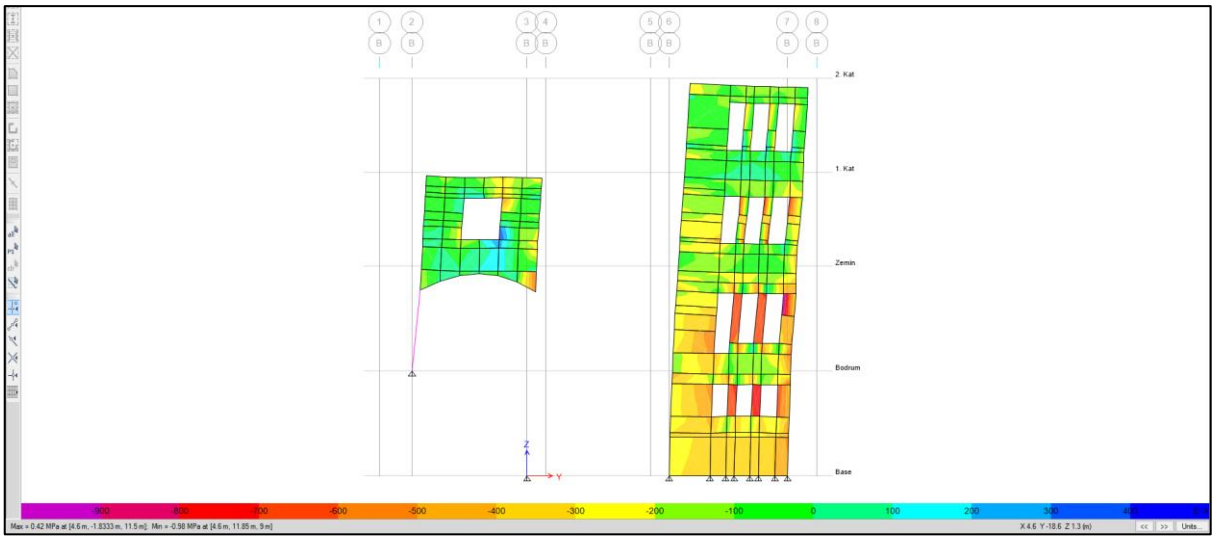
Şekil 5.12. 7-7 Aksı eksenel gerilmeler



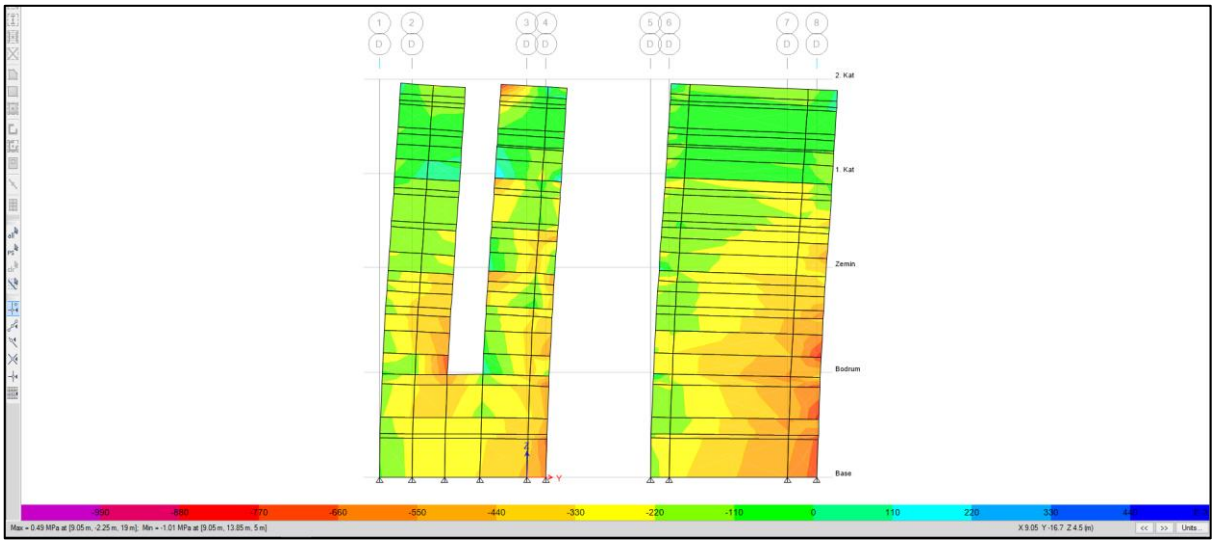
Şekil 5.13. 8-8 Aksı eksenel gerilmeler



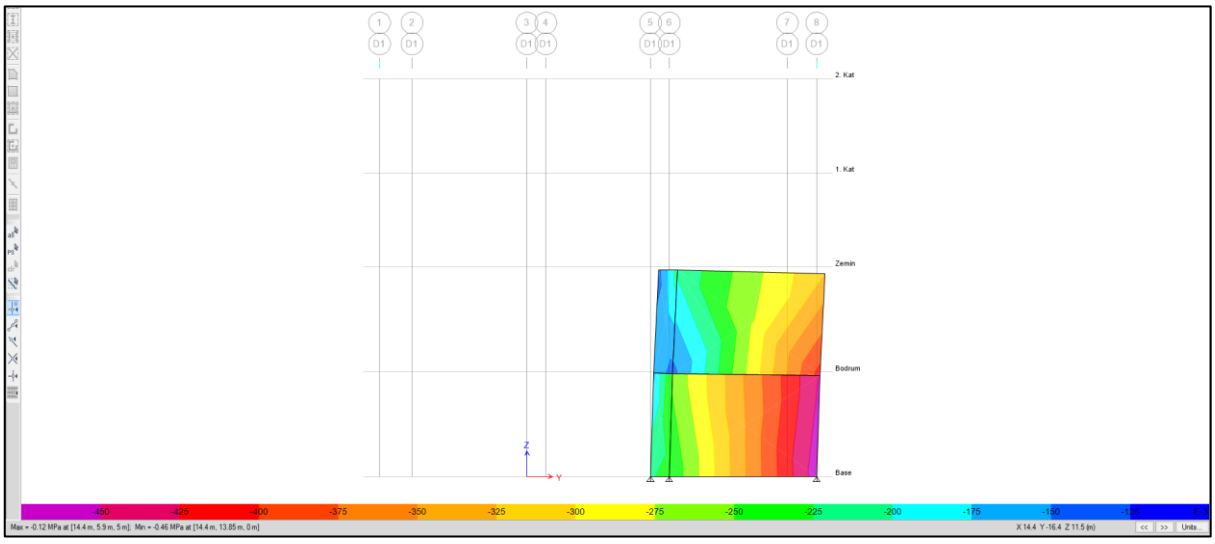
Şekil 5.14. A-A Aksı eksenel gerilmeler



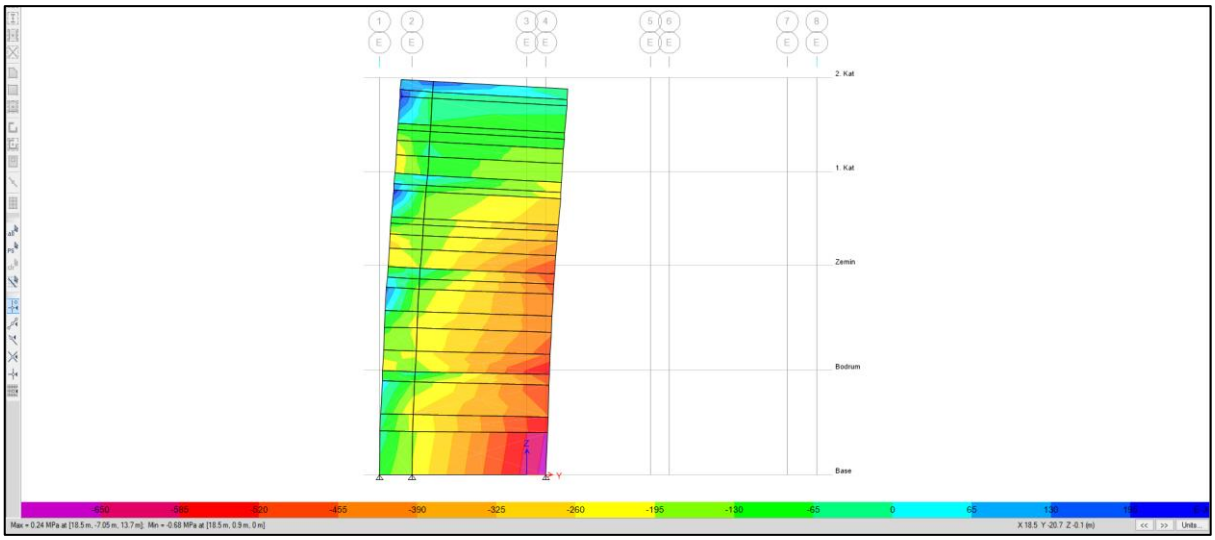
Şekil 5.15. B-B Aksı eksenel gerilmeler



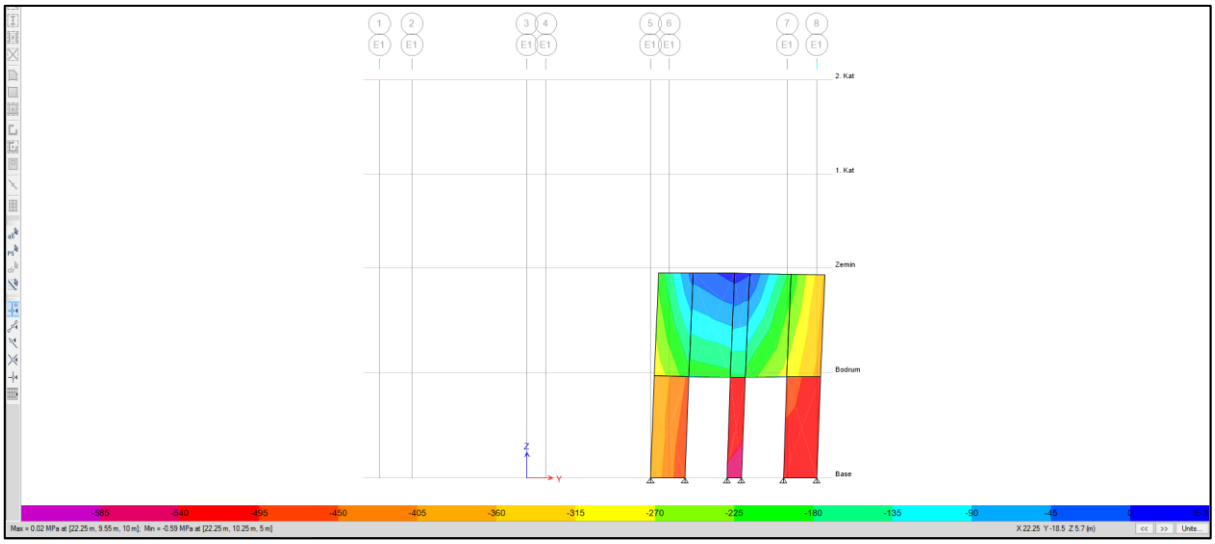
Şekil 5.16. D-D Aksı eksenel gerilmeler



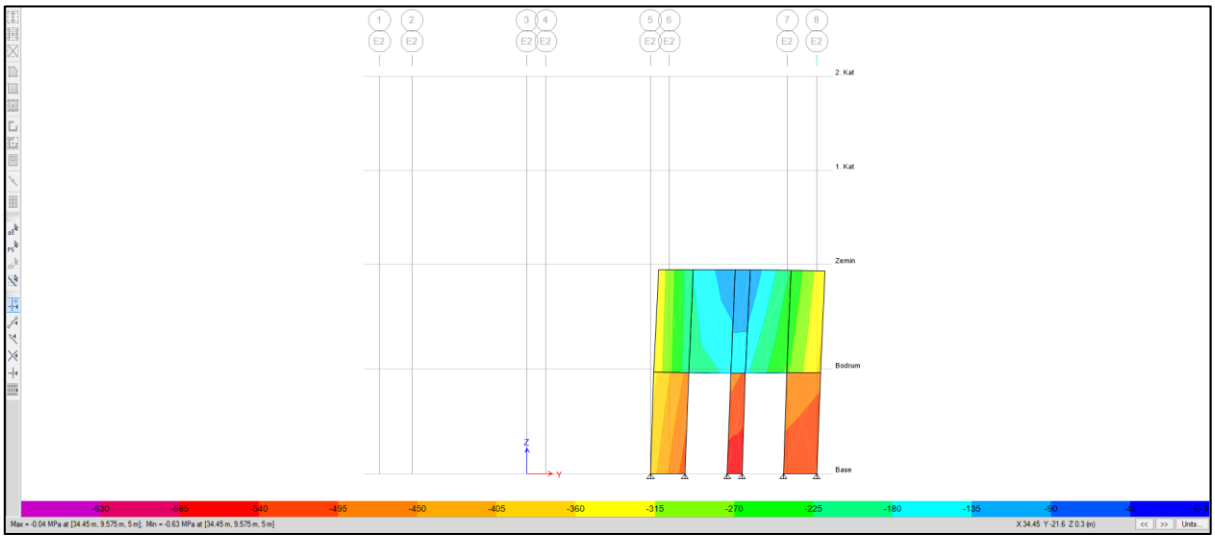
Şekil 5.17. D_1-D_1 Aksı eksenel gerilmeler



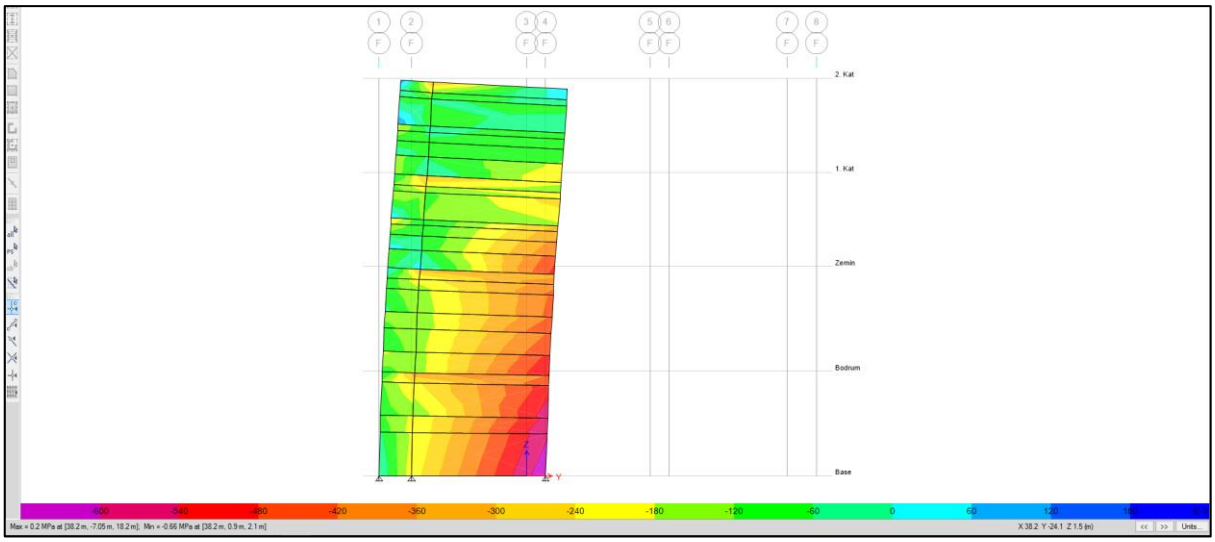
Şekil 5.18. E-E Aksı eksenel gerilmeler



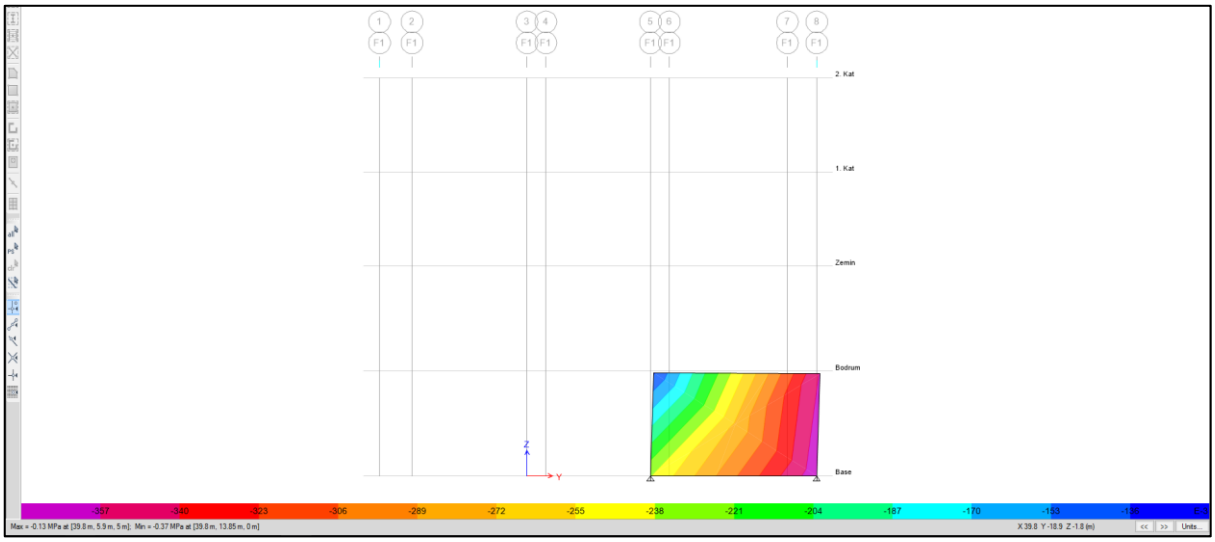
Şekil 5.19. E_1-E_1 Aksı eksenel gerilmeler



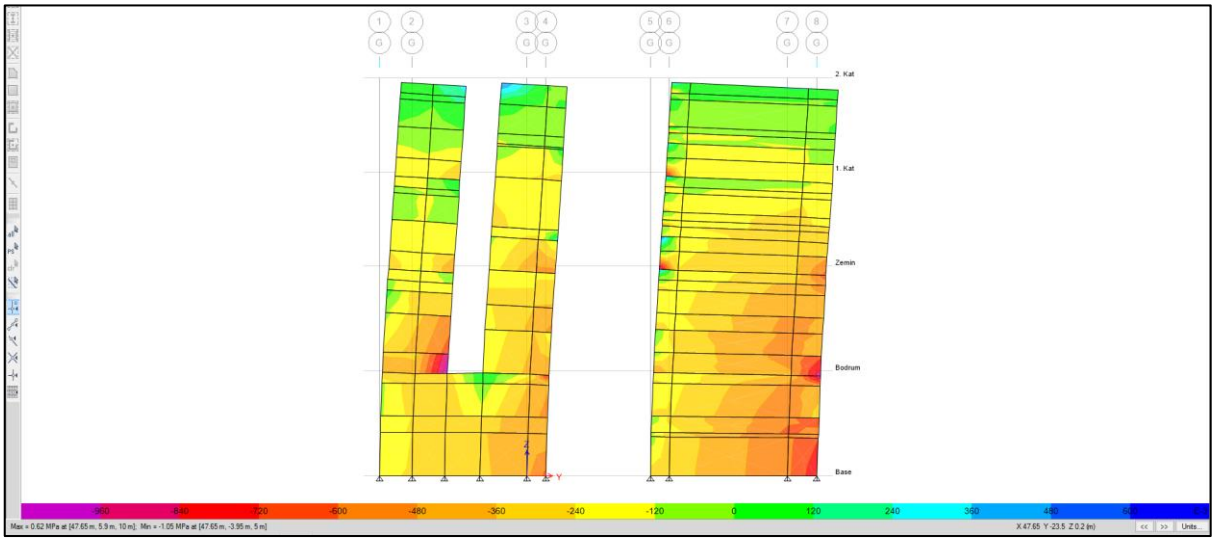
Şekil 5.20. E_2-E_2 Aksı eksenel gerilmeler



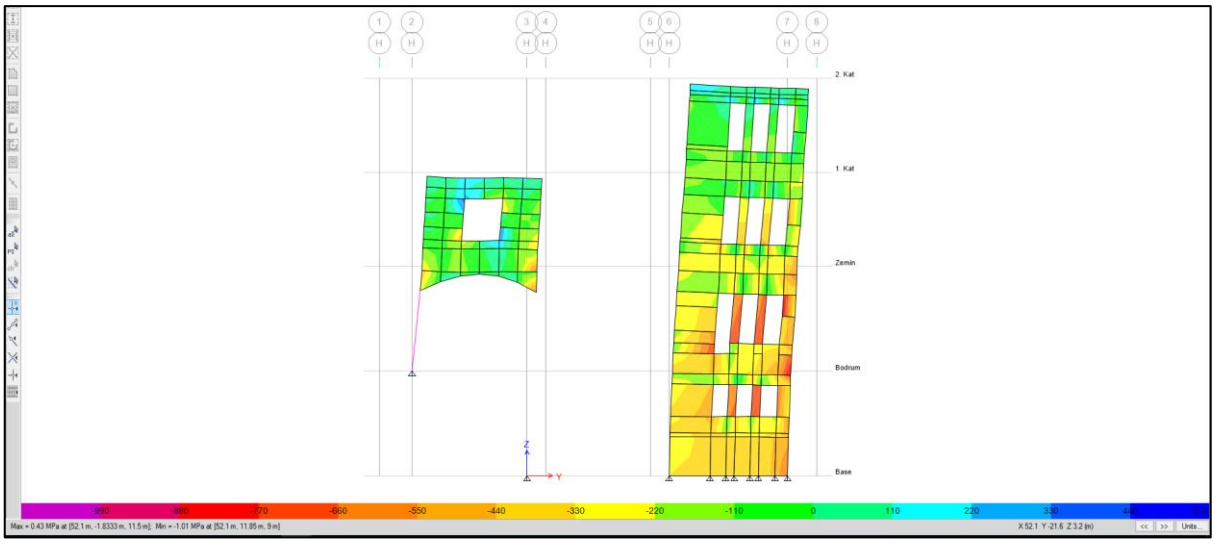
Şekil 5.21. F-F Aksı eksenel gerilmeler



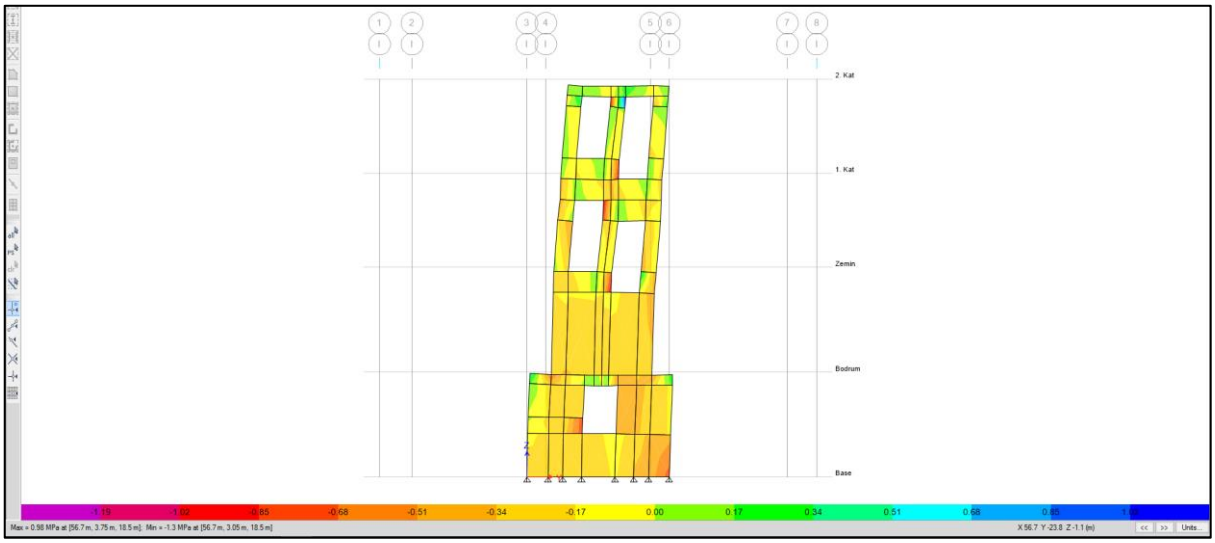
Şekil 5.22. F_1-F_1 Aksı eksenel gerilmeler



Şekil 5.23. G-G Aksı eksenel gerilmeler



Şekil 5.24. H-H Aksı eksenel gerilmeler



Şekil 5.25. I-I Aksı eksenel gerilmeler

Duvarlarda oluşan basınç gerilmelerinin yığma duvar cinsine göre izin verilen gerilmelerle karşılaştırılması gerekmektedir. Bu hesapta duvarlarda ve döşemelerden gelen yükler göz önüne alınacaktır. Bu gerilmeler duvar cinsine göre yönetmelikte izin verilen basınç gerilmesinden büyük olmayacaktır (DBYBHY, 2007).

İzin verilen duvar basınç dayanımları, duvarda kullanılan harç sınıfına ve duvar malzemesinin ortalama serbest basınç dayanımına bağlı olarak yönetmelikte verilen duvar emniyet gerilmesi tablosundan alınmaktadır. Duvarda kullanılan kâgir birimin basınç dayanımı belli değilse veya duvar dayanım deneyi yapılmamışsa duvarda kullanılan kâgir birim basınç emniyet gerilmesi yönetmelikte yığma yapılar için tasarım kuralları bölümünde verilen Tablo 5.3.'den alınır (DBYBHY, 2007).

Konya Gazi Lisesi'nde duvar malzemesi olarak taş duvar kullanılmıştır. Çalışmada duvar parçası dayanım deneyi yapılmadığında duvarda kullanılan malzemenin basınç dayanımı belirlenememiştir. Dolayısıyla yönetmelikte taş duvar malzemesi için verilen basınç emniyet gerilmesi (0,3 Mpa) değeri kullanılmıştır.

Sistemin genelinde DBYBHY'te belirtilen maksimum basınç gerilmesi değerleri aşılmamıştır ancak yukarıda sunulan şekillerden de takip edilebileceği üzere lokal bölgelerde (özellikle boşluk çevrelerinde) eksenel gerilmelerin 0.6~0.8~1.0 MPa mertebelerine ulaştığı görülmektedir.

5.1.3. Kayma gerilmesi sonuçları

Binaya etkiyen kayma gerilmeleri deprem etkisiyle oluşan yatay yükler nedeni ile oluşmaktadır. Yukarıda verilen şekillere ve lokal akslara uygun olarak, kayma gerilmeleri "S11" değerleri ile takip edilmiştir.

DBYBHY gereğince; emniyetli kayma gerilmesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\tau_{em} = \tau_0 + \mu\sigma$$

Bu formüldeki σ değeri düşey yüklerden oluşan eksenel gerilmeyi, μ ise sürtünme katsayısını temsil etmektedir. Deprem yönetmeliğimizde Madde 5.3.3.4'de sürtünme katsayının 0,5 olarak alınabileceği belirmektedir.

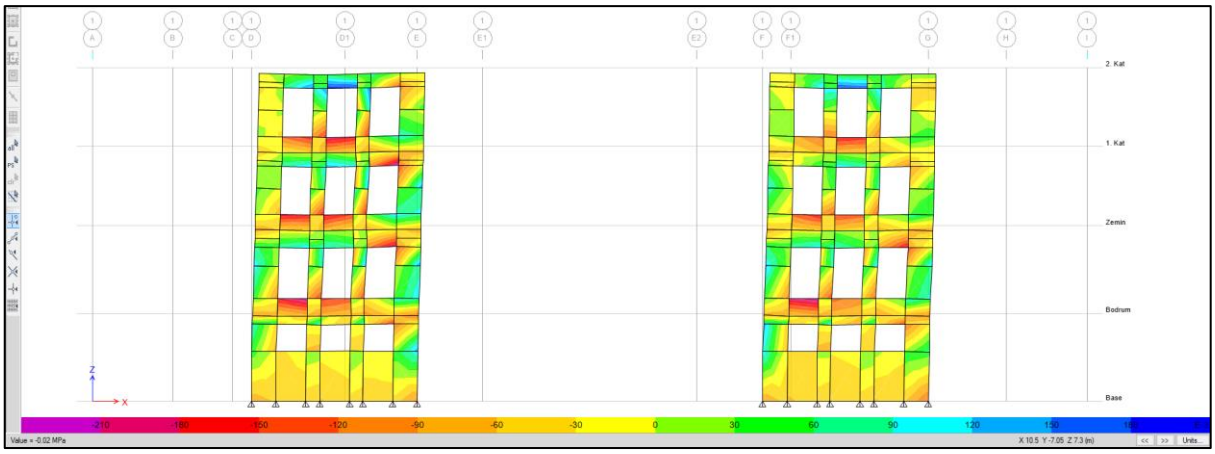
Düşey gerilmenin hesabında deprem kütlesi ile uyumlu olarak G+0.6Q durumu göz önüne alınmıştır.

Düşey yükten oluşan ortalama eksenel gerilme= 0.13 MPa

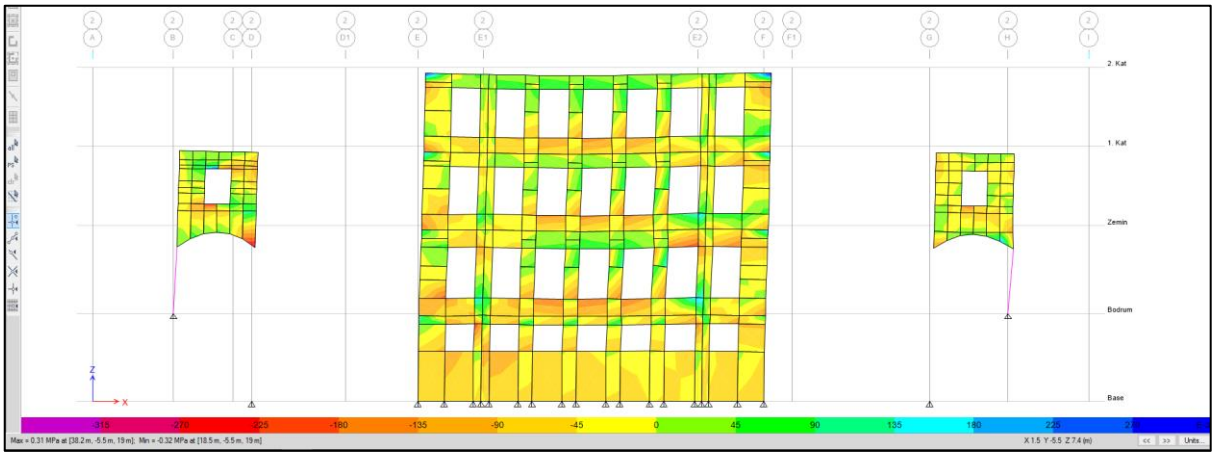
$$\tau_{em} = 0{,}1 + 0{,}5 \times 0{,}13 = 0{,}165\ Mpa$$

olarak bulunur.

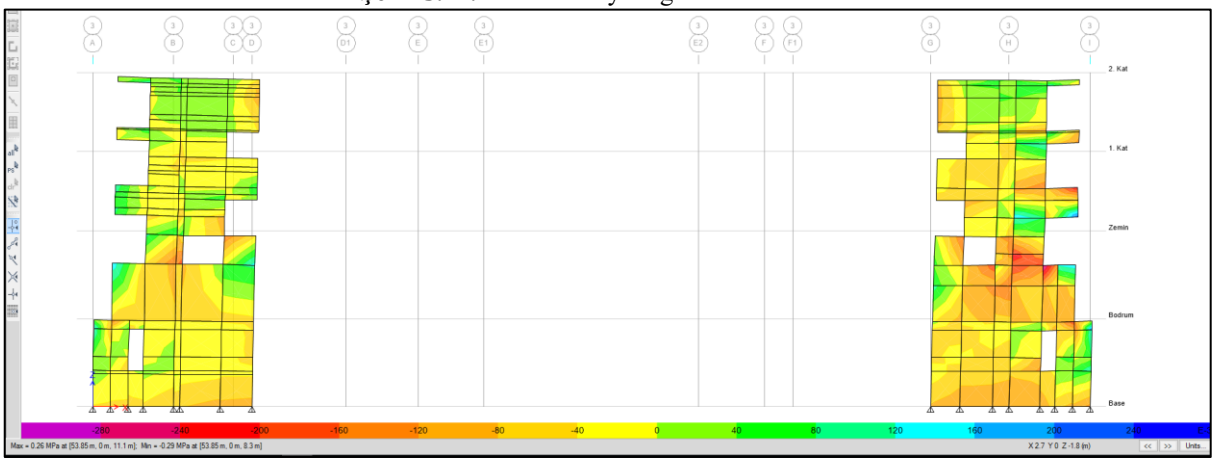
Şekil 5.26 ile Şekil 5.45 arasındaki şekillerde yapıya ait kayma gerilmeleri modelleri verilmiştir.



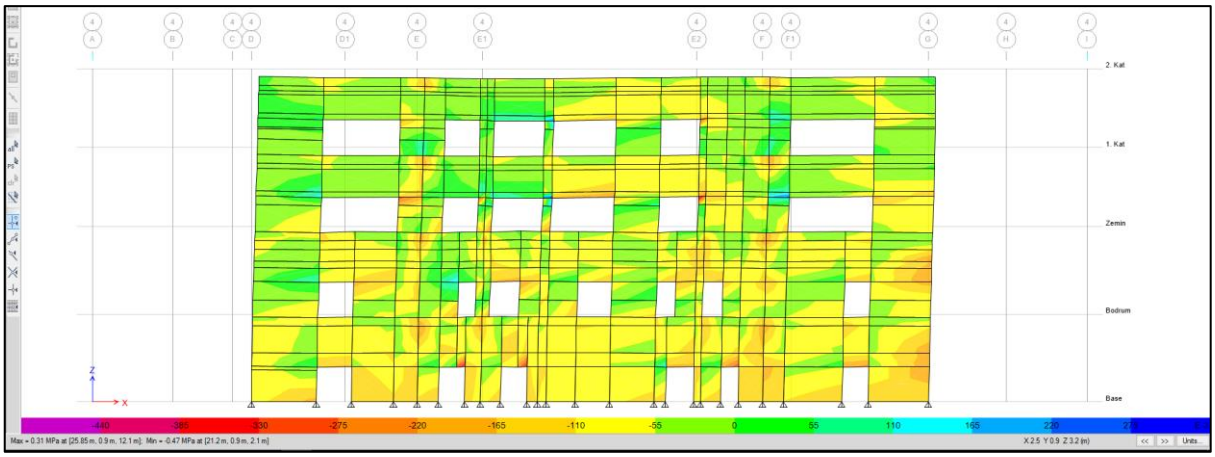
Şekil 5.26. 1-1 Aksı kayma gerilmeleri



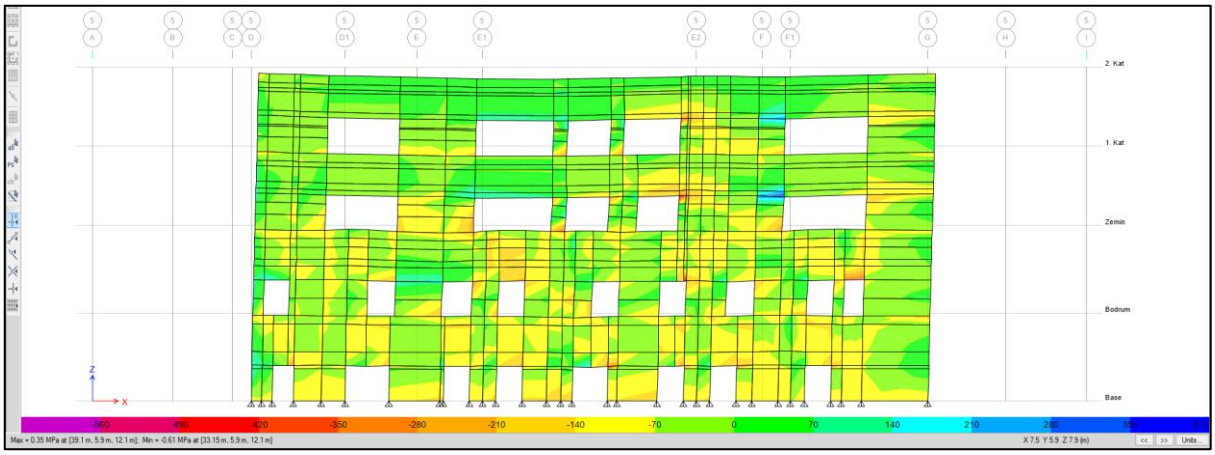
Şekil 5.27. 2-2 Aksı kayma gerilmeleri



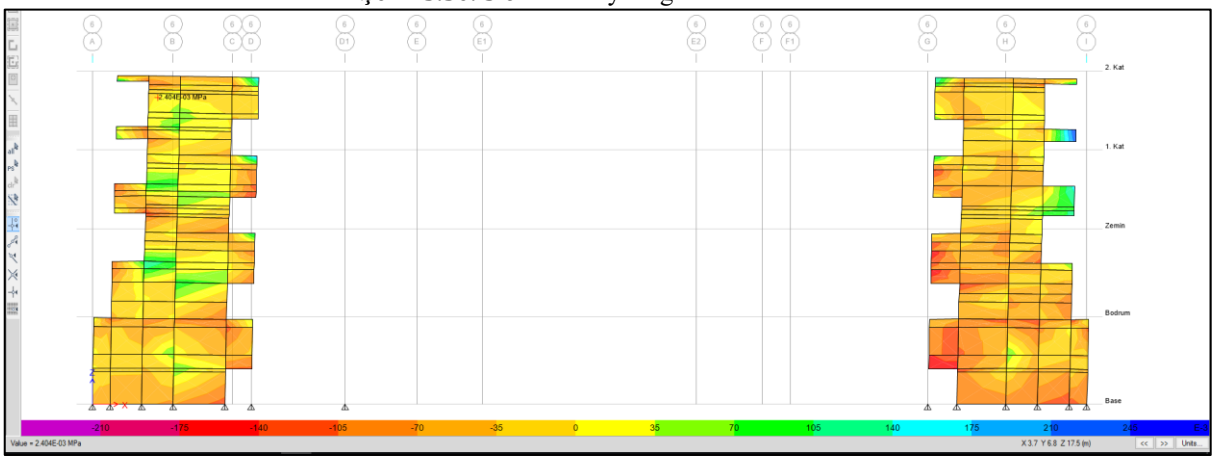
Şekil 5.28. 3-3 Aksı kayma gerilmeleri



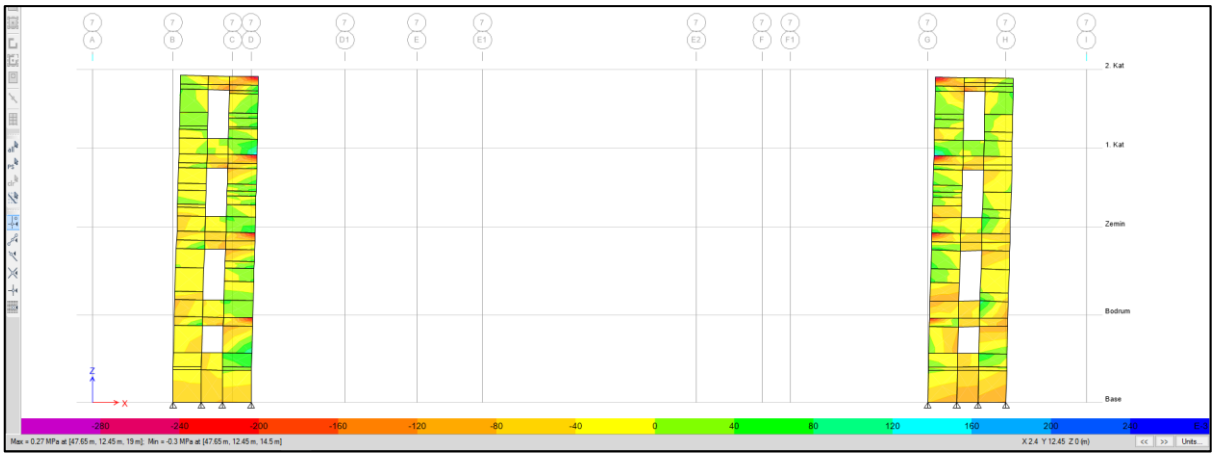
Şekil 5.29. 4-4 Aksı kayma gerilmeleri



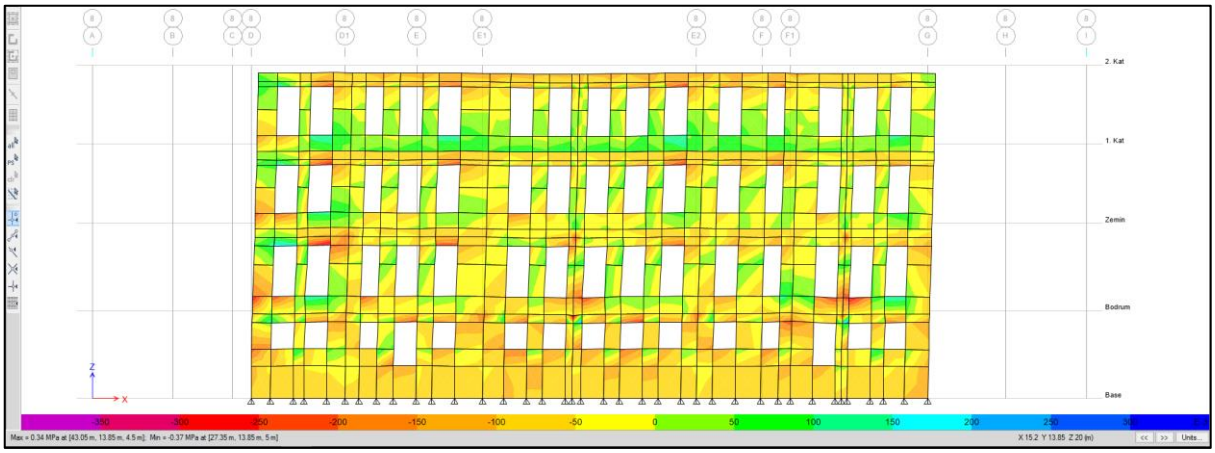
Şekil 5.30. 5-5 Aksı kayma gerilmeleri



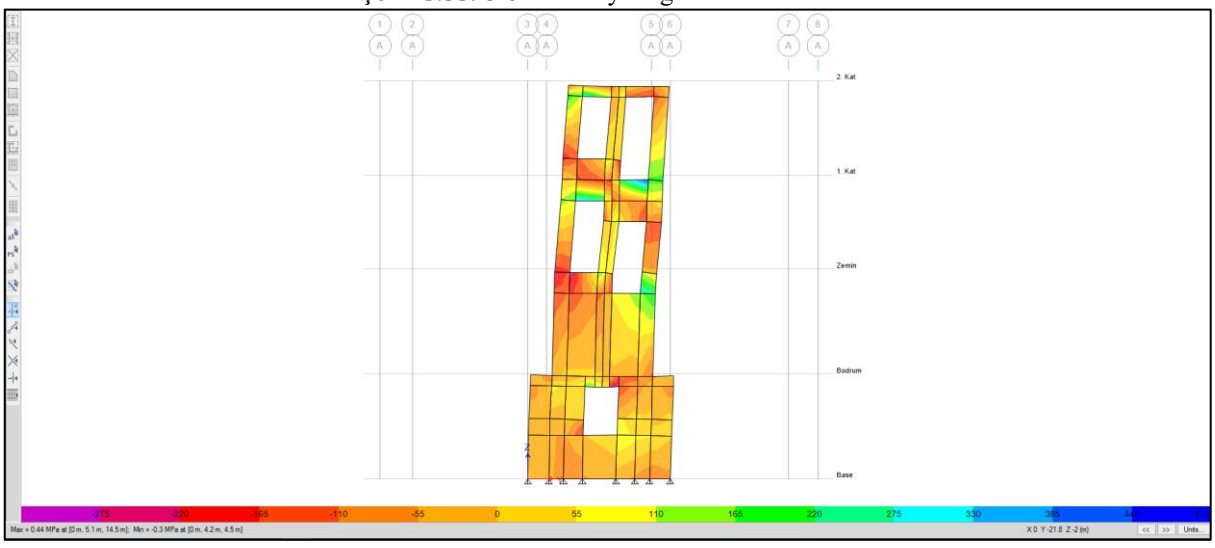
Şekil 5.31. 6-6 Aksı kayma gerilmeleri



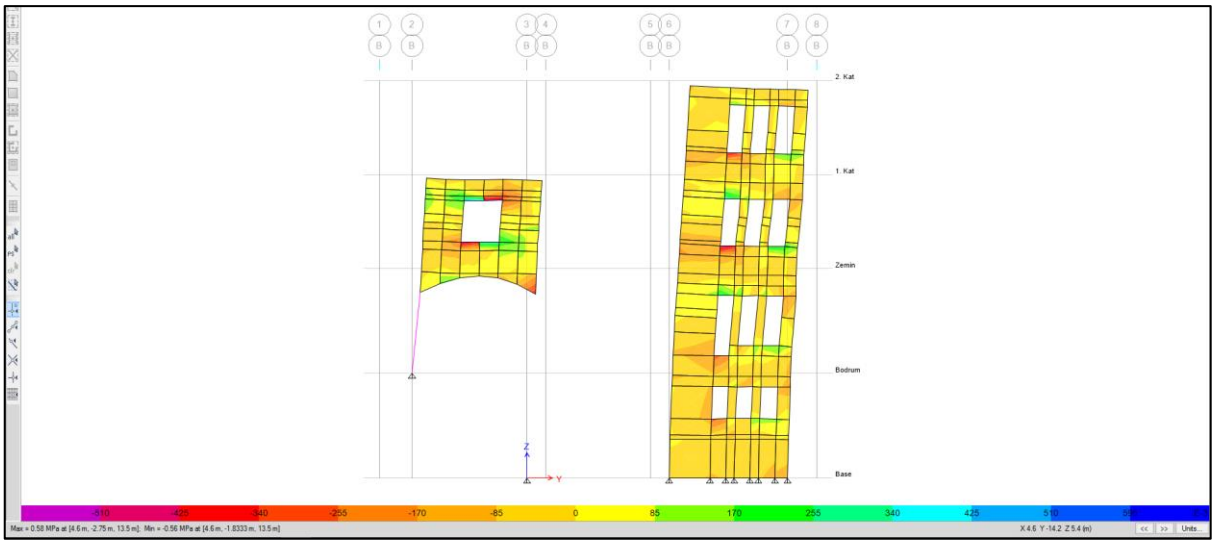
Şekil 5.32. 7-7 Aksı kayma gerilmeleri



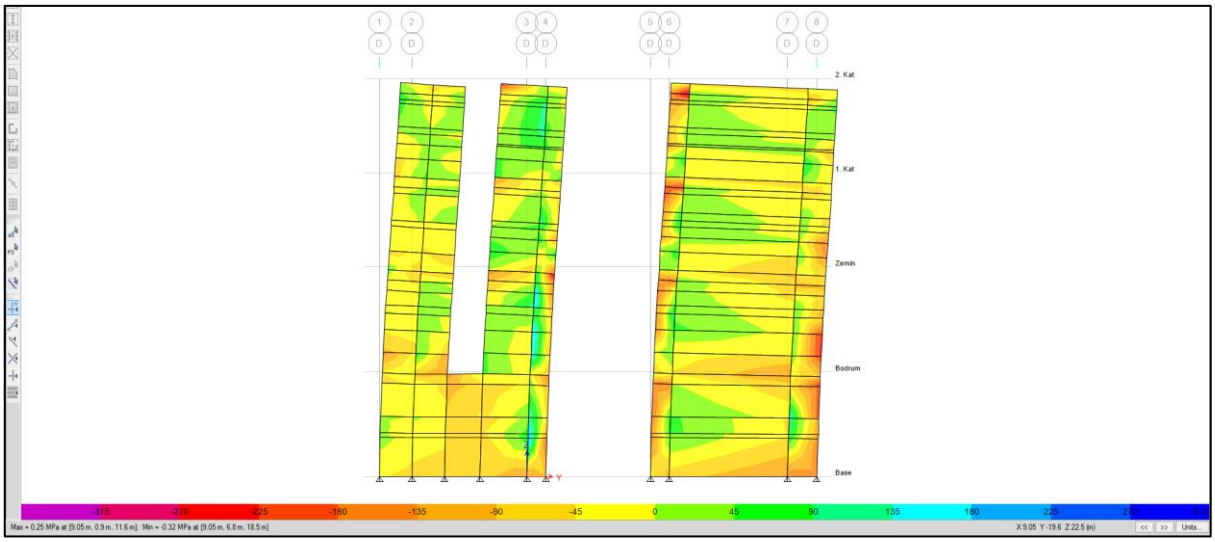
Şekil 5.33. 8-8 Aksı kayma gerilmeleri



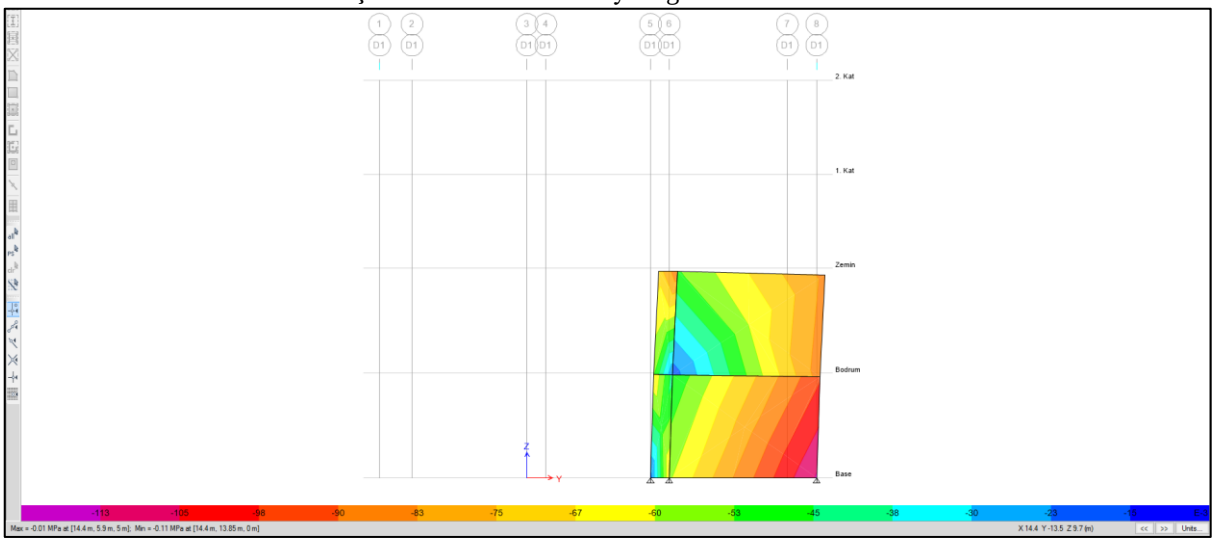
Şekil 5.34. A-A Aksı kayma gerilmeleri



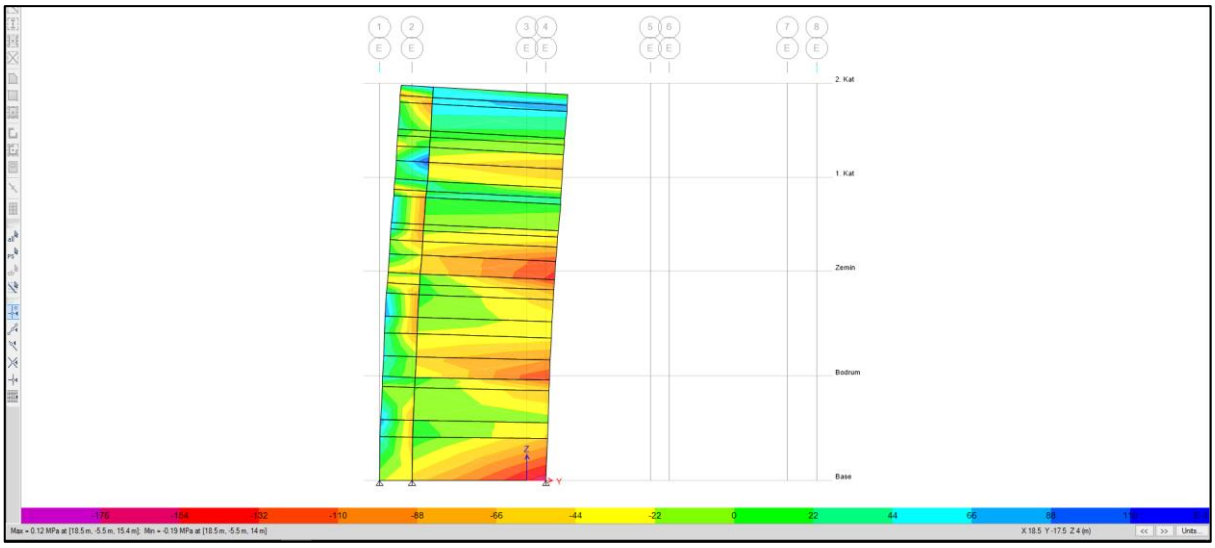
Şekil 5.35. B-B Aksı kayma gerilmeleri



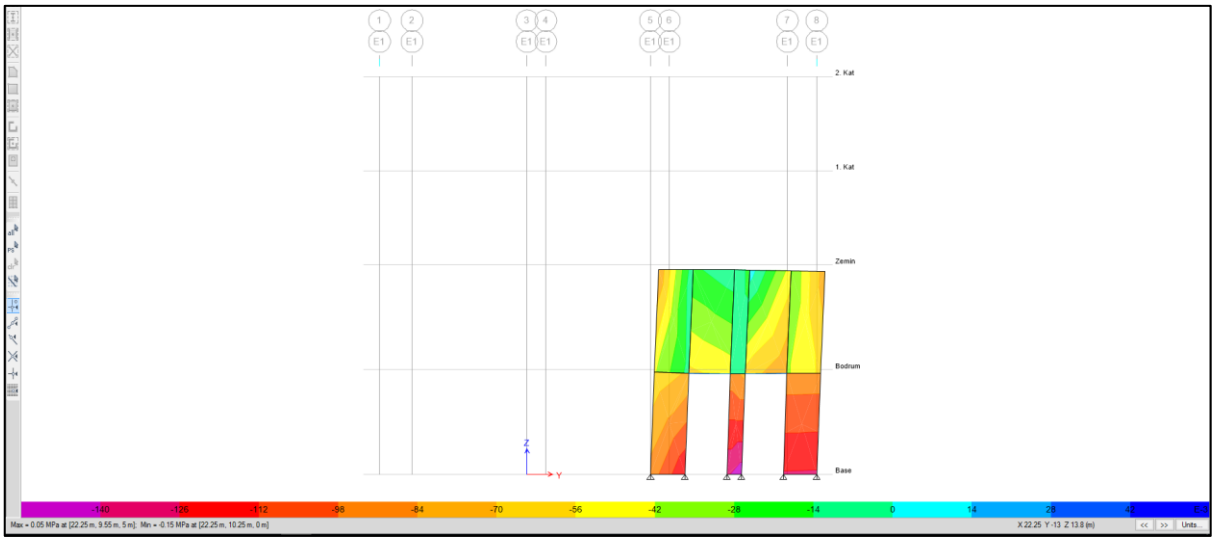
Şekil 5.36. D-D Aksı kayma gerilmeleri



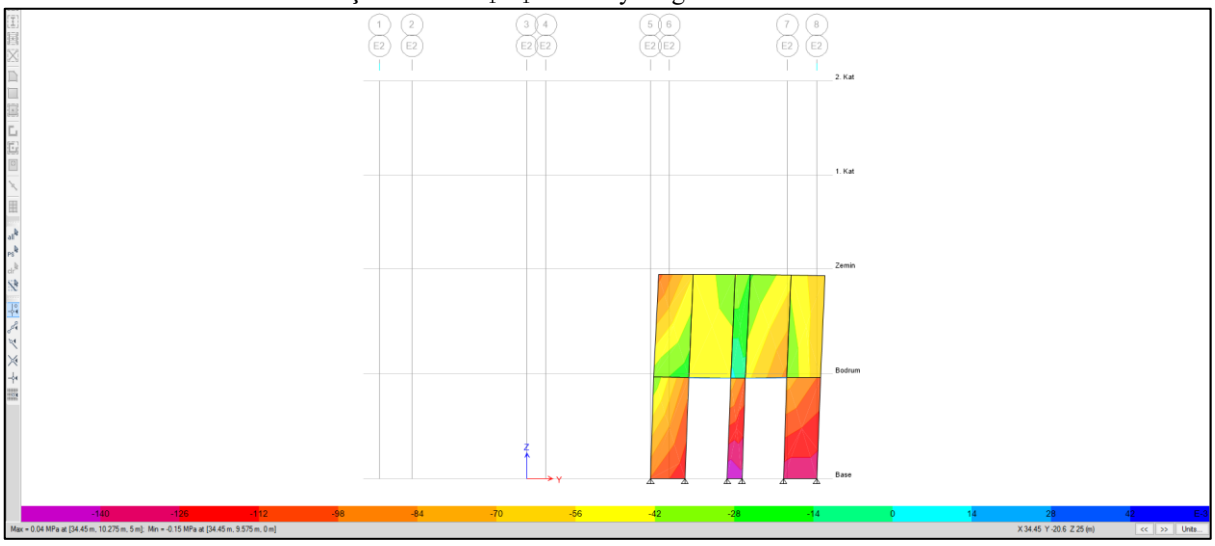
Şekil 5.37. D_1-D_1 Aksı kayma gerilmeleri



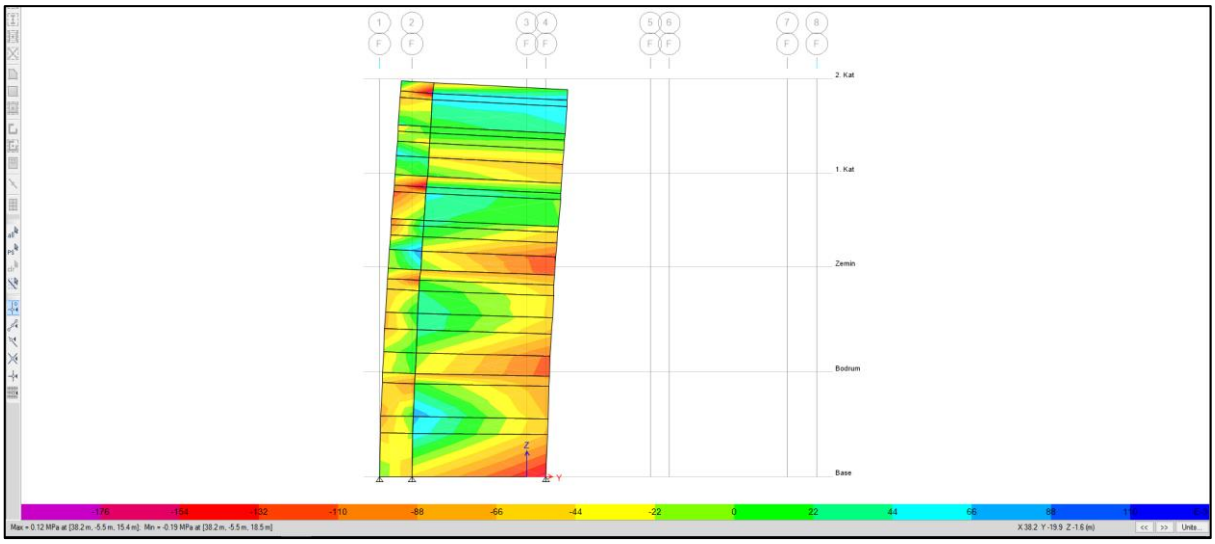
Şekil 5.38. E-E Aksı kayma gerilmeleri



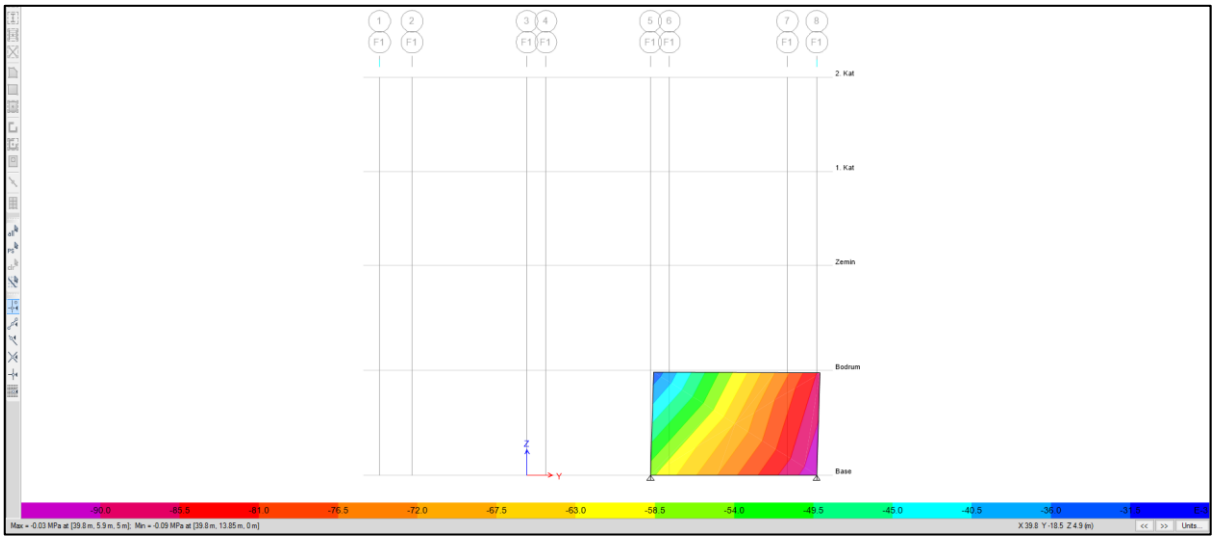
Şekil 5.39. E_1-E_1 Aksı kayma gerilmeleri



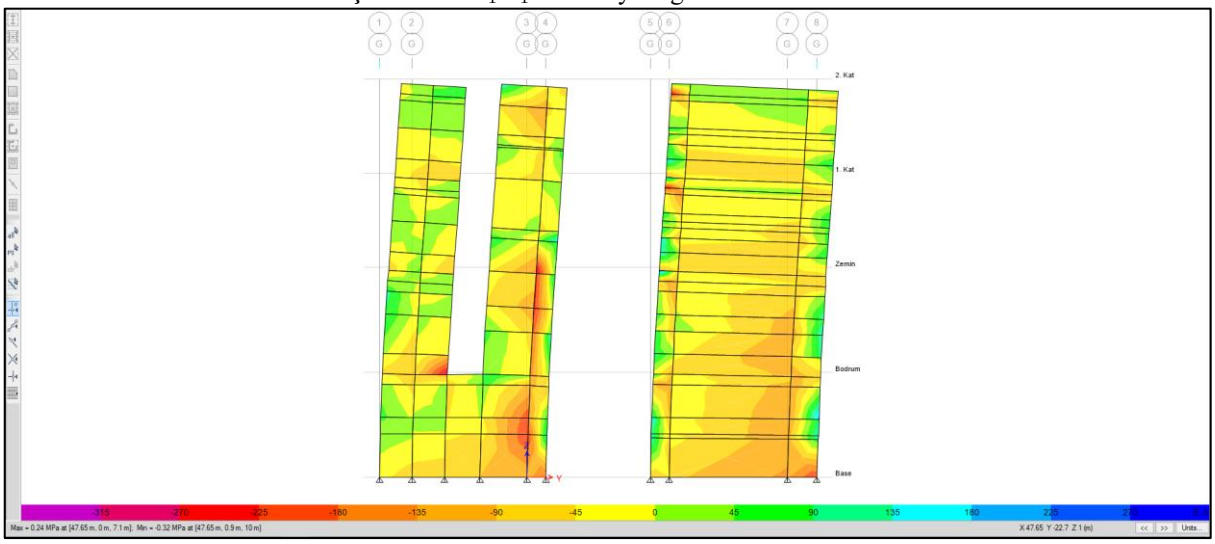
Şekil 5.40. E_2-E_2 Aksı kayma gerilmeleri



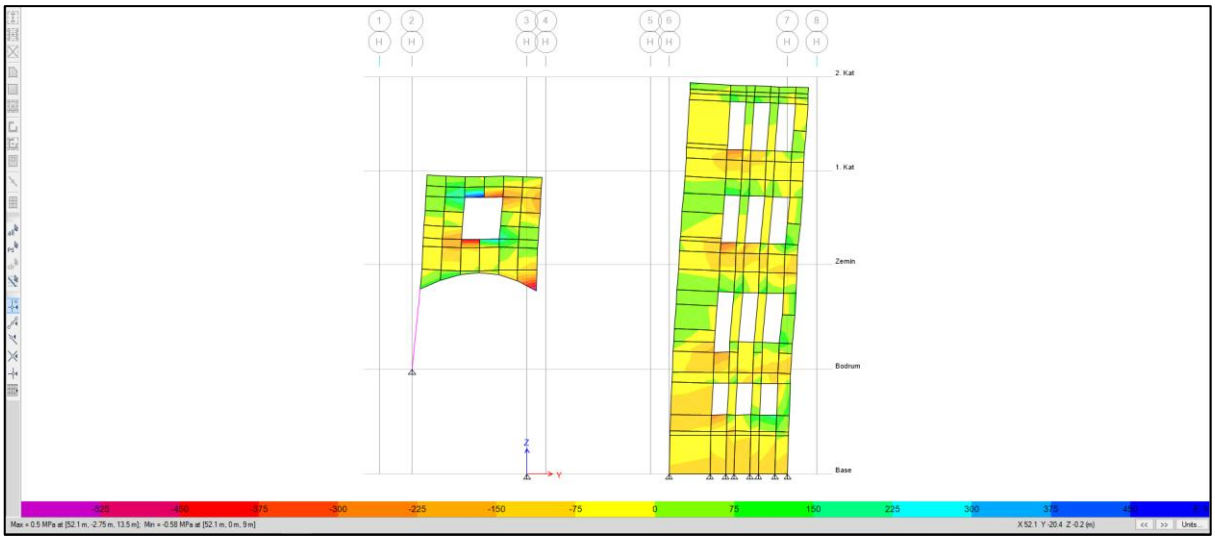
Şekil 5.41. F-F Aksı kayma gerilmeleri



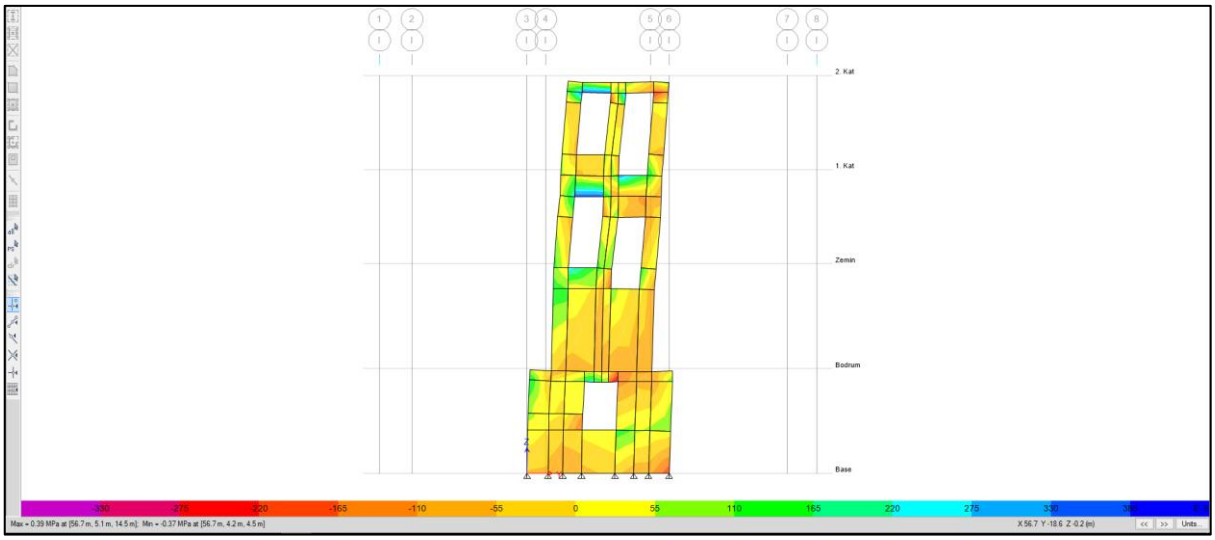
Şekil 5.42. F_1-F_1 Aksı kayma gerilmeleri



Şekil 5.43. G-G Aksı kayma gerilmeleri



Şekil 5.44. H-H Aksı kayma gerilmeleri



Şekil 5.45. I-I Aksı kayma gerilmeleri

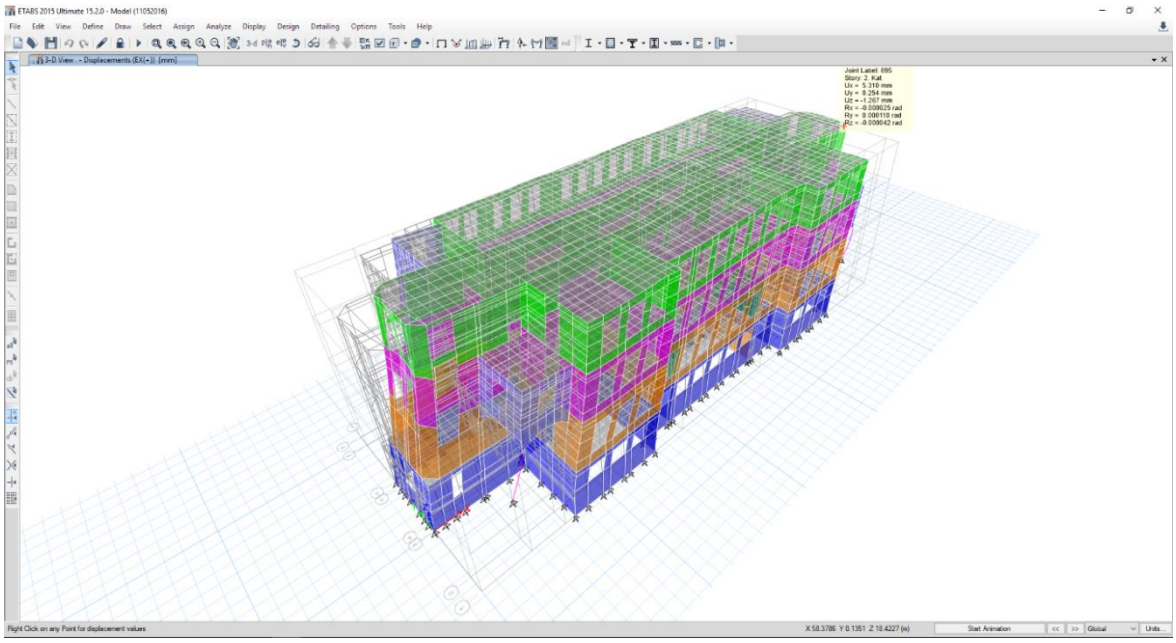
Yukarıda verilen şekillerden takip edilebileceği üzere lokal bölgelerde (özellikle boşluk çevrelerinde) kayma gerilmelerinin 0.3 MPa mertebelerine ulaştığı görülmektedir. Ancak, sistemin genelinde DBYBHY'te belirtilen formüle hesaplanan maksimum kayma gerilmesinin (0.165 MPa) aşılmadığı görülmektedir.

5.1.4. Yer değiştirme sonuçları

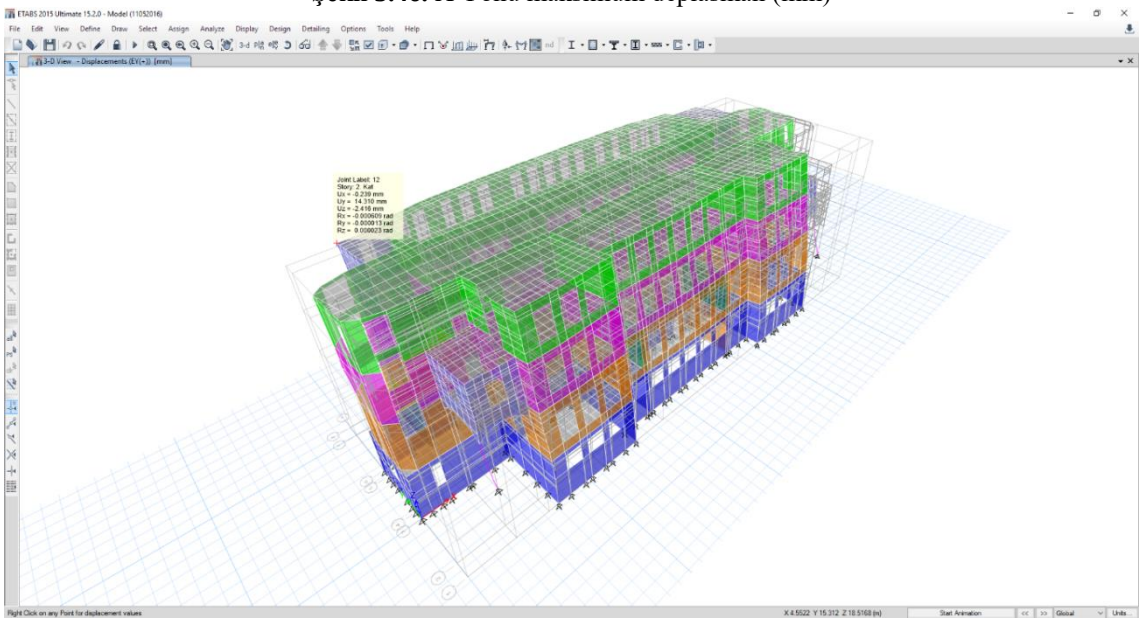
DBYBHY 2007 yığma yapılar için yer değiştirme kriteri göz etmediği için, deplasman kontrolleri FEMA 356 yönetmeliğine göre gerçekleştirilmiştir. FEMA 356'da, performans hedefleri, yapısal ve yapısal olmayan elemanlara ait performans seviyeleri ve aralıkları, deprem etki seviyeleri tanımlanmıştır. Bu yönetmelikte, yığma yapıların modellenmesi ile ilgili açıklamalar yapılmıştır. Ülkemizde mevcut yapıların

değerlendirilmesinde DBYBHY 2007'ye ilave olarak FEMA 273/356 standartları da kullanılmaktadır.

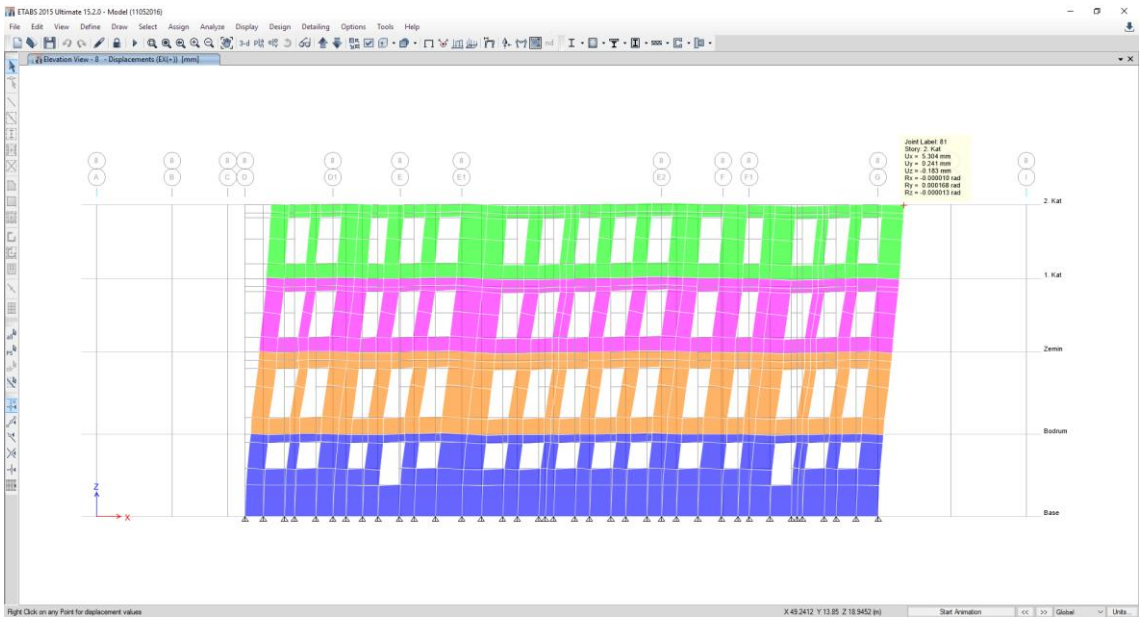
Şekil 5.46-5.47-5.48-5.49'da modele ait X ve Y yönündeki maksimum deplasmanlar gösterilmiştir.



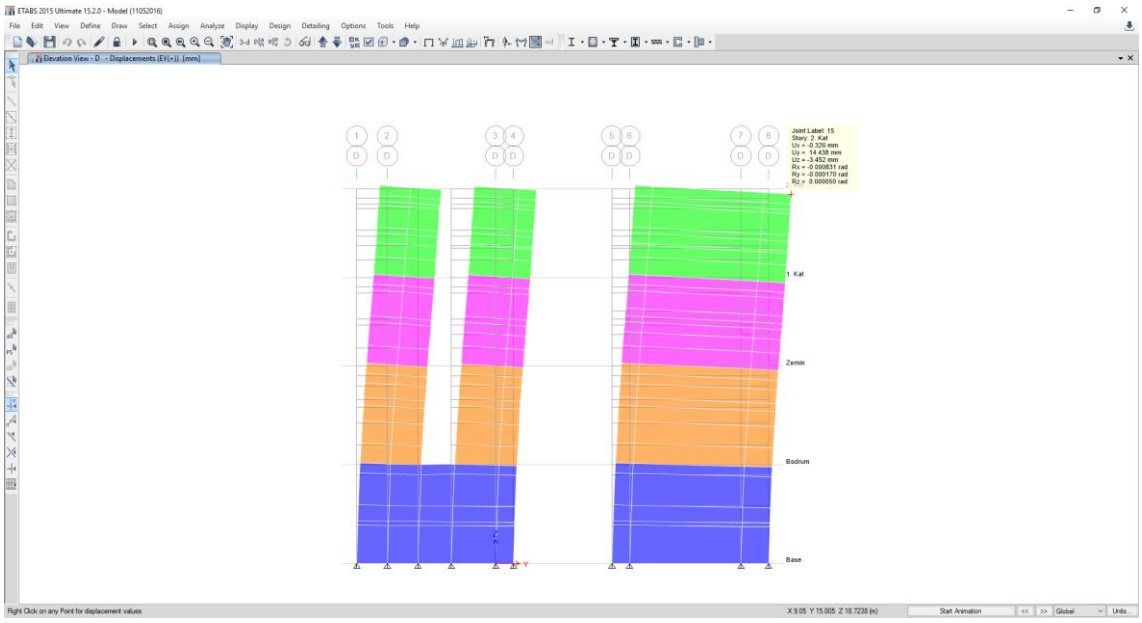
Şekil 5.46. X Yönü maksimum deplasman (mm)



Şekil 5.47. Y Yönü maksimum deplasman (mm)



Şekil 5.48. 8-8 Aksı maksimum deplasman (mm)



Şekil 5.49. D-D Aksı maksimum deplasman (mm)

Yukarıda gösterilen şekillerden takip edilebileceği üzere maksimum deplasman Y yönünde 15 mm olarak gerçekleşmektedir. Bu analizde R=2 değeri kullanıldığı için elastik yer değiştirme 15mm×2 = 30 mm olarak hesaplanmalıdır. Bu durumda maksimum göreli yer değiştirme;

$$\delta_{imax} = 30\ mm < 19\ mm \times 0{,}004 = 76\ mm$$

olarak gerçekleşmektedir. Bu formülde belirtilen % 0,4, FEMA 356 yönetmeliğinden alınmıştır.

5.2. Tartışma

Bu çalışma kapsamında yığma yapı olarak inşa edilen Tarihi Konya Gazi Lisesi binasının statik analizi yapılarak performans analizi araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, binanın statik durumunda en çok zorlanan bölümlerinin pencere ve kapı boşluklarının kenarları olduğu tespit edilmiştir. Günümüz yönetmelik şartlarına göre yapının mevcut durumu incelendiğinde, binadaki taşıyıcı duvar uzunluklar, kat yükseklikleri, boşluk oranları yönetmelik şartlarını sağlamamaktadır. Ayrıca yapılan analiz sonucunda yapının en çok zorlanan bölümlerinin pencere ve kapı kenarları olduğu görülmektedir. Binada yapılan incelemelerde de kapı ve pencere kenarlarında bulunan ince ve derin çatlaklar gözlemlenmiştir. Bu bölgelerdeki çatlakların onarılması önerilmektedir.

Binanın, deprem yükleri etkisindeki performansının tespit edilmesi için yürütülen analizlerin detaylı sonuçları yukarıdaki bölümlerde sunulmuştur. Elde edilen sonuçların özetleri aşağıda maddeler halinde belirtilmektedir.

• Yapısal sistemin yanal deplasmanı 30mm/19000mm=%0.16 mertebelerinde olup FEMA 356 yönetmeliğinin kriterlerini sağlamaktadır.

• Yapısal sistemde eksenel basınç gerilmeleri ortalama olarak 0,3 MPa değerinden düşük olmaktadır. Eksenel gerilmeler lokal bölgelerde 1.0 MPa değerine ulaşsa da karakteristik basınç dayanımının (1.2 MPa) altında kalmaktadır.

• Yapısal sistemde kayma gerilmeleri ortalama olarak 0.15 MPa değerinden düşük olmaktadır. Kayma gerilmeleri lokal bölgelerde 0.3 MPa değerine ulaşsa da karakteristik basınç dayanımına göre hesaplanan kayma gerilmesinden (0.7 MPa) altında kalmaktadır.

• Binada görülen bazı çatlakların binanın temelindeki oturmadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bundan dolayı binanın temeli ile ilgili önlem alınmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

• Yine bina içerisinde gözlemlenen bazı kesme çatlaklarının çalışmanın içerisinde belirtmiş olduğumuz güçlendirme yöntemlerine göre onarılması yapının bundan sonraki kullanım ömrü için faydalı olacaktır.

• Yapının arka cephesinin komple sıvanarak boyanmış olması, yapının tarihi dokusunu bozduğundan bu tür uygulamaların tekrar yapılmaması önerilmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan analizler ve elde edilen sonuçların buna benzer konularla ilgili ilerde yapılacak çalışmalara ışık tutması ve ülkemizde bulunan değişik

taşıyıcı sistem özelliklerine sahip tarihi yapılarda da benzer çalışmaların yapılmasının oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Akgündüz, N., 2004, Deprem Bölgelerinde Yığma Yapı Tasarımının Yönetmeliğe Göre İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akman, M. S., 2003, Yapı Malzemelerinin tarihsel gelişimi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 426 (4).

Aköz, A. H., 2008, Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Anonim, 2016a, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.

Anonim, 2016b, Milli Eğitim Bakanlığı Resmi web sitesi, *Erişim: http://konyalisesi.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/42/26/964123/fotograf_galerisi_505807.html?CHK=c901fa767b2bf8fd09fe9c1da1d6e4c1*.

Anonim, 2016c, Mimar Muzaffer'in Konya Öğretmen Lisesi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 4 (1).

Arıcan, Y., 2010, Yığma yapıların deprem etkisi altındaki davranışı, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Artar, M., 2006, Structural identification of the Sehzade Mehmet Mosque through static and dynamic analyses, MSc. Thesis, Boğazici University, İstanbul.

Asli, A., 2008, A Comparative Study on Earthquake Resistance of Reinforced Concrete and Masonry Residential Buildings in Small-Scale Cities of Turkey, *Ph. D. Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Science, Middle East Technical University, Turkey*.

Atabey, İ., 2011, Yığma Binaların Performans Analizi Sivas Suşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu Örneği, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi, Ankara*.

Ateş, İ. S., 2010, Mevcut binaların depreme karşı performans analizi için kullanılan alternatif yöntem ve paket programların karşılaştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aydın, A., 2012, Van Depreminde Hasar Gören Mevcut Betonarme Bir Binadaki Hasarın, Dbybhy 2007'ye Göre Yapılan Performans Analiz Sonuçları İle Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aytekin, İ., 2006, Donatısız ve Sarılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya*.

Bağcı, M., Basaran, H. ve Demir, A., 2013, Earthquake Safety Analysis of an Historical Masonry Building.

Batur, N., 2006, Yığma yapı tasarımı ve analizi, *İstanbul Üniversitesi*.

Bayülke, N., 2011, Yığma yapıların deprem davranışı ve güvenliği, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara.*

Boz, B., 2006, Structural analysis of historic aspendos theatre, Middle East Technical University.

Bruneau, M., 1995, Performance of masonry structures during the 1994 Northridge (Los Angeles) earthquake, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 22 (2), 378-402.

Çaktı, E., Saygılı, Ö., Görk, S., Zengin, E., Oliveira, C. S. ve Lemos, J. V., 2013, Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii Minaresinin Deprem Davranışı, *Vakıf Restorasyon Yıllığı, Sayı: 6, İstanbul.*

Çiftçi, Ç., 2011, Bir kentsel donatım olarak Tarihi Konya Gazi Lisesi (Darü'l Muallimin'den Günümüze), *Aybil Yayınları*, p.

Çöğürcü, M., 2003, Konya'daki bazı haberleşme binalarının deprem güvenliklerinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi*, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çöğürcü, M., 2007, Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.

Dabanlı, Ö., 2008, Tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

DBYBHY, 2007, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, *Deprem Araştırma Dairesi, Ankara*.

Döndüren, M. S., 2008, Bağlayıcı özelliği artırılan duvar ve sıva harcının düzlem dışı yüklenen tuğla duvarların mekaniksel davranışına etkisi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Drysdale, R. G., Hamid, A. A. ve Baker, L. R., 1994, Masonry structures: behavior and design, *Englewood Cliffs,N.J :Prentice-Hill.*, Prentice Hall, p.

Durak, S., 2008, Ege bölgesinde yaygın olarak kullanılan yığma yapıları ve bu yapıların deprem güvenliği, *Pamukkale Üniversitesi*.

Ercan, E., 2010, Tarihi Yığma Yapıların Güvenliklerinin Analitik Ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi, *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir*.

Ergün, A., Kürklü, G. ve Başaran, V., 2012, Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin İncelenmesi ve Güçlendirilmesi Çalışmaları için Afyonkarahisar'dan Bir Hastane Örneği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 025601, 0-11*.

Hüsnü, C., Kubin, J. ve Ünay, A. İ., 2012, Düzensiz Geometrik Şekile Sahip Tarihi Yığma Binaların Sismik Davranışı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (3).

Kanıt, R., Erdal, M., Işık, N. S., Ömer, C., Yener, M. K., Serimer, G., Uğur, L. O. ve Atımtay, E., 2005, Düzlem Dışı Yüklenen Yığma Yapıların Deneysel Davranışı, *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.*

Kanıt, R. ve Döndüren, M. S., 2008, Bağlayıcı Özelliği Artırılan Harçla Oluşturulan Yığma Duvarların Mekaniksel Davranışları, *Selçuk Teknik Online Dergi*, 7 (1), 34-50.

Kara, H. G., 2009, Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İcelenmesi, Onarımı Ve Güçlendirilmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaya, E., 2003, Yığma yapıların çelik ve betonarme takviyesi uygulanabilirliği ve yapım hataları, *Ege Üniversitesi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi.

Mahrebel, H. A., 2006, Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım Ve Güçlendirme Teknikleri, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Onar, E., 2011, Yığma Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarların Cfrp İle Güçlendirilmesinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Önal, M. M., Koçak, A., 2012, Yığma yapı hasarları ve onarım ve güçlendirme yöntemlerinin ayrıntıları, http://docplayer.biz.tr/10218220-Yigma-yapi-hasarlari-ve-onarim-ve-guclendirme-yontemlerinin-ayrintilari.html,

Öncü, G., 2011, Mevcut betonarme ve yığma binaların depreme karşı onarım ve güçlendirme yöntemleri ve İzmir'deki bazı uygulama örneklerinin irdelenmesi, *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Özğan, Ş., 2009, Yığma yapı tasarımı ve analizi, *Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Öztaş, V., 2009, Yığma Yapıların Güçlendirilmesi Ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Sayın, E., 2009, Yığma yapıların lineer olmayan statik ve dinamik analizi, *Doktora tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ*.

Sesigür, H., Çelik, O. ve Çılı, F., 2007, Tarihi yapılarda taşıyıcı bileşenler, hasar biçimleri, onarım ve güçlendirme, *İMO İstanbul Bulteni*, 89, 10-21.

Sırlıbaş, C., 2013, Farklı Tipteki Betonarme Yapıların Sta4cad Ve Etabs Programları İle Çözümleri Ve Sonuçların Karşılaştırılması, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Şen, B., 2006, Modeling and anlysis of the historical masonry structures, *MSc Thesis*, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şener, I. N., 2004, An Innovative Methodology And Structural Analysis For Relocation Of Historical Masonry Monuments: A Case Study In Hasankeyf, *Middle East Technical University*.

Teomete, E., 2004, Finite element modeling of historical masonry structures; case study: Urla Kamanli Mosque, *Master of Science, İzmir Institute of Technology, İzmir.*

TS500, T. S., 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.

TS704, T. s., Duvarlar İçin Harman Tuğlaları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.

TS705, T. S., Duvarlar İçin Dolu ve Delikli Fabrika Tuğla, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.

Türer, A., Dilsiz, A. ve Yöntem, K., 2005, Türkiye'de Yığma Binalar için Depremsel Risk Haritası Oluşturulması, *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.*

Türker, B., 2010, Tarihi yığma yapıların yapısal davranışının araştırılması, *Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

Üstündağ, C., 2000, Bir-iki Katlı Yığma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı Ve Kesme Güvenliğinin Sağlanması, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enst., İstanbul.

Vatan, M., 2005, Yığma yapıların sonlu elemanlar yöntemine dayalı analiz modelinin oluşturulmasında fotogrametrik verilerin kullanılması, *Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Yıldırım, H., 2007, Yığma yapı elemanları için izotropik hasar modeli geliştirilmesi ve sonlu eleman uygulamaları, *Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Yılmaz, P., 2006, Tarihi yapıların modellenmesi ve deprem güvenliklerinin belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya*.

7. ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Seyit Uğuz
Doğum Tarihi : 03/06/1989

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adres	Görükle Dumlupınar mah. Tüter cad. Çeltaş Çırağan Evleri C Blok D.14 Nilüfer/BURSA
E-mail	seyit@uludag.edu.tr uguzseyit@hotmail.com
GSM	0 530 284 18 02

EĞİTİM BİLGİLERİ:

Derece	**Fakülte**	**Bölüm**	**Üniversite**	**Yıl**
Lisans	Mühendislik Fakültesi	İnşaat Mühendisliği	Selçuk Üniversitesi	2006-2011
	Civil Engeneering and Architecture Faculty	Civil Engineering	Lublin University of Technology (Poland)	2008-2009 (ERASMUS)
Yüksek Lisans	Mühendislik Fakültesi	İnşaat Mühendisliği	Selçuk Üniversitesi	2011-
	Ziraat Fakütltesi	Biyosistem Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi	2014-

Biyosistem Mühendisliği Anabilim dalındaki tez konusu:
S. UĞUZ, 2014, "Küçük Ölçekli Süt Sığırı İşletmelerinin Toplu Büyük İşletmeler Biçiminde Modellenmesine Yönelik Bir Araştırma"
Danışman: *Prof. Dr. Ercan SIMSEK (Uludağ Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü*)

İnşaat Mühendisliği Anabilim dalındaki tez konusu:
S. UĞUZ, 2014, "Tarihi Yığma Bir Binanın Deprem Güvenlik Analizi : Tarihi Konya-Gazi Lisesi (Darü'l Muallim) Örneği"
Danışman: *Doç. Dr. Sami Döndüren (Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü*)

STAJLAR:

Çalışma Alanı	Firma Adı	Yıl
İnşaat Mühendisi	Yüksel İnşaat A.Ş. Ankara/Türkiye	07.2009-09.2009
İnşaat Mühendisi	Weisenburger Bau GmbH (Erasmus Internship Programme)	06.2010-09.2010

İŞ DENEYİMLERİ:

Çalışma Alanı	Firma Adı	Yıl
Şantiye Şefliği	Beğen İnşaat Ltd. Şti. Konya/Türkiye	2011-2012
Araştırma Görevlisi	Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü	2014- Halen devam ediyor

DİL:

Dil	Puan	Sınav Yılı
İngilizce	66,25/100	2015

PROJELER:

Proje Adı	Pozisyon	Destekleyen Kuruluş	Proje Dönemi
Koyun Ağılları Atmosferinde Amonyak (NH3), Metan (CH4), Hidrojen Sülfür (H2S) ve Karbondioksit (CO2) Konsantrasyonlarına İlişkin Çevresel Emisyon ve Yayılım Modellerinin Geliştirilmesi ve Bu Parametrelerin Olası Hayvan Refahı Üzerine Etkileri	Bursiyet	TUBITAK-European Cooperation in Science and Techology (COST)	15/11/2013-15/11/2015

AKADEMİK KARİYER

A. Makaleler

a. Uluslararası

1. Kilic I., **Uguz S**., Asik B.B., "*Soil pollution by trace metals derived from animal feed and manure in the Bursa region of Turkey*", Toxicological and Environmental Chemistry, 96:10, 1476-1488, DOI: 10.1080/02772248.2015.1029927, 2015.

B. Kongre Faaliyetleri

1. Kilic I., Uguz S.,Kocaalili N. Simsek E., Yaslioglu E., "*Ammonia concentrations in four Turkish sheep barns in winter season*", 26th International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, September 27-30, 2015.
2. Uguz S., Keskin B., Simsek E., "*Determination of Current Location of Animal Barns and Establishment of A Database By GIS: Study Case for Akçalar Village in Bursa*", 7th International Conference on Biosystems Engineering, Tartu, Estonia, May 12-13, 2016. (Poster)
3. Uguz S., Simsek E., Kilic I., Yaslioglu E., "*Structural Problems and Solutions of Traditional Sheep Barns in Bursa Nilüfer District*", International Nilüfer Symposium, Bursa/Turkey, 2015.
4. Simsek E., Uguz S., "*Determination of The Effects of Barns Conditions to Animal Welfare in the Dairy Barns in Bursa Region*", 13th National Cultural Techniques Congress, Antalya, April 12-15, 2016.
5. Uguz S., Simsek E.,Dag B.,Onuk A., "*Modeling and Analysing The Behaviour of External Loads of the Roof Elements in the Sheep Barns*" , Central Anatolia Region 2th Agriculture and Food Congress, Nevsehir, 2015.
6. Simsek E., Uğuz S., Kilic I., Yaslioglu E., "*Determination of the Effects of Dairy Barns to Animal Welfare and Productivity* ", Central Anatolia Region 2th Agriculture and Food Congress, Nevsehir, 2015.
7. Onuk A., Simsek E., Uguz S., "*Determination of the Structural Problems of Smallholder Farmers in Bursa Region and Developing the Solutions*, 1st National Congress of Biosystems Engineering, Bursa, Turkey, 2015. (Poster)
8. Onuk A., Simsek E., Uguz S., The Effect of the Barn Basement Design to The Animal Welfare and Productivity, Central Anatolia Region 2th Agriculture and Food Congress, Nevşehir, 2015. (Poster)
9. Uguz S., Simsek E.,Taskın A., Yaslioglu E., "Determination of the Impact of Climate Conditions in Bursa Region to Sheep Barns", 1st National Congress of Biosystems Engineering, Bursa/Turkey, 2015.

D. Atıflar:

1. Title of Article: Kilic I., **Uguz S**., Asik B.B., "*Soil pollution by trace metals derived from animal feed and manure in the Bursa region of Turkey*", Toxicological and Environmental Chemistry, 96:10, 1476-1488, DOI: 10.1080/02772248.2015.1029927, 2015.

- **Atıf:**

  Occurrence of trace elements and antibiotics in manure- based fertilizers from the Zhejiang Province of China
  By: Qian, Mingrong; Wu, Huizhen; Wang, Jianmei; et al.
  SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT Volume: 559 Pages: 174-181 Published: JUL 15 2016

E. Lisans Düzeyinde Verdiği Uygulama Dersleri

1. Ölçme Bilgisi, 2014-2016
2. Statik, 2014-2016
3. Mukavemet, 2014-2016
4. Betonarme, 2014-2016
5. Tarımsal Yapılar, 2014-2016
6. Ahşap ve Çelik Yapılar, 2014-2016

F. Eğitim ve Sertifikalar

1. Workshop 2014, "Addressing Air Quality on Livestock Farms Workshop", Attendance Certificate, May 2, 2014, Uludag University Agricultural Faculty Biosystems Engineering Department, Bursa, Turkey.