

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TBDY-2018'E GÖRE DONATISIZ VE DONATILI YIĞMA BİNA
TASARIMI VE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali BAYBURT

NİSAN 2025
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TBDY-2018'E GÖRE DONATISIZ VE DONATILI YIĞMA BİNA
TASARIMI VE ANALİZİ

Ali BAYBURT

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 / 02 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 09 / 04 / 2025

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Süleyman ADANUR

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

“Tbdy-2018’e Göre Donatısız ve Donatılı Yığma Bina Tasarımı Ve Analizi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Süleyman ADANUR’a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Murat GÜNAYDIN’a ve eğitim öğretim hayatımda katkısı olan tüm hocalarıma ve ortak olarak çalışmalar yürüttüğümüz ve tez çalışması süresinde de hiçbir yardımdan kaçınmayan arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Ünal ÖZDEMİR’e ve İnş. Yük. Müh. Ömer Faruk ŞAHİN’e teşekkür ederim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen İnşaat Mühendisliği Bölümü’ndeki tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan annem ve babam, kardeşlerime teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Ali BAYBURT

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Tbdy-2018’e Göre Donatısız Ve Donatılı Yığma Bina Tasarımı Ve Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Süleyman ADANUR’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 09/04/2025

Ali BAYBURT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Literatür Araştırması	1
1.2. Yığma Yapı Nedir?	4
1.3. Yığma Yapı Birim Eleman Özellikleri.....	4
1.3.1. Tuğlaların Özellikleri	4
1.3.2. Harman Tuğlası.....	4
1.3.3. Fabrika Tuğlası.....	5
1.3.4. Doğal Taş	6
1.3.5. Beton Briket	6
1.4. Yığma Yapı Elemanları.....	7
1.4.1. Duvarlar.....	7
1.4.2. Kemerler.....	8
1.4.3. Hatıllar ve Lentolar	8
1.4.4. Döşemeler	8
1.4.5. Harçlar.....	9
1.5. Yığma Yapı Sistemleri	9
1.5.1. Donatısız Yığma Yapılar.....	9
1.5.2. Kuşatılmış Yığma Yapılar.....	10
1.5.3. Donatılı Yığma Yapılar.....	10
1.5.4. Donatılı Panel Sistemli Yapılar.....	11
1.6. Yığma Binalarda Görülen Hasar Türleri	11
1.7. Yönetmelik ve Standartlar.....	15
1.8. TBDY-2018'e Göre Yığma Bina Tasarım Esasları	15
1.8.1. İzin Verilen Kat Sayısı.....	15
1.8.2. Duvar Yüksekliği ve Kalınlığı	17
1.8.3. Malzemeler ve Dayanım	17
1.8.4. Deprem Hesabı.....	19

1.8.5. Yığma Duvar Elemanlarının Modelleme Teknikleri	20
1.8.6. Taşıma Gücü Yöntemine Göre Hesap.....	23
1.8.7. Mimari Kriterler	24
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
2.1. Bina Hakkında Genel Bilgiler	26
2.2. Hesaplar.....	31
2.2.1. Deprem Parametreleri	31
3. Bulgular ve Tartışma	36
3.1. Deprem Yüğü Hesabı	36
3.2. Eksenel Kapasite Kontrolü.....	44
3.3. Kayma Gerilmelerinin Hesabı.....	48
3.4. Kesme Kapasitesi Kontrolü.....	49
3.5. Donatılı Yığma Bina Donatı Hesabı	55
3.6. Eğilme Kapasitesi Kontrolü	62
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	72
5. KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans

ÖZET

TBDY-2018'E GÖRE DONATISIZ VE DONATILI YIĞMA BİNA TASARIMI VE ANALİZİ

Ali BAYBURT

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Süleyman ADANUR
2025, 76 sayfa

Yığma binalar, briket, tuğla, taş ve kerpiç gibi yığma birimler ile bağlayıcı madde olarak kullanılan harç ile meydana gelmiş duvarların taşıyıcı sistem olarak kullanıldığı yapı sistemleridir. Donatısız yığma bina; donatı kullanılmadan taş, tuğla gibi taşıyıcı elemanlar ve harç kullanılarak yapılan süneklilikleri sınırlı yapı çeşididir. Donatılı yığma binalar, yönetmeliğe uygun olarak taşıyıcı duvarlara donatı yerleştirilmesi ile elde edilen sünekliliği yüksek yapılardır. Donatısız yığma binalar süneklilik düzeyi düşük malzemelerden imal edildiği için depremde iyi bir performans sergilemiyordu. Bu yüzden donatılı yığma binalarda yatay ve düşey donatı eklenerek süneklilik artırılmış ve depreme karşı daha dayanıklı hale getirilmiştir. Yürürlükte olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) yığma yapılar hakkında yeni tasarım, kurallar ve hesap esaslarını içermektedir. Farklı malzeme, deprem ve zemin parametrelerine göre bu hesap ve kurallar değişiklikler göstermektedir. Bu yapılan çalışmada donatısız yığma binalar ile donatılı yığma binaların hem kullanılan malzeme hem de deprem parametreleri açısından incelenmiştir. Kullanılan yöntemde ilk önce aynı mimariye sahip donatısız ve donatılı yığma binaların yapısal modeli oluşturularak farklı malzeme ve deprem parametreleri altında TBDY-2018'e göre çözümlmeleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada malzeme tanımları, modelleme aşamaları detaylı şekilde anlatılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar kıyaslanmış ve yığma bina elemanları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yığma Yapılar, Donatılı Yığma Yapılar, Deprem Yönetmeliği

Master Thesis

SUMMARY

DESIGN AND ANALYSIS OF UNREINFORCED AND REINFORCED MASONRY BUILDINGS ACCORDING TO TBDY-2018

Ali BAYBURT

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Süleyman ADANUR
2025, 76 Pages

Masonry buildings are building systems in which masonry units such as briquettes, bricks, stones and adobe bricks and walls made of mortar used as binding material are used as the load-bearing system. Unreinforced masonry buildings are a type of structure with limited ductility that is constructed using load-bearing elements such as stone and brick and mortar without using reinforcement. Reinforced masonry buildings are structures with high ductility obtained by placing reinforcement on load-bearing walls in accordance with the regulation. Since unreinforced masonry buildings were manufactured from materials with low ductility levels, they did not perform well in earthquakes. Therefore, ductility was increased and made more resistant to earthquakes by adding horizontal and vertical reinforcement in reinforced masonry buildings. The current Turkish Building Earthquake Regulation (TBDY-2018) includes new design, rules and calculation principles for masonry structures. These calculations and rules vary according to different materials, earthquakes and soil parameters. In this study, unreinforced masonry buildings and reinforced masonry buildings were examined in terms of both the materials used and earthquake parameters. In the method used, firstly, the structural model of unreinforced and reinforced masonry buildings with the same architecture was created and their analyses were carried out according to TBDY-2018 under different materials and earthquake parameters. In the study, material definitions and modeling stages were explained in detail. These results were compared and the masonry building elements were examined.

Key Words: Masonry Structures, Reinforced Masonry Structures, Earthquake Regulations

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Harman tuğlası	5
Şekil 2. Düşey delikli fabrika tuğlası.....	5
Şekil 3. Doğal taş örneği.....	6
Şekil 4. Beton briket	7
Şekil 5. Örnek tuğla duvar.....	7
Şekil 6. Kemer yapı elemanları	8
Şekil 7. Donatısız yığma bina örneği.....	9
Şekil 8. Kuşatılmış yığma yapı imalatı.....	10
Şekil 9. Donatılı yığma duvar.....	10
Şekil 10. Donatılı panel sistemli yapı.....	11
Şekil 11. Toprak çatı hasarı	12
Şekil 12. Hatılsız duvar hasarı	12
Şekil 13. Çekme etkisindeki duvar hasarı	13
Şekil 14. Boşluklardan oluşan duvar hasarı.....	14
Şekil 15. Rijit kat örneği.....	14
Şekil 16. (a) Ayrıntılı mikro, (b) basitleştirilmiş mikro, (c) makro modelleme	21
Şekil 17. Makro modelleme.....	22
Şekil 18. Donatılı duvarların basınç altında kesit şekil değiştirme ve gerilme dağılımları.....	24
Şekil 19. Duvarların desteklenmemiş en büyük uzunlukları ve düşey hatıllar arası mesafe (TBDY, 2018)	25
Şekil 20. İzin verilen kapı ve pencere boşlukları (TBDY, 2018).....	25
Şekil 21. Yığma bina kat planı	26
Şekil 22. Yığma yapı modeli	27
Şekil 23. Yığma yapı planı	27
Şekil 24. Örnek tuğla birimi	29
Şekil 25. Örnek beton briket birimi	29
Şekil 26. Trabzon konumu yatay elastik tasarım spektrumu.....	32
Şekil 27. İstanbul konumu yatay elastik tasarım spektrumu	33
Şekil 28. İstanbul ve Trabzon konumlarındaki yatay elastik tasarım spektrumları.....	34
Şekil 29. Konum-1 donatısız tuğla yığma bina hakim periyodu $T_p(x)= 0.120$ s $T_p(y)= 0.114$ s	35
Şekil 30. Hesaplarda kullanılan azaltılmış tasarım ivme spektrumları	35

Şekil 31. Yığma binalara ait eşdeğer deprem yükleri.....	42
Şekil 32. İstanbul konumuna ait donatılı yığma bina kat kesme kuvvetleri.....	42
Şekil 33. İstanbul konumuna ait donatılı yığma bina kat ötelemeleri	43
Şekil 34. İstanbul konumuna ait donatılı yığma bina kat görelî ötelemeleri	43
Şekil 35. Duvarın basınca çalışan uzunluğu, l_c	49
Şekil 36. Donatılı yığma duvar birimi	55
Şekil 37. Donatılı yığma duvarda yığma birim için kullanılan sargısız beton malzeme modeli.....	63
Şekil 38. Donatılı yığma duvarda donatı çeliği için kullanılan malzeme modeli.....	64
Şekil 39. Trabzon donatılı tuğla bina DX1 duvar eğilme kontrolü	65
Şekil 40. Trabzon donatılı tuğla bina DX2 duvar eğilme kontrolü	66
Şekil 41. Trabzon donatılı tuğla bina DX20 duvar eğilme kontrolü	67
Şekil 42. İstanbul donatılı tuğla bina DX1 duvar eğilme kontrolü.....	68
Şekil 43. İstanbul donatılı tuğla bina DX2 duvar eğilme kontrolü.....	69
Şekil 44. İstanbul donatılı tuğla bina DX20 duvar eğilme kontrolü.....	70
Şekil 45. Azaltılmış tasarım ivme spektrumları	73

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı (Tablo 4.1) (TBDY, 2018)	16
Tablo 2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018).....	16
Tablo 3. Kargır birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması (TBDY, 2018)	17
Tablo 4. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı, f_k (MPa)(TBDY,2018).....	18
Tablo 5. Duvarların basınç kesme dayanımları, f_{vk0} , (MPa) (TBDY, 2018)	19
Tablo 6. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018).....	20
Tablo 7. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları	20
Tablo 8. Kesme kuvveti altında yığma duvarlarda uygulanacak geometrik şartlar	24
Tablo 9. Kargır birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması.....	28
Tablo 10. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı (TBDY, 2018)	28
Tablo 11. Tuğla yığma taşıyıcı duvar mekanik özellikleri.....	30
Tablo 12. Beton briket yığma taşıyıcı duvar mekanik özellikleri	30
Tablo 13. Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018)	31
Tablo 14. Trabzon konumu deprem parametreleri	32
Tablo 15. İstanbul konumu deprem parametreleri.....	33
Tablo 16. Trabzon donatısız tuğla bina parametreleri.....	34
Tablo 17. Trabzon donatısız tuğla yığma bina	36
Tablo 18. Trabzon donatısız tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri.....	36
Tablo 19. Trabzon donatısız briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri	37
Tablo 20. Trabzon donatılı tuğla yığma bina	38
Tablo 21. Trabzon donatılı tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri.....	38
Tablo 22. Trabzon donatılı briket yığma bina	38
Tablo 23. Trabzon donatılı briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri.....	39
Tablo 24. İstanbul donatısız tuğla yığma bina.....	39
Tablo 25. İstanbul donatısız tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri	39
Tablo 26. İstanbul donatısız briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri.....	40
Tablo 27. İstanbul donatısız tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri	40
Tablo 28. İstanbul donatılı tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri	40

Tablo 29. İstanbul donatılı tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri	41
Tablo 30. İstanbul donatılı briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri	41
Tablo 31. İstanbul donatılı briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri	41
Tablo 32. Trabzon donatısız tuğla duvar düşey yük tasarım dayanımı hesabı.....	45
Tablo 33. Trabzon donatısız tuğla duvar eksenel kapasite kontrolü	46
Tablo 34. Trabzon donatılı briket duvar eksenel kapasite kontrolü	47
Tablo 35. Duvarlara gelen kesme kuvvetlerinin ve kayma gerilmelerinin hesabı	48
Tablo 36. Trabzon donatısız tuğla bina hesap çıktıları.....	51
Tablo 37. Trabzon donatısız tuğla bina kesme kontrolü	51
Tablo 38. Trabzon donatısız briket bina hesap çıktıları	52
Tablo 39. Trabzon donatısız briket bina kesme kontrolü	52
Tablo 40. İstanbul donatısız tuğla bina hesap çıktıları	53
Tablo 41. İstanbul donatısız tuğla bina kesme kontrolü.....	53
Tablo 42. Trabzon donatısız briket bina hesap çıktıları	54
Tablo 43. İstanbul donatısız briket bina kesme kontrolü.....	54
Tablo 44. Trabzon donatılı tuğla bina kesme donatısı hesabı	56
Tablo 45. Trabzon donatılı tuğla bina hesap çıktıları	58
Tablo 46. Trabzon donatılı tuğla bina kesme kontrolü.....	58
Tablo 47. Trabzon donatılı briket bina hesap çıktıları.....	59
Tablo 48. Trabzon donatılı briket bina kesme kontrolü	59
Tablo 49. İstanbul donatılı tuğla bina hesap çıktıları	60
Tablo 50. İstanbul donatılı tuğla bina kesme kontrolü	60
Tablo 51. İstanbul donatılı briket bina hesap çıktıları	61
Tablo 52. İstanbul donatılı briket bina kesme kontrolü.....	61
Tablo 53. Eğilme etkisi altında yerleştirilen donatı hesabı	62
Tablo 54. Trabzon donatılı tuğla bina dx1 duvarı kapasite oranları program çıktıları.....	71
Tablo 55. İstanbul donatılı tuğla bina dx1 duvarı kapasite oranları program çıktıları.....	71

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
A	: Dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı
A_{si}	: Donatılı yığma ve donatılı panel duvarlarda düşey donatı alanı
A_{sw}	: Duvarda toplam kesme donatısı
b	: Duvar yatay kesitinde kayma gerilmelerinin dağılımıyla ilgili katsayı
E_{duv}	: Duvar elastisite modülü
e_{Ed}	: Dış merkezlilik
f_b	: Kargir birim basınç dayanımı
$f_{b,min}$	: Kargir birimin yatay derzlere dik doğrultuda minimum basınç dayanımı
f_d	: Yığma duvar tasarım basınç dayanımı
f_k	: Yığma duvar karakteristik basınç dayanımı
f_m	: Harcın ortalama basınç dayanımı (28 günlük)
f_{vko}	: Eksenel gerilmenin bulunmadığı durumdaki karakteristik kesme dayanımı
f_{vdo}	: Eksenel gerilmenin bulunmadığı durumdaki karakteristik kesme dayanımının; γ_m yığma malzeme katsayısına bölünmüş değeri
f_{vd}	: Duvar üzerindeki ortalama düşey gerilmeleri kullanarak elde edilen duvar tasarım kesme dayanımı
f_{vk}	: Duvar üzerindeki ortalama düşey gerilmeleri kullanarak elde edilen duvar karakteristik kesme dayanımı
f_{yd}	: Donatı tasarım akma gerilmesi
G_{duv}	: Duvar kayma modülü
H	: Duvar serbest yüksekliği, döşeme üst kotundan döşeme (varsa hatıl) alt kotuna kadar olan uzunluk
h_{ef}	: Duvarın etkin yüksekliği
h_k	: Kat yüksekliği
I	: Dolu duvar parçasının atalet momenti
k_{duv}	: Duvar rijitliği
l	: Duvar kesit uzunluğu
l_c	: Duvarın basınca çalışan kısmının boyu
M_{Ed}	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momenti
M_{Rd}	: γ_m ve γ_s malzeme katsayıları kullanılarak hesaplanan taşıma gücü momenti

N_{Ed}	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
N_{Rd}	: γ_m malzeme katsayısı kullanılarak hesaplanan eksenel kuvvet kapasitesi
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_1)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T_1)$	: Spektrum katsayısı
t	: Duvar kalınlığı
t_{ef}	: Duvarın etkin kalınlığı
V_{Ed}	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan duvar kesme kuvveti
V_{Rd}	: Duvar tasarım kesme kuvveti dayanımı
V_{Rd1}	: Düşey donatı içeren ancak kesme kuvveti donatısının katkısının ihmal edildiği donatılı yığma duvarların kesme kuvveti dayanımı
α	: Kargır birim delik oranı
ε_{mu}	: Yığma sınır birim kısalması
γ_m	: Yığma malzeme dayanım azaltma katsayısı
γ_s	: Donatı elięi akma gerilmesi azaltma katsayısı
λ	: Narinlik ile ilgili kapasite azaltma katsayısı
σ_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesi
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

1. GENEL BİLGİLER

Yığma yapılar, ülkemizdeki yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan yapılardır. Gelişmiş şehirlerde her ne kadar yapımları azalmış olsa da köylük yerler ve az gelişmiş şehirlerde yapımları hala daha devam etmektedir. Yığma yapılar zemin şartlarının iyi olmaması, depreme dayanıksız inşa faaliyetleri ve benzeri nedenlerden dolayı hasar almaktadırlar. Deprem güvenliğine sahip olmayan bu tip yapılar can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Yığma yapılar kırsal kesimlerde genellikle ekonomik açıdan zayıf insanlar tarafından inşa edilmektedir. Yığma yapıların mühendislik hizmeti gerektirmeyen bir yapı olarak görülmesi de ülkemizde depreme dayanıksız yapı stoğunun oluşumunda etkisi çok fazladır. Bundan dolayı depreme dayanıklı yığma yapı tasarımı ve inşası hayati önem arz etmektedir.

Yığma yapıların duvarları hem taşıyıcı olarak hem de bölme duvar olarak kullanılan önemli yapılardır. Mühendislik hizmeti almış ve imalatı yapılmış duvarlar yığma binanın deprem kuvvetlerine karşı davranışına katkı sağlar. Kullanılan kargır birimlerin malzeme özellikleri yapının davranışına katkı verir. Çeşitli yükler altında yapının modellenmesi ve mühendislik hizmeti ile inşa edilmesi yapının davranışını izlemek hayati önem arz eder (Çambay, 2022).

1.1. Literatür Araştırması

Sallıo (2005), çalışmasında mevcut bir yığma binanın deprem kuvvetlerine karşı yeterli rijitliği ve deprem kuvvetlerinden kaynaklanan ve duvarlara gelen kesme kuvvetlerinin yeterli dayanımı sağlamayacağını düşünmüştür. Yapının deprem kuvvetlerine karşı direncini artırmak maksadıyla güçlendirme projesi ve uygulaması planlamıştır. Yapı programları yardımıyla analizlerde bulunmuştur. Çalışmalar sonucunda yapı sisteminin rijitliğinin arttığını saptamış ve mevcut sistem ve güçlendirilmiş sistem arasındaki farklılıkları ortaya koymuştur.

Kuruşçu (2005), çalışmada yığma yapıların analizinde kullanılan yöntemler ve uygulamalar incelenmiştir. Gerçek ölçekli modellemeler yapılmış ve bu modeller üzerinde deneyler yapılarak elde edilen sonuçlar numerik analiz ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Özgan (2009), yapılan çalışmada yığma yapıların bilgisayar programları yardımıyla deprem yönetmeliklerine uygun olarak tasarımı ve modellemesinin yapılması ve sonuçların elde edilmesi istenmektedir. Yığma yapıların tasarımının deprem yönetmeliğine uygun olarak yapılmasının yapıların deprem güvenliği bakımından önemli olduğu vurgulanmıştır.

Büyükgökmen (2001), donatılı yığma yapılar hakkında yapılan bu tezde ABYYHY 1998'de bulunan yığma yapıların tasarımına ilişkin esaslar detaylı olarak anlatılmıştır. Yönetmeliğe ek olarak yerli standartlar ve bunlara ek olarak İngiliz şartnamesinden de faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında 1 ve 2 katlı yığma yapıların tasarımları yapılmış ve deprem etkileri karşılaştırılmıştır. Depreme dayanıklı yığma yapıların inşasının yapılmasında ekonomik çözüm olan donatılı yığma yapıların yaygınlaştırılmasını savunmaktadır.

Korkmaz vd. (2014), ülkemizde farklı bölgelerde farklı yapısal malzemeler ile yığma yapılar inşa edilmektedir. Çalışmada yapı davranışında farklı yapısal malzemelerin etkileri araştırılmak istenmiştir. Farklı tipteki malzemelerle modeller oluşturulmuş ve davranışları incelenmiştir. Zaman tanım alanında uygulanan deprem ivmeleri altında davranışları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak farklı tipte oluşturulan modellere etki ettirilen farklı deprem ivmeleri ile elde edilen yer değiştirmeler ve duvarlara etkiyen gerilmeler karşılaştırılmıştır.

Yalnız (2020), ülkemizde bulunan yapıların büyük bir kısmı yığma yapılardan oluşmakta ve bunların da azımsanmayacak bir kısmı anıtsal, tarihi yapılardan oluşturmaktadır. Deprem açısından riskli olduğumuz yurdumuzda mevcut yapıların deprem dayanıklılığı hakkında bilgi sahibi olup olumsuz durumlarda gerekli aksiyonları göstermek önemlidir. Çalışmada yapılardaki hasarların nedenleri ele alınmıştır. Bu hasarların uygun yöntemlerle onarılması ve güçlendirilmesi irdelenmiştir. Ele alınan bir anıtsal yapının sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Yapılan analizler ile deprem etkilerine karşı davranışı incelenmiştir. İncelenen bu yapının deprem etkileri altında bazı olumsuz sonuçlar doğuracağı vurgulanmıştır.

Amani vd. (2020), yurdumuzda eski yapı stokunun büyük kısmı yığma yapılardan oluşmaktadır. Halen daha yığma yapılar azımsanmayacak kadar inşa edilmektedir. Çalışmada 1998, 2007 ve 2019'da yürürlüğe giren deprem yönetmelikleri incelenmiştir. Bu 3 yönetmelikteki yığma yapı standartları, hesap ve tasarım esasları karşılaştırılmıştır. Ele alınan bir yığma bina 3 farklı yönetmelik ile tasarımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak taban kesme kuvvetlerinin yeni yönetmeliklerde eski yönetmeliklerdekine göre arttığı görülmüştür.

Mısır vd. (2020), ülkemizde en son yayımlanan deprem yönetmeliğinin önceki yönetmelikler den farklılıkları bulunmaktadır. Çalışmada önceki yönetmeliklere göre tasarlanmış yapılar için yeni yönetmelik şartları tahkik edilmiştir. Çalışmada, belirli deprem ivmeleri üzerindeki deprem hareketleri altında donatısız yığma bina yapmanın güvenli olmadığı ve yönetmelik standartlarına uymakta zorlandığı görülmüştür. Önceki yönetmeliklere göre yapılan yapıların TBDY-2018'e göre yapılan tahkiklerinde sınıfta kaldığı belirtilmiştir.

Dabanlı (2008), coğrafyamızda eski ve yeni birçok medeniyetten kalma tarihi anıtlar ve kültürel yapılar bulunmaktadır. Ülkemizin deprem kuşağında yer alması sebebiyle bu tarihi yapıların depreme karşı dirençleri ve performansları bu yapıların gelecek nesillere iletilmesi için önem arz etmektedir. Tezde bu tarihi yapıların analizlerinin yapılmasında kullanılması amacıyla modelleme teknikleri ve modellenmesi anlatılmıştır. Daha sonra bir adet tarihi yapı için 3 boyutlu model oluşturularak analizler yapılmıştır.

Smyrou (2017), makalede kuşatılmış yığma yapı örneklerinden bazılarının deprem davranışları incelenmiştir. Kuşatılmış yığma yapılar ülkemizde pek yaygın olmasa da belli bölgelerde yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Çalışmada kullanılan yapılar deprem kayıtları kullanılarak tekrar analizleri yapılmıştır. Onarım ve güçlendirme çalışmaları yapıldığında elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kuşatılmış yığma yapılar ile benzer mimari özelliğe sahip betonarme yapılar arasındaki farklılıklar kıyaslanmıştır.

Turan (2020), 2018-TBDY'inde yığma yapılar tasarım ve analiz esaslarında bazı farklılıklar yapılmıştır. Tasarım yöntemlerindeki bu değişiklikler yapılan yapılar deprem etkilerine karşı yapının güvenliğini arttırmaktadır. Yapılan çalışmada bu değişikliklerin yapının davranışlarını incelemek ve analiz sonuçlarındaki farklılıkları görmek için hem yeni yönetmelikte tasarımı ve analizi yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda elde edilen verilerde, eski ve yeni yönetmelikler arasındaki, farklılıklar olduğu ve eski yönetmeliğe göre yapılan bir binanın yeni yönetmelik standartlarını karşılamadığı belirtilmiştir.

1.2. Yığma Yapı Nedir?

Taşıyıcı sistemleri döşemelerden gelen yüklerin duvarlar ile taşındığı iskeleti olmayan düşey ve yatay yüklerin hatıllara bağlı kargır duvar ile taşındığı yapılara yığma yapı denir. Genellikle karakteristik dayanımları ve elastik özellikleri düşük kargır birimlerden oluşurlar. Yığma yapıdaki duvarlar taşıyıcı özelliğine ek olarak bölme duvar olarak da kullanılırlar.

1.3. Yığma Yapı Birim Eleman Özellikleri

1.3.1. Tuğlaların Özellikleri

Tuğlalar topraktan yapılip bunların yüksek derecelerde ısıtılıp pişirilmeyle elde edilen yığma yapı malzemeleridir. Tuğlaların pişirilme ısıları 800°C ile 1200°C arasında değişmektedir. İnşaatlarda kullanılan normal tuğlaların pişirilme ısısı 950°C ile 1200°C arasındadır. Sert tuğlaların pişirilme ısısı yüksektir. Ülkemizde eskiden yaygın kullanılan harman tuğlalarının pişirilme ısısı genellikle daha azdır. Pişirilme ısısı tuğladaki boşluk oranı, delik miktarı, deliklerin biçimleri tuğlanın basınç dayanımını etkileyen faktörlerdir.

1.3.2. Harman Tuğlası

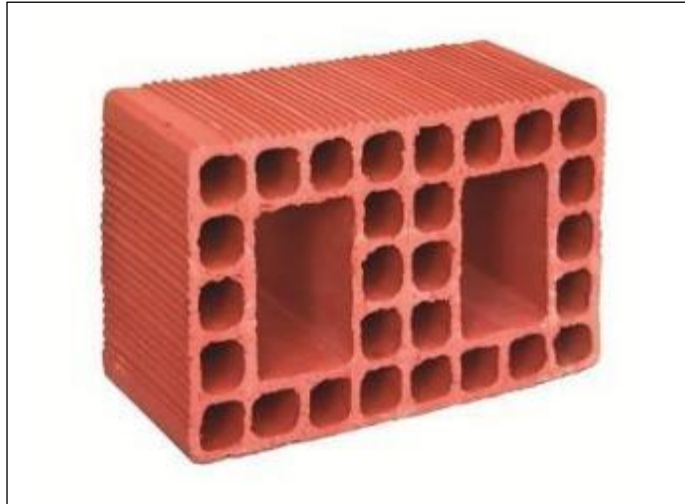
Geleneksel yöntemlerle yapılan tuğlalardır. Adını yapılma aşamalarında geçen serüveninden alır. Üretim aşamasında harman adı verilen alanlarda kurutulduklarından dolayı adları harman tuğlası olarak kalmıştır. Killi topraktan elde edilen çamurların kalıplar kullanılarak oluşturulmasıyla elde edilirler. Harman tuğlası üretimi insan eli ile geleneksel yöntemlerle yapıldığından tuğlalar yeterli homojen yapıya ulaşmayabilir. Pişirilme işlemlerinde yeterli sıcaklığa ulaşmadığında ve kötü işçilik olduğunda gerekli dayanımları vermedikleri görülmüştür. Geleneksel yöntemlerle üretilen harman tuğlalarının porozite oranının yüksek olması ve pişirilme ısısının düşük olması bu tuğlaların basınç dayanımını oldukça etkilemiştir. Ülkemizde yaklaşık son 50-60 yılda fabrikaların yaygınlaşmasıyla kullanımları oldukça azalmıştır (Bayülke, 2018).



Şekil 1. Harman tuğlası

1.3.3. Fabrika Tuğlası

Fabrika tuğlası, temel olarak yapım aşamaları harman tuğlasına benzemesine rağmen birçok bakımdan yenilikçi yöntemlerle yapıldıklarından malzeme özellikleri bakımından daha üstündür. Delik oranları, deliklerin yönleri, deliklerin biçimi gibi özellikler tuğlanın basınç dayanımı etkileyen özelliklerdir. Fabrika standartlarında pişirme sıcaklığı, kalıp işçiliği gibi özellikler daha homojendir. Delikli tuğlaların delik oranları ve biçimleri tuğlanın basınç dayanımını oldukça etkiler. Aynı delik oranına sahip ama delik biçimleri farklı olan tuğlaların basınç dayanımları farklı olduğu görülmüştür (Schellback, 1970).



Şekil 2. Düşey delikli fabrika tuğlası

1.3.4. Doğal Taş

Doğada bulunan yapı malzemeleridir. Genellikle en dayanıklı yapı malzemesi olarak bilinirler. Basınç dayanımları oldukça fazladır. Çekme dayanımları ise basınç dayanımlarına oranla oldukça düşüktür. Coğrafyanın morfolojik yapısı ve kaya tiplerinin farklılıklarından dolayı yapıların kullanım amaçlarında farklılıklar göstermiştir. Fazla emek sarfetmeden elde edilmesi kullanımını artırmıştır. Yakın zamanda ise taş işçiliğinin el emeği gerektirmesi kullanımlarını azaltmıştır. Taş birimlerden oluşturulan duvarların dinamik özellikleri ise taş yapısının, kullanılan harcın ve duvarın örgü biçimine göre değişiklik göstermektedir (Kuruşçu, 2005).



Şekil 3. Doğal taş örneği

1.3.5. Beton Briket

Çimento, agrega ve su ile üretilen yığma birimlerdir. Üretim yöntemlerine göre katkı maddesi de kullanılmaktadır. Genellikle boşluklu yapılardır. Yapılarda tuğla kullanımının uygun olmadığı alanlara kullanılırlar. Agrega ve çimento ile üretimi kolay olduğundan bazı bölgelerde yaygın kullanılırlar. Kullanılan agreganın malzeme özelliklerine göre basınç dayanımı değişiklik gösterir. Sağlam agrega ile yapılan beton briketlerin basınç dayanımı genellikle yüksektir. Beton briketin ağırlığı ile doğru orantılıdır. Gazbeton ise beton briket sınıfına girmektedir. Birim hacim ağırlıkları 400-800 kg/m³ civarındadır. Basınç dayanımları beton briketlerde olduğu gibi birim hacim ağırlığı arttıkça artmaktadır (Bayülke, 2018).



Şekil 4. Beton briket

1.4. Yığma Yapı Elemanları

Yığma yapılar taşıyıcı duvar, duvarı oluşturan harç ve kargır birimler, düşey ve yatay hatıllar, lentolar, döşemeler ve temellerden oluşurlar. Yığma yapıyı oluşturan elemanların hemen hemen hepsi yatayda ve düşeyde yük taşıyan elemanlardır. Bu elemanların genellikle basınç dayanımları yüksek olması beklenir.

1.4.1. Duvarlar

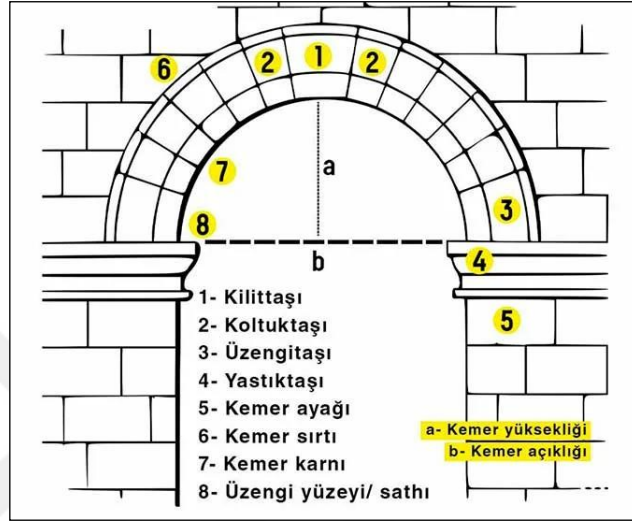
Yığma yapıları oluşturan başlıca en temel eleman duvarlardır. Duvarlar temel olarak bir iskelet sistemine sahip değildir. Kendi ağırlığını ve döşemelerden gelen yükleri taşırlar ve temele iletirler. Bu duvarlar bölme duvar olarak da kullanılırlar. Beton briket ve tuğla gibi kargır birimlerin bağlayıcı harçlar kullanılarak örülmesiyle oluşturulurlar.



Şekil 5. Örnek tuğla duvar

1.4.2. Kemerler

Duvar boşlukları, sütunlar veya açıklıklar üzerine inşa edilen yapılardır. Eğik, yarım daire veya ters kablo olarak şekil alırlar. Düşey olarak kendi ağırlıklarını ve üzerlerine gelen yükleri bağlı oldukları duvar veya sütunlara ileten yapılardır.



Şekil 6. Kemer yapı elemanları

1.4.3. Hatıllar ve Lentolar

Yığma birimin temel, döşeme ve çatı elemanlar ile birleştiği bölgelere inşa edilen, kirişe benzeyen yapılara hatıl denir. Hatıllar betonarme veya ahşap malzemelerden yapılabilir. Yapının cinsine göre değişiklik gösterebilir. Düşey yükü homojen ve üniform şekilde bağlı oldukları duvarlara iletmekle görevlidirler.

Genellikle betonarme veya ahşap olarak üretilerek kapı ve pencere boşluklarının üstüne gelen elemanlara ise lento denir.

1.4.4. Döşemeler

Yapının katları arasında üst ve alt kısımları kapatmak veya örtmek için yapılan elemanlardır. Kendi ağırlığı ve üzerine gelen ölü ve hareketli yükleri yığma yapının taşıyıcı elemanlarına iletmekle görevlidirler. Yaygın olarak betonarme olarak üretilirler. Ahşap ve toprak bileşiminden de olabilirler. Deprem etkilerine önemli görevleri vardır. Yatay yükler veya yatay yöndeki hareketleri diyafram etkisi ile taşıyıcı elemanlara iletirler.

1.4.5. Harçlar

Harçlar, duvarı oluşturan kargır birimlerin birleşimini sağlayarak kompozit bir eleman gibi davranış göstermesini sağlarlar. Kireç veya çimentonun kum ve su ile karıştırılmasıyla elde edilirler. Planlanan duvarın özelliğine göre katkı maddesi de kullanılabilir. Kullanılan harcın kalitesi duvarların mekanik özelliklerine etkilemektedir. Kullanılan harç duvar elemanları oluşturan kargır birimleri arasındaki aderansı artırarak deprem etkilerine karşı yapıyı güçlendirir.

1.5. Yığma Yapı Sistemleri

Yığma yapı sistemleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre (TBDY-2018) dört farklı gruba ayrılmıştır. Bu gruplar donatısız yığma yapı sistemleri, donatılı yığma yapı sistemleri, kuşatılmış yığma yapı sistemleri ve donatılı yığma panel sistemlerdir.

1.5.1. Donatısız Yığma Yapılar

Taşıyıcı sistemlerin sadece yığma birimler ile olduğu sistemlerdir. Yığma birimler ile bağlayıcı harç kullanılarak taşıyıcı duvarlar oluşturulur. Bu sistemlerin taşıyıcı sistemlerinde donatı veya süneklik oranı yüksek malzemeler kullanılmaz. Taşıyıcı sistemleri sünek davranış değil de gevrek davranış sergilediğinden diğer sistemlere göre deprem güvenliği veya deprem etkilerine karşı direnci daha azdır. Doğal taş, kerpiç, fabrika tuğlası ve beton briketlerden yapılabilmektedirler. Ülkemizdeki en yaygın yığma yapı çeşididir.



Şekil 7. Donatısız yığma bina örneği

1.5.2. Kuşatılmış Yığma Yapılar

Taşıyıcı sistem iskeletleri taşıyıcı duvarlara ek olarak yatay ve düşey yük taşıyan betonarme hatılardan oluşan yapılara denir. Duvarların örülmesiyle birlikte duvar kenarlarının hatıllara kalıp oluşturularak yerinde dökme beton ile hazırlanırlar. Donatısız yığma yapılara göre daha sünek yapılardır (TBDY, 2018).



Şekil 8. Kuşatılmış yığma yapı imalatı

1.5.3. Donatılı Yığma Yapılar

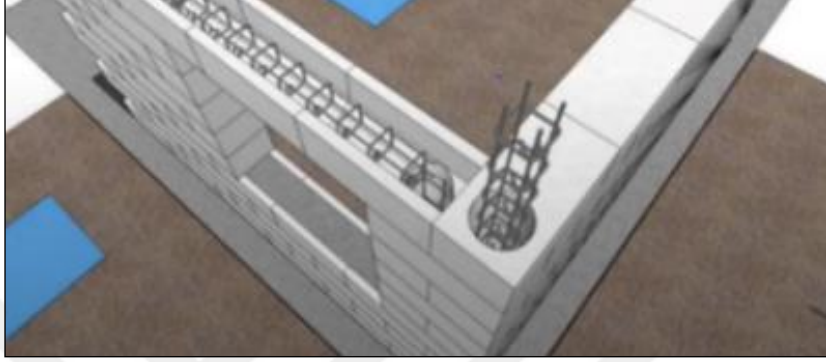
Yığma duvarların donatı ile teşkil edilmesiyle elde edilirler. Düşey ve yatay yönde delikli veya yivli tuğla ya da briketlerin donatı ve bağlayıcı harç ile örülmesiyle oluşturulurlar. Sadece kargır birimlerden oluşturulan donatısız yığma yapılar diğer sistemlere göre daha gevrek davranış gösterir. Bu tip yapıların donatı ile desteklenmesi yapıların daha sünek davranış sergilenmesini sağlar. Donatıların hem doğrultuda hem de yatay doğrultuda yerleştirilmesi yapıya her iki doğrultuda da deprem direnci sağlamaktadır. Bu tip yapılar ülkemizde pek yaygın bir şekilde görülmemektedir.



Şekil 9. Donatılı yığma duvar

1.5.4. Donatılı Panel Sistemli Yapılar

Gazbeton panellerin donatı ile teşkil edilmeleriyle elde edilirler. Donatılar paneller arası yiv denilen boşluklara yerleştirilerek bağlayıcı harç ile bağlanırlar. Bu sistemde paneller yatay ve düşey doğrultuda hatıllar ile desteklenmektedir. Bu yapılar süneklik düzeyi yüksek yapılar kapsamına girmektedir.



Şekil 10. Donatılı panel sistemli yapı

1.6. Yığma Binalarda Görülen Hasar Türleri

Yığma yapılarda görülen deprem öncesi veya deprem sonrası oluşan hasarların yığma bina tasarımında yol göstermesi oldukça kıymetlidir. Yığma binalardaki bu hasarlar binanın hangi dış etkiler altında nasıl tepki vereceğini ve bu tepkilerin hangi sonuçlara yol açacağını anlama konusunda yardımcı olurlar.

Gelişmişlik seviyesi düşük ülkelerin kırsal kesimlerinde çatı malzemesi olarak toprak kullanılmaktadır. Toprak malzemeden oluşturulan bu çatılara zamanla yeni toprak tabakası eklenerek daha sıkı bir çatı elde edilir. Yeni eklenen toprak tabakası nedeniyle yıl geçtikçe çatı ağırlığı artmaktadır. Deprem anında bu ağır çatıların aldığı hasarlar ciddi ve hayati sonuçlara sebebiyet vermektedir (Korkmaz vd, 2005). Ancak bu tür çatılar deprem anında, duvarların düzlem dışı ve düzlem içi yönünde büyük bir kuvvetle itilmesine ve deprem anında binanın zayıf yönündeki duvarlarının ve/veya zayıf duvarlarının büyük bir kuvvet ile yıkılmasına sebep olmaktadır (Gölalınış, Türer, 2005) (Koç, 2016).



Şekil 11. Toprak çatı hasarı

Zemin sorunlarının da dahil olduğu ve deprem hareketleri sonucu yığma binalarda yatay hatıllar kullanılmayan duvarlarda zeminin zorlanması sonucu duvarların bazı bölgelerinde çökmeler veya bozulmalar gerçekleşmektedir. Duvar altı hatıllar bu nedenlerle etkilenen duvarlardan gelen yüklerin zemine eşit bir şekilde iletilmesini sağlamaktadır. Duvar bütünlüğünü desteklemektedir. Bina ve zemin etkileşimini düzeltici olumlu bir etkendir (Koç, 2016).



Şekil 12. Hatılsız duvar hasarı

Depreme maruz yığma yapılarda düzlem içi yüklenen duvarın deprem davranışı, doğal olarak düzlem dışından farklı olmakta, bunun için de düzlem içi ve dışı yüklemelerin nasıl olduğunun bilinmesi önem kazanmaktadır. Yığma yapı davranışları, deprem hasarlarına bakılarak kolayca irdelenebilir. Yığma ya da dolgu duvarlar, en üst katlarda ve düzlem dışı

kırılmaktadır. Zira yığma duvarın düzlem içi kırılması, duvarın ezilme dayanımına yakından bağlıdır. Oysa düzlem dışı kırılma, duvarın eğilmeye çalışması sonucunda oluşan çökme gerilmelerine bağlıdır. Yığma duvarın düzlem dışı dayanımının, düzlem içi dayanımına göre daha küçük olduğu ve kırılmaların düzlem dışı olduğu, deprem hasarlarından açıkça görülmektedir (Kanıt vd, 2005) (Koç, 2016).

Yığma binalardaki duvarlarda kullanılan yığma birimlerin malzeme çekme dayanımının ve kullanılan harçların malzeme özellikleri kayma etkileri bakımından yeterli olmaması deprem yükleri altında yığma duvarlarda çatlamalara ve hatta yıkılmalara sebep olabilmektedir. Kayma etkileri ve çekme gerilmelerinden kaynaklanan hasarlar deprem etkileri altında meydana gelen en önemli hasar nedenlerindendir.



Şekil 13. Çekme etkisindeki duvar hasarı

Duvarların kesişen bölgelerindeki yeterli rijitliği sağlamayan yığma binaların göçmelerine deprem hareketleri sonrasında yeterince rastlanmaktadır. Köşe rijitliğinin güçlü bir şekilde oluşturulduğu yığma binalarda hasarlar daha az oluşmaktadır. İnce ve zayıf duvar bağlantıları sebebiyle yığma binaların yıkıldığı görülmüştür. Köşe bağlantılarının uygun ve sağlam yapılmasının mal ve can kaybının en aza indirebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Karaşin, 2005).

Yığma yapılarda yapılan bir başka uygulama hatası ise, yapının sokağa veya caddeye bakan cephesinde, büyük açıklıklı kapı ve pencere boşlukları bırakmaktır. Bu boşluklar, yönetmelikteki boşluk oranları ile çelişkili olduğundan, ön cephe betonarme kolonlara taşıtılmaya çalışılmakta, bir nevi yarı karkas- yarı yığma bir sistem oluşturulmaktadır.

Ancak bu durum aynı yapı içinde elastik özellikleri çok farklı iki değişik malzeme kullanılması nedeniyle yapıda rijitlik düzensizlikleri meydana getirmekte ve böylece deprem sırasında yapıda burulma etkilerinin oluşmasına neden olmaktadır (Çırak, 2011).



Şekil 14. Boşluklardan oluşan duvar hasarı

Deprem hareketlerinden kaynaklanan yatay yüklerde yığma binalar iki farklı davranış göstermektedir. Yığma binalardaki betonarme rijit döşeme, deprem etkilerinden kaynaklanan yükleri duvar rijitlikleri ile doğru orantıda dağıtmaktadır. Bu etkiler duvarda kesme kırılmaları oluşturmaktadır. Rijit döşeme olmayan yığma binalarda duvarlar zemine ankastre bağlı gibi davranıp düzlemlerine dik doğrultuda hareket yapmaktadır. Bu hareketler bina köşelerinde ayrışma hasarları oluşturmaktadır. Yüksek kat seviyesine sahip binalarda bu ayrışma hasarları çokça görülmektedir. Ayrıca çatı kirişlerinin duvara oturdukları yerlerin kısa olması yanında ahşabın zamanla çürümesi ya da organik zararlılarca bozulması ile çatı-duvar bağlantısı zayıflamaktadır (Koç, 2016).



Şekil 15. Rijit kat örneği

1.7. Yönetmelik ve Standartlar

İlk bina deprem yönetmeliği Türkiye’de 1939 Erzincan depreminden sonra 1940’ta yayınlandı. Daha sonra 1975’te Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik yayınlandı ve yürürlüğe girdi. Türkiye’nin bir deprem ülkesi olması ve yönetmelik ve standartların yetersiz kalması sebebi ile 1998’de tekrardan bir deprem yönetmeliği yayınlandı. Bilimsel gelişmeler ışığında bu yönetmelikler güncellenmiş ve yeni tekniklere uyarlanmıştır. Uluslararası standartlar ve yönetmeliklerle uyumlu hale getirilmiştir. TBDY-2018’den önce ülkemizde yığma yapıların tasarımları için birçok yönetmelik ve standartlar kullanılmıştır. TS 2510 da yığma yapıların hesap ve yapım kuralları, 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Eurocode-8 (yığma yapılar için Eurocode-6) ve daha sonra 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) gibi yönetmelikler kullanılmıştır. (Aldemir, 2010)

1.8. TBDY-2018’e Göre Yığma Bina Tasarım Esasları

TBDY-2018’den önce ülkemizde yığma yapıların tasarımları için birçok yönetmelik ve standartlar kullanılmıştır. TS 2510 da yığma yapıların hesap ve yapım kuralları, 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Eurocode-6 ve daha sonra 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) gibi yönetmelikler kullanılmıştır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre Deprem Etkisi Altında Yığma Bina Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımı İçin Özel Kurallar Bölüm-11’de verilmektedir. 11.bölüm içerisinde malzemeler ve dayanım esaslarından, taşıma gücü yönteminden ve diğer mimari tasarım kriterlerinden bahsedilmektedir. Dört farklı yığma bina sistemleri için tasarım kriterlerini içerisinde bulundurmaktadır.

1.8.1. İzin Verilen Kat Sayısı

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde yığma binalarda izin verilen kat sayısı binaların taşıyıcı sistemlerine ve deprem tasarım sınıflarına göre değişiklik göstermektedir. Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerde bina yükseklik sınıfının izin verdiği bina yüksekliği 1, 1a, 2 ve 2a deprem tasarım sınıflarında en fazla 10,5 metre diğer deprem tasarım sınıflarında 17,5 metre; süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemlere sahip binalarda 1,

1a, 2 ve 2a deprem tasarım sınıflarında en fazla 7 metre diğer deprem tasarım sınıflarında 10,5 metre olması gerektiği belirtilmiştir.

Tablo 1. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı (Tablo 4.1) (TBDY, 2018)

E. YIĞMA BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
E1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
E11. Donatılı yığma binalar	4	2	BYS $\geq$ 7
E12. Donatılı gazbeton panel binalar	4	2	BYS $\geq$ 7
E2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
E21. Kuşatılmış yığma binalar	3	2	BYS = 8
E22. Donatısız yığma binalar	2.5	1.5	BYS = 8

Tablo 2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018)

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

1.8.2. Duvar Yüksekliği ve Kalınlığı

Yönetmeliğimizde duvar etkin kalınlığı ve etkin yüksekliğinin TS EN 1996-1-1 (Eurocode-6) standartlarına göre belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu standartlarda duvarın tek katmanlı veya çift katmanlı olması; destekli veya desteksiz olmasına göre alınması gereken etkin kalınlığı belirtmiştir.

Duvarın etkin yüksekliğinin aynı standarda göre belirlenmesi istenmektedir. Bu duvarların döşeme ve yatay hatıllar gibi duvar rijitliğini arttıran elemanlar ile teşkil edilerek rijitliklerini artırılması istenmektedir. Duvardaki kapı ve pencere boşluklarının ve destek duvarlarının yığma duvarların etkin yüksekliklerini etkilediği bahsedilmiştir.

Yönetmeliğimizde Bölüm 11 de minimum etkin duvar kalınlıklarının ve etkin yüksekliğe bağlı narinliklerin yığma bina tiplerine göre uygulanması gereken geometrik şartlardan bahsedilmiştir.

1.8.3. Malzemeler ve Dayanım

Yönetmelikte yığma taşıyıcı duvarlarda kullanılacak standartlar verilmiştir. Yönetmelikte tuğla kargır birimler için TS EN 771-1, yoğun ve hafif agregalı beton kargır birimler için TS EN 771-3, gaz beton kargır birimler için TS EN 771-4, doğal taş birimler için TS EN 771-6 ve yapay taşlar için TS EN 771-5 standartları kullanılması belirtilmiştir.

Yönetmeliğe göre kargır birimlerin boşluk oranları ikiye ayrılmıştır. Tablo 3 de kargır birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması verilmiştir. Bu boşluklarda %15 den fazla olmamak kaydıyla donatının geleceği yerler ve harç ile doldurulacak alanlar tuğla boşluk oranından hariç tutulacaktır.

Tablo 3. Kargır birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması (TBDY, 2018)

Kargır Birim Cinsi ^(*)	Grup I	Grup II
Tuğla	$\alpha \leq \%35$	$\%35 < \alpha \leq \%50$
Beton	$\alpha \leq \%35$	$\%35 < \alpha \leq \%50$

Minimum kargır birim basınç dayanımları yatay derzlere paralel doğrultuda $f_{bh,min}=2.0 MPa$, yatay derzlere dik doğrultuda $f_{b,min}=5.0 MPa$ değerlerinden az olmayacaktır. Kullanılacak olan harçlarda ise harç numunelerin küp basınç dayanımları donatısız ve kuşatılmış yığma binalar için $f_{m,min}=5.0 MPa$, donatılı yığma ve panel sistemli binalar (panel

tipi binalar için çimento şerbeti) için $f_{m,min}=10.0$ MPa değerlerinden az olmamalıdır. (TBDY, 2018)

Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımları, f_k , yapılacak deneylerden öğrenileceği gibi kargır birimler üzerinde yapılacak deneyler üzerinden de öğrenilebilir. İki farklı yöntemle birlikte elde edilen dayanımlar yönetmelikte Tablo 4 de gösterilmektedir.

Tablo 4. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı, f_k (MPa)(TBDY,2018)

Birim- Birim Sınıfı	Harç sınıfı	Harç basınç dayanımı, f_m (MPa)*	Kargir birim basınç dayanımı, f_b (MPa)					
			5	10	15	20	25	30
Grup I	Genel amaçlı harç	M10-M20	3.4-4.2	5.5-6.8	7.3-9.0	8.9-11.0	10.4-12.9	11.9-14.6
		M2.5-M9	2.2-3.3	3.6-5.3	4.8-7.1	5.9-8.7	6.9-10.1	7.8-11.5
		M1-M2	1.7-2.1	2.8-3.4	3.7-4.5	4.5-5.5	5.2-6.4	5.9-7.3
Grup II ve Kesme taş		M10-M20	2.8-3.4	4.5-5.5	6.0-7.4	7.3-9.0	8.5-10.5	9.7-12.0
		M2.5-M9	1.8-2.7	3.0-4.4	3.9-5.8	4.8-7.1	5.6-8.3	6.4-9.4
		M1-M2	1.4-1.7	2.3-2.8	3.0-3.7	3.7-4.5	4.3-5.3	4.9-6.0
Tuğla (Grup I)	İnce tabakalı harç**		2.9	5.3	7.5	9.6	11.6	13.5
Tuğla (Grup II)			2.2	3.5	4.7	5.7	6.7	7.6
Beton (Grup I), Gazbeton			3.1	5.7	8.0	10.2	12.3	14.4
Beton (Grup II)			2.6	4.6	6.5	8.3	10.0	11.7

Yığma yapılardaki duvarların karakteristik kesme dayanımı

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4\sigma_d \leq 0.10f_b \quad (1)$$

biçiminde hesaplanması istenmektedir. Karakteristik basınç dayanımı eksenel gerilmenin bulunmadığı durumdaki karakteristik kesme dayanımı ile yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesinin %40'ının toplamından veya kargır birimin standartlaştırılmış ortalama basınç dayanımının %10'undan küçük olanın seçilmesi istenmektedir.

Karakteristik başlangıç kesme dayanımları standartlara bağlı olarak elde edilerek aşağıdaki Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 5. Duvarların basınç kesme dayanımları, f_{vk0} , (MPa) (TBDY, 2018)

Kargir birim	Genel amaçlı harç ^(*)		İnce tabaka harç
Tuğla	M10-M20	0.30	0.30
	M2.5-M9	0.20	
	M1-M2	0.10	
Beton	M10-M20	0.20	0.30
Gazbeton	M2.5-M9	0.15	0.30
Doğal veya Yapay Taş	M1-M2	0.10	Kullanılamaz

Yönetmelikte verilen yığma bina sistemlerinin hepsinde betonarme bileşenlerindeki beton kalitesinin en az C25 olması istenmektedir. Taşıyıcı duvarların malzeme özelliklerinin hesaplanmasında deney yapmak mümkünse deneyler yapılarak elde edilmesi, eğer deney yapımı mümkün değilse elastisite modülü E_{duv} ampirik olarak $750f_k$ donatılı paneller den oluşturulan duvarlarda ise $450f_k$ olarak alınması istenmektedir. Duvar kayma modülü, G_{duv} , elastisite modülünün %40’ı alınarak hesaplanmaktadır.

1.8.4. Deprem Hesabı

TBDY 2018’e göre yapı türü ne olursa olsun deprem tehlike haritasından yapının yapılacağı yeri bulunur. Bu noktalardan deprem hesabında kullanılmak üzere spektral ivmeler alınır. Zemin sınıfı deneysel metotlarla elde edildikten sonra tasarım spektral ivmesi elde edilir. Bu yapılan işlemler yapının cinsinden bağımsız yapılan işlemlerdir. Bundan sonra yapılan işlemler yapının modellenmesi, analizi ve tahkikini içermektedir.

Yığma binalarda izin verilen bina yükseklikleri, bina yükseklik sınıfları deprem tasarım sınıflarına göre değişiklik göstermektedir. Yönetmelikte bina taşıyıcı sistemlerine bağlı olarak izin verilen bina yükseklikleri, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı TBDY-2018 de Tablo 6 ve Tablo 7 de verilmektedir.

Tablo 6. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018)

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Tablo 7. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları

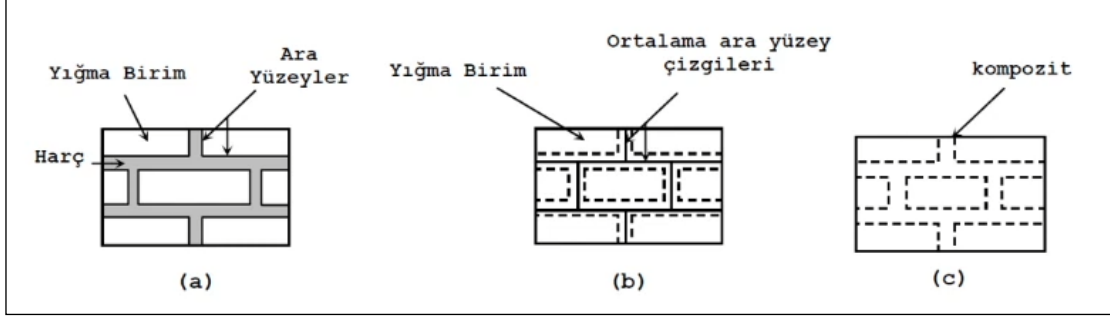
E1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
E11. Donatılı yığma binalar	4	2	BYS $\geq$ 7
E12. Donatılı gazbeton panel binalar	4	2	BYS $\geq$ 7
E2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
E21. Kuşatılmış yığma binalar	3	2	BYS = 8
E22. Donatısız yığma binalar	2.5	1.5	BYS = 8

1.8.5. Yığma Duvar Elemanlarının Modelleme Teknikleri

Yönetmeliğe göre yapının deprem hesabı Bölüm 4 esaslarına göre yapılması belirtilmiştir. Yapı modellendikten sonra yapının çözümlemesi düşey ve yatay yüklerin etkileri altında yapılması istenmektedir. Bu çözümleme sonlu elemanlar yöntemi veya eşdeğer çubuk yöntemi kullanılarak yapılmalıdır.

Sonlu elemanlar yönteminde yapı 3 farklı yöntem ile modellenebilir. Bu modeller ayrıntılı mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme veya makro modellemedir. Ayrıntılı mikro modelleme gerçeğe en yakın modelleme olarak kullanılır. Bu yöntemde

elemanı oluşturan bütün birimler detaylı olarak modellenir. Basitleştirilmiş mikro modellemede ise elemanı oluşturan birimleri birlikte düşünerek modelleme yapılır. Makro modellemede duvar bütün bir eleman olarak düşünülerek hesaplamalar yapılır.

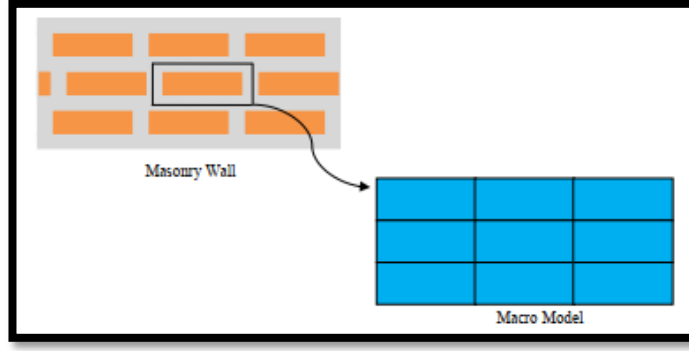


Şekil 16. (a) Ayrıntılı mikro, (b) basitleştirilmiş mikro, (c) makro modelleme

Duvarların düzlem içi modellemesi hakkında çağdaş bir fikir, bu karmaşık malzemenin bileşenlerini tek tek modelleyerek çözülebileceğidir. Bu nedenle, mikro modelleme olarak bilinen bir teknik bu amaç için kullanılabilir. Bu yaklaşım, duvarın her bir parçasını modele dahil etmeyi amaçlar. Bu nedenle, analizde her birim, harç ve harç ile birimler arasındaki arayüz dikkate alınır.

Daha pratik bir analiz yapmak için, birimler ve harç ayrı ayrı tanımlanmaz, bunun yerine birimler modellenir ve aralarına arayüz elemanları yerleştirilir. Bu yeni stratejiye basitleştirilmiş mikro modelleme denir. Mikro modelleme gibi, basitleştirilmiş mikro modelleme de duvarların çatlama desenini simüle edebilir. Bu, arayüz elemanları tarafından elde edilir. Arayüz elemanı çatlama veya ezme kapasitesine ulaştığında, model birimler arasında bir boşluk gösterir.

Bu çalışmanın ana ilgi alanı olan üçüncü yaklaşım, duvar örgüsünün tek bir homojen malzemeden oluşuyormuş gibi modellenmesidir. Bu yöntem makro modelleme veya kompozit model denir. Adından da anlaşılacağı gibi, bu yaklaşımda yalnızca tuğla ve harçtan oluşan bir malzeme dikkate alınır. (Aldemir, 2010)



Şekil 17. Makro modelleme

Eşdeğer çubuk yönteminde duvarın kendi malzeme özellikleri kullanılarak, rijitlik ve elastik özellikler, uygulanır. Duvarın serbest yüksekliği, H , döşeme üst kotundan döşeme alt kotuna kadar olan mesafe alınır. Eğer hatıl varsa hatıl alt kotu kullanılır. Uzunluğu boşluklar arası mesafe olarak kullanılır. Rijitliği her iki ucun ankastre olduğu kabul edilerek denklem (2) ile hesaplanır.

$$k_{duv} = \frac{1}{\left(\frac{H^3}{12E_{duv}I} + \frac{H}{1.2G_{duv}A} \right)} \quad (2)$$

Yığma yapılar taşıyıcı sistemine sahip binalarda taşıyıcı duvar etkin rijitlikleri brüt rijitliklerin %50'si olarak kabul edilecektir. Bu kabul edilen rijitliklerle elde edilen hesaplarla oluşan öreli kat öteleme oranının R/I katsayısı ile çarpımının 0.007 değerinin altında olması sağlanacaktır.

Yığma yapılarda kullanılacak döşemelerin minimum kalınlığı 100 mm betonarme olması istenmektedir. Bu döşemeler 300 mm kesit yüksekliğine sahip hatıllarla desteklenmelidir. Bunun sebebi rijit diyafram etkisi sağlamaktır. Hatılların kalınlığı ise en az duvar kalınlığında olmalıdır. Kuşatılmış yığma binalarda hatıllar dikkate alınmayacaktır. Duvar kesit uzunluğu duvar kalınlığının iki katından küçük olması durumunda bu duvarlar modellemede dikkate alınmayacaktır.

1.8.6. Taşıma Gücü Yöntemine Göre Hesap

TBDY-2018'e göre eksenel yük altında yığma duvarlara etkiyen tasarım kuvveti, N_{ed} , düşey yük tasarım dayanımı, N_{Rd} den büyük olmaması istenmektedir. Burada N_{Rd} ;

$$N_{Rd} = \lambda A f_d \quad (3)$$

ile hesaplanmaktadır. Burada f_d yığma duvar tasarım dayanımıdır. Duvar karakteristik basınç dayanımının malzeme dayanım azaltma kapasitesine bölünmesiyle bulunur. Kapasite azaltma kapasitesi, λ , ise narinlik narinlik oranına göre değişiklik göstermektedir.

Donatısız yığma duvarlarda tasarım kesme kuvveti dayanımı, V_{Rd} ;

$$V_{Rd} = f_{vd} t l_e \quad (4)$$

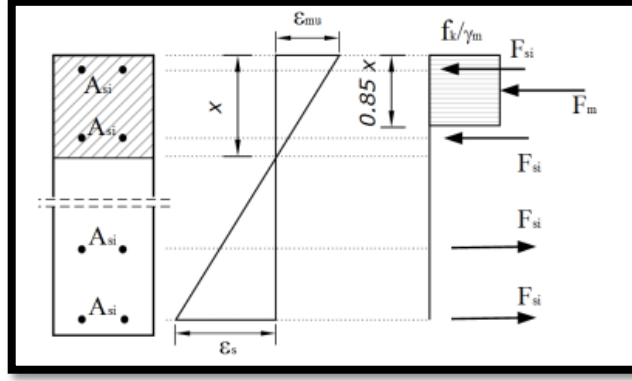
$$V_{Rd} = l t \frac{1.5 f_{vd0}}{b} \sqrt{1 + \frac{N_{ed}}{1.5 l t f_{vd0}}} \quad (5)$$

ile hesaplanan iki denklemden küçük olanı olarak kabul edilir. Burada kesme dayanımı hesabında duvarın eğilme etkisinde basınca çalışan kısmı, l_c , kullanılmaktadır. TBDY-2018 de bu uzunluk ile ilgili bir hesap bulunmamaktadır.

$$l_c = 3 \left(\frac{l}{2} - e \right) = 3 \left(\frac{l}{2} - \frac{M_{ed}}{N_{ed}} \right) \quad (6)$$

ile hesaplanmaktadır. Dış merkezliliğin $l/6$ dan küçük olması durumunda $l=l_c$, $l/2$ yi aşması durumunda $l_c=0$ olarak alınmaktadır. Bu durum da düzlem içi devrilme gerçekleşmektedir.

Donatılı yığma binaların duvarlarında kargır birim çekme dayanımı ihmal edilir. Duvarların basınç etkisi altında kesitteki gerilme ve şekil değiştirme dağılımları dikkate alınarak tasarım dayanım momenti hesaplanır. Tasarım dayanım momentinin duvara etkiyen tasarım momentinden büyük olması istenmektedir. Tamamı basınç etkisi altında olmayan duvar kesitlerinin sınır basınç şekil değiştirmesi Grup I karır birimlerinde $\varepsilon_{mu}=0.0035$, diğer durumlarda $\varepsilon_{mu}=0.002$ 'den daha büyük olmamalıdır. Taşıyıcı duvarlarda donatının akmasından önce duvarda basınç kırılması olmayacağı belirtilmelidir (TBDY, 2018).



Şekil 18. Donatılı duvarların basınç altında kesit şekil değiştirme ve gerilme dağılımları

Kesme kuvveti donatısının dikkate alınabilmesi için yatay donatının duvar boyunca sürekliliği sağlanmış olmalıdır. Kesme kuvveti donatısının katkısı V_{Rd2} ;

$$V_{Rd2} = 0.9 A_{sw} f_{yd} \quad (7)$$

$$V_{Rd1} + V_{Rd2} \geq V_{Ed} \quad (8)$$

$$(V_{Ed}) / (t l) \leq 2.0 \text{ MPa} \quad (9)$$

olmalıdır. Burada V_{Rd1} donatısız duvar tasarım kesme kuvveti dayanımıdır.

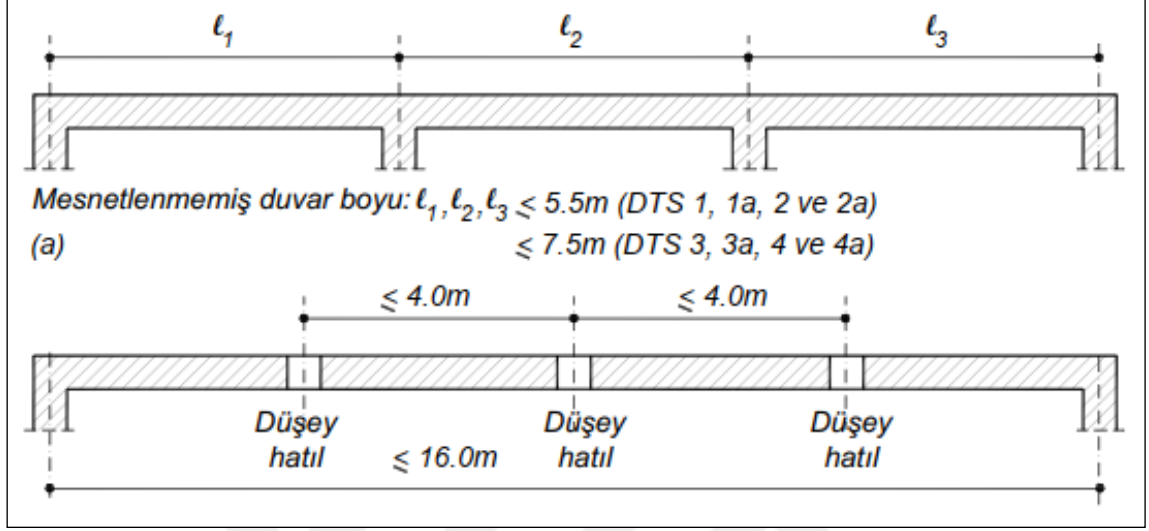
1.8.7. Mimari Kriterler

Yığma yapıların mimari biçimleri, basit ve planlı olması gerekmektedir. Karmaşık duvar düzenlerinden oluşan yığma binalarda deprem etkileri altında burulma etkileri oluşması pek olasıdır. Bundan dolayı karmaşık planlardan çok T, L, H şeklinde planlar oluşturulması yapı güvenliğini artırmaktadır. Buna ek olarak yığma yapılarda sınırlandırılan duvar kalınlıkları ve narinlik oranları Tablo 8 da verilmiştir.

Tablo 8. Kesme kuvveti altında yığma duvarlarda uygulanacak geometrik şartlar

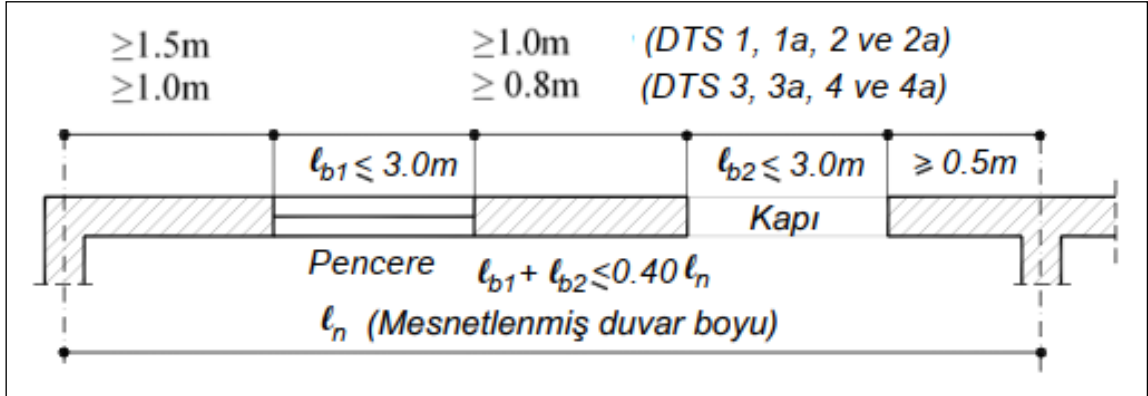
Yığma Tipi	$(t_{ef})_{\min}$ (mm)	$(h_{ef} / t_{ef})_{\max}$
Donatısız yığma, doğal veya yapay kesme taş ile	350	9
Donatısız yığma, diğer kargir birimler ile	240	12
Kuşatılmış yığma	240	15
Donatılı yığma	240	15
Donatılı panel sistemler	200	15

Mesnetlenmemiş duvar boyları deprem tasarım sınıfları arasında farklılık göstermektedir. DTS 1, 1a, 2 ve 2a için 5.5, DTS 3, 3a, ve 4a için en az 7.5 metreden fazla olmamalıdır.



Şekil 19. Duvarların desteklenmemiş en büyük uzunlukları ve düşey hatıllar arası mesafe (TBDY, 2018)

Duvar boyundaki boşluk oranının duvar boyunun %40'ından fazla olmaması belirtilmiştir. Duvarlarda bırakılacak kapı ve pencere boşlukları Şekil 20 de verilmiştir.



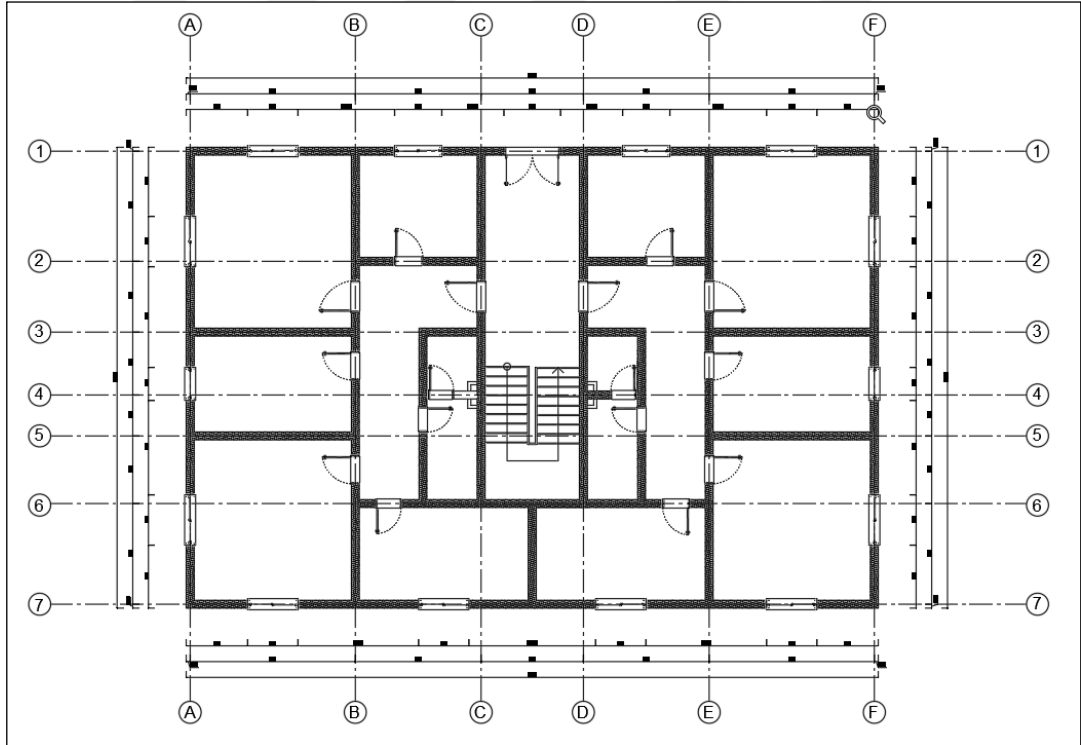
Şekil 20. İzin verilen kapı ve pencere boşlukları (TBDY, 2018)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

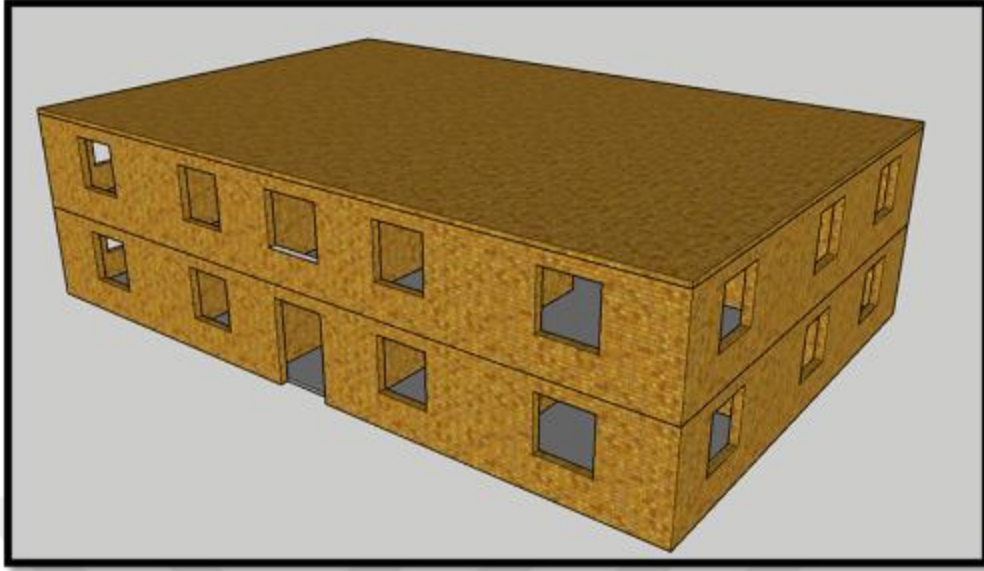
2.1. Bina Hakkında Genel Bilgiler

Yapılan bu çalışmada kullanılacak olan yığma bina kat planı Şekil 21 de ki gibi oluşturulmuştur. Kullanılacak bu binanın 40.991175 enlem ve 39.789398 boylamına sahip Trabzon’da bir lojman yapısı olarak tasarlanmıştır. Bu yapı 2 katlı ve her katında 2 adet daireden oluşmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında aynı binanın deprem parametreleri bakımından farklı bir konumda yapılması ve bu konumun İstanbul olması kararı alınmıştır.

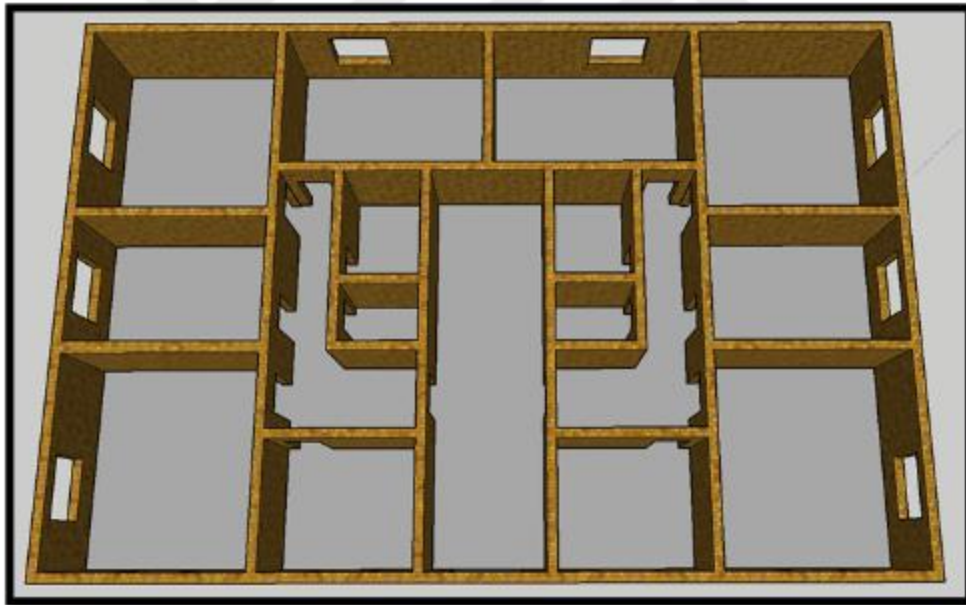
Çalışmada kullanılan bina kat planı hazırlanırken bir yandan mimari kullanım göz önünde bulundurulurken bir yandan da yönetmeliğe bağlı alınarak düşey ve yatay yükler altındaki etkilere karşı güvenlik sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Yığma duvarların yerleşimi yapılırken T, L ve H şeklinde birbirine kenetlenmiş duvar yapıları gösterilmektedir.



Şekil 21. Yığma bina kat planı



Şekil 22. Yığma yapı modeli



Şekil 23. Yığma yapı planı

Çalışmada kullanılacak yığma bina aynı mimari özelliklerde hem donatısız hem de donatılı olarak modellenecektir. Her bir kat yüksekliği 3 metre olarak belirlenmiştir. Kullanılacak olan yapının taşıyıcı duvarlarının olabildiğince simetrik ve her iki yönde de duvar uzunluklarının birbirine yakın olması istenmektedir. Taşıyıcı duvarların her bir katta sürekliliği sağlanmıştır. Taşıyıcı duvarları ve döşemeleri katların diyafram etkisi altında davranış göstermesi için yatay hatıllarla çevrilmiştir.

Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak kargir birim boşluk oranı %35 den düşük olan fabrika tuğlası seçilmiştir. Kargir birimlerin delik oranlarına göre sınıflandırılması Tablo 9 da belirtilmiştir. Bu tabloda Grup-1/Tuğla birim seçilmiştir.

Tablo 9. Kargir birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması

Kargir Birim Cinsi ^(*)	Grup I	Grup II
Tuğla	$\alpha \leq \%35$	$\%35 < \alpha \leq \%50$
Beton	$\alpha \leq \%35$	$\%35 < \alpha \leq \%50$

TBDY-2018 de Madde 11.2.3 kargir birimin TS EN 772-1 standartlarına göre minimum basınç dayanımı yatay derzlere dik olarak 5.0 MPa den düşey derzlere dik olarak 2.0 MPa olması istenmektedir. Harçların ise küp eleman basınç dayanımının donatısız binalarda en az 5.0 MPa, donatılı binalarda en az 10.0 MPa olmalıdır.

Tablo 10. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı (TBDY, 2018)

Birim- Birim Sınıfı	Harç sınıfı	Harç basınç dayanımı, f_m (MPa)*	Kargir birim basınç dayanımı, f_b (MPa)					
			5	10	15	20	25	30
Grup I	Genel amaçlı harç	M10-M20	3.4-4.2	5.5-6.8	7.3-9.0	8.9-11.0	10.4-12.9	11.9-14.6
		M2.5-M9	2.2-3.3	3.6-5.3	4.8-7.1	5.9-8.7	6.9-10.1	7.8-11.5
		M1-M2	1.7-2.1	2.8-3.4	3.7-4.5	4.5-5.5	5.2-6.4	5.9-7.3
Grup II ve Kesme taş		M10-M20	2.8-3.4	4.5-5.5	6.0-7.4	7.3-9.0	8.5-10.5	9.7-12.0
		M2.5-M9	1.8-2.7	3.0-4.4	3.9-5.8	4.8-7.1	5.6-8.3	6.4-9.4
		M1-M2	1.4-1.7	2.3-2.8	3.0-3.7	3.7-4.5	4.3-5.3	4.9-6.0
Tuğla (Grup I)	İnce tabakalı harç**		2.9	5.3	7.5	9.6	11.6	13.5
Tuğla (Grup II)			2.2	3.5	4.7	5.7	6.7	7.6
Beton (Grup I), Gazbeton			3.1	5.7	8.0	10.2	12.3	14.4
Beton (Grup II)			2.6	4.6	6.5	8.3	10.0	11.7



Şekil 24. Örnek tuğla birimi



Şekil 25. Örnek beton briket birimi

Tablo 11. İnşaat mühendisleri odası tarafından belirlenen kargir duvar birim hacim ağırlıkları

7	KAGIR DUVARLAR	
	Moloz taş duvar	2400
	Beton taş duvar	2200
	Hafif taş duvar	800
	TS 704, TS 705'e uygun tuğlalarla yapılan kargir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562) seramik ve klinker (TS 2902)	1800 - 2200
	TS 704, TS 705'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200 - 2000
	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4377 ve TS 4916'ya uygun harç kullanılarak AB ve W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya haç cepli)	700 - 1000
	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	1000
	Kireç - kumtaşı duvarlar (TS 808'e uygun)	700 - 2200
	Gazbeton duvar blokları ile duvarlar (TS 453'e uygun)	400 - 800
	Hafif betondan dolu (TS 406), doğal bims betondan, TS 2823'e uygun, beton briket veya duvar blokları ile duvarlar	500 - 2000
	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla (TS 3681)'e uygun yapılmış beton briket veya duvar blokları ile duvarlar	500 - 800
	Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (TS 2823'e uygun)	500 - 1400
	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun)	≤1800

Tablo 11. Tuğla yığma taşıyıcı duvar mekanik özellikleri

TANIMLAR	DEĞERLER
TUĞLA BOŞLUK ORANI	<%35
BOŞLUK OARNINA GÖRE GRUP	Grup-1
TUĞLA BİRİM BASINÇ DAYANIMI (fb)	9 MPa
HARÇ BASINÇ DAYANIMI (fm)	10 MPa
YIĞMA DUVAR KARAKTERİSTİK BASINÇ DAYANIMI (fk)	5.08 MPa
DUVAR BAŞLANGIÇ KESME DAYANIMI (fvko)	0.3 MPa
DUVARLARIN ELASTİSİTE MODÜLÜ (E=750*fk)	3810 MPa
DUVARLARIN KAYMA MODÜLÜ (G=0.40*E)	1524 MPa
DUVAR BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (γ)	15 kN/m ³
YIĞMA DUVAR MALZEME KATSAYISI (γ)	2.00

Tablo 12. Beton briket yığma taşıyıcı duvar mekanik özellikleri

TANIMLAR	DEĞERLER
BETON BRİKET BOŞLUK ORANI	<%35
BOŞLUK OARNINA GÖRE GRUP	Grup-1
BETON BRİKET BİRİM BASINÇ DAYANIMI (fb)	11 MPa
HARÇ BASINÇ DAYANIMI (fm)	10 MPa
YIĞMA DUVAR KARAKTERİSTİK BASINÇ DAYANIMI (fk)	5.86 MPa
DUVAR BAŞLANGIÇ KESME DAYANIMI (fvko)	0.2 MPa
DUVARLARIN ELASTİSİTE MODÜLÜ (E=750*fk)	4395 MPa
DUVARLARIN KAYMA MODÜLÜ (G=0.40*E)	1758 MPa
DUVAR BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (γ)	18 kN/m ³
YIĞMA DUVAR MALZEME KATSAYISI (γ)	2.00

2.2. Hesaplar

2.2.1. Deprem Parametreleri

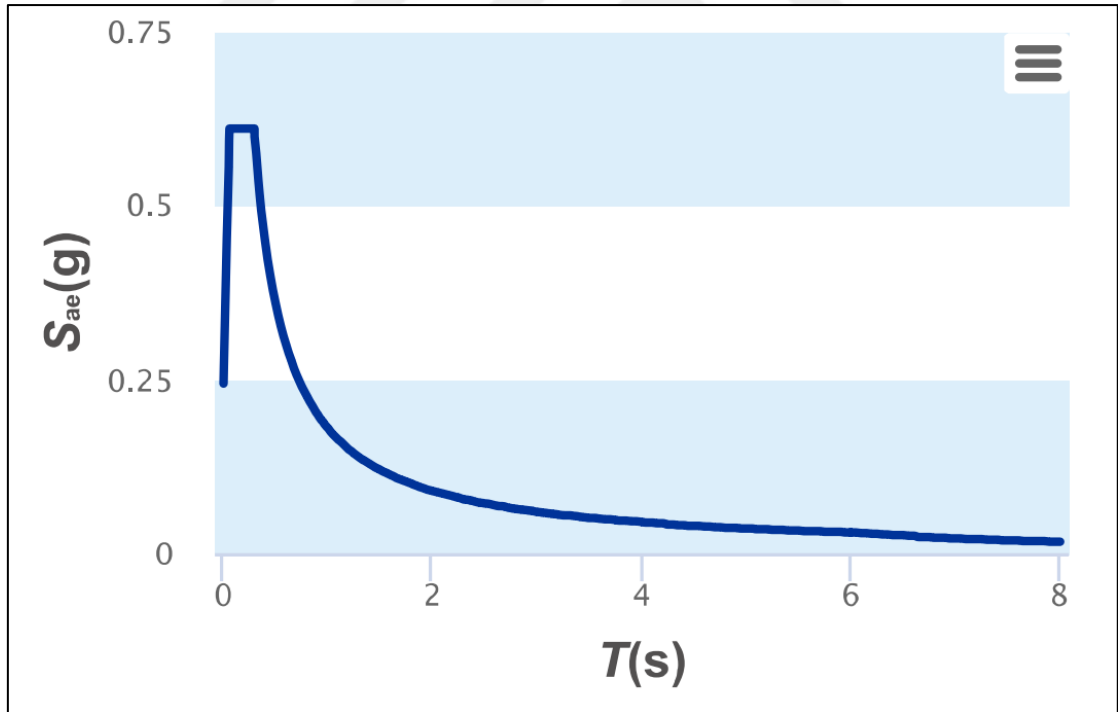
Birinci hesapta Trabzon'da K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü binasının bulunduğu konum ikinci hesapta İstanbul'da Y.T.Ü İnşaat Mühendisliği Bölümü binasının bulunduğu konum dikkate alınmıştır. Bu konumlardaki Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından alınan ve deprem yükü hesabına ilişkin gerekli parametreler aşağıda verilmiştir. Trabzon ve İstanbul konumlarındaki zemin sınıfları ZC zemin sınıfı olarak belirlenmiştir. Tablo 14. de zemin sınıflarına ait parametreler verilmiştir.

Tablo 13. Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Tablo 14. Trabzon konumu deprem parametreleri

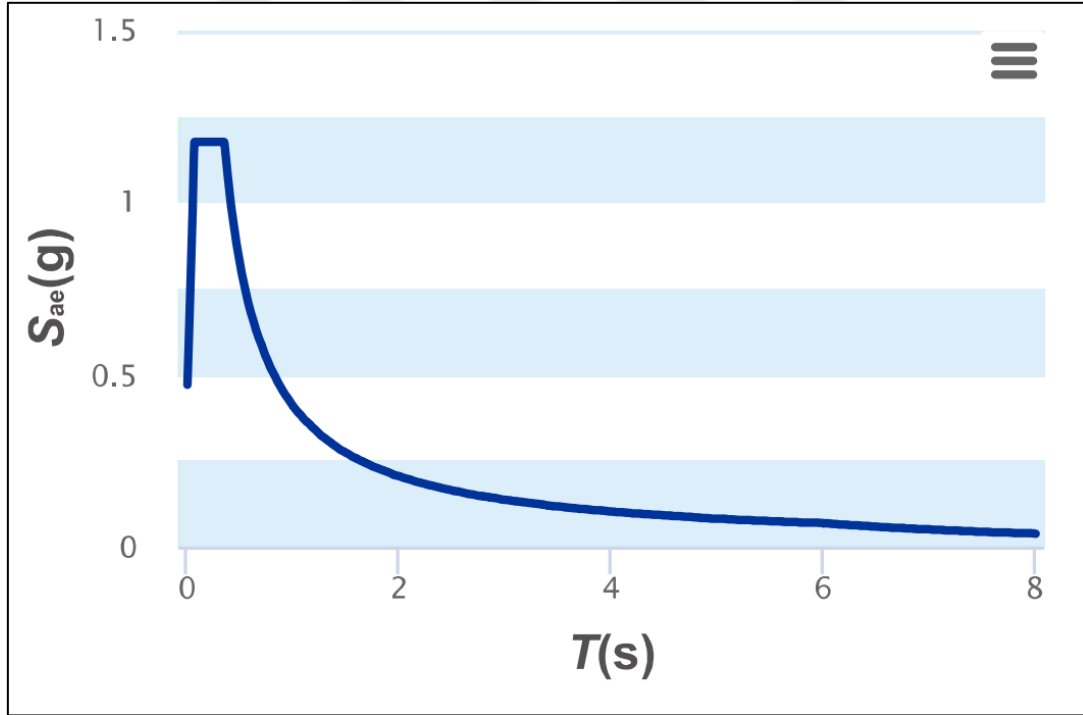
Parametreler	Değerleri
Deprem Yer H. D.	DD-2
Zemin Sınıfı	ZC
Enlem	40.995169°
Boylam	39.772917°
S _s	0.470
S ₁	0.120
PGA	0.203 g
PGV	10.187 cm/s
S _{DS}	0.611
SD1	0.180



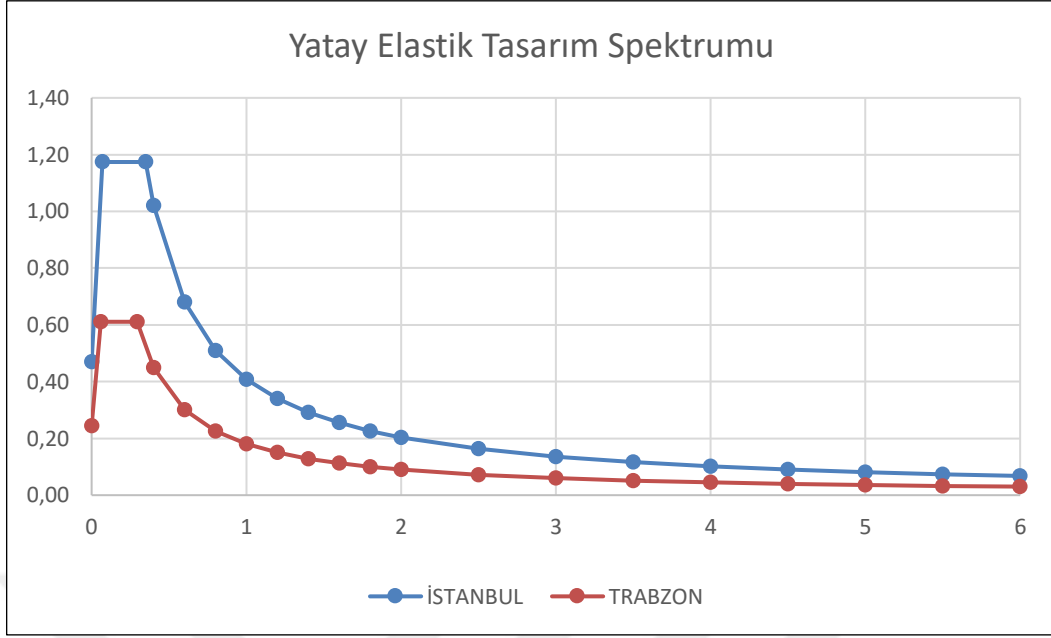
Şekil 26. Trabzon konumu yatay elastik tasarım spektrumu

Tablo 15. İstanbul konumu deprem parametreleri

Parametreler	Değerleri
Deprem Yer H. D.	DD-2
Zemin Sınıfı	ZC
Enlem	41.023593°
Boylam	28.887769°
S _s	0.978
S ₁	0.272
PGA	0.402 g
PGV	24.796 cm/s
S _{DS}	1.174
SD1	0.408



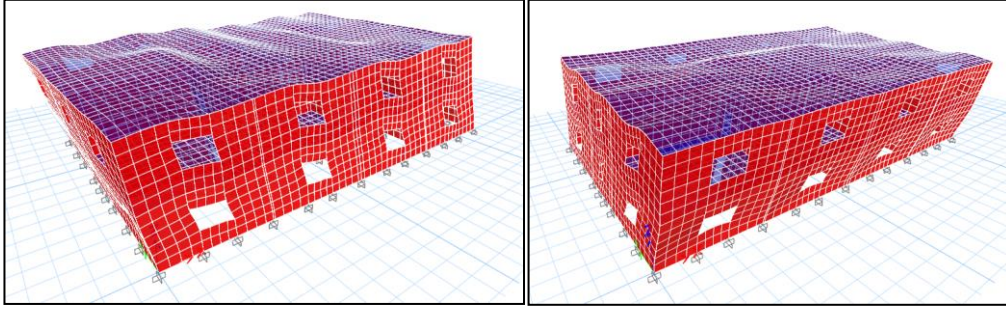
Şekil 27. İstanbul konumu yatay elastik tasarım spektrumu



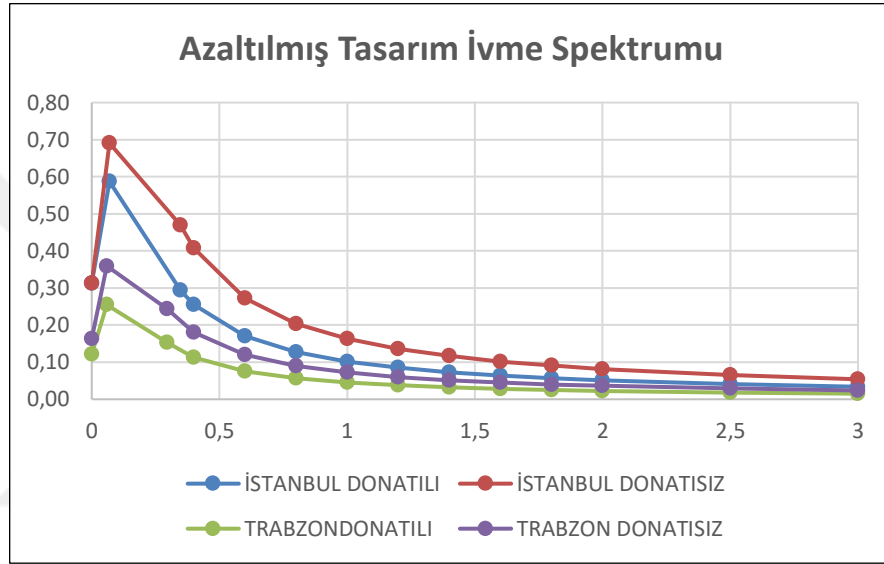
Şekil 28. İstanbul ve Trabzon konumlarındaki yatay elastik tasarım spektrumları

Tablo 16. Trabzon donatısız tuğla bina parametreleri

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=1.5
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.120$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.114$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=1.90$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=1.90$
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütle, m	$m_t=811.55$



Şekil 29. Konum-1 donatısız tuğla yığma bina hakim periyodu $T_p(x) = 0.120$ s
 $T_p(y) = 0.114$ s



Şekil 30. Hesaplarda kullanılan azaltılmış tasarım ivme spektrumları

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Deprem Yüğü Hesabı

Donatısız yığma binaya 1. konumda x ve y doğrultularında etkiyen azaltılmış deprem yükleri aşağıdaki gibi eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanmıştır.

Tablo 17. Trabzon donatısız tuğla yığma bina

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=1.5
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.120$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.114$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=1.90$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=1.90$
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütle, m	$m_t=811.55$

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE}^{(X)} = 811.55 * (0.611/1.90) * 9.81 \geq 0.04 * 811.55 * 1 * 0.611 * 9.81$$

$$V_{tE}^{(X)} = 2560.09 \text{ kN} \geq 194.57 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(X)} = 2590.09 \text{ kN} = 264.01 \text{ t}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = m_t S_{aR}(T_p^{(Y)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 811.55 * (0.611/1.90) * 9.81 \geq 0.04 * 811.55 * 1 * 0.611 * 9.81$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 2560.09 \text{ kN} \geq 194.57 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 2590.09 \text{ kN} = 264.01 \text{ t}$$

Tablo 18. Trabzon donatısız tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX	FY	FX	FY
	kN	kN	t	t
EX	-2521.50	0.00	-257.03	0.00
EY	0.00	-2521.50	0.00	-257.03

Düşey deprem yükleri aşağıdaki gibi ölü yüklerin oranı olarak depremli yük kombinasyonlarında kullanılmıştır.

$$E_{DZ} = (2/3) * S_{DS} * G$$

$$E_{DZ} = (2/3) * 0.611 * G$$

$$E_{DZ} = 0.407 * G$$

Tablo 20. Trabzon donatısız briket yığma bina

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=1.5
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	Tp(x)=0.117
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	Tp(y)=0.111
Deprem Yüğü Azaltma K., Ra(x)	Ra(x)=1.90
Deprem Yüğü Azaltma K., Ra(y)	Ra(y)=1.90
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	n=0.30
Deprem Kütlesi, m	mt=899.79

Tablo 19. Trabzon donatısız briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX kN	FY kN	FX t	FY t
EX	-2792.99	0.00	-284.71	0.00
EY	0.00	-2793.00	0.00	-284.71

Tablo 20. Trabzon donatılı tuğla yığma bina

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=4
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=2
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.120$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.114$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=2.80$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=2.80$
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütlesi, m	$m_t=811.55$

Tablo 21. Trabzon donatılı tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX kN	FY kN	FX t	FY t
EX	-1710.00	0.00	-174.31	0.00
EY	0.00	-1710.00	0.00	-174.31

Tablo 22. Trabzon donatılı briket yığma bina

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=4
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=2
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.117$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.111$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=2.80$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=2.80$
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütlesi, m	$m_t=899.79$

Tablo 23. Trabzon donatılı briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX	FY	FX	FY
	kN	kN	t	t
EX	-1896.00	0.00	-193.27	0.00
EY	0.00	-1896.00	0.00	-193.27

Tablo 24. İstanbul donatısız tuğla yığma bina

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=1.5
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	Tp(x)=0.120
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	Tp(y)=0.114
Deprem Yüğü Azaltma K., Ra(x)	Ra(x)=1.80
Deprem Yüğü Azaltma K., Ra(y)	Ra(y)=1.80
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	n=0.30
Deprem Kütlesi, m	mt=811.55

Tablo 25. İstanbul donatısız tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX	FY	FX	FY
	kN	kN	t	t
EX	-5114.45	0.00	-521.35	0.00
EY	0.00	-5114.45	0.00	-521.35

Tablo 26. İstanbul donatısız briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=1.5
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.117$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.111$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=1.80$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=1.80$
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütleli, m	$m_t=899.79$

Tablo 27. İstanbul donatısız tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX	FY	FX	FY
	kN	kN	t	t
EX	-5670.16	0.00	-577.99	0.00
EY	0.00	-5670.16	0.00	-577.99

Tablo 28. İstanbul donatılı tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=4
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=2
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.120$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.114$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=2.7$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=2.7$
Hareketli Yüğü Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütleli, m	$m_t=811.55$

Tablo 29. İstanbul donatılı tuğla yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX	FY	FX	FY
	kN	kN	t	t
EX	-3409.63	0.00	-347.57	0.00
EY	0.00	-3409.63	0.00	-347.57

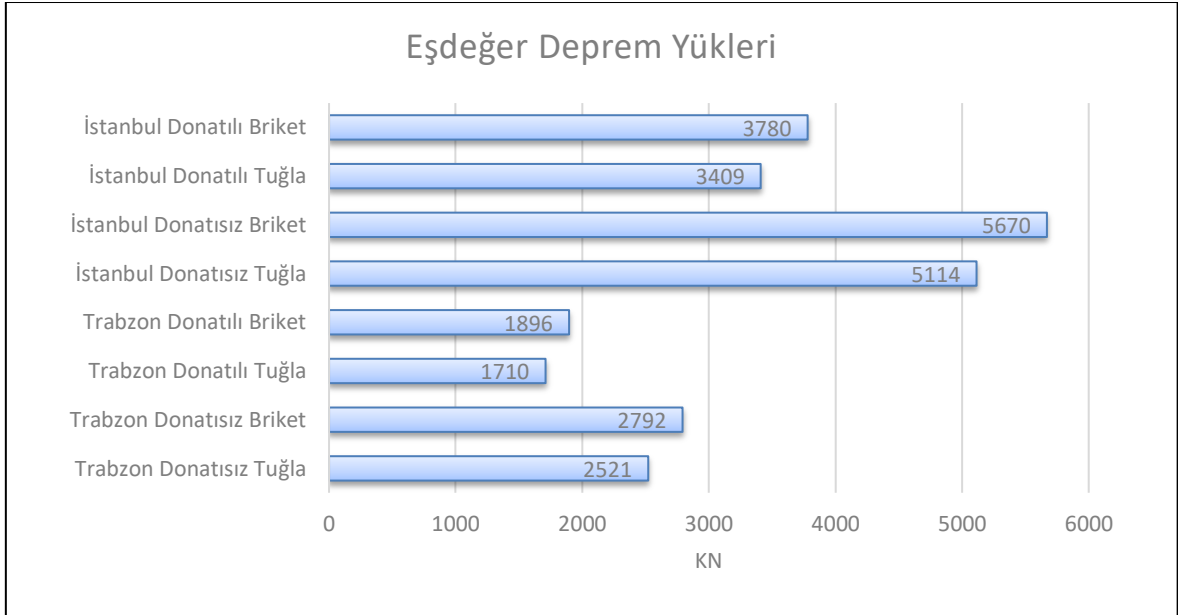
Tablo 30. İstanbul donatılı briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Parametreler	Değerleri
Taşıyıcı Sistem Davranış K. , R	R=4
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	D=2
Bina Kullanım Sınıfı, BKS	BKS=3
Bina Önem Katsayısı, I	I=1.0
X Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(x)=0.117$
Y Yönü Yapı Hakim Periyodu	$T_p(y)=0.111$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(x)$	$R_a(x)=2.7$
Deprem Yüğü Azaltma K., $R_a(y)$	$R_a(y)=2.7$
Hareketli Yük Kütle Katılım K., n	$n=0.30$
Deprem Kütlesi, m	$m_t=899.79$

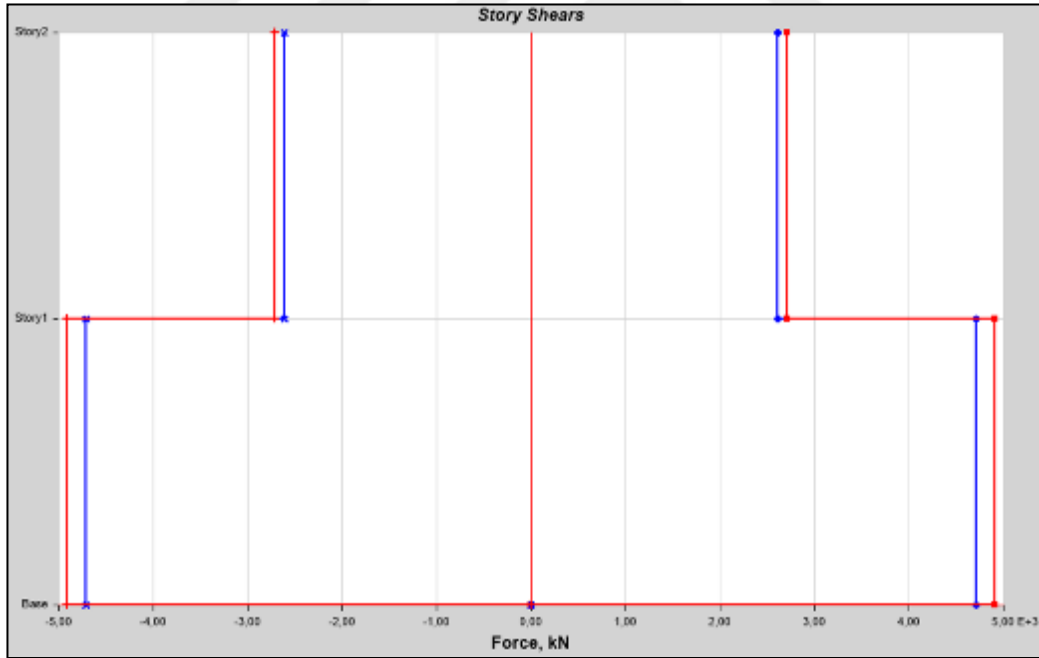
Tablo 31. İstanbul donatılı briket yığma bina eşdeğer deprem yükleri

Output Case	FX	FY	FX	FY
	kN	kN	t	t
EX	-3780.11	0.00	-385.33	0.00
EY	0.00	-3780.11	0.00	-385.33

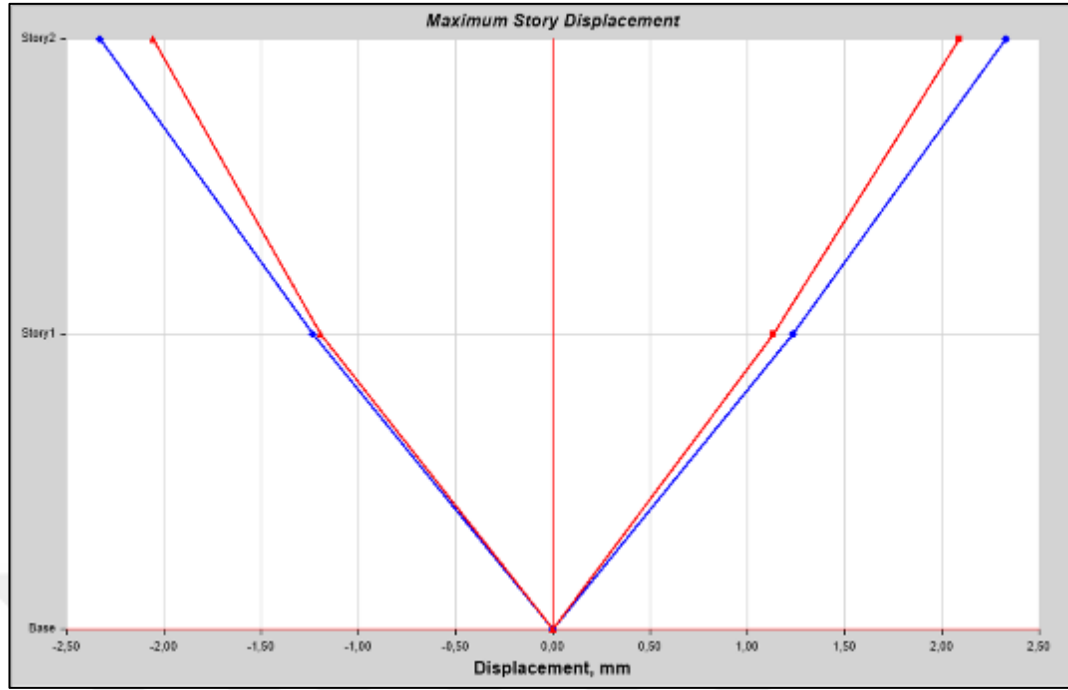
Yapılan çalışmada kullanılan sekiz farklı binaya ait deprem kuvvetlerinden elde edilen eşdeğer deprem yükleri Şekil 31 de detaylı bir şekilde verilmişti. Elde edilen grafikte farklı konum, farklı malzeme ve farklı tasarımlara göre deprem etkilerinin farklılıkları gösterilmiştir.



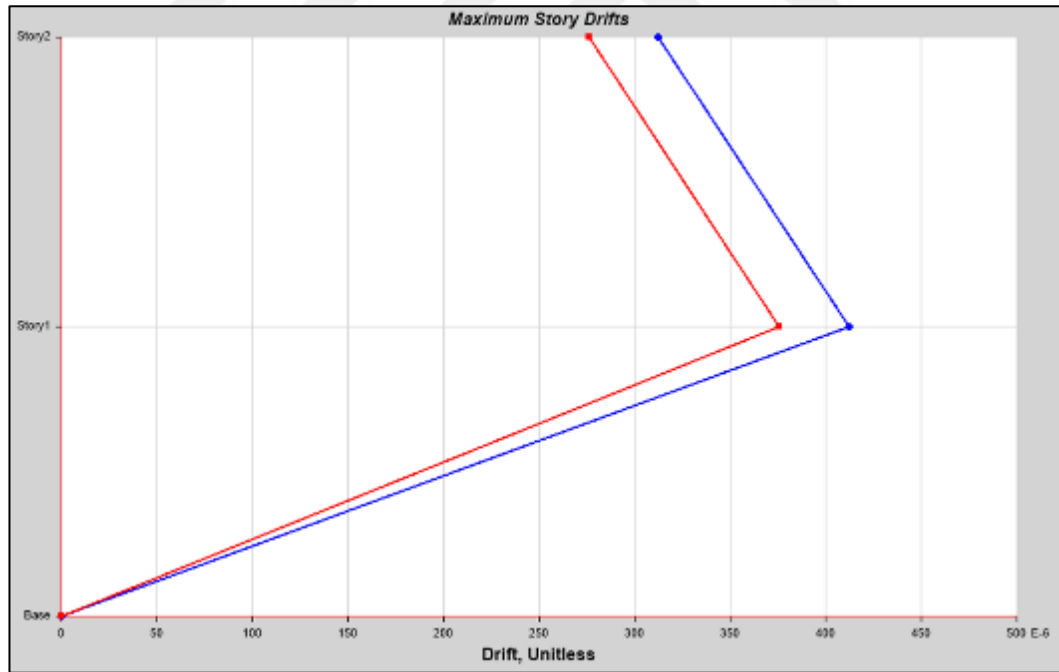
Şekil 31. Yığma binalara ait eşdeğer deprem yükleri



Şekil 32. İstanbul konumuna ait donatılı yığma bina kat kesme kuvvetleri



Şekil 33. İstanbul konumuna ait donatılı yığma bina kat ötelemeleri



Şekil 34. İstanbul konumuna ait donatılı yığma bina kat görelî ötelemeleri

3.2. Eksenel Kapasite Kontrolü

Duvarların eksenel kapasite kontrolü 1.4G+1.6Q kombinasyonu ve deprem yönetmeliğinde verilen $G+Q+0.2S+Ed^{(H)}+0.3Ed^{(Z)}$ kombinasyonunun en elverişsiz sonuç veren zarf fonksiyonuna göre yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda duvarların eksenel kapasitelerinin yeterli olduğu belirlenmiştir.

Burada örnek olarak 1. Kat DX1 duvarının eksenel kapasite kontrolüne ilişkin hesaplar aşağıda açıklanmıştır.

$$f_k = 5.08 \text{ MPa} \rightarrow \text{Duvarın karakteristik basınç gerilmesi dayanımı}$$

$$f_d = \frac{5.08}{2} = 2.54 \text{ MPa} \rightarrow \text{Duvarın tasarım basınç gerilmesi dayanımı}$$

$$A = 1.85 * 0.25 = 0.535 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Duvarın kesit alanı}$$

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2.60}{0.29} = 8.97 \rightarrow \text{Duvarın narinlik oranı}$$

$$\lambda = 0.80 \rightarrow \text{Duvarın narinlik oranına göre belirlenen katsayı } 6 < (h_{ef}/t_{ef}) < 10$$

$$N_{Rd} = \lambda * A * f_d = 0.80 * 0.535 * 2.54 * 1000 = 1087.22 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \text{Duvarın eksenel yük kapasitesi}$$

$$N_{d(1.4G+1.6Q)} = 134.51 \text{ kN}, N_{d(ENV_Axial_GQE)} = 165.12 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_d = 165.12 \text{ kN} \rightarrow \text{Duvarın tasarım eksenel kuvveti}$$

$N_{Rd} = 1087.22 \text{ kN} > N_d = 165.12 \text{ kN}$ olduğundan duvar eksenel kuvvet bakımından güvenlidir.

Tablo 32. Trabzon donatısız tuğla duvar düşey yük tasarım dayanımı hesabı

Duvar No	t (m)	L (m)	A (m ²)	hef (m)	tef (m)	(hef/tef)	λ	NRd= $\lambda \cdot A \cdot f_d$ (kN)
DX1	0.29	1.845	0.535	2.60	0.29	8.97	0.8	1087.22
DX2	0.29	3.115	0.903	2.60	0.29	8.97	0.8	1835.61
DX3	0.29	2.015	0.584	2.60	0.29	8.97	0.8	1187.40
DX4	0.29	2.015	0.584	2.60	0.29	8.97	0.8	1187.40
DX5	0.29	3.115	0.903	2.60	0.29	8.97	0.8	1835.61
DX6	0.29	1.845	0.535	2.60	0.29	8.97	0.8	1087.22
DX7	0.29	1.270	0.368	2.60	0.29	8.97	0.8	748.39
DX8	0.29	1.830	0.531	2.60	0.29	8.97	0.8	1078.38
DX9	0.29	1.830	0.531	2.60	0.29	8.97	0.8	1078.38
DX10	0.29	1.270	0.368	2.60	0.29	8.97	0.8	748.39
DX11	0.29	5.250	1.523	2.60	0.29	8.97	0.8	3093.72
DX12	0.29	1.850	0.537	2.60	0.29	8.97	0.8	1090.17
DX13	0.29	1.850	0.537	2.60	0.29	8.97	0.8	1090.17
DX14	0.29	5.250	1.523	2.60	0.29	8.97	0.8	3093.72
DX15	0.29	0.895	0.260	2.60	0.29	8.97	0.8	527.41
DX16	0.29	0.895	0.260	2.60	0.29	8.97	0.8	527.41
DX17	0.29	5.250	1.523	2.60	0.29	8.97	0.8	3093.72
DX18	0.29	5.250	1.523	2.60	0.29	8.97	0.8	3093.72
DX19	0.29	0.645	0.187	2.60	0.29	8.97	0.8	380.09
DX20	0.29	8.250	2.393	2.60	0.29	8.97	0.8	4861.56
DX21	0.29	0.645	0.187	2.60	0.29	8.97	0.8	380.09
DY1	0.29	2.095	0.608	2.60	0.29	8.97	0.8	1234.54
DY2	0.29	3.240	0.940	2.60	0.29	8.97	0.8	1909.27
DY3	0.29	3.040	0.882	2.60	0.29	8.97	0.8	1791.41
DY4	0.29	1.895	0.550	2.60	0.29	8.97	0.8	1116.69
DY5	0.29	4.145	1.202	2.60	0.29	8.97	0.8	2442.57
DY6	0.29	1.290	0.374	2.60	0.29	8.97	0.8	760.17
DY7	0.29	2.440	0.708	2.60	0.29	8.97	0.8	1437.84
DY8	0.29	3.845	1.115	2.60	0.29	8.97	0.8	2265.78
DY9	0.29	2.395	0.695	2.60	0.29	8.97	0.8	1411.33
DY10	0.29	2.295	0.666	2.60	0.29	8.97	0.8	1352.40
DY11	0.29	4.145	1.202	2.60	0.29	8.97	0.8	2442.57
DY12	0.29	6.095	1.768	2.60	0.29	8.97	0.8	3591.66
DY13	0.29	3.200	0.928	2.60	0.29	8.97	0.8	1885.70
DY14	0.29	4.145	1.202	2.60	0.29	8.97	0.8	2442.57
DY15	0.29	6.095	1.768	2.60	0.29	8.97	0.8	3591.66
DY16	0.29	2.395	0.695	2.60	0.29	8.97	0.8	1411.33
DY17	0.29	2.295	0.666	2.60	0.29	8.97	0.8	1352.40
DY18	0.29	4.145	1.202	2.60	0.29	8.97	0.8	2442.57
DY19	0.29	1.290	0.374	2.60	0.29	8.97	0.8	760.17

Tablo 33. Trabzon donatısız tuğla duvar eksenel kapasite kontrolü

Duvar No	$NRd=\lambda \cdot A \cdot f_d$ (kN)	Nd (1.4G +1.6Q)	Nd (Env_Axial_GQE)	Nd (kN)	Durum
DX1	1254.16	148.53	182.93	182.93	Yeterli
DX2	2117.45	254.82	296.39	296.39	Yeterli
DX3	1369.72	168.65	227.28	227.28	Yeterli
DX4	1369.72	168.81	226.61	226.61	Yeterli
DX5	2117.45	255.02	295.07	295.07	Yeterli
DX6	1254.16	148.71	181.49	181.49	Yeterli
DX7	863.30	130.74	130.20	130.74	Yeterli
DX8	1243.96	181.54	161.63	181.54	Yeterli
DX9	1243.96	181.50	161.47	181.50	Yeterli
DX10	863.30	130.73	130.14	130.73	Yeterli
DX11	3568.74	494.26	372.93	494.26	Yeterli
DX12	1257.56	163.67	197.75	197.75	Yeterli
DX13	1257.56	163.75	197.17	197.17	Yeterli
DX14	3568.74	494.14	372.97	494.14	Yeterli
DX15	608.39	77.47	79.57	79.57	Yeterli
DX16	608.39	77.48	79.50	79.50	Yeterli
DX17	3568.74	487.24	384.18	487.24	Yeterli
DX18	3568.74	486.05	380.62	486.05	Yeterli
DX19	438.45	62.02	66.81	66.81	Yeterli
DX20	5608.02	728.96	785.50	785.50	Yeterli
DX21	438.45	61.98	66.79	66.79	Yeterli
DY1	1424.10	170.90	211.60	211.60	Yeterli
DY2	2202.42	263.17	312.63	312.63	Yeterli
DY3	2066.47	245.37	302.55	302.55	Yeterli
DY4	1288.15	148.74	181.30	181.30	Yeterli
DY5	2817.61	399.75	356.88	399.75	Yeterli
DY6	876.89	130.35	165.88	165.88	Yeterli
DY7	1658.61	238.55	278.32	278.32	Yeterli
DY8	2613.68	352.90	314.53	352.90	Yeterli
DY9	1628.03	215.39	230.19	230.19	Yeterli
DY10	1560.05	203.25	195.64	203.25	Yeterli
DY11	2817.61	383.31	407.79	407.79	Yeterli
DY12	4143.14	532.68	502.14	532.68	Yeterli
DY13	2175.23	252.33	235.51	252.33	Yeterli
DY14	2817.61	383.57	407.78	407.78	Yeterli
DY15	4143.14	532.84	502.17	532.84	Yeterli
DY16	1628.03	215.34	230.08	230.08	Yeterli
DY17	1560.05	203.33	195.46	203.33	Yeterli
DY18	2817.61	399.65	356.72	399.65	Yeterli
DY19	876.89	130.40	165.98	165.98	Yeterli

Tablo 34. Trabzon donatılı briket duvar eksenel kapasite kontrolü

Duvar No	$NRd=\lambda \cdot A \cdot f_d$ (kN)	Nd (1.4G +1.6Q)	Nd (Env_Axial_GQE)	Nd (kN)	Durum
DX1	1254.16	134.51	145.59	145.59	Yeterli
DX2	2117.45	231.36	239.27	239.27	Yeterli
DX3	1369.72	152.82	177.59	177.59	Yeterli
DX4	1369.72	152.96	177.22	177.22	Yeterli
DX5	2117.45	231.54	238.50	238.50	Yeterli
DX6	1254.16	134.68	144.74	144.74	Yeterli
DX7	863.30	120.83	110.37	120.83	Yeterli
DX8	1243.96	167.04	140.84	167.04	Yeterli
DX9	1243.96	167.00	140.73	167.00	Yeterli
DX10	863.30	120.81	110.33	120.81	Yeterli
DX11	3568.74	454.47	341.34	454.47	Yeterli
DX12	1257.56	149.75	158.93	158.93	Yeterli
DX13	1257.56	149.82	158.60	158.60	Yeterli
DX14	3568.74	454.35	341.34	454.35	Yeterli
DX15	608.39	70.89	66.41	70.89	Yeterli
DX16	608.39	70.90	66.38	70.90	Yeterli
DX17	3568.74	447.55	346.72	447.55	Yeterli
DX18	3568.74	446.41	344.21	446.41	Yeterli
DX19	438.45	57.15	55.37	57.15	Yeterli
DX20	5608.02	664.74	647.15	664.74	Yeterli
DX21	438.45	57.10	55.34	57.10	Yeterli
DY1	1424.10	154.89	168.20	168.20	Yeterli
DY2	2202.42	239.20	251.23	251.23	Yeterli
DY3	2066.47	222.90	241.05	241.05	Yeterli
DY4	1288.15	134.51	144.42	144.42	Yeterli
DY5	2817.61	367.29	310.37	367.29	Yeterli
DY6	876.89	120.01	132.17	132.17	Yeterli
DY7	1658.61	219.23	225.95	225.95	Yeterli
DY8	2613.68	323.16	273.10	323.16	Yeterli
DY9	1628.03	197.05	190.28	197.05	Yeterli
DY10	1560.05	185.67	165.95	185.67	Yeterli
DY11	2817.61	350.56	337.56	350.56	Yeterli
DY12	4143.14	486.64	428.46	486.64	Yeterli
DY13	2175.23	228.76	200.53	228.76	Yeterli
DY14	2817.61	350.80	337.60	350.80	Yeterli
DY15	4143.14	486.80	428.52	486.80	Yeterli
DY16	1628.03	197.01	190.20	197.01	Yeterli
DY17	1560.05	185.75	165.86	185.75	Yeterli
DY18	2817.61	367.20	310.25	367.20	Yeterli
DY19	876.89	120.06	132.25	132.25	Yeterli

3.3. Kayma Gerilmelerinin Hesabı

Yatay deprem etkisinden dolayı duvar kesitlerinde kayma gerilmeleri meydana gelir. Taşıyıcı duvarların kayma gerilmesinin hesaplanmasında taban kesme kuvvetlerinin farklı doğrultuda etkidiği durumlar göz önüne alınmıştır. Her duvar için elde edilen kayma gerilmesinin duvar kayma emniyet gerilmesi f_{vk} ile karşılaştırılması son adımı teşkil eder.

Duvar kayma emniyet gerilmesi;

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4\sigma \quad (10)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Bu değer maksimum duvar gerilmesi f_{vd} ile karşılaştırıldığında örnek yığma binanın, duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri açısından güvenli olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 35. Duvarlara gelen kesme kuvvetlerinin ve kayma gerilmelerinin hesabı

Duvar	t (m)	L (m)	A (m ²)	Adım	Vd (kN)	fvd (MPa)	σ_d	f _{vk} (Mpa)	
DX1	0.29	1.845	0.535	Max	36.71	0.069	0.070	0.328	Güvenli
DX1	0.29	1.845	0.535	Min	-51.68	0.097	0.309	0.423	Güvenli
DX2	0.29	3.115	0.903	Max	82.02	0.091	0.089	0.335	Güvenli
DX2	0.29	3.115	0.903	Min	-78.66	0.087	0.297	0.419	Güvenli
DX3	0.29	2.015	0.584	Max	51.29	0.088	0.043	0.317	Güvenli
DX3	0.29	2.015	0.584	Min	-46.78	0.080	0.351	0.440	Güvenli
DX4	0.29	2.015	0.584	Max	46.81	0.080	0.044	0.318	Güvenli
DX4	0.29	2.015	0.584	Min	-51.52	0.088	0.350	0.440	Güvenli
DX5	0.29	3.115	0.903	Max	78.73	0.087	0.090	0.336	Güvenli
DX5	0.29	3.115	0.903	Min	-82.39	0.091	0.295	0.418	Güvenli
DX6	0.29	1.845	0.535	Max	51.37	0.096	0.073	0.329	Güvenli
DX6	0.29	1.845	0.535	Min	-36.61	0.068	0.306	0.422	Güvenli
DX7	0.29	1.27	0.368	Max	29.52	0.080	0.167	0.367	Güvenli
DX7	0.29	1.27	0.368	Min	-29.01	0.079	0.324	0.429	Güvenli
DX8	0.29	1.83	0.531	Max	49.06	0.092	0.193	0.377	Güvenli
DX8	0.29	1.83	0.531	Min	-45.63	0.086	0.278	0.411	Güvenli
DX9	0.29	1.83	0.531	Max	45.56	0.086	0.193	0.377	Güvenli
DX9	0.29	1.83	0.531	Min	-49.09	0.093	0.278	0.411	Güvenli
DX10	0.29	1.27	0.368	Max	28.98	0.079	0.167	0.367	Güvenli
DX10	0.29	1.27	0.368	Min	-29.55	0.080	0.324	0.429	Güvenli

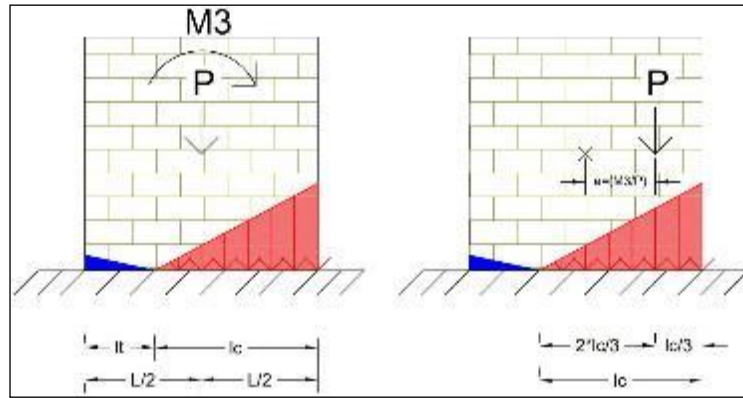
3.4. Kesme Kapasitesi Kontrolü

Duvarların kesme kapasitesi kontrolü $G+Q+0.2S+Ed^{(H)}+0.3Ed^{(Z)}$ kombinasyonlarının her birinden elde edilen kesme kuvveti ve $D=1.5$ dayanım fazlalığı katsayısı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Hesaplarda TBDY-2018 madde 11.4.3'te belirtilen l_c , duvarın basınca çalışan kısmının uzunluğu, duvarlara etkiyen düzlem içi eğilme momenti (M_3) ve eksenel kuvvet (P) arasındaki orana (dışmerkezlilik) bağlı olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda 1. ve 2. kat duvarlarının kesme kapasitelerinin 29 cm kalınlık için yeterli olduğu belirlenmiştir. Aşağıdaki tablolarda 1. kattaki ilk üç duvarın kesme kapasitelerine ait excel tablosunda yapılan hesaplar görülmektedir.

Duvar düzlemi içerisinde, dışmerkezliliğin ($e=M_{Ed}/N_{Ed}$), duvar uzunluğunun $l/6$ 'sından daha büyük olması durumunda duvar basınç bölgesi uzunluğu (l_c) Denklem 11 ile hesaplanmaktadır.

$$l_c = 3 * (l/2 - e) = 3 * (l/2 - (M_{Ed} / N_{Ed})) \quad (11)$$

Dışmerkezliliğin (e), $l/6$ 'dan daha küçük olması durumunda tüm duvar uzunluğu basınç altında olacağından $l = l_c$ olmaktadır. Dışmerkezliliğin (e), $l/2$ 'yi aşması durumunda ise, basınç kuvvetinin yeri kesit dışına çıkacağından, $l_c = 0$ olmakta, düzlem içi devrilme meydana gelmektedir. Duvar kesme kapasitesi hesaplarında bu durum tablolarda dikkate alınmıştır.



Şekil 35. Duvarın basınca çalışan uzunluğu, l_c

Aşağıda örnek olarak 1. kattaki DX1 duvarının kesme kapasitesi hesabı 1. kombinasyondaki iç kuvvetler $P = -67.66$ kN, $V_2 = 36.71$ kN, ve $M_3 = 28.71$ kNm için açıklanmıştır.

$$f_{vko} = 0.30 \text{ MPa} \rightarrow \text{Du varların başlangıç kesme dayanımı (TBDY Tablo 11.3)}$$

$$e = \frac{M_3}{P} = \frac{28.71}{67.66} = 0.42 \rightarrow \text{Dış merkezlik}$$

$$e = 0.42 > \frac{l}{6} = \frac{1.85}{6} = 0.31 \text{ m} \rightarrow l_c = 3 * \left(\left(\frac{l}{2} \right) - e \right) = 3 * \left(\left(\frac{1}{2} \right) - \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \right) \right)$$

$$= 1.49 \text{ m}$$

$$\sigma_d = \frac{N_d}{t * l_c} = \frac{\left(\frac{67.66}{0.29 * 1.85} \right)}{1000} = 0.156 \text{ MPa}$$

→ Depremli kombinasyonlardan elde edilen aksel kuvvetten

oluşan düşey gerilme

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 * \sigma_d \leq 0.10 * f_b \rightarrow f_{vk} = 0.30 + 0.4 * 0.156 \leq 0.10 * 15 \rightarrow f_{vk} = 0.362$$

$$\leq 1.5$$

$$f_{vk} = 0.362 \text{ MPa} \rightarrow \text{Du var karakteristik kayma gerilmesi dayanımı}$$

$$f_b \rightarrow \text{Du var yığma birimi karakteristik basınç dayanımı}$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{2} = \frac{0.362}{2} = 0.181 \text{ MPa} \rightarrow \text{Du var tasarım kayma gerilmesi dayanımı}$$

$$V_{Rd1} = f_{vd} * t * l_c = 0.181 * 0.29 * 1.49 * 1000 = 78.55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = l * t * \frac{1.5 * f_{vdo}}{b} * \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{1.5 * l * t * f_{vdo}}}, b = \frac{h}{l} = \frac{2.60}{1.85} = 1.41 \rightarrow b = 1.41$$

$$(1 \leq b \leq 1.5 \text{ olmalı})$$

$$V_{Rd2} = 1.85 * 0.29 * \frac{1.5 * (0.30/2) * 1000}{1.41} * \sqrt{1 + \frac{67.66}{1.5 * 1.85 * 0.29 * (0.30/2) * 1000}}$$

$$= 106.77 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd1}; V_{Rd2}) = 78.55 \text{ kN}$$

$$V_{d(GQE)} = 36.71 \text{ kN}; V_{d(D*_{GQE})} = 55.07 \text{ kN}$$

$$\rightarrow V_d = \max(V_{d(GQE)}; V_{d(D*_{GQE})}) = 55.07 \text{ kN}$$

$V_{Rd} = 78.55 \text{ kN} > V_d = 55.07 \text{ kN}$ → Olduğundan du var kesme kuvveti (kayma) bakımından yeterlidir.
--

Tablo 36. Trabzon donatısız tuğla bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-67.66	36.71	28.71
DX1	Kombinasyon-2	-134.87	-51.68	-47.53
DX1	Kombinasyon-3	-67.66	36.71	28.71
DX1	Kombinasyon-4	-134.87	-51.68	-47.53
DX1	Kombinasyon-5	-67.66	36.71	28.71
DX1	Kombinasyon-6	-134.87	-51.68	-47.53
DX1	Kombinasyon-7	-67.66	36.71	28.71
DX1	Kombinasyon-8	-134.87	-51.68	-47.53
DX1	Kombinasyon-9	-37.41	13.13	10.68
DX1	Kombinasyon-10	-165.12	-28.09	-29.50
DX1	Kombinasyon-11	-37.41	13.13	10.68
DX1	Kombinasyon-12	-165.12	-28.09	-29.50
DX1	Kombinasyon-13	-37.41	13.13	10.68
DX1	Kombinasyon-14	-165.12	-28.09	-29.50
DX1	Kombinasyon-15	-37.41	13.13	10.68
DX1	Kombinasyon-16	-165.12	-28.09	-29.50

Tablo 37. Trabzon donatısız tuğla bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VRd	VEd	D*VEd	
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
78.55	106.77	78.55	36.71	55.07	Yeterli
101.37	124.39	101.37	51.68	77.51	Yeterli
78.55	106.77	78.55	36.71	55.07	Yeterli
101.37	124.39	101.37	51.68	77.51	Yeterli
78.55	106.77	78.55	36.71	55.07	Yeterli
101.37	124.39	101.37	51.68	77.51	Yeterli
78.55	106.77	78.55	36.71	55.07	Yeterli
101.37	124.39	101.37	51.68	77.51	Yeterli
87.74	97.80	87.74	13.13	19.70	Yeterli
113.28	131.56	113.28	28.09	42.14	Yeterli
87.74	97.80	87.74	13.13	19.70	Yeterli
113.28	131.56	113.28	28.09	42.14	Yeterli
87.74	97.80	87.74	13.13	19.70	Yeterli
113.28	131.56	113.28	28.09	42.14	Yeterli
87.74	97.80	87.74	13.13	19.70	Yeterli
113.28	131.56	113.28	28.09	42.14	Yeterli

Tablo 38. Trabzon donatısız briket bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-74.84	41.27	32.20
DX1	Kombinasyon-2	-149.41	-57.21	-52.63
DX1	Kombinasyon-3	-74.84	41.27	32.20
DX1	Kombinasyon-4	-149.41	-57.21	-52.63
DX1	Kombinasyon-5	-74.84	41.27	32.20
DX1	Kombinasyon-6	-149.41	-57.21	-52.63
DX1	Kombinasyon-7	-74.84	41.27	32.20
DX1	Kombinasyon-8	-149.41	-57.21	-52.63
DX1	Kombinasyon-9	-41.32	15.01	12.13
DX1	Kombinasyon-10	-182.93	-30.95	-32.56
DX1	Kombinasyon-11	-41.32	15.01	12.13
DX1	Kombinasyon-12	-182.93	-30.95	-32.56
DX1	Kombinasyon-13	-41.32	15.01	12.13
DX1	Kombinasyon-14	-182.93	-30.95	-32.56
DX1	Kombinasyon-15	-41.32	15.01	12.13
DX1	Kombinasyon-16	-182.93	-30.95	-32.56

Tablo 39. Trabzon donatısız briket bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VRd	VEd	D*VEd	
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
79.21	108.79	79.21	41.27	61.90	Yeterli
104.30	127.89	104.30	57.21	85.81	Yeterli
79.21	108.79	79.21	41.27	61.90	Yeterli
104.30	127.89	104.30	57.21	85.81	Yeterli
79.21	108.79	79.21	41.27	61.90	Yeterli
104.30	127.89	104.30	57.21	85.81	Yeterli
79.21	108.79	79.21	41.27	61.90	Yeterli
104.30	127.89	104.30	57.21	85.81	Yeterli
88.52	99.01	88.52	15.01	22.51	Yeterli
116.84	135.60	116.84	30.95	46.43	Yeterli
88.52	99.01	88.52	15.01	22.51	Yeterli
116.84	135.60	116.84	30.95	46.43	Yeterli
88.52	99.01	88.52	15.01	22.51	Yeterli
116.84	135.60	116.84	30.95	46.43	Yeterli
88.52	99.01	88.52	15.01	22.51	Yeterli
116.84	135.60	116.84	30.95	46.43	Yeterli

Tablo 40. İstanbul donatısız tuğla bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-35.13	5.01	65.75
DX1	Kombinasyon-2	-167.39	-1.42	-84.57
DX1	Kombinasyon-3	-35.13	5.01	65.75
DX1	Kombinasyon-4	-167.39	-1.42	-84.57
DX1	Kombinasyon-5	-35.13	5.01	65.75
DX1	Kombinasyon-6	-167.39	-1.42	-84.57
DX1	Kombinasyon-7	-35.13	5.01	65.75
DX1	Kombinasyon-8	-167.39	-1.42	-84.57
DX1	Kombinasyon-9	24.50	8.03	30.18
DX1	Kombinasyon-10	-227.03	-4.43	-49.00
DX1	Kombinasyon-11	24.50	8.03	30.18
DX1	Kombinasyon-12	-227.03	-4.43	-49.00
DX1	Kombinasyon-13	24.50	8.03	30.18
DX1	Kombinasyon-14	-227.03	-4.43	-49.00
DX1	Kombinasyon-15	24.50	8.03	30.18
DX1	Kombinasyon-16	-227.03	-4.43	-49.00

Tablo 41. İstanbul donatısız tuğla bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VRd	VEd	D*VEd	
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
D. İ. D.	97.10	D. İ. D.	5.01	7.52	Düzlem İçi Devrilme
87.93	132.08	87.93	1.42	2.13	Yeterli
D. İ. D.	97.10	D. İ. D.	5.01	7.52	Düzlem İçi Devrilme
87.93	132.08	87.93	1.42	2.13	Yeterli
D. İ. D.	97.10	D. İ. D.	5.01	7.52	Düzlem İçi Devrilme
87.93	132.08	87.93	1.42	2.13	Yeterli
D. İ. D.	97.10	D. İ. D.	5.01	7.52	Düzlem İçi Devrilme
87.93	132.08	87.93	1.42	2.13	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.03	12.04	Düzlem İçi Devrilme
125.66	145.12	125.66	4.43	6.65	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.03	12.04	Düzlem İçi Devrilme
125.66	145.12	125.66	4.43	6.65	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.03	12.04	Düzlem İçi Devrilme
125.66	145.12	125.66	4.43	6.65	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.03	12.04	Düzlem İçi Devrilme
125.66	145.12	125.66	4.43	6.65	Yeterli

Tablo 42. Trabzon donatısız briket bina hesap çıktıları

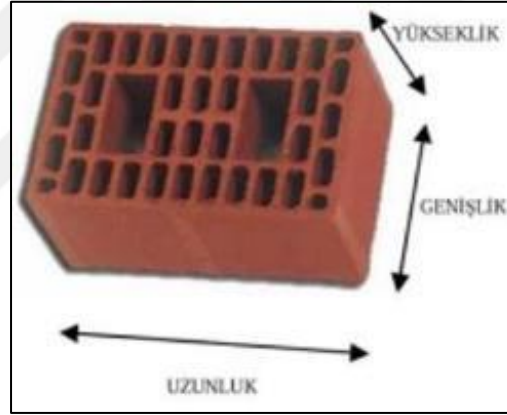
Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-38.81	5.49	73.37
DX1	Kombinasyon-2	-185.44	-1.67	-93.80
DX1	Kombinasyon-3	-38.81	5.49	73.37
DX1	Kombinasyon-4	-185.44	-1.67	-93.80
DX1	Kombinasyon-5	-38.81	5.49	73.37
DX1	Kombinasyon-6	-185.44	-1.67	-93.80
DX1	Kombinasyon-7	-38.81	5.49	73.37
DX1	Kombinasyon-8	-185.44	-1.67	-93.80
DX1	Kombinasyon-9	27.23	8.83	33.79
DX1	Kombinasyon-10	-251.48	-5.02	-54.22
DX1	Kombinasyon-11	27.23	8.83	33.79
DX1	Kombinasyon-12	-251.48	-5.02	-54.22
DX1	Kombinasyon-13	27.23	8.83	33.79
DX1	Kombinasyon-14	-251.48	-5.02	-54.22
DX1	Kombinasyon-15	27.23	8.83	33.79
DX1	Kombinasyon-16	-251.48	-5.02	-54.22

Tablo 43. İstanbul donatısız briket bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VRd	VEd	D*VEd	
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
D. İ. D.	98.24	D. İ. D.	5.49	8.24	Düzlem İçi Devrilme
91.46	136.16	91.46	1.67	2.51	Yeterli
D. İ. D.	98.24	D. İ. D.	5.49	8.24	Düzlem İçi Devrilme
91.46	136.16	91.46	1.67	2.51	Yeterli
D. İ. D.	98.24	D. İ. D.	5.49	8.24	Düzlem İçi Devrilme
91.46	136.16	91.46	1.67	2.51	Yeterli
D. İ. D.	98.24	D. İ. D.	5.49	8.24	Düzlem İçi Devrilme
91.46	136.16	91.46	1.67	2.51	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.83	13.25	Düzlem İçi Devrilme
130.55	150.14	130.55	5.02	7.53	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.83	13.25	Düzlem İçi Devrilme
130.55	150.14	130.55	5.02	7.53	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.83	13.25	Düzlem İçi Devrilme
130.55	150.14	130.55	5.02	7.53	Yeterli
D. İ. D.	9.24	D. İ. D.	8.83	13.25	Düzlem İçi Devrilme
130.55	150.14	130.55	5.02	7.53	Yeterli

3.5. Donatılı Yığma Bina Donatı Hesabı

Donatılı yığma bina tasarımında yığma duvarlarda TBDY-2018 madde 11.5.7 gereği bürüt duvar kesitinin %0.05'den daha az olmayacak şekilde ve 60 cm aralığı geçmeyecek şekilde yatay donatıların teşkil edilmesi gerekmektedir. Yerleştirilecek olan bu yatay donatıların yatay derzlerin içerisine veya uygun çentiklere yerleştirilmesi gerekmektedir. Duvarlarda aşağıdaki Şekil 10'da görseli verilen uzunluğu 290 mm, genişliği 250 mm ve yüksekliği 135 mm olan düşey delikli yığma tuğla kullanılması planlanmaktadır. Kullanılacak tuğla ile oluşacak olan yatay derzlere denk gelecek şekilde duvarlara minimum yatay donatı yerleştirilmiştir. Yatay donatılar yerleştirilirken aks boyunca aynı donatıların sürekli olmasına dikkat edilmiştir. Yatay donatı olarak B420C sınıfı donatı çeliği kullanılmıştır. Duvarlara yerleştirilen bu yatay donatıların miktarları aşağıdaki Tablo 27'de görülmektedir.



Şekil 36. Donatılı yığma duvar birimi

Donatılı kesme hesabında çekme çıkan kombinasyonlarda V_{Rd1} 'in hesabında kullanılan f_{vd} 'nin hesabında (TBDY madde 11.2.9, $f_{vk}=f_{vk0}+0.4\sigma_d$) basınç gerilmesinin (σ_d) değeri 0 olarak alınmıştır. Hesaplarda donatılı yığma duvarlarda düşey donatıların var olması nedeniyle düzlem içi devrilmenin olmayacağı kabul edilmiş ve bununla birlikte düzlem içi devrilme çıkan kombinasyonlarda $V_{Rd1} = 0$ alınarak gerekli kesme dayanımının sadece yerleştirilen yatay donatının sağladığı $V_{Rd3} = 0.9 \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}$ ile sağlandığı düşünülmüştür. Böylece binadaki tüm donatılı yığma duvarların kesme kapasitelerinin yeterli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 44. Trabzon donatılı tuğla bina kesme donatısı hesabı

Duvar No	t (m)	L (m)	A (m ²)	Asw(min) (mm ²)	Donatı Çapı (mm)	Donatı Adeti	Yerleştirilen Donatı Alanı (mm ²)	Donatı Aralığı (mm)	VRd3 (kN)
DX1	0.29	1.85	0.535	267.53	10	6	471.24	42	154.80
DX2	0.29	3.12	0.903	451.68	10	6	471.24	42	154.80
DX3	0.29	2.02	0.584	292.18	10	6	471.24	42	154.80
DX4	0.29	2.02	0.584	292.18	10	6	471.24	42	154.80
DX5	0.29	3.12	0.903	451.68	10	6	471.24	42	154.80
DX6	0.29	1.85	0.535	267.53	10	6	471.24	42	154.80
DX7	0.29	1.27	0.368	184.15	10	4	314.16	60	103.20
DX8	0.29	1.83	0.531	265.35	10	4	314.16	60	103.20
DX9	0.29	1.83	0.531	265.35	10	4	314.16	60	103.20
DX10	0.29	1.27	0.368	184.15	10	4	314.16	60	103.20
DX11	0.29	5.25	1.523	761.25	10	8	628.32	60	206.40
DX12	0.29	1.85	0.537	268.25	10	8	628.32	60	206.40
DX13	0.29	1.85	0.537	268.25	10	8	628.32	60	206.40
DX14	0.29	5.25	1.523	761.25	10	8	628.32	60	206.40
DX15	0.29	0.90	0.260	129.78	10	8	628.32	60	206.40
DX16	0.29	0.90	0.260	129.78	10	8	628.32	60	206.40
DX17	0.29	5.25	1.523	761.25	10	8	628.32	60	206.40
DX18	0.29	5.25	1.523	761.25	10	8	628.32	60	206.40
DX19	0.29	0.65	0.187	93.53	10	8	628.32	60	206.40
DX20	0.29	8.25	2.393	1196.25	10	8	628.32	60	206.40
DX21	0.29	0.65	0.187	93.53	10	8	628.32	60	206.40

Aşağıda örnek olarak 1. kattaki DX1 duvarının kesme kapasitesi hesabı 1. kombinasyondaki iç kuvvetler $P = -77.92\text{kN}$, $V_2 = 23.1\text{ kN}$, ve $M_3 = 16.99\text{ kNm}$ için açıklanmıştır.

$$f_{vko} = 0.30\text{MPa} \rightarrow \text{Duvar l arınbaşılangıçkesmedayanımı(TBDYTablo11.3)}$$

$$e = \frac{M_3}{P} = \frac{16.99}{77.92} = 0.22 \rightarrow \text{Dışmerkezlik}$$

$$e = 0.222 \leq \frac{l}{6} = \frac{1.85}{6} = 0.31\text{m} \rightarrow lc = l = 1.85\text{m}(\text{Tümduvar basınçaltında})$$

$$\sigma_d = \frac{N_d}{t * lc} = \frac{\left(\frac{77.92}{0.29 * 1.85}\right)}{1000} = 0.146\text{MPa}$$

→ Depremlı kombinasyonlardan elde edilen eksenel kuvvetten

oluşan düşey basınç gerilmesi

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 * \sigma_d \leq 0.10 * f_b \rightarrow f_{vk} = 0.30 + 0.4 * 0.146 \leq 0.10 * 15$$

$$\rightarrow f_{vk} = 0.358 \leq 1.5$$

$f_{vk} = 0.358 \text{MPa} \rightarrow$ *Du var karakteristik kayma gerilmesi dayanımı*

$f_b \rightarrow$ *Du var yığma birimi karakteristik basınç dayanımı*

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{2} = \frac{0.358}{2} = 0.179 \text{MPa} \rightarrow \text{Du var tasarım kayma gerilmesi dayanımı}$$

$$V_{Rd1} = f_{vd} * t * l_c = 0.179 * 0.29 * 1.85 * 1000 = 95.84 \text{kN}$$

$$V_{Rd2} = l * t * \frac{1.5 * f_{vdo}}{b} * \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{1.5 * l * t * f_{vdo}}}, b = \frac{h}{l} = \frac{2.60}{1.85} = 1.41$$

$$V_{Rd2} = 1.85 * 0.29 * \frac{1.5 * (0.30/2) * 1000}{1.41} * \sqrt{1 + \frac{77.92}{1.5 * 1.85 * 0.29 * (0.30/2) * 1000}} \\ = 109.64 \text{kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd1}; V_{Rd2}) = 95.84 \text{kN}$$

$$V_{d(GQE)} = 23.12 \text{kN}; V_{d(D*_{GQE})} = 46.24 \text{kN}$$

$$\rightarrow V_d = \max(V_{d(GQE)}; V_{d(D*_{GQE})}) = 46.24 \text{kN}$$

TBDY – 2018 Denklem 11.8 Kontrolü

$$\frac{V_{Ed}}{t * l} = \frac{\left(\frac{23.12}{0.29 * 1.85} \right)}{1000} = 0.043 \leq 2.00 \text{MPa}$$

$\rightarrow$ *Kesme donatısı katkısı dikkate alınabilir.*

Seçilen yatay donatı $8\phi 10/30 \text{cm}$ (628.32mm^2)

$$V_{Rd3} = 0.9 * A_{sw} * f_{yd} = 0.9 * 628.32 * 365 = 206.40 \text{kN}$$

$$V_{Rd} = V_{Rd} + V_{Rd3} = 95.84 + 206.40 = 302.24 \text{kN} > V_d = 46.24 \text{kN} \\ \rightarrow \text{Olduğundan du var kesme kuvveti (kayma) bakımından yeterlidir.}$$

Tablo 45. Trabzon donatılı tuğla bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-77.92	23.12	16.99
DX1	Kombinasyon-2	-124.61	-38.09	-35.81
DX1	Kombinasyon-3	-77.92	23.12	16.99
DX1	Kombinasyon-4	-124.61	-38.09	-35.81
DX1	Kombinasyon-5	-77.92	23.12	16.99
DX1	Kombinasyon-6	-124.61	-38.09	-35.81
DX1	Kombinasyon-7	-77.92	23.12	16.99
DX1	Kombinasyon-8	-124.61	-38.09	-35.81
DX1	Kombinasyon-9	-56.94	6.80	4.51
DX1	Kombinasyon-10	-145.59	-21.77	-23.33
DX1	Kombinasyon-11	-56.94	6.80	4.51
DX1	Kombinasyon-12	-145.59	-21.77	-23.33
DX1	Kombinasyon-13	-56.94	6.80	4.51
DX1	Kombinasyon-14	-145.59	-21.77	-23.33
DX1	Kombinasyon-15	-56.94	6.80	4.51
DX1	Kombinasyon-16	-145.59	-21.77	-23.33

Tablo 46. Trabzon donatılı tuğla bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VEd	Madde 11.8	VRd	D*VEd	Sonuç
(kN)	(kN)	(kN)	Kontrol	(kN)	(kN)	
95.84	109.64	23.12	Kullan	302.24	46.24	YETERLİ
105.18	121.87	38.09	Kullan	311.58	76.17	YETERLİ
95.84	109.64	23.12	Kullan	302.24	46.24	YETERLİ
105.18	121.87	38.09	Kullan	311.58	76.17	YETERLİ
95.84	109.64	23.12	Kullan	302.24	46.24	YETERLİ
105.18	121.87	38.09	Kullan	311.58	76.17	YETERLİ
95.84	109.64	23.12	Kullan	302.24	46.24	YETERLİ
105.18	121.87	38.09	Kullan	311.58	76.17	YETERLİ
91.64	103.68	6.80	Kullan	298.05	13.61	YETERLİ
109.38	126.98	21.77	Kullan	315.78	43.53	YETERLİ
91.64	103.68	6.80	Kullan	298.05	13.61	YETERLİ
109.38	126.98	21.77	Kullan	315.78	43.53	YETERLİ
91.64	103.68	6.80	Kullan	298.05	13.61	YETERLİ
109.38	126.98	21.77	Kullan	315.78	43.53	YETERLİ
91.64	103.68	6.80	Kullan	298.05	13.61	YETERLİ
109.38	126.98	21.77	Kullan	315.78	43.53	YETERLİ

Tablo 47. Trabzon donatılı briket bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-86.20	26.16	19.19
DX1	Kombinasyon-2	-138.05	-42.11	-39.62
DX1	Kombinasyon-3	-86.20	26.16	19.19
DX1	Kombinasyon-4	-138.05	-42.11	-39.62
DX1	Kombinasyon-5	-86.20	26.16	19.19
DX1	Kombinasyon-6	-138.05	-42.11	-39.62
DX1	Kombinasyon-7	-86.20	26.16	19.19
DX1	Kombinasyon-8	-138.05	-42.11	-39.62
DX1	Kombinasyon-9	-62.92	7.97	5.29
DX1	Kombinasyon-10	-161.33	-23.91	-25.72
DX1	Kombinasyon-11	-62.92	7.97	5.29
DX1	Kombinasyon-12	-161.33	-23.91	-25.72
DX1	Kombinasyon-13	-62.92	7.97	5.29
DX1	Kombinasyon-14	-161.33	-23.91	-25.72
DX1	Kombinasyon-15	-62.92	7.97	5.29
DX1	Kombinasyon-16	-161.33	-23.91	-25.72

Tablo 48. Trabzon donatılı briket bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VEd	Madde 11.8	VRd	D*VEd	Sonuç
(kN)	(kN)	(kN)	Kontrol	(kN)	(kN)	
97.50	111.91	26.16	Kullan	303.90	52.33	YETERLİ
107.87	125.17	42.11	Kullan	314.27	84.21	YETERLİ
97.50	111.91	26.16	Kullan	303.90	52.33	YETERLİ
107.87	125.17	42.11	Kullan	314.27	84.21	YETERLİ
97.50	111.91	26.16	Kullan	303.90	52.33	YETERLİ
107.87	125.17	42.11	Kullan	314.27	84.21	YETERLİ
97.50	111.91	26.16	Kullan	303.90	52.33	YETERLİ
107.87	125.17	42.11	Kullan	314.27	84.21	YETERLİ
92.84	105.42	7.97	Kullan	299.25	15.94	YETERLİ
112.52	130.68	23.91	Kullan	318.93	47.83	YETERLİ
92.84	105.42	7.97	Kullan	299.25	15.94	YETERLİ
112.52	130.68	23.91	Kullan	318.93	47.83	YETERLİ
92.84	105.42	7.97	Kullan	299.25	15.94	YETERLİ
112.52	130.68	23.91	Kullan	318.93	47.83	YETERLİ
92.84	105.42	7.97	Kullan	299.25	15.94	YETERLİ
112.52	130.68	23.91	Kullan	318.93	47.83	YETERLİ

Tablo 49. İstanbul donatılı tuğla bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-55.01	53.30	43.02
DX1	Kombinasyon-2	-147.51	-68.26	-61.84
DX1	Kombinasyon-3	-55.01	53.30	43.02
DX1	Kombinasyon-4	-147.51	-68.26	-61.84
DX1	Kombinasyon-5	-55.01	53.30	43.02
DX1	Kombinasyon-6	-147.51	-68.26	-61.84
DX1	Kombinasyon-7	-55.01	53.30	43.02
DX1	Kombinasyon-8	-147.51	-68.26	-61.84
DX1	Kombinasyon-9	-13.37	20.87	18.23
DX1	Kombinasyon-10	-189.16	-35.83	-37.05
DX1	Kombinasyon-11	-13.37	20.87	18.23
DX1	Kombinasyon-12	-189.16	-35.83	-37.05
DX1	Kombinasyon-13	-13.37	20.87	18.23
DX1	Kombinasyon-14	-189.16	-35.83	-37.05
DX1	Kombinasyon-15	-13.37	20.87	18.23
DX1	Kombinasyon-16	-189.16	-35.83	-37.05

Tablo 50. İstanbul donatılı tuğla bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VEd	Madde 11.8	VRd	D*VEd	Sonuç
(kN)	(kN)	(kN)	Kontrol	(kN)	(kN)	
29.34	103.12	53.30	Kullan	235.74	106.59	YETERLİ
95.18	127.44	68.26	Kullan	301.58	136.52	YETERLİ
29.34	103.12	53.30	Kullan	235.74	106.59	YETERLİ
95.18	127.44	68.26	Kullan	301.58	136.52	YETERLİ
29.34	103.12	53.30	Kullan	235.74	106.59	YETERLİ
95.18	127.44	68.26	Kullan	301.58	136.52	YETERLİ
29.34	103.12	53.30	Kullan	235.74	106.59	YETERLİ
95.18	127.44	68.26	Kullan	301.58	136.52	YETERLİ
0.00	90.05	20.87	Kullan	206.40	41.74	YETERLİ
118.09	136.99	35.83	Kullan	324.49	71.67	YETERLİ
0.00	90.05	20.87	Kullan	206.40	41.74	YETERLİ
118.09	136.99	35.83	Kullan	324.49	71.67	YETERLİ
0.00	90.05	20.87	Kullan	206.40	41.74	YETERLİ
118.09	136.99	35.83	Kullan	324.49	71.67	YETERLİ
0.00	90.05	20.87	Kullan	206.40	41.74	YETERLİ
118.09	136.99	35.83	Kullan	324.49	71.67	YETERLİ

Tablo 51. İstanbul donatılı briket bina hesap çıktıları

Duvar No	Kombinasyon	P	V2	M3
		kN	kN	kN-m
DX1	Kombinasyon-1	-60.81	59.76	48.14
DX1	Kombinasyon-2	-163.44	-75.70	-68.58
DX1	Kombinasyon-3	-60.81	59.76	48.14
DX1	Kombinasyon-4	-163.44	-75.70	-68.58
DX1	Kombinasyon-5	-60.81	59.76	48.14
DX1	Kombinasyon-6	-163.44	-75.70	-68.58
DX1	Kombinasyon-7	-60.81	59.76	48.14
DX1	Kombinasyon-8	-163.44	-75.70	-68.58
DX1	Kombinasyon-9	-14.65	23.64	20.54
DX1	Kombinasyon-10	-209.60	-39.58	-40.97
DX1	Kombinasyon-11	-14.65	23.64	20.54
DX1	Kombinasyon-12	-209.60	-39.58	-40.97
DX1	Kombinasyon-13	-14.65	23.64	20.54
DX1	Kombinasyon-14	-209.60	-39.58	-40.97
DX1	Kombinasyon-15	-14.65	23.64	20.54
DX1	Kombinasyon-16	-209.60	-39.58	-40.97

Tablo 52. İstanbul donatılı briket bina kesme kontrolü

VRd1	VRd2	VEd	Madde 11.8	VRd	D*VEd	Sonuç
(kN)	(kN)	(kN)	Kontrol	(kN)	(kN)	
29.23	104.81	59.76	Kullan	235.63	119.52	YETERLİ
98.32	131.17	75.70	Kullan	304.72	151.40	YETERLİ
29.23	104.81	59.76	Kullan	235.63	119.52	YETERLİ
98.32	131.17	75.70	Kullan	304.72	151.40	YETERLİ
29.23	104.81	59.76	Kullan	235.63	119.52	YETERLİ
98.32	131.17	75.70	Kullan	304.72	151.40	YETERLİ
29.23	104.81	59.76	Kullan	235.63	119.52	YETERLİ
98.32	131.17	75.70	Kullan	304.72	151.40	YETERLİ
0.00	90.48	23.64	Kullan	206.40	47.28	YETERLİ
122.18	141.44	39.58	Kullan	328.58	79.17	YETERLİ
0.00	90.48	23.64	Kullan	206.40	47.28	YETERLİ
122.18	141.44	39.58	Kullan	328.58	79.17	YETERLİ
0.00	90.48	23.64	Kullan	206.40	47.28	YETERLİ
122.18	141.44	39.58	Kullan	328.58	79.17	YETERLİ
0.00	90.48	23.64	Kullan	206.40	47.28	YETERLİ
122.18	141.44	39.58	Kullan	328.58	79.17	YETERLİ

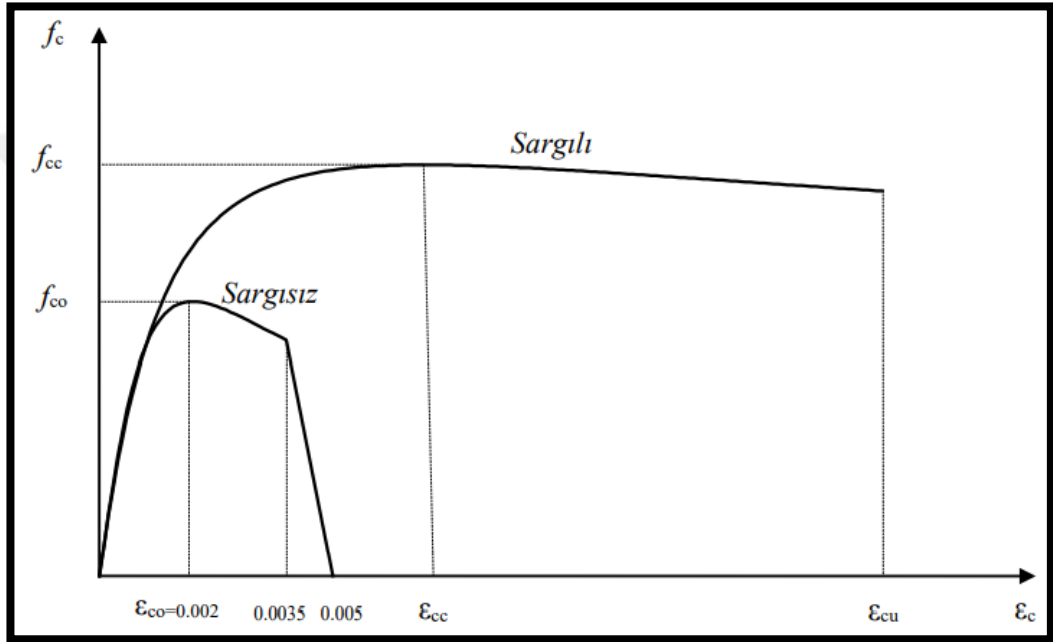
3.6. Eğilme Kapasitesi Kontrolü

TBDY-2018 madde 11.5.8 gereği yığma duvarlara duvar bürüt kesit alanının % 0.08'inden küçük olmayacak şekilde minimum düşey donatı yerleştirilmiştir. Donatı yerleştirilirken yığma duvar biriminin düşey delikleri göz önünde bulundurulmuştur.

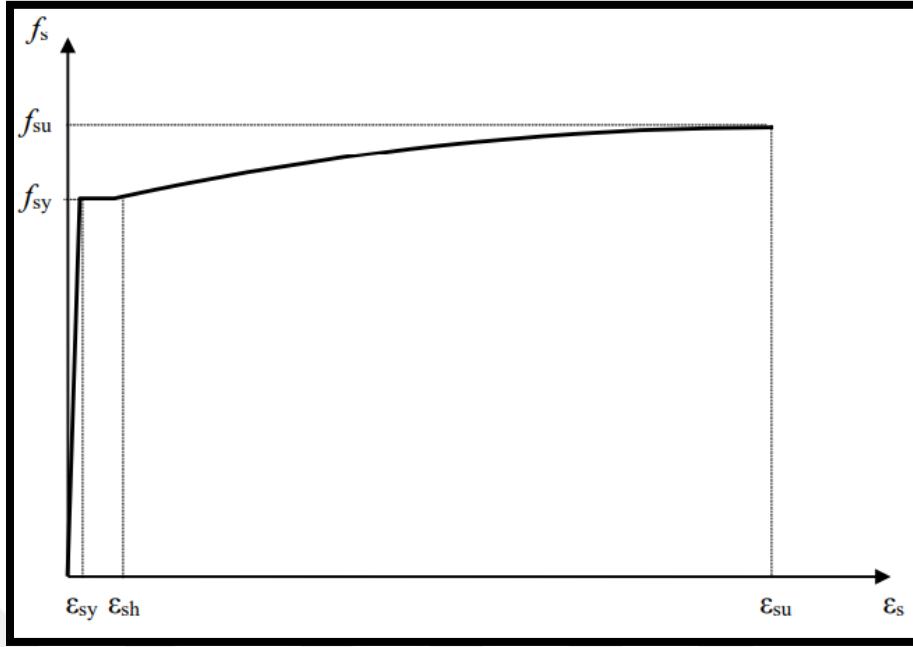
Tablo 53. Eğilme etkisi altında yerleştirilen donatı hesabı

Duvar No	t (m)	L (m)	A (m ²)	Asv(min) (mm ²)	Donatı Çapı (mm)	Donatı Sayısı	Donatı Alanı (mm ²)
DX1	0.29	1.845	0.535	428.04	12	4	452.39
DX2	0.29	3.115	0.903	722.68	12	8	904.78
DX3	0.29	2.015	0.584	467.48	12	6	678.58
DX4	0.29	2.015	0.584	467.48	12	6	678.58
DX5	0.29	3.115	0.903	722.68	12	8	904.78
DX6	0.29	1.845	0.535	428.04	12	8	904.78
DX7	0.29	1.270	0.368	294.64	12	4	452.39
DX8	0.29	1.830	0.531	424.56	12	4	452.39
DX9	0.29	1.830	0.531	424.56	12	4	452.39
DX10	0.29	1.270	0.368	294.64	12	4	452.39
DX11	0.29	5.250	1.523	1218.00	12	12	1357.17
DX12	0.29	1.850	0.537	429.20	12	4	452.39
DX13	0.29	1.850	0.537	429.20	12	4	452.39
DX14	0.29	5.250	1.523	1218.00	12	12	1357.17
DX15	0.29	0.895	0.260	207.64	12	4	452.39
DX16	0.29	0.895	0.260	207.64	12	4	452.39
DX17	0.29	5.250	1.523	1218.00	12	12	1357.17
DX18	0.29	5.250	1.523	1218.00	12	12	1357.17
DX19	0.29	0.645	0.187	149.64	12	4	452.39
DX20	0.29	8.250	2.393	1914.00	12	20	2261.95
DX21	0.29	0.645	0.187	149.64	12	4	452.39
DY1	0.29	2.095	0.608	486.04	12	6	678.58
DY2	0.29	3.240	0.940	751.68	12	8	904.78
DY3	0.29	3.040	0.882	705.28	12	8	904.78
DY4	0.29	1.895	0.550	439.64	12	4	452.39
DY5	0.29	4.145	1.202	961.64	12	10	1130.97
DY6	0.29	1.290	0.374	299.28	12	4	452.39
DY7	0.29	2.440	0.708	566.08	12	6	678.58
DY8	0.29	3.845	1.115	892.04	12	8	904.78
DY9	0.29	2.395	0.695	555.64	12	6	678.58
DY10	0.29	2.295	0.666	532.44	12	6	678.58
DY11	0.29	4.145	1.202	961.64	12	10	1130.97
DY12	0.29	6.095	1.768	1414.04	12	14	1583.36
DY13	0.29	3.200	0.928	742.40	12	8	904.78
DY14	0.29	4.145	1.202	961.64	12	10	1130.97
DY15	0.29	6.095	1.768	1414.04	12	14	1583.36

Donatılı yığma bina duvarlarının eğilme momenti hesabı aksenal kuvvetinde mevcut olması sebebiyle kolonların eğilme hesabında kullanılan karşılıklı etkileşim diyagramları üzerinden yapılmıştır. Bu hesapta yığma duvardaki yığma birimlerin gerilme şekil değiştirme ilişkisi için TBDY-2018 EK 5A'daki sargısız beton için verilen gerilme şekil değiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Donatı için de aynı yerde B420C donatı çeliği verilen gerilme şekil değiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 11 ve Şekil 12'de bu malzeme modelleri görülmektedir.

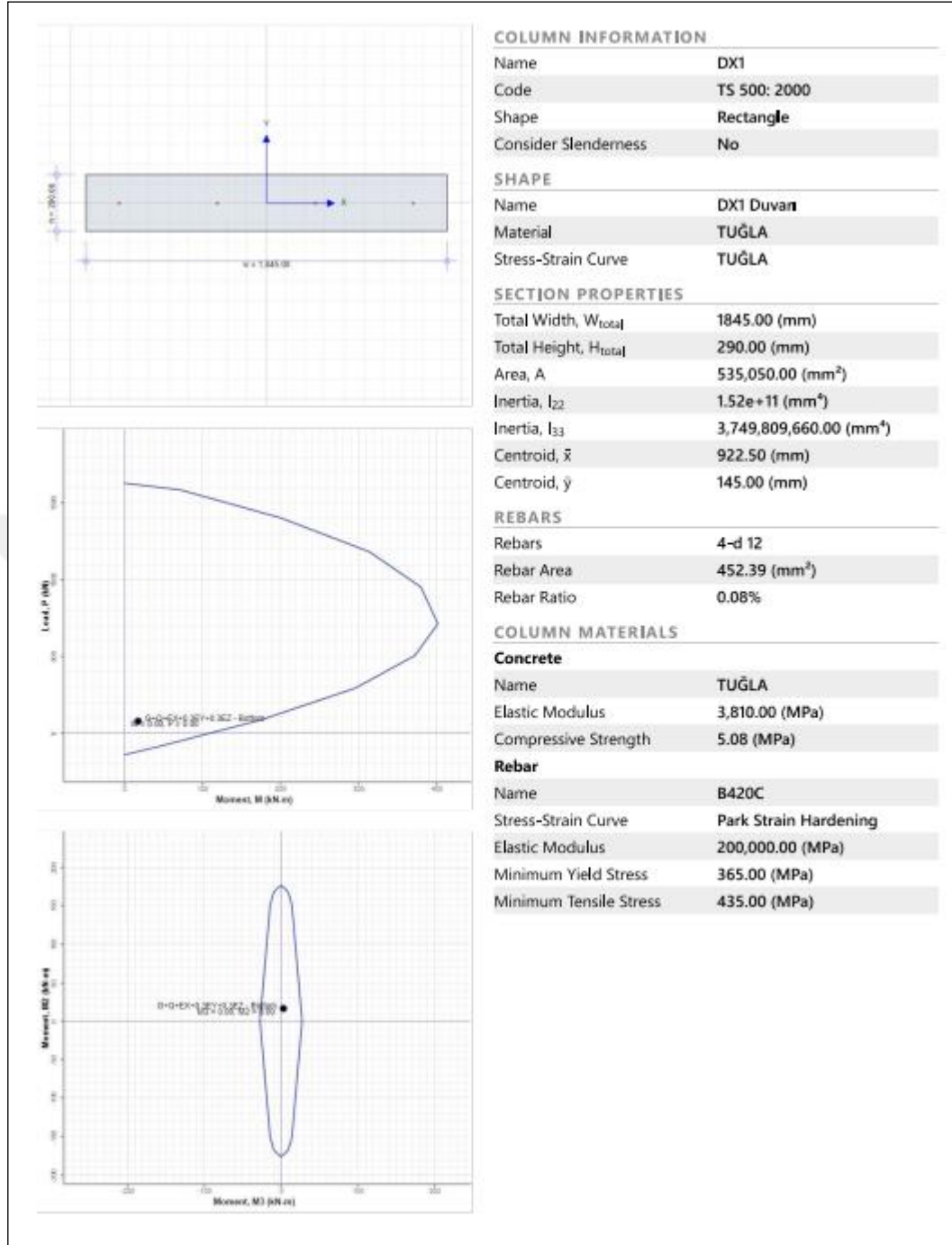


Şekil 37. Donatılı yığma duvarda yığma birim için kullanılan sargısız beton malzeme modeli

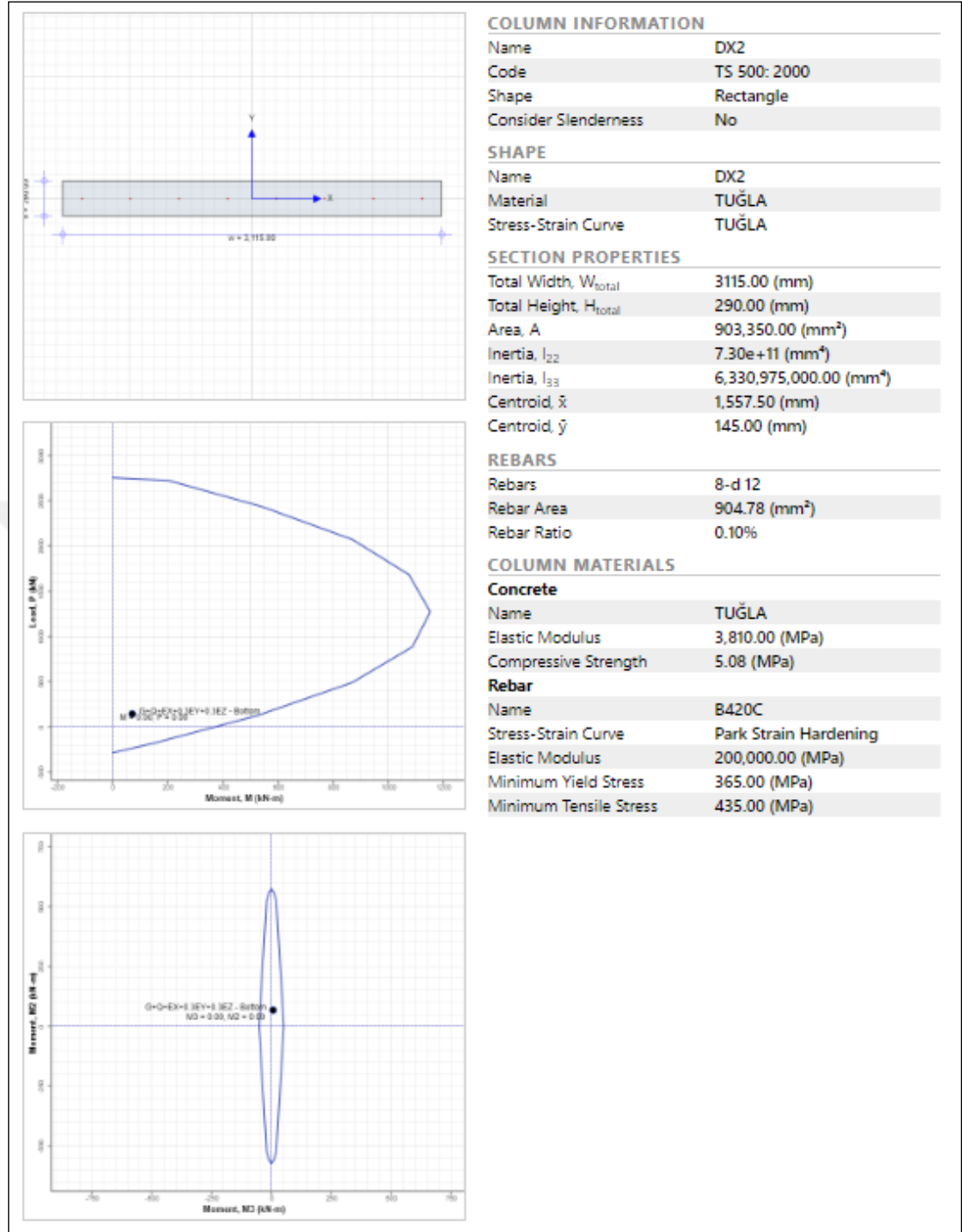


Şekil 38. Donatılı yığma duvarda donatı çeliği için kullanılan malzeme modeli

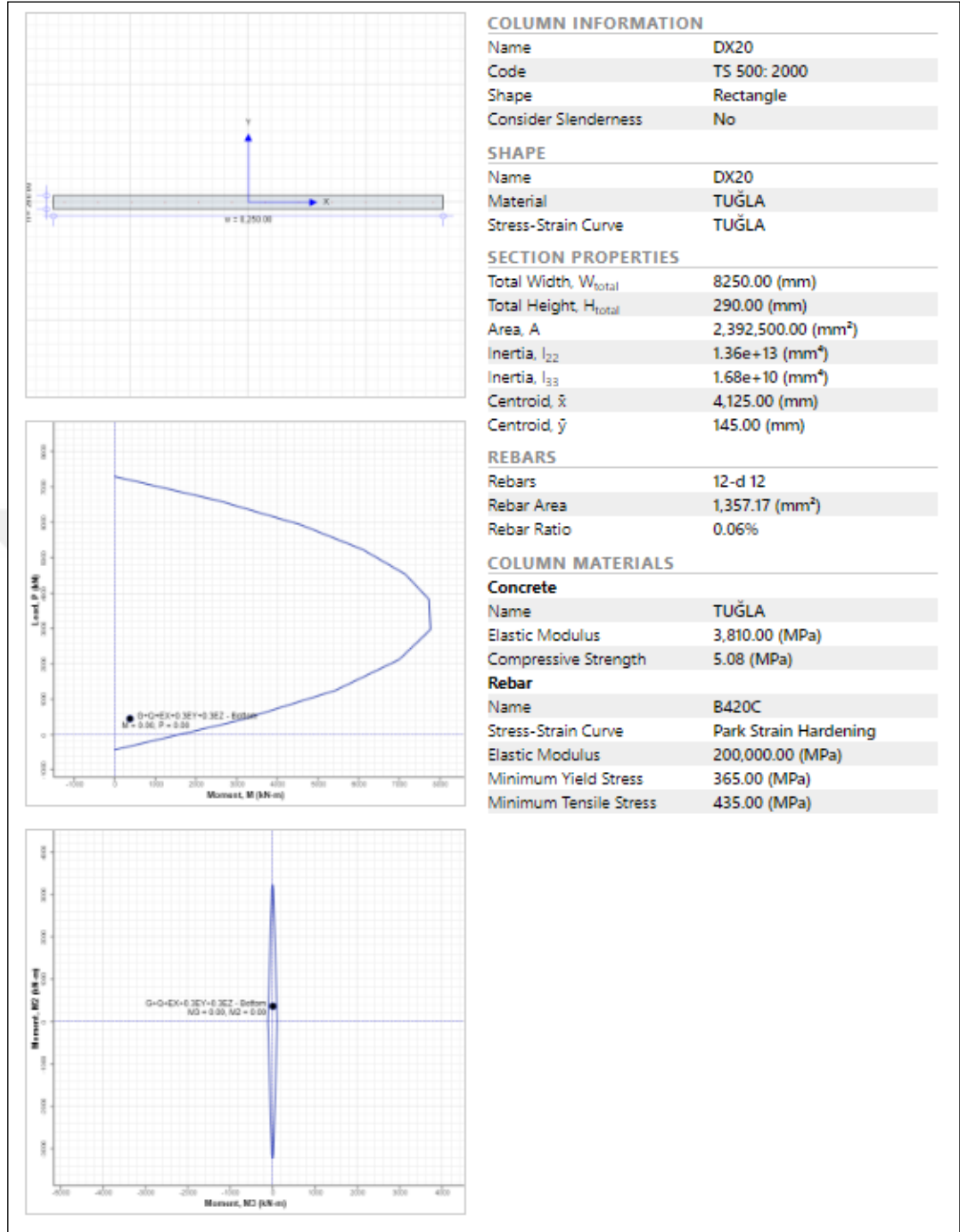
Donatılı yığma duvarların eğilme hesapları CSI Col v10.1 programında yukarıda belirtilen malzeme modelleri ve kesitlere yerleştirilen düşey donatılar kullanılarak yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda tüm duvarların yerleştirilen donatılarla eğilme kapasitelerinin yeterli olduğu ve duvarlarda donatının akmasından önce basınç kırılmalarının olmadığı belirlenmiştir. Aşağıdaki şekillerde birinci kattaki ilk beş duvarın hesap sonuçlarının özet raporu görülmektedir.



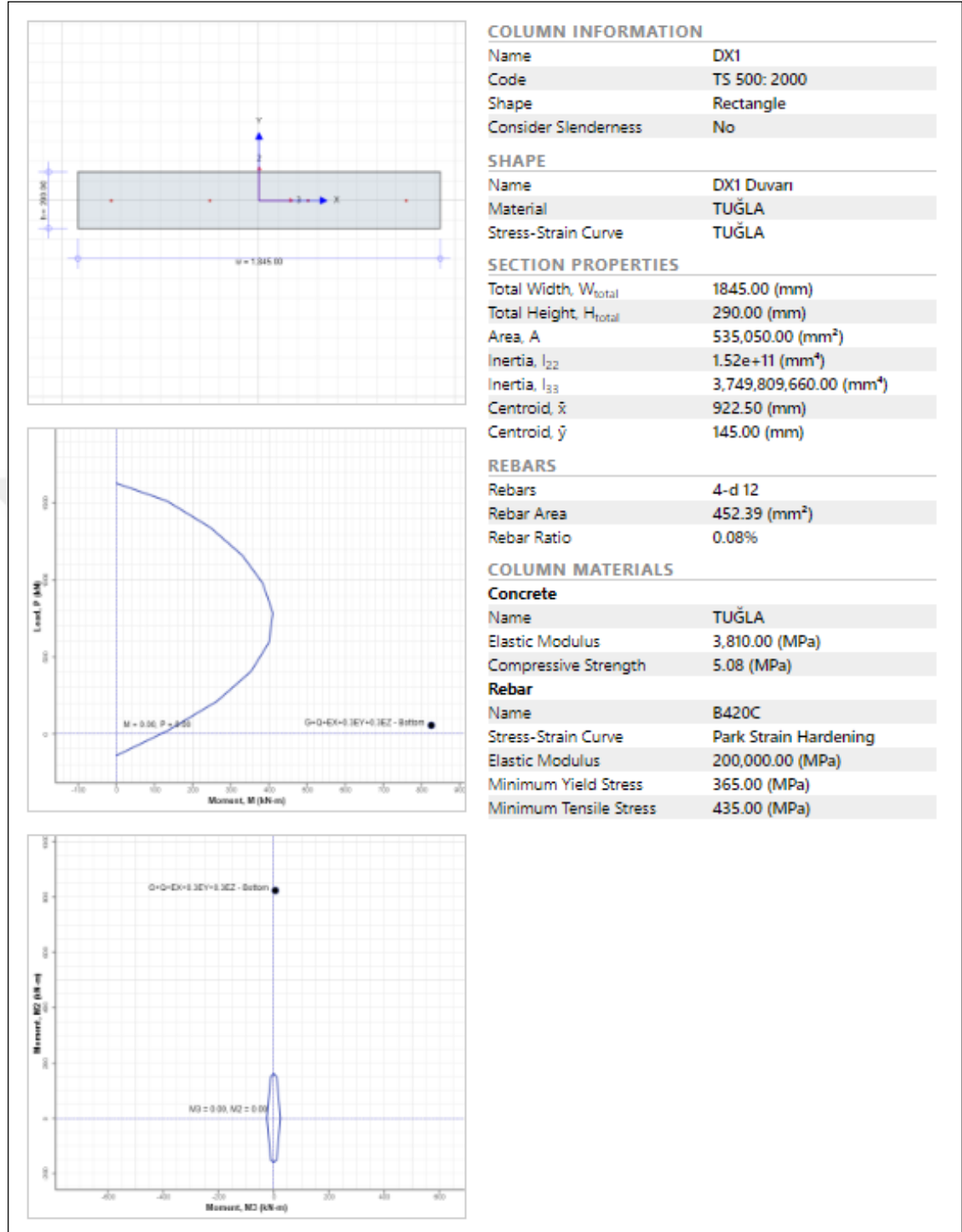
Şekil 39. Trabzon donatılı tuğla bina DX1 duvar eğilme kontrolü



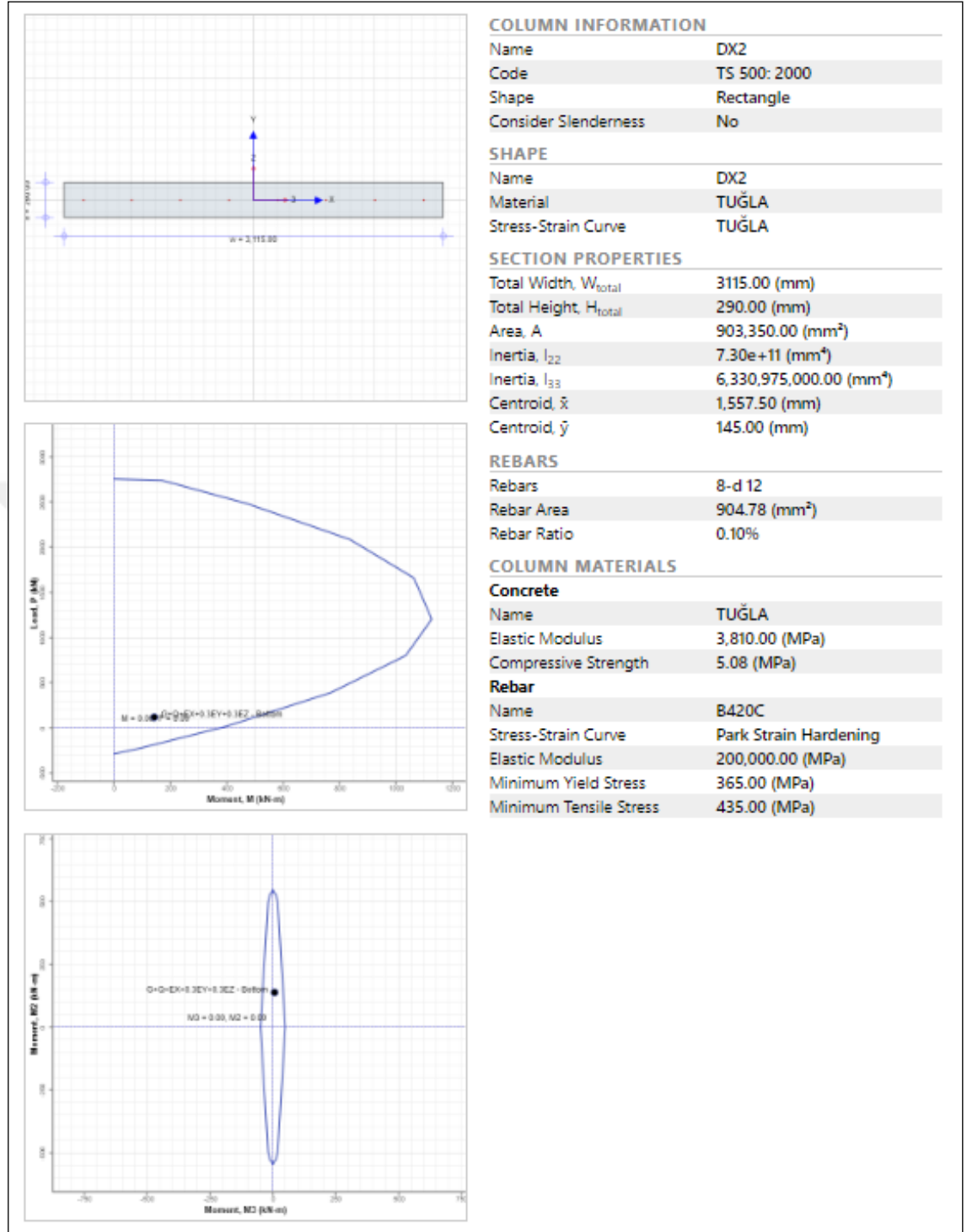
Şekil 40. Trabzon donatılı tuğla bina DX2 duvar eğilme kontrolü



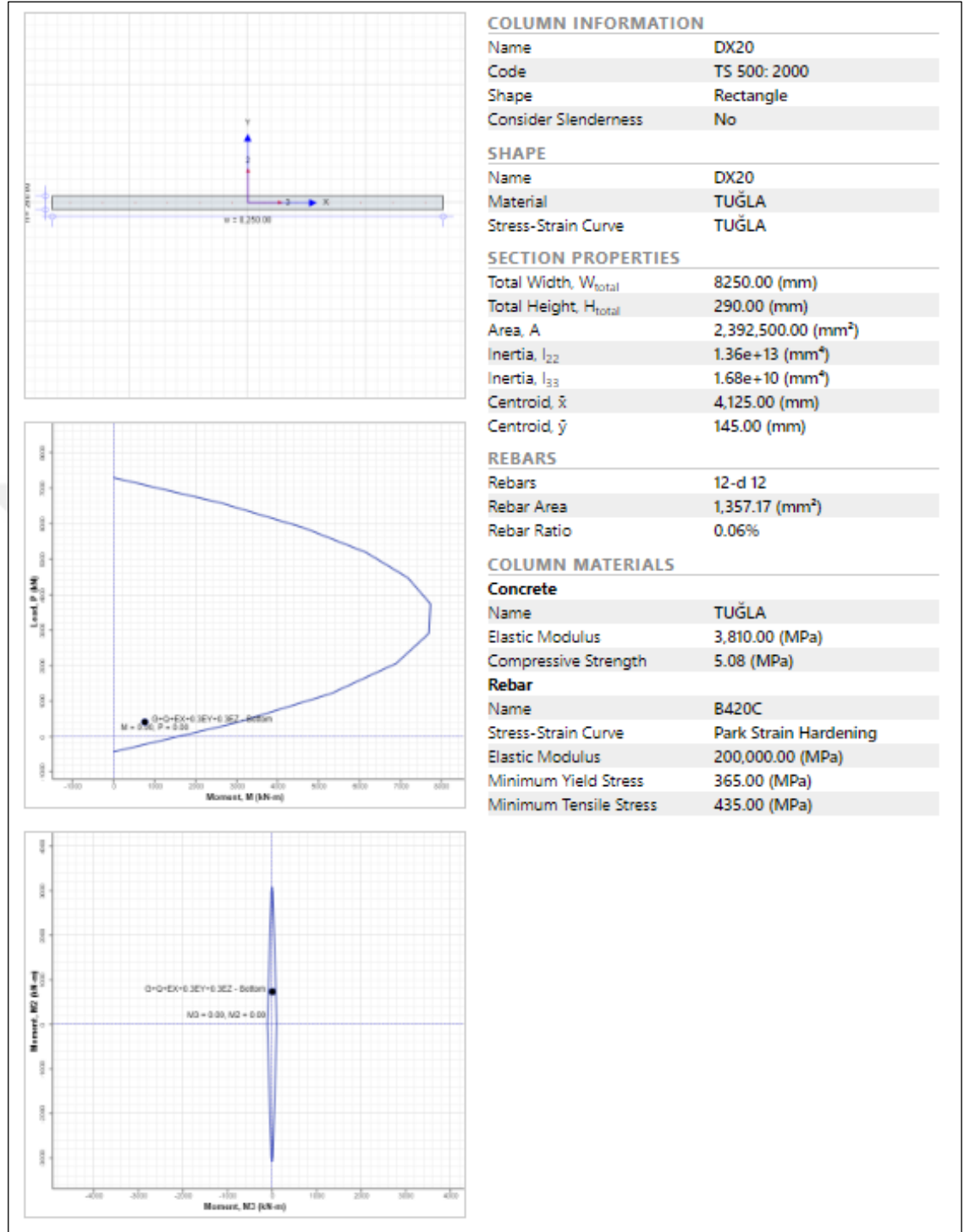
Şekil 41. Trabzon donatılı tuğla bina DX20 duvar eğilme kontrolü



Şekil 42. İstanbul donatılı tuğla bina DX1 duvar eğilme kontrolü



Şekil 43. İstanbul donatılı tuğla bina DX2 duvar eğilme kontrolü



Şekil 44. İstanbul donatılı tuğla bina DX20 duvar eğilme kontrolü

Tablo 54. Trabzon donatılı tuğla bina dx1 duvarı kapasite oranları program çıktıları

	Load Combination	Load, Pu (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Max Capacity Ratio
1	Kombinasyon-1	124.6108	0.6609	-35.8055	0.17
2	Kombinasyon-2	124.6108	0.6609	-35.8055	0.17
3	Kombinasyon-3	124.6108	0.6609	-35.8055	0.17
4	Kombinasyon-4	124.6108	0.6609	-35.8055	0.17
5	Kombinasyon-5	77.9152	2.9317	16.9854	0.12
6	Kombinasyon-6	77.9152	2.9317	16.9854	0.12
7	Kombinasyon-7	77.9152	2.9317	16.9854	0.12
8	Kombinasyon-8	77.9152	2.9317	16.9854	0.12
9	Kombinasyon-9	145.5889	-0.4007	-23.3339	0.11
10	Kombinasyon-10	145.5889	-0.4007	-23.3339	0.11
11	Kombinasyon-11	145.5889	-0.4007	-23.3339	0.11
12	Kombinasyon-12	145.5889	-0.4007	-23.3339	0.11
13	Kombinasyon-13	56.937	3.9932	4.5137	0.07
14	Kombinasyon-14	56.937	3.9932	4.5137	0.07
15	Kombinasyon-15	56.937	3.9932	4.5137	0.07
16	Kombinasyon-16	56.937	3.9932	4.5137	0.07

Tablo 55. İstanbul donatılı tuğla bina dx1 duvarı kapasite oranları program çıktıları

	Load Combination	Load, Pu (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Max Capacity Ratio
1	Kombinasyon-1	55.0144	4.0447	43.0214	0.28
2	Kombinasyon-2	147.5115	-0.4522	-61.8415	0.28
3	Kombinasyon-3	55.0144	4.0447	43.0214	0.28
4	Kombinasyon-4	147.5115	-0.4522	-61.8415	0.28
5	Kombinasyon-5	55.0144	4.0447	43.0214	0.28
6	Kombinasyon-6	147.5115	-0.4522	-61.8415	0.28
7	Kombinasyon-7	55.0144	4.0447	43.0214	0.28
8	Kombinasyon-8	147.5115	-0.4522	-61.8415	0.28
9	Kombinasyon-9	13.3673	6.1508	18.2261	0.19
10	Kombinasyon-10	189.1587	-2.5583	-37.0463	0.18
11	Kombinasyon-11	13.3673	6.1508	18.2261	0.19
12	Kombinasyon-12	189.1587	-2.5583	-37.0463	0.18
13	Kombinasyon-13	13.3673	6.1508	18.2261	0.19
14	Kombinasyon-14	189.1587	-2.5583	-37.0463	0.18
15	Kombinasyon-15	13.3673	6.1508	18.2261	0.19
16	Kombinasyon-16	189.1587	-2.5583	-37.0463	0.18

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

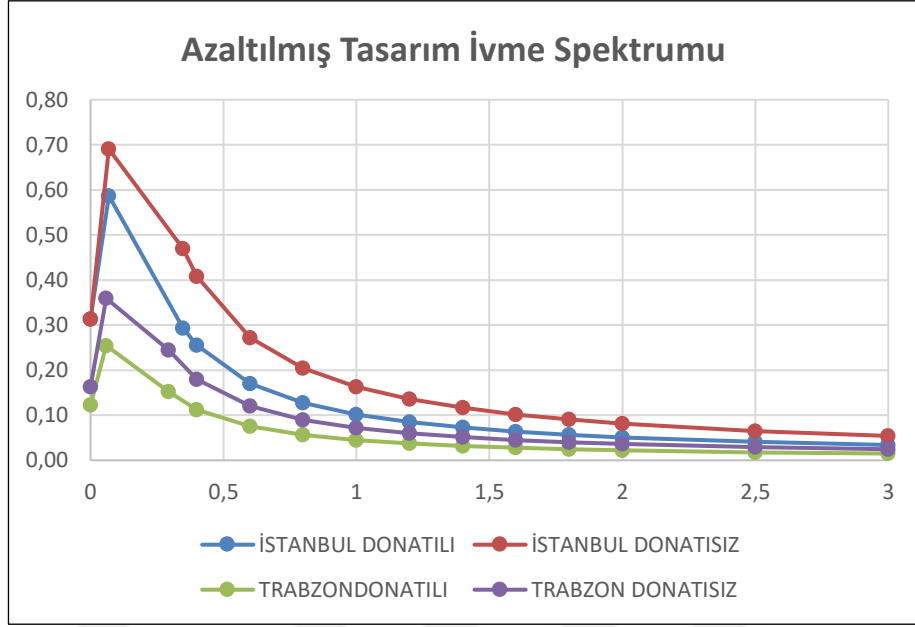
Bu çalışmada ilk olarak yığma binalar hakkında genel bilgiler verilerek yığma bina çeşitleri ve bu binaları oluşturan yapı elemanlarından bahsedilmiştir. Çalışma hakkında gerekli literatür taraması yapılmıştır. Yığma bina tasarımı hakkında ulusal ve uluslararası çalışmalar taranmış ve konu hakkında gerekli bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın devamında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve bu güncel yönetmelikten önce kullanılan yönetmelikler incelenmiştir. Türk yönetmelik ve standartların yanı sıra yığma yapıların tasarında kullanılan Eurocode-6 standardı da ayrıca incelenmiştir. Çalışmada kullanılan farklı tipteki bina çeşitleri bu yönetmelikler ışığındaki kısıtlamalar, standartlar ile oluşturulmuştur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımları ve kontrolleri yapılmıştır. Bu tasarımlar ve kontroller çeşitli bilgisayar programları yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada bina ve kesit analizlerinde yaygın olarak kullanılan ETABS ve CSICol uygulamaları kullanılmıştır.

Çalışmadaki bina hesaplarında basitleştirilmiş makro modelleme kullanılmıştır. Malzemelerin mekanik özellikleri İnşaat Mühendisleri Odası tarafından yayınlanan malzemelerden seçilmiş ve yönetmeliğe uygunluğu göz önünde bulundurulmuştur.

Tezde aynı mimariye sahip farklı malzeme, konum ve taşıyıcı sisteme sahip binalar incelenmiş ve birbirleri arasındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya koyulmuştur.

- İlk olarak farklı konumlara sahip oldukları için hesap ve tasarımlarda kullanılacak deprem parametreleri ve dinamik özellikleri incelenmiştir. Bu incelemeler ışığında seçilen spektrumlardan elde edilen azaltılmış tasarım spektrum ivme grafiği Şekil 37'de gösterilmiştir.



Şekil 45. Azaltılmış tasarım ivme spektrumları

Burada İstanbul konumu verilerinin Trabzon konumu verilerinin arasındaki ivme spektrumlarının yaklaşık olarak 2 katı olduğu gözlemlenmiştir.

- İncelen bu 8 binanın 4 tanesi fabrika tuğlasından diğer 4 tanesinin ise beton briketten oluşturulmaktadır. Malzeme farklılıkları binaların özelliklerini farklı kılmaktadır. Beton briket binanın fabrika tuğlasına göre daha ağır bir bina olduğu gözlemlenmiş ve bu ağırlığın taban kesme kuvvetlerine yansıdığı görülmüştür. Bu malzeme farklılıklarından kaynaklanan dinamik özelliklerde incelenmiştir.
- Taşıyıcı sistem özelliklerinin yani binanın donatısız veya donatılı olmasının yapı hesap ve tasarımına etkileri incelenmiştir. Yönetmelikte farklı taşıyıcı sistemlere sahip yığma binaların tasarım hesapları incelenmiş ve bu farklılıkların binaların hesap ve analizindeki etkileri incelenmiştir.

- Yönetmelikte belirtilen şekilde kesme kapasite kontrolleri yapılmış ve Trabzon konumundaki binalara ait duvarlarda kesme kapasitelerin yeterli olduğu; İstanbul konumunda ise bazı kesitlerin kesme kuvvetlerini karşılamadığı gözlemlenmiştir. Kesme kuvvetlerini karşılanmadığı noktada donatılı yığma bina hesabı yapılarak kesme donatısı katkıları göz önüne alınmıştır. Yönetmeliğe göre minimum donatı teşkil edilmiştir.
- Eğilme etkisi altında duvarların davranışları incelenmiştir. Yardımcı programlar yardımıyla eğilme kontrolleri yapılmıştır. Yönetmeliğe uygun olarak kesitlerde basınç kırılmasından önce donatının aktığı gösterilmiştir. Karşılıklı etki diyagramları oluşturulmuştur. Kesitlerin kapasite oranları verilmiştir.

5. KAYNAKLAR

- AFAD. (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması*.
<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> adresinden alındı
- Aldemir, A. (2010). A Simple Seismic Performance Assessment Technique for Unreinforced Brick Masonry Structures. İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Aslan, A. (2016). Süleymaniye Camii'nin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansının Değerlendirilmesi. YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Atikoğlu, M. C. (2018). Materials Properties Of Contemporary Solid Bricks And Their Assessment In Reference To The Historic Bricks. Middle East Technical University, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences.
- Bayülke, N. (2018). *Yığma Yapılar (Taş ve Tuğla)*. Ankara: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi.
- Büyükgökmen, D. (2001). Donatılı Yığma Yapı Tasarımı. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çambay, E. (2022). Yığma Yapıların Mikro Modellenmesinde Dönel Yayılı Hasar Modelinin Etkinliğinin İncelenmesi: Eindhoven Duvarları Örneği. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Çırak, İ. F. (2011). Betonarme Binalarda Gözlenen Hasarlar, Nedenleri Ve Öneriler. *UTBD*, 62–71.
- Dabanlı, Ö. (2008). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DBYBHY. (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- Enstitüsü., T. S.–B.-1. (tarih yok).
- Er, A. C. (2013). Geleneksel Harman Tuğlası Ve Üretimi. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 61-70.
- Erçolak, A. (2021). Yığma Yapıların Duvarlarının Kesme Gerilme Dayanımının. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- ETABS. (2018). *Computer and Structures Inc. ETABS: Extended Three-dimensional Analysis of Building Systems*. Berkeley, CA, USA.
- Karaşin, K. (2005). *1 Mayıs Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yığma Yapı Hasarları*. Ankara: Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalışmayı.

- Koç, V. (2016). Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 36-57.
- Kuran, F. (2020). 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Yığma Yapılar Bölümü Üzerine Bir Değerlendirme ve. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 47-60.
- Kuruşçu, A. O. (2005). Yığma Yapıların Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Sallıo, N. (2005). Mevcut Yığma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi Ve Güçlendirilmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Schellback, G. (1970). The Influence of Perforation On The Load Bearing Capacity of Hollow Brick Masonry Structures. Proceeding of SIBMAC.
- Smyrou, E. (2017). Kuşatılmış yığma yapıların deprem davranışı: 2011 Van depremi örneği. *DÜMF MD*, c. 8, sy. 3, ss. 453–461.
- T.S.E. (1987). *TS 498. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- TBDY. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*. Ankara.
- Turan, E. (2020). Assessment of the 2018 Turkish seismic regulations unreinforced masonry construction specifications through a case study structure. Unpublished master's thesis, İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey.
- URL-1. (2024, Mart 1). *Yığma yapılar*. Sanal Şantiye: <https://www.sanalsantiye.com/yigma-yapi-nedir/> adresinden alındı
- URL-2. (2021, Ocak 27). Düşey Delikli Tuğla: <https://www.insaatgundemi.com/> adresinden alındı
- URL-3. (2025, Mart 18). Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumlar: <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden alındı
- URL-4. (2017, Aralık 1). Sargısız Beton Malzeme Modeli: <https://www.researchgate.net/> adresinden alındı
- URL-5. (2017, Aralık 1). Donatı Çeliği İçin Kullanılan Malzeme Modeli: <https://www.researchgate.net/> adresinden alındı
- URL-6. (2021, Mart 4). Kemer Yapı Elemanları: <https://www.gzt.com> adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ

Cordan İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2016 yılında Yavuz Sultan Selim Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2016 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde Lisans eğitime başladı. 2021 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Tezli Yüksek Lisans programına başladı.

