

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**MANİSA YÖRESİNDEKİ KIRSAL YAPILARIN YAPISAL
ÖZELLİKLERİNİN VE DEPREM DAVRANIŞLARININ
BELİRLENMESİ**

Uğur ÖZYURT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 624.03.00

Sunuş Tarihi:05/12/2008

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Ayhan NUHOĞLU

Bornova-İZMİR

Uğur ÖZYURT tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Manisa Yöresindeki Kırsal Yapıların Yapısal Özelliklerinin Ve Deprem Davranışlarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve..... tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri başkanı	:Yrd.Dç.Dr Ayhan NUHOĞLU
Üye	:Yrd.Dç.Dr Bengi ARISOY
Üye	:Yrd.Dç.Dr Gökhan ALTINTAŞ

ÖZET**MANİSA YÖRESİNDEKİ KIRSAL YAPILARIN YAPISAL
ÖZELLİKLERİNİN VE DEPREM DAVRANIŞLARININ
BELİRLENMESİ**

ÖZYURT, Uğur

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Tez Yöneticisi: Yrd.Doç.Dr Ayhan NUHOĞLU

Aralık 2008, 191 sayfa

Bu çalışmada; Manisa bölgesinde yer alan yığma yapıların yapısal özelliklerinin incelenmesi, araştırılması, analizi ve uygun güçlendirme önerilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Birinci bölümde yığma yapılarla ilgili genel ve karakteristik özelliklere değinilmiştir. İkinci bölümde yığma yapıların tercih nedenleri ve Manisa'daki yığma yapıların özellikleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde Manisa ve civarından elde edilen yığma yapı duvar malzemesi numunelerinin basınç deneylerine ait sonuçlar irdelenmiştir. Dördüncü bölümde deprem etkisindeki yığma yapıların hasar şekilleri belirtilmiş ve deprem davranışı araştırılmıştır. Beşinci bölümde kırsal bir yığma konutun yapısal analizi gerçekleştirilmiş; altıncı bölümde ise yığma yapılarda uygulanan güçlendirme yöntemleri özetlenmiş ve sayısal analizler yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve çeşitli öneriler sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Yığma yapı, Manisa, Güçlendirme

ABSTRACT

**DETERMINING THE STRUCTURAL PROPERTIES AND
EARTHQUAKE BEHAVIOURS OF THE RURAL
CONSTRUCTIONS IN MANISA REGION**

OZYURT, UGUR

Masters Thesis, Department of Civil Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr Ayhan Nuhoglu

December 2008, 191 pages

In this study, examining, researching and analyzing the structural properties of the masonry constructions, and assessing the proper reinforcement propositions were aimed.

In the first chapter, general and characteristics properties of the structures were mentioned. In the second chapter, reason for preferring the masonry structures and the properties of the masonry structures in Manisa were explained. In the third chapter, results belonging to the pressure tests of the samples taken from the Manisa and its surrounding area were studied. In the fourth chapter, the type of the damages at the structures under the impact of earthquake have been indicated and their earthquake behaviours have been researched. In the fifth chapter, a structural analysis of a rural structure have been performed; and in the sixth chapter the reinforcement methods applied on a rural masonry construction have been summarized and numerical analysis has been carried out. In the conclusion chapter, results obtained at the study have been assessed and various suggestions have been offered.

Key Words: Masonry Construction, Manisa, Reinforcement

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince değerli bilgilerinden yararlandığım bölüm elemanlarından Arş. Gör. Duygu ÖZTÜRK'e ve Arş. Gör. Emre ERCAN'a; ayrıca deneyim ve bilgileriyle bana tez süresince sürekli yardımda bulunan Yrd.Doç.Dr. Ayhan NUHOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXI
SİMGELER VE KISALTMALAR	XXIII
1. GİRİŞ.....	1
1.2 Literatürdeki çalışmalar.....	5
2. KIRSAL BÖLGELERDEKİ YIĞMA YAPILAR.....	8
2.1 Kırsal Yörelerde Yığma Yapıların Tercih Nedenleri.....	9
2.2 Manisa Bölgesindeki Kırsal Yapılar.....	12
2.3 Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler.....	25
2.3.1 Tuğla.....	25
2.3.1.1 Harman tuğlası.....	26
2.3.1.2 Fabrika tuğlası.....	29
2.3.2 Doğal yapı taşları.....	33
2.3.3 Kerpiç.....	35
2.3.4 Beton briket.....	37
2.3.5 Harç.....	40
2.4 Manisa Yöresindeki Kırsal Yapı Malzemeleri.....	44
3. LABORATUAR ÇALIŞMALARI	47
3.1 Deney Numunelerinin Elde Edilmesi ve Hazırlanması.....	47
3.2 Serbest Basınç Deneyleri.....	51

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3 Deney Sonuçları Ve İrdelemeler.....	54
4. DEPREM ETKİSİNDEKİ YIĞMA YAPILAR.....	58
4.1 Yığma Yapıların Deprem Davranışı.....	58
4.2 Yığma Yapı Hasarları.....	59
4.2.1 Hafif hasarlı yığma yapılar.....	60
4.2.2 Orta hasarlı yığma yapılar.....	61
4.2.3 Ağır hasarlı yığma yapılar.....	63
4.3 Binanın Hasarına Neden Olan Diğer Faktörler.....	64
4.4 Mimari Planın Deprem Davranışına Etkisi.....	65
4.5.1 Manisa bölgesindeki kırsal yapıların mimari özellikleri.....	65
5. KIRSAL BİR YAPININ BİLGİSAYAR İLE ANALİZİ.....	67
5.1 Yapının Sonlu Elemanlar İle Modellenmesi.....	70
5.2 Tuğla Duvar Yapıda Yük Analizi.....	79
5.3 Tuğla Duvarların Güvenlik Kontrolü.....	96
5.4 Yığma Kerpiç Yapı Analizi.....	100
5.5 Analiz Değerlendirmesi.....	118
6. YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ	120
6.1 Yığma Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	121
6.1.1 Bina geometrisi.....	121
6.1.2 Detaylar.....	121
6.1.3 Malzeme özellikleri.....	121
6.2 Yığma Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	122
6.3 Yığma Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi.....	122

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.4 Yığma Duvar Güçlendirme Yöntemleri.....	122
6.4.1 Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi.....	122
6.4.2 Dolgu duvarlarının lifli polimerler ile güçlendirilmesi.....	124
6.4.3 Dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi.....	128
6.4.4 Püskürtme beton ile onarım ve güçlendirme.....	130
6.5 Tuğla Duvarın Beton İle Güçlendirilmesi.....	132
6.6 Kerpiç Duvarın Beton İle Güçlendirilmesi.....	146
6.7 Güçlendirmenin Maliyeti.....	160
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	164
KAYNAKLAR.....	166
EKLER.....	170
ÖZGEÇMİŞ.....	191

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Farklı malzemelerle yapılan yığma yağılar.....	8
2.2 Tuğla yığma duvar.....	10
2.3 Briket yığma duvar.....	11
2.4 Kerpiç duvar.....	11
2.5 Taş yığma duvar.....	12
2.6 Manisa'nın Spil Dağı'ndan görünüşü.....	13
2.7 Gökçeköy Beldesi / Manisa.....	13
2.8 Süngüllü Köyü / Manisa	14
2.9 Dağmarmara Ören Köyü / Manisa	14
2.10 Kerpiç yapımı.....	15
2.11 Bir tuğla fırını (Turgutlu/Manisa).....	15
2.12 Taş temele sahip kerpiç yapı örneği (Saruhanlı/Manisa).....	16
2.13 Örülmüş kerpiç duvar (Saruhanlı/Manisa).....	17
2.14 Kerpiçle yapılan sıva (Hacırahmanlı/Manisa).....	18
2.15 Kireç badanalı kerpiç yapı (Hacırahmanlı/Manisa).....	18
2.16 Kerpiç kalıp duvarı yapımı	20
2.17 Dilmelerle güçlendirilmiş “çatma duvar” örneği (B./Manisa)....	20
2.18 Kavak ağacından yapılmış çatı kafes sistemi (A./Manisa).....	21
2.19 Kerpiçten yapılmış çatı sistemi (Demirci/Manisa).....	22
2.20 Yığma yapı sayısının toplam yapı sayısına oranı.....	23
2.21 Yığma binalarda yaşayan toplam nüfus.....	24
2.22 Bir harman tuğlası örneği.....	27
2.23 Bir kerpiç örneği.....	36

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.24 Bir briket örneği.....	39
2.25 Horasan harcının tuğla ile yaptığı bağ	43
2.26 Yan yana duran kerpiç ve tuğla duvarlı binalar (Manisa – M.)....	45
2.27 Briket duvar altı taş temel(Manisa – Akhisar).....	45
2.28 Taştan yapılmış kooperatif binası (Manisa – Hacır Rahmanlı).....	46
3.1 Alçı sıvalı kerpiç numuneler.....	48
3.2 Alçı sıvalı tuğla ve briketler.....	48
3.3 Numunelerin yüzeylerinin traşlanması.....	49
3.4 Deneye girecek olan harman tuğlaları.....	49
3.5 Deneye girecek olan briketler.....	50
3.6 Numaralanmış bir kerpiç.....	50
3.7 Basınç deneyine giren harman tuğlası.....	51
3.8 Yüklenmekte olan bir harman tuğlası.....	52
3.9 Basınç deneyine giren briket numunesi.....	52
3.10 Deneyin bilgisayardan kontrol edilmesi.....	53
4.1 Hafif hasarlı yığma yapılar.....	60
4.2 Hafif hasarlı bir yığma yapı.....	61
4.3 Orta hasarlı yığma yapılar.....	62
4.4 Orta hasarlı bir yığma yapı duvarı.....	62
4.5 Ağır hasarlı yığma yapılar.....	63
4.6 Kısmen yıkılmış ağır hasarlı bir yığma yapı.....	63
4.7 Duvarlarda meydana gelen 45 derecelik çatlama.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 Sakız tipi mimari plan.....	66
5.1 Örnek mimari plan.....	68
5.2 Yapının ön cephe görünüşü.....	69
5.3 Yapının yan cephe görünüşü.....	69
5.4 Yapının 2.50 m kotundan alınan plan kesiti.....	70
5.5 İncelenen yapının 3 boyutlu görünümü.....	71
5.6 Kabuk (shell) eleman gerilme şeması.....	73
5.7 Deprem yükleri şeması.....	82
5.8 F_1 ve F_2 kuvvetleri.....	82
5.9 1 Aksı kesiti kritik noktaları.....	85
5.10 1 Aksı şekil değiştirmiş geometri.....	87
5.11 1 Aksı S_{11} gerilmeleri dağılım şeması.....	87
5.12 1 Aksı S_{22} gerilmeleri dağılım şeması.....	88
5.13 1 Aksı S_{12} gerilmeleri dağılım şeması.....	88
5.14 1 Aksı S_{MAX} gerilmeleri dağılım şeması.....	89
5.15 1 Aksı S_{MIN} gerilmeleri dağılım şeması.....	89
5.16 1 Aksı S_{13} gerilmeleri dağılım şeması.....	90
5.17 1 Aksı S_{23} gerilmeleri dağılım şeması.....	90
5.18 A aksı duvar kritik noktaları.....	91
5.19 A Aksı duvarı şekil değiştirmiş geometri.....	93
5.20 A aksı S_{11} değerleri şeması.....	93
5.21 A aksı S_{22} değerleri şeması.....	93
5.22 A aksı S_{12} değerleri şeması.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.23 A aksı S_{MAX} değerleri şeması.....	94
5.24 A aksı S_{MIN} değerleri şeması.....	94
5.25 A aksı S_{13} değerleri şeması.....	95
5.26 A aksı S_{23} değerleri şeması.....	95
5.27 1 Aksı duvarı tipik eleman bas. ve kes. gerilmeleri gösterimi.....	98
5.28 A Aksı duvarı tipik eleman bas. ve kes. gerilmeleri gösterimi.....	98
5.29 Deprem yükleri şeması.....	102
5.30 F_1 ve F_2 kuvvetleri.....	103
5.31 Aksı kesiti kritik noktaları.....	105
5.32 1 Aksı şekil değiştirmiş geometri.....	108
5.33 1 Aksı S_{11} değerleri şeması.....	108
5.34 1 Aksı S_{22} değerleri şeması.....	109
5.35 1 Aksı S_{12} değerleri şeması.....	109
5.36 1 Aksı S_{MAX} değerleri şeması.....	110
5.37 1 Aksı S_{MIN} değerleri şeması.....	110
5.38 1 Aksı S_{13} değerleri şeması.....	111
5.39 1 Aksı S_{23} değerleri şeması.....	111
5.40 A aksı duvar kritik noktaları.....	112
5.41 A Aksı şekil değiştirmiş geometri.....	115
5.42 A Aksı S_{11} değerleri şeması.....	115
5.43 A Aksı S_{22} değerleri şeması.....	115
5.44 A Aksı S_{12} değerleri şeması.....	116

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.45 A Aksı S_{MAX} değerleri şeması.....	116
5.46 A Aksı S_{MIN} değerleri şeması.....	116
5.47 A Aksı S_{13} değerleri şeması.....	117
5.48 A Aksı S_{23} değerleri şeması.....	117
6.1 Hasır donatı uygulama detayı.....	124
6.2 Lifli polimer şeritler.....	126
6.3 Polimer lifler le güçlendirme.....	127
6.4 Deneye tabi tutulan dolu tuğla duvar.....	128
6.5 Prefabrike beton panel.....	130
6.6 Püskürtme beton uygulaması.....	131
6.7 1 Aksı duvarının güçlendirilmemiş hali.....	133
6.8 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali.....	134
6.9 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali.....	134
6.10 Tuğla duvar yüzeyinde hasır donatı yerleşimi.....	135
6.11 Tuğla duvar tek taraflı güçlendirme detayı.....	136
6.12 Tuğla duvar çift taraflı güçlendirme detayı.....	136
6.13 1 Aksı kritik noktaları.....	137
6.14 A Aksı duvarının güçlendirilmeden önceki hali.....	141
6.15 A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali.....	141
6.16 A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali.....	142
6.17 A Aksı kritik noktaları.....	143
6.18 1 Aksı duvarının güçlendirilmemiş hali.....	147

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.19 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali.....	147
6.20 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali.....	148
6.21 Kerpiç duvar hasır donatı yerleşimi.....	149
6.22 Kerpiç duvar tek taraflı güçlendirme detayı.....	149
6.23 Kerpiç duvar çift taraflı güçlendirme detayı.....	150
6.24 A Aksı duvarının güçlendirilmemiş hali.....	154
6.25 A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali.....	154
6.26 A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali.....	155
6.27 Duvar güçlendirme detayı.....	160

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Harman tuğlasının boyutları.....	28
2.2 Biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğlası sınıfları.....	28
2.3 Fabrika tuğlasının birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı.....	31
2.4 Fabrika tuğlasının anma yükseklikleri ve biçim katsayıları.....	32
2.5 Doğal yapı taşlarının min. Bas. ve eğilmede çekme dayanımları..	35
2.6 Kerpiçlerin sınıflandırılması.....	37
2.7 Beton briketlerin boyutları.....	40
2.8 Beton blok ve briketlerin basınç mukavemetleri.....	40
2.9 Hacimsel olarak harç karışım oranları.....	41
2.10 Harçlarda Minimum Basınç Dayanımları.....	42
3.1 Harman tuğlası deney sonuçları.....	54
3.2 Briket deney sonuçları.....	55
3.3 Kerpiç deney sonuçları.....	55
5.1 Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları.....	75
5.2 Harman tuğlası duvarı hacim hesabı.....	79
5.3 Bina ağırlığı hesabı.....	81
5.4 1 Aksı duvarı kritik nokta maksimum gerilmeleri.....	85
5.5 1 Aksı kritik nokta maksimum deplasmanları.....	86
5.6 A Aksı duvarı kritik nokta maksimum gerilmeleri.....	91
5.7 A Aksı duvarı kritik nokta maksimum deplasmanları.....	92
5.8 Modal analiz sonuçları.....	95
5.9 Duvarların çatlama emniyet gerilemesi.....	97
5.10 Maksimum gerilmelerin emniyet kontrolü.....	99

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.11 Kerpiç duvarı hacim hesabı.....	100
5.12 Bina ağırlığı hesabı.....	102
5.13 1 Aksı duvarı kritik nokta gerilmeleri.....	106
5.14 1 Aksı kritik nokta deplasmanları.....	107
5.15 A Aksı duvarı kritik nokta gerilmeleri.....	113
5.16 A Aksı kritik nokta deplasmanları.....	114
5.17 Modal analiz sonuçları.....	117
6.1 1 Aksı duvarının güçlendirmesiz haldeki gerilme ve dep.....	138
6.2 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	139
6.3 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	140
6.4 A Aksı duvarının güçlendirilmemiş haldeki gerilme ve dep.....	143
6.5 A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	144
6.6 A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	145
6.7 1 Aksı duvarının güçlendirilmemiş haldeki gerilme ve dep.....	151
6.8 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	152
6.9 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	153
6.10 A Aksı duvarının güçlendirilmemiş haldeki gerilme ve dep.....	156
6.11 A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	157
6.12 A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki ger. ve dep.	158
6.13 2.70 x 1 m ebatlarındaki duvar için güçlendirme maliyeti.....	162

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
DOHT	Dolu harman tuğlası
DEHT	Delikli harman tuğlası
P_k	Kırılma anındaki yük
A_0	Tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı
f_b	Tuğlanın basınç dayanımı
k	Tuğlanın biçim katsayısı
E	Elastisite modülü
f_{em}	Duvar emniyet gerilmesi
f_d	Duvar basınç dayanımı
λ_{em}	Duvar kayma emniyet gerilmesi
λ_o	Duvar çatlama emniyet gerilmesi
μ	Sürtünme katsayısı
σ	Duvar düşey gerilmesi

1. GİRİŞ

Uygarlık tarihinin en eski yapı türü, günümüzde de halen inşa edilmekte olan yığma yapılardır. İnsanoğlu gelişim süreci boyunca on binlerce yıl öncesinden günümüze kadar barınma ihtiyacını karşılamak için mevcut yöresel olanakları ve günün teknolojilerini kullanarak yapılar imal etmiştir. Yaşamak için binalar, nehirleri ve vadileri geçmek için köprüler, suları toplamak için sarnıçlar, suları iletmek için kanallar ve su kemerleri, yollar, kaleler, ibadet yapıları ve çeşitli sosyal yapılar inşa edilmiştir.

Genel olarak bakıldığında ülkemiz coğrafyasının büyük bir bölümü birinci ve ikinci derece deprem bölgesi kuşağındadır. Mevcut yapıları incelediğimizde ise yığma yapıların hiç de azımsanmayacak oranda olduğu görülmektedir. Örneğin Türkiye'deki kırsal yapıların tüm yapılara oranı %50-60; Manisa'daki kırsal yapıların Manisa'daki tüm yapılara oranı ise %65'tir (DİE 2000). Özellikle Anadolu'da kırsal kesimlerde hatta büyük şehirlerin çevre mahallelerinde ve gecekondu semtlerinde yapılaşmanın tamamına yakını yığma türündedir. Ülkemizdeki bu mevcut yapıların çoğunun herhangi bir proje hizmeti almadan inşa edildiği bilinmektedir.

Yığma yapıların diğer yapılara kıyasla avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Yığma yapıların maliyeti düşüktür, inşa edilmesi kolay ve pratiktir. Malzeme temininde yöresel olanaklar kullanılır. Kırsal yığma yapılarda yaşantının, romatizmal hastalıklara iyi geldiğine inanılmaktadır. Bunun yanında yığma yapıların en önemli dezavantajları oldukça ağır, hantal ve gevrek malzemedен inşa edilmiş olmalarıdır.

Bilindiği gibi yapı ağırlığı ne kadar fazla olursa deprem esnasında oluşacak atalet kuvvetleri de o denli büyük olacaktır. Bu da yapı elemanlarının çok büyük iç tesirlere maruz kalması demektir. Ayrıca yığma yapılar gevrek olmalarından dolayı sünek yapılar gibi esneme ve enerji yutma yeteneğine sahip değildirler. Sonuçta deprem enerjisini sönümleyemedikleri için deprem tesirini daha şiddetli hissederler. Üstelik yığma yapı malzemesi gevrek özellikte olmasından dolayı mühendislik açısından istenmeyen bir davranış göstermekte, taşıma limitini aştığı anda ani çatlamalara, kırılmalara ve bunun sonucunda da dağılmalara neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı özellikle kırsal yığma yapılar depreme karşı dayanım açısından oldukça risklidirler.

Bununla beraber yığma yapılar deprem açısından tamamen olumsuz yapılar olarak algılanmamalıdır. Bütün diğer yapılarda olduğu gibi yığma sistemler de malzeme ve dizayn olarak kurallara uyulduğu takdirde yeterli düzeyde sağlam ve emniyetli olarak görevlerini yerine getirebilirler.

Yığma yapılar arasında sadece günümüzde yapılan değil eski tarihlerde yapılmış olanları da saymak gerekir. Bunlar arasında camiler, konaklar, saraylar, kümbetler, kaleler, surlar, medreseler, kervansaraylar, tapınaklar, konaklar, hanlar, tarihi anıtlar, kiliseler, manastırlar, kubbeler, tonozlar ve hatta çok daha eski tarihi geçmişe sahip antik yapıları da sayabiliriz. Geçmişten günümüze kadar ayakta kalabilen yığma yapıların gerek malzeme gerek mühendislik özelliklerinin uygun olduğu görülmektedir. Bu yapılar tarihi değerlere sahip olduklarından restore edilerek yeniden işlevsel hale getirilmeye çalışılmaktadır. Deprem

esnasında hasar görmüş yığma yapılarla beraber tarihi eserlerin de onarılması ve güçlendirilmesi özellikle son yıllarda önem kazanmıştır.

Kırsal yığma yapıların fazlalığından dolayı, bu yapıların depreme karşı davranışlarının bilinmesi ve depreme karşı korunması gerekmektedir. Depremlerde yığma yapılar en fazla hasar gören yapılardır.

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremlerde kırsal yapılar önemli oranda zarar görmüştür. Örneğin büyüklüğü 6.1 ila 7.4 arasında ifade edilen 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde yüksek yapısal hasar ile 177 can kaybı meydana gelmiştir. Bu depremde Bingöl merkezine bağlı belde ve köylerdeki yıkık veya ağır hasalı bina oranı %30 civarındadır. Kırsal yapı olarak nitelendirilebilen bu yapıların büyük bir çoğunluğu yığma yapılardan oluşmaktadır. (Karaşin ve Karaesmen, 2005)

1 Ekim 1995 tarihinde meydana gelen 6.0 şiddetindeki Dinar depreminde, merkezde yaygın olarak tuğla yığma ve betonarme binalar hasar görmüştür. 3 Şubat 2002 Sultandağı depreminde ise yöredeki süneklilik oranları düşük kırsal kerpiç yığma yapılar büyük ölçüde hasar görmüş yada yıkılmıştır(Çatal, 2003).

TS2510(1977) “Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları” standardında yığma yapıların tasarım kuralları ve yapım hataları anlatılmıştır. Bu sayede yığma yapılar için gerekli kriterler ve minimum şartlar daha iyi anlaşılmaktadır.

Bu tez kapsamında Manisa ve çevresinde mevcut olan ve geleneksel yöntemlerle yapılmış olan yığma yapıların yapım teknikleri, malzeme özellikleri, statik ve dinamik davranışları araştırılmıştır. Bu

kapsamda ele alınan tipik bir kırsal yığma yapının statik ve dinamik analizi yapılmıştır. Böylece incelenen yığma yapının mevcut özelliklerine bağlı olarak taşıyıcı sistemin güçlendirilmesine ilişkin çözümler ve öneriler değerlendirilmiştir. Yığma yapıların güçlendirilmesi son yıllarda giderek önem kazanmıştır. Bu çalışmada özellikle hasırlı beton ile güçlendirme yöntemi üzerinde durulmuştur.

Manisa ve civarı coğrafyası Akdeniz iklimine sahip bir bölgededir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Malzemenin bulunması ve uygulama kolaylığından dolayı yığma yapılar, çoğu bölgede olduğu gibi Manisa’da da tarih boyunca varlığını sürdürmüştür.

Mevcut bir yapıyı doğru analiz etmek için yapı hakkındaki tüm verilerin sağlıklı bir şekilde elde edilmesi gerekir. Öncelikle yığma yapıyı meydana getiren malzemenin mekanik özellikleri incelenmelidir. Bunların yapı dayanımına katkıları ve yapının tümü üzerindeki davranışa etkileri araştırılmalıdır. Manisa bölgesindeki kırsal yapılarda tuğla, kerpiç, briket ve harman tuğlası kullanılan duvar malzemeleridir.

Bu çalışma kapsamında, Manisa’nın çeşitli bölgelerinde kırsal yapı inşaatında kullanılan duvar malzemelerinin dayanımını tespit etmek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Rasgele seçim yöntemiyle elde edilen çeşitli kerpiç, briket ve harman tuğlası numuneleri laboratuvar ortamında basınç deneyine tabi tutulmuş ve elemanların basınç dayanımı genel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra Manisa bölgesine ait tipik bir yapının statik ve dinamik analizi yapılmıştır.

Yapı genel bilgileri belirlenen yapı, bilgisayarda SAP2000 (V.10) yardımıyla modellenmiştir. Shell elemanlar yardımıyla modellenen

yapının malzeme mekanik özellikleri, laboratuvar raporları ve standartlar yardımıyla belirlenmiştir. Binanın duvarları tuğla ve kerpiç olmak üzere ayrı ayrı analizi yapılmıştır. Analiz raporlarında gerilme yığılmalarının olduğu kritik noktalar belirlenmiştir. Bina duvarlarının yeterli dayanıma sahip olup olmadığı kontrol edilmiştir. Duvarlar yeterli dayanıma sahip olsa da hasırlı beton ile güçlendirme yoluna gidilip hasırlı betonun duvar gerilme ve deplasmanlarını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

1.2 Literatürdeki Çalışmalar

Bayülke (1992), çalışmasında, gazbeton bloklar (60x25x20) ve harç tutkalı kullanarak yapılmış 2 katlı yığma bir yapının dinamik yükler altındaki davranışları ve dayanımları incelemiştir. Deney sonunda gaz beton bloktan yapılmış yığma yapıların, tuğla yığma yapılardan daha üstün olduklarını gözlemiştir.

Bozdoğanlı (1998), çalışmasında yığma duvarların deprem yükleri altında dayanımını araştırmış ve takviye önerileri sunmuştur.

Batur (1999), çalışmasında donatısız yığma binaların yatay yükler altındaki davranışını incelemiş ve bazı ülkelerin şartnamelerini araştırmıştır. Farklı ülkelere ait şartnameler karşılaştırılmıştır.

Üstündağ (2000), çalışmasında bir-iki katlı yığma binaların yatay yükler altındaki davranışını ve kesme güvenliğini araştırmıştır. Genel olarak kırsal yörelerdeki donatısız yığma yapıları incelemiştir. Seçilen malzeme ve işçilik kalitesinin bina dayanımında çok etkili olduğunu belirtmiştir.

Kaya (2003), çalışmasında yığma yapıların malzeme özelliklerinin incelenmesi ve yığma yapının karakteristiklerinin düşünülmesi ile olası yapı hasarları ve onarımlarının nedenlerini tanımlamaya çalışmıştır. Takviye, onarım ve güçlendirme yöntemleri ile bunların uygulama tekniklerini araştırmıştır.

Aköz (2005), çalışmasında yığma kagir yapılarda hasar tespitleri üzerine araştırma yapmıştır. Yığma yapılarda yapının mevcut durumunun tespiti, malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve hasarların izlenmesi için tahribatsız deney yöntemlerinden yararlanılacağını belirtmiştir. Güvenilir sonuç elde edilmesi için ölçümlerde aletler doğru kullanılmalı, yeterli ölçüm yapılmalı, ölçüm ve deney sonuçları uzman kişiler tarafından değerlendirilmelidir.

Arun (2005), çalışmasında yığma kagir yapı davranışını incelemiştir. Düşük dayanımlı, düktil olmayan ve gevrek malzemeye oluşturulan yığma kagir yapılar, uygun tasarım ve detaylandırma ile yapılar yada güçlendirilirse düktilitesi zayıf ve kırılğan davranış göstermeyeceğini ve deprem performansının artabileceğini belirtmiştir.

Dilsiz ve Türer (2005), çalışmasında Türkiye’de yığma binalar için depremsel risk haritası oluşturulması üzerinde durmuşlardır. Yığma yapılarda yaşayan nüfusun yoğunluğu, depremsellik ve tarihçe açılarından tehlikeli iller haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan haritanın yığma yapılar için sismik güçlendirme programlarında ve uygulamalarında ele alınmasının uygun olacağını belirtmişlerdir.

Atımtay ve diğerleri(2005), çalışmasında düzlem dışı yüklenen yığma yapıların deneysel davranışını incelemiştir. Mesnetlerde basınç

oluşturan yükleme durumunda düzlem dışı yüklenen duvarın dayanımının yüksek olduğunu belirtmiştir. Mesnetlerde çekme oluşturan yükleme durumunda ise düzlem dışı yüklenen duvarda kırılma oluştuğunu ifade etmiştir.

Korkmaz ve diğerleri (2005) çalışmasında, elastik art-germe şeritleriyle yığma yapıların güçlendirilmesi üzerine inceleme yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre önerilen güçlendirme metodunun kullanıcılara deprem esnasında en azından konutu terk edecek kadar zaman tanıyacağı düşünülmektedir.

Şimşek (2005), çalışmasında kırsaldaki yığma yapılar ve deprem güvenliklerinin sağlanmasındaki sosyal ve kurumsal etmenleri incelemiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde dar kapsamlı bir pilot uygulama çalışması için genelde kırsalda bulunan kamusal yığma yapıların, özelde ise çocuk ve genç nüfusun gün boyu kullanımına tabi olan okulların ivedilikle güçlendirilmesini önermektedir.

Özen ve Türer (2005), çalışmalarında güçlendirme alternatiflerinin doğrusal olmayan analitik yöntemlerle irdelenmesi üzerine inceleme yapmışlardır. Analitik çalışmada yanal ivme, bina eğilmeden dik konumda etki ettirilmiş, eğilme masası deneyinde ise yapının yan dönmesi etkisiyle duvarlara gelen eksenel yükte azalma olmuştur ve güçlendirilen öge rijit kütle olarak dönmeye başlamıştır. Duvarlar ve yığma yapılar, kullanılmış araba lastikleri ile ard-germe uygulanarak güçlendirilebilmekte, hem dayanımları hem de süneklilikleri artmaktadır.

2. KIRSAL BÖLGELERDEKİ YIĞMA YAPILAR

Yığma yapı insanoğlunun çok eski zamanlardan beri kullandığı bir yapı türüdür. Özellikle kırsal bölgelerdeki yapılar dünyada ve ülkemizde hala mevcudiyetini korumaktadır. Kullanılan malzeme türü, duvar kalınlıkları, temel şekli, çatı sistemi ve imalat teknikleri çoğu zaman bölgeden bölgeye farklılıklar gösterir. İklim, malzeme ve işçilik bakımından bölgesel olanaklar ve gelenekçilik bu farklılıkların sebepleridir. Ancak bütün yığma yapıların ortak özelliği duvarların taşıyıcı olmasıdır. Genel anlamda yığma yapı, duvarlarının taşıyıcı olduğu ve doğal yaşamla iç içe olan bir yapı türüdür. Şekil 2.1’de farklı malzemeler ile inşa edilmiş yöresel yapılar görülmektedir.



Şekil 2.1. Farklı malzemelerle yapılan yığma yapılar

2.1 Kırsal Yörelerde Yığma Yapıların Tercih Nedenleri

Yığma yapıların birçok tercih nedeni vardır. Yığma yapılara geçmişte; malzeme temin kolaylığından, kalifiye usta ve işçi gereksinimine çok ihtiyaç duyulmamasından ve yüksek teknolojiye ihtiyaç duyulmamasından dolayı rağbet çok olmuştur. Bunlara ek olarak, yapım maliyetinin düşüklüğü, ulaşım ve nakliye imkanları, tercih edilmelerindeki diğer faktörlerdir.

Yukarıda sayılan özelliklerden farklı olarak, insanlar yığma yapıların diğer yapılara oranla daha sağlıklı olduğuna inanmaktadırlar. Mesela ısı izolasyonunun iyi seviyede olmasından ve kullanılan malzemelere paralel olarak evin iç hacminin iyi hava almasından dolayı bu tür evlerde yaşayanlarda romatizmal rahatsızlıklara daha az rastlandığı bilinmektedir. Özellikle kış mevsiminde içerde muhafaza edilen sıcaklığın, yaz mevsiminde ise serinliğin uzun süre içerde kalması konfor ve ekonomik açıdan önemli avantajlardır.

Mühendislik açısından tüm duvarları taşıyıcı olan yapıya yığma yapı olarak adlandırılır. Bu duvarlarda meydana gelebilecek hasarlar direkt olarak taşıyıcı sistemi etkiler. Ülkemizde yürürlükte olan “Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları” standardında (TS2510,1977) kargir duvar ve ona bağlı olarak yığma kargir yapı için şu tanımlar yapılmaktadır.

Kargir duvar, doğal taşların veya tuğla, beton biriket, kireç kumtaşı, gazbeton blok vb. yatay taşların, kireç, çimento vb. bir mineral bağlayıcı ile yapılmış harç kullanılarak örülmesi yoluyla oluşturulan yapı elemanıdır.

Yığma kargir yapı, taşıyıcı duvarları kargir duvar tarifine uyan ve döşemeleri betonarme veya betonarmenin verdiği kadar yatay rijitlik sağlayan başka bir tip döşeme olan yapıdır.

Ülkemizde, kırsal bölgelerdeki yığma yapılar, genelde duvarları tuğla (Şekil 2.2), briket (Şekil 2.3), kerpiç (Şekil 2.4) veya doğal taşlarla (Şekil 2.5) örülmüş; harç olarak çamur veya beton harcı kullanılmış ve damları topraktan veya ahşap kafeslerden inşa edilmiş yapılardır.



Şekil 2.2. Tuğla yığma duvar



Şekil 2.3. Briket yığma duvar



Şekil 2.4. Kerpiç duvar



Şekil 2.5. Taş yığma duvar

2.2 Manisa Bölgesindeki Kırsal Yapılar

Anadolunun çeşitli bölgelerinde olduğu gibi Manisa yöresindeki yapılara bakıldığında yapısal bir çeşitlilik olduğu görülür. Evlerin duvarları taştan, harman tuğlasından veya briketten, çoğu zaman da kerpiçtendir. Döşemeler ahşap ve betonarme olabilir. Damlar ise topraktan, betondan, bazen de ahşap iskelet üstünde kiremitten veya çinko levhalardan imal edilmiştir. Manisa bölgesinde kerpiç yapımı için gereken killi toprak bol miktarda bulunur. Ayrıca Manisa'nın ilçesi olan Turgutlu'da Türkiye'nin en büyük tuğla üretim fabrikaları bulunmaktadır. Bu nedenle bölgede tuğla ve kerpiç malzemesi kullanılan yığma yapıların oranı, diğer türlere göre çok daha fazladır. Yapım tekniği olarak da gelenekselleşen yöntemler kullanılmaktadır. Keza kerpiç ve tuğla kullanımı uzun zamandır devam etmektedir.

Manisa ve civarındaki yığma yapıların kendine has özellikleri vardır. Bu kendine haslık da nesilden nesile iletilmiş ve günümüze kadar ulaşmıştır. Şekil 2.6’da Manisa merkezin; Şekil 2.7, Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da Manisa’ya bağlı bazı köylerin genel görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.6. Manisa’nın Spil Dağı’ndan görünüşü



Şekil 2.7. Gökçeköy Beldesi / Manisa



Şekil 2.8. Sungüllu Köyü / Manisa



Şekil 2.9. Dağmarmara Ören Köyü / Manisa

Bu çalışma kapsamında Manisa bölgesindeki ulaşılan bir kısım eski yığma yapı ustalarıyla mülakatlar yapılmıştır. Bu ustalardan elde edilen bilgilere göre Manisa’da; kerpiç ve harman tuğlası en fazla tercih edilen malzemelerdir. Şekil 2.10’da kerpicin kalıplar ile imalatı, Şekil 2.11’de ise bir tuğla fırını görölmektedir.



Şekil 2.10. Kerpiç yapımı



Şekil 2.11. Bir tuğla fırını (Turgutlu/Manisa)

Manisa'daki yığma yapılar hakkında yapılan bu mülakatlar doğrultusunda edinilen bilgilere göre, yığma yapıya ait temel sistemi taş malzemesinden olup taşlar genelde +0.00 kotunun yarım metre altından yerleştirilmeye başlanır. Bunları bir arada tutmak için kerpiçten yapılan harç kullanılır. Temelin taş olması rutubeti önlemede ve sağlamlığı artırmada etkilidir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Taş temele sahip kerpiç yapı örneği (Saruhanlı/Manisa)

Kerpicingin hazırlanışı diğer bölgelerdeki gibidir. Toprak-saman karışımı tamamen çamur haline gelinceye kadar ıslatılıp harmanlanır. Aynı malzemenin çamurunun, biraz daha sıvı hali, harç olarak kullanılır. Samanla karışık harç yapıldıktan sonra duvar örülmeye başlanır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Örölmüş kerpiç duvar (Saruhanlı/Manisa)

Duvar öröldükten sonra aynı malzeme ile duvar sıvanır. Böylece içerdeki kerpiç yine kerpiçle sıvanarak korumaya alınır (Şekil 2.14, Şekil 2.15).

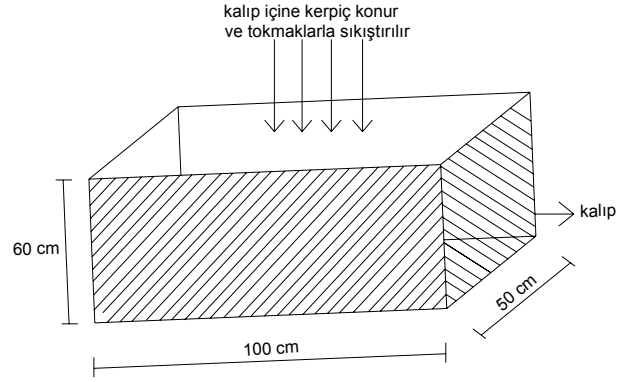


Şekil 2.14. Kerpiçle yapılan sıva (Hacırahmanlı/Manisa)



Şekil 2.15. Kireç badanalı kerpiç yapı (Hacırahmanlı/Manisa)

Yine yöresel yığma yapı ustalarıyla yapılan mülakatlardan elde edilen bilgilere göre; kullanılan malzeme kerpiç olup duvar örme şekli farklı olan yığma yapılar da mevcuttur. Yukarıda anlatılanlarda duvar parça parça örülür (Şekil 2.13). Kalıp duvar denilen bir uygulamada ise farklı bir duvar oluşturma sistemi vardır. Kerpiç kalıp duvarında da aynı malzeme kullanılır, fakat kerpiç çamur haline getirilmez. Samanla toprak karıştırılıp tavllanır. Duvarın boyutlarına göre ağaçtan kalıp oluşturulur. Kalıbın büyüklüğü yaklaşık olarak 100 cm x 60 cm'dir. Bu kalıp, yapılan taş temelin üzerine konur. Kalıbın iki tarafından açılmaması için bağlantıları vardır. Kalıpların içi, hazırlanan tavlı toprakla doldurulur. Ve ağaçtan yapılmış bir tokmakla vurularak sıkıştırılmaya başlanır (Şekil 2.16). Bir miktar çöken kısmı tekrar doldurulup tekrar dövülür. Bu işlem 2-3 kez tekrarlanır ve 1 metre yüksekliğe ulaşmış olan sıkışmış tavlı toprak kalıbı hemen çıkarılır. Sırayla bütün duvarların ilk 1'er metresi oluşturulur ve malzemenin kendini çekmesi için 1-2 gün beklenir. İkinci sırayı oluştururken mukavemeti sağlamak için yeni yapılan kalıp aşağıdakilerin ek yeri üzerine yapılır. Başta kalan boşluk harici malzemeye (kerpiç, taş) kapatılabilir.



Şekil 2.16. Kerpiç kalıp duvarı yapımı

Bir diğer geleneksel duvar oluşturma şeklinde ise duvarın aralarına ağaç dilme konur. Dilmelerin aralarına tuğla veya kerpiç doldurulur. Üzeri sıvanır. Bu tip duvarlar Çatma Duvar olarak adlandırılır (Şekil 2.17). Genellikle yüksek veya 2 katlı binalarda uygulanır.



Şekil 2.17. Dilmelerle güçlendirilmiş “çatma duvar” örneği (Belen/Manisa)

Çatıda ise genelde ahşap kafes sistem oluşumu esastır (Şekil 2.18). Bu kafes sistemin üzerine konulan kontraplak ve kiremitlerle de çatı sistemi tamamlanır. En çok kullanılan çatı sistemi ahşap kafes sistemi olmasının yanında tamamen kerpiçten oluşan çatılar da mevcuttur. Tamamen kerpiçten oluşan çatı bölgenin yüksek kısımlarında tercih edilir. Çünkü kerpiç ısı izolasyonu açısından avantajlıdır (Şekil 2.19).



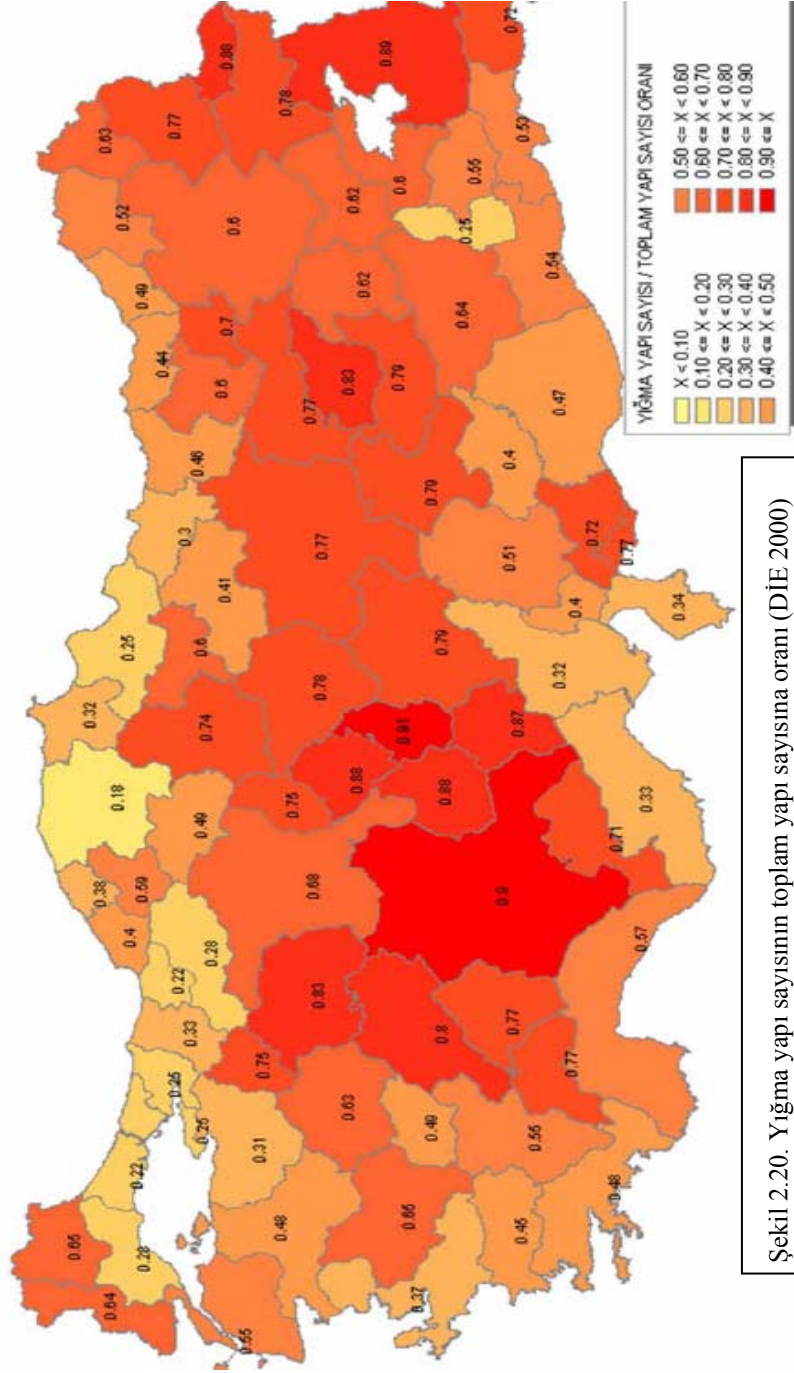
Şekil 2.18. Kavak ağacından yapılmış çatı kafes sistemi (Akhisar/Manisa)

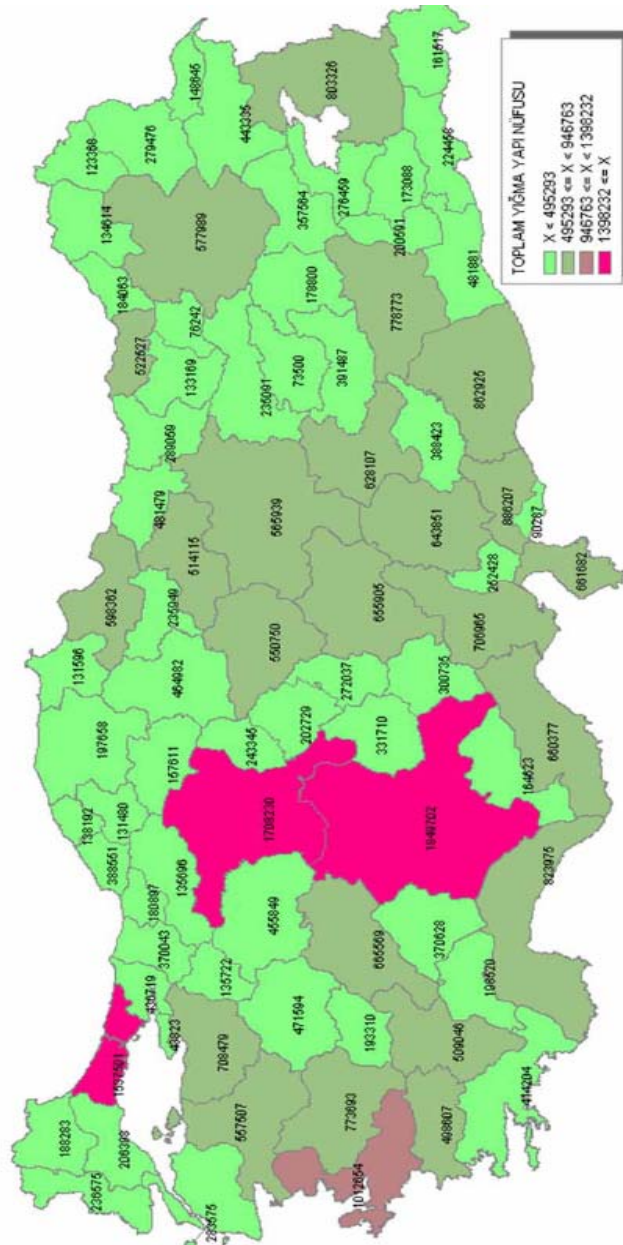


Şekil 2.19. Kerpiçten yapılmış çatı sistemi (Demirci/Manisa)

Duvar kalınlıkları kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterir. Kerpiç duvar kalınlıkları genelde 50-60 cm; tuğla duvarlarda ise 20-30 cm arasındadır.

Türkiye’de yığma yapılarla ilgili istatistiklerde halkın büyük bir bölümünün yığma yapılarda hayatını idame ettirdiği görölmektedir(Şekil 2.20 ve Şekil 2.21).





Şekil 2.21. Yığma binalarda yaşayan toplam nüfus (DİE 2000)

2.3 Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler

Yığma yapılarda kullanılan malzemeler, malzeme temin kolaylığına, yapının kullanım amacına, iklim şartlarına ve ekonomik koşullara göre değişir. Tuğla, kerpiç, briket ve doğal taşlar genel yığma yağı malzemeleridir.

2.3.1 Tuğla

Tuğlalar "Seramik" olarak tanımlanan ısı işlem gören bir malzeme türüdür. Tuğlalar inorganik, yüksek ısılarda işlem görmüş silikatlar ve metal oksitlerdir. Oksitlenmiş bir malzeme kimyasal bakımdan denge noktasındadır ve yeni bir kimyasal işleme girmez. Fiziki olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklıdır. Tuğlaların pişirme ısıları 950-1200 santigrat derece civarındadır. Tuğla üretimi önemli ölçüde yakıt gerektirir. Harman tuğlası, 800 derecede pişirilirken sert tuğla için pişirme ısısının 900-1000 derecenin üzerinde olması gerekir. Pişirme sırasında tuğlada, sonsuz sayıda mikroskopik çatlak, boşluk ve geçitler oluşur. Genellikle tuğlanın porozitesi % 25'den fazla ise giderek basınç dayanımı azalır. Açık hava koşullarında kullanılacak ve sıva ile kaplanmayacak tuğlalarda porozite % 15'nin altında olmalıdır (Bayülke,1992).

Yığma yapı duvarlarında kullanılan başlıca iki tip tuğla vardır. Bunlar harman tuğlası ve fabrika tuğlasıdır.

2.3.1.1 Harman tuğlası

1970'li yılların başlarına kadar oldukça yaygın olan harman tuğlası üretimi ve kullanımı giderek azalmaktadır. Bu bakımdan harman tuğlasının basınç dayanımının bilinmesi daha çok eski harman tuğlası ile yapılmış mevcut yığma yapıların analizi için gerekmektedir. 1964-1975 yıllarında o zamanki İmar ve İskan Bakanlığı Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında 43 değişik parti harman tuğlası üzerinde yapılmış basınç dayanımı deneylerinde ortalama dayanım 55 ± 18 kg/cm²; deney yapılan partiler içinde rastlanan en büyük ortalama basınç dayanımı 105 kg/cm², en küçük ortalama basınç dayanımı 23 kg/cm² olarak bulunmuştur. Harman tuğlaları Ankara İl sınırları içindeki tuğla ocaklarından alınmıştır. Postacıoğlu (1962) kendi yaptığı deneylerde 67 harman tuğlası için ortalama 16-27 kg/cm² basınç dayanımı bulmuştur. Yine bu deneylerde tuğla dayanımının 16 kg/cm²'den küçük olma ihtimali % 5, 40 kg/cm²'den küçük olma ihtimali % 17 ve 75 kg/cm²'den küçük olma ihtimali % 69'dur (Bayülke,1992).

Harman tuğlası kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya birlikte yoğrulup gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzerleri ile karıştırılıp şekillendirildikten sonra kurutulup genellikle harman yerinde ocaklarda pişirilmesi yoluyla elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir (Şekil 2.22).

Harman tuğlaları basınç dayanımlarına ve biçimlerine göre iki şekilde sınıflandırılırlar.

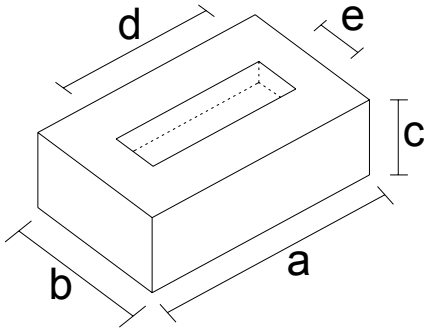
Basınç dayanımlarına göre harman tuğlaları;

- Orta dayanımlı harman tuğlası
- Az dayanımlı harman tuğlası

Biçimlerine göre harman tuğlaları;

- Dolu harman tuğlası (DOHT)
- Delikli harman tuğlası (DEHT)

olmak üzere ayrılırlar(TS 704,1979).



Şekil 2.22. Bir harman tuğlası örneği

Boyutlara ilişkin toleranslar Çizelge 2.1’de, biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğlası sınıfları ise Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2 .1 Harman tuğlasının boyutları (TS704,1979)

BOYUTLAR(mm)		TOLERANSLAR(mm)
Uzunluk(a)	190	+6
		-13
Genişlik(b)	90	+4
		-5
Yükseklik(c)	50	+3
		-2

Çizelge 2.2 Biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğlası sınıfları (TS704,1979)

SINIFLAR		Tuğlanın Sembolü	Ortalama hacim ağırlığı (max) kg/dm^3	Ortalama basınç dayanımı (min) kg/cm^2	Basınç Dayanımı (min) kg/cm^2
Dolu Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	DOHT/50	sınırlanmamıştır	50	40
	Az Dayanımlı	DOHT/30	sınırlanmamıştır	30	25
Delikli Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	DEHT/50	1,40	50	40
	Az Dayanımlı	DEHT/30	1,40	30	25

Harman tuğlasının şekli, dikdörtgenler prizması şeklinde olmalı, yüzleri ve kenarları düzgün bulunmalıdır. Dolu tuğlaların üst yüzünün ortasında, derinliği 10 mm'den fazla olmayan çukurluklar bulunabilir. Tuğla üst yüzünde bu şekilde çukurluklar bulunması halinde çukur kenarlarının, bulundukları yüzün kenarlarına uzaklığı 20 mm'den daha az olmamalıdır. Harman tuğlasındaki delikler, düşey delikli olanlarında, tuğlanın alt ve üst yüzlerinde olabildiğince eşit aralıklarla yayılmış bulunmalı ve bu yüzlere dik olarak tuğlanın bütün yüksekliği boyunca devam etmelidir(TS704,1979).

Dikdörtgen biçimli bir delik kesitin kenar uzunluğu 15 mm'den küçük ve en kesiti $4,5 \text{ cm}^2$ 'den büyük olmamalı ve daire biçimli deliklerin çapları 25 mm'yi aşmamalıdır. Deliklerin toplam en kesit alanı, bulundukları tuğla yüzü alanının %25'inden büyük olmamalıdır(TS704,1979).

2.3.1.2 Fabrika tuğlası

Fabrika tuğlası kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütölmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinelerle şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir (TS705,1985).

Fabrika tuğlaları delik oranlarına ve dona dayanıklılıklarına göre iki şekilde sınıflandırılırlar. Delik oranlarına göre fabrika tuğlaları;

- Dolu tuğla
- Seyrek delikli tuğla
- Az delikli tuğla

olmak üzere 3 sınıfa ayrılırlar.

Dona dayanıklılıklarına göre fabrika tuğlaları;

- dona dayanıklı tuğla (cephe tuğlası)
- dona dayanıksız tuğla

olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Fabrika tuğlasının basınç dayanımı ise bir çok faktöre bağlıdır. Bunlar yapıldığı toprağın cinsi, porozitesi, pişirilme ısısı, üretim biçimi, delikli tuğla ise deliklerin miktarına ve deliklerin yerine kenarların biçimine, yükleme yönü gibi faktörlerdir.

Delik oranlarına göre fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlık ve basınç dayanımları Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3: Fabrika tuğlasının birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı (TS705,1985)

Tuğla Sınıfı	Hacim Ağırlığı kg/m ³	Delik Oranı %	Tuğla Sembolleri	Ortalama Basınç Dayanımı kg/cm ²
Dolu Tuğla	2,000	15%	2,0/240	240
			2,0/180	180
			2,0/120	120
	1,800	15%	1,8/220	220
			1,8/150	150
			1,8/100	100
Seyrek Delikli Tuğla	1,600	20%	1,6/220	220
			1,6/150	150
			1,6/100	100
	1,400	25%	1,4/200	200
			1,4/120	120
			1,4/80	80
Az Delikli Tuğla	1,200	35%	1,2/150	150
			1,2/100	100
			1,2/60	60

Fabrika tuğlasının basınç dayanımı TS705'e göre uygun olarak hazırlanan numunenin kırılmasına neden olan P_k yükü, A_0 yükleme alanına bölünerek aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır(TS705,1985).

$$f_b = \frac{P_k}{A_0} \times k \quad (3.1)$$

Burada;

f_b = tuğlanın basınç dayanımı (kg/cm²)

P_k = kırılma anındaki yük (kg)

A_0 = tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı (cm²)

k = tuğlanın biçim katsayısı

olarak tanımlanmaktadır.

Biçim katsayısı tuğla yüksekliğine bağlı olarak Çizelge 2.4'te verilmiştir. Alanın hesaplanmasında, delik alanları A_0 yükleme alanından düşülmez.

Çizelge 2.4 Fabrika tuğlasının anma yükseklikleri ve biçim katsayıları(TS705,1985)

Tuğla Anma Yüksekliği (mm)	Biçim Katsayısı (k)
135≥	1,00
185	1,10
235	1,25

Tuğlalarda genellikle hesaba katılan mukavemet özellikleri basınç mukavemeti ve kırılma modülü (eğilmede çekme mukavemeti değeri olan)'dür. Tuğlanın basınç mukavemeti hammadde, yapım süreci, pişirme derecesi, biçim ve büyüklüğünün bir fonksiyonudur. Bu da çok değişkendir. Genellikle 50-700 kgf/cm² arasında değişen değerlere

sahiptir. Kırılma sırasındaki basınç gerilmesinde tuğladan tuğlaya büyük farklar olurken kırılma sırasındaki birim uzama ya da kısılma da buna bağlı olarak değişir. Bundan dolayı tuğlanın elastisite modülünün $E=1000 \text{ fT}$ olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Burada fT tuğlanın kırılma anındaki gerilmesidir. Tuğlanın Poisson oranı için 0.18-0.25 değerleri alınır(Bayülke,1992). Buna karşılık Afet Bölgelerinde Yapılan Yapılar Hakkında Yönetmelik (2007)'de elastisite modülü $E=200.\sigma$ olarak verilir. Buradaki σ değeri ise deneysel olarak elde edilen serbest basınç dayanımının %50'si olarak ifade edilmiştir.

2.3.2 Doğal yapı taşları

Yığma yapılarda kullanılacak taşlar yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Donmaya ve atmosfer koşullarına karşı yüksek dayanımlı olmalı, harca iyi yapışmalı ve kolayca işlenmelidir. Duvarlara konulan taşların boyutları da duvar kalınlığı ile orantılı olmalıdır. Duvarda çok büyük boyutlu taşların bulunması, harcın taşları birbirine bağlamasını güçleştirir(Bayülke,1992).

Duvarlarda kullanılacak yapı taşlarının 10 x 20 x 20 cm gibi ya da buna yakın boyutlarda olması hem işçilik bakımından kolaylık sağlar hem de taşlar birbirine iyi bağlanabilir. Taşların basınç dayanımı taşın cinsine, oluşum koşullarına ve mineral yapısına bağlı olarak değişir. Aynı kimyasal yapısı olan taşların bazıları çok daha dayanıklı olurken bazıları daha zayıf olabilmektedir(Bayülke,1992).

Volkanik kökenli taşlar daha sert ve dayanıklıdır ve basınç dayanımları da daha yüksektir. Tortul taşlar ise daha düşük dayanımlıdır.

Kum taşları 200- 800 kg/cm², Kalker-Dolomit 500-1200 kg/cm², Granit 800-2500 kg/cm², Bazalt 4000-5000 kg/cm² dayanımlarında olabilir. Bazı yapı taşları ıslanınca yumuşayıp ufalanırlar. Geçmiş gözlemlere dayanılarak genellikle çevrede hangi ocaklardan alınan taşların daha sağlam ve dayanıklı olduğu bilinir ve buradan getirilen taşların kullanılması istenir. Taşın alındığı ocak çevresinde aynı cins taşın açık havada duran ve bozulmamış örneklerinin bulunması taşın açık hava koşullarına dayanıklı olduğunun göstergesidir. Bu taşlar donmaya dayanıklıdır(Bayülke,1992).

Granit, kumtaşı ve içinde kil ve mika mineralleri olan çatlaklı taşlar, tekrarlanan donma ve çözülme etkisi altında kısa sürede çatlayıp ufalanabilir. Bir yapı taşının donma dayanımı 25 kere -15 C dereceye kadar soğutulup tekrar +15 C dereceye ısıtıldıktan sonra basınç dayanımı deneyi yapılarak belirlenir. Ocaktan patlayıcı madde ile çıkarılma sırasında da taşta çatlaklar oluşabilir ve taşın donma dayanımı azalabilir. Karbondioksitli sular karbonatlı taşları eritir, yine sülfür oksitleri de mermer, kalker, dolomit ve kumtaşlarına olumsuz yönde etki eder. Kırıldığı zaman kesitleri sedef gibi ya da pul pul görünen taşlar sert olsalar bile harca yapışmazlar ve kullanılmaları sakıncalıdır(Bayülke,1992).

Doğal yapı taşı, doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, homojen, atmosfer etkilerine dayanıklı, petrografik ve teknolojik özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taştır.

Doğal yapı taşlarının cinslerine göre TS 2513(1977)'te verilen minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5: Doğal yapı taşlarının minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları (TS2513,1977)

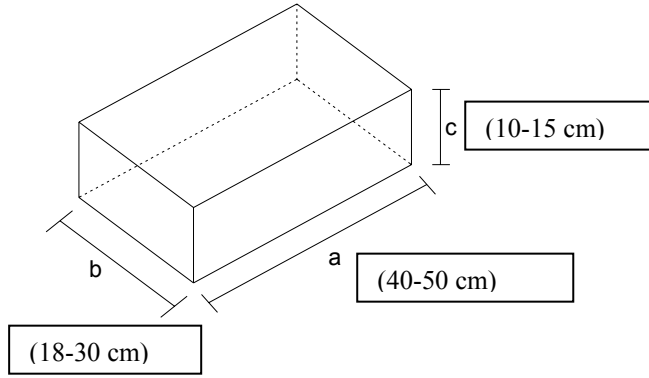
Taşın Cinsi	Minimum Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Eğilmede Minimum Çekme Dayanımı (kg/cm ²)
Kalker, traverten, kireç bağlayıcılı kumtaşı	350	30
Yoğun kalker, dolomit, bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, grovak	800	60
Granit, siyenit, diorit, melafir, diabaz, andezit	1200	75
Diğer tortul ve metamorfik taşlar	500	50
Diğer püskürük taşlar	1400	80

2.3.3 Kerpiç

Özellikle kerpiç yapılara kırsal yörelerde sık rastlanır. Bu tezin araştırma alanı olan Manisa ve çevresindeki yığma yapılarda da bu sıklık kendini göstermektedir. Bu yapıların belirli kurallara göre yapılmasını ve

dolayısıyla deprem ve su baskını gibi afetlerde can ve mal kaybının en aza indirilmesi amacıyla nisan 1985'te Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları adıyla TS 2515 hazırlanmıştır. Kerpiç bloklar ve bu blokların yapım kuralları ile ilgili yönetmelik ise 1977'de hazırlanan TS 2514'tür.

Kerpiç bloklar, killi ve uygun nitelikte toprağın içine saman veya diğer bitkisel lifler vb. veya saz türünden bitkiler, kaba ot, kenevir lifleri, saman, kuru funda, çam iğneleri, ağaç dalları, testere ve rende talaşları ve benzeri katkı maddeleri karıştırılıp ve su ile yoğrulup kalıplara dökülerek şekillendirmek ve açık havada kurutmak suretiyle elde edilen mamullerdir. Kerpiç blokları boyutlarına göre ana ve kuzu diye adlandırılırlar.



Şekil 2.23. Bir kerpiç örneği

Kerpiçlerin sınıflandırılması Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6: Kerpiçlerin sınıflandırılması(TS2514,1977, TS2515,1985)

Sınıf	Boyutlar (cm)	Hacim (dm ³)	Yaklaşık Ağırlık (kg)
I	12x19x40	9,12	10-12 (kuzu)
II	12x30x40	14,40	15-25 (ana)
III	12x18x30	6,48	7-11 (kuzu)
IV	12x25x30	9,00	10-15 (ana)

Kerpiçler dikdörtgen prizma şeklinde olmalıdır. Bloklarda çatlak ve kırıklık bulunmamalıdır. Kerpiçlerin basınç dayanımı 8 kgf/cm²'den az ve ölçülen numunelerin ortalaması 10 kgf/cm²'den az olmamalıdır. Bu çalışma kapsamında elde edilen çeşitli kerpiç numunelerde yapılan basınç deneylerinde basınç dayanımı ortalama 36,64 kg/cm² civarında olduğu tespit edilmiştir.

2.3.4 Beton briket

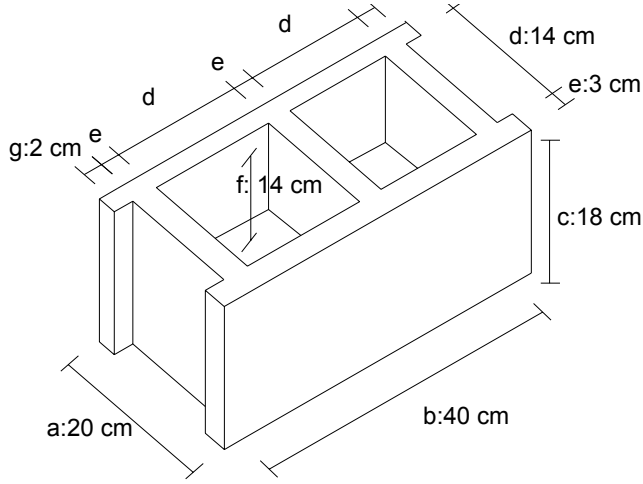
Beton briketler çimento, hafif ve normal ağırlıkta agregalar, su ve gerektiğinde başka katkı maddeleri ile üretilirler. Üretimlerinde agrega olarak kum-çakıl kullanıldığı gibi cüruf, doğal hafif agrega da (Bims gibi) kullanılmaktadır. Beton briketler çoğunlukla boşluklu olarak üretilirler. Genellikle piyasa için üretilenler betonarme yapıların dolgu duvarlarında ve döşemelerinde dolgu malzemesi olarak kullanılırlar. Çok sayıda yapıyı içeren inşaat uygulamalarında şantiyede de üretilmektedirler(Bayülke,1992).

Beton briketler çoğunlukla tuğlanın üretilmediği ve tuğla taşıma bedelinin yüksek olduğu bölgelerde ve özellikle çevrede hafif agreganın

bol bulunduğu yerlerde yoğun olarak üretilmektedirler. Örneğin İç Anadolu Bölgesinde Kayseri, Niğde ve Nevşehir çevresinde volkanik bir taş olan tf ve pomza taşı da denen malzemenin yoğun olarak bulunması bu bölgede hafif beton briket üretimini çok yaygınlaştırmıştır. Bu arada 1980'li yılların başında kabul edilmiş yapılar da ısı yalıtımı zorunluluğu da bu tür ısı yalıtımı yüksek olan hafif beton briket üretimini teşvik etmiştir(Bayülke,1992).

Beton briketlerle ilgili TS406(1988) standardına göre basınç dayanımları 25, 50, 75, ve 150 kg/cm² sınıflarında olan beton briketler üretilir. Beton briketlerin birim ağırlıkları 0.5 ile 2.2 ton/cm² arasında olabilir. Boşluklu beton briketlerin basınç dayanımı hesaplanırken boşluk alanı çıkarılmamaktadır. Bu nedenle briketteki betonun dayanımının briket dayanımının en az iki katı olması gerekir. Beton briketlerin basınç dayanımları çok çeşitlidir ve kullanılan agreganın birim ağırlığı ile bağlantılıdır. Hafif agregalar ile yapılan briketlerin basınç dayanımları genellikle düşüktür. Briketlerin hafif olması için genellikle hafif agregalar kullanılmaktadır(Bayülke,1992).

Beton briket duvar yapımında kullanılmak üzere tabii ve/veya suni agregalar ile imento, su ve gerektiğinde katkı maddeleri kullanılarak yapılmış, anma ykseklıği en çok 135 mm olan beton malzemesidir (şekil 2.24).



Şekil 2.24. Bir briket örneği

Briketin sınıflandırılması için; TS 406 Beton blok ve briketler için standartlarda beton briket, boşluklu olup olmamasına göre,

- dolu briket
- boşluklu briket

olmak üzere 2 sınıfa, hacim ağırlıklarına göre 12 sınıfa ayrılmaktadır.

Beton blok ve briketler basınç mukavemetlerine göre,

- BB2
- BB4
- BB6
- BB12

olmak üzere 4 sınıfa ayrılırlar. Beton briketlerin boyutları Çizelge 2.7’de, basınç mukavemetleri ise Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge2.7: Beton briketlerin boyutları (TS406,1988)

Uzunluk (L,mm)	Genişlik (b,mm)	Yükseklik (h,mm)
190,240	100	85
	150	
240,390,490	200	135
	250	
	300	

Çizelge2.8: Beton blok ve briketlerin basınç mukavemetleri(TS406,1988)

TÜRLER	Basınç Mukavemetinin Değerleri	
	Ortalama Değer kg/cm ²	Minimum Değer kg/cm ²
BB2	25	20
BB4	50	40
BB6	75	60
BB12	150	120

2.3.5 Harç

Yığma yapılarda taşıyıcı duvarları oluşturan elemanları (taş, tuğla vb.) birbirine bağlayan malzemeye harç denir. TS 2848(1977) Kargir Duvar Harçları ile ilgili standartlarda harç için şu tanım yapılmıştır.

Duvar harcı TS 2717'ye uygun harç kumu ile bağlayıcı olarak çimento, kireç hamuru, söndürülmüş toz kireç, harç çimentosunun ayrı ayrı veya birkaçı bir arada kullanılarak ve yeteri kadar su ve gerektiğinde

katkı maddeleri ile karıştırılarak elde edilen ve duvarların örülmesinde kullanılan yapı malzemesidir.

Harçlar basınç dayanımlarına göre, A, B, C, D, ve E sınıfı harçlar olmak üzere beş sınıfa ayrılır (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9: Hacimsel olarak harç karışım oranları (TS2848,1977)

Harç Sınıfı	Tip No	Kum	Çimento	Harç Çimentosu	Kireç Hamuru	Toz Kireç
		1,3 t/m ³	1,2 t/m ³	1,0 t/m ³	1,3 t/m ³	0,6 t/m ³
A	-	3	1	-	-	-
B	1	4	1	-	-	-
	2	4	1	1/2	-	-
	3	4	1	-	-	1/2
	4	4	1	-	-	1
C	1	7-9	1	2	-	-
	2	5	1	-	-	-
	3	5	1	-	1	-
D	1	6-8	1	-	2	-
	2	6-8	1	-	-	3
	3	2-3	-	1	-	-
E	-	3	-	-	1	-

Yukarıdaki çizelgede malzemelerin altında t/m³ cinsinden verilen değerler malzemelerin birim hacim ağırlıklarıdır.

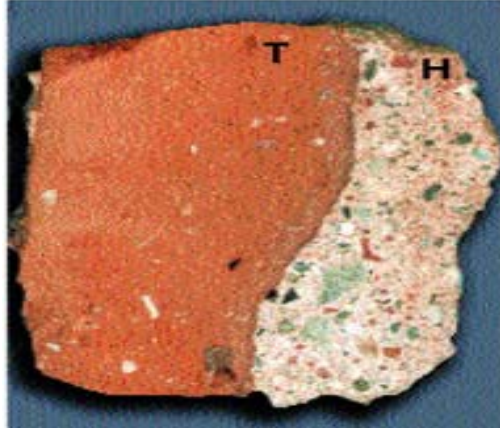
Harç karışımlarında ise, harç grubuna göre gerekli agrega ve bağlayıcı miktarları hacim olarak aşağıdaki çizelgede verilen değerlere uygun olmalıdır. Harcın kullanılacağı yere ve koşullara uygun kıvamda olabilmesini sağlayacak miktarda su katılmalı, özel hal ve gerekler dışında yerleştirildiği derzden akıp giderek derzi kısmen boş bırakacak kadar akıcı olmayan ve kolay işlenebilen plastik bir kıvamla gerçekleştirilmelidir.

Harçların basınç dayanımı; TS 2848’de tarif edilen basınç dayanımı deneyi uygulandığında bulunacak sonuç, harç sınıfları için aşağıda verilen değerlere uygun olmalıdır (Çizelge 2.10)

Çizelge 2.10: Harçlarda Minimum Basınç Dayanımları (TS2848,1977)

Harç Sınıfı	Minimum Basınç Dayanımı kg/cm ²
A	150
B	110
C	50
D	20
E	5

Bütün bunlardan ayrı olarak Horasan Harcı da bilinen özel harçlardandır. Türkler tarafından bulunan, içinde pişirilmiş ve öğütülmüş toprak ürünleri katılan bir malzemedir (Şekil 2.25). Bazı uygulamalarda kireç, kum ve çakıl karışımı da gözlemlenmiştir.



Şekil 2.25. Horasan harcının tuğla ile yaptığı bağ (T:Tuğla, H:Harç)

Dayanımı yüksek olan bu harç, birçok Türk yapısında uygulanmıştır. Bizans, Selçuklu ve Osmanlı eserlerinde geniş ölçüde kullanılmış olan horasan harcı, özellikle 15. yüzyıldan sonra kullanım alanını genişletmiştir.

Hazırlanan horasan harcı ve sıvaları tarihi yapıların inşasında kullanılan en önemli bağlayıcı malzemelerdendir. Tarihi yapıların korunmasına yönelik yapılacak müdahalelerden önce bunların özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklere sahip harç ve sıva üretilerek koruma çalışmalarının yürütülmesi gerekmektedir. Çimento gibi bilinçsizce seçilen malzemelerle yapılan müdahaleler, tarihi yapıların bozulma sorunlarını artırmaktadır. Bu nedenle, çok sayıda araştırmacı tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıvaların özellikleri üzerine çalışmıştır.

Osmanlı döneminde horasan harcı hazırlamada kullanılacak tuğlaların yeni ve iyi pişirilmiş olması koşulu şartnamelerde belirtilmiştir. Bize göre, buradaki iyi pişirilme, tuğlanın hammaddesi olan killerin tamamının amorf hale dönüşümün sağlanmasının gerekliliği ile

açıklanabilir. En fazla amorf malzemenin elde edildiği sıcaklığın 550-600 °C da gerçekleştiği bilinmektedir. Yeni pişirilmiş olması ise tuğlanın su ile temas etmeden kullanılarak reaktifliğini yitirmemesinin gerekliliği ile açıklanabilir. Çünkü, su ile aktif hale gelen amorf silikalar, silisik asit üreterek tuğlada olması muhtemel karbonatlarla reaksiyona girerek reaktifliklerini yitirmektedir. Bu koşulların eski şartnamelerde yer alması, horasan harcı ve sıvası hazırlanması ile ilgili oluşan yılların deneyimini ve birikimini ifade etmektedir. Bu birikim, çimentonun yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte yok olmuştur. (Böke ve diğerleri,2004)

2.4 Manisa Yöresindeki Kırsal Yapı Malzemeleri

Manisa ve civarında yukarıda sayılan malzemelerden özellikle kerpiç ve harman tuğlası kullanılmıştır. Kerpiç, yapım kolaylığı ve ucuzluktan dolayı yoğun olarak tercih edilmektedir. Tuğla ise daha çok depo, konut ve hangar tarzı inşaat bölümlerinde kullanılmaktadır. Tuğla ve kerpiç komşu binalarda bile kullanılabilir (Şekil 2.26). Manisa'nın ilçesi Turgutlu'da Türkiye'nin en büyük tuğla fabrikalarının olması da civar bölgedeki tercihin sebeplerindendir.



Şekil 2.26. Yan yana duran kerpiç ve tuğla duvarlı binalar (Manisa – Muradiye)

Briket ise daha çok bahçe duvarı yapımında kullanılmaktadır. Konut inşaatında kullanılan briketler de mevcut olmasına rağmen bunların sayısı kerpiç ve tuğlaya göre azdır(Şekil 2.27).



Şekil 2.27. Briket duvar altı taş temel (Manisa – Akhisar)

Doğal taş kullanımı Manisa’da pek yaygın değildir. Ama mevcut olan taş yığma yapıları Manisa’nın en sağlam binalarındandır. Şekil 2.28’de 60 yıldır ayakta duran ve gayet sağlam görünen taştan yapılmış bir kooperatif binası görülmektedir.



Şekil 2.28. Taştan yapılmış kooperatif binası (Manisa – Hacirahmanlı)

3. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Tez kapsamında, Manisa’da mevcut yığma duvar malzemelerinin literatürle kıyaslanması amacıyla basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney mevcut yığma yapılardan temin edilen tuğla, briket ve kerpiç numuneleri üzerinde yapılmıştır. Söz konusu çalışmalarda literatürde yer alan çalışmalardaki yığma malzeme mekanik özelliklerinin, Manisa’daki yığma yapılarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

3.1 Deney Numunelerinin Elde Edilmesi Ve Hazırlanması

Manisa ve Manisa’ya bağlı civar yerleşim bölgelerindeki mevcut yapılarda bulunan kerpiç (Şekil 3.1), briket ve tuğla (Şekil 3.2) numunelerinden mümkün olduğunca çok sayıda numune alınıp laboratuara getirilmiştir. Laboratuara getirilen numuneler basınç deneyi için uygun hale getirilmek amacıyla bir takım işlemlere tabi tutulmuştur. Önce numunelerin yüzeyleri alçıyla sıvanmıştır. Yüzeyleri alçıyla sıvanan numuneler bir süre beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra elektrikli zımpara makinesiyle numunelerin yüzeyi zımparalanıp pürüzsüz hale getirilmiştir(Şekil 3.3). Bundaki amaç basınç deneyinde, deney aletine konan numunelerin yüzeyine basıncın homojen dağılmasını sağlamak ve lokal kırılmaların önüne geçmektir. Yüzeyi pürüzsüz olan numuneler deneye tabi tutulduğunda gerçek basınç mukavemetine paralel sonuçlar verebilmesi istenmektedir. Sonrasında, basınç deneyine girecek olan tuğla, briket ve kerpiç numunelerine numara verilip düzene sokulmuştur ve deneye hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da hazırlanan numuneler görünmektedir.



Şekil 3.1. Alçı sıvalı kerpiç numuneler



Şekil 3.2. Alçı sıvalı tuğla ve briketler



Şekil 3.3. Numunelerin yüzeylerinin traşlanması



Şekil 3.4. Deneye girecek olan harman tuğlaları



Şekil 3.5. Deneye girecek olan briketler

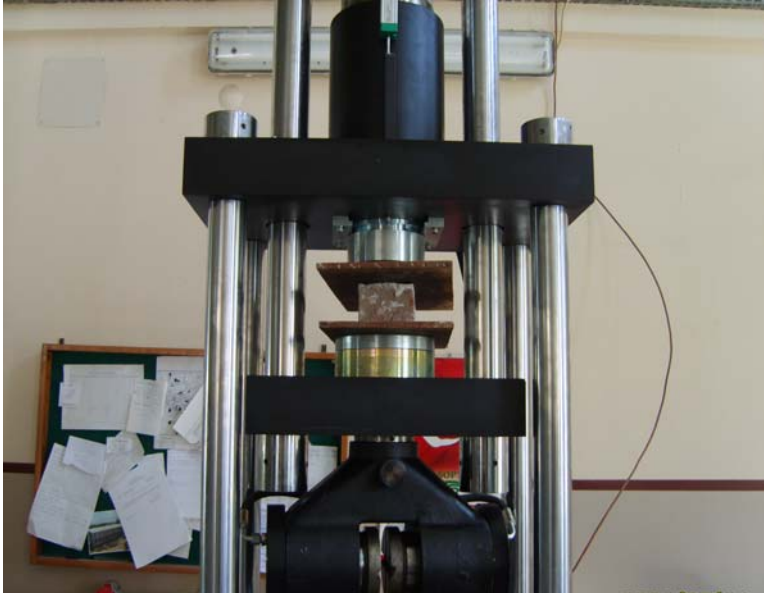


Şekil 3.6. Numaralanmış bir kerpiç

3.2 Serbest Basınç Deneyleri

Basınç deneyine hazır hale gelen numuneler tek tek numaralandırılıp, her birinin boyutu üstüne yazılmıştır. Böylece deneyin sayısal girdi ve çıktılarında olası karışıklıklar önlenmek istenmiştir. Basınç deneyine tabi olan her numune farklı bir yığma yapıdan alındığından numune boyutları değişiklik göstermektedir.

Ayrıca numunelere başlık olması amacıyla 1 cm kalınlığında çelik plaka kestirilmiş ve deney esnasında numunelerin iki yüzüne konmuştur. Böylece zaten düz yüzeye sahip olan numunelerin basıncı homojen almaları sağlanmıştır. (Şekil 3.7, 3.8, 3.9, 3.10)



Şekil 3.7. Basınç deneyine giren harman tuğlası



Şekil 3.8. Yükleneğinde olan bir harman tuğlası



Şekil 3.9. Basınç deneyine giren briket numunesi



Şekil 3.10. Deneyin bilgisayardan kontrol edilmesi

3.3 Deney Sonuçları Ve İrdelemeler

Yapılan basınç deneylerinde elde edilen sonuçlar harman tuğlası numuneleri için çizelge 3.1’de, briket numuneleri için çizelge 3.2’de kerpiç numuneler için çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.1: Harman tuğlası deney sonuçları

No	Boyutlar (cm)	Basınç alanı (cm ²)	Hacim (cm ³)	Ağırlık (gr)	Birim ağırlık (gr/cm ³)	Kırılma yükü (N)	Max. gerilme (kgf/cm ²)
1	6,5x9x21	189	1228	2230	1,815	144900	76,66
2	6,5x9x21	189	1228	2180	1,775	116000	61,37
3	6,5x9x21	189	1228	2215	1,803	179500	94,97
4	7x9x21	189	1323	2140	1,617	158700	83,97
5	6x9x19	171	1026	2190	2,134	124800	72,98
6	7x9x21	189	1323	2295	1,734	141700	74,97
7	6,5x9x21	189	1228	2100	1,710	148700	78,67
8	7x9x21	189	1323	2310	1,746	179600	95,02
9	6,5x9x21	189	1228	2190	1,783	134000	70,89
10	7,5x10x22	220	1650	2440	1,478	122100	55,5
11	6,5x10x22	220	1430	2310	1,615	131500	59,77
12	6,5x9,5x21	199,5	1296,7	2300	1,773	123400	61,85
13	6,5x11x22	242	1573	2480	1,576	278900	115,24
14	6,5x9,5x21	199,5	1296,7	2390	1,843	171900	86,16
15	6,5x10x21	210	1365	2240	1,641	225300	107,28
16	6,5x10x21	210	1365	2200	1,612	93500	44,52
17	6,5x9,5x21	199,5	1296,7	2180	1,681	130000	65,16
18	6,5x10x22	220	1430	2290	1,601	129699	58,95
19	6,5x10x22	220	1430	2230	1,559	157700	71,68
20	6,5x9,5x21	199,5	1296,7	2210	1,704	124700	62,50

Çizelge 3.2: Briket deney sonuçları

No	Boyutlar	Basınç alanı (cm ²)	Hacim (cm ³)	Ağırlık (gr)	Birim ağırlık (gr/cm ³)	Kırılma yükü (N)	Max. gerilme (kgf/cm ²)
1	18x20x40	408	8912	14000	1,571	93000	22,794
2	18x20x40	408	8912	13700	1,537	148000	36,274
3	18x20x40	408	8912	14100	1,582	124000	30,392
4	18x20x40	408	8912	13800	1,548	81000	19,853
5	18x20x40	408	8912	14000	1,571	102000	25,000
6	18x20x40	408	8912	14000	1,571	124000	30,392
7	18x20x40	408	8912	14100	1,582	59000	14,461
8	18x20x40	408	8912	13800	1,548	129000	31,618
9	18x20x40	408	8912	14000	1,571	89000	21,814
10	18x20x40	408	8912	13800	1,548	132000	32,353

Çizelge 3.3: Kerpiç deney sonuçları

No	Boyutlar	Basınç alanı (cm ²)	Hacim (cm ³)	Ağırlık (gr)	Birim ağırlık (gr/cm ³)	Kırılma yükü (N)	Max. gerilme (kgf/cm ²)
1	9x12x24	288	2592	3800	1,466	45100	15,660
2	9x12x24	288	2592	3100	1,196	103000	35,764
3	8x12x24	288	2304	3350	1,454	86100	29,896
4	8x12x24	288	2304	3200	1,388	68200	23,681
5	9x12x24	288	2592	3300	1,273	120900	41,979
6	8x12x23	276	2208	3450	1,563	142600	51,666
7	8x24x24	576	4608	6250	1,356	228500	39,670
8	8x24x24	576	4608	6500	1,411	221300	38,420
9	8x24x24	576	4608	6000	1,302	132900	23,073
10	8x24x24	576	4608	5800	1,259	220600	38,299
11	8x24x24	576	4608	5850	1,269	248900	43,212
12	8x24x24	576	4608	6000	1,302	313400	54,410
13	9x24x24	576	5184	6350	1,225	240500	41,753
14	9x24x24	576	5184	6350	1,225	220200	38,229
15	8x24x24	576	4608	5850	1,269	195600	33,958

Deney sonuçlarına genel olarak bakıldığında, numunelerin mekanik parametrelerinin geniş bir aralık içinde değiştiği anlaşılmıştır. Bu değişiklik özellikle kerpiç numunelerde daha belirgin olarak kendini göstermektedir. Bunun sebebi her numunenin farklı bir yerleşim yerinden alınmış olmasıdır. Yani her numunenin yaşı, maruz kaldığı doğal şartlar ve imalat özellikleri farklıdır.

Dayanımlar incelendiğinde harman tuğlası numunelerinin ve briketlerin daha standart değerler verdiği görülmektedir. Bu numunelerin imalatı ve duvar malzemesi olarak kullanılması kerpice göre daha standarttır. Çünkü kerpiç imalatı kişisel yapım tekniğine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Ancak tuğla ve briket imalathane ürünü olduğundan bunlarda standarttan sapma daha azdır.

Bölüm 2.3.1.1’de de gösterildiği gibi orta dayanımlı dolu harman tuğlasının ortalama basınç dayanımı 50 kg/cm^2 ‘den az olmamalıdır. Deney raporunu incelediğimizde harman tuğlası ortalamasının $74,90 \text{ kg/cm}^2$ olduğu görülmektedir. TS 704(1979) standardı sağlanmaktadır.

Bölüm 2.3.4’te belirtildiği gibi TS 406(1988)’da beton blok ve briketler boşlukluk olup olmasına göre dolu ve boşluklu briket olarak 2 sınıfa; hacimlerine göre 12 sınıfa ve de basınç mukavemetlerine göre 4 sınıfa ayrılmaktadırlar. Basınç mukavemetlerine göre BB2, BB4, BB6 ve BB12 sınıfları mevcuttur. Deneyde kullanılan briket numuneler boşluklu briketlerdir. Basın dayanımları da BB2 türü briketlere uymaktadır. Deneye tabi tutulan briketlerin basınç ortalamaları $26,50 \text{ kg/cm}^2$ ’dir. Bu da Çizelge 2.8’deki BB2 değerlerine uygundur.

Kerpiç numuneler için basınç dayanımı, 15-54 kgf/cm² arası değişmektedir. Ortalama basınç dayanımı değeri ise 36,64 kg/cm²'dir. Homojen olmayan bu basınç dayanımı dağılımı imalatındaki farklılıkları göstermektedir.

Ülkemizde yürürlükte olan Deprem Yönetmeliği (2007)'ne bakıldığında harman tuğlasıyla yapılan bir duvarın basınç emniyet gerilmesi 8 kg/cm², dolu beton briket duvarın basınç emniyet gerilmesi de aynı şekilde 8 kg/cm² olarak verilmektedir. Bununla birlikte duvar basınç emniyet gerilmesinin, yapılacak deneyle elde edilecek serbest basınç dayanımının %25'i ile bulunabileceği belirtilmiştir.

Çalışma kapsamında yalnızca tuğla, briket ve kerpiç numuneler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen serbest basınç dayanımları, Deprem Yönetmeliği (2007)'deki limitlerle karşılaştırıldığında yeterli seviyede oldukları anlaşılmıştır.

4. DEPREM ETKİSİNDEKİ YIĞMA YAPILAR

Ülkemizde kırsal yapı olarak nitelendirdiğimiz mevcut yapı stoğumuz, çoğu yığma olan imar görmemiş ve inşaat mühendisliği hizmeti almamış yapılardan oluşmaktadır. Mühendislik hizmeti almayan bu yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi önemlidir.

4.1 Yığma Yapıların Deprem Davranışı

Yığma yapıların statik ve dinamik analizini sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmek için, malzeme özelliklerinin iyi bilinmesi ve yapıya gelen yüklerin gerçekçi olarak saptanması gerekir.

Ülkemizdeki kırsal yapıların en belli başlı özelliklerinden biri ağır olmaları ve aynı zamanda da duvar başlıklarının birbirleriyle yeterince bağlantılı olmamalarıdır. Bu durumda duvarlar birbirinden bağımsız olarak davranmakta ve genel dayanımda azalmalar ortaya çıkmaktadır. Kargir yapılardaki duvarlar temelde üç ana kuvvetin etkisine karşı koyarlar. Bu kuvvetler; düşey yöndeki (eksenel) yükler, düzlem içi kesme kuvvetleri ve düzlem dışı eğilme momentleridir. Bütün kargir duvarlarda malzemenin çekme dayanımının veya eksenel yük taşıma kapasitesinin artması taşıyabileceği moment kapasitesinin de artmasına yol açar.

Yatay kuvvetler altında boyuna duvarlar, yatay yükleri çatı veya kat döşemesine veya çatı makasına aktarırlar. Bu elemanlar da kendisine gelen yükleri uç duvarlara aktarırlar. Böylece uç duvarlar kesme kuvvetlerine maruz kalırlar ve bu kesme gerilmeleri duvarın kesme dayanımını aşarsa, eğik çekme çatlakları şeklinde kırılmalar oluşmaya

başlar. Bu çatlaklar yatay ile aralarında 45 derecelik bir açı yaparlar. Deprem kuvvetleri yapının iki ana doğrultusunda da etkiyeceğinden yapıların köşeleri çok kritik olacaktır.

Yığma duvarlara gelen kesme kuvvetleri altında çeşitli kırılmalar oluşabilmektedir. Ancak duvarlar kendi ağırlıklarından ve üst katlardan gelen yükler nedeni ile basınç gerilmelerine de maruzdurlar. Bu nedenle eğik çekme çatlakları 45 dereceden sapabilir. Ayrıca bu tür yapılar çatlakların açısından başka, çatlakların gidişi, duvarların yükseklik ve uzunluk oranı, duvardaki kapı ve pencere boşluklarının miktar ve yerlerinden de etkilenir.

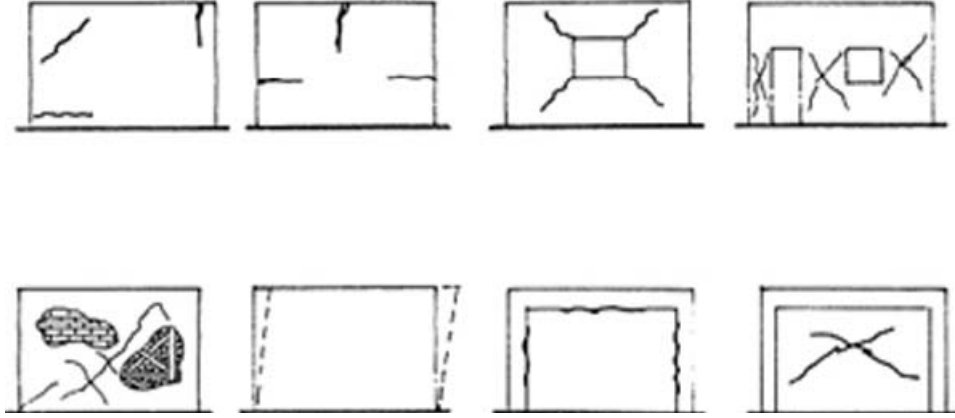
Aşağıda kırsal yapı tiplerinde rastlanan hasar türleri sınıflandırılarak açıklanmıştır(Gülkan ve Sucuoğlu, 1991).

4.2 Yığma (Kargir) Yapı Hasarları

Bu güne kadar olagelen depremlerde, yığma yapıların %70 kadarı ağır hasar görmüştür. Az hasarlı veya tamamen hasarsız olarak bu depremleri atlatan yapılar ise en fazla %10 kadardır. Bu tür yapılarda deprem anında dış duvarlardan başlayan hasar etkiyen deprem kuvvetine göre bölme duvarlarını içine alarak ilerler. Bu nedenle bütün duvarları taşıyıcı olarak çalışan bu yapı sisteminde hasar değerlendirmesi dış duvarlara göre yapılır. Duvarlarda oluşan eğik kayma çatlakları depremin yönünün duvarla paralel olduğunu ifade eder. Eğer deprem duvara dik olarak etki ediyorsa köşe hasarları ve duvar gövdesinde de yatay ve düşey çatlaklar ortaya çıkacak veya genişleyecektir.

4.2.1 Hafif hasarlı yığma yapılar

Hafif hasarlı yığma yapıların en belirgin özelliği duvar sıvası çatlakları ve pencere, kapı gibi boşluk içeren duvarlarda ise boşluk kenarlarından dışa doğru uzanan eğri çatlaklardır. Yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin yönünün duvara paralel olduğu durumlarda eğik çatlaklar, dik olduğu durumlarda yatay ve düşey çatlaklar oluşur. Özellikle düşey çatlaklar, köşe bölgelerinin (dik duvar bağlantılı) birleştiği kenarda ve duvarın orta kısmında yer alır ve eğilme çatlağı olarak adlandırılırlar. Tuğla ve kerpiç yığma duvarlarda ise dışa eğilme kendini sıva dökülmesiyle gösterir (Şekil 4.1). Hafif hasarlı yığma yapılarda çatlaklar genelde duvar boşlukları etrafında olur (Şekil 4.2).



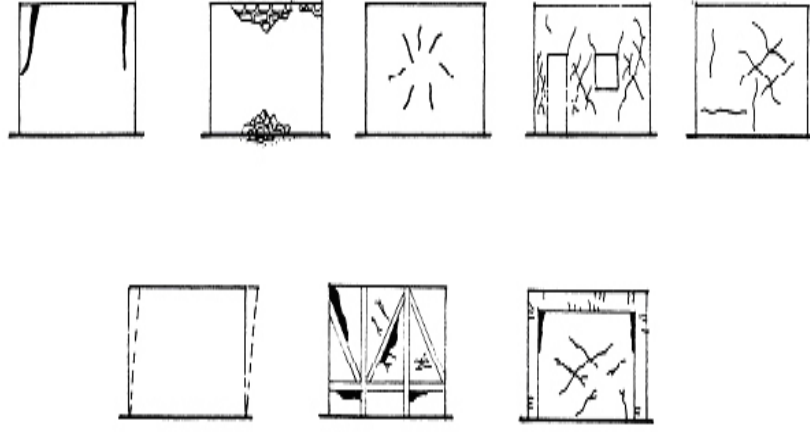
Şekil 4.1. Hafif hasarlı yığma yapılar



Şekil 4.2. Hafif hasarlı bir yığma yapı

4.2.2 Orta hasarlı yığma yapılar

Bu durum hafif hasarlı kısımda belirtilen çatlak genişliklerinin büyümesi ve sayılarının artmasıyla oluşur. Çamurla sıvalı taş ve kerpiç duvarlarda sıva dökülür, tuğla ve briket duvarlarda eğik çatlaklar briket ve tuğlaları keser. Boşluklu duvarlarda eğik çatlaklar yaygınlaşır(Şekil 4.3). Mevcut düşey eğilme çatlakları genişler. Düzlem dışı eğilmeye zorlanan taş duvarlar ise şişer bazen de orta kısmı dökülür. Hatıllı duvarlarda ise hatıl civarında dökülmeler ve ayrılmalar görülebilir. Şekil 4.4'te duvarda ayrılma mevcuttur.



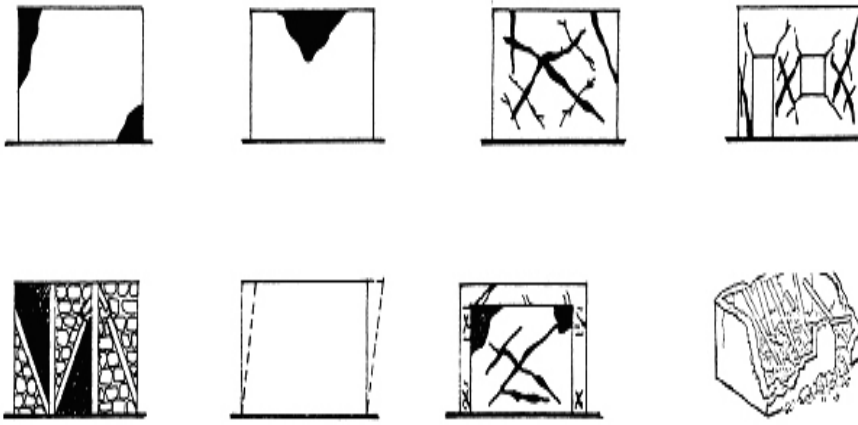
Şekil 4.3. Orta hasarlı yığma yapılar



Şekil 4.4. Orta hasarlı bir yığma yapı duvarı

4.2.3 Ağır hasarlı yığma yapılar

Bu tip hasarlar duvar kalınlığı boyunca oluşmakta ve çatlak genişlikleri de oldukça fazla olmaktadır (Şekil 4.5). Duvarlarda kısmi yıkılmalar ve köşe bölgelerde kırılmalar oluşur (Şekil 4.6). Özellikle başlıklı duvarlarda, başlık kısmında geniş eğik kesme çatlakları oluşur



Şekil 4.5. Ağır hasarlı yığma yapılar



Şekil 4.6. Kısmen yıkılmış ağır hasarlı bir yığma yapı

Yukarıda açıklanan hasar biçimleri deprem etkisindeki yığma yapıların hareketleri sonucu gerçekleşmiştir.

4.3 Binanın Hasarına Neden Olan Diğer Faktörler

Boşlukların büyüklüğü iyi ayarlanmalı ve uygulanmalıdır. Duvardaki boşluklar duvarın direncini azaltmaktadır.

Temel yapısı da bina sağlığı açısından önemlidir. Yapısal olarak depreme karşı dayanıklı inşa edilen binalar bazen temellerinde süreklilik olmaması, farklı oturmalar olması nedeniyle depremden zarar görürler.

Yapım kalitesi iyi olan bir bina çoğu diğer bazı hataları tolare edebilir. Depremden zarar gören binaların çoğunluğunu yapım kalitesi yetersiz olan binalar oluşturmaktadır.

Yığma duvarlarda kritik noktalar boşluk çevreleri ve köşe noktaları gibi gerilme yığılmalarının olduğu bölgelerdir. Duvarda çatlaklar genelde 45 derecelik açıyla gerçekleşir (Şekil 4.7).



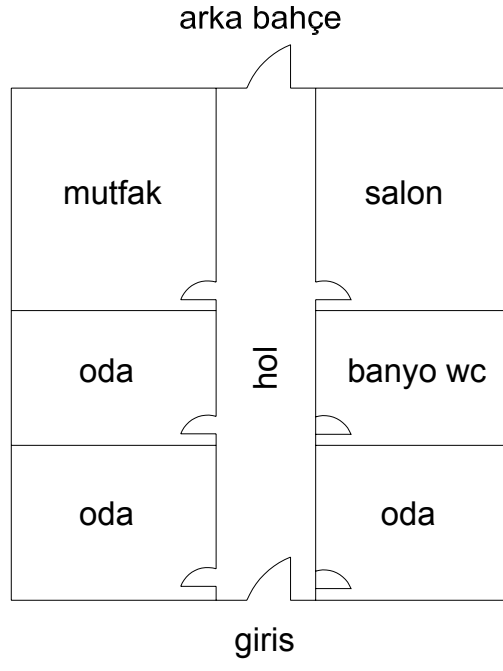
Şekil 4.7. Duvarlarda meydana gelen 45 derecelik çatlama

4.4 Mimari Planın Deprem Davranışına Etkisi

Bina x ve y eksenine göre simetrik olmalıdır ve kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmalıdır. Aksi halde yatay yük altında bina ilave olarak burulma momentine de maruz kalacaktır. Kütle merkezinin yerini kesme duvarlarında dağıtılan boşluklar çok etkileyecektir. Bu yüzden ki, kapı ve pencere gibi boşlukların konumu ve boyutunda betonarme yapılarda sınırlandırmalar yok iken yığma binalarda şiddetle uyulması gereken sınırlandırmayı teşkil etmektedir.

4.4.1 Manisa bölgesindeki kırsal yapıların mimari özellikleri

Manisa'da kırsal yapılar, diğer bölgelerde olduğu gibi gereksinim doğrultusunda inşa edilmişlerdir. Evlerin genelde arka bahçesi vardır ve ön cephe-arka cephe dikkate alınarak mimari şekillenmiştir. Çünkü bu evlerde oturanlar her zaman için arka bahçeyle iç içedirler. Bu nedenle evlerin içinde ön cepheyi arka cepheye bağlayan bir koridor mevcuttur. Oda girişleri de bu koridor üzerinde açılan kapılarla sağlanır. Buna Sakız Tipi Mimari denir (Şekil 4.8). Ancak yeni yapılan binalar genelde betonarme olup yaşam tarzındaki değişikliklerden dolayı bu mimari farklılık göstermektedir.



Şekil 4.8. Sakız tipi mimari plan

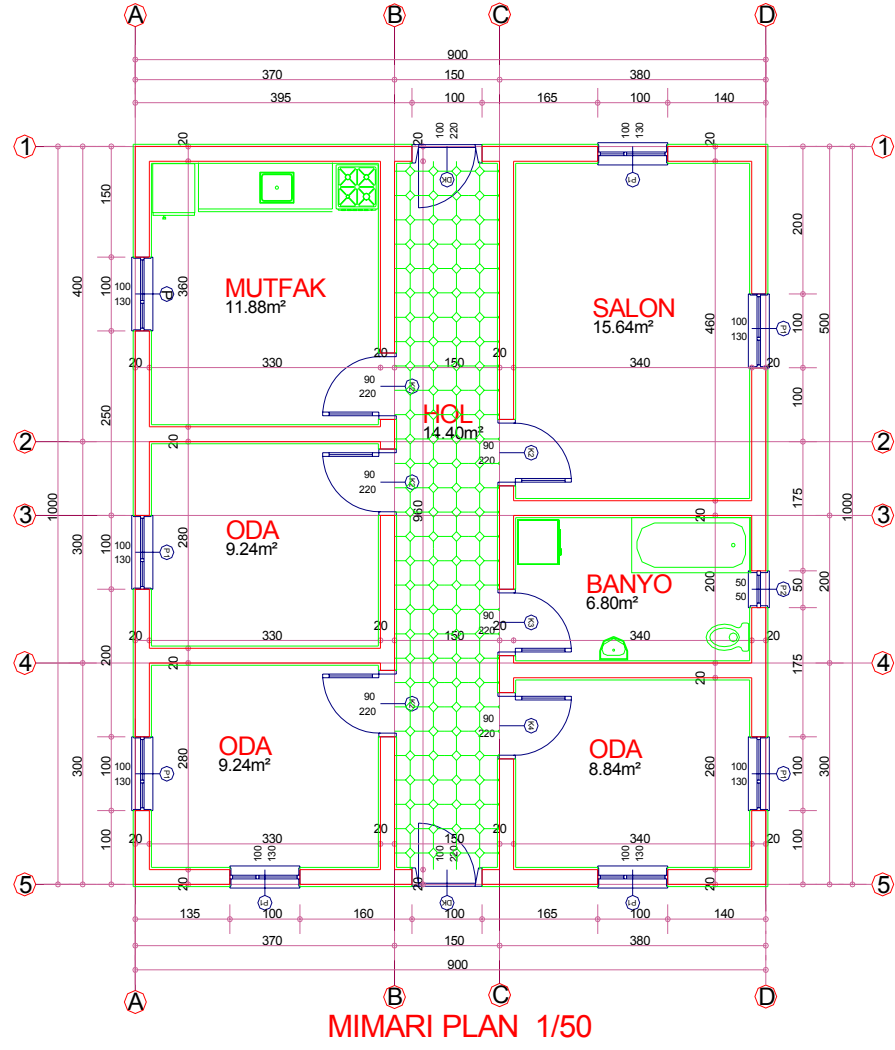
5. KIRSAL BİR YAPININ BİLGİSAYAR İLE ANALİZİ

Bu bölümde mimari planı Şekil 5.1’de, ön ve yan cephe görünüşleri Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’te ve kesit planı Şekil 5.4’te verilen tek katlı konut yapısının, duvarları harman tuğlası ve kerpiç olmak üzere ayrı ayrı yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Konut yapısının boyutları ve mimari özellikleri belirlenirken, Manisa yöresinde yaygın olarak kullanılan kırsal yapılar göz önünde bulundurulmuştur. Yapının taşıyıcı sistemi oluşturulurken duvarları harman tuğlası ve kerpiç olmak üzere ayrı ayrı düşünülmüştür. Harman tuğlalı binanın duvar kalınlığı 20 cm, kerpiç binanın duvarları ise 50 cm alınmıştır.

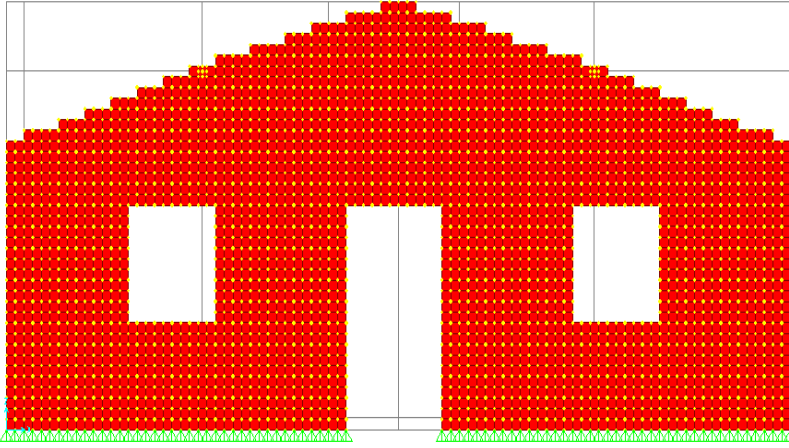
Bu analizler bilgisayarda SAP2000 (V.10) paket programı ortamında yapılmıştır. Manisa ve Manisa’ya bağlı kırsal yerleşim bölgelerinde, benzerleriyle sıklıkla karşılaşılan tipik bir mimari plan seçilmiştir.

Yapının taban alanı $9.00\text{m} \times 10.00\text{m} = 90 \text{ m}^2$ ve kat yüksekliği 2.70 m’dir. Duvar kalınlıkları 20 ve 50 cm alınan yapıda 3 oda, salon, mutfak ve banyo mahalleri mevcuttur. Çatı sistemi ahşap kafes olan yapıda çatı örtüsü Marsilya tipi kiremittir. Temel -0.50 m kotuna kadar taş temel olup, taş temelin üst sınırı +0.00’dır.

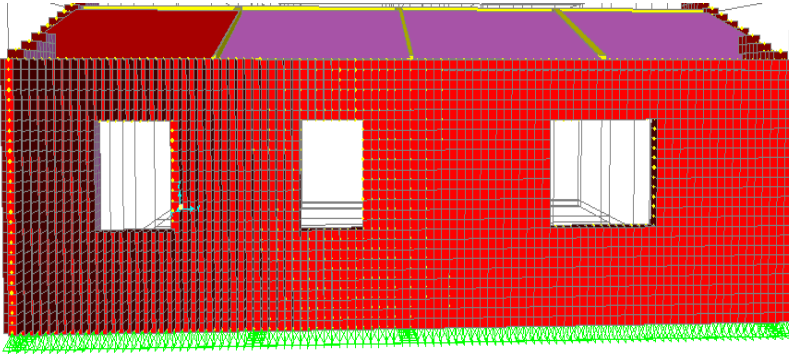
Zemin sınıfı Z4, zemin grubu C olup yapı 1. derece deprem bölgesindedir.



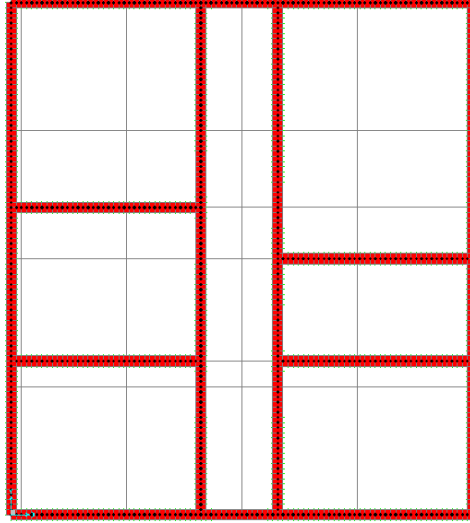
Şekil 5.1. Örnek mimari plan



Şekil 5.2. Yapının ön cephe görünüşü



Şekil 5.3. Yapının yan cephe görünüşü



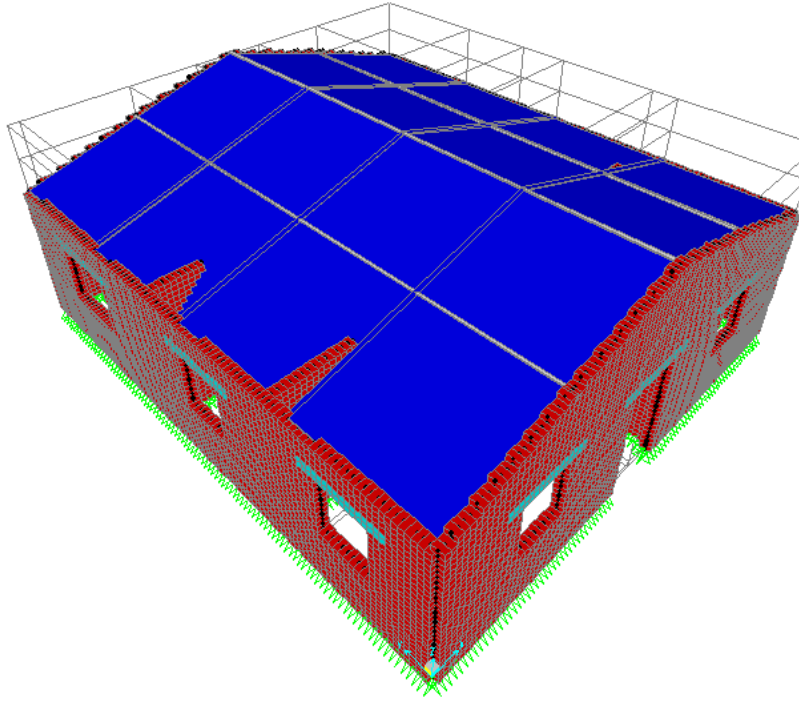
Şekil 5.4. Yapının 2.50 m kotundan alınan plan kesiti

5.1 Yapının Sonlu Elemanlar İle Modellenmesi

Mimarisi mevcut olan yapı “Sonlu Elemanlar” ile modellenmiştir. Yapıya etki eden yükler hesaplanmış ve eş değer statik deprem yükü tesirindeki yapının statik analizi gerçekleştirilmiştir.

Yığma yapıların boyutlandırma kriterlerini içeren standart ve yönetmelikler 2. bölümde açıklanmıştır. Boyutlandırmalarda standartlara ve yönetmeliğe uymamanın getirdiği sonuçlar iç kuvvetlerdeki artış, gerilme yığılmaları ve dolayısıyla istenmeyen sonuçlardır. Bu sonuçlardan dolayı yapı kısmen veya tamamen hasar görebilmekte veya yıkılabilmektedir. Boyutlandırma en az kullanılan malzemenin dayanımı kadar önemlidir.

Mevcut yapının SAP2000(V.10) paket programında modellenmesinde tuğla ve kerpiç malzemelerinin mekanik özellikleri kullanılmıştır. Her malzemenin mekanik özelliği laboratuvar sonuçları ve literatürdeki bilgiler dikkate alınarak, mimari plan doğrultusunda seçilmiştir. Yüklemeler mevcut durumu yeterli derece temsil edecek yaklaşımlarda yönetmelikler ve standartlar kapsamında uygulanmıştır. Şekil 5.5'te ele alınan yapının 3 boyutlu görünümü verilmektedir.



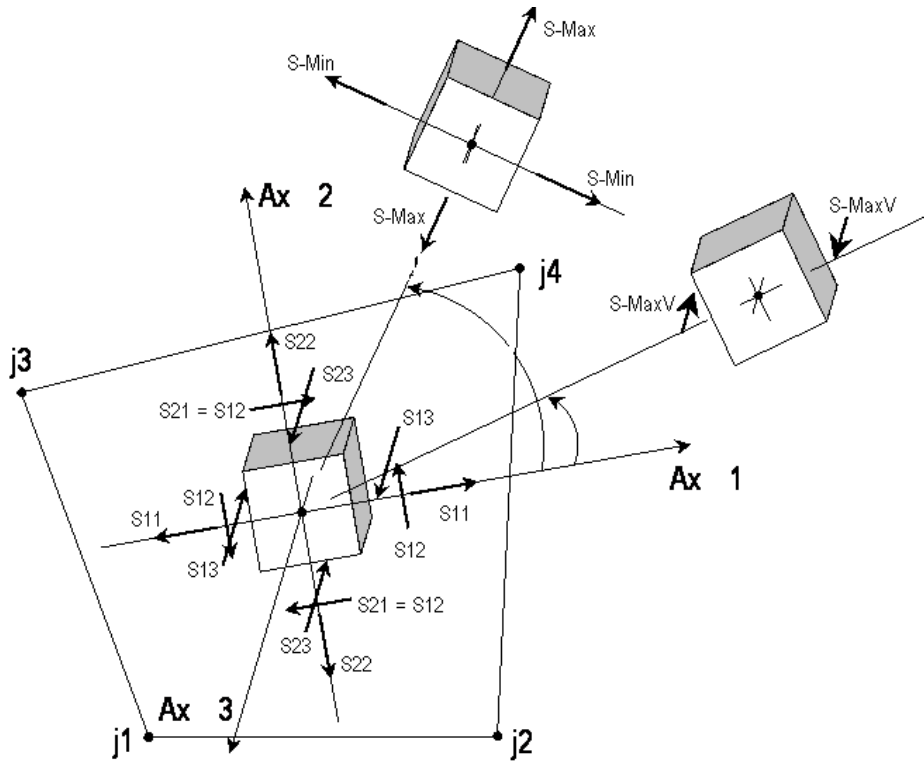
Şekil 5.5. İncelenen yapının 3 boyutlu görünümü

Model SAP2000’de shell ve çubuk elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Duvarların modellenmesinde başta tuğla ve harç ayrı ayrı girilmiş fakat bu durumda çok sayıda elemana sahip olan sistemin bilgisayar ile analizinde bilgisayar kapasitesi yetersiz kalmış ve sonuca ulaşılammıştır. Kerpiç için de benzer durum geçerlidir. Bu nedenle duvar modellemesinde tuğla ve harç birleştirilerek temsili bir model oluşturulmuştur. Duvarların tek tip elemandan oluştuğu kabul edilmiştir. Oluşturulan duvar elemanları shell eleman olarak SAP2000(V.10)’de tanımlanmıştır. Analizlerde harman tuğlası elastisite modülü 7500 kg/cm^2 , kerpiğin elastisite modülü ise 5000 kg/cm^2 olarak dikkate alınmıştır. Vurgulamak gerekir ki bu malzemelerin çok çeşitli özelliklerde olmaları nedeniyle elastisite modülleri de geniş bir değer aralığında olabilmektedir.

Çatı sistemi ahşap kafes sistemi olarak gerçeğine uygun olarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Ahşap elemanlar $5 \times 10 \text{ cm}$ ve $10 \times 10 \text{ cm}$ çerçeve eleman olarak öngörülmüştür. Ayrıca çatı örtüsü altında kalan ve kafesleri örten kontraplaklar da yine aynı şekilde 3 cm kalınlığında ahşap olarak sistemde shell eleman olarak atanmıştır. Böylece bu tip ikincil taşıyıcı elemanların sisteme olan etkileri gerçekçi olarak analizlere yansıtılmaya çalışılmıştır.

Her birim elemanın zati ağırlığının yanında, kar yükü ve deprem yükü de dikkate alınmıştır. Hesaplanan deprem yükü üç boyutlu sistemde X ve Y yönlerinde etkilmiştir. Çok sayıda yük kombinasyonu oluşturulmuştur. Sonuçlarda shell elemanların gerilme diyagramı incelenmiş, seçilen kritik noktalar üzerindeki gerilme yığılmaları gözlenmiştir. Ayrıca yine bu kritik noktaların yaptığı deplasmanlar elde

edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda bu tür yığma yapıların en çok boşluk civarlarındaki elemanların aşırı zorlandığı görülmüştür. Shell sonlu elemanlardaki gerilmeler sembolik olarak Şekil 5.6'da gösterilmektedir. Şekilde S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{12} , S_{21} , S_{23} , S_{32} , S_{MAX} ve S_{MIN} şematik olarak verilmektedir.



Şekil 5.6. Kabuk (shell) eleman gerilme şeması (SAP2000 V.10)

Ayrıca analiz sonuçlarında görülen,

U_1 : x yönünde yapılan deplasman

U_2 : y yönünde yapılan deplasman

U_3 : z yönünde yapılan deplasman

R_1 : x ekseninde etrafında dönme miktarı

R_2 : y ekseninde etrafında dönme miktarı

R_3 : z ekseninde etrafında dönme miktarı

olarak belirtilmektedir.

Yapısal analizlerde yığma taşıyıcı sistemin modal analizi de yapılarak yapının doğal frekans ve periyotları elde edilmiştir.

Yerinde yapılan incelemelerde Manisa civarında yer alan mevcut yığma yapıların ülkemizde yürürlükte olan standart ve yönetmeliklere bire bir uymadığı belirlenmiştir. Bu uyumsuzluklar genelde mimari, geometrik ve yapısal özellikleri kapsamaktadır Çizelge 5.1’de ele alınan yığma binanın Deprem Yönetmeliği’nde (2007) verilen kriterlere göre karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Yığma yapılarla ilgili kurallar belirtilen yönetmeliğin 5. bölümünde verilmiştir.

Çizelge 5.1: Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları(DBYBHE,2007)

Yön. Madde	Hüküm	Sınır	Yapı mevcut durumu	Uygunluk
5.2.2	Yığma binalar için katsayısı 1. derece deprem bölgelerinde en fazla 2 olabilir	2	Yapı tek katlıdır	Uygun
5.2.4	Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3 m olacaktır. Kerpiç binalarda en çok 2.7 m'dir.	2.7–3.0 m	Bina yüksekliği 2.70 m'dir	Uygun
5.2.5	Yığma binaların taşıyıcı duvarları planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere göre simetrik yada simetriğe yakın biçimde düzenlenecektir. Kısmi bodrum yapılmasından kaçınılacaktır.	Mümkün olduğu kadar	Yapı yaklaşık olarak simetriktir	Uygun
5.2.6	Tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelecektir.		Bina tek katlıdır	Uygun
5.4.1.1	Taşıyıcı duvarda yığma malzemesi olarak TS'lere uygun doğal taş, dolu tuğla, TS-2510 VE TS EN 771-1'de belirtilen malzemeler kullanılabilir.		Harman tuğlası ve kerpiç kullanılmıştır	Uygun

Çizelge 5.1: Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları(ABYBHE,2007) (devam)

5.4.1.3	Doğal taş taşıyıcı duvarlar, yığma binaların yalnızca bodrum ve zemin katlarında yapılabilir.		Binada sadece 50 cm'lik taş temel mevcuttur	Uygun
5.4.3-5.4.3.1	Zemin katta tuğla taşıyıcı duvarlar en az 20 cm, kerpiç duvarlı binalarda taşıyıcı dış duvarlar en az 1,5, taşıyıcı iç duvarlar en az 1 kerpiç boyu olacaktır.		Tuğla binada 20 cm kerpiç binada 1.5 kerpiç boyu vardır	Uygun
5.4.5.1	Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan desteklenmemiş uzunluğu 1. derece deprem bölgesinde en çok 5,5 m, kerpiç binalarda en çok 4,5 m'dir.	4,5-5,5 m	Tuğla binada olumsuz bir durum yok iken kerpiç binada 4,6 m uzunluk vardır	Kerpiç bina için uygun değil
5.4.4	Yığma yapılarda aşağıdaki şart bir yönde dahi sağlanmaz ise ek önlem alınmalıdır. $L_d/A > 0.2 \times I$ (I: Bina önem katsayısı)	$0.2 \times I = 0.2$	0.44	Uygun

Çizelge 5.1: Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları(DBYBHE,2007) (devam)

5.4.6.1	pencere yada kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu 1. ve 2. deprem bölgelerinde 1.50 m'den, 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde 1 m'den az olamaz. Kerpiç binada ise her bölgede bu değer 1 m'dir.	1.0-1.5 m	Köşeye 1 m'lik dolu duvar uzunluğu mevcut	Kerpiç için uygun, tuğla için uygun değil
5.4.6.2	Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu 1. ve 2. deprem bölgelerinde 1.0 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m'den az olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda bütün deprem bölgelerinde bu miktar en az 1.0 m'dir.	0.8-1.0m	Bazı yerlerde 40 cm'e kadar düşmektedir.	Uygun değil
5.4.6.4	Bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere, kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu 0.50m olacak.		sağlanmıyor	Uygun değil

Çizelge 5.1: Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları(DBYBHE,2007) (devam)

6.4.6.5	Her bir kapı ve pencere boşluğunun plandaki uzunluğu 3.0 m'den daha büyük olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda kapı boşlukları yatayda 1.0 m 'den, düşeyde 1.90 m'den; pencere boşlukları yatayda 0.90 m'den, düşeyde 1.20 m'den daha büyük olamaz.		Kerpiç bina için pencere boşluğu 1.00/1.30 m mevcut	Tuğla için uygun, kerpiç için uygun değil
5.4.6.6	Herhangi bir duvarın 5.4.5'de tanımlanmış desteklenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı desteklenmemiş duvar uzunluğunun %40'ından fazla olmayacaktır.	%40	$1/4.60=0.22$	Uygun

5.2 Tuğla Duvar Yapıda Yük Analizi

Duvar malzemesi harman tuğlası olan binanın analizi için önce bina ağırlığı hesaplanmıştır. Çizelge 5.2’de duvar uzunlukları ve duvar yüksekliklerine bağlı olarak hesaplanan duvar hacimleri yer almıştır.

Çizelge 5.2: Harman tuğlası duvarı hacim hesabı

Aks	Duvar uzunl. (m)	Duvar genişliği (m)	Duvar yüks. (m)	Duvar hacmi (m ³)	Boşluklar		Net duvar hacmi (m ³)
					Pencere hacmi (m ³)	Kapı hacmi (m ³)	
1	9.00	0.20	2.70	4.86	0.26	0.44	4.16
2	3.70	0.20	2.70	1.99	-	-	1.99
3	3.80	0.20	2.70	2.05	-	-	2.05
4	7.50	0.20	2.70	4.05	-	-	4.05
5	9.00	0.20	2.70	4.86	0.52	0.44	3.90
A	10.00	0.20	2.70	5.40	0.78	-	4.62
B	10.00	0.20	2.70	5.40	-	1.19	4.21
C	10.00	0.20	2.70	5.40	-	1.19	4.21
D	10.00	0.20	2.70	5.40	0.57	-	4.83
Top							34.02

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde kullanılan numuneler arasındaki harman tuğlalarının deney sonuçlarına göre birim hacim ağırlığının ortalama 1.75 t/m^3 civarında olduğu belirlenmiştir. Ancak duvar iç ve dış yüzeylerinde bulunan 3'er cm'lik sıvalar, SAP2000'de duvar kalınlığı 20'cm gösterildiğinden bu birim ağırlığa etkiletilmelidir. Sıva birim hacim ağırlığı 2 t/m^3 'tür. SAP2000'de 20 cm olarak girilen duvarın ortalama birim hacim ağırlığı,

$$\frac{20 \times 1.75 + (3 + 3) \times 2}{20} = 2.35 \text{ t/m}^3$$

olarak hesaplara dahil edilmiştir. Buna göre binanın 2.70 yüksekliğinde olan duvarın toplam ağırlığı:

$$34.02 \times 2.35 = 79.9 \text{ ton}$$

olmaktadır. Bununla birlikte 1 ve 5 akslarındaki çatı alın duvarının ağırlığı ise

$$(9.00 \text{ m} \times (4.00 \text{ m} - 2.70 \text{ m}) / 2) \times 0.2 \text{ m} \times 2.35 \text{ t/m}^3 \times 2 = 5.50 \text{ ton'dur.}$$

Pencere ve kapı boşlukları üzerinde bulunan beton hatılların ağırlık farkları tüm yapıya oranla çok küçük olduğundan ihmal edilmiştir.

Çatı ağırlığında ise, kullanılan malzemelerin özellikleri esas alınmıştır. Çatı örtüsü olan Marsilya tipi kiremidin ağırlığı yaklaşık 45 kg/m^2 'dir. Mahya kotu +4.00 m olduğu göz önünde bulundurulmuştur.

Planda çatı alanı 90 m^2 'dir ($9.00 \text{ m} \times 10.00 \text{ m}$) ve buna göre kiremit ağırlığı $45 \text{ kg/m}^2 \times 90 \text{ m}^2 = 4.05 \text{ ton}$ olmaktadır.

Kar yükü Manisa için 75kg/m^2 (TS498, 1997) olup, toplam kar yükü $90\text{ m}^2 \times 75\text{ kg/m}^2 = 6750\text{ kg} = 6.75\text{ ton}$ 'dur.

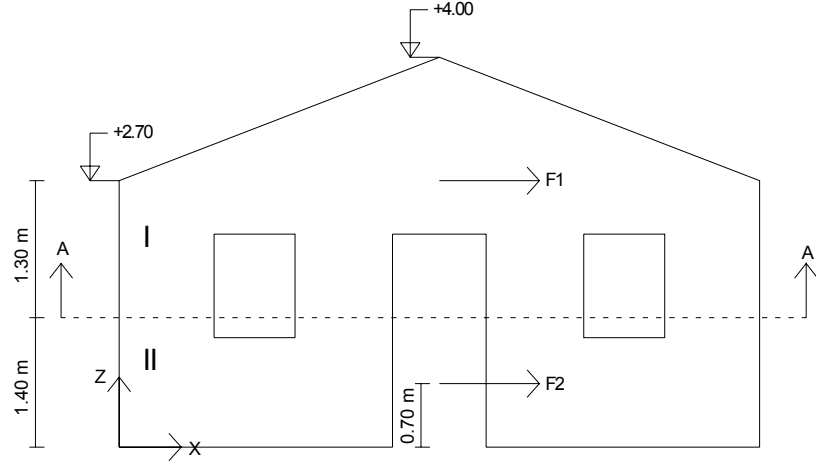
Kavak ağacından yapılan toplam 28,08 m uzunluğundaki 10 x 10 cm kesitli ahşap kafes elemanları ile toplam 30 m uzunluğundaki 5 x 10 cm kesitindeki ahşap kafes elemanlarının toplam ağırlığı da yaklaşık 0,344 ton olarak hesaplanmıştır. Ahşabın birim hacim ağırlığı $0,8\text{ t/m}^3$ olarak alınmıştır.

Tüm bu verilerin toplamı sonucunda Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi bina ağırlığı 96,544 ton olarak bulunmuştur.

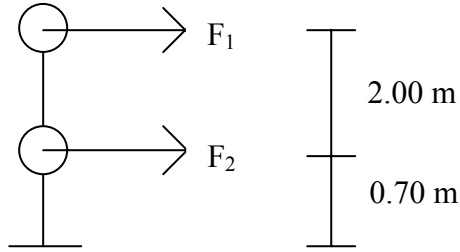
Çizelge 5.3: Bina ağırlığı hesabı

Birim	Net hacim (m^3)	Ağırlık (t)
Duvarlar	34.02	79.90
Çatı alın duvarları	2.34	5.50
Çatı örtüsü	-	4.050
Ahşap kafesler	0.43	0.344
Kar yükü	-	6.75
Toplam	-	96.544

Şekil 5.7'de deprem yükünün binaya etkitilmesi şematize edilmiştir. A-A çizgisinden bina ikiye bölünüp bina iki kütleyle sahip kabul edilmiştir. Bina ağırlığına bağlı kesme kuvveti F_1 ve F_2 olmak üzere 2 seviyeden binaya etkitilmiştir. Şekil 5.8'de ise sistem idealize edilmiştir.



Şekil 5.7: Deprem yükleri şeması



Şekil 5.8: F_1 ve F_2 kuvvetleri

Binanın A-A çizgisi üzerindeki ağırlığı:

$$W_1 = 79.9 \times (1.30/2.70) + 5.50 + 4.05 + 0.344 + 6.75 = 54.996 \text{ ton}$$

Binanın A-A çizgisi altındaki ağırlığı:

$$W_2 = 79.9 \times (1.40/2.70) = 41.43 \text{ ton}$$

Bina toplam ağırlığına bağlı taban kesme kuvveti,

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{Ra(T_1)} = \frac{W \cdot A_0 \cdot I \cdot S(T)}{Ra(T_1)} = \frac{96,544 \times 0.40 \times 1 \times 2.5}{2} = 48.27 \text{ t}$$

Bu bağıntıda (ABYBHY, 2007)

$V_t = F$: Deprem yükü

W: Bina ağırlığı

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı

$Ra(T_1)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı

S(T): spektrum katsayısı

$$F_1 = \frac{W_1 x h_1}{\sum (W_i x h_i)} \times V_t = \frac{54,996 \times 2,70}{54,996 \times 2,70 + 41,43 \times 0,70} \times 48,27 = 40,38 \text{ t}$$

Bu eşdeğer deprem yükü de SAP2000'de +2.70 m kotundaki toplam 733 noktaya eşit olarak dağıtılmıştır. Yani $40,38/733 = 0.055$ ton = 55 kg'lık yük X ve Y yönlerinde sisteme etkiletilmiştir.

$$F_2 = \frac{W_2 x h_2}{\sum (W_i x h_i)} \times V_t = \frac{41,43 \times 0,70}{54,996 \times 2,70 + 41,43 \times 0,70} \times 48,27 = 7,88 \text{ t}$$

Bu yük SAP2000'de +0,70 m kotundaki toplam 656 noktaya eşit olarak dağıtılmıştır. Yani $7,88/656 = 0,0119$ ton = 11,9 kg'lık yük X ve Y yönlerinde sisteme etkiletilmiştir.

Analizlerde yük kombinasyonları aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır:

Zati (sadece zati yük)

Zati $\pm$ DepremX (zati yük ile birlikte X yönünde deprem kuvveti)

Zati $\pm$ DepremY (zati yük ile birlikte Y yönünde deprem kuvveti)

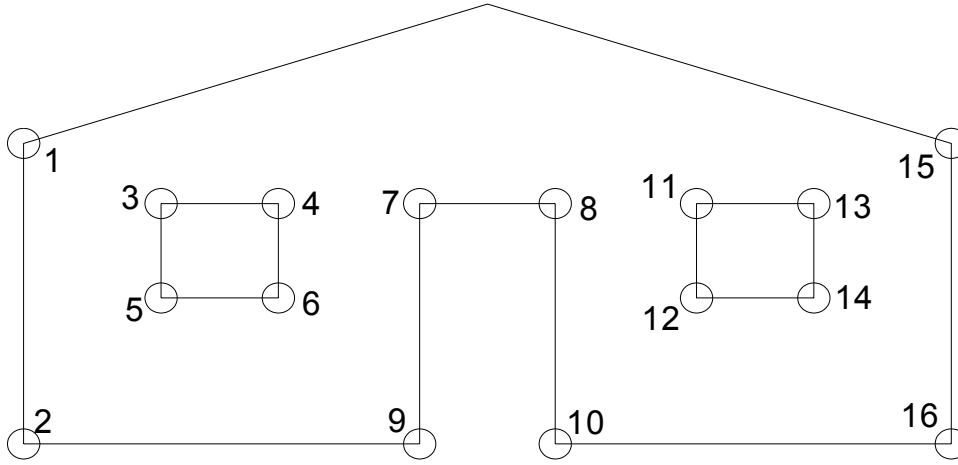
Zati + Kar Yüğü $\pm$ DepremX (zati, X yönünde deprem kuvveti ve kar yüğü)

Zati + Kar yüğü $\pm$ DepremY (zati, Y yönünde deprem kuvveti ve kar yüğü)

Yığma tuğla yapı için analiz sonuçları

Yapımızda çok sayıda eleman mevcut olduğundan bütün nokta ve elemanların analiz sonuçlarının yerine 1 ve A aksı duvarlarındaki kritik noktaların değerleri verilmiştir. Seçilen kritik noktalar Şekil 5.9'da görülmektedir.

Yapılan analizler sonucu elde edilen maksimum gerilmeler Çizelge 5.4'te, maksimum deplasmanlar da Çizelge 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.9. 1 Aksı kesiti kritik noktaları

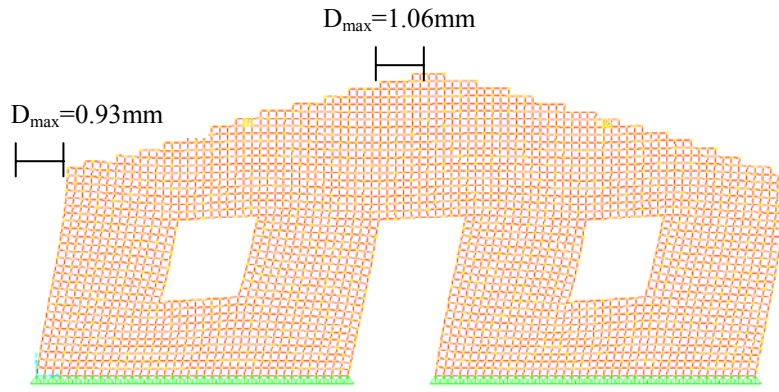
Çizelge 5.4: 1 Aksı duvarı kritik nokta maksimum gerilmeleri

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	S_{13} (kg/cm ²)	S_{23} (kg/cm ²)
1	8,44	-5,69	-1,33	11,45	-13,03	-4,35	-2,85
2	0,18	1,02	0,75	1,46	-0,25	-0,01	-0,10
3	11,11	4,18	1,17	12,24	2,72	-0,039	0,033
4	-7,14	-4,55	1,64	2,47	-8,70	0,034	-0,02
5	-3,31	-3,92	1,42	1,97	-5,14	0,017	-0,01
6	3,12	2,41	1,16	3,95	1,40	0,014	0,006
7	18,11	4,43	1,43	18,44	1,07	0,23	0,24
8	-18,81	-6,41	2,54	2,22	-19,79	0,25	-0,24
9	-0,89	-4,46	0,94	0,83	-4,69	-0,0018	-0,025
10	0,39	1,94	0,68	2,19	0,38	-0,0045	-0,004
11	10,56	3,83	1,06	11,47	2,57	-0,028	0,018
12	-10,62	-6,04	2,22	3,33	-12,86	0,047	-0,028
13	-4,20	-5,13	1,88	2,53	-6,67	0,014	-0,006
14	3,07	2,22	1,05	3,82	1,31	0,017	0,012
15	6,13	-5,50	-1,19	17,60	-10,77	-5,08	2,08
16	-0,68	-3,55	1,11	0,68	-3,93	0,009	-0,02

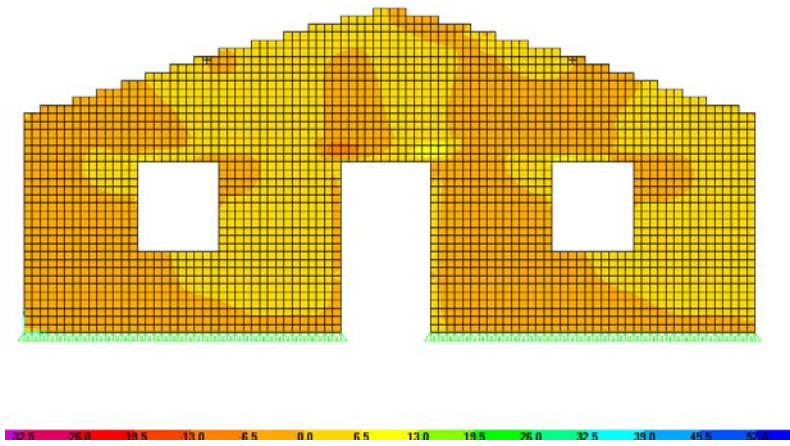
Çizelge 5.5: 1 Aksı kritik nokta maksimum deplasmanları

Nokta no	U ₁ (mm)	U ₂ (mm)	U ₃ (mm)	R ₁ (rd)	R ₂ (rd)	R ₃ (rd)
1	0,93	0,022	-0,04	-0,0003	-0,00004	-0,00029
2	0	0	0	0,00003	0,00018	-0,0000005
3	0,82	-0,22	-0,23	0,00002	0,00003	0,00015
4	0,84	-0,068	-0,16	0,00002	-0,00008	0,00016
5	0,19	-0,14	-0,17	-0,00016	0,00006	0,00007
6	0,24	-0,013	0,04	0,00002	0,00034	0,00011
7	0,89	-0,07	-0,29	0,00003	0,00006	-0,00005
8	0,90	-0,029	-0,18	0,00008	-0,00003	-0,00004
9	0	0	0	0,00013	0,00014	-0,0000003
10	0	0	0	-0,00004	0,00008	-0,0000001
11	0,91	-0,037	-0,33	0,00004	-0,00001	0,00017
12	0,92	0,14	-0,18	0,00004	-0,00015	0,00018
13	0,22	-0,033	-0,23	0,00003	0,00006	0,00011
14	0,24	0,097	0,034	0,00012	-0,00033	0,00008
15	1,18	-0,24	-0,47	0,00074	0,00075	-0,00052
16	0	0	0	0,00008	0,00034	-0,0000006

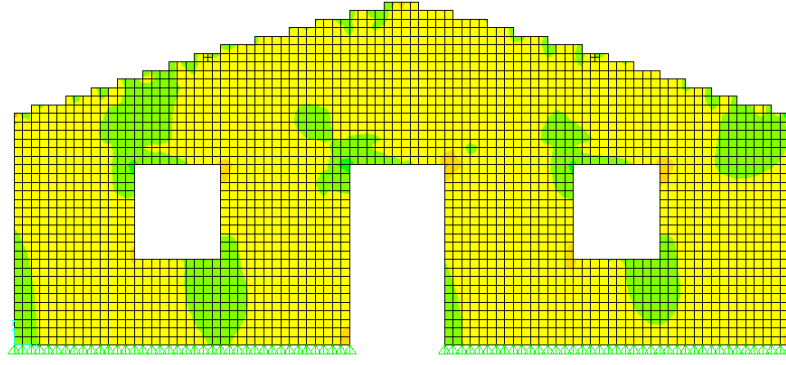
Ele alından yapının analizi sonucunda SAP2000(V.10)'den elde edilen 1 aksına ait duvarın şekil değiştirmiş geometrisi Şekil 5.10'da, çeşitli gerilme değerleri ise Şekil 5.11-17 numaralı görüntülerde yer almıştır. Gerilmelerin fiziksel anlamları Şekil 5.6'da görülmektedir.



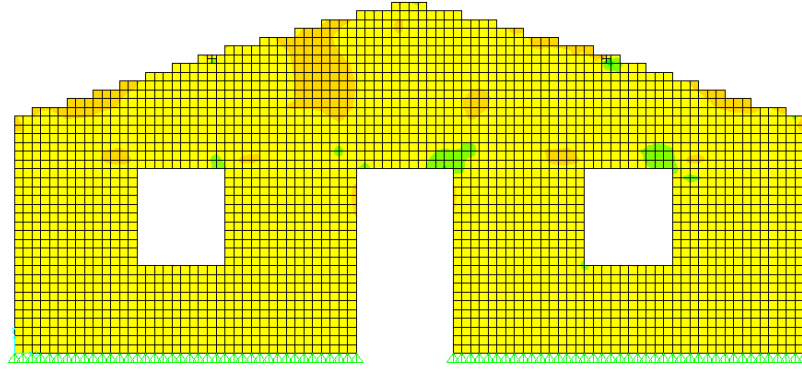
Şekil 5.10: 1 Aksı şekil değiştirmiş geometri



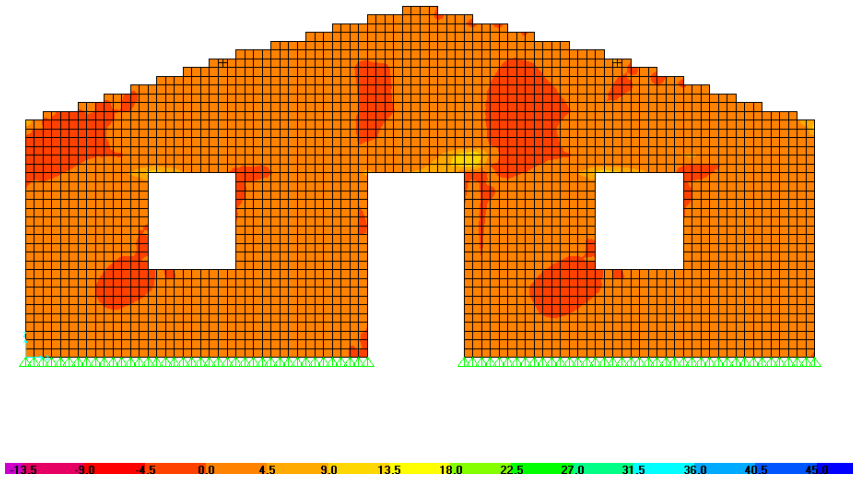
Şekil 5.11: 1 Aksı S_{11} gerilmeleri dağılım şeması



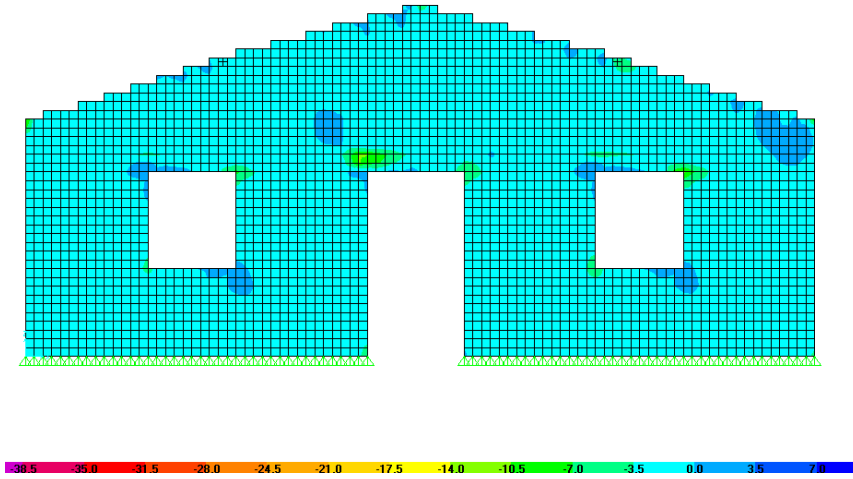
Şekil 5.12: 1 Aksı S_{22} gerilmeleri dağılım şeması



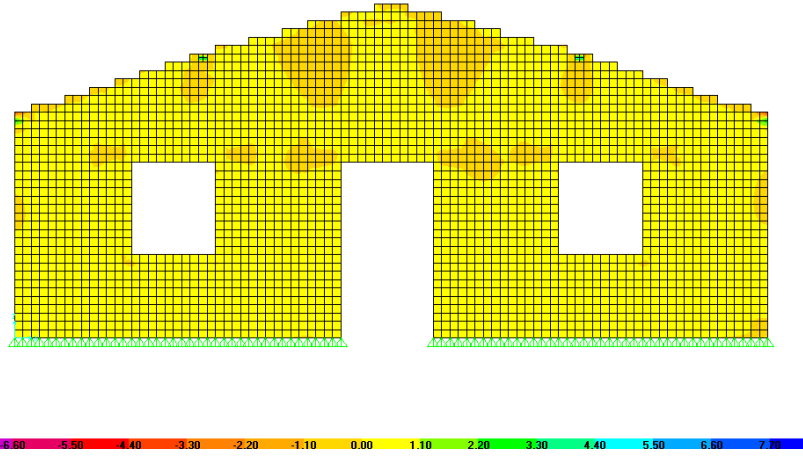
Şekil 5.13: 1 Aksı S_{12} gerilmeleri dağılım şeması



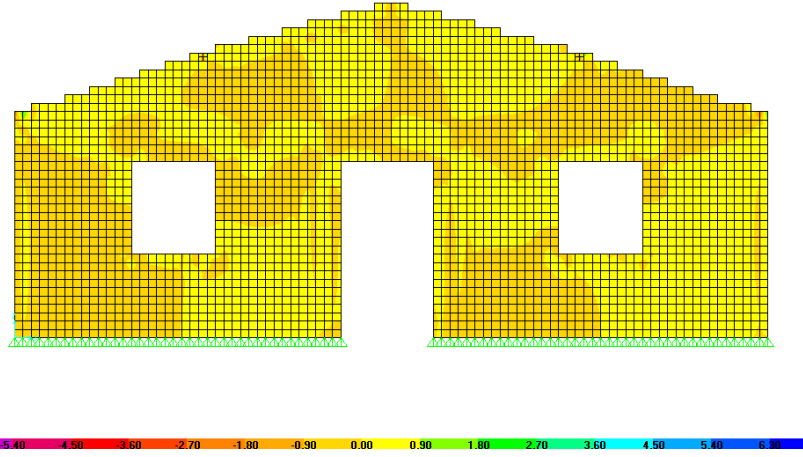
Şekil 5.14: 1 Aksı S_{MAX} gerilmeleri dağılım şeması



Şekil 5.15: 1 Aksı S_{MIN} gerilmeleri dağılım şeması

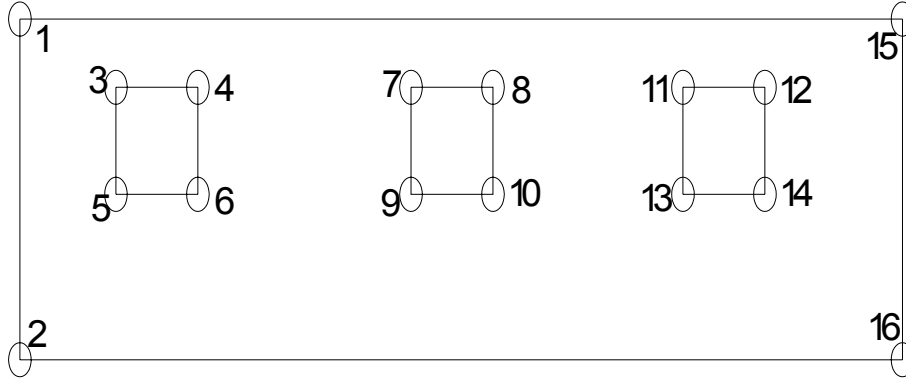


Şekil 5.16: 1 Aksı S_{13} gerilmeleri dağılım şeması



Şekil 5.17: 1 Aksı S_{23} gerilmeleri dağılım şeması

Benzer şekilde A aksı duvarı için de ekstremum gerilmelerin olduğu kritik noktalar seçilmiştir. Söz konusu bu kritik noktalar Şekil 5,18’de, bu kritik noktalardaki maksimum gerilmeler Çizelge 5.6’da ve maksimum deplasmanlar Çizelge 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.18 : A aksı duvar kritik noktaları

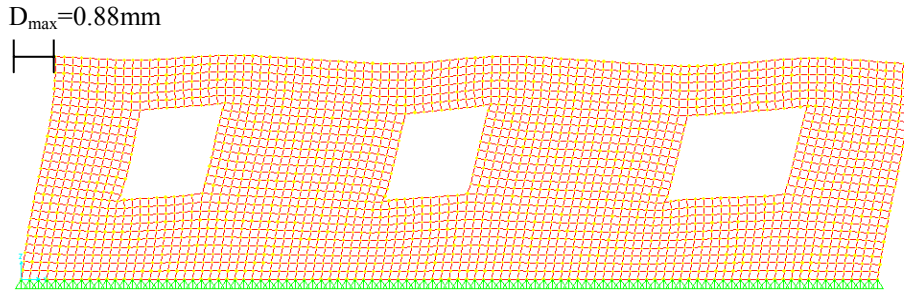
Çizelge 5.6: A Aksı duvarı kritik nokta maksimum gerilmeleri

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	S_{13} (kg/cm ²)	S_{23} (kg/cm ²)
1	12,20	-2,15	-3,10	12,24	-13,94	-3,17	0,24
2	0,06	0,39	0,65	0,91	-0,45	-0,002	-0,11
3	12,04	4,36	2,34	12,67	1,88	0,043	0,047
4	-9,27	-4,46	2,11	2,51	-11,21	0,11	-0,014
5	-3,24	-3,54	1,26	1,79	-4,59	0,034	-0,021
6	2,91	2,20	0,99	3,65	1,26	0,039	0,031
7	14,87	4,79	1,45	15,57	2,80	0,01	0,086
8	-8,51	-6,00	2,89	3,92	-10,60	0,32	-0,025
9	-3,81	-4,67	1,52	2,14	-5,59	0,04	-0,026
10	3,28	2,43	1,07	4,01	1,31	0,05	0,038
11	14,32	3,70	0,67	14,95	2,69	0,07	0,024
12	-14,88	-6,03	1,79	3,73	-16,34	0,05	-0,066
13	-3,97	-4,97	1,67	2,42	-6,17	0,026	-0,018
14	3,01	2,15	0,98	3,68	1,24	0,027	0,018
15	-17,51	-1,74	-3,15	17,90	-17,13	-6,56	1,86
16	-0,67	-3,29	0,95	0,67	-3,47	0,01	-0,07

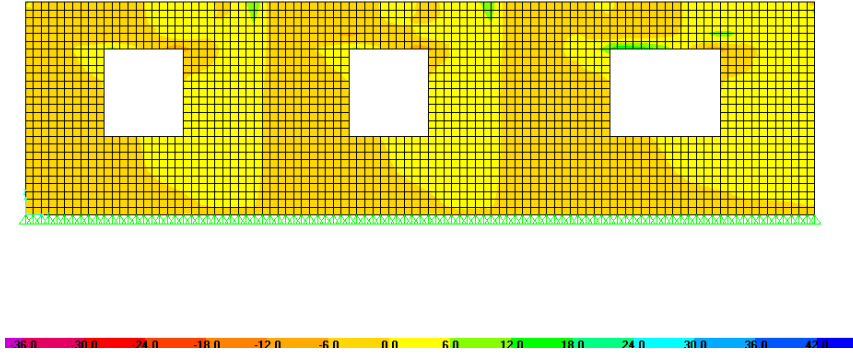
Çizelge 5.7: A Aksı duvarı kritik nokta maksimum deplasmanları

Nokta no	U ₁ (mm)	U ₂ (mm)	U ₃ (mm)	R ₁ (rd)	R ₂ (rd)	R ₃ (rd)
1	-0,1	0,88	-0,09	0,00056	-0,00056	0,00035
2	0	0	0	-0,00014	-0,00006	0,000005
3	0,77	0,31	-0,19	-0,00038	-0,00005	-0,00018
4	0,77	0,08	-0,05	-0,00047	-0,00009	-0,00027
5	0,17	0,15	-0,15	-0,00018	0,00009	-0,00016
6	0,19	-0,11	0,056	0,00014	0,00022	-0,00013
7	0,82	0,47	-0,29	-0,00041	-0,00008	-0,00035
8	0,83	0,014	-0,01	-0,00042	-0,00016	-0,00054
9	0,18	0,17	-0,21	-0,00026	0,00002	-0,00022
10	0,20	-0,14	0,06	0,0002	0,00025	-0,00014
11	-0,41	0,88	-0,42	-0,0001	-0,00003	-0,00035
12	0,08	0,91	-0,13	0,00019	-0,00004	-0,0003
13	-0,25	0,18	-0,24	0,00005	-0,00028	-0,00016
14	0,10	0,21	0,045	-0,00033	0,00012	-0,00014
15	-0,26	1,15	-0,45	0,00006	-0,00046	0,00011
16	0	0	0	-0,00026	-0,00011	0,0000004

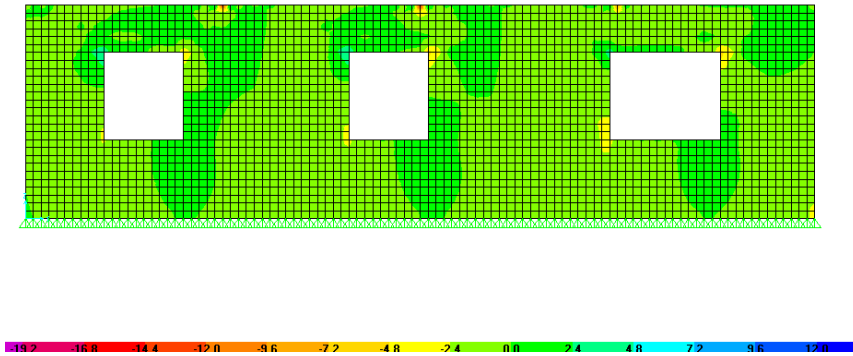
Ele alından yapının analizi sonucunda SAP2000(V.10)'den elde edilen A aksına ait duvarın şekil değiştirmiş geometrisi Şekil 5.19'da, gerilme değerleri şemaları ise Şekil 5.20-26 görüntülerinde mevcuttur.



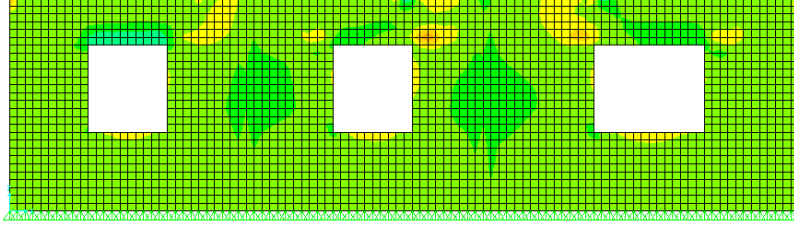
Şekil 5.19. A Aksı duvarı şekil değiştirmiş geometri



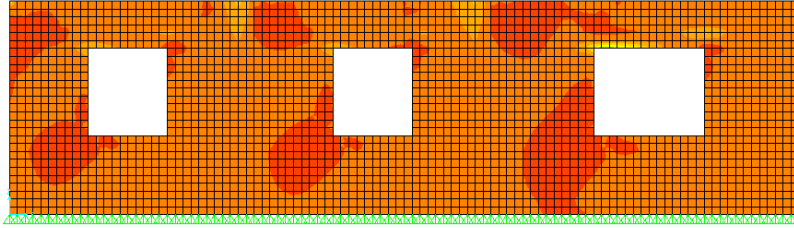
Şekil 5.20. A aksı S_{11} değerleri şeması



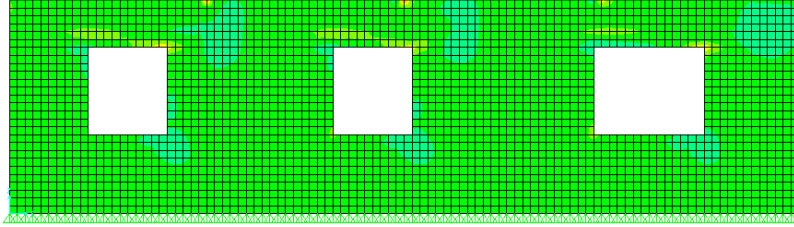
Şekil 5.21. A aksı S_{22} değerleri şeması



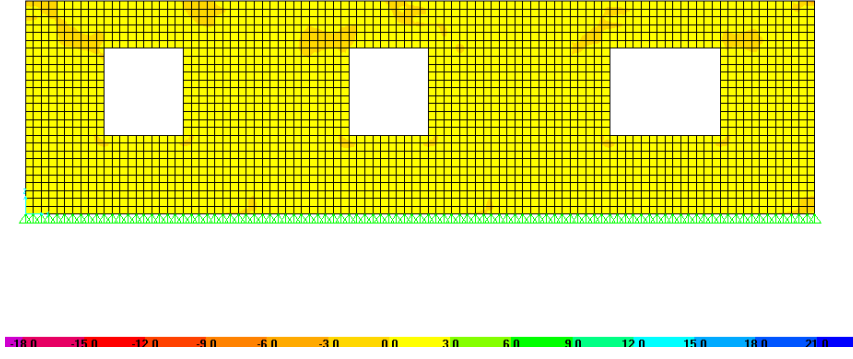
Şekil 5.22. A aksı S_{12} değerleri şeması



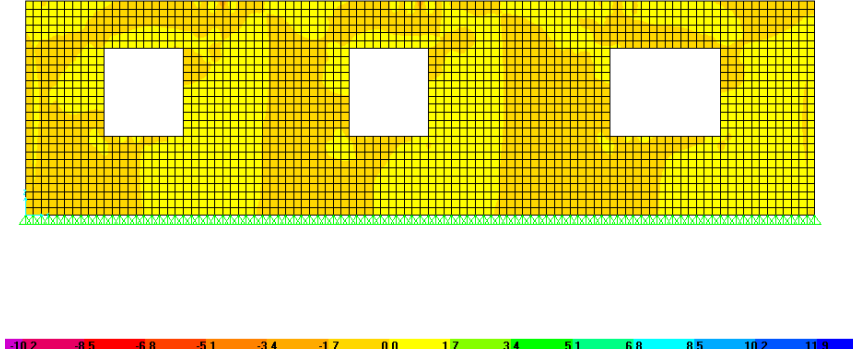
Şekil 5.23: A aksı S_{MAX} değerleri şeması



Şekil 5.24. A aksı S_{MIN} değerleri şeması



Şekil 5.25. A aksı S_{13} değerleri şeması



Şekil 5.26. A aksı S_{23} değerleri şeması

Çizelge 5.8’de analizi gerçekleştirilen binanın ilk üç periyodu gösterilmektedir.

Çizelge 5.8: Modal analiz sonuçları

Analiz tipi	Mod sayısı	Periyot (Sn)
MODAL	1	0,1994
MODAL	2	0,1955
MODAL	3	0,0074

5.3 Tuğla Duvarların Güvenlik Kontrolü

Yığma yapılarla ilgili Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHE,2007), tuğla serbest basınç dayanımının (f_u) 0.50'si duvar basınç dayanımı (f_d) ve yine serbest basınç dayanımının 0.25'i duvar emniyet gerilmesi(f_{em}) olarak alınabileceği belirtilmiştir. Yığma duvarda kullanılan elemanların elastisite modülü (E_d) ise ($200.f_d$) olarak alınabileceği vurgulanmıştır. Bu kriterlere göre duvar basınç emniyet gerilmesi, duvarın basınç dayanımı ve elastisite modülü (5.1) eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Serbest basınç dayanımı olarak laboratuvar çalışmasındaki numunelerin ortalama basınç dayanımı değeri $75,00 \text{ kg/cm}^2$ olarak tespit edilmiştir.

$$f_{em} = 0.25 \cdot f_u = 0.25 \cdot 750 = 18,75 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.1)a$$

$$f_d = 0.5 \cdot f_u = 0.5 \cdot 750 = 37,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.1)b$$

$$E_d = 200 \cdot f_d = 200 \cdot 37,5 = 7500 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.1)c$$

Deprem yönetmeliğinde harman tuğla duvarın basınç emniyet gerilmesi 8 kg/cm^2 olarak alınabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte yine aynı yönetmelikte yığma duvar cinsine ve harç sınıfına göre serbest basınç dayanımı 75 kg/cm^2 olan duvarın en olumsuz durumda 5 kg/cm^2 alınabileceği belirtilmiştir. Bu kriter dikkate alındığında, bu çalışmada tuğla duvar basınç emniyet gerilmesi değeri 7 kg/cm^2 (C sınıfı harç kullanıldığında, Çizelge 2.9) olabileceği esas alınmış ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır.

Duvara gelen bütün yükler SAP2000 hesap raporlarından alınacaktır. Bu raporlardaki duvar kayma gerilmeleri Denk(5.2) ile karşılaştırılacaktır.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu \cdot \sigma \quad (5.2)$$

τ_{em} : Duvar kayma emniyet gerilmesi (t/m²)

τ_o : Duvar çatlama emniyet gerilmesi (t/m²)

μ : Sürtünme katsayısı (0.5)

σ : Duvar düşey gerilmesi (basınç emniyet gerilmesi alındı)

Duvar çatlama emniyet gerilmesi Çizelge 5.9’da duvar malzemesine göre verilmiştir.

Çizelge 5.9: Duvarların çatlama emniyet gerilemesi (DBYBHE,2007)

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi τ_o (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35’den az, çimento takviyeli kireç	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35’den fazla, çimento takviyeli kireç	0.12
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.10
Gazbeton (tutkal ile)	0.15
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.20

$$\tau_o = 1.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (DBYBHE,2007)}$$

$$\mu = 0,5 \text{ (DBYBHE,2007)}$$

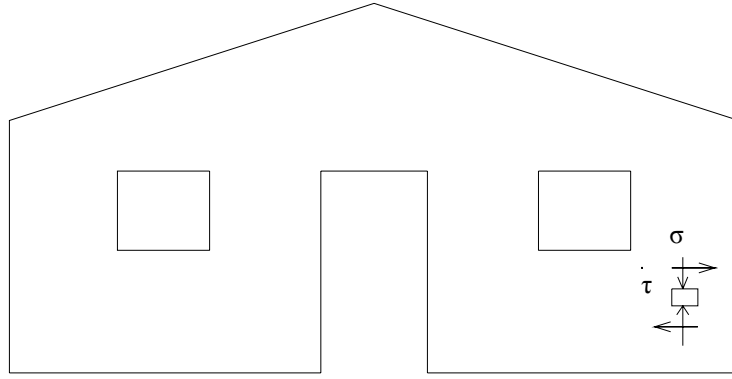
$$\sigma = 7 \text{ kg/cm}^2 \text{ (DBYBHE,2007)}$$

$$\tau_{em} = 1,5 + 0,5 \times 7 = 5 \text{ kg/cm}^2$$

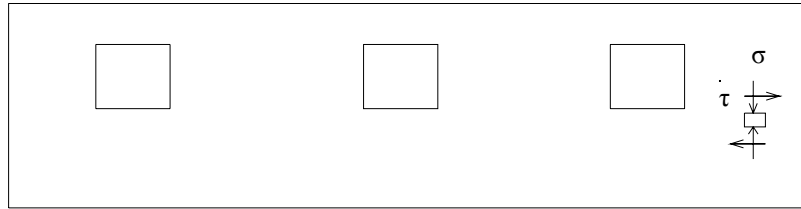
Sonuçta

$$\sigma_{em} = 7 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_{em} = 5 \text{ kg/cm}^2$ olarak alınmıştır. Şekil 5.27 ve 5.28’de birim elemanda basınç ve kayma gerilmeleri şematize edilmiştir.



Şekil 5.27. 1 Aksı duvarı tipik eleman basınç ve kesme gerilmeleri gösterimi



Şekil 5.28. A Aksı duvarı tipik eleman basınç ve kesme gerilmeleri gösterimi

Hesaplarda bulunan maksimum σ (S_{22}) ve τ (S_{12}) değerleri izin verilen emniyet gerilmeleri ile Çizelge 5.10'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.10: Maksimum gerilmelerin emniyet kontrolü

Aks	$\sigma_{\max}$ (S_{22}) kg/cm ²	Nokta	$\tau_{\max}$ (S_{12}) kg/cm ²	Nokta	σ_{em} kg/cm ²	τ_{em} kg/cm ²
1	6,41	8	2,54	8	7	5
2	2,28	-	0,93	-	7	5
3	3,06	-	1,35	-	7	5
4	2,49	-	0,75	-	7	5
5	5,22	-	2,69	-	7	5
A	6,03	12	3,15	15	7	5
B	5,68	-	1,87	-	7	5
C	6,07	-	1,74	-	7	5
D	4,76	-	2,26	-	7	5

Her için yapılan karşılaştırmalarda mevcut gerilmelerin emniyet gerilmelerinin altında kaldığı görülmüştür.

5.4 Yığma Kerpiç Yapı Analizi

Tuğla duvar hacim hesabında olduğu gibi kerpiç içinde hacim hesabı aynı şekilde yapılmıştır(Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11: Kerpiç duvarı hacim hesabı

Aks	Duvar uzunluğu (m)	Duvar genişliği (m)	Duvar yüksekliği (m)	Duvar hacmi (m ³)	Boşluklar		Net duvar hacmi (m ³)
					Pencere hacmi (m ³)	Kapı hacmi (m ³)	
1	9.00	0.50	2.70	12.15	0.65	1.10	10.40
2	3.70	0.50	2.70	4.99	-	-	4.99
3	3.80	0.50	2.70	5.13	-	-	5.13
4	7.50	0.50	2.70	10.13	-	-	10.13
5	9.00	0.50	2.70	12.15	1.20	1.10	9.85
A	10.00	0.50	2.70	13.15	1.95	-	11.20
B	10.00	0.50	2.70	13.15	-	2.97	10.18
C	10.00	0.50	2.70	13.15	-	2.97	10.18
D	10.00	0.50	2.70	13.15	1.95	-	11.20
Top							83.26

Deney numuneleri arasındaki kerpiçlerin deney sonuçlarına göre birim hacim ağırlığının ortalama 1.25 t/m³ civarında olduğu görölmektedir.

Buna göre binanın 2.70 yüksekliğindeki duvar ağırlığı:

$$83.26 \times 1.25 = 104.08 \text{ ton}$$

Olmaktadır. Bununla birlikte 1 ve 5 akslarındaki çatı alın duvarının ağırlığı ise

$$(9.00 \text{ m} \times (4.00 \text{ m} - 2.70 \text{ m}) / 2) \times 0.5 \text{ m} \times 1.25 \text{ t/m}^3 \times 2 = 7,31 \text{ ton'dur.}$$

Pencere ve kapı boşlukları üzerinde bulunan beton hatılların ağırlık farkları tüm yapıya oranla çok küçük olduğundan ihmal edilmiştir.

Çatı ağırlığında ise, kullanılan malzemelerin özellikleri esas alınmıştır. Çatı örtüsü olan Marsilya tipi kiremidin ağırlığı yaklaşık 45 kg/m²'dir. Mahya kotu +4.00 m olduğu göz önünde bulundurulmuştur. Planda çatı alanı 90 m²'dir (9.00m x 10.00m) ve buna göre kiremit ağırlığı:

$$45 \text{ kg/m}^2 \times 90 \text{ m}^2 = 4.05 \text{ ton olmaktadır.}$$

Kar yükü Manisa için 75kg/m² (TS498, 1997) olup

$$90 \text{ m}^2 \times 75 \text{ kg/m}^2 = 6750 \text{ kg} = 6.75 \text{ ton'dur.}$$

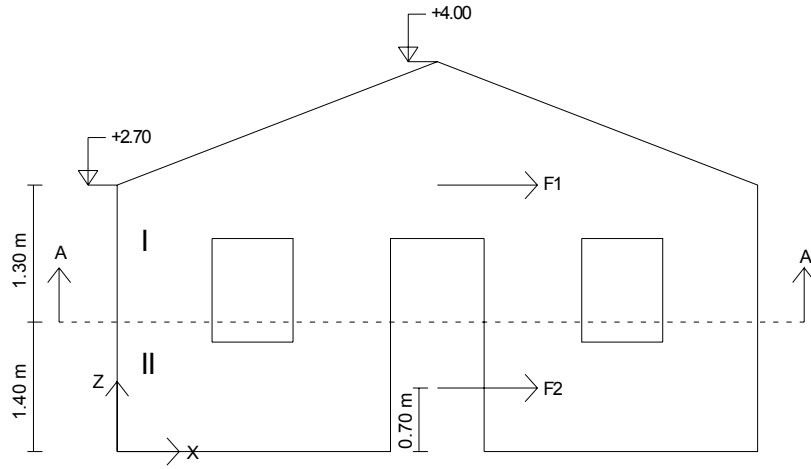
Kavak ağacından yapılan, toplam 28,08 m uzunluğundaki 10 x 10 cm kesitli ahşap kafes elemanları ile toplam 30 m uzunluğundaki 5 x 10 cm kesitindeki ahşap kafes elemanlarının toplam ağırlığı da yaklaşık 0,344 ton olarak hesaplanmıştır. Ahşabın birim hacim ağırlığı 0,8 t/m³ olarak alınmıştır.

Tüm bu verilerin toplamı sonucunda Çizelge 5.12’te görüldüğü gibi bina ağırlığı 122,53 ton olarak bulunmuştur.

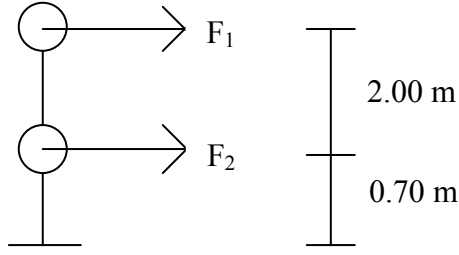
Çizelge 5.12: Bina ağırlığı hesabı

Birim	Net hacim (m ³)	Ağırlık (t)
duvarlar	34.02	104.08
Çatı duvarları	5.85	7.31
Çatı örtüsü	-	4.05
Ahşap kafesler	0.43	0.344
Kar yükü	-	6,75
Toplam	-	122.53

Şekil 5.29’de deprem yükünün binaya etkitilmesi şematize edilmiştir. A-A çizgisinden bina ikiye bölünüp binanın iki kütleye sahip kabul edilmiştir. Bina ağırlığına bağlı kesme kuvveti F_1 ve F_2 olmak üzere 2 seviyeden binaya etkitilmiştir. Şekil 5.30’da ise sistem idealize edilmiştir.



Şekil 5.29. Deprem yükleri şeması



Şekil 5.30. F_1 ve F_2 kuvvetleri

Binanın A-A çizgisi üzerindeki ağırlığı:

$$W_1 = 104.08 \times (1.30/2.70) + 7.31 + 4.05 + 0.344 + 6.75 = 68.566 \text{ t}$$

Binanın A-A çizgisi altındaki ağırlığı:

$$W_2 = 104.08 \times (1.40/2.70) = 53.96 \text{ t}$$

Bina toplam ağırlığına bağlı taban kesme kuvveti,

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{Ra(T_1)} = \frac{W \cdot A_0 \cdot I \cdot S(T)}{Ra(T_1)} = \frac{122,53 \times 0.40 \times 1 \times 2.5}{2} = 61.26 \text{ t}$$

Bu bağıntıda (DBYBHE, 2007)

V_t : Taban kesme kuvveti

W : Bina ağırlığı

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı

$Ra(T_1)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı

S(T): spektrum katsayısı

$$F_1 = \frac{W_1 x h_1}{\sum (W_i x h_i)} \times V_t = \frac{68.566 x 2,70}{68,566 x 2,70 + 53,96 x 0,70} \times 61,26 = 50,88 \text{ t}$$

Bu eşdeğer deprem yükü de SAP2000’de +2.70 m kotundaki toplam 733 noktaya eşit olarak dağıtılmıştır. Yani $50,88/733 = 0.069$ ton = 69 kg’lık yük X ve Y yönlerinde sisteme etkiletilmiştir.

$$F_2 = \frac{W_2 x h_2}{\sum (W_i x h_i)} \times V_t = \frac{53,96 x 0,70}{68,566 x 2,70 + 53,96 x 0,70} \times 61,26 = 10,38 \text{ t}$$

Bu yük SAP2000’de +0,70 m kotundaki toplam 656 noktaya eşit olarak dağıtılmıştır. Yani $10,38/656 = 0,016$ ton = 16 kg’lık yük X ve Y yönlerinde sisteme etkiletilmiştir.

Analizlerde yük kombinasyonları aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır:

Zati (sadece zati yük)

Zati ± DepremX (zati yük ile birlikte X yönünde deprem kuvveti)

Zati ± DepremY (zati yük ile birlikte Y yönünde deprem kuvveti)

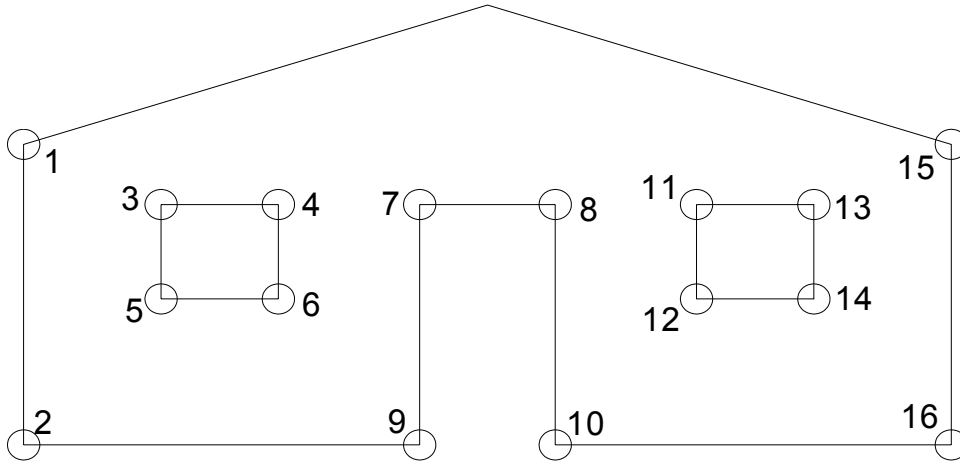
Zati + Kar Yüğü ± DepremX (zati, X yönünde deprem kuvveti ve kar yüğü)

Zati + Kar yüğü ± DepremY (zati, Y yönünde deprem kuvveti ve kar yüğü)

Kerpiç yapı analiz sonuçları

Yapımızda çok sayıda eleman mevcut olduğundan bütün nokta ve elemanların analiz sonuçlarının yerine 1 ve A aksı duvarlarındaki kritik noktaların değerleri verilmiştir. Seçilen kritik noktalar Şekil 5.31’de verilmektedir.

Yapılan analizler sonucu elde edilen maksimum gerilmeler Çizelge 5.13’te, maksimum deplasmanlar da Çizelge 5.14’te verilmiştir.



Şekil 5.31. 1 Aksı kesiti kritik noktaları

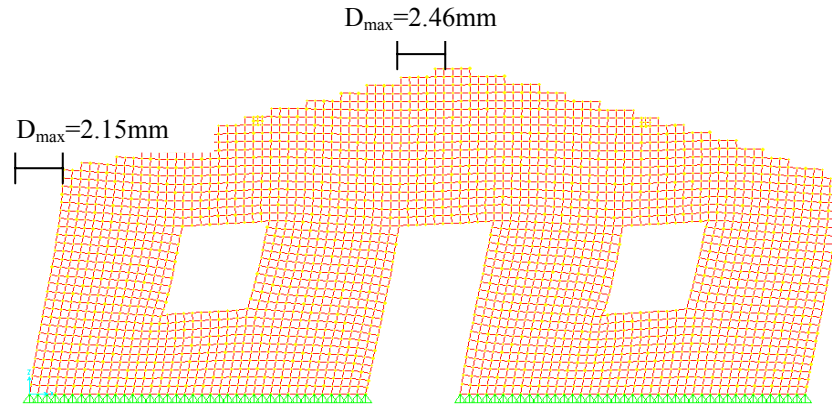
Çizelge 5.13: 1 Aksı duvarı kritik nokta gerilmeleri

Nokta no	S ₁₁ (kg/cm ²)	S ₂₂ (kg/cm ²)	S ₁₂ (kg/cm ²)	S _{MAX} (kg/cm ²)	S _{MIN} (kg/cm ²)	S ₁₃ (kg/cm ²)	S ₂₃ (kg/cm ²)
1	-2,12	4,31	1,35	1,96	-4,32	-1,62	2,94
2	0,53	2,67	0,86	2,97	0,39	-0,005	0,06
3	32,94	11,82	5,07	35,80	8,96	0,001	-0,029
4	-21,37	-10,75	4,27	-7,75	-24,37	0,01	0,020
5	-4,20	-4,71	1,85	-2,41	-6,50	0,001	0,001
6	4,94	4,78	2,05	7,09	2,63	0,006	0,008
7	39,50	10,23	4,50	41,36	8,16	0,30	0,22
8	-41,77	-12,72	6,27	-9,57	-44,0	0,25	-0,23
9	-1,09	-5,49	1,09	-0,95	-5,75	0,009	0,05
10	0,83	4,20	0,96	4,45	0,73	0,011	-0,025
11	24,35	10,01	3,54	26,54	7,71	0,002	-0,03
12	-33,95	-13,46	5,99	-10,05	-37,53	-0,02	0,018
13	-5,48	-6,17	2,43	-3,15	-8,50	0,003	-0,005
14	4,10	3,86	1,66	5,81	2,15	-0,003	-0,005
15	2,73	-2,75	0,87	2,88	-2,48	-1,87	-2,37
16	-0,80	-3,98	0,99	-0,65	-4,27	-0,009	0,025

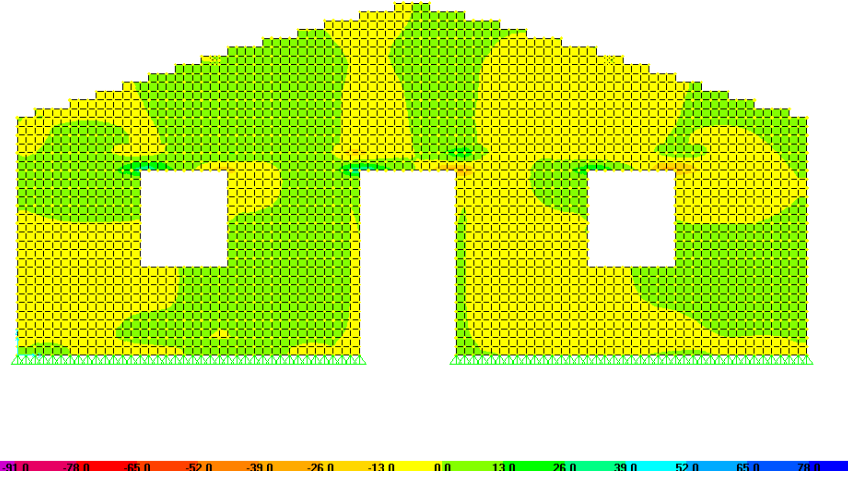
Çizelge 5.14: 1 Aksı kritik nokta deplasmanları

Nokta no	U ₁ (mm)	U ₂ (mm)	U ₃ (mm)	R ₁ (rd)	R ₂ (rd)	R ₃ (rd)
1	2,15	-0,02	0,28	0,00016	0,00053	0,00001
2	0	0	0	-0,00004	0,00056	-0,000002
3	2,03	-0,05	-0,22	0,000006	-0,00006	-0,00004
4	2,06	-0,08	0,05	-0,00002	-0,00013	-0,00003
5	0,46	-0,033	-0,28	0,00003	0,00036	-0,00002
6	0,54	-0,04	0,26	0,00005	0,00058	-0,000007
7	2,13	-0,09	-0,32	0,000008	0,00011	0,00007
8	2,15	0,01	-0,01	0,00003	0,00004	0,00007
9	0	0	0	0,00008	0,00031	-0,000001
10	0	0	0	-0,00003	0,00026	-0,000001
11	2,11	-0,0007	-0,41	0,00003	-0,0001	-0,00002
12	2,11	-0,018	-0,078	0,00002	0,00022	-0,00002
13	0,53	-0,0017	-0,40	-0,0000	0,00038	0,000005
14	0,50	-0,0073	0,18	0,000005	0,00055	-0,00002
15	2,29	-0,10	-0,62	-0,00005	0,00074	-0,0001
16	0	0	0	0,00007	0,00067	0,0000007

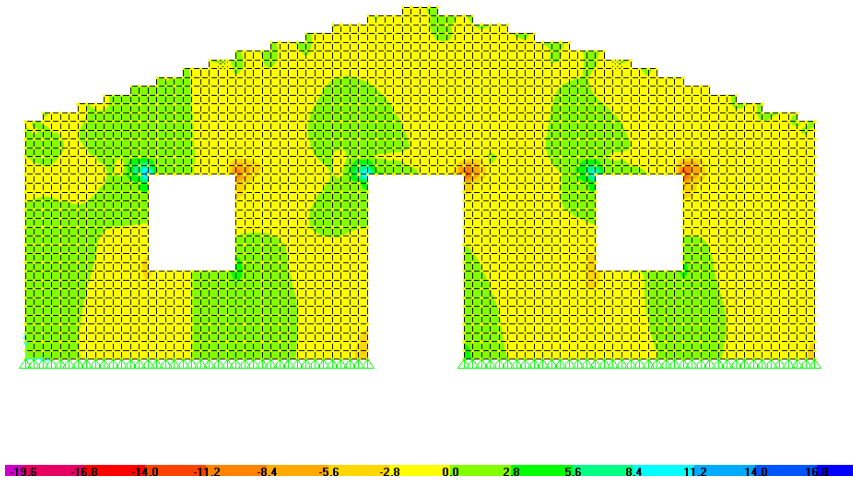
Ele alından yapının analizi sonucunda SAP2000(V.10)'den elde edilen 1 aksına ait duvarın şekil değiştirmiş geometrisi Şekil 5.32'de, gerilme değerleri şemaları ise Şekil 5.33-39 görüntülerinde verilmiştir.



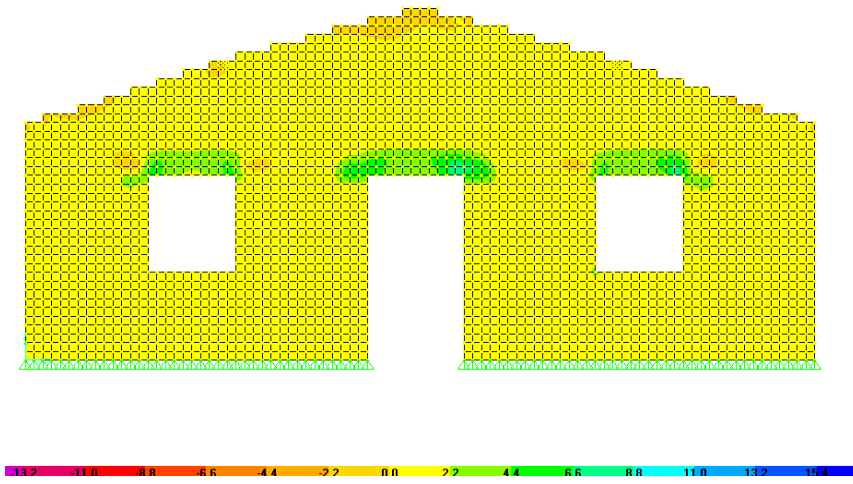
Şekil 5.32. 1 Aksı şekil değiştirmiş geometri



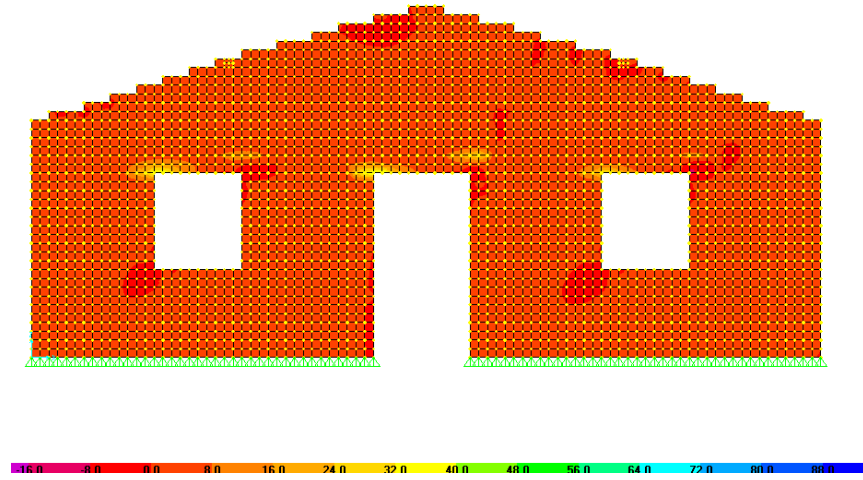
Şekil 5.33. 1 Aksı S_{11} değerleri şeması



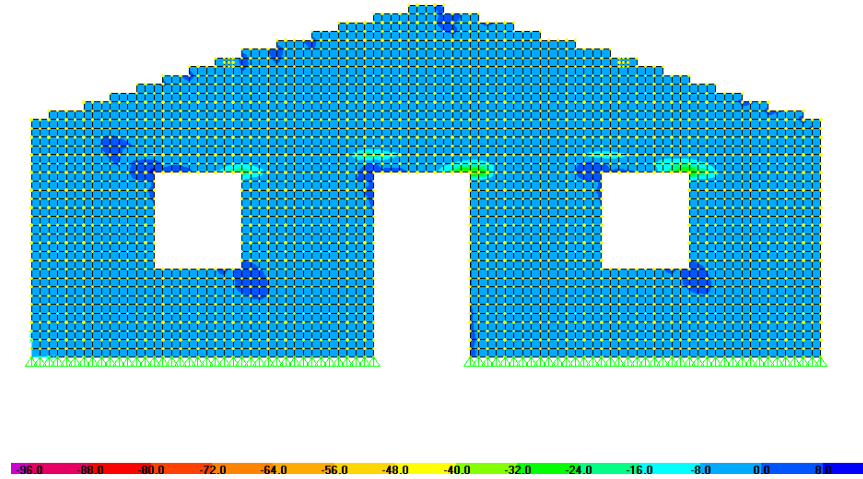
Şekil 5.34. 1. Aksı S_{22} değerleri şeması



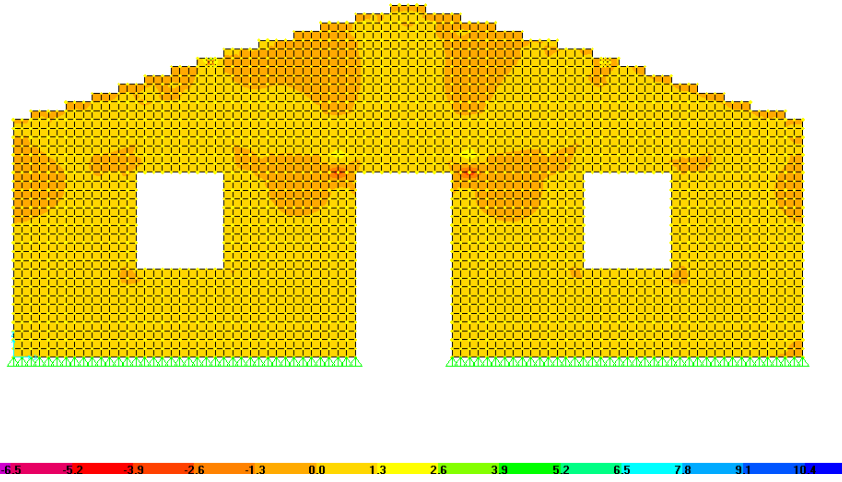
Şekil 5.35. 1. Aksı S_{12} değerleri şeması



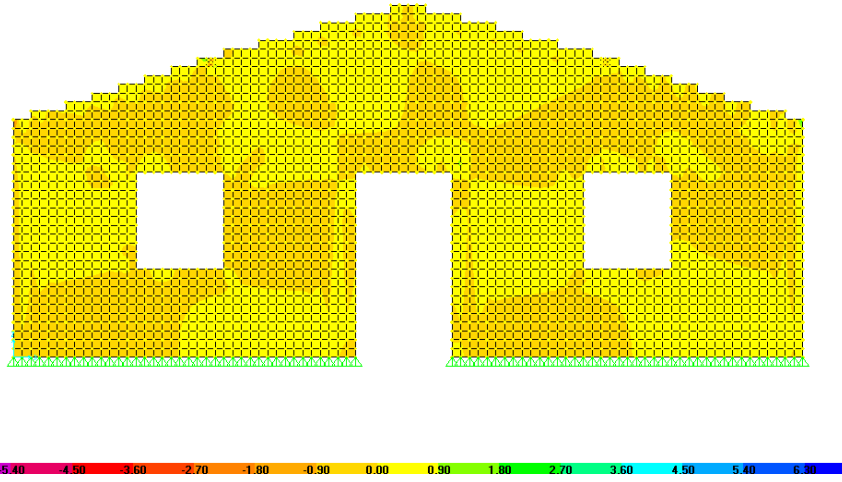
Şekil 5.36. 1 Aksı S_{MAX} değerleri şeması



Şekil 5.37. 1 Aksı S_{MIN} değerleri şeması

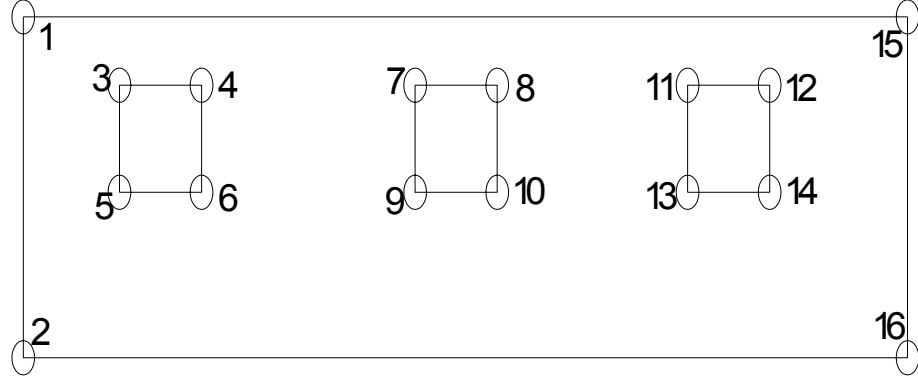


Şekil 5.38. 1 Akısı S_{13} değerleri şeması



Şekil 5.39: 1 Akısı S_{23} değerleri şeması

Benzer şekilde A aksı duvarı için de kritik noktalar seçilmiştir. Bu kritik noktalar şekil 5.40'de, bu kritik noktalardaki maksimum gerilmeler Çizelge 5.15'te ve bu noktalardaki maksimum deplasmanlar çizelge 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.40. A aksı duvar kritik noktaları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	S_{13} (kg/cm ²)	S_{23} (kg/cm ²)
-------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

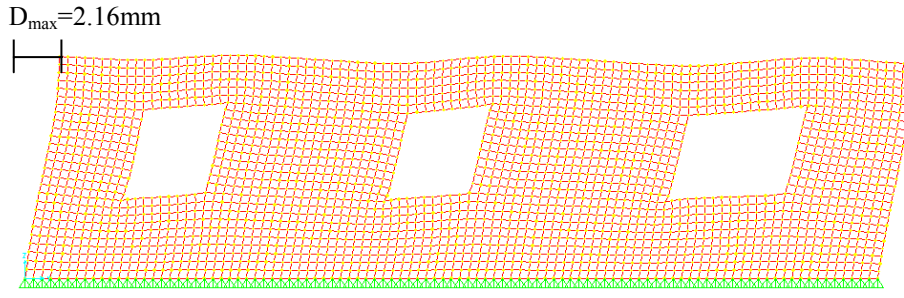
1	13,02	-0,30	-2,03	6,30	-13,34	-5,46	2,18
2	0,35	1,72	0,86	2,13	-0,34	0,003	-0,073
3	36,13	11,30	4,50	37,42	7,97	0,2	-0,12
4	-31,81	-10,42	5,16	-7,87	-34,36	0,2	0,11
5	-4,09	-3,73	1,67	-2,02	-5,73	0,06	-0,06
6	3,65	3,96	1,50	5,33	2,08	0,046	0,027
7	31,63	11,44	5,02	33,63	8,23	-0,036	0,07
8	-24,91	-9,69	4,73	-8,05	-27,48	0,035	0,005
9	-4,12	-4,86	1,75	-2,36	-6,22	0,028	-0,019
10	3,61	3,66	1,46	5,24	2,02	0,035	0,019
11	33,68	8,97	2,25	34,61	7,49	0,067	-0,05
12	-39,74	-12,35	4,93	-9,63	-42,10	0,22	-0,003
13	-4,38	-5,44	1,93	-2,62	-6,98	0,029	-0,015
14	4,03	3,39	1,57	5,47	1,95	0,045	-0,05
15	-14,41	-1,28	-1,65	14,54	-8,47	5,97	-3,15
16	-0,66	-3,24	0,97	-0,65	-3,54	0,008	-0,054

Çizelge 5.15: A Aksı duvarı kritik nokta gerilmeleri

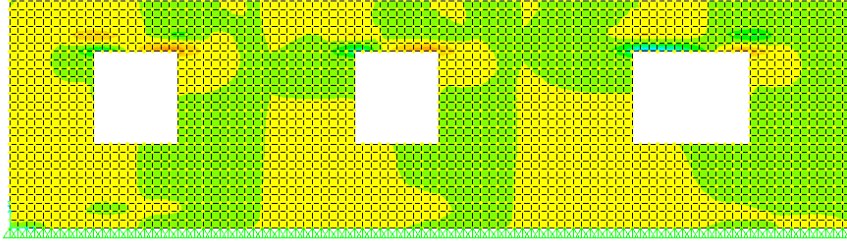
Nokta no	U ₁ (mm)	U ₂ (mm)	U ₃ (mm)	R ₁ (rd)	R ₂ (rd)	R ₃ (rd)
-------------	---------------------	---------------------	---------------------	------------------------	------------------------	------------------------

1	0,28	2,16	0,32	-0,001	0,00026	0,00051	Çizelge 5.16: Aksı kritik nokta a deplasmanları
2	0	0	0	-0,00035	0,00002	0,0000001	
3	1,61	0,20	-0,17	0,000008	0,00012	0,00014	
4	1,61	0,19	0,22	0,0007	-0,0027	-0,00008	
5	1,60	0,24	-0,31	-0,00019	0,00028	0,000004	
6	1,58	0,15	0,10	-0,00022	0,00006	-0,00017	
7	0,35	0,08	-0,31	-0,00011	0,00017	-0,00004	
8	1,58	0,15	0,10	-0,00003	0,00033	-0,00005	
9	0,35	0,08	-0,31	-0,00011	0,00017	-0,00004	
10	0,37	0,018	0,19	-0,00003	0,00033	-0,00005	
11	-0,11	1,68	-0,58	-0,00041	-0,00014	-0,00007	
12	0,009	1,75	-0,022	0,00025	-0,00019	0,00002	
13	-0,022	0,33	-0,36	-0,00012	-0,00004	-0,00007	
14	0,07	0,37	0,16	-0,0005	0,00008	0,00003	
15	-0,53	2,37	-0,72	-0,00126	-0,00058	0,0004	
16	0	0	0	-0,00044	-0,00012	0,00000001	

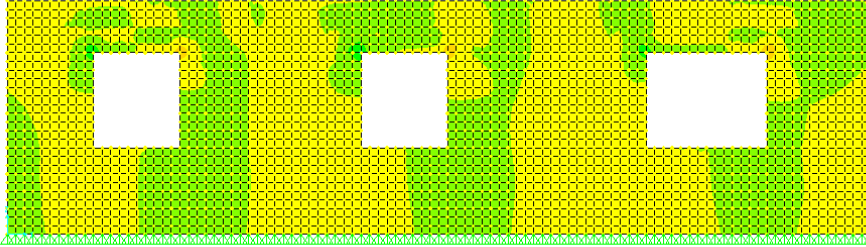
na ait duvarın şekil değiştirmiş geometrisi Şekil 5.41’de, gerilme değerleri şemaları ise Şekil 5.42-48 görüntülerinde verilmiştir.



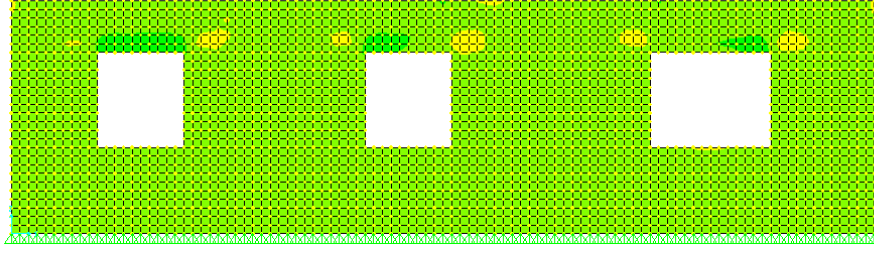
Şekil 5.41. A Aksı şekil değiştirmiş geometri



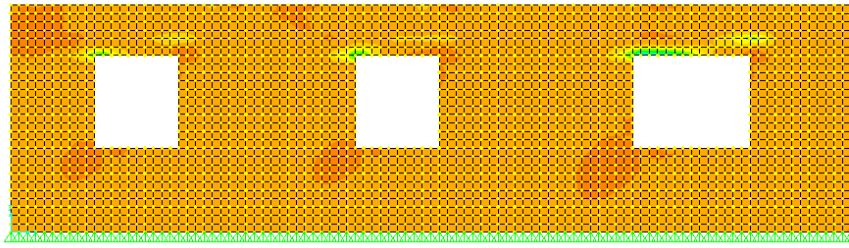
Şekil 5.42. A Aksı S_{11} değerleri şeması



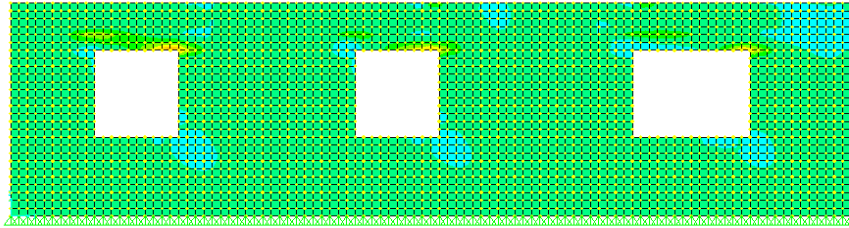
Şekil 5.43. A Aksı S_{22} değerleri şeması



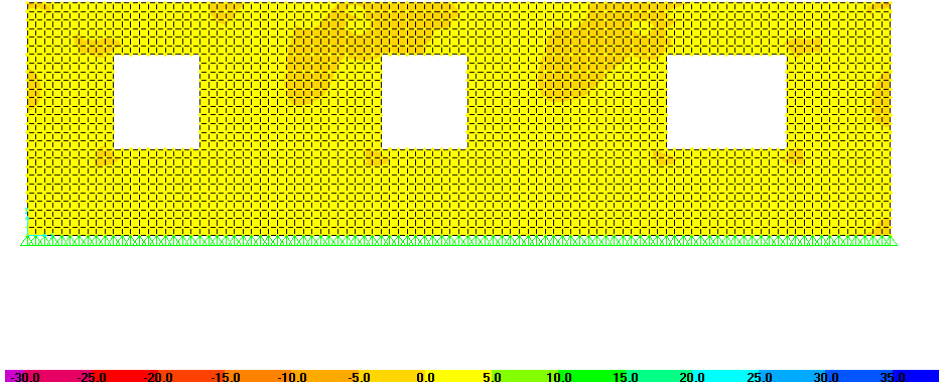
Şekil 5.44. A Aksı S_{12} değerleri şeması



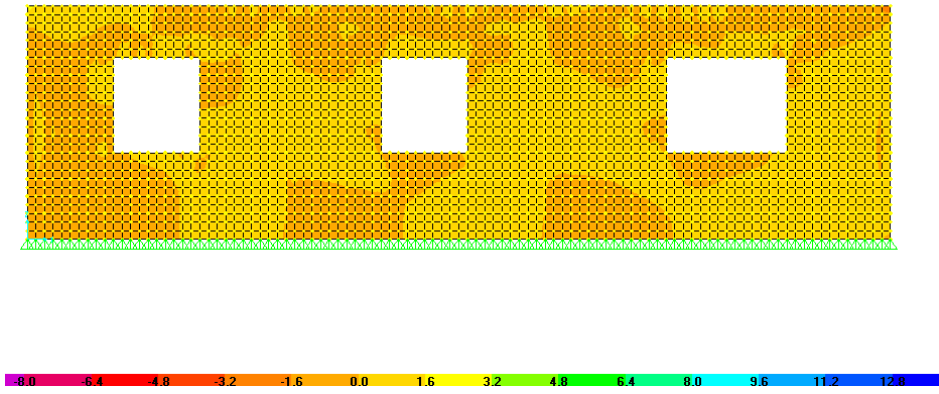
Şekil 5.45. A Aksı S_{MAX} değerleri şeması



Şekil 5.46. A Aksı S_{MIN} değerleri şeması



Şekil 5.47. A Aksı S_{13} değerleri şeması



Şekil 5.48. A Aksı S_{23} değerleri şeması

Çizelge 5.17’de analizi gerçekleştirilen binanın ilk üç periyodu gösterilmektedir.

Çizelge 5.17: Modal analiz sonuçları

Analiz tipi	Mod sayısı	Periyot (Sn)
MODAL	1	0,450966
MODAL	2	0,250984
MODAL	3	0,246088

5.5 Analiz Değerlendirmesi

Analiz raporlarında da görüldüğü gibi gerilme yığılmaları en fazla kapı ve pencere köşelerinde meydana gelmiştir. Analizler sonucunda harman tuğlası için elde edilen gerilmeler hesaplanan emniyet gerilmelerinden düşük çıkmıştır. Yapı güvenliği sağlanmakta ve güçlendirme çalışması yapmak gerekmez. Kerpiç için emniyet kontrolü yapılmamıştır. Ancak hem harman tuğla duvarlı hem de kerpiç duvarlı yapı için Deprem Yönetmeliği'ndeki (2007) yığma yapı tasarım kriterleriyle karşılaştırma yapılmıştır(Çizelge 5.1).

Yığma yapılarda boşluklu kısımlar yapının kritik bölgeleridir. Çünkü gerilme yığılmalarının biriktiği yerler, olası çatlakların ve kırılmaların görüleceği ilk yerlerdir. Bu gerilme yığılmalarını azaltmak veya dengeli dağıtmak için oluşturulan sistem mümkün olduğu kadar simetrik olmalıdır. Simetrik olmadığında normal iç kuvvetlerin yanında burulmadan dolayı ek kuvvetler yapıya tesir edeceğinden gevrek yığma yapı elemanları daha da zorlanacaktır. Bunun yanında yığma yapılarda bu gerilme yığılmasını olumsuz etkileyen kat yüksekliklerinin fazlalığı, duvarlarda büyük boşluk oranları, yetersiz duvar alanları, boşluk yerleşiminde hatalar, mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun fazlalığı ve kat sayısının fazlalığı gibi nedenler de vardır.

Tez kapsamında ele alınan yapı yaklaşık olarak simetriktir. Dolayısıyla burulma etkisi çok azdır.

Tez kapsamında ele alınan yapının analizlerinde çekme gerilmelerinin meydana geldiği noktalar özellikle kritik noktalardır.

Gevrek malzemeli yığma duvarlarda deprem etkisinde çatlak oluşmasında birinci etken bu elemanların çekme gerilme dayanımının çok düşük olmasıdır.

6. YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Manisa mevcut yapı stoğunun %65'i yığma türü binalardır (DİE,2000). Özellikle kırsal kesimde yoğunlaşan yığma yapılar çok sayıda insana barınak olmaktadır. Bu nedenle mevcut yığma yapıların korunması ve güçlendirilmesi önem kazanmaktadır.

Doğru ve etkili güçlendirme yöntemi belirlemek için bina taşıyıcı sistemin analiz edilmesi ve yapı elemanlarının karakteristik özellikleri belirlenmelidir. Deprem sırasında meydana gelebilecek maksimum deformasyon ve gerilmeler doğrultusunda binanın kritik noktaları belirlenmelidir. Gerilme yığılmalarının olduğu bölgelere özellikle dikkat edilmelidir.

Yığma yapıların gevrek yapılar olması ve depremlerde yatay kuvvetlerle zorlanmaları sonucu hafif şiddetli depremlerde bile çatlaklar oluşabilir. Analizlerde yapı elemanlarının düşey basınç ve kayma gerilme dayanımları yeterli çıksa da sistemde oluşan çekme gerilmeleri yapıya zarar verebilir. Gevrek malzemelerin çekme dayanımı çok düşük olduğundan özellikle gerilme yığılmalarının olduğu kritik bölgelerde istenmeyen çatlaklar oluşabilir.

Yapı taşıyıcı sistemin analizi sonucunda yapı elemanlarının kapasitelerinin yetersiz olduğu tespit edilirse güçlendirme yapmak gerekir. Yığma yapıların güçlendirilmesi için önce bina hakkında bilgi edinmek gerekir. Bina mimarisi ve yapı elemanları hakkında edinilen bilgiler güçlendirme çalışmalarına yön vermede etkilidir.

6.1 Yığma Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Güçlendirme için mevcut imkanlarla elde edilebilecek sınırlı düzeydeki bilgilerdir. Deney veya kapsamlı araştırma gerekmez. Deprem Yönetmeliği(2007)'nde yapıya ait bilgi toplama yöntemleri açıklanmıştır.

6.1.1 Bina geometrisi

Mimari projeler mevcut ise, binada yapılacak görsel inceleme ile mevcut geometrinin projeye uygunluğu tespit edilecektir. Mimari proje yoksa binanın sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler yığma duvarların her kattaki yerini, uzunluklarını, kalınlıklarını, boşluklarını ve kat yüksekliklerini içermelidir. Temel sistemi bina dışından açılacak bir inceleme çukuru ile gözlenecek ve belirlenecektir(DBYBHE,2007).

6.1.2 Detaylar

Çatının ve döşemenin türü, duvarlarla bağlantı şekilleri, hatıl ve lentoların durumu görsel olarak tespit edilecektir(DBYBHE,2007).

6.1.3 Malzeme Özellikleri

Duvar malzemelerinin türü, duvar yüzeyinin bir bölümünün sıvası kaldırılarak gözle tespit edilecektir. Bina dayanımı hesaplarında, Bölüm 5'de her duvar türü için verilen duvar kesme dayanımları esas alınacaktır(DBYBHE,2007).

Tez kapsamında ele alınan yapı üzerinde yapılan çalışmalarda yapıya ait duvarların uzunlukları, kalınlıkları, yükseklikleri ve boşlukları belirlenmiştir. Bina geometrisi ve iç dizaynı çizilen mimari planda mevcuttur. Temel Manisa'daki çoğu yığma yapı gibi taştandır. Duvar malzemeleri tuğla ve kerpiç olup ayrı ayrı dizaynı gerçekleştirilmiştir.

6.2 Yığma Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Sınırlı bilgi düzeyine ek olarak duvar bağlantıları ve duvarların stabilitesi tahkik edilecektir(DBYBHE,2007).

6.3 Yığma Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Orta bilgi düzeyine ek olarak duvar malzemesi özelliklerinin belirlenmesi için binadan en az 3 adet duvar parçası örneği alınacak ve Bölüm 5'e göre yapılacak hesaplarda bu örneklerin deneylerinden elde edilecek ortalama özellikler kullanılacaktır(DBYBHE,2007).

Tez kapsamında incelenen yapı hakkında elde edilen bilgiler yönetmeliğin (DBYBHE,2007) Sınırlı Bilgi Düzeyi kapsamındadır.

6.4 Yığma Duvar Güçlendirme Yöntemleri

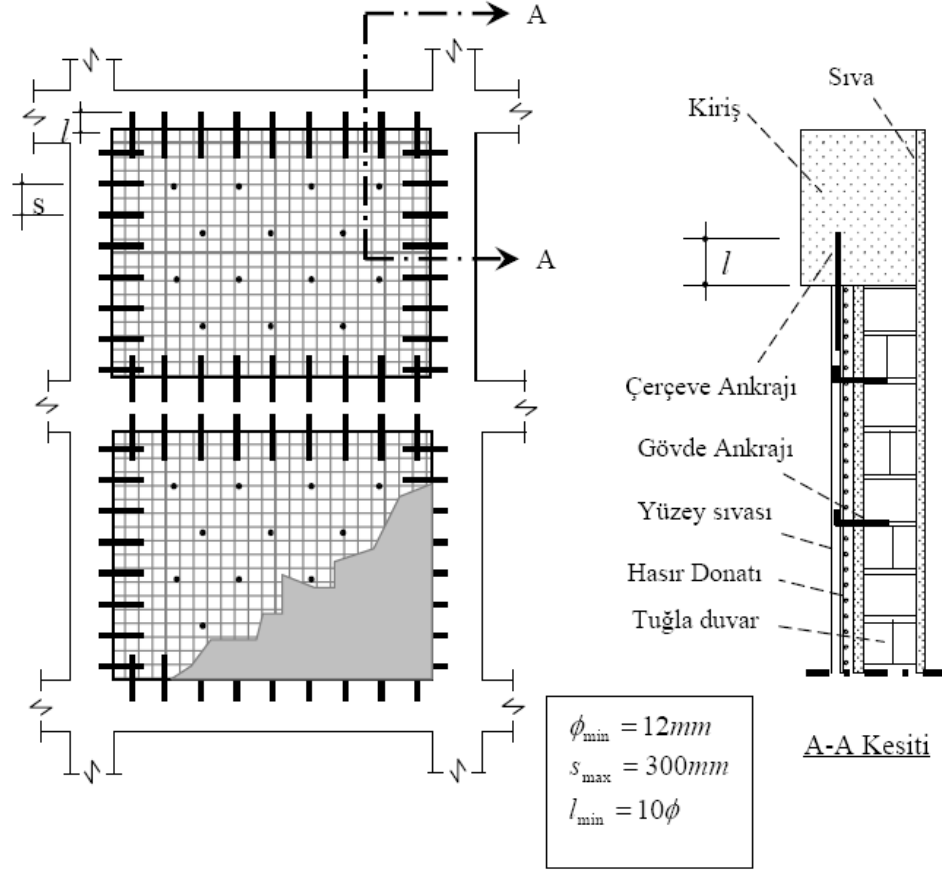
6.4.1 Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan hasır çelik donatılı, özel karışimli sıva tabakası ile arttırılabilir.Sıva tabakasının kalınlığı en az 30 mm, hasır donatı pas payı ise en az 20 mm olmalıdır. Özel sıva 4 hacim kum, 1 hacim çimento ve 1

hacim kireç karışımı ile yapılacaktır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı en az 5 MPa olacaktır.

Güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır (Şekil 6.1). Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz.

Donatılı sıva tabakası ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak çerçeve ankraj çubuğunun en küçük çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 300 mm olmalıdır. Ayrıca donatılı sıva tabakası ile mevcut dolgu duvarın birlikte çalışmasının sağlanması için duvar düzlemine dik yönde, her bir metrekare duvar alanında dört adet gövde ankrajı yapılacaktır. Duvara dik yönde yapılacak gövde ankraj çubukları dolgu duvarın harç derzleri içine gömülecek ve çubuk çapı en az 8 mm, ankraj derinliği çubuk çapının en az on katı olacaktır. Duvar düzlemine paralel ve dik doğrultuda yapılacak tüm ankraj çubukları açılacak deliklere epoksi esaslı bir malzeme ile ekilecek ve uçları L şeklinde 90 derece bükülerek hasır donatının içine geçirilecektir. Uygulama detayları Şekil 6.1'de gösterilmektedir.

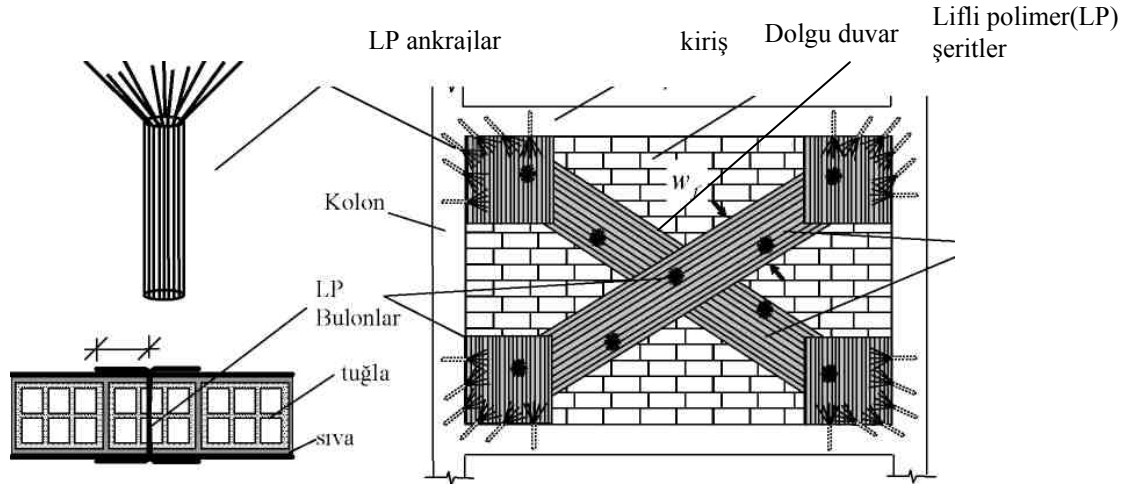


6.4.2 Dolgu duvarlarının lifli polimerler ile güçlendirilmesi

Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan lifli polimerler (LP) ile artırılabilir. Bu tür uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm

derinliğinde boşluk olmalıdır. Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz. Köşegen lifli polimer şeritlerin detaylandırılması Şekil 6.2’de gösterilmektedir. Köşe bölgelerde yük dağılımını sağlayabilmek ve betonarme çerçeve ile LP şeritler arasında yeterli sayıda ankraj yerleştirebilmek için şerit genişliğinin 1,5 katından az olmayan genişlikte kare LP levhalar kullanılacaktır(DBYBHE,2007).

Lifli polimer uygulaması duvarın iki tarafından yapılacak ve LP şeritler duvar kalınlığına geçen LP bulonlar ile duvara sabitlenecektir. LP bulonlar arasındaki mesafe 600 mm’den fazla, bulonun köşegen şerit kenarına uzaklığı ise 150 mm’den fazla olamaz. Köşegen LP şerit ile çerçeve arasındaki yük aktarımını sağlamak için LP ankrajlar kullanılacaktır. LP ankrajlar LP şeritlerin epoksi ile doyurulması ve bir silikon çubuk etrafına sarılması ile oluşturulacaktır. LP ankrajların uçları yelpaze şekline getirilecek ve en az 4 adet ankraj köşegen LP şerit yönünde olacak şekilde beton içinde açılan tozdan arındırılmış deliğe epoksi enjekte edilerek yerleştirilecektir. Ankraj yapımında çubuk etrafına sarılan LP’nin genişliği 100 mm’den az olmayacaktır. Ankraj deliğinin çapı 10 mm’den, derinliği ise 150 mm’den küçük olmayacaktır. Buna göre hazırlanan bir ankrajın çekme dayanımı olarak, 20 kN veya silikon çubuk etrafına sarılan LP’nin çekme kapasitesinin %30’undan küçük olanı olarak alınacaktır(DBYBHE,2007).



Şekil 6.2. Lifli polimer şeritler (DBYBHE,2007)

Sofronie ve diğ., (2003), 1/1 ölçeğinde dolu tuğlalı bir sanat yapısı yapmış ve polimer lifleri ile güçlendirmişler ve sarsma tablası üzerinde deneye tabi tutmuşlardır. Buradaki güçlendirme polimer kare liflerle gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda kesme çatlakları önlenmiş ve homojen bir gerilme elde edilmiştir.



Şekil 6.3. Dolu tuğladan bir sanat yapısı modelinin polimer liflerle güçlendirilmesi deneyi öncesi ve deney sonrası (Sofronie ve diğ., 2003)

Fam ve diğ., (2002) yığma dolu tuğla ile örülmüş duvarı yatay yükler altında deneye deneye tabi tutmuşlardır(Şekil 6.4). Hasar gören yapı daha sonra cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) ile tamir edilmiş ve düzlemi doğrultusunda deney yapılmıştır.

Deney sonucunda güçlendirilmiş dolu tuğla duvarın orijinal numuneye göre, deformasyon kapasitesi 3 kat yük kapasitesi ise yaklaşık 2 kat artmıştır.



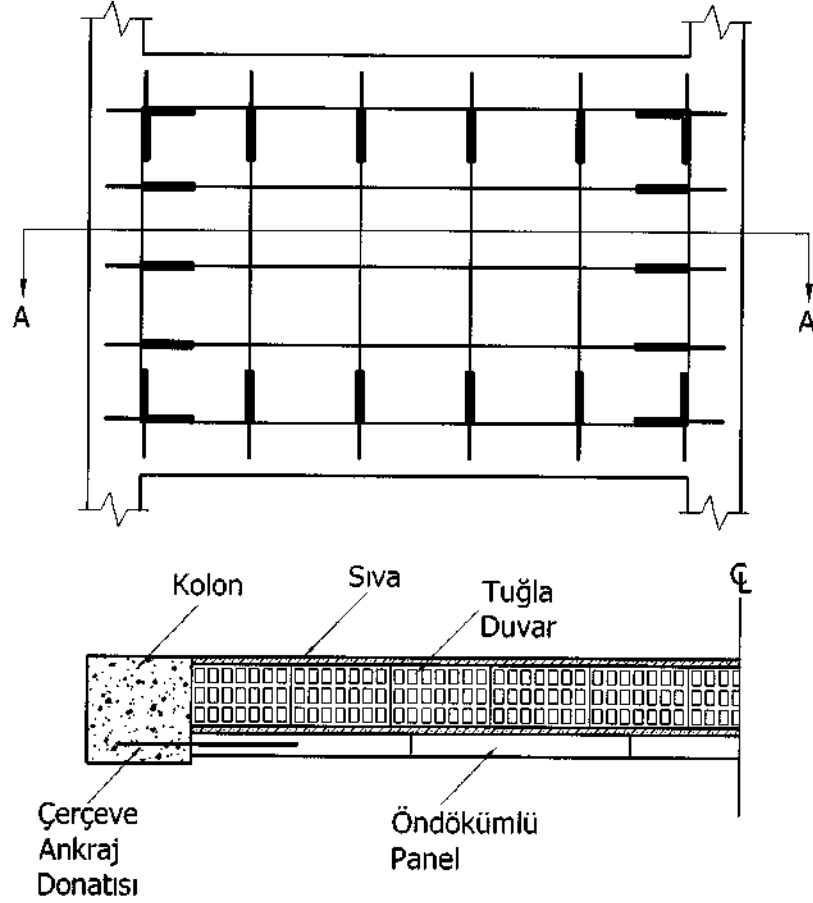
Şekil 6.4. Deneye tabi tutulan dolu tuğla duvar

6.4.3 Dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının kesme dayanımı ve rijitliği, öndökümlü beton panel elemanlar kullanılarak arttırılabilir. Bu tür güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında değişen duvarlara uygulanmalıdır. Ön dökümlü paneller mutlaka çerçevenin içinde kalacak şekilde yerleştirilecek, dışmerkezli olarak yerleştirilmeyecektir. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü

arasında en az panel kalınlığına eşit derinlikte boşluk olmalıdır. Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz(DBYBHE,2007).

Prefabrike beton paneller ile güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Öndökümlü panel betonu basınç dayanımı minimum 40 MPa olacaktır. Büzülme çatlaklarını ve taşıma sırasında oluşabilecek çatlakları en aza indirmek için panel ortasına tek düzlemde hasır donatı konacaktır. Hasır donatı oranı her iki doğrultuda 0.001'in altında olmayacaktır. Panelin minimum kalınlığı 40 mm ve maksimum kalınlığı 60 mm olacaktır. Paneller duvara epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla tutturulacaktır. Yapıştırıcı, panel elemanları birbirine yapıştırmak için elemanların arasına da uygulanacaktır. Kullanılacak epoksi esaslı yapıştırıcının betona yapışma dayanımı en az 2.5 MPa olacaktır. Öndökümlü paneller ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak en küçük ankraj çubuğu çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı olacaktır. Ankrajlar panellerin çerçeveye değen her köşesinde yapılmalı ve epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla çerçeveye tutturulacaktır. Panellerin ankraja değecek kenarları, ankraj çubuğuna yer açacak şekilde dişli imal edilmelidir (Şekil 6.5).(DBYBHE,2007)



Şekil 6.5. Prefabrike beton panel (DBYBHE,2007)

6.4.4 Püskürtme beton ile onarım ve güçlendirme

Mantolama yöntemi ile yapılacak güçlendirmede, beton kalınlığının az olduğu durumlarda, betonun kalıp yapılması ve yerleştirilmesi zordur. Böyle durumlarda araç, gereç ve beceri kazanmış eleman varsa, püskürtme beton uygulanabilir(Şekil 6.6). Bu uygulama

için gerekli donanımın sağlanması külfetini karşılayacak miktarda işin olması da karar için bir etkidir.



Şekil 6.6. Püskürtme beton uygulaması

Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki Kuru Karışım olarak bilinir. Bu tür püskürtme beton için makinenin karışım odasında, çimento ve agrega uygun ölçülerde bir araya getirilip karıştırıldıktan sonra, bu kuru karışım seyrek olarak ve basınçlı hava yardımıyla bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Tabancada katılan su miktarı isteğe uygun bir karışım elde edilmesi için kolayca ayarlanabilir ve gerekli olduğunda bu suya beton katkı maddeleri de eklenir. Daha sonra uygulamaya konulan yöntemde ise çimento, agrega ve su beraber

karıştırılır. Kuru sistem genelde daha yaygın kullanılmaktadır. Ekipmanlar daha hafif ve ucuzdur.

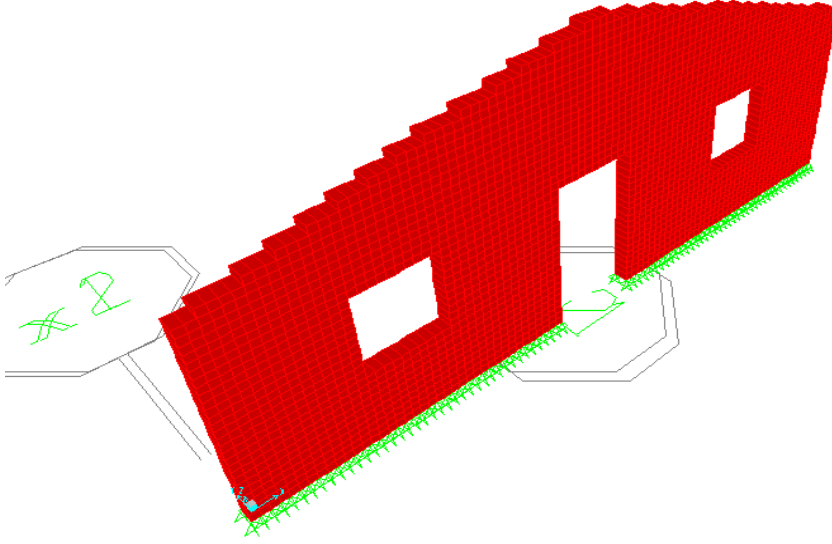
6.5 Tuğla Duvarın Beton İle Güçlendirilmesi

Önceki bölümlerde ele alınan yapının düşey basınç ve kayma gerilmeleri emniyet değerleriyle karşılaştırılmış ve duvar emniyetinin sağlandığı görülmüştür. Ancak duvarların betonarme plaka ile desteklenip gerilme değişimleri incelenmek istenmiştir.

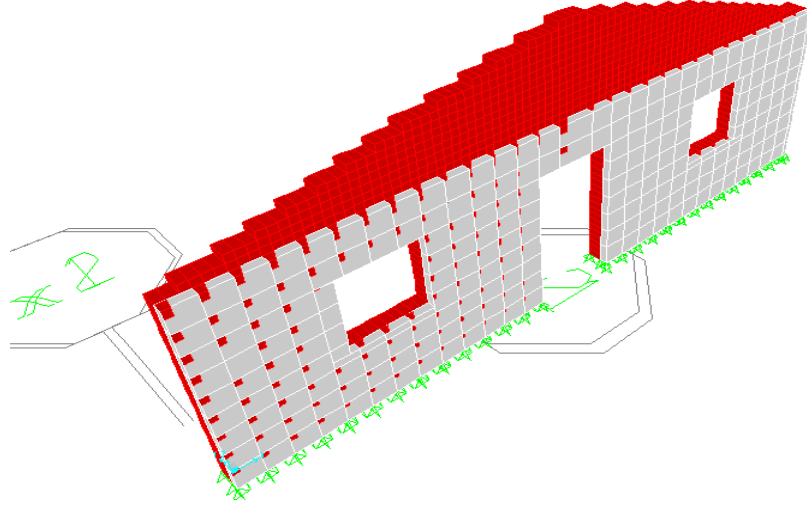
7 cm kalınlığında beton(C20) ile duvarların desteklenmesi öngörülmüştür. 15 cm arayla döşenen hasır donatı üzerine dökülen betonun gerilme ve deplasmanları ne kadar etkileyeceği araştırılmıştır. Önce tek taraflı tatbik edilen beton daha sonra çift taraflı uygulanmıştır.

Yeni modellendirme yine SAP2000 (V.10)'de yapılmıştır. Ancak binanın sadece dış duvarları güçlendirmeye alınmıştır. 1 ve A aksı duvarları birbirinden bağımsız tek tek modellenmiştir. Malzeme mekanik özellikleri için daha önce alınan değerler aynen kabul edilmiştir. Duvara gelen düşey ve yatay yükler daha önce shell elemanlarla modellenen sistemdeki gibi olup deprem yükü yine +2.70 m ve +0,70 m kotlarından etkitilmiştir. Bu yeni modellemede duvar elemanları solid eleman olarak düşünülmüştür. 7 cm'lik beton önce dış yüzeye sonra da iki yüzeye de uygulanmıştır. Duvarların bağımsız halde güçlendirmesiz, tek taraflı güçlendirilmiş ve çift taraflı güçlendirilmiş hallerde modeli oluşturulmuştur. Sonuçta da kritik noktaların gerilme ve deplasmanlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

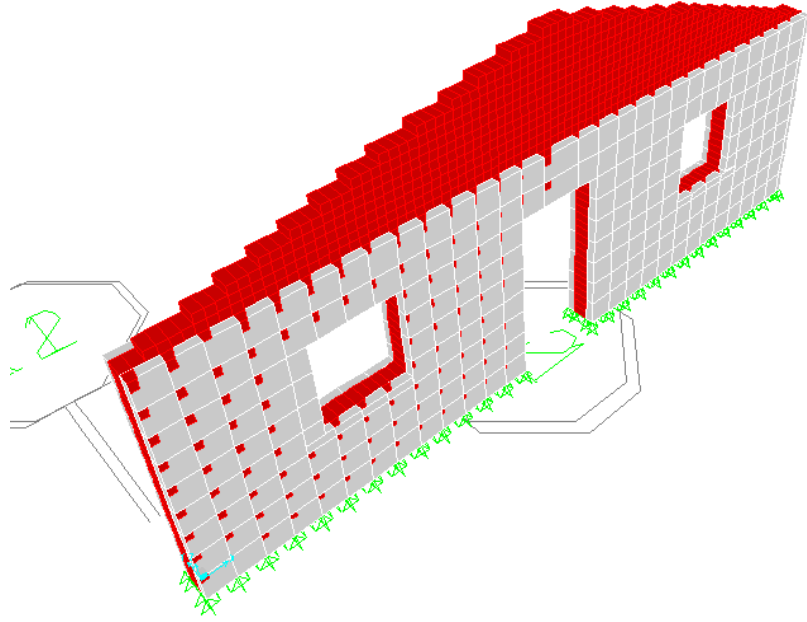
1 Aksı tuğla duvarının güçlendirmesiz haldeki durumu Şekil 6,7’de, tek taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu Şekil 6.8’de, çift taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu da Şekil 6.9’da gösterilmiştir.



Şekil 6.7. 1 Aksı duvarının güçlendirilmemiş hali

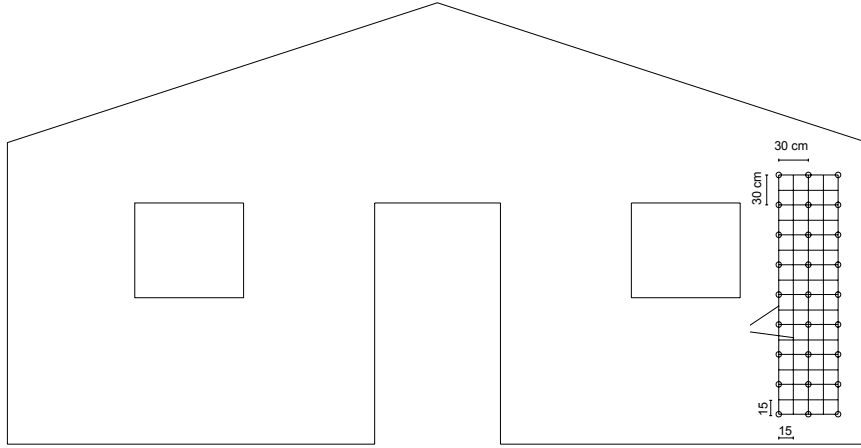


Şekil 6.8: 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali

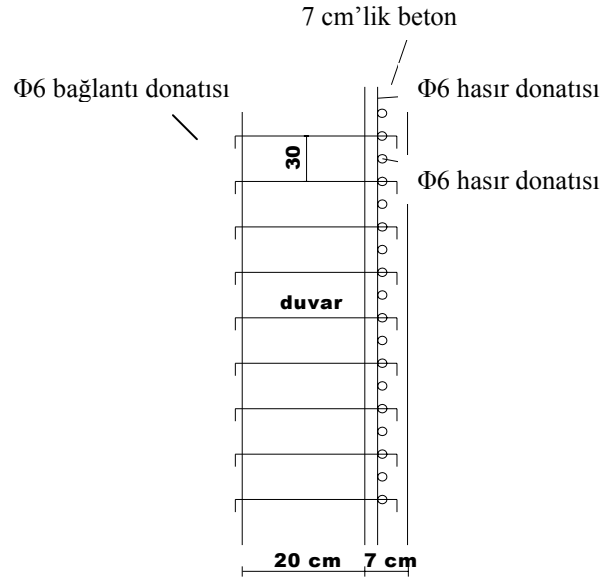


Şekil 6.9: 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali

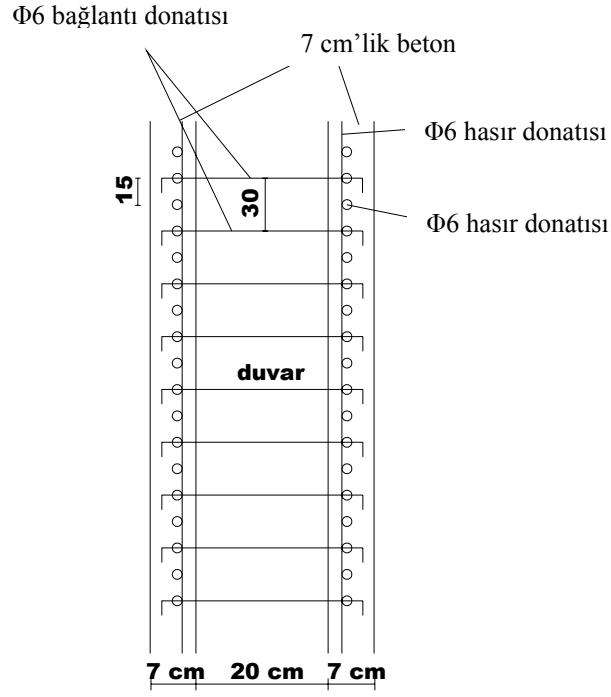
Şekil 6.10'da tuğla duvar yüzeyinde hasır donatı yerleşimi, Şekil 6.11'de ise tek taraflı güçlendirme detayı ve Şekil 12'de çift taraflı güçlendirme detayı gösterilmiştir. Duvar yüzeylerine hasır donatı 15 cm arayla döşenmiş olup bu yüzeyler 30 cm'lik aralıklarla döşenen ankraj çubuklar sayesinde birbirine tutturulmuştur. Daha sonra döşenen kalıplarla bu hasır donatı üzerine 5 cm'lik kolay yerleşen beton dökülerek güçlendirme sağlanmıştır. 1 Aksı için çizilen bu detay A aksı duvarı için de geçerlidir.



Şekil 6.10. Tuğla duvar yüzeyinde hasır donatı yerleşimi

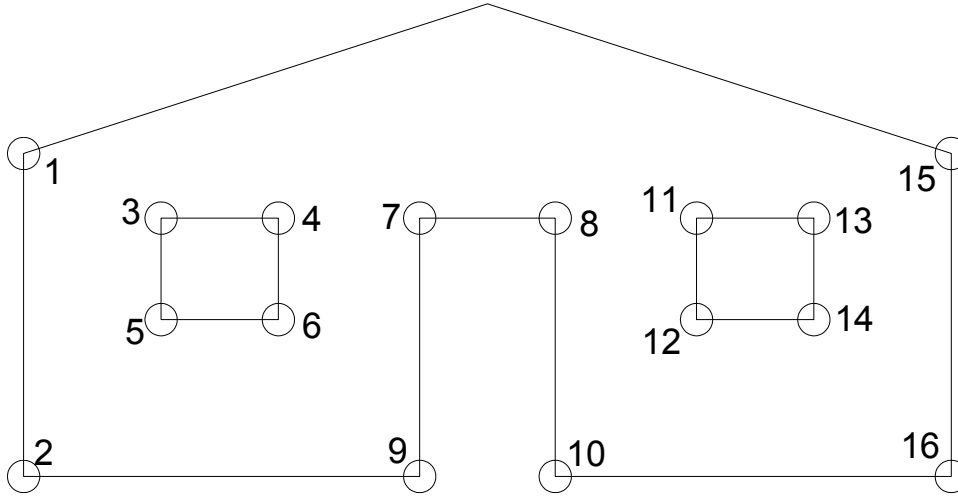


Şekil 6.11. Tuğla duvar tek taraflı güçlendirme detayı



Şekil 6.12. Tuğla duvar çift taraflı güçlendirme detayı

Çok sayıda elemana sahip duvarın analizinde kritik noktalar seçilmiş ve bu noktalardaki maksimum gerilme ve maksimum deplasmanlar dikkate alınmıştır. Şekil 6.13'te seçilen kritik noktalar verilmiştir. Çizelge 6.1'de güçlendirmesiz haldeki tuğla duvarın, Çizelge 6.2'de tek taraflı güçlendirilmiş haldeki tuğla duvarın ve Çizelge 6.3'te çift taraflı güçlendirilmiş haldeki tuğla duvarın maksimum gerilme ve deplasmanları gösterilmiştir.



Şekil 6.13. 1 Aksı kritik noktaları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
-------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------	---------------

1	-0,71	0,14	0,23	0,20	-0,77	1,07	0,27
2	0,38	1,85	0,19	1,87	0,35	0	0
3	2,29	1,32	0,60	2,50	-0,032	0,80	-0,3
4	-2,31	-3,35	0,97	0,048	-4,05	0,85	-0,15
5	-2,09	-3,14	0,89	0,044	-3,76	0,16	-0,15
6	2,13	1,31	0,64	2,56	-0,034	0,21	-0,02
7	1,98	1,59	0,59	2,46	-0,032	0,88	-0,41
8	-2,96	-4,02	1,20	0,059	-4,97	0,88	-0,11
9	-1,01	-4,74	0,54	-0,92	-4,83	0	0
10	0,31	1,65	0,21	1,68	0,27	0	0
11	2,08	1,69	0,63	2,61	-0,034	0,88	-0,35
12	-2,86	-3,38	1,09	0,055	-4,41	0,93	-0,1
13	-3,12	-4,22	1,29	0,061	-5,24	0,16	-0,12
14	1,88	1,37	0,58	2,34	-0,032	0,21	0,022
15	0,77	-0,51	0,20	0,80	-0,53	1,10	-0,57
16	-1,78	-4,65	0,52	-0,91	-4,73	0	0

Çize
lge
6.1:
1
Aks
1
duv
arını
n
güçl
endi
rme
siz
hald
eki
geril

me ve deplasmanları

Nokta no	S ₁₁ (kg/cm ²)	S ₂₂ (kg/cm ²)	S ₁₂ (kg/cm ²)	S _{MAX} (kg/cm ²)	S _{MIN} (kg/cm ²)	U ₁ (mm)	U ₃ (mm)
1	0,51	0,15	-0,14	0,19	-0,48	0,1	0,08

Çize lge 6.2: 1 Aksı duva rının tek taraf lı güçl endi rilmi ş hald	2	0,08	-0,1	0,075	-0,08	0,28	0	0
	3	0,38	0,32	0,11	0,60	0,079	0,07	-0,06
	4	-0,26	-0,44	0,15	0,050	-0,67	0,077	-0,038
	5	-0,11	-0,79	0,46	0,39	-1,08	0,01	-0,04
	6	0,47	0,21	0,03	0,86	-0,027	0,009	0,008
	7	0,14	0,04	0,59	0,20	-0,11	0,08	-0,072
	8	-0,32	0,18	1,20	0,14	-0,87	0,078	-0,033
	9	-0,34	0,08	0,54	-0,32	-0,93	0	0
	10	0,08	0,04	0,21	0,74	0,21	0	0
	11	0,12	0,13	0,63	0,27	-0,26	0,082	-0,001
	12	-0,12	0,12	1,09	0,35	-1,00	0,083	-0,01
	13	-0,38	0,10	1,29	0,18	-0,66	0,01	-0,025
	14	0,35	0,07	0,58	0,57	-0,06	0,005	0,056
	15	0,093	0,17	0,20	0,60	-0,68	0,1	-0,066
	16	-0,26	-0,08	0,52	-0,23	-0,79	0	0

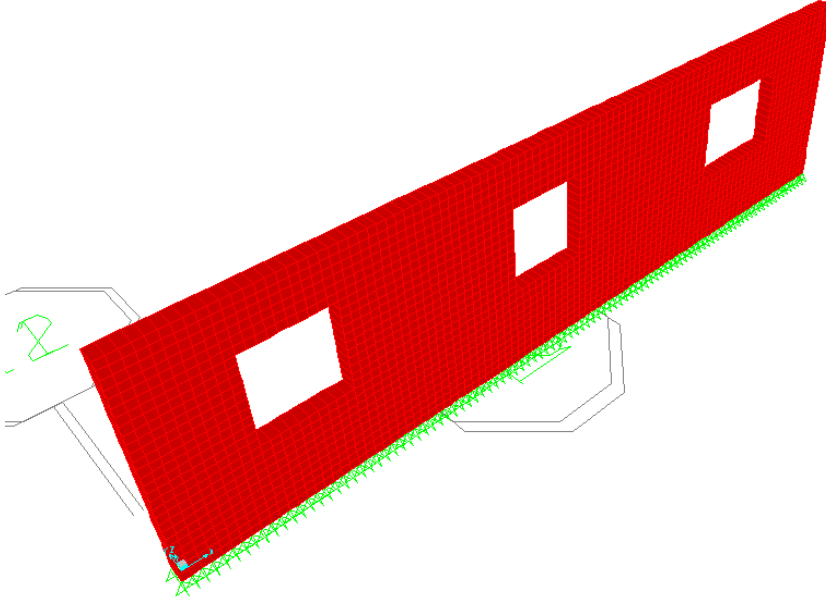
eki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S ₁₁ (kg/cm ²)	S ₂₂ (kg/cm ²)	S ₁₂ (kg/cm ²)	S _{MAX} (kg/cm ²)	S _{MIN} (kg/cm ²)	U ₁ (mm)	U ₃ (mm)
-------------	--	--	--	---	---	------------------------	------------------------

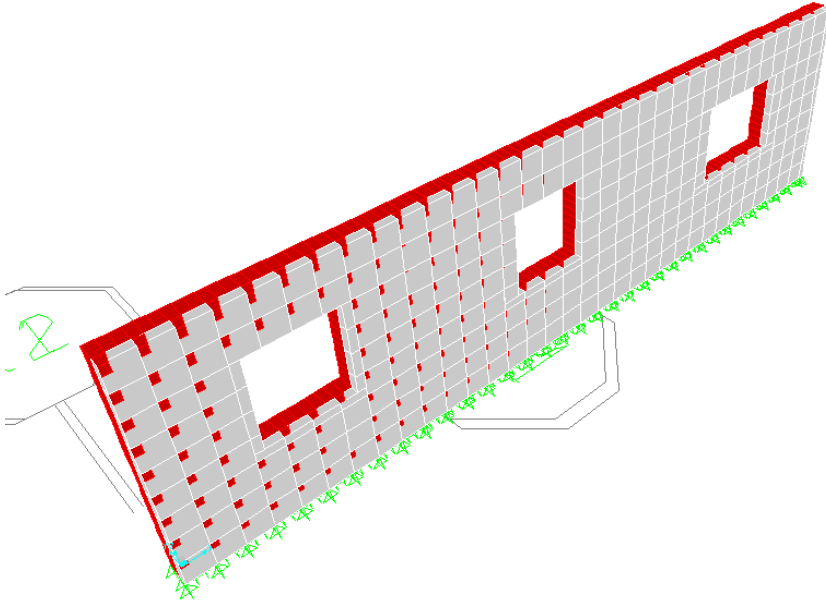
1	0,24	-0,09	-0,002	0,15	-0,42	0,055	0,01	Çiz
2	0,003	-0,01	0,004	-0,014	0,002	0	0	elg
3	0,13	0,10	0,04	0,19	0,04	0,039	-0,023	e
4	-0,14	-0,19	0,04	0,023	-0,23	0,041	-0,007	6.3:
5	-0,19	-0,45	0,07	0,07	-0,57	0,004	-0,007	1
6	0,16	0,038	0,001	0,17	-0,015	0,006	0,008	Aks
7	0,10	0,019	0,03	0,18	-0,025	0,04	-0,025	1
8	-0,16	0,20	0,06	0,06	-0,27	0,041	-0,005	duv
9	-0,10	0,20	0,04	-0,09	-0,29	0	0	arın
10	0,001	0,01	0,01	0,01	0,0004	0	0	ın
11	0,10	0,15	0,03	0,16	-0,024	0,040	-0,022	çift
12	-0,18	0,20	0,05	-0,11	-0,53	0,042	-0,006	tara
13	-0,24	0,10	0,05	-0,11	-0,33	0,004	-0,008	flı
14	0,12	0,019	0,03	0,25	-0,069	0,008	0,001	güç
15	0,10	0,028	0,02	0,22	0,02	0,053	-0,030	len
16	-0,10	-0,20	0,03	-0,08	-0,26	0	0	diri

lmış haldeki gerilme ve deplasmanları

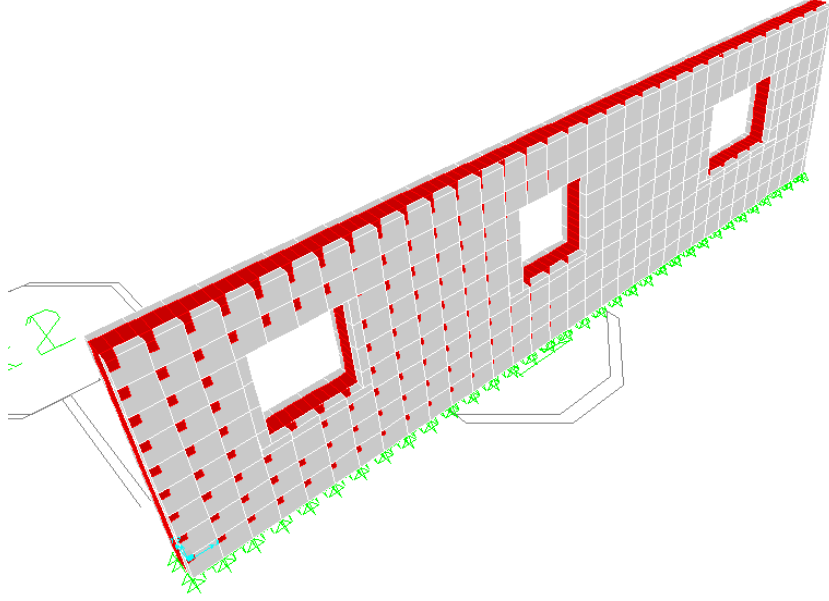
A Aksı tuğla duvarının güçlendirmesiz haldeki durumu şekil 6,14'te, tek taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu Şekil 6.15'te, çift taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu da Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.14. A Aksı duvarının güçlendirilmeden önceki hali

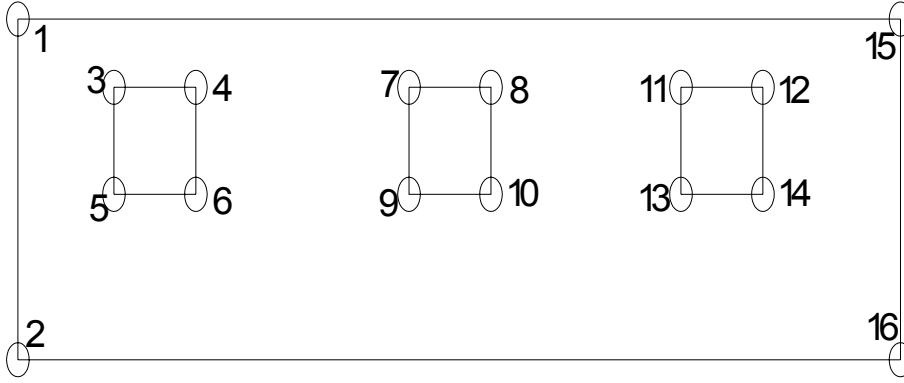


Şekil 6.15. A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali



Şekil 6.16. A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali

Benzer olarak A aksı için Şekil 6.17’de seçilen kritik noktalar gösterilmiştir. Çizelge 6.4’te güçlendirmesiz haldeki tuğla duvarın, Çizelge 6.5’te tek taraflı güçlendirilmiş haldeki tuğla duvarın ve Çizelge 6.6’da çift taraflı güçlendirilmiş haldeki tuğla duvarın maksimum gerilme ve deplasmanları gösterilmiştir.



Şekil 6.17. A Aksı kritik noktaları

Çizelge 6.4: A Aksı duvarının güçlendirilmemiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	-0,62	0,24	0,23	0,16	-0,69	0,96	0,20
2	0,20	1,00	0,12	1,01	-0,19	0	0
3	2,14	1,11	0,48	2,18	-0,21	0,68	-0,21
4	-2,93	-2,56	0,95	0,26	-3,86	0,67	-0,03
5	-1,62	-2,35	0,64	0,26	-2,81	0,12	-0,11
6	1,62	1,62	0,57	2,27	-0,16	0,13	-0,05
7	2,51	1,15	0,53	2,47	-0,11	0,65	-0,33
8	-2,77	-2,68	0,93	0,28	-3,82	0,15	-0,05
9	-2,25	-3,32	0,94	0,20	-4,01	0,71	-0,42
10	1,68	-1,69	0,59	2,37	-0,16	0,14	0,18
11	3,03	0,57	0,45	2,48	-0,43	0,17	-0,01
12	-2,82	-2,85	0,93	0,28	-3,94	0,83	-0,07
13	-2,43	-3,66	1,03	0,21	-4,37	0,14	-0,18
14	1,69	1,17	0,50	2,06	-0,12	0,17	-0,013
15	0,68	-0,56	0,20	0,72	-0,59	1,09	-0,55
16	-1,43	-3,68	0,51	-0,75	-3,73	0	0

Çizelge 6.5: A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	1,70	-0,26	-0,23	1,90	-0,37	0,086	0,013
2	-0,07	-0,06	-0,004	-0,06	-0,24	0	0
3	0,15	0,064	0,063	0,19	-0,05	0,11	-0,24
4	-0,36	-0,43	0,10	0,13	-0,70	0,05	-0,01
5	-0,16	-0,47	-0,079	0,19	-0,61	0,009	-0,031
6	0,032	0,26	0,023	0,39	-0,15	0,0061	-0,0016
7	0,26	0,27	0,14	0,47	-0,56	0,058	-0,056
8	-0,21	-0,30	0,16	0,16	-0,60	0,058	-0,016
9	-0,24	-0,76	0,024	0,18	-1,03	0,0092	-0,043
10	0,33	-0,16	0,022	0,58	-0,08	0,006	-0,002
11	0,19	-0,03	0,16	0,33	-0,12	0,06	-0,06
12	-0,68	-0,63	0,12	0,27	-0,93	0,07	-0,008
13	-0,28	-0,88	0,032	0,16	-1,18	0,008	-0,046
14	0,26	-0,28	0,041	0,43	-0,04	0,027	-0,046
15	0,11	-0,30	-0,21	0,66	-0,70	0,099	-0,056
16	-0,21	-0,60	0,062	-0,17	-0,63	0	0

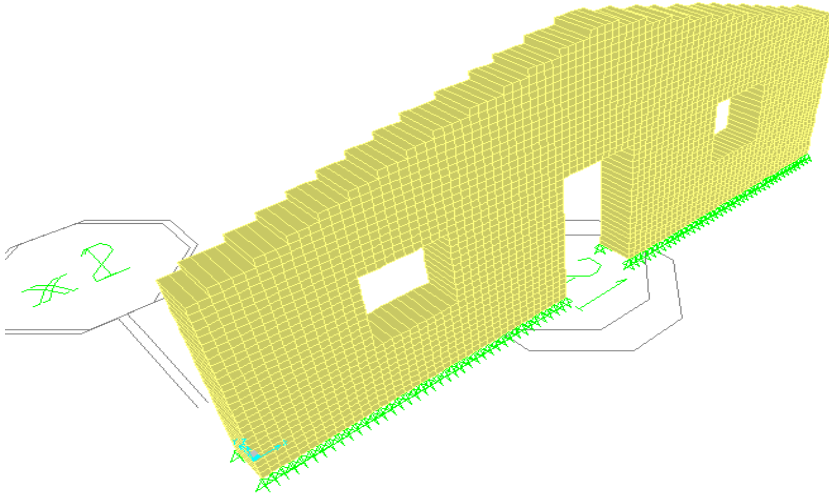
Çizelge 6.6: A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	0,68	-0,08	-0,012	0,69	-0,45	0,04	0,004
2	-0,01	-0,02	-0,005	-0,01	-0,028	0	0
3	0,08	0,031	0,011	0,10	-0,02	0,03	-0,015
4	-0,14	-0,25	0,043	-0,05	-0,029	0,03	-0,0019
5	-0,067	-0,21	-0,024	0,01	-0,25	0,007	-0,012
6	0,05	0,17	0,003	0,19	-0,027	0,0043	-0,0045
7	0,12	0,09	0,048	0,18	-0,036	0,029	-0,022
8	-0,13	-0,16	0,038	0,02	-0,20	0,031	-0,0016
9	-0,19	-0,43	0,073	0,07	-0,55	0,0027	-0,02
10	0,12	-0,038	0,002	0,14	-0,009	0,0041	-0,0011
11	0,09	-0,019	0,039	0,14	-0,06	0,03	-0,025
12	-0,21	-0,39	0,045	-0,11	-0,49	0,038	-0,0075
13	-0,21	-0,49	0,078	0,07	-0,62	0,0021	-0,022
14	0,10	-0,13	0,020	0,18	-0,005	0,0079	-0,0018
15	0,12	-0,02	-0,038	0,20	-0,01	0,048	-0,026
16	-0,08	-0,21	0,029	-0,073	-0,21	0	0

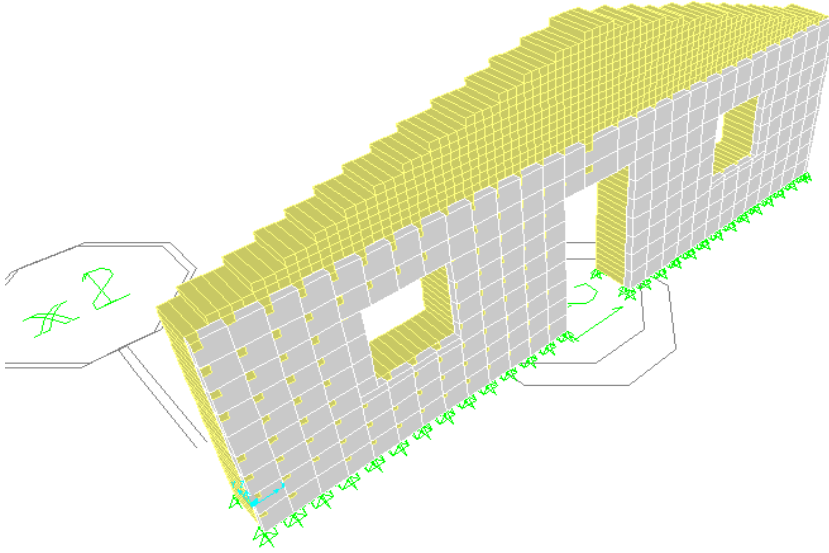
6.6 Kerpiç Duvarın Beton İle Güçlendirilmesi

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar (2007)'daki "Yığma Yapı Tasarım Kuralları" ile ele alınan kerpiç bina karşılaştırıldığında bazı koşulların sağlanmadığı tespit edilmiştir. 7 cm kalınlığında beton(C20) ile güçlendirme öngörülmüştür. 15 cm arayla döşenen hasır donatı üzerine dökülen betonun gerilme ve deplasmanları ne kadar etkileyeceği araştırılmıştır. Önce tek taraflı tatbik edilen beton daha sonra çift taraflı uygulanmıştır. Kerpiç duvarın güçlendirme modelinin SAP2000(V.10)'de oluşturulması metodu, daha önce verilen tuğla duvar güçlendirme modeli metoduyla aynıdır. Tek fark deprem yüklerinin bina ağırlığına bağlı olarak değişmesidir.

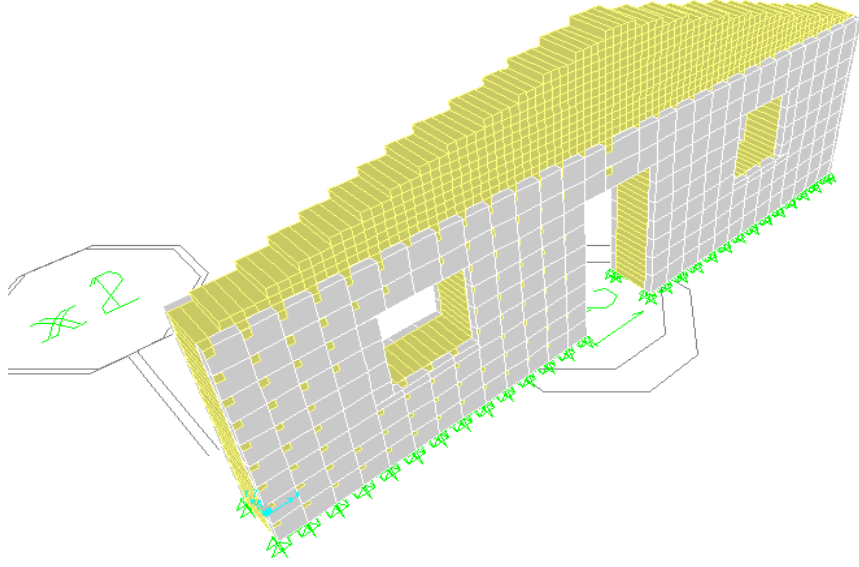
1 Aksı kerpiç duvarın güçlendirmesiz haldeki durumu Şekil 6.18'de, tek taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu Şekil 6.19'da, çift taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu da Şekil 6.20'de gösterilmiştir.



Şekil 6.18. 1 Aksı duvarının güçlendirilmemiş hali

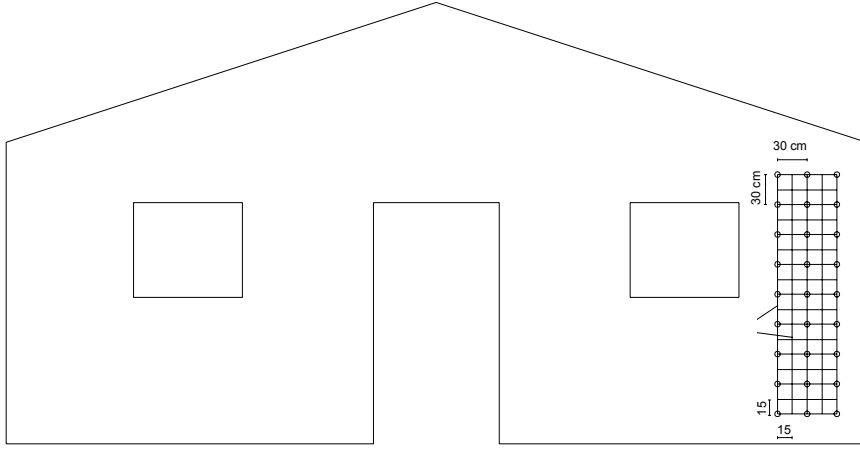


Şekil 6.19. 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali

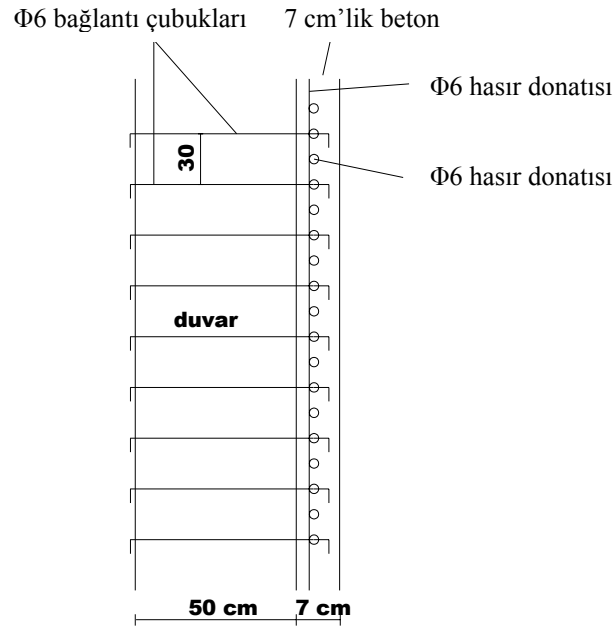


Şekil 6.20. 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali

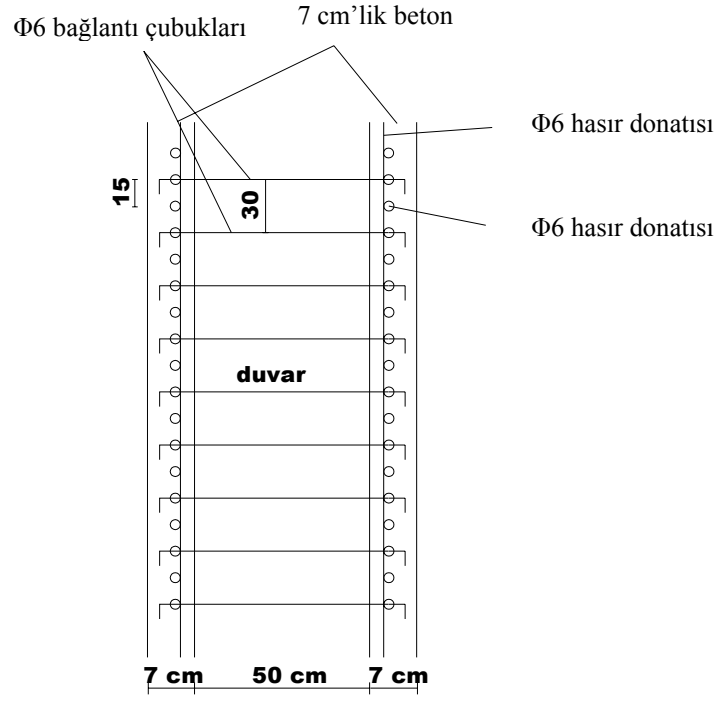
Şekil 6.21’de kerpiç duvar yüzeyinde hasır donatı yerleşimi, Şekil 6.22’de ise tek taraflı güçlendirme detayı ve Şekil 23’te çift taraflı güçlendirme detayı gösterilmiştir. Hasır donatı 15 cm arayla döşenmiş olup duvar yüzeyleri 30 cm’lik aralıklarla döşenen ankraj çubuklar sayesinde birbirine tutturulmuştur. Daha sonra döşenen kalıplarla bu hasır donatı üzerine 7 cm’lik kolay yerleşen beton dökülerek güçlendirme sağlanmıştır. 1 Aksı duvarı için çizilen bu detay A aksı duvarı için de aynen geçerlidir.



Şekil 6.21. Kerpiç duvar hasır donatı yerleşimi



Şekil 6.22. Kerpiç duvar tek taraflı güçlendirme detayı



Şekil 6.23. Kerpiç duvar çift taraflı güçlendirme detayı

Çizelge 6.7’de güçlendirmesiz haldeki kerpiç duvarın, Çizelge 6.8’de tek taraflı güçlendirilmiş haldeki kerpiç duvarın ve Çizelge 6.9’da çift taraflı güçlendirilmiş haldeki kerpiç duvarın maksimum gerilme ve deplasmanları gösterilmiştir.

Çizelge 6.7: 1 Aksı duvarının güçlendirilmemiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	-0,37	0,11	0,12	0,12	-0,41	0,82	0,21
2	0,21	0,99	0,11	1,01	0,19	0	0
3	1,12	0,73	0,32	1,33	0,04	0,65	0,23
4	-1,21	-1,74	0,50	-0,06	-2,11	0,69	-0,17
5	-1,10	-1,63	0,46	-0,06	-1,96	0,13	-0,12
6	1,13	-0,72	0,34	-1,36	0,04	0,23	-0,03
7	1,02	0,86	0,32	1,32	0,04	0,67	-0,33
8	-1,55	-2,08	0,62	-0,078	-2,58	0,68	-0,097
9	-0,52	-2,46	0,28	-0,48	-2,50	0	0
10	0,17	0,90	0,12	0,92	0,15	0	0
11	1,07	0,92	0,34	1,39	0,04	0,67	-0,28
12	-1,50	-1,76	0,57	0,072	-2,29	0,68	-0,08
13	-1,64	-2,19	0,67	0,057	-2,73	0,11	-0,10
14	1,00	-0,74	0,31	1,24	-0,039	0,15	-0,014
15	0,39	-0,24	0,11	0,42	-0,26	0,83	-0,45
16	-0,52	-2,42	0,27	-0,47	-2,45	0	0

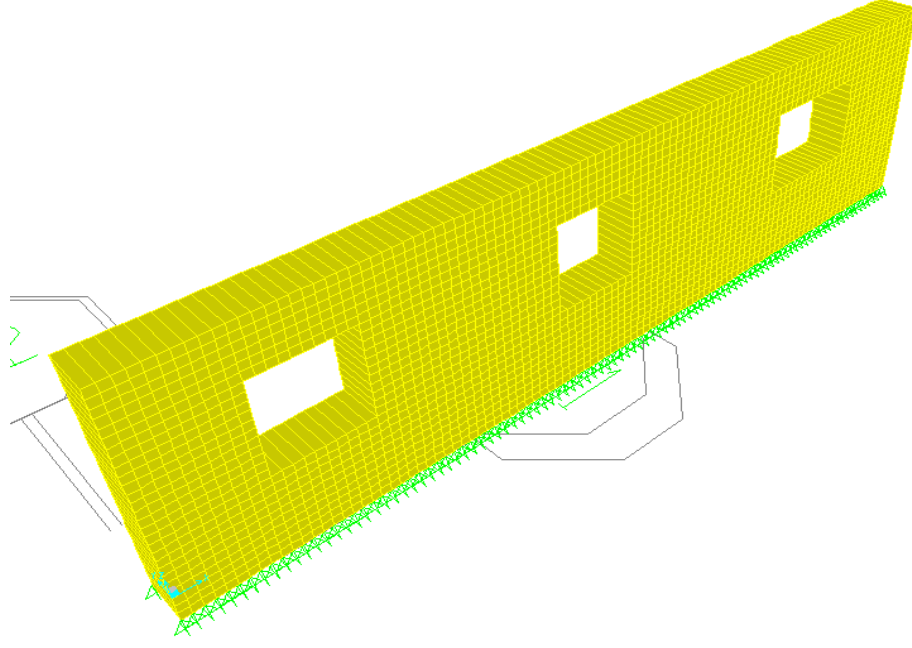
Çizelge 6.8: 1 Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	-0,02	-0,24	0,05	0,57	-0,30	0,12	0,03
2	0,49	0,15	0,04	0,56	-0,07	0	0
3	0,34	0,26	0,11	0,44	-0,03	0,12	-0,23
4	-1,20	-0,23	0,08	0,05	-1,46	0,09	-0,01
5	-0,27	-0,54	-0,018	0,13	-0,73	0,03	-0,13
6	0,79	-0,16	0,08	0,53	-0,05	0,02	-0,09
7	1,00	0,07	0,09	0,23	-0,02	0,09	-0,05
8	-1,50	-0,30	0,10	0,09	-1,70	0,09	-0,04
9	-0,50	-0,46	0,02	-0,10	-0,67	0	0
10	0,16	0,09	0,03	-0,10	-0,05	0	0
11	1,05	0,06	0,10	0,25	-0,09	0,09	-0,04
12	-0,62	-0,49	0,08	0,13	-0,72	0,16	-0,07
13	-0,46	-0,26	0,04	0,02	-0,58	0,01	-0,02
14	0,08	-0,32	0,07	0,48	-0,05	0,02	-0,01
15	0,57	-0,08	0,07	0,24	-0,15	0,10	-0,04
16	-0,50	-0,43	0,03	-0,08	-0,69	0	0

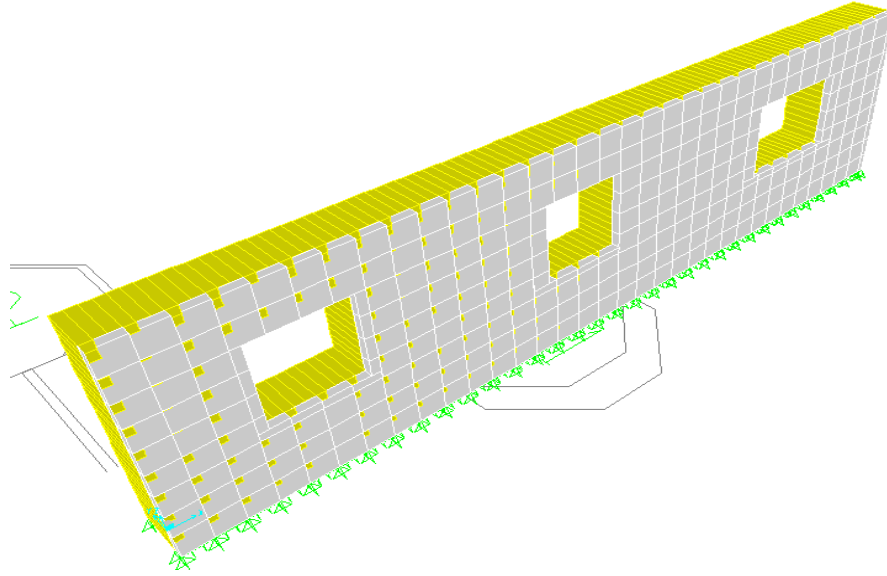
Çizelge 6.9: 1 Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	-0,02	-0,032	0,01	0,35	-0,21	0,07	0,02
2	0,07	0,039	0,03	0,03	-0,06	0	0
3	0,11	0,11	0,04	0,18	-0,04	0,05	-0,03
4	-0,12	-0,16	0,04	0,03	-0,19	0,05	-0,004
5	-0,13	-0,36	0,06	0,04	-0,44	0,006	-0,02
6	0,14	-0,04	0,01	0,16	-0,02	0,02	-0,09
7	0,09	0,02	0,02	0,14	-0,01	0,01	-0,02
8	-0,14	-0,19	0,05	0,05	-0,23	0,05	-0,004
9	-0,05	-0,23	0,02	-0,04	-0,22	0	0
10	0,06	0,04	0,005	-0,04	-0,04	0	0
11	0,09	0,024	0,03	0,12	-0,07	0,05	-0,02
12	-0,16	-0,33	0,05	0,07	-0,40	0,06	-0,01
13	-0,19	-0,17	0,04	0,02	-0,26	0,01	-0,02
14	0,08	-0,16	0,03	0,21	-0,04	0,01	-0,006
15	0,05	-0,008	0,06	0,09	-0,02	0,07	-0,04
16	-0,04	-0,20	0,02	-0,04	-0,21	0	0

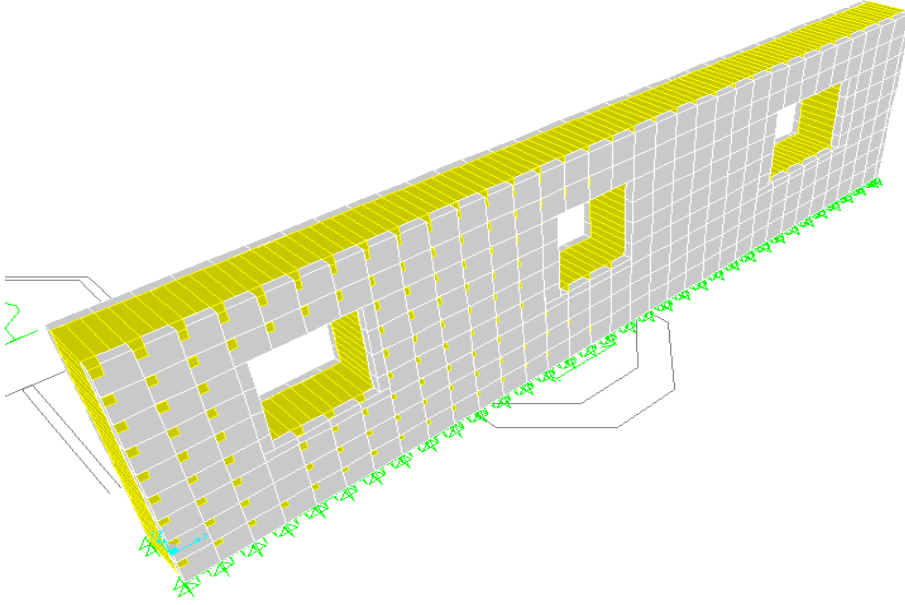
A Aksı kerpiç duvarın güçlendirmesiz haldeki durumu Şekil 6.24'te, tek taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu Şekil 6.25'te, çift taraflı güçlendirilmiş haldeki durumu da Şekil 6.26'da gösterilmiştir.



Şekil 6.24. A Aksı duvarının güçlendirilmemiş hali



Şekil 6.25. A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş hali



Şekil 6.26. A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş hali

Çizelge 6.10’da güçlendirmesiz haldeki kerpiç duvarın, Çizelge 6.11’de tek taraflı güçlendirilmiş haldeki kerpiç duvarın ve Çizelge 6.12’de çift taraflı güçlendirilmiş haldeki kerpiç duvarın maksimum gerilme ve deplasmanları gösterilmiştir.

Çizelge 6.10: A Aksı duvarının güçlendirilmemiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
1	-0,33	0,08	0,12	0,11	-0,36	0,74	0,15
2	0,12	0,56	0,11	0,57	0,10	0	0
3	1,00	0,62	0,26	1,17	0,04	0,53	-0,17
4	-1,53	-1,31	0,50	-0,06	-2,00	0,52	-0,03
5	-0,86	-1,21	0,33	-0,05	-1,46	0,10	-0,10
6	0,86	0,88	0,30	1,22	0,04	0,10	-0,05
7	1,15	0,65	0,29	1,32	0,04	0,50	-0,27
8	-1,44	-1,37	0,32	-0,06	-1,97	0,52	-0,08
9	-1,18	-1,72	0,49	-0,06	-2,07	0,10	-0,14
10	0,89	0,92	0,32	1,27	0,04	0,11	-0,04
11	1,26	0,36	0,25	1,34	0,04	0,54	-0,34
12	-1,45	-1,45	0,48	-0,07	-2,01	0,69	-0,13
13	-1,27	-1,89	0,53	-0,07	-2,26	0,10	-0,13
14	0,89	0,64	0,26	1,10	0,04	0,10	-0,03
15	0,35	-0,27	0,11	0,37	-0,28	0,83	-0,43
16	-0,41	-1,90	0,19	-0,38	-1,92	0	0

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
-------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------	---------------

Çizelge 6.11: A Aksı duvarının tek taraflı güçlendirilmiş haldeki gerilme ve deplasmanları	1	-0,29	0,08	-0,10	0,68	-0,35	0,09	0,01
	2	0,14	0,11	0,03	0,19	-0,07	0	0
	3	0,37	0,11	0,06	0,44	0,02	0,13	-0,12
	4	-0,74	-0,26	0,06	0,04	-0,88	0,06	-0,01
	5	-0,20	-0,29	0,07	-0,04	-0,46	0,03	-0,10
	6	0,18	0,26	0,01	0,37	0,09	0,08	-0,01
	7	0,36	0,23	0,12	0,48	0,02	0,07	-0,05
	8	-1,42	-0,17	0,10	0,38	-1,49	0,07	-0,02
	9	-0,20	-0,55	0,03	0,02	-0,73	0,01	-0,04
	10	0,52	0,14	0,05	0,58	0,02	0,08	-0,005
	11	0,22	0,09	0,12	0,29	0,04	0,08	-0,05
	12	-0,61	-0,42	0,09	0,14	-0,78	0,14	-0,11
	13	-0,27	-0,63	0,04	0,03	-0,85	0,08	-0,045
	14	0,08	0,25	0,05	0,36	0,02	0,02	-0,01
	15	0,34	-0,08	-0,09	0,28	-0,15	0,10	-0,05
	16	-0,40	-0,35	0,03	-0,06	-0,53	0	0

Çizelge 6.12: A Aksı duvarının çift taraflı güçlendirilmiş haldeki gerilme ve deplasmanları

Nokta no	S_{11} (kg/cm ²)	S_{22} (kg/cm ²)	S_{12} (kg/cm ²)	S_{MAX} (kg/cm ²)	S_{MIN} (kg/cm ²)	U_1 (mm)	U_3 (mm)
----------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------	---------------

1	-0,29	-0,04	0,02	0,37	-0,34	0,05	0,006	G eril me ve depl asm anla rda ki
2	0,06	0,03	0,001	0,08	-0,04	0	0	
3	0,13	0,04	0,002	0,15	0,022	0,04	-0,02	
4	-0,43	-0,18	0,034	0,03	-0,47	0,04	-0,005	
5	-0,09	-0,17	0,01	-0,01	-0,20	0,002	-0,006	
6	0,10	0,14	0,005	0,16	0,02	0,005	-0,001	
7	0,16	0,09	0,04	0,17	0,02	0,004	-0,003	
8	-1,40	-0,12	0,04	0,01	-1,47	0,004	-0,001	
9	-0,20	-0,32	0,02	0,02	-0,43	0,005	-0,03	
10	0,31	0,04	0,008	0,33	0,01	0,005	-0,002	
11	0,08	0,005	0,03	0,11	0,02	0,004	-0,003	
12	-0,45	-0,28	0,04	-0,06	-0,69	0,05	-0,02	
13	-0,27	-0,37	0,06	-0,04	-0,45	0,003	-0,005	
14	0,07	0,10	0,02	0,14	0,02	0,02	-0,01	
15	0,32	-0,001	-0,02	0,11	-0,01	0,06	-0,03	
16	-0,40	-0,16	0,02	-0,03	-0,50	0	0	

değişmeyi izlemek amacıyla yapılan bu güçlendirme çalışmasında; güçlendirmesiz, tek yüzeyli güçlendirilmiş ve çift yüzeyli güçlendirilmiş duvarların analizi yapılmıştır. Duvarlar sistemden bağımsız ayrı ayrı oluşturulmuştur. Bu tekil modellemede normal sistemden bir diğer farklı husus taşıyıcı elemanların solid eleman olarak seçilmesidir. Tekil duvar olarak oluşturulan bu duvarların gerilme ve deplasman değerleri, bütün halde çözülen ilk sistemdeki gerilme ve deplasman değerleriyle birbirini doğal olarak tutmamaktadır. 7 cm'lik betonarme plak ile güçlendirme çalışması sadece, sistemden bağımsız modellenen duvarın güçlendirmesiz ve güçlendirmeli hallerindeki gerilme ve deplasmanlarının karşılaştırmalarını kapsamaktadır.

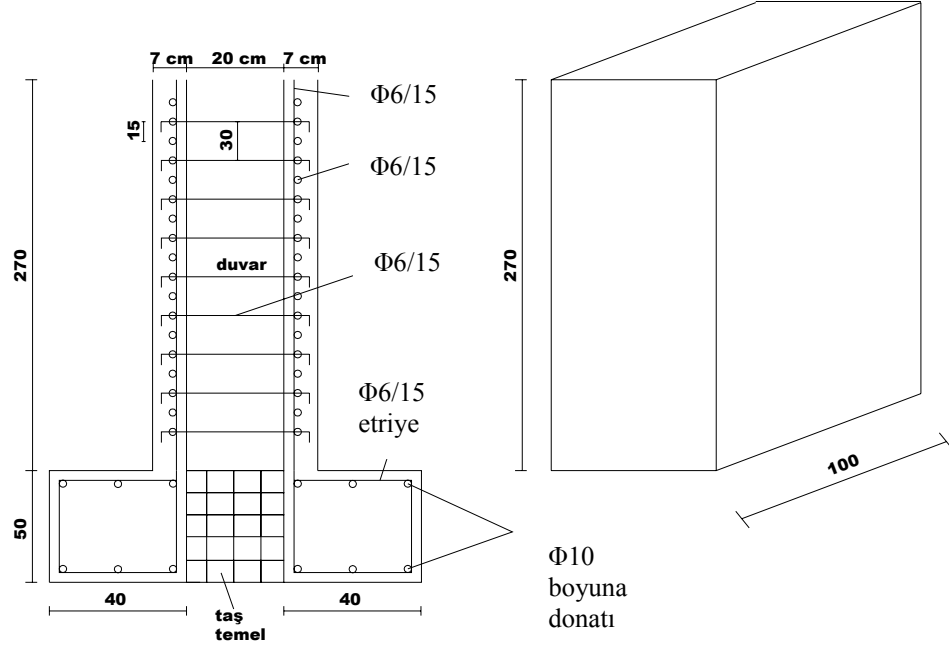
Güçlendirme analizlerinde görüldüğü üzere güçlendirmesiz haldeki tekil duvarın gerilme ve deplasman değerleri tek yüzeyli güçlendirme uygulanınca genel olarak %40-%80 arası azalmaktadır. Ayrıca 7 cm'lik betonarme plak duvardaki gerilme heterojenliğini azalmıştır.

Gerilmelerin duvar boyunca homojenliğe yaklaşmasını sağlamıştır. 7 cm'lik beton çift yüzeye uygulandığında gerilme ve deplasmanlar iyice düşmekte ve sisteme gelen yüklerin büyük bir kısmını betonarme plaklar taşımaya başlamıştır. Yığma yapılar gibi gevrek malzemeli yapılar için en önemli tehlikelerden olan çekme gerilmeleri betonarme plak tarafından karşılanınca olası bir depremde duvarda çatlak oluşma riski minimize olmuştur.

Bu güçlendirme uygulamasının tez kapsamında ele alınan yapı için önemi, gerilmeleri karşılamasından çok sistemi bir bütün olarak çalıştırmasıdır. Böylece deprem esnasında oluşacak çatlaklardan dolayı sistemde meydana gelebilecek dağılmaların önüne geçilmiş olur. Hasır donatılı 7-10 cm kalınlığındaki betonarme plak, güçlendirilmesi öngörülen herhangi bir yığma yapının tüm dış duvarlarına uygulandığında sistemin bir bütün olarak çalışmasını sağlayacak, çekme ve kesme gerilme tehlikelerini engelleyip çatlak oluşumunu minimize edecektir.

6.7 Güçlendirmenin Maliyeti

Ele alınan yapının 2,70 metre yüksekliğindeki ve 1 metre uzunluğundaki tuğla duvar için güçlendirme maliyet hesabı yapılmıştır. Güçlendirme detayı Şekil 6.27’de gösterilmiştir.



Şekil 6.27. Duvar güçlendirme detayı

Güçlendirme çalışmasında önce duvar temizliği yapılır. Ardından güçlendirmenin temele olan bağlantısını gerçekleştirmek için temel kazısı gerçekleştirilir. Temizlenen duvar üzerine 15 cm x 15 cm’lik hasır donatı (Φ6) yerleştirilir. 30 cm’lik ara ile döşenen bağlantı çubukları (Φ6) ile hasır donatının karşı yüzeye bağlantısı sağlanır. 40 cm x 50 cm kesitindeki temel pabucu içindeki donatı bağlantısı da Şekil 6.28’de gösterilmiştir. Donatı yerleşimi tamamlandıktan sonra kalıp ve iskeleler

döşenir. Kolay yerleşen beton ile 7 cm genişliğinde betonarme plak oluşturulur.

Güçlendirme için 1 m uzunluğunda ve 2.70 m yüksekliğindeki duvarda tek yüzey için kullanılan donatı ağırlıkları aşağıdaki gibidir.

Duvar yüzeyinde,

Boyuna hasır donatısı $\Phi 6/15$, 7 adet $(100/15) \times 2.7 \text{ m} = 18,9 \text{ m}$

Enine hasır donatısı $\Phi 6/15$, 18 adet $(270/15) \times 1 \text{ m} = 18 \text{ m}$

Bağlantı çubuğu $\Phi 6/30$, $(270/30) \times (100/30) = 9 \times 3 = 27$ adet

$27 \text{ adet} \times 0,50 \text{ m} = 13,5 \text{ m}$

Temelde,

$6\Phi 10$, 6 adet = 6 m

$\Phi 6/20$, 5 adet $(100/20) \times 1,6 \text{ m} = 8 \text{ m}$

Toplam $\Phi 6$ uzunluğu = 58,4 m

Toplam $\Phi 6$ ağırlığı $58,4 \text{ m} \times 0,222 \text{ kg/m} = 12,96 \text{ kg}$

Toplam $\Phi 10$ uzunluğu = 6 m

Toplam $\Phi 10$ ağırlığı $6 \text{ m} \times 0,616 \text{ kg/m} = 3,70 \text{ kg}$

Kullanılan toplam donatı ağırlığı $12,96 + 3,70 = 16,66 \text{ kg}$ olarak hesaplanmıştır

7 cm'lik betonarme plak için toplam hacim,

Duvar yüzeyinde $2,70 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,07 \text{ m} = 0,19 \text{ m}^3$

Temelde $0,40 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,20 \text{ m}^3$

Toplam beton hacmi $0,20 + 0,19 = 0,39 \text{ m}^3$ olmuştur.

Kalıp ve iskele için duvar alanı $0,50 \text{ m}$ 'lik temel derinliği de dikkate alındığında $(2,70 \text{ m} + 0,50 \text{ m}) \times 1 \text{ m} = 3,2 \text{ m}^2$ olmaktadır.

İşçinin ele alınan duvar parçası yüzeyini $0,50$ saatte temizleyeceği, $0,40 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ kesitinde ve 1 m uzunluğundaki temel kazısını da yine $0,5$ saatte yapacağı öngörülmüştür

Hesaplarda işçi yevmiyesi 8 saat için 50 ytl olarak alındığından işçi saat ücreti $50/8 = 6,25 \text{ ytl/sa}$ alınmıştır.

Çizelge 6.13'te : $2.70 \times 1 \text{ m}$ ebatlarındaki duvar için güçlendirme maliyet keşfi verilmiştir.

Çizelge 6.13: $2.70 \times 1 \text{ m}$ ebatlarındaki duvar için güçlendirme maliyeti(2008 birim fiyatları ile)

Yapılan iş	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (ytl)	Tutar (ytl)
Yüzey Temizliği (düz işçi)	saat	0,50	6,25	3,125
Temel Kazısı	saat	0,50	6,25	3,125
Donatı	kg	16,66	1.3	21,65
Kalıp+ İskele	m^2	3,20	15	48
Beton(C20)	m^3	0,39	75	29,25
Sıva+ Boya	m^2	2.70	10	27
Toplam				132,15

2.70 m yüksekliğindeki ve 1 metre uzunluğundaki duvarı parçasının tek yüzeyine uygulanan güçlendirme maliyeti 132, 15 YTL olarak tespit edilmiştir.

Tez kapsamında ele alınan yapının çevresi $2 \times (9 + 10) = 38$ m,dir. Söz konusu yapının tek yüzeyli güçlendirme maliyeti,

$132,15 \times 38 = 5.022$ YTL olarak hesaplanmıştır. Eğer çift taraflı güçlendirme öngörülürse bu değerin 2 katı yaklaşık 10.000 YTL maliyet olacaktır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ülkemizdeki yapı stoğunun büyük bir kısmını oluşturan mühendislik hizmeti almamış, daha çok bulunduğu yörenin olanakları ve geleneksel yapım yöntemleri ile inşa edilmiş yapıların yapısal özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda özellikle Manisa yöresindeki mevcut kırsal yapılar ele alınmış, bu yapılarda kullanılan duvar malzemeleri araştırılmış ve tipik bir kırsal konutun yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Harman tuğlası ve kerpiç olmak üzere iki farklı taşıyıcı duvar tipi dikkate alınmıştır.

Tek katlı olan tipik yapıda deprem tesirinde, seçilen kritik noktalarda oluşabilecek maksimum gerilmeler hesaplanmış ve oluşan gerilmelerin genel olarak taşıyıcı duvarların emniyet gerilmelerinden daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

Ülkemizde meydana gelen orta ve şiddetli depremlerde birçok kırsal yapının yıkıldığı veya ağır hasar gördüğü bilinen bir sonuçtur. Bu yıkılmaların en önemli nedeni taşıyıcı duvarların dayanım değerlerinin aşılmasından çok taşıyıcı olan ve olmayan elemanların dinamik etkiler sonucunda oluşan sarsıntılar ile birlikte dağılmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bu dağılmaların oluşmasında önemli bir neden de yığma yapı duvarların çekme dayanımlarının yok denecek kadar düşük olmasıdır. Bu tespit ile çalışmada ele alınan yapının taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesinden ziyade bir bütün olarak stabilitesinin sağlanması esas alınmıştır. Bu amaçla yığma duvarlarda içte ve dışta ortalama 7 cm kalınlığında hasır donatılı beton kaplama yapılması öngörülmüştür.

Yapılan sayısal analizlerde böyle bir uygulamanın yapının stabilitesini ve düktilitesini oldukça olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Ülkemizdeki bir çok yapıda olduğu gibi kırsal yapılarda da ısı yalıtımı önemli bir sorundur. Önerilen uygulama ile aynı zamanda ısı izolasyonunun da önemli oranda gerçekleştirilebileceği söylenebilir.

Mühendislikteki önemli parametrelerden olan maliyet de çalışma kapsamında dikkate alınmıştır. Tez kapsamında ele alınan yapının güçlendirme maliyeti hesaplanarak önerilen uygulamanın makul bir ekonomik bedelle gerçekleştirilebileceği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Bayülke, N., 1992, Yığma Yapılar, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara

Karaşin, A., ve Karaesmen, E., 2005, 1 Mayıs Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yığma Yapı Hasarları, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Çatal, H.H., 2003, 3 Şubat 2002 Sultandağı ve 1 Ekim 1995 Dinar Depremlerinin Yapı Mühendisliği Yönünden Kıyaslanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt 5 Sayı 1 Sayfa 115-120, İzmir

Bozdoğanlı, A. T., 1998, Deprem Yükleri Altında Yığma Duvarların Dayanımı ve Takviyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Batur, A., 1999, Donatısız Yığma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Bazı Ülkelerin Şartnamelerinin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Üstündağ, C., 2000, Bir-İki Katlı Yığma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Kesme Güvenliğinin Sağlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kaya, E., 2003, Yığma Yapıların Çelik ve Betonarme Takviyesi Uygulanabilirliği ve Yapım Hataları, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

Aköz, F., 2005, Yığma Kagir Yapılarda Hasar Tespiti, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Arun, G., 2005, Yığma Kagir Yapı Davranışı, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Dilsiz A., Türer A., 2005, Türkiye’de Yığma Binalar İçin Deprem Risk Haritası Oluşturulması, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Atımtay, E., Kanıt, R., Erdal, M., Işık, N.S., Can, Ö., Yener, M.K., Serimer, G., Uğur, L.O., 2005, Düzlem Dışı Yüklenen Yığma Yapıların Deneysel Davranışı, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Korkmaz, S. Z., Korkmaz, H.H., Türer, A., 2005, Elastik Art-Germe Şeritleriyle Yığma Yapıların Güçlendirilmesi, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Şimşek, Ç., 2005, Kırsaldaki Yığma Yapılar ve Deprem Güvenliklerinin Sağlanmasındaki Sosyal ve Kurumsal Etmenler, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Özen, G. Ö. Ve Türer, A., 2005, Güçlendirme Alternatiflerinin Doğrusal Olmayan Analitik Yöntemlerle İrdelenmesi, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Araştırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

SAP2000 V.10., Structural Analysis Program, Computers and Structures, Inc. 1995 University Ave., CA

Sofronie R. A., R. Crisan, M. Toanchina, 2003, Retrofitting The Masonry Of Cultural Heritage Buildings, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul

Fam, A., D. Musiker, M. Kowalsky, S. Rizkalla, 2002, In-plane Testing of Damaged Masonry Wall Repaired With Frp, Adv Compos Lett J 11

DİE, 2000, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara

TS 705, 1985 Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli Fabrika Tuğlaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2510, 1977, Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2513, 1977, Doğal Yapı Taşları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2514, 1977, Kerpiç Bloklar ve Yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2848, 1977, Kargir Duvar Harçları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2515, 1985, Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 704, 1979, Duvarlar İçin Harman Tuğlaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 406, 1988, Duvarlar İçin Beton Bloklar-Briketler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2717, 1977, Harç Kumları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Böke, H. Ve Diğ., 2004, Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri, Yapı dergisi, Sayı 269, İstanbul

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar (DBYBHE), 2007, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Gülkan, P. Ve Sucuoğlu, H., 1991, Kırsal Yapılarda Deprem Hasarlarının Tayini, Deprem Araştırma Bülteni, s.5-44, Ankara

EK 1. DEPREM YÖNETMELİĞİNDE YIĞMA YAPILAR

BÖLÜM-5 YIĞMA BİNALAR İÇİN DEPREME DAYANIKLI TASARIM KURALLARI

5.1. KAPSAM

Deprem bölgelerinde yapılacak olan, hem düşey hem yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturulan yığma binaların ve bina türü yapıların boyutlandırılması ve donatılması bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte öncelikle bu bölümde belirtilen kurallara göre yapılacaktır. Yığma binaların temellerine ilişkin kurallar Bölüm 6'da verilmiştir.

5.2. GENEL KURALLAR

5.2.1 - Bölüm 2'ye göre $S(T_1) = 2.5$ ve $R_a(T_1) = 2.0$ alınarak belirlenen deprem yüklerinin bina duvarlarında oluşturduğu kayma gerilmeleri hesaplanacak ve izin verilen sınır değerleri aşmaması sağlanacaktır. Bu tür hesap kerpiç binalarda yapılmayacaktır.

5.2.2 - 5.6.2'de belirtilen durum dışında yığma binalar için yapımına izin verilen kat sayıları deprem bölgelerine göre Tablo 5. l'de verilmiştir.

TABLO 5.1 - İZİN VERİLEN EN ÇOK KAT SAYISI

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

5.2.3- Tablo 5.1'de verilen en çok kat sayıları zemin kat ile üstündeki tam katların toplamıdır. Bu katlara ek olarak yapılacak çatı katının alanı, temeldeki bina brüt alanının %25'inden büyük olamaz. Kat alanı, bina brüt temel alanının %25'inden büyük olan çatı katı tam kat sayılır. Ayrıca tek bir bodrum kat yapılabilir. Birden çok bodrum katı yapılmışsa Tablo 5.1'de verilen en çok kat sayısı bir kat azaltılacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalar bütün deprem bölgelerinde, bodrum katı sayılmaksızın, en çok bir katlı yapılabilir.

5.2.4 - Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3.0 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliği 2.70 m'den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliği 2.40 m'den daha çok olamaz.

5.2.5 - Yığma binaların taşıyıcı duvarları planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere göre simetrik yada simetriğe yakın biçimde düzenlenecektir. Kısmi bodrum yapılmasından kaçınılacaktır.

5.2.6 - Tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelecektir.

5.3. YIĞMA DUVAR GERİLMELERİNİN HESABI

Bu bölümde verilen yöntemle hesaplanacak düşey yükler ve deprem hesap yüklerinin etkisi altında oluşacak basınç ve kayma gerilmelerinin, duvarda kullanılan yığma duvar cinsine göre izin verilen basınç ve kayma gerilmelerini aşmadığı gösterilecektir. Gerilmeler aşırsa taşıyıcı dolu duvar alanları artırılarak yeniden hesap yapılacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda gerilme hesabı yapılmayacaktır.

5.3.1. Düşey Gerilmelerin Hesabı

5.3.1.1 - Duvarların kesme dayanımı duvarlarda var olan düşey gerilmelere de bağlı olduğu için yığma bina duvarlarının düşey yükler altında taşıdıkları gerilmelerin hesaplanması gereklidir.

5.3.1.2 - Duvarlarda oluşan basınç gerilmelerinin yığma duvar cinsine göre izin verilen gerilmelerle karşılaştırılması yapılacaktır. Bu hesapta duvarlarda ve döşemelerden gelen yükler göz önüne alınacaktır. Duvardaki kapı ve pencere boşluk en kesitleri kadar azaltılmış duvar en kesit alanına bölünerek bulunacak gerilme, duvar cinsine göre izin verilen basınç gerilmesinden büyük olmayacaktır.

5.3.2. Duvarlarda Basınç Emniyet Gerilmesi

Bu gerilme aşağıda verilen çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir:

(a) Duvar yapımında kullanılacak kargir birim ve harcın basınç dayanımına eşit dayanımda yapılmış duvar parçacıklarının basınç dayanım deneylerinden hesaplanan duvar dayanımının 0.25'i duvar basınç emniyet gerilmesidir.

(b) Duvarlarda kullanılan harç sınıfına ve duvar malzemesinin TS-2510'da verilen ortalama serbest basınç dayanımına bağlı olarak, duvar emniyet gerilmesi Tablo 5.2'den alınabilir.

(c) Duvar parçası dayanım deneyi yapılmamışsa duvarda kullanılan bloğun deneysel olarak elde edilen serbest basınç dayanımının 0.50'si f_d duvar basınç dayanımı ve bu dayanımın 0.25'i f_{em} duvar basınç emniyet gerilmesidir.

(d) Duvarda kullanılan kargir birimin basınç dayanımı belli değilse veya duvar dayanım deneyi yapılmamış ise duvarda kullanılan kargir birim basınç emniyet gerilmesi Tablo 5.3'den alınır:

5.3.2.1 - Kargir birimlerin ve duvarda kullanılan harcın basınç dayanımları, ilgili standartlara göre yapılacak deneylerle belirlenecektir.

5.3.2.2 - Duvar basınç emniyet gerilmeleri duvarların narinlik oranlarına göre Tablo 5.4'de verilen miktarlarda azaltılır.

TABLO 5.2 - DUVAR MALZEMESİNİN SERBEST BASINÇ DAYANIMINA VE HARÇ SINIFINA BAĞLI DUVAR BASINÇ EMNİYET GERİLMELERİ

Duvar Malzemesi Ortalama Serbest Basınç Dayanımı (MPa)	Duvarda Kullanılan Harç Sınıfı (MPa)				
	A (15)	B (H)	C (5)	D (2)	E (0.5)
25	1.8	1.4	1.2	1.0	0.8
16	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7
11	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

**TABLO 5.3 - SERBEST BASINÇ DAYANIMI BİLİNMEYEN
DUVARLARIN BASINÇ EMNİYET GERİLMELERİ**

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

**TABLO 5.4 - NARİNLİK ORANINA GÖRE EMNİYET
GERİLMELERİ İÇİN AZALTMA KATSAYILARI**

Narinlik oranı	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Azaltma katsayısı	1.0	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51

5.3.3. Kayma Gerilmesinin Hesabı

Deprem hesap yükünün duvarların yatay derzlerine paralel olarak oluşturduğu kayma gerilmelerinin hesabı bu bölümde anlatıldığı gibi yapılacaktır.

5.3.3.1 - Yığma binanın her duvar eksenindeki kapı veya pencere boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının görelî kayma rijitliği k A/h ifadesinden hesaplanacaktır. Burada A dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı, h dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanıdır. Duvarın en kesiti dikdörtgen ise $k = 1.0$, duvarın uç elemanı varsa veya duvarın ucunda duvara dik doğrultuda bir dış ya da payanda duvar varsa $k = 1.2$ alınacaktır.

5.3.3.2 - Bir duvar ekseninin kayma rijitliği, o eksenindeki duvar parçalarının kayma rijitliklerinin toplamıdır. Duvar eksenlerinin kayma rijitliğinden gidilerek binanın kayma rijitlik merkezi hesaplanacaktır.

5.3.3.3 - Duvarlara gelen kesme kuvveti, kat kesme kuvveti yanında kat burulma momenti de göz önüne alınarak binanın birbirine dik her iki eksenî doğrultusunda hesaplanacaktır.

5.3.3.4 - Duvara gelen deprem kuvveti duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmesi hesaplanacak ve Denk.(5.1)'den bulunacak duvar kayma emniyet gerilmesi τ_{em} ile karşılaştırılacaktır.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu \cdot \sigma \quad (5.1)$$

Bu denklemde τ_{em} = duvar kayma emniyet gerilmesi (MPa), τ_o = duvar çatlama emniyet gerilmesi (MPa), μ = sürtünme katsayısı (0.5 olarak alınabilir), σ ise 5.3.1 uyarınca hesaplanmış duvar düşey gerilmesidir (MPa). Duvarda kullanılan kargir birim cinsine göre duvar çatlama emniyet gerilmesi τ_o değeri Tablo 5.5'den alınacaktır.

TABLO 5.5 - DUVARLARIN ÇATLAMA EMNİYET GERİLMESİ (τ_o)

Duvarda Kullanılan Kargir Birini Cinsi ve Harç	Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi τ_o (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.12
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.10
Gazbeton (tutkal ile)	0.15
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.20

5.3.4. Elastisite Modülü

Duvar yapımında kullanılan kargir birimlerin Elastisite Modülü (E_d) Denk.(5.2) ile hesaplanacaktır.

$$E_d = 200 f_d \quad (5.2)$$

5.4. TAŞIYICI DUVARLAR

5.4.1. Taşıyıcı Duvar Malzemesi

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

5.4.1.2 - Boşluklu beton briket, hafif agregalı beton kargir birimler, TS-2510 ve TS-705 (TS EN 771-1)'de taşıyıcı duvar malzemesi olarak izin verilen en büyük boşluk oranlarının üzerinde boşluk oranları olan tuğlalar ve blok tuğlalar, TS-4377 (TS EN 771-1)'e göre dolgu duvarları için üretilmiş diğer tuğlalar ve benzeri biçim verilmiş bloklar hiçbir zaman taşıyıcı duvar malzemesi olarak kullanılamaz.

5.4.1.3 - Doğal taş taşıyıcı duvarlar, yığma binaların yalnızca bodrum ve zemin katlarında yapılabilir.

5.4.1.4 - Beton taşıyıcı duvarlar yığma binaların yalnızca bodrum katlarında yapılabilir.

5.4.2. Duvar Malzemesi Dayanımları

5.4.2.1 - Duvar yapımında kullanılan doğal ve yapay kargir birimlerin ve bunları bağlayan harçların dayanım ve diğer özellikleri aşağıdaki gibi olacaktır. Bu koşullar kerpiç için geçerli değildir. Kerpiç sadece kerpiç binalarda kullanılabilir.

5.4.2.2 - Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak doğal ve yapay kargir birimlerin en düşük basınç dayanımı, brüt basınç alanına göre, en az 5.0 MPa olacaktır. Bodrum katlarda kullanılacak doğal taşların basınç dayanımı en az 10.0 MPa olacaktır. Bodrum katlarda beton duvar yapılması durumunda, kullanılacak en düşük beton kalitesi C16 olacaktır.

5.4.2.3 - Taşıyıcı duvarlarda çimento takviyeli kireç harcı (çimento/kireç/kum hacımsal oranı = 1/2/9) ya da çimento harcı (çimento/kum hacımsal oranı = 1/4) kullanılacaktır.

5.4.2.4 - Duvarların basınç emniyet gerilmesi (fem) 5.3.2'de verilen yöntemlerden biri kullanılarak hesaplanacaktır.

5.4.2.5 - Duvarların kayma emniyet gerilmesi Denk.(5.1)'e göre hesaplanacaktır.

5.4.3. İzin Verilen En Küçük Taşıyıcı Duvar Kalınlıkları

Taşıyıcı duvarların, sıva kalınlığı sayılmaksızın, en küçük kalınlıkları yığma binanın kat sayısına bağlı olarak Tablo 5.6'da verilmektedir. Bodrum kat yapılmamış ise zemin kat ve üstündeki katlar için Tablo 5.6'da verilen en küçük duvar kalınlıkları geçerlidir. 5.2.3'e göre izin verilen ek çatı katında bir alttaki kat için verilen duvar kalınlığı geçerlidir.

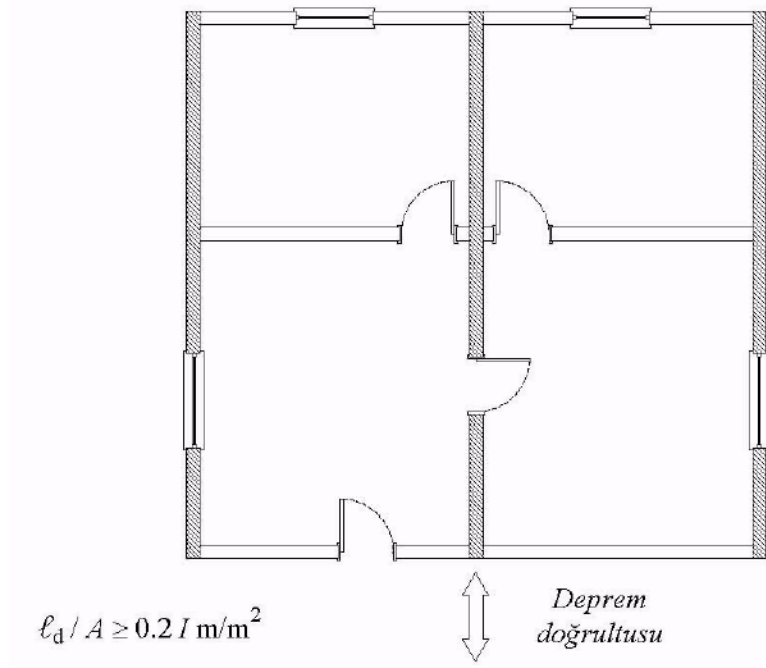
TABLO 5.6 - TAŞIYICI DUVARLARIN EN KÜÇÜK KALINLIKLARI

Deprem Bölgesi	İzin Verilen Katlar	Doğal Taş (mm)	Beton (mm)	Tuğla ve Gaz beton	Diğerleri (mm)
1, 2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1	200
	Zemin kat	500	-	1	200
1, 2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1.5	300
	Zemin kat	500	-	1	200
	Birinci kat	-	-	1	200
2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1.5	300
	Zemin kat	500	-	1.5	300
	Birinci kat	-	-	1	200
	ikinci kat	-	-	1	200
4	Bodrum kat	500	250	1.5	300
	Zemin kat	500	-	1.5	300
	Birinci kat	-	-	1.5	300
	ikinci kat	-	-	1	200
	Üçüncü kat	-	-	1	200

5.4.3.1 - Kerpiç duvarlı binalarda taşıyıcı dış duvarlar en az 1.5 , taşıyıcı iç duvarlar en az 1 kerpiç boyu kalınlığında olacaktır. Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak kerpiç boyutları, mm olarak, 120x300x400 (ana) ve 120x190x400 (kuzu), ya da 120x250x300 (ana) ve 120x180x300 (kuzu) olacaktır.

5.4.4. Taşıyıcı Duvarlarda Toplam Uzunluk Sınırı

Planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları sayılmaksızın toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşeme alanları dışındaki alan) oranı $(0.2 \text{ I}) \text{ m/m}^2$ 'den daha az olmayacaktır. (Şekil 5.1). Burada I, Bölüm 2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı'dır.



ℓ_d : Taralı alan uzunluğu (m)
 A : Brüt kat alanı (m^2)
 I : Bina önem katsayısı (**Bölüm 2**)

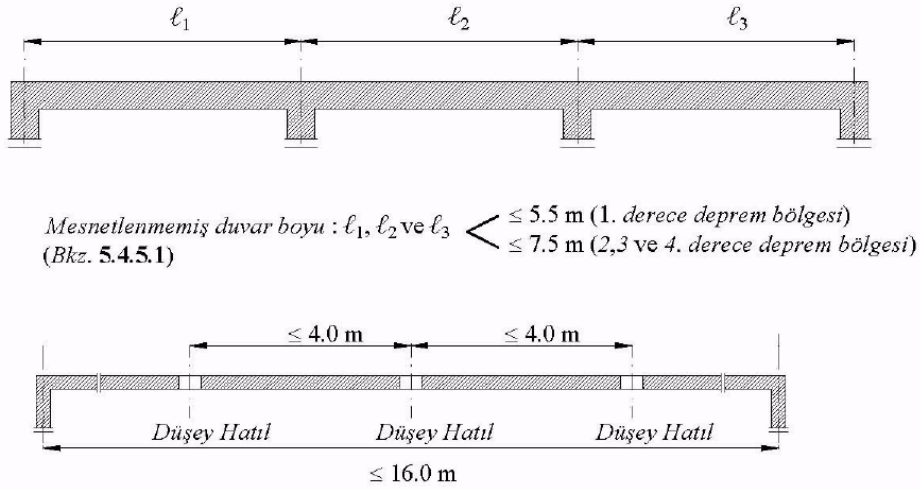
Şekil 5.1

5.4.5. Taşıyıcı Duvarların En Büyük Desteklenmemiş Uzunluğu

5.4.5.1 - Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan desteklenmemiş uzunluğu birinci derece deprem bölgesinde en çok 5.5 m, diğer deprem bölgelerinde en çok 7.5 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda desteklenmemiş duvar uzunluğu en fazla 4.5 m olacaktır.

5.4.5.2 - 5.4.5. 1'de belirtilen en büyük desteklenmemiş duvar boyu koşulunun sağlanamaması durumunda bina köşelerinde ve söz konusu duvarda planda eksenden eksene aralıkları 4.0 m.'yi geçmeyen betonarme

düşey hatıllar yapılacaktır. Ancak bu tür düşey hatıllarla desteklenen duvarların toplam uzunluğu 16.0 m'yi geçemez. (Şekil 5.2)



Şekil 5.2

5.4.6. Taşıyıcı Duvar Boşlukları

Taşıyıcı duvarlarda bırakılacak kapı ve pencere boşluklarında aşağıdaki kurallara uyulacaktır. (Şekil 5.3)

5.4.6.1 - Bina köşesine en yakın pencere ya da kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.50 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1.0 m'den az olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda bütün deprem bölgelerinde bu miktar en az 1.0 m'dir.

5.4.6.2 - Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece

deprem bölgelerinde 1.0 m'den , üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m'den az olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda bütün deprem bölgelerinde bu miktar en az 1.0 m'dir.

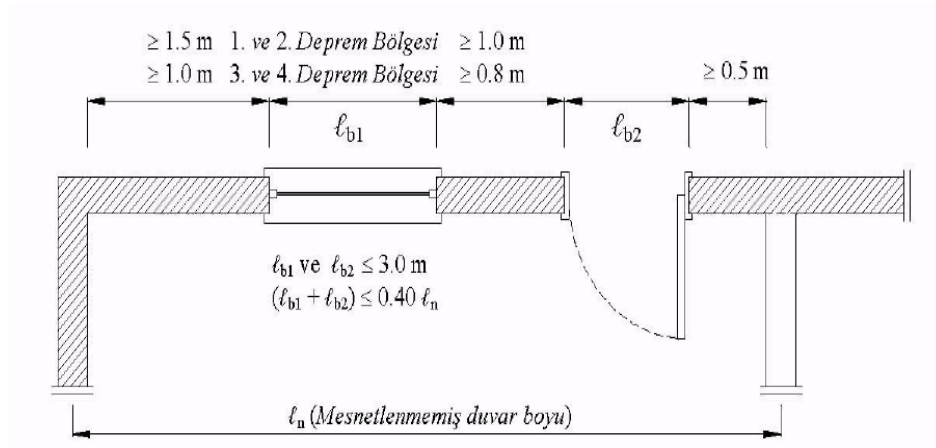
5.4.6.3 - Pencere ve kapı boşluklarının her iki kenarında 5.5.3'e göre betonarme düşey hatıllar yapılırsa 5.4.6.1 ve 5.4.6.2'de verilen en az dolu duvar parçası uzunluğu koşulları %20 azaltılabilir. Kerpiç duvarlı binalarda pencere ve kapı boşluklarının her iki kenarına ikişer adet 0.10mx0.10m kesitinde ahşap dikmeler konulmuş ise iki boşluk arasındaki dolu duvar parçası 0.80 m olabilir. Bu ahşap dikmeler pencere alt ve üst ahşap hatıllarına bağlanacaktır.

5.4.6.4 - Bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere yada kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu, tüm deprem bölgelerinde 0.50 m'den az olamaz. Boşlukların her iki kenarında 5.5.3'e göre kat yüksekliğince betonarme düşey hatıl varsa dolu duvar parçası 0.50 m'den az olabilir.

5.4.6.5 - Her bir kapı ve pencere boşluğunun plandaki uzunluğu 3.0 m'den daha büyük olamaz. Kerpiç duvarlı binalarda kapı boşlukları yatayda 1.0 m 'den, düşeyde 1.90 m'den; pencere boşlukları yatayda 0.90 m'den, düşeyde 1.20 m'den daha büyük olamaz.

5.4.6.6 - Herhangi bir duvarın 5.4.5'de tanımlanmış desteklenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı desteklenmemiş duvar uzunluğunun %40'ından fazla olmayacaktır.

5.4.6.7 - Pencere yada kapı boşluklarının her iki kenarında 5.5.3'e göre kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar yapılırsa 5.4.6.5'te tanımlanan en büyük boşluk uzunluğu ve 5.4.6.6'da tanımlanan en büyük boşluk oranı %20 artırılabilir. Bu koşul kerpiç duvarlı binalar için geçerli değildir.



Şekil 5.3

5.5. LENTOLAR VE HATILLAR

5.5.1. Lentolar

5.5.1.1 - Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan uçlarının her birinin uzunluğu serbest lento açıklığının %15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

5.5.1.2 - Lento en kesit boyutları ile boyuna ve enine donatılar yatay hatıllar için 5.5.2.l'de verilen değerlerden az olmayacaktır.

5.5.1.3 - Kerpiç duvarlı binalarda kapı üst ve pencere üst ve altlarına ahşap lento yapılabilir. Ahşap lentolar ikişer adet 100 mm x 100 mm kesitinde ahşap kadronla yapılacaktır. Ahşap lentoların duvarlara oturan kısımlarının her birinin uzunluğu 200 mm'den az olmayacaktır.

5.5.2. Yatay Hatıllar

5.5.2.1 - Merdiven sahanlıkları da dahil olmak üzere her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerde betonarme döşeme ile birlikte (monolitik olarak) dökülmüş aşağıdaki koşulları sağlayan betonarme yatay hatıllar yapılacaktır.

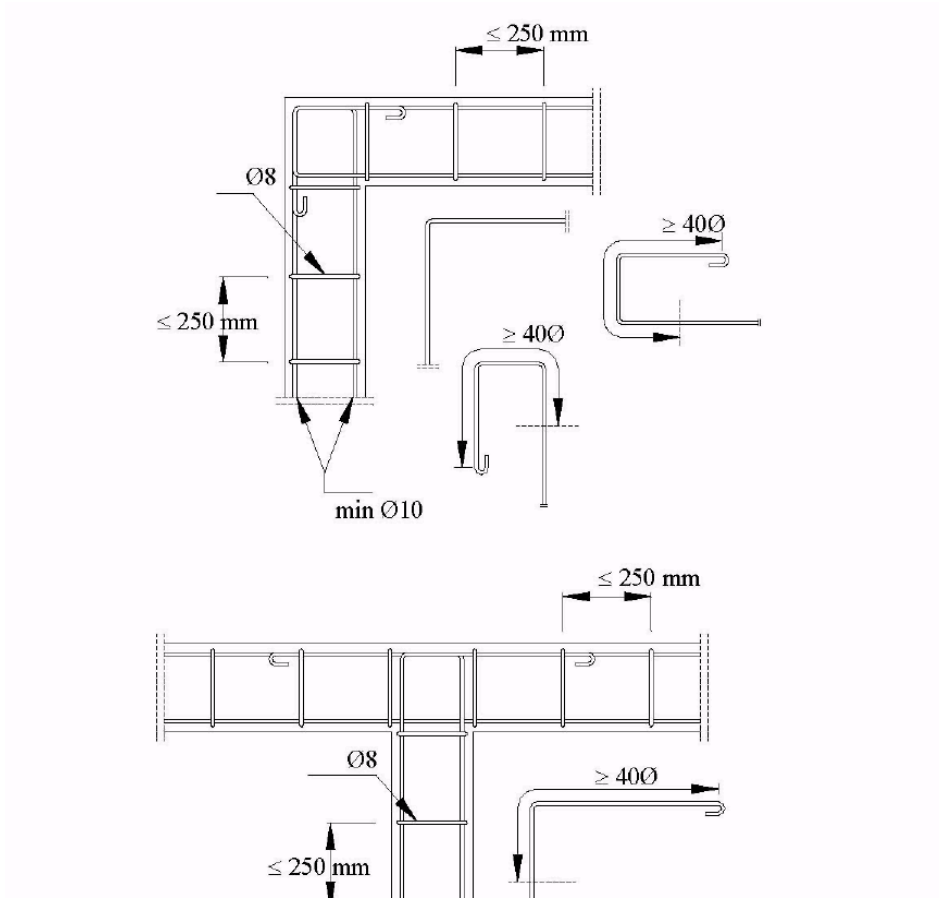
(a) Yatay hatıllar taşıyıcı duvar genişliğine eşit genişlikte ve en az 200 mm yükseklikte olacaktır.

(b) Hatılarda beton kalitesi en az C16 olacak, içlerine taş duvarlarda en az üçü altta, üçü üstte 6 $\square$ 10, diğer malzemedan taşıyıcı duvarlarda ise en az 4 $\square$ 10 boyuna donatı ile birlikte en çok 250 mm ara ile $\square$ 8 'lik etriye konulacaktır. Boyuna donatılar köşelerde ve kesişme noktalarında sürekliliği sağlayacak biçimde bindirilecektir (Şekil 5.4).

5.5.2.2 - Moloz taş duvarlarda döşeme ve merdiven sahanlıkları dışında düşeyde eksenden eksene aralıkları 1.5 m.'yi geçmeyen ve 5.5.2.1'deki kurallara uyan betonarme hatıl yapılacaktır.

5.5.2.3 - Kerpiç yığma duvarlarda ahşap hatıl yapılabilir. Ahşap hatıl için, 100 mm x 100 mm kesitindeki iki adet kadron, dış yüzleri duvar iç ve dış yüzeyleri ile çakışacak aralıkta konulacaktır. Bu kadronlar boylamasına doğrultuda 500 mm'de bir 50 mm x 100 mm kesitinde

dikine kadronlarla çivili olarak birleştirilecek ve araları taş kırıntıları ile doldurulacaktır.



Şekil 5.4

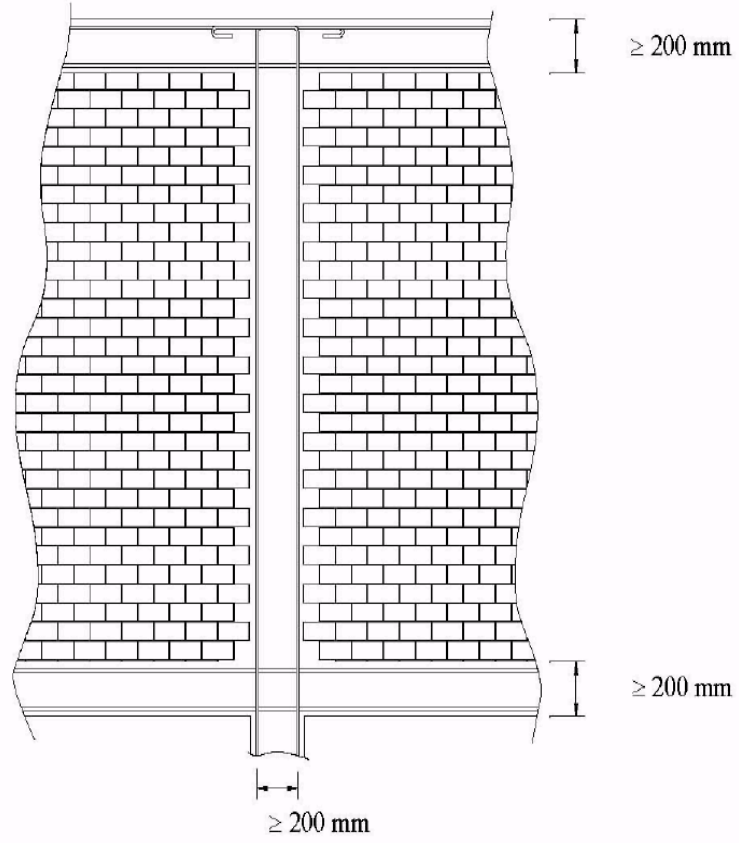
5.5.3. Düşey Hatıllar

5.5.3.1 - Yığma binaların deprem dayanımlarının artırılması için bina köşelerinde, taşıyıcı duvarların düşey ara kesitlerinde, kapı ve pencere boşluklarının her iki yanında kat yüksekliğince uzanan betonarme düşey hatıllar yapılması uygundur.

5.5.3.2 - Düşey hatıllar, her iki yandan gelen taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra duvarlara paralel olarak konulacak kalıpların arasındaki bölümün donatılarak betonlanması ile yapılacaktır (Şekil 5.5).

5.5.3.3 - Bina köşelerinde ve taşıyıcı duvarların ara kesitlerinde düşey hatılların en kesit boyutları kesişen duvarların kalınlıklarına eşit olacaktır. Pencere ve kapı boşluklarının her iki yanına yapılacak düşey hatılarda ise hatılın duvara dik en kesit boyutu duvar kalınlığından, diğer en kesit boyutu ise 200 mm 'den az olmayacaktır.

5.5.3.4 - Düşey hatılarda beton kalitesi en az C16 olacak, içlerine taş duvarlarda her iki duvar yüzüne paralel olarak en az üç adet olmak üzere $6\phi 12$, diğer tür malzemelerden taşıyıcı duvarlarda ise en az $4\phi 12$ boyuna donatı ile birlikte en çok 200 mm ara ile $\phi 8$ 'lik etriye konulacaktır. Boyuna donatılar için temelde ve katlar arasında filiz bırakılacaktır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5

5.6. DÖŞEMELER

5.6.1 - Yığma binaların kat döşemeleri TS-500'deki kurallara göre tasarlanmış boyut ve donatıları olan betonarme plak ya da dişli döşemeler olacaktır.

5.6.2 - Döşemeleri 5.6.1'e uymayan yığma binalar bütün deprem bölgelerinde, varsa bodrum katı sayılmaksızın en çok iki katlı yapılacaktır. Bu tür binalarda da döşemelerin oturduğu yatay hatıllar

5.5.2'ye göre yapılacaktır. Kerpiç duvarlı binalar ise bodrum katı sayılmaksızın en çok bir katlı yapılacaktır.

5.6.3 - Konsol şeklindeki balkonlar, kornişler ve çatı saçakları yalnızca kat döşemelerinin uzantısı olarak yapılacak ve serbest konsol uzunluğu 1.5 m'den çok olmayacaktır. Konsol şeklindeki merdivenlerin konsol uzunluğu ise en çok 1.0 m olacaktır. Bu madde kerpiç duvarlı binalar için geçerli değildir.

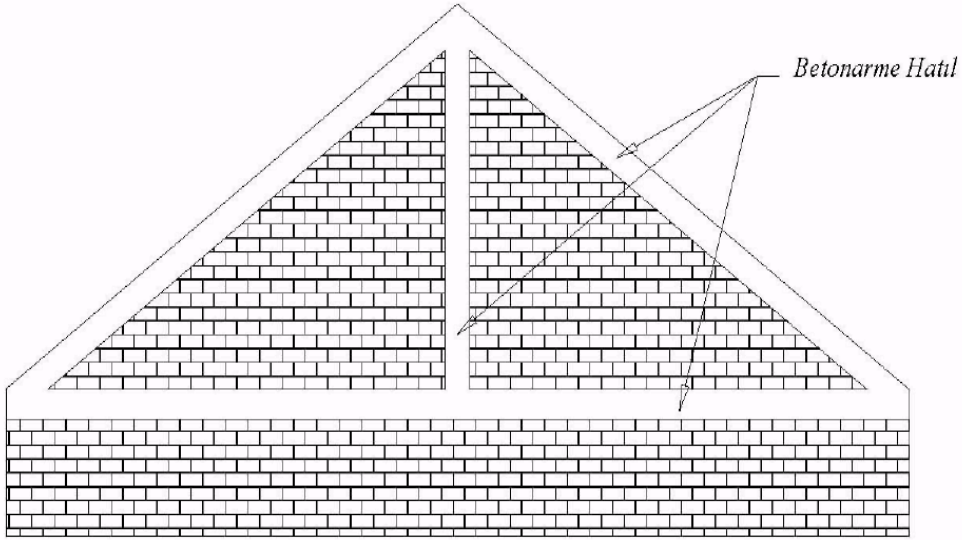
5.7. ÇATILAR

5.7.1 - Yığma binaların çatıları, betonarme teras çatı, ahşap ya da çelik oturtma çatı olarak yapılabilir.

5.7.2 - Ahşap çatı donanımının döşeme ve taşıyıcı duvarların üstündeki yatay hatıllarla bağlantıları TS-2510 'da verilen kurallara göre yapılacaktır.

5.7.3 - En üst kattaki yatay hatıla oturan çatı kalkan duvarının yüksekliği 2.0 m'den büyük ise düşey ve eğik hatıllar yapılacaktır (Şekil 5.6).

5.7.4 - Kerpiç yığma binaların çatıları, dış duvarları en çok 500 mm aşacak biçimde saçaklı olarak ve olabildiğince hafif yapılacaktır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toprak dam yapılmayacaktır. Üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise toprak damın toprak örtü kalınlığı 150 mm'den daha büyük olamaz. Kerpiç binaların çatıları ahşap makas, veya betonarme plak olarak yapılabilir.



Şekil 5.6

5.8. TAŞIYICI OLMAYAN DUVARLAR

5.8.1 - Taşıyıcı olmayan bölme duvarlarının kalınlığı en az 100 mm olacaktır. Bu duvarlar her iki uçta taşıyıcı duvarlara düşey arakesit boyunca bağlanarak örülecektir. Taşıyıcı olmayan duvarların üstü ile tavan döşemesinin altı arasında en az 10 mm boşluk bırakılacak, ancak düzlemine dik deprem yüklerinin etkisi ile duvarın düzlemi dışına devrilmemesi için gerekli önlemler alınacaktır. Bu madde kerpiç duvarlı binalar için geçerli değildir.

5.8.2 - Teraslarda yığma duvar malzemesi ile yapılan korkulukların yüksekliği 600 mm'yi geçmeyecektir. Bu tür korkulukların deprem yükleri altında devrilmesinin önlenmesi için gereken tedbirler alınmalıdır.

5.8.3 - Yığma duvar malzemesi ile yapılan bahçe duvarlarının yüksekliği, kaldırım düzeyinden başlayarak en çok 1.0 m olacaktır.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur ÖZYURT 1981 yılında Manisa’da doğdu. İlk öğrenimini Manisa’nın Saruhanlı ilçesine bağlı Hacırâhmanlı beldesindeki Atatürk İlkokulu’nda tamamladı. Orta öğrenimini Manisa Ahmet Tütüncüoğlu Orta Okulu’nda tamamladıktan sonra liseyi de Manisa Lisesi’nde bitirdi. Lisans çalışmasını Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde 2004’te tamamladı. Mezun olduktan sonra Manisa’da Özyurt Mimarlık Mühendislik Şirketi’nde serbest inşaat mühendisliği yapmaya başladı. 2005 yılında da yüksek lisans çalışmasına başlamıştır.