



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN YAPISAL DAVRANIŞININ
ARAŞTIRILMASI**

**İnş. Müh. Bilal TÜRKER
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN**

Eylül, 2010

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN YAPISAL DAVRANIŞININ
ARAŞTIRILMASI**

İnş. Müh. Bilal TÜRKER
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Programı


Danışman
Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN

Eylül, 2010

İSTANBUL

Bu çalışma 13/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı Yapı Mekaniğı programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Tez Jürisi




Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. M. Hakkı OMURTAG
İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi



Prof. Dr. S. Feyza ÇINICIOĞLU
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Fahriye KILINÇKALE
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Yrd. Doç Dr. Cenk ALHAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca, göstermiş olduğu müthiş sabır, özveri ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTORUN'a, değerli görüş ve önerileriyle bu teze büyük katkıda bulunan tez jürisindeki çok değerli hocalarıma, İstanbul V Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürü İnşaat Yüksek Mühendisi Dr. Metin YILDIRIMLI'ya, İstanbul Yenileme Alanları Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürü Zerrin TÜRKELLİ'ye, İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB Müdürü Yüksek Mimar Mehmet Şimşek DENİZ'e, Mimar İsmail Sağdıç'a, İnşaat Mühendisi Güven ERİŞGEN'e içtenlikle teşekkür ederim.

Eylül, 2010

Bilal TÜRKER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. ÇALIŞMANIN KAPSAM VE AMACI	3
2.2. KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
4. TARİHİ YIĞMA YAPILAR.....	12
4.1. TARİHİ YIĞMA YAPI ELEMANLARI	13
4.1.1. Temeller	13
4.1.2. Duvarlar	14
4.1.3. Sütun ve Ayaklar.....	16
4.1.4. Kemerler	17
4.1.5. Tonozlar	17
4.1.6. Kubbelere	17
4.1.7. Döşemeler.....	19
4.2. TARİHİ YIĞMA YAPILARDAKİ HASAR NEDENLERİ	21

4.2.1. Depremler	21
4.2.2. Zemin Kaynaklı Hasarlar	22
4.2.3. Yapı Malzemesinin Dayanımını Yitirmesi.....	23
4.2.4. Yanlış Kullanımdan Dolayı Aşırı ve Düzensiz Yükleme	23
4.2.5. Ağaç Köklerinin Neden Olduğu Temel Tahribatı	24
4.2.6. Yangınlar ve Sel Felaketleri.....	24
4.2.7. Savaşlar	25
4.2.8. Doğal Etkenler.....	25
4.2.9. Hava Kirliliği ve Trafik	26
4.2.10. Definecilik	26
4.2.11. Yanlış Restorasyon Uygulamaları	27
5. YIĞMA YAPI ANALİZİNDEKİ YÖNTEMLER	28
5.1. ANALİZDEKİ MODELLEME STRATEJİLERİ	28
5.2. ANALİZDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR	30
5.3. YAPI MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	30
5.3.1. Sertlik Ölçümü	30
5.3.2. Ultrases Ölçümü.....	31
5.3.3. Yerinde Basınç Deneyi.....	31
5.3.4. Yerinde Kayma Deneyi.....	32
6. YIĞMA YAPILARIN DAVRANIŞI.....	33
6.1. YIĞMA YAPILARIN DİNAMİK DAVRANIŞI	33
6.2. YIĞMA DUVAR BİLGİSAYAR UYGULAMASI	36
7. YIĞMA YAPI ANALİZİ VE HESAP ESASLARI	41
7.1. DÜŞEY GERİLMELERİN HESABI	41
7.1.1. Döşeme ve Hatıllardan Gelen Yüklerin Hesaplanması	41
7.1.2. Duvar Yüklerinin Hesaplanması	41
7.1.3. Duvar ağırlığının Hesaplanması.....	42
7.1.4. Duvarda Oluşan Basınç Gerilmelerinin Hesaplanması.....	42
7.2. KAYMA GERİLMELERİNİN HESABI	42
7.2.1. Kayma Rijitliklerinin Hesaplanması.....	42
7.2.2. Kayma Rijitlik ve Kütle Merkezinin Hesaplanması.....	43

7.2.3. Katın Toplam Rijitlikliğinin Hesaplanması	44
7.2.4. Eşdeğer Deprem Yüknünün Hesaplanması.....	44
7.2.5. Burulma Momentinin Hesaplanması	46
7.2.6. Toplam Kesme Kuvveti ve Kayma Gerilmelerinin Hesaplanması.....	48
8. NÜMERİK YÖNTEM DOĞRULAMA.....	49
8.1. NÜMERİK YÖNTEM İLE EL HESABI	49
8.1.1. Basınç Gerilmelerinin Kontrolü	53
8.1.2. Kayma Gerilmelerinin Kontrolü	59
9. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ BİNASININ ANALİZİ.....	72
9.1. YAPININ KONUMU VE TARİHÇESİ	72
9.2. ECZACILIK FAKÜLTESİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ	75
9.3. YAPININ MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	77
9.4. YAPI ANALİZİ	85
10. BULGULAR	88
9.1. ANALİZ SONUÇLARI	88
11. SONUÇLAR	113
KAYNAKLAR	114
EKLER	118
EK-1. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ YERLEŞİM PLANI	118
EK-2. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ VAZİYET PLANI	119
EK-3. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ DOĞU CEPHESİ KESİTİ	120
EK-4. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ GÜNEY CEPHESİ KESİTİ	121
EK-5. SAP2000 PROGRAMI GERİLME NOTASYONU	122
EK-6. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ ZEMİN KAT PLANI	124
EK-7. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ 1. KAT PLANI	125
EK-8. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ 2. KAT PLANI	126
ÖZGEÇMİŞ	123

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1	: Yatay derzlere paralel etkiye yükler altında yığma duvarlarda kırılma biçimleri.....	12
Şekil 4.2	: Antik Klaros tapınak alanındaki Apollon Klaros Tapınağı temeli.....	13
Şekil 4.3	: Duvarlar arası sık hatıllar	14
Şekil 4.4	: İçi doldurulmuş sandık duvar tipi.....	15
Şekil 4.5	: Dolu duvar tek cidarlı duvar tipi	15
Şekil 4.6	: Sütun ve ayak örnekleri.....	16
Şekil 4.7	: Kabuk özelliği gösteren tonoz.....	17
Şekil 4.8	: (a) Süleymaniye Cami Kubbesi (b) Selimiye Cami Kubbesi.....	18
Şekil 4.9	: Kubbe mekan örtü sistemleri.....	19
Şekil 4.10	: Volta döşeme sistemleri.	20
Şekil 4.11	: Depremin yığma yapıya etkisi.....	21
Şekil 4.12	: Zemin kaynaklı çatlak oluşumları.....	22
Şekil 4.13	: Tarihi yapılardaki insan yoğunluğu.....	23
Şekil 4.14	: Ağaçlardan kaynaklanan temel hasarı.....	24
Şekil 4.15	: Tarihi Mostar Köprüsü.....	25
Şekil 4.16	: Duvarlara Bitki Etkisi.....	25
Şekil 4.17	: (a) Hava kirliliği (b) Trafik etkisi.....	26
Şekil 4.18	: Çifte Minareli Medrese’de yanlış restorasyon uygulaması.....	27
Şekil 5.1	: Yığma duvarlardaki modelleme teknikleri	29
Şekil 5.2	: Doğrudan-dolaylı Ölçüm.....	31
Şekil 5.3	: Çatlak derinliği ve yönünün araştırılması.....	31
Şekil 5.4	: Tek plaklı çözüm.....	31
Şekil 5.5	: Çift plaklı çözüm.....	31
Şekil 5.6	: Yerinde kayma deneyi.....	32
Şekil 6.1	: Yığma binanın dinamik davranışı.....	34
Şekil 6.2	: A duvarı üzerinde oluşan deprem kuvvetleri ve kesme kuvvet diyagramı. ...	35
Şekil 6.3	: Düzlem içi deprem zorlamaları ve etkileri.....	35
Şekil 6.4	: Modellenen yığma duvar ölçüleri.....	36
Şekil 6.5	: Yığma duvarın bilgisayar modeli (x-z görünümü).....	36
Şekil 6.6	: İlk yükleme tipi S22 gerilmeleri.....	37
Şekil 6.7	: İlk yükleme tipi S12 gerilmeleri.....	38
Şekil 6.8	: İkinci yükleme tipi S22 gerilmeleri.....	38
Şekil 6.9	: İkinci yükleme tipi S12 gerilmeleri.....	39
Şekil 6.10	: İkinci yükleme tipi S12 gerilmesi 4. mod şekli.....	39
Şekil 7.1	: Yanal yüklerde kırılma eksen ve etkili duvar yüksekliği.....	43
Şekil 8.1	: Örnek bina görünümü.....	49
Şekil 8.2	: Örnek bina kat planları.....	50
Şekil 8.3	: Örnek bina ön görünümü.....	50
Şekil 8.4	: Örnek binada sırasıyla arka,sağ ve sol görünüm.....	51

Şekil 9.1	: Taşıyıcı Duvar Elemanı Olarak Kullanılan Dolu Tuğla.....	77
Şekil 9.2	: Deney numuneleri.	79
Şekil 9.3	: Eski söve tek eksenli basınç dayanım deney föyü.....	80
Şekil 9.4	: Eski taş tek eksenli basınç dayanım deney föyü.	81
Şekil 9.5	: Abdülmecid Evi tuğlası tek eksenli basınç dayanım deney föyü.	82
Şekil 9.6	: Yapı Duvarlarının Numaralandırılması.	85
Şekil 9.7	: Yapı Duvar Bilgilerinin Programa Girilmesi.	87

TABLO LİSTESİ

Tablo 9.1	: Kagir duvarların dayanımları	78
Tablo 9.2	: Ali Fakih Sıbyan Mektebi taşı özgül ağırlık deney sonuçları	83
Tablo 9.3	: Ali Fakih Sıbyan Mektebi tuğlası su emme deney sonuçları.....	83
Tablo 9.4	: Ali Fakih Sıbyan Mektebi taşı su emme deney sonuçları.....	84
Tablo 9.5	: Ali Fakih Sıbyan Mektebi tuğlası özgül ağırlık deney sonuçları.....	84

SEMBOL LİSTESİ

A	: dolu duvar taban alanı.
A_o	: etkin yer ivmesi.
D	: kayma rijitliği.
D_x	: x yönündeki duvarın kayma rijitliği.
D_y	: y yönündeki duvarın kayma rijitliği.
e_x	: x yönü eksantirisite.
e_y	: y yönü eksantirisite.
F_i	: İlinci kata gelen deprem yükü.
H	: etkili duvar yüksekliği.
H_i	: katın yerden yüksekliği.
h_{ba}	: hatıl birim hacim ağırlığı.
h_g	: hatıl genişliği.
h_y	: hatıl yüksekliği.
I	: bina önem katsayısı.
I_{RM}	: kat toplam rijitliği.
I_{RM_y}	: y yönü toplam rijitliği.
I_{RM_x}	: x yönü toplam rijitliği.
KM_x	: x yönü kütle merkezi.
KM_y	: y yönü kütle merkezi.
k	: rijitlik katsayısı.
L	: bina uzunluğu.
l_k	: döşeme kısa kenar uzunluğu.
M_b	: burulma momenti.
M_{bx}	: x yönü burulma momenti.
M_{by}	: y yönü burulma momenti.
N	: kat adedi.
n	: hareketli yük katılım katsayısı.
q	: döşeme yükü.
Q_i	: kata depremden dolayı gelen toplam kesme kuvveti.
Ra(T₁)	: deprem yükü azaltma katsayısı.
RM_x	: x yönü rijitlik merkezi
RM_y	: y yönü rijitlik merkezi
S(T₁)	: spectrum katsayısı.
T	: periyot.
V_i	: kata gelen deprem yükü.
V_t	: taban kesme kuvveti.
W_i	: i'inci katın ağırlığı.
W_t	: toplam bina ağırlığı.
X	: x yönü duvarın ağırlık merkezinin rijitlik merkezine dik uzaklığı.
X_k	: x yönü kütle merkezi.
X_o	: x yönü rijitlik merkezi.

Y	: y yönü duvarın ağırlık merkezinin rijitlik merkezine dik uzaklığı.
Y_k	: y yönü kütle merkezi.
Y_o	: y yönü rijitlik merkezi.
ΔFN	: yapı tepe noktasına ek eşdeğer deprem yükü
μ	: sürtünme katsayısı
σ	: duvar düşey gerilmesi.
τ_{em}	: kayma emniyet gerilmesi.
τ_o	: duvar çatlama gerilmesi.

ÖZET

TARİHİ YIĞMA YAPILARIN YAPISAL DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Binlerce yıllık geçmişe sahip olan tarihi yapılar deprem gibi beklenmedik doğal afetler karşısında zarar görmekte ya da yıkılmaktadır. Ancak, tarihi yapıların zarar görmesinin ya da yıkılmasının tek nedeni depremler değildir. Yapı malzemelerinin dayanımını yitirmesi, zamana bağlı deformasyonlar, yanlış kullanımın neden olduğu aşırı ve düzensiz yükleme, zemin oturmaları, sel felaketleri, yangınlar, savaş ve vandalizm tarihi yapıların yavaş yavaş yok olmasının diğer nedenleridir. Tarihi yapıların korunması ve onarılması için öncelikle strüktürel davranışlarının tam olarak bilinmesi gereklidir. Yığma yapıların tasarımında yığmanın basınç mukavemeti esas parametredir. Yığmanın basınç mukavemeti ise; yığmada kullanılan blok mukavemeti ve blok geometrisi, harç özellikleri ile örülme biçimi gibi bir çok faktöre bağlıdır. Bu nedenle, yığma prizmaların basınç deneyleri, basınç mukavemetini ve basınç mukavemetine bağlı diğer kriterleri elde etmek için yapılır. Bu çalışmada bina tipi tarihi yığma yapılar incelenmiş, tanıtılmış, strüktürel davranışı açıklanmış ve Türk Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen esaslar üzerine EXCEL formatında bilgisayar programı geliştirilmiştir. Söz konusu program kullanılarak İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi binasının deprem analizleri yapılmıştır. Malzeme özelliklerinin belirlenmesi için örnek binayla aynı dönem (19 yy) ve aynı yapım tekniği ile yapılmış Ali Fakih Sıbyan Mektebi ve Abdülmecit Evi'nden alınan numunelerle İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü (KUDEB) laboratuvarlarında deneyler yapılmıştır. Yığma duvarın dinamik davranışı incelenmiş ve SAP2000 programında tipik bir duvarın davranışı incelenmiştir. Örnek binanın özgün durumunun tüm duvarlarının basınç dayanımlarının basınç emniyet gerilmeleri aşmadığı tespit edilmiştir. Çoğu duvarın kayma gerilmelerinin kayma emniyet gerilmesini aştığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi kagir yapılar, deprem analizi

SUMMARY

INVESTIGATION OF STRUCTURAL BEHAVIOR OF HISTORICAL MASONRY BUILDINGS

Historic structures, which date back to thousands of years, have frequently been damaged or ruined because of unexpected events such as earthquakes. However, earthquakes are not the only reasons for the historic structures to sustain injury or to collapse. There are many other factors that gradually destroy these invaluable treasures, such as loss in the strength of the construction materials, time-dependent deformations, excessive and irregular loading due to inconvenient use, support settlements, floods, fires, wars and vandalism. It is strictly necessary to have a very good knowledge about their structural behavior as the initial step for conservation and restoration of historic structures. The design of masonry structures is based on the compressive strength of the masonry. Compressive strength of masonry depends on several factors such as block strength, geometry of the hollow blocks, mortar properties, mortar bedding. Therefore, tests of masonry blocks under compression are performed to obtain the strength and other design criteria related to the compressive strength. In this study building type historic masonry structures were examined, were introduced, their structural behaviors were explained and computer program was developed in EXCEL format according to the principles on Turkish Earthquake Specification. Using this program earthquake analysis of Istanbul University Faculty of Pharmacy Building was conducted. Material properties to determine the sample buildings in the same period (19th century) and the same construction technique made Ali Fakih primary school and Abdulmejid House of samples taken with the Istanbul Metropolitan Municipality, Conservation Implementation and Control Directorate (KUDEB) laboratory experiments were made. Examined the dynamic behavior of masonry wall and behavior of typical wall was investigated in SAP2000 program. Compressive strength of all walls of the sample original building does not exceed from compressive safety strength have been identified.

Keywords: Historical masonry structures, earthquake analysis

1. GİRİŞ

Türkiye, binlerce senelik geçmişe uzanan zengin medeniyetlerin yaşadığı bir ülke olarak insanlığın kültürel mirasının korunması hususunda toplumsal sorumlulukları yüksek olan ülkelerin başında gelmektedir. Kültürel ve doğal varlıklar bakımından çok az ülkenin sahip olabildiği zenginlik ve çeşitliliği bulunan ülkemizde bu mirasın korunması, değerlendirilmesi ve geliştirilmesi, bu mirasın bizden sonraki nesillere bırakılması önemlidir.

Ülkemizde kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili tanımların belirlenmesi, yapılacak işlem ve faaliyetlerin düzenlenmesi, bu konudaki ilke ve uygulama kararlarını alacak teşkilatın kurulması 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu hükümleri doğrultusunda gerçekleştirilmektedir.

Kültür mirasımızın en güzel parçalarından olan tarihi yapılar korunmalı ve değerlendirilmelidir. Taş ve tuğla malzeme kullanılarak yığma yapı tekniğine göre inşa edilmiş tarihi yapıların taşıyıcı sistemini genellikle kubbe, tonoz, kemer, pandantif ve masif duvarlar oluşturur. Bu elemanlar aynı zamanda yapının genel formunu belirler. Tarihi ve kültürel birçok zenginliğe sahip ülkemiz aktif faylar üzerinde bulunmaktadır. Bu sebeple ülkemizde tarihi yapıları tehdit eden en önemli etken depremlerdir. Depremler, geçmişten günümüze kadar, yapıları yıkan, insanların canına ve malına zarar veren afetlerin en tehlikelisi olmuştur. Bu sebeple ülkemizdeki tarihi yapıların depreme karşı korunması büyük önem kazanmaktadır. Yığma taş veya tuğladan yapılmış bir tarihi yapının depreme karşı ne kadar güvenli olduğunu belirlemek için analizler yapısal davranışı doğru belirleyen esaslar üzerine kurulmuş modellerle gerçekleştirilmelidir. Ancak tarihi yapıların günümüzdeki yapılardan farklı olan özellikleri yapısal analizi zorlaştırmaktadır. Taş, tuğla ve harçtan oluşan yapı elemanlarının değişik fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması analiz esnasında gerçek malzeme özelliklerinin tanımlanmasını güçleştirmektedir [26].

Taşıyıcı yapı elemanları doğal taş, kumtaşı, tuğla, vb. bloklarla oluşturulmuş yığma kagir yapılar, dış etkilere dayanıklı malzemelerle yapıldığı için, bugünlere kadar ayakta

kalabilmiştir. Yığma kagir yapılar, süneklikleri az, gevrek bir malzeme ile inşa edilir. Yapımlarında ve dayanımlarında işçilik önemli rol oynar. Kâgir yapıların düşey yüklere ve yatay deprem yüklerine dayanımı; duvarın geometrisine, kullanılan malzeme dayanımına, yığma blokların birleştirilme biçimine bağlıdır. Kâgir yapıların davranışında duvarı meydana getiren blokların basınç dayanımı önemlidir çünkü blokların çekme dayanımı çok küçüktür. Bu sebeple deprem kuvvetleri karşısında duvarın düzlemi doğrultusunda ve düzlemine dik birim ağırlığa gelen eğilme dayanımı çok zayıftır. Doğası gereği duvarı oluşturan blokların yangın dayanımı yüksektir. Blokların su emmeye neden olan gözenekli özelliği don hasarına sebep olmaktadır. Birim ağırlığın taşıma gücüne oranı yüksek olması nedeniyle yığma kagir bloklarla ağır yapılar oluşturulur [1].

Modern betonarme ve çelik yapıların davranışlarını gelişmiş sayısal yöntemlerle ayrıntılı bir şekilde ortaya koymak mümkündür. Çoğu kemer, tonoz, kubbe, vb. eğrisel formda olan yığma yapılarda ise harç vasıtasıyla birbirlerine bağlanan taş veya tuğla blokların sürekli ortam oluşturmaması sebebiyle sayısal yöntemlerle asıl davranışı ortaya koymak pratik olamamaktadır. Bu nedenle tarihi yapıların korunması ve doğru yöntemlerle onarılabilmesi için yapısal davranışlarının belirlenmesi gerekmektedir [12].

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÇALIŞMANIN KAPSAM VE AMACI

Bu çalışmanın amacı, yığma yapıların gerçek mekanik davranışlarının sayısal analiz yöntemleriyle ortaya konulması güçlüğü göz önüne alınarak; tarihi yığma yapıları tanıtmak, yapısal davranışlarını incelemek, hasar nedenlerini anlatmak, deprem gibi çeşitli yükler altında analiz çeşitlerini açıklamak, yapı malzemelerini deneysel olarak incelemek ve Türk Deprem Yönetmeliğinde bulunan hesaplama esasları çerçevesinde lineer eşdeğer deprem hesabı ile analiz yöntemini incelemektir. İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Dekanlık Binası (A Blok) bu çalışmada örnek olarak kullanılmıştır. Analizde kullanılmak üzere İstanbul Büyükşehir Belediyesi Koruma Uygulama ve Denetim (KUDEB) Müdürlüğü laboratuvarında malzeme deneyleri yapılmıştır.

Yığma yapıların yük taşıma sistemlerinde aşağıdaki kurallar mutlaka sağlanmalıdır.

- Tüm taşıyıcı duvarlar kat seviyesinde döşeme plakları ile birbirlerine bağlanmaktadır. Duvarların farklı yer değiştirmeler (deplasman) yapmaması döşeme plaklarının rijitliği ile sağlanabilir. Birbirinden farklı rijitlik değerlerine sahip duvarların farklı deplasman yapması, döşeme plağının rijitliği ile önlenmektedir. Duvarlar arasında stabiliteyi sağlayarak oluşabilecek çekme gerilmelerini aktarabilmesi için döşeme plağının duvarlar arası bağlantıyı sağlaması gerekmektedir. Döşeme plağının bunu sağlayamaması, kemer ve duvarların dağılması ve mekanizma durumuna geçen yapıda ağır hasar oluşmasına neden olabilir.
- Yığma yapılarda düzenlenen duvarları oluşturan yapı elemanlarının basınç dayanımları yüksek, çekme dayanımları düşük olduğu için sadece basınç gerilmeleri oluşacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.
- Yapı duvarlarında düşey yönde oluşacak basınç gerilmelerinin basınç emniyet gerilmelerini aşmaması sağlanmalıdır.

- Deprem gibi etkilerden dolayı oluşan kesme kuvvetleri ve kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmaması sonucu oluşan burulma momentlerinin oluşturduğu kesme kuvvetlerinden oluşan kayma gerilmelerinin, kayma emniyet gerilmelerini aşmaması sağlanmalıdır [20].

Yığma yapılarda döşeme plağı düzlemsel rijitliğinin azalması neticesinde açıklanan kurallar sağlanamaz duruma gelecektir. Tarihi yığma yapılar belirli bir standarda göre yapılmadıkları için günümüz yönetmeliklerini sağlayamamaktalar. Bu neden de her yapıya özel yaklaşım göstermeyi gerektirmektedir.

2.2. KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Arun, [1] yığma kagir yapıların yapı elemanlarını tanıtıp, hasar nedenlerini açıklamış, düşük dayanımlı, düktil olmayan ve gevrek malzemeyle oluşturulan yığma kagir yapılar, uygun tasarım ve detaylandırma ile yapılırsa ya da güçlendirilirse düktilitesi zayıf ve kırılğan davranış göstermeyeceğini ve deprem performansının artırılabilceğini belirtmiştir.

Bayraktar, [2] tarihi yığma yapıların sismik güçlendirilmesi yapılırken uyulması gereken hesap ve yapı kurallarını detaylı bir şekilde sunmaya çalışmıştır. Çelik çubuklarla tasarlanmış beton perde veya kolon şeklindeki betonarme elemanların genel olarak güçlendirmede yığma duvarlara dışardan kaplama veya ilave yapıldığını, fakat bu ilave edilen güçlendirme elemanlarının mevcut duvarın birleşim noktalarında büyük sorunlar ortaya çıkardığını, mevcut duvara göre daha rijit olan betonarme elemanın daha büyük dış kuvveti üzerine çektiği, beton kadar rijit olmayan yığma elemanlarının bu birleşim bölgelerinde dağılmakta olduğunu ve mukavemetini kaybettiğini belirtmiştir.

Karaşin ve diğerleri [3] 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi incelemiş, kırsal yapı hasarlarını incelemiş ve bu yığma elemanların hatıllar ile depreme karşı daha güçlü olabileceğini belirtmiştir.

Aydın ve diğerleri [4] yaptıkları çalışmada tarihi kâgir yapıların sismik güçlendirilmelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan Fiber Takviyeli Polymerler/Plastikler ve Zemin Yalıtımı gibi yeni sismik güçlendirme teknikleri üzerinde durmuş, bu tür tekniklerin tarihi yapılarda uygulanmalarının olumlu ve olumsuz yönleri koruma disiplini ve uluslararası koruma tüzükleri çerçevesinde tartışılarak öneriler geliştirmişler.

Atımtay ve diğeri [5] depreme maruz yığma binada, duvarların kırılma davranışını incelemiş ve kritik kırılma modunun nasıl belirlenebileceğini tartışmıştır. Depreme maruz yığma binanın duvarları, zemin katta düzlem içi, çatı katta ise düzlem dışı yüklemelerle kritik olarak zorlandığını, düzlem içi yüklenen duvarda, tuğla ezilmesinin yol açtığı ezilme salınımlarının nasıl başladığı gösterilmiştir. Düzlem dışı yüklenen duvarda, düzlem dışı zorlamaların nasıl oluştuğu ve duvarın düzlem dışı nasıl kırıldığı gösterilmiştir. Düzlem içi ve düzlem dışı kırılmaların, etkin yer ivmesinin hangi oranında başladığının saptanabileceği tartışılmıştır. Söz konusu yöntemin, yığma binaların deprem güvenliğinin saptanmasında kullanılabileceğini belirtmişler.

Bekdaş ve diğeri [6] İstanbul Beyoğlu Ticaret Lisesi örneği ile yığma yapı güçlendirme prensipleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Yaptıkları analizle yapının yönetmelikte belirtilen şartları sağlamadığı ve kesin hesap yöntemleri ile ayrıntılı analiz edilerek güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varmışlar.

Türker [7] taş yapıların onarımı, hesap esasları, yönetmelik önerileri ve depreme karşı güçlendirilmesi üzerine çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışmada, taş yığma yapıların doğru hesaplama, doğru malzeme ve doğru bağlantılarla yapımı anlatılmış, mevcut yapıların hasar şekilleri verilmiş, onarım ve güçlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Ülkemizde yığma yapılarla ilgili standart bulunmadığı ve ülkemizin büyük bir kısmında yığma yapı olmasına karşın bu konu hakkında sadece deprem yönetmeliğinde bahsedildiği için bu konunun Eurocode ile de incelemesi yapılmıştır.

Akan ve diğeri [8] Bursa Yeşil Türbe'nin sonlu elemanlar yöntemi ile deprem analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, Bursa'da bulunan Yeşil Türbe incelenmiş ve SAP2000 bilgisayar programı ile strüktürel analizi yapılmıştır. Yapının modları incelenip, salınım periyotları hesaplanarak elde edilen veriler tepki spektrumu aracılığıyla yapıya deprem yükü uygulamak amacıyla kullanılmıştır. Yeşil Türbe'nin sonlu elemanlar analizinin sonuçlarının yorumlanması için yer değiştirme (deplasman), moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvetleri gösteren grafiklerden yararlanılmıştır. Bu çalışma sınırlı sayıda düğüm noktası ve eleman kullanılarak, ve lineer elastik malzeme özelliklerine göre yapıldığından, gerçek malzeme davranışı bakımından tatmin edici sonuçlar elde etmenin oldukça zor olduğundan bahsetmiştir. Daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için lineer olmayan analiz

yöntemlerinin kullanılmalısı sonucuna varmıştır. Yapının basınç gerilmelerine karşı dayanım sağladığını, yapıda çekme gerilmeleri oluşacağını ve bunların çatlaklar oluşturacağı sonucuna varmıştır.

Bayülke [9] depremde hasar gören yapıların onarımı ve güçlendirilmesi konularında çalışmalar yapmıştır. Yaptığı çalışmada hem betonarme hem de yığma yapılarda deprem sonrası oluşan hasar biçimlerini açıklamış, onarım ve güçlendirme yöntemleri hakkında değerlendirmelerde bulunmuştur. Yapıların güvenlik düzeyinin hesaplanması hakkında bilgiler vermiştir.

Tanyıldızı ve diğerleri [10] Harput Ulu Camisinin deprem güvenilirliğinin belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda caminin x ve y yönünde kayma gerilmelerini hesaplamış ve caminin depreme karşı dayanıklı olduğu sonucuna varmıştır.

Sezer ve diğerleri [11] iki katlı yığma Karamanoğlu Mehmet Bey İlköğretim Okulu Binasının güçlendirilmesi ve deprem performansının artırılması konusunda çalışmışlardır. Bu çalışmada; Karaman ilinde bulunan ve oturmadan dolayı taşıyıcı duvarları hasar gören 13 derslikli ve iki katlı yığma Karamanoğlu Mehmet Bey İlköğretim Okulu binasının güçlendirilme işlemleri ele alınmıştır. Yığma sistemde inşa edilmiş olan yapının taşıyıcı duvarları düşey ve yatay yük durumunda yetersiz kalmaktadır. Ayrıca bazı taşıyıcı duvarlarda ciddi yapısal çatlaklar oluşmuş ve yapı kullanım açısından tehlike arz eder hale gelmiştir. Yapının ekonomik ömrünü doldurmaması ve kısıtlı devlet imkânları nedeniyle yapının güçlendirilerek kısa sürede tekrar eğitime açılmasının uygun olduğu kanaatine varılmıştır. Bu amaçla yapının düşey ve yatay yük altında analizi gerçekleştirilerek ve taşıyıcı duvarlarda oluşan yapısal hasarlarda göz önünde bulundurularak kullanım amacına ve şekline uygun bir güçlendirme projesi hazırlanmıştır. Hazırlanan güçlendirme projesi yerinde titizlikle uygulanarak yapı yeniden kullanıma hazır hale getirilmiştir. Böylelikle ekonomik ömrünün tamamlamış bir yapı az bir masrafla ve güvenli bir şekilde yeniden kullanıma alınmıştır.

Kanıt ve diğerleri [12] tuğla kemerlerin deneysel davranışı ve bilgisayar modelinin analizleri konusunda çalışmış, bu bağlamda dairesel kemer, sivri kemer ve sepet kulpu kemerin dayanımlarını karşılaştırmış, bunların deneylerini yapmış ve sayısal analizlerle sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu çalışma sonucu sepet kulpu kemerin en fazla yük taşıdığını belirtmişler.

Akan ve diğeri [13] Antalya'daki Kırkgöz Han'ın sonlu elemanlar yöntemi ile deprem analizini bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirmişler. Bu çalışmada, Antalya'da bulunan Kırkgöz Han'ın yapısal sistemi ve malzeme özellikleri incelenmiş, yapının deprem yükleri altındaki davranışı SAP2000 bilgisayar programı ile yapılan analizlerin sonuçlarının değerlendirilmesi ile yorumlanmıştır. Kırkgöz Han'ın deprem analizi, çeşitli geometrik şekillere sahip yapı elemanlarının bütün kesit ve malzeme özelliklerinin kolaylıkla tanımlanabileceği bir analiz yöntemi olan, sonlu elemanlar metoduyla yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizinin sonuçlarının yorumlanması için yer değiştirme, moment, kesme kuvveti ve aksel kuvvetleri gösteren grafiklerden yararlanılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre, Kırkgöz Han'ın bölgenin deprem riski verilerine göre olası bir depremde ağır hasara uğramayacağı gözlemlenmiştir.

Luciano ve diğeri [14], yaptıkları çalışmada, yığma bir yapının mekanik davranışını incelemişlerdir. Yığma yapı malzemeler, bir harç derzinde blokların düzenli yerleşimiyle gerçekleştirilen bir bileşik malzeme olarak değerlendirilmektedir. Yığma yapının genel özelliklerini görmek için mikromekanik yaklaşım önerilmektedir. Sonra FRP katmanlı saçlarla kuvvetlendirilmiş bir duvar (Bu duvarın yüzeyine bu saçlar eklenmiştir) analiz edilmektedir. Desteklenmiş ve desteklenmemiş yığma yapının genel davranışını modellemek için; harç, bloğun ve FRP saçların ilerleyen hasarını da dikkate alarak basit bir homojenleştirme tekniği önerilmektedir. İzotropik viskozite ve elastik hasar modellerinde, harç ve blok için iki farklı hasar kriteri uygulanmaktadır. Son olarak, desteklenmiş ve desteklenmemiş yığma yapı panellerin üzerindeki hasarı incelemek için önerilen prosedür uygulanarak sayısal uygulamalar geliştirilmektedir.

Özcan ve diğeri [15] tarihi Sapanca Rahime Sultan Camii dinamik davranışını hakkında çalışma yapmış, çekme gerilmelerinin küçük bir bölgede ve çok kısa bir zaman aralığında ortaya çıktığını bunun yapı güvenliğini olumsuz yönde etkilemeyeceğini, sınırlı bir bölgede kılcal çekme çatlaklarının oluşabileceğini belirtmiş, yapının dinamik parametrelerden olan serbest titreşim periyotları ve mod biçimleri incelendiğinde birinci ve ikinci modların yatay salınımlar şeklinde olduğunu, burulma moduna hemen girmediğini belirtmiştir.

Ural ve diğeri [16] mikro modelleme tekniği kullanarak yığma yapıların deprem performansını incelemiştir. Bu çalışmada basitleştirilmiş mikro modelleme tekniği kullanılarak yığma modellerin deprem davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmada 4 farklı

yığma yapı modeli incelenmiştir. İnceleme aşamalarında öncelikle lineer elastik analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda en fazla düşey hatla sahip olan modelde diğerlerine göre en az yatay yer değiştirme (deplasman) meydana gelmiştir. Modal analiz neticesinde aynı modelin periyotları diğer modellere göre daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi düşey hatlıların modelin rijitliğini artırması yönünde yapmış olduğu katkıdan dolayıdır. Tepki spektrumu analizlerinde ise yine en az yer değiştirme yapan en fazla düşey hatla sahip olan model olmuştur. Yığma yapının düşey hatlılarla desteklendiğinde depreme karşı daha dayanımlı olduğunu belirtmiştir.

Öztürk ve diğerleri [17] tarihi yapıların mevcut güvenliğinin belirlenmesi, onarım ve güçlendirilmesi hakkında çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; tarihi yapılar, taşıyıcı sistem ve elemanları, kullanılan malzemeler, malzeme özelliklerinin yerinde belirlenmesi ile ilgili çalışmalar, hasarlar ile ilgili bilgiler verilmiş, bu yapıların deprem yükleri altındaki davranışı ve mevcut güvenliğinin belirlenmesi, gereken durumlarda yapılabilecek onarım ve güçlendirme teknikleri tanıtılmış, uygulamada Edirne Muradiye Cami ve İstanbul Vefa Lisesi örnekleri verilmiştir. Muradiye Cami'nin duvarlarının basınç ve kayma gerilmelerini sağladığı sonucuna varmış. Bazı duvarlarda bulunan çatlakların onarılması ve farklı oturmalar bulunan temellerin iyileştirilmesinin gerekliliğinden bahsetmişler. Vefa Lisesi'nin bazı duvarlarının güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varmışlar ve güçlendirme örnekleri vermiştir.

Bilgin [18] Mimar Sinan'ın kubbeli tasarladığı yapıların mekan örtü sistemlerinin yapısal davranışları hakkında çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, İstanbul'daki Şehzade Camisi mekan örtü sistemi ile bu örtü sisteminin geometrik boyutları esas alınarak; yarım kubbesiz dört eşit rijitlikli kemere oturan, iki yarım kubbeli, üç yarım kubbeli ve dört yarım kubbeli teorik örtü sistemlerinin zati yükleri altında, sonlu elemanlar yöntemine dayalı SAP2000 Yapısal Analiz Programı ile statik analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda; ana kubbe, kemer, yarım kubbe ve pandantif dörtlüsünün karşılıklı yapısal etkileşimi belirlenmiş ve her sistemin yapısal davranışı sayısal olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

Ercan ve diğerleri [19] antik yapılarda sütun-kiriş taşıyıcı sistemlerin sonlu elemanlarla yapısal analizi hakkında çalışmıştır. Antik yapılarda sıklıkla karşılaşılan, mermer malzemesinden silindirik formda kesilen tamburların üst üste oturtulup kurşun kenetler ile bağlanan sütunlar ve iki sütunun tepede mermer bir kirişle birleştirilmesinden oluşan çerçeve taşıyıcı sistemlerin yapısal davranışı araştırılmıştır. Uygulama örneği olarak İzmir Ahmetbeyli

'de yer alan Apollon Klarus tapınağı ele alınmıştır. Msc Marc Mentat bilgisayar programı ortamında solid sonlu elemanlarla modellenen tek sütun ve sütun-kiriş çerçevesinin, 12 Kasım Düzce depremi etkisinde dinamik davranışı incelenmiştir. Teorik analizlerin sonucunda, inşa edildiği devirlerdeki koşullarda kullanılmış olan kurşun malzemesinin deprem etkisinde oldukça uygun bir birleşim aracı olduğu görülmüştür.

Temelli [20] İstanbul Üniversitesi Nadir Eserler Kütüphanesi Binasının güçlendirme yöntemi hakkında çalışmıştır. Çalışmasında yapının restorasyon uygulamalarında müteahhit tarafından uygulanan ve idarece durdurulan uygulama projesinin durdurulma nedenleri incelenmiş ve Nadir Eserler Binası örnek verilerek onarım ve güçlendirme konusunda gerek projelerin gerekse imalatın mutlaka uzman kişi ve kuruluşlar tarafından yapılmasının gereği sonucuna ulaşmıştır.

Akhan [21] İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası örneğindeki kagir yapılarda deprem etkileri konusunda çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında taşıyıcı duvar narinlik tahkiklerini yapmış ve tüm yapı için güvenli bulmuştur. Kayma gerilmesi tahkiklerinin de tüm yapı duvarları için emniyetli olduğunu sonucunu bulmuştur. Depremden dolayı oluşan kayma gerilmelerinin kullanılan duvar malzemelerinin derzlerinde etkili olduğunu, bunun için kullanılacak harcın önemli olduğunu belirtmiştir.

Yiğitöl [22] hasarlı kagir yapıların onarım ve güçlendirilmesi esasları, "İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Dekanlık Binası Örneği" hakkında çalışmıştır. Çalışmasında hasar görmüş kagir yapıların davranışı, hasar sonrası onarım üzerine genel metotlar ve ülkemizde uygulanan yığma yapı şartnamesi ele alınmıştır. İncelediği yapıda depremden dolayı çatlaklar oluştuğunu belirtip, bunların onarım ve güçlendirmesi için önerilerde bulunmuştur.

Aköz [23] yığma kagir yapılarda hasar tespiti hakkında çalışmalar yapmıştır. Yapmış olduğu çalışmalarda yığma yapılarda oluşan hasar biçimleri açıklamıştır. Oluşan hasarların tespitinin en kısa süre yapılması gerektiğini belirtmiştir. Yığma yapıların olması muhtemel depremlere ve dış etkilere karşı onarım ve güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varmıştır.

Paulay ve diğerleri [24] betonarme ve yığma yapıların sismik incelemesini yapmıştır. Yaptıkları çalışmada çok katlı yapıların yapısal analizinden çok inşa ayrıntılarına dikkat

çekmişlerdir. Üç prototip üzerine yığma yapılarında sismik yükler etkisinde sünekliğini artıran tasarım hesapları vermişler.

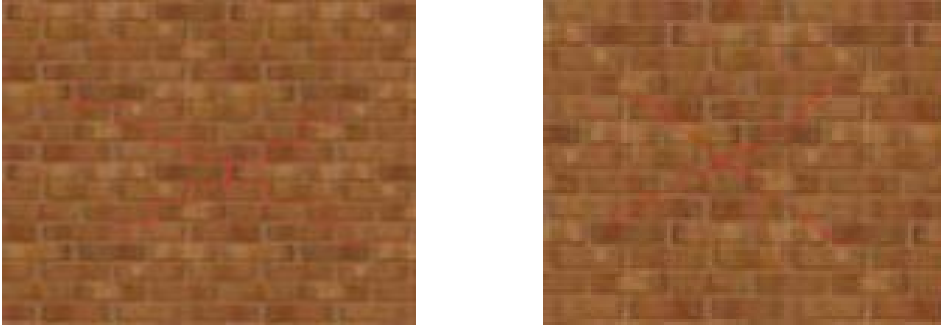
Olatunji ve diğerleri [25] yığma duvar ve döşeme noktasının dayanımı ve davranışını incelemişlerdir. Değişik durumlar için döşemenin ve yığma duvarın birbirine etkileri üzerine yaklaşımda bulunmuşlar ve yığma yapının maksimum dayanım ve şekil değiştirmelerini hesaplayan bilgisayar yazılımı yapmışlar.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Sonlu elemanlar yöntemiyle yapı analizi yapan bilgisayar programları ile yapılan çalışmalar genellikle yapıda ilk çekme gerilmesi olduğu zaman, iterasyonların sonlandırılarak analiz sonuçlarının elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Hâlbuki yığma yapıda oluşan ilk çekme kuvveti yapıda çatlak oluşmasına sebep olabilir, ancak bu durum yapının tamamen çökeceği anlamına gelmez. Bu programların çoğunda sadece basınca çalışan eleman tanımlaması yapılamaz. Yapının ilk olarak rölövesi çıkarılarak yapıda oluşacak basınç gerilmelerinin, basınç emniyet gerilmesini aşp aşmadığı kontrolü yapılmalı, depremden ve burulmadan dolayı oluşacak kesme kuvvetlerinin oluşturduğu kayma gerilmelerinin, kayma emniyet gerilmelerini sağladığının kontrolü yapılmalıdır. Bu kapsamda BILKA (Bilal Kagir Yapı Analiz Programı) bilgisayar programı EXCEL dosyası olarak hazırlanmıştır. Bu program Türk Deprem Yönetmeliğinde [25] bahsedilen yöntemlerle, yapı duvarlarında oluşan basınç ve kayma gerilmelerini bulup basınç ve kayma emniyet gerilmeleri ile karşılaştırıp oluşan gerilmelerin emniyet gerilmelerini aşp aşmadığının kontrolünü yapar. Bu programda burulmadan dolayı oluşan kesme kuvvetleri de hesaba katılır. Programın yaptığı hesaplamaların doğruluğu el hesapları ile çözüm yapıp karşılaştırılmıştır. Bu program yardımıyla İ.Ü. Eczacılık Fakültesi (A Blok) örneğinde doğrusal eşdeğer deprem yükü analizi gerçekleştirilmiştir. Yığma yapıda malzeme özelliklerinin belirlenmesi için İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü (KUDEB) laboratuvarlarında 19. yy. ait taş ve tuğla örneklerinin deneysel çalışmaları yapılmıştır. Bilgisayar programının hesap esasları ve formülasyonu Bölüm 7’de, programın doğrulanması Bölüm 8’de, program özellikleri ve analiz sonuçları Bölüm 9 ve Bölüm 10’da sunulmaktadır.

4. TARİHİ YIĞMA YAPILAR

Tarihi yapılar; malzemelerine göre (taş, tuğla, ahşap, çelik ve karma), taşıyıcı sistemlerine göre (yığma-kâgir, ahşap, kerpiç, çelik, karma) ve kullanım amaçlarına göre (dini yapılar, sağlık-sosyal hizmet ve kültürel yapılar, ulaşım yapıları, eğitim yapıları, ticaret yapıları, idari yapılar, savunma yapıları, sivil yapılar ve özel yapılar) olarak sınıflandırılabilir. Tarihi kâgir yapılar taş, tuğla vb. malzemelerin üst üste konması ve harçla bunların birbirine bağlanması ile oluşan yapılar olup genellikle basınç dayanımları yüksek, çekme dayanımları düşüktür. Deprem gibi çekme kuvvetleri oluşturan yanal yüklere karşı koymakta güçlük çekerler. Çekme kuvvetleri yapıda çatlaklar oluşturur. Çekme dayanımı kâgir malzemenin dayanımını aşarsa çatlaklar kâgir (taş, tuğla, vb.) malzemedede oluşur, eğer harcın dayanımını aşarsa çatlaklar derzlerde oluşur. (Şekil 4.1) Çatlakların artması ile duvarlarda kısmi göçmeler görülür. Yapının tüm duvarlarında bu göçmeler devam ederse yapı tamamen göçer. Kireç harcı, horasan, puzolan, taş ve tuğla malzemelerini birbirine bağlamada kullanılmıştır. Taş ve tuğla malzemeler gevrek malzemelerdir ve süneklikleri düşüktür. Yatay yüklere karşı kullanılan taş ve tuğlanın birim hacim ağırlıkları yüksek olduğu için ağırlıkları ile karşı koymaya çalışırlar bu yüzden duvar kalınlıkları fazladır. [9]



a) Harç dayanımı tuğla dayanımından küçük b) Harç dayanımı tuğla dayanımından büyük
Derzden geçen çatlaklar Tuğlaları da kesen çatlaklar

Şekil 4.1: Yatay derzlere paralel etkiyen yükler altında yığma duvarlarda kırılma biçimleri

4.1. TARİHİ YIĞMA YAPI ELEMANLARI

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

4.1.1 Temeller

DüŖey ve yatay yükleri zemine ileten taşıyıcı elemanlardır. Yapının oturduğu zeminde yapılan yüzeysel temeller, ayak ve sütunların altına gelen ayrıık temeller ve duvar altına gelen sürekli temellerden oluşur.(Şekil 4.2) Derin temeller, dolgu veya yumuşak zeminlerde, daha çok su içinde inşa edilen yapılarda kullanılmıştır [17].

Tarihi yapılarda temeller yapının en önemli kısmıdır. Temel gerekli derinliğe kadar kazılır, olması muhtemel basınç kadar, taşlarla doldurularak zemine gerilme tatbik edilir, zemin ıslahı yapılarak yapı temelleri inşa edilir. Temellerin korunması için en önemli konu zemin suyudur. Zemin suyunu; kapiler, cazibe suyu olarak ayırabiliriz. Kapiler su, yer altı su seviyesinden beslenmesi engellenerek giderilebilir. Cazibe suyunun hareketi yer altı su seviyesini temel seviyesinin altına düşürerek önlenir. Tarihi yapıların tabanında galeriler yapılarak temellerin havalandırılması kapiler suyun kurutulması için önemlidir. Cazibe suyun etkilerinden korunmak için temellerin çevresinde su tahliye boruları döşenmiştir [2].



Şekil 4.2: Antik Klaros tapınak alanındaki Apollon Klaros Tapınağı temeli [19]

4.1.2 Duvarlar

Yükleri zemine ileten, taş, tuğla, kerpiç olabilen düŖey düzlemsel elemanlardır. Duvarın boyutlarını belirleyen faktörler; üst yapıdan gelen eğik ve düŖey yükler, yanal deprem yükleri, malzeme cinsi, kapı-pencere boyutlarıdır. Duvarın bu yükleri alabilmesi için bir bütün halinde

çalışması gerekir. Gerilmeleri duvar kesitinde düzgün yayılı dağıtmak amacıyla taş ve tuğlalar birbirine harç, kenet ve hatıllarla (Şekil 4.3) bağlanmıştır [17].



Şekil 4.3: Duvarlar arası sık hatıllar – Selimiye Cami (Edirne-Türkiye)

Yapı temel seviyesinden itibaren genellikle taş duvarla devam eder. Doğal taşların yontulması ile oluşturulan bloklar yatayda düzgün sıralar halinde dizilmektedir. Taşların arasında kot farkı olmamasına dikkat edilir. Düşeyde derzler şaşırtmalı olarak düzenlenmektedir. Duvar yüzeyine dik doğrultuda bağlantı blokları ve derzler şaşırtılarak duvar örülmektedir. Duvar taşları arasında bağlayıcı olarak horasan harcı kullanılmıştır. Duvarların iç ve dış kısmı boyuna taşla örülmüş olup iç kısma dolgu duvar yapılması durumunda yer yer taştan veya bağlantı teşkil edecek başka elemanlarla duvarın her iki yüzlerinin irtibatı yapılır [2].

Kalın bir kagir duvar, dolu ya da arası boşluklu yapılıdır. Kalın duvarların iki yüzünü oluşturan duvarlar aynı tip blokla yapılabildiği gibi her bir duvar ayrı tip blokla, karma, oluşturulabilir. Duvarlar arası boş bırakılır ya da moloz taş ve harçla doldurulur. Dolu duvara tek cidarlı (Şekil 4.5), iki yüzü arası boşluklu yapılan; içi boş bırakıldıysa iki, doldurulduysa üç cidarlı duvar ya da sandık duvar (Şekil 4.4) denir [1].



Şekil 4.4: İçi doldurulmuş sandık duvar tipi [1]



Şekil 4.5: Dolu duvar tek cidarlı duvar tipi [1]

Taşıyıcı duvarlar, düşey ve yatay yüklerin temele taşınmasında kullanılan yapı elemanlarıdır. Basınç ve kayma gerilmeleri etkisinde olan duvarlar düşey düzlemsel yapı kısımlarıdır. Bağlayıcı harç seçimi yapıda kullanılan harcın laboratuvar analizleri ile tespit edilen birleşimine uygun olmalıdır. Duvarlarda oluşacak çekme gerilme bölgeleri mutlaka hesapla bulunmalıdır. Duvarlar çekme gerilmesi taşımamaktadır. Çekme gerilmesinin olduğu bölgelerdeki çekme kuvvetlerinin çekme elemanları ile karşılanması şarttır. Tarihi yapılarda çekme gerilme elemanları olarak demir kenet veya ahşap kalas kullanılmıştır. Doğal ahşap ve demir zamanla dayanımını kaybeder. Duvar bünyelerindeki yapı elemanları rijitlik bakımından üniform olmalıdır [2].

4.1.3 Sütun ve Ayaklar

Tarihi kagir yapılarda duvarlardan başka düşey doğrultuda taşıyıcı olan sütun ve ayaklar da bulunabilir. Sütunlar tek bir malzemedен yekpare olarak olduğu gibi tek bir malzemedен tambur adı verilen genellikle dairesel blokların üst üste konması ile oluşmaktadır. Ayaklar ise duvarlar gibi olup aralıklı olarak düzenlenen tarihi kagir yapı elemanlarıdır (Şekil 4.6).

Sütunlar yekpare veya birkaç blok taş ile oluşturulmuş düşey yapı elemanlarıdır. Bloklarla oluşturulduklarında, ağaç veya bronz kenetler yardımıyla birleştirilirler [17].



(a)



(b)

Şekil 4.6: Sütun ve ayak örnekleri ((a)Afrodisyas-Aydın-Türkiye – (b) Kolezyum-Roma-İtalya)

(Foto: Osman ÇORUHLU)

4.1.4 Kemerler

İki sütun veya ayak arasındaki açıklığı geçen eğri eksenli kirişler olup taş veya tuğla ile inşa edilir. Kemerlere etki eden düşey yükler yapıdaki detay malzeme ve taşıyıcı sistem malzemesinden (kerpiç, tuğla veya taş) oluşmaktadır [17].

Düşey ve yatay yükleri belirli noktalara yönlendiren, taşıyan yapı elemanlarıdır. Mesnetlerinde gergi çekme çubukları (Özengi Çubuğu) olabildiği gibi; gergi elemanı olmadan da yapılabilir. Gergi çubuksuz yapıların mutlaka güçlü duvarlara oturtulmuş olmaları şarttır. Açıklıklarda tıpkı kiriş gibi yük taşırlar [2].

4.1.5 Tonozlar

Bir kemerin kendi düzlemine dik doğrultusunda ötelenmesi sonucu meydana gelen ve yüklerini kemerlerdeki gibi taşıyan, aynı zamanda da kabuk özelliği gösteren tek eğrilikli yapı elemanıdır. Tonozlarda, basınç kuvvetinden dolayı basınç gerilmeleri oluşur [17] (Şekil 4.7).



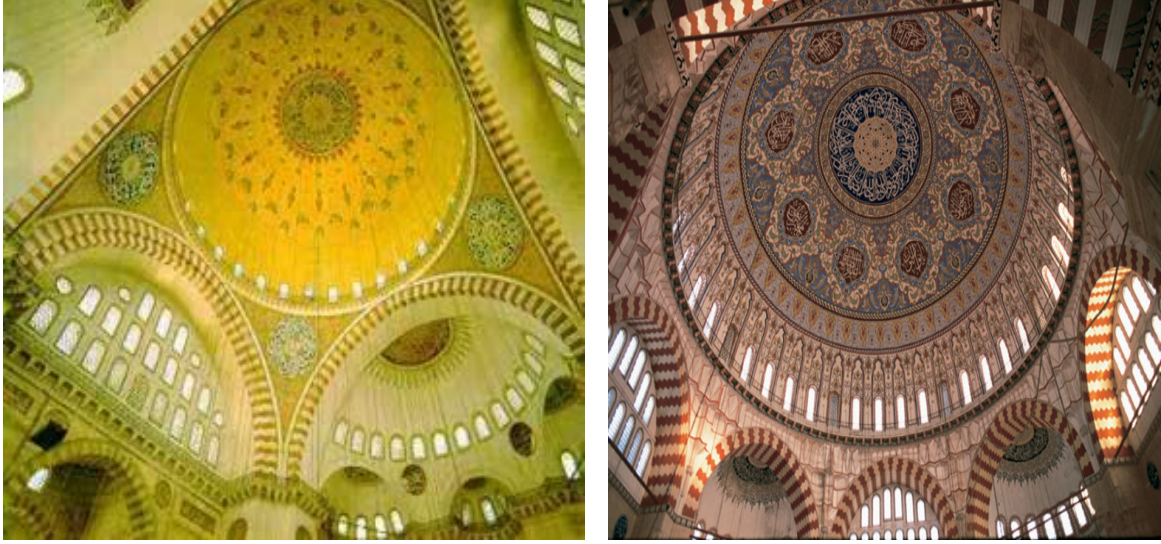
Şekil 4.7: Kabuk özelliği gösteren tonoz (Seleukeia Sidera Antik Kenti - Isparta – Türkiye)

(Foto: Osman ÇORUHLU)

4.1.5 Kubbeler

Kemerin simetri eksenini etrafında dönmesiyle oluşan kabuklardır. Kubbe yükü, kubbe ayakları ile mesnet yükünün düşey bileşenini kemerler, yanal bileşenleri ise kemer düzlemlerine dik doğrultudaki yarım kemerler ve gergilerle alınır [17].

Şekil 4.8 (a) Süleymaniye Cami (İstanbul) kubbesini göstermektedir. Burada kubbe dört kemer üzerine oturtulmuştur. Şekil 4.8 (b) Selimiye Cami (Edirne) kubbesini göstermektedir. Kubbe sekizgen kemer formu üzerine oturtulmuştur.



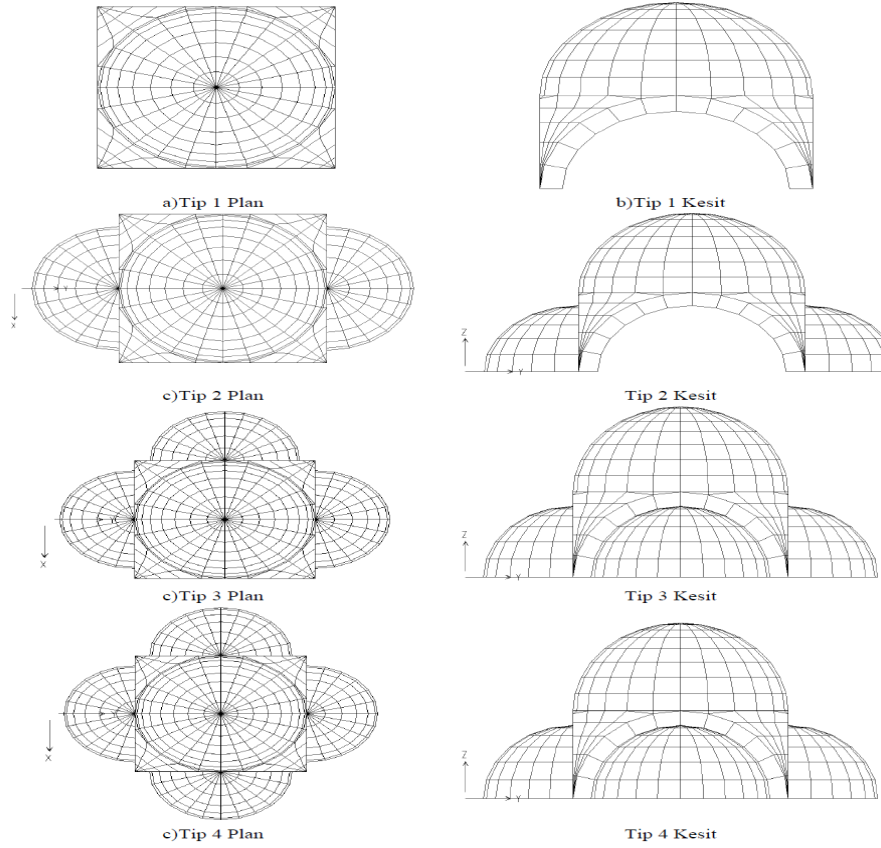
Şekil 4.8: (a) Süleymaniye Cami Kubbesi

(b) Selimiye Cami Kubbesi

Tarihi yapılarda kullanılan kubbeler, mekan örtüsünde tek olarak kullanıldıkları gibi mekan genişlemesine bağlı olarak yarım kubbelerin çeşitli kombinasyonlarıyla beraber de kullanılmışlardır. Geniş ve anlamlı mekan oluşturulmasında kullanılan, ağırlık ve kar yükleri gibi düşey kuvvetleri yüzeyi içinde taşıyan, pozitif Gauss eğrilikli kabuk sistemlerin en sık kullanılmış türünü oluşturan bu formun boyutlandırılmasının geçmişte, daha önceki örneklerle ve mühendislik sezgisine dayalı olarak yapıldığı bilinmektedir [18].

Pozitif Gauss-eğrilikli yüzeysel taşıyıcı olarak kubbe; sütun, lento ve kemer gibi sadece kendi düzlemindeki yükü aktarabilen yapı eleman ve strüktürlerinden tamamen farklıdır ve en az iki boyutlu bir teori yardımı ile incelenebilmektedir. Kubbe kalınlığının (h), kubbe yarıçapına (r) oranı; $h/r < 1/10$ ise, 19. yüzyılın son çeyreğinde geliştirilen ve halen geçerli olan iki boyutlu kabuk teorisi yardımıyla, yüklerin kubbeye oluşturduğu etkiler ve meydana getirdikleri iç kuvvetler, sayısal olarak elde edilebilmektedir[18].

Mekan genişlemesine bağlı olarak; ana kubbe, pendentif veya tromp, kemer ve yarım kubbelerin değişik kombinasyonlarında oluşan oldukça karmaşık, monolitik bir örtü sistemi olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Kubbe mekan örtü sistemleri [18]

4.1.6 Döşemeler

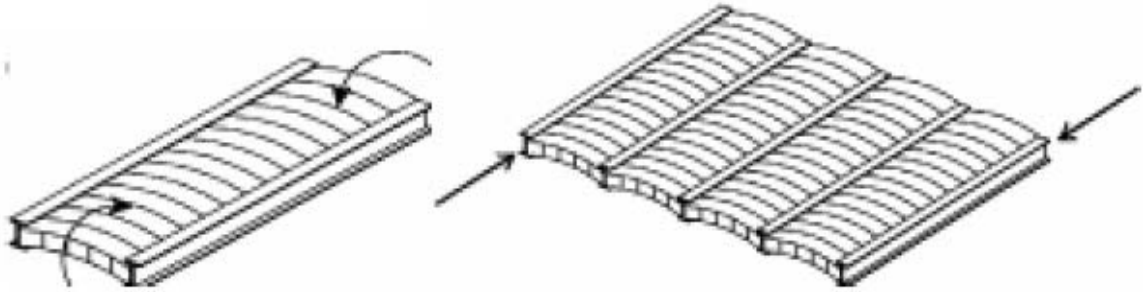
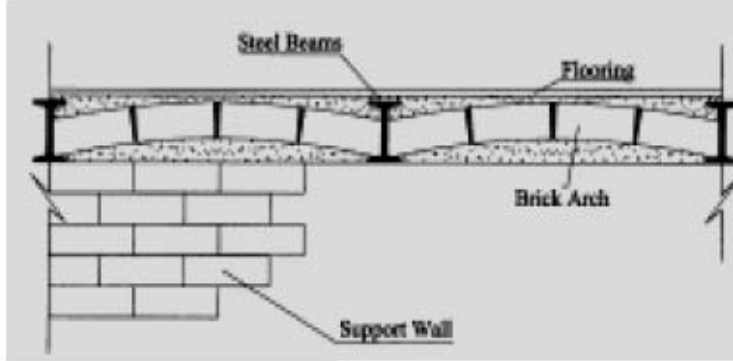
Malzemelerine göre ahşap ve kâgir döşeme olabilmektedir. Ahşap, adi volta ve volta döşemeler kullanılmıştır [17].

Yığma kâgir yapı duvarlarına oturan döşeme ve çatılar; ahşap aşık ve mertekli, ahşap kirişli, çelik kirişli (volta), prekast beton kirişli yada yerinde dökme betonarme döşeme olarak yapılır[1].

Kâgir duvarlar üzerine oturan ahşap kirişli döşemeler tek doğrultuda çalışır. Ahşap döşeme kirişleri kâgir duvar neminden korunmalı, hizmet süresince düşmemesi için duvara iyi bağlanmalı, herhangi bir nedenle yerinden oynadığında duvarı parçalamayacak şekilde dönebilmesi sağlanmalıdır[1].

Çelik I profil kirişler arasının tuğla tonozlarla örüldüğü volta döşeme, tek doğrultuda çalışan döşemelerdendir (Şekil 4.10). Düşey döşeme yüklerini tuğla tonoz kemerleri basınca çalışarak uzun doğrultudaki çelik kirişlere, kirişler de üzerine oturduğu duvarlara ya da kirişlere aktarır.

Yatay deprem yükleri altında çelik profiller kayabilir; tuğla kemerler, düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki eğilme ile zayıflayabilir; çelik kirişlerle tuğla arasında dinamik etkileşim olabilir ve sistem bir diyafram çalışması göstermeyebilir[1].



Şekil 4.10: Volta döşeme sistemleri [1]

I profil kiriş uçlarını dik kirişlerle bağlamak, ya da I kirişler arasında ızgara oluşturacak şekilde I profiller düzenlemek, geleneksel volta döşemelerin sismik dayanımını artırır. Tarihi yığma yapıların çatı ve döşemeleri tonoz ya da kubbe ile oluşturulmuştur. Bu eğrilikli yüzeyler, mesnetlerindeki itki kuvvetleri yeterli bir şekilde karşılanırsa, oldukça stabildir[1].

Diyafram Davranışı

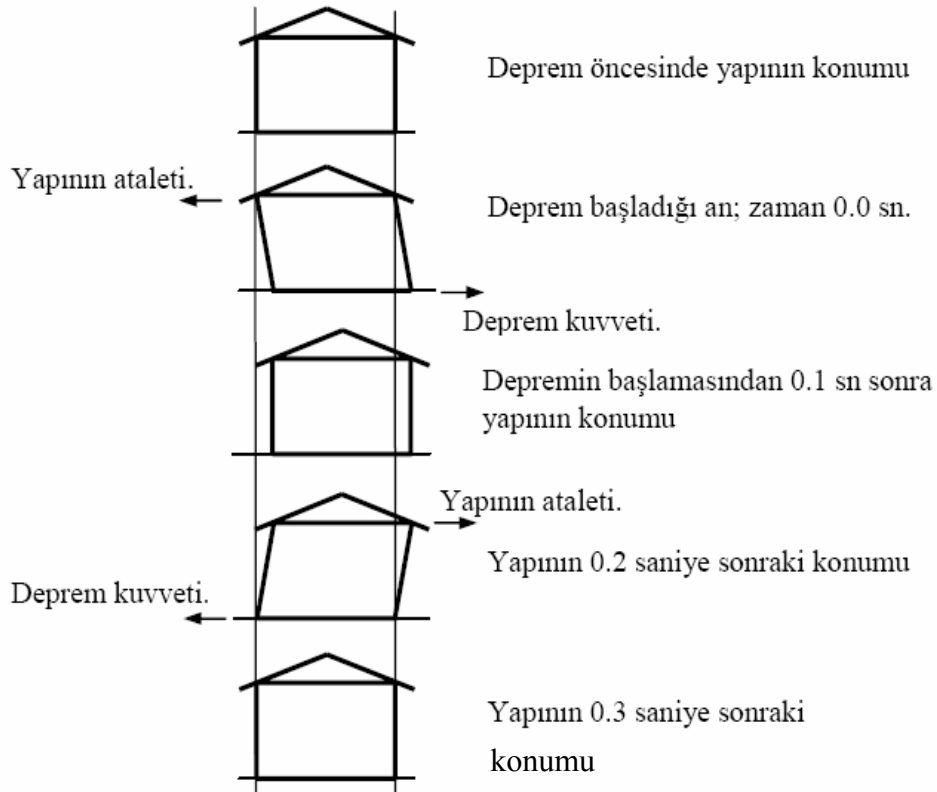
Deprem açısından birbirine dik duvarların birlikte çalışmasını sağlayacak diyafram davranışı gereği, kalın duvarlı ve ince duvarlı yığma kagir yapılar için farklıdır. Düzlemine dik kuvvetler etkisindeki kütleli, kalın duvarların yer değiştirmelerinin sınırlandırılması büyük hasarlara neden olabilir, çünkü duvarların düzlemi doğrultusundaki ve düzlemine dik hareketlere toleransı oldukça farklıdır. Kalın duvarların düzlemine dik kuvvetler etkisindeki yer değiştirmelerinin sınırlandırılması için gerekli kuvvetler, düzlemi doğrultusunda kuvvetler etkisindeki duvarların dayanımını aşabilir ve bu duvarlarda büyük hasarlara yol açabilir. Kalın duvarlı yapıların çatı ve döşemelerini düzenlerken amaç kuvvetleri dağıtmak değil, duvarları pekleştirici kuvvetler sağlamak olmalıdır [1].

İnce duvarlı kagir duvarlı yapıların sismik dayanımında çatı ve döşemelerin diyafram davranışı önemlidir. Diyafram sistemi, diyafram duvar uzunluğu boyunca sürekli yapılır ve duvara iyi tutturulursa duvarda düzlemi içindeki blok hareketlerini sınırlandırıcı sürekli bir eleman olarak davranabilir ve duvarların düzlemi doğrultusundaki kuvvetlere karşı performansını artırır[1].

4.2. TARİHİ YIĞMA YAPILARDAKİ HASAR NEDENLERİ

4.2.1 Depremler

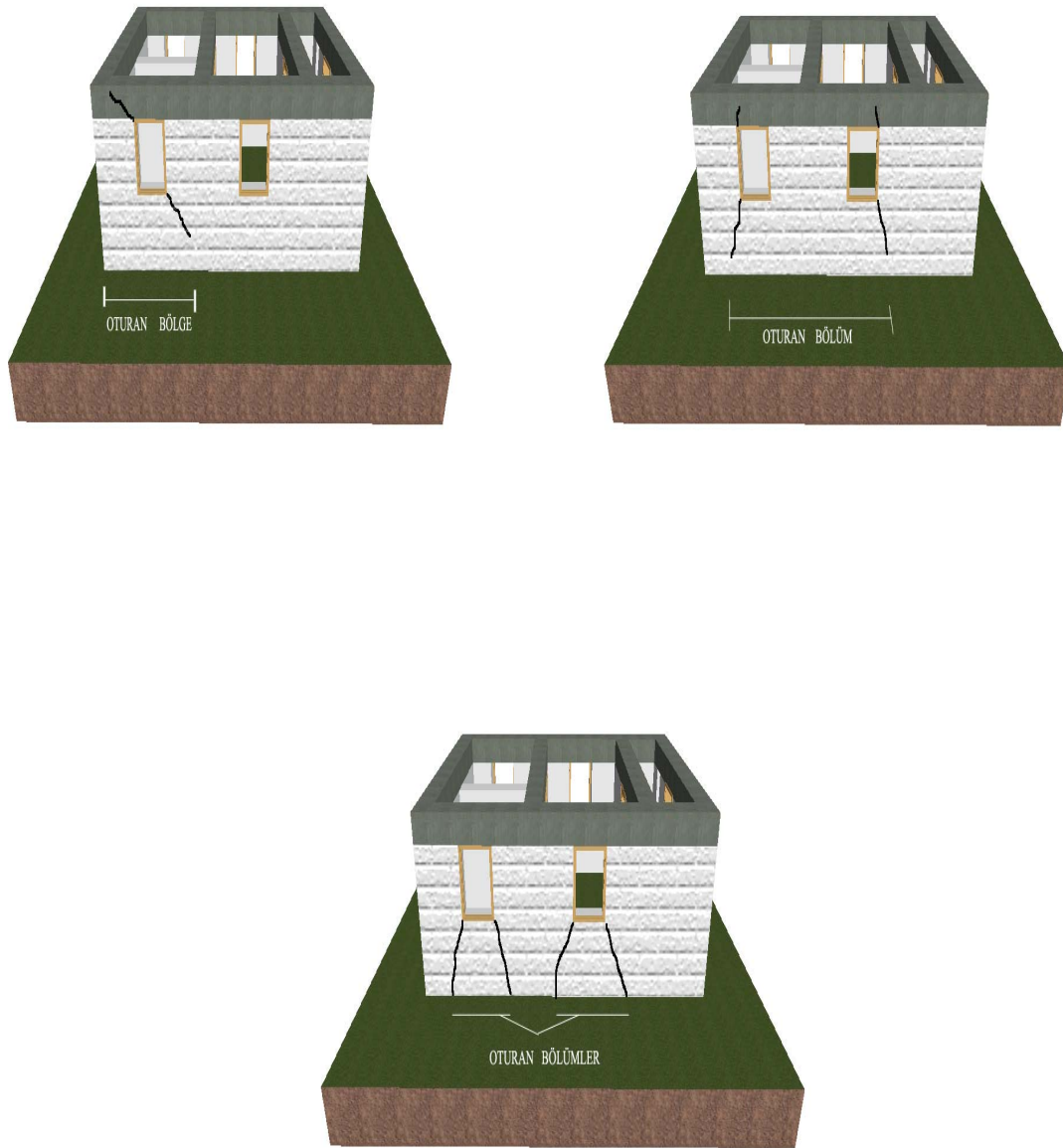
Yapıların depremde davranışları şematik olarak Şekil 4.11’de gösterildiği gibi olmaktadır. Zeminde olan hareket, binayı bir tarafa doğru çekmeye başlar. Ancak yapı ağırlığı ile bu harekete karşı koyarak yapının tekrar eski haline gelmesini ister. Bu şekilde yapı sağa sola sallanarak deprem sırasında oynar. Söz konusu gidip gelme hareketi sırasında oluşan atalet kuvvetleri ve deprem kuvvetleri yapıyı iki ucundan çekmeye başlarlar. Eğer yapıyı meydana getiren elemanlar arasında yeterli bir direnç varsa, yani yapı elemanlarının yapı parçalarını bir arada tutabilme gücü varsa, yapı çatlama dan durabilir. Eğer bu güç yoksa çatlaklar oluşmaya başlar. Deprem in devam etmesi ile bu çatlaklar genişler ve giderek yapının duvarlarının, parçalanıp dağılmasına ve katların birbiri üstüne çökmesine kadar varan yıkımlar olabilir [9].



Şekil 4.11: Deprem in yığma yapıya etkisi [9]

4.2.2 Zemin Kaynaklı Hasarlar

Oturmalar, ayrışmalar, kabarma ve şişme, parça kopması, çatlaklar ve kaymalar olarak özetlenebilir. Bu hasarları tetikleyen faktörler; yer altı suyunun alçalıp yükselmesi, yapıdaki yük sisteminin değişmesi, yapı çevresindeki kazılar ve etrafında bırakılan çukurlar, dinamik etkiler, titreşimler vb. dir[17].



Şekil 4.12: Zemin kaynaklı çatlak oluşumları

4.2.3 Yapı Malzemesinin Dayanımını Yitirmesi

Malzemenin iyi nitelikli olmaması, yapının bozulmasını hızlandırır. Taşın içeriğinde kil tabakasının bulunması hızlı aşınmaya yol açmaktadır [17]. Yapı bileşenlerinin dayanımları açısından uygun bir bağlayıcı malzeme ve teknikle birleştirilmeleri önemlidir. Kenet ve mil gibi kesme taş yapılarda blokları birleştirmek için kullanılan elemanların iyi izole edilmemeleri nedeniyle, derzlerden içeri giren su, demirden yapılmış bu malzemelerin paslanmasına neden olmaktadır.

4.2.4 Yanlış Kullanımdan Dolayı Aşırı ve Düzensiz Yükleme

Birçok tarihi yapıların günümüzde hala kullanımı devam etmektedir. Bunlar genellikle; müze, ibadethane, hastane, sosyal tesisler, sivil yapılar olarak kullanılmaktadır. İnsanların yoğun olarak kullandığı bu yapılarda oluşan düzensiz yükler ve hareket titreşimleri yığma yapıya zamanla hasar vermeye başlar. Taşıyıcı sistemin taşıma kapasitesinin üzerine çıkan durumlarda yapıda göçmeler görülebilir. Bu sebeple insanların yoğun kullanımında yapı kapasitesi göz önüne alınmalıdır (Şekil 4.13).



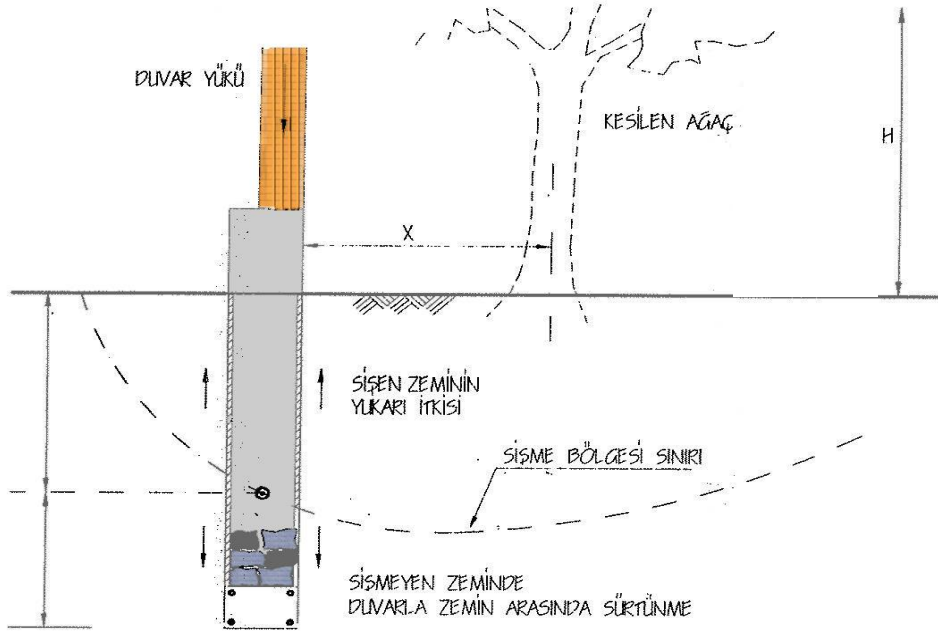
Şekil 4.13: Tarihi yapılardaki insan yoğunluğu (Kapalıçarşı-İstanbul-Türkiye)

(Foto: istenhaber.com)

4.2.5 Ağaç Köklerinin Neden Olduğu Temel Tahribatı

Yığma yapıda bir başka oturma nedeni yapı çevresindeki ağaçlar olabilir. Özellikle killi zeminlerde ve kavak ve söğüt gibi bazı cins ağaçlar kökleri ile topraktan özellikle kurak geçen yaz mevsiminde çok miktarda su çekerek zeminin sıkışmasına yol açar ve bu durum temellerde oturmalara neden olabilir. Eğer zeminin sıkışma potansiyeli yüksek ise, bu oturma yapı temelinde hasar yapan önemli boyutlarda olabilir[9].

Bazen ağaç kesildikten sonra zeminin su miktarının artması ile killi zeminin şişmesi sonucu temele Şekil 4.14 'deki gibi basınç gelebilir. Burada kritik olan ağacın yüksekliği (H) ile ağacın binaya olan uzaklığı (x) 'dir. Eğer ağacın binaya uzaklığı (x) > ağacın yüksekliği (H) olursa sorun yoktur. Eğer ağacın yapıya uzaklığı ağacın yüksekliğinin yarısından daha az ise ($x < 0.5 H$) ise ağacın cinsine göre derin temeller gerekebilir[9].



Şekil 4.14: Ağaçlardan kaynaklanan temel hasarı [9]

4.2.6 Yangınlar ve Sel Felaketleri

Tarihi yapılar bilinçsiz ya da bilinçli olarak yangın tehdidiyle karşı karşıya gelmektedir. Yangınlar kagir yapıları ahşap yapılara oranla daha az etkilese de yapının mimari özelliğini bozduğu gibi yangın sonucu oluşan yüksek ısı yapı malzemelerinin özelliklerini de bozup çatlaklara ve göçmelere sebep olmaktadır. Benzer şekilde sel felaketleri de tarihi yapıların hasarına sebep olmaktadır.

4.2.7 Savaşlar

Tarihi yapılara özellikle günümüz savaş araç ve gereçlerinin yıkım etkisinin artmasına da paralel olarak savaşlar büyük zarar vermektedir. Hatta bu zararlar tarihi yapının tamamen yok olmasına da sebebiyet vermektedir. Mostar Köprüsü'nün yıkılışı buna örnektir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Tarihi Mostar Köprüsü (Saraybosna-Bosna Hersek) (Foto: itusozluk.com)
(Foto: itusozluk.com)

4.2.8 Doğal Etkenler

Tarihi yapı elemanlarında yetişen bitkiler, (Şekil 4.16) kuşlar, böcekler, mikroorganizmalar zamanla tarihi kagir yapının zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu zarar yapı elemanının ilk olarak çatlamasına neden olur. Bu çatlaklardan zamanla kısmi göçmeler oluşabilir.



Şekil 4.16: Duvarlara Bitki Etkisi (İ.Ü. Beyazıt Kampüsü-İstanbul)

4.2.9 Hava Kirliliği ve Trafik

Atmosferi kirleten sanayi atıkları, ısınma sistemleri, kömürle çalışan vapurlar, motorlu taşıtlardan çıkan zararlı gazlar yapıların üzerinde kirli bir tabaka oluşturur. Havadaki karbondioksit, kükürt dioksit ve kükürt trioksit gazlarının yağmur suyunda erimesiyle taşları eriten asitler oluşur. Yüzeydeki bezemeler asidin aşındırıcı etkisiyle ayrıntılarını yitirmektedir. Az ıslanan cephelerde ise siyah, geçirimsiz bir tabaka oluşur. Biriken kurum mimari ayrıntıların algılanmasını engellemekte, kir tabakası altında kalan taşlar özelliklerini yitirerek erimektedirler [26] (Şekil 4.17 (a)).

Tarihi kentlerin insan ve at arabası trafiğine uygun olan sokak dokusunun kamyon ve benzeri ağır taşıt trafiğine açılması, bu yollar çevresindeki yapılarda titreşimler ve temellere yapılan baskı sonucu ortaya çıkan hasarlara neden olmaktadır (Şekil 4.17 (b)).



Şekil 4.17: (a) Hava kirliliği (Yeni Cami-İstanbul) (b) Trafik etkisi (Bozdoğan Kemerleri-İstanbul)

4.2.10 Definecilik

Özellikle ülkemize yapılan izinsiz ve bilinçsiz kazılar tarihi yapılara önemli ölçüde zarar vermektedir. Yapılan bu kazılar insanların tarihi yapı ve çevresinde bulunduğu inandığı defneyi bulup kısa yoldan zenginleşme arzusu yüzünden gerçekleşmektedir. Bu kazılar tarihi kâgir yapılarda geriye dönüşü mümkün olmayan zararlar vermektedir. O tarihi yapının temsil ettiği değerlerin bulunacak defneden daha kıymetli olduğu bilinci topluma verilmeli ve bunun önüne geçilmelidir.

4.2.11 Yanlış Restorasyon Uygulamaları

Tarihi yapıların bakım, onarım veya güçlendirilmesi farklı meslek gruplarının beraber çalışması zorunluluğunu getirir. Uygulama yapılacak tarihi eserin birçok yönden incelenmesi ve araştırılması gerekmektedir. Yapılan uygulama esnasında yapı malzemesinden farklı bir malzeme kullanılması yapı ile uyum sağlamayıp zamanla olumsuz etkilerini ortaya çıkaracaktır. Şekil 4.18’de de görülmekte olan Sivas Çifte Minareli Medrese restorasyonunda kullanılan farklı malzeme zamanla yapıda olumsuz etkiler ortaya çıkarmıştır.



4.18: Çifte Minareli Medrese’de yanlış restorasyon uygulaması (Sivas-Türkiye)

Bu yanlış uygulamalar duvarın homojenliğini olabildiğine bozmakta ve duvar içinde farklı davranışlar oluşmasına sebep vermektedir. Farklı malzemelerin dayanım farklılıkları taşıyıcı duvarın dayanımında da farklılıklar oluşmasına sebep verir. Çekme kuvvetlerinden ve kayma gerilmelerinden oluşacak etkiler birbiri ile uyumlu olmayan kısımlarda çatlaklar ve ayrılmalar oluşmasına sebep olacaktır.

5. YIĞMA YAPI ANALİZİNDEKİ YÖNTEMLER

Yığma yapıların analiz edilebilmesi için bugüne kadar çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bunları kısaca sıralayacak olursak:

- Doğrusal elastik sonlu elemanlar analizi,
- Limit bloklı analizi.
- Doğrusal olmayan elastik-plastik sonlu elemanlar yöntemi,
- Ayrık elemanlar yöntemi.

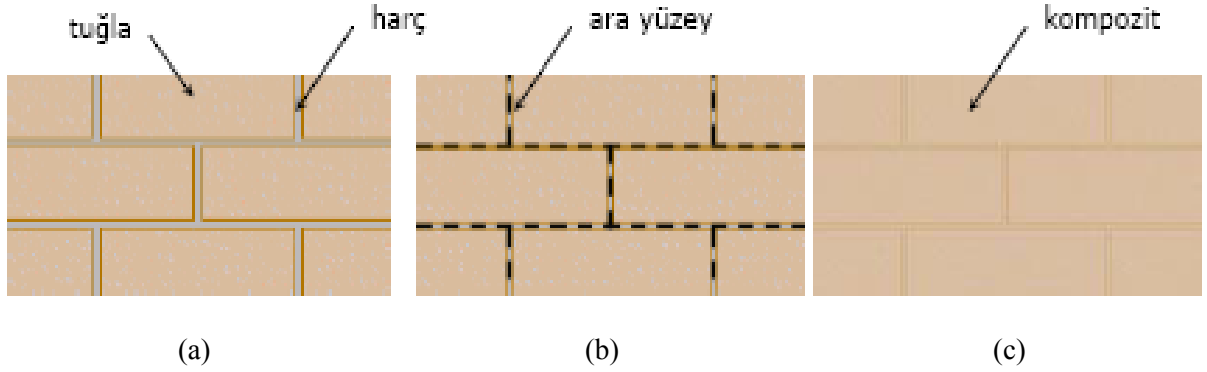
Doğrusal elastik sonlu elemanlar yöntemi ise çalışma yükleri (emniyetli yükler) altında yığma yapıda, kemerde oluşacak olan deformasyonları hesaplayabilmekle birlikte yapının göçme mekanizmasını ve yükünü verememektedir. Limit bloklı analizi, yığma yapıyı rijit blokların birleşiminden oluştuğunu kabul ederek yenilme yükünü ve mekanizmasını belirleyebilmektedir. Doğrusal olmayan elastik-plastik sonlu elemanlar yöntemi ise, hem yığma yapı sisteminin şekil değiştirmelerini hem de göçme mekanizması ile plastik bölgelerini hesaplayabilmektedir. Ancak, bu yöntemin en önemli dezavantajı süreksizlikler içeren yığma yapı sisteminin, sürekli ortam kabulleriyle çözülmeye çalışılmasıdır. Bu nedenle süreksizlikler içeren anizotropik yığma yapı sisteminin eşdeğer bir şekil değiştirme modülü ve dayanım parametreleri ile temsil edilmesi gerekir [12].

5.1. ANALİZDEKİ MODELLEME STRATEJİLERİ

Yığma yapıların sonlu elemanlar yöntemiyle gerçekleştirilen yapısal çözümlerinde taşıyıcı duvar elemanlarının modellenmesi son derece önemlidir. Özellikle doğrusal olmayan çözümlerde bilinmeyen sayısının fazla olması ve büyük boyutlardaki sistem rijitlik matrisi çözüm süresini artırmaktadır. Büyük yığma sistemlerin çözümündeki bu sorun için Lourenço [34] homojenleştirme tekniğini önermiştir. Homojenleştirme kullanılarak tuğla ve harçtan meydana gelen duvar elemanı için tek bir malzeme özelliği elde edilebilmektedir. Yığma yapıların nümerik analizlerinde kullanılan malzeme modelleri ve modelleme stratejileri, betonarme yapılara göre oldukça farklı olabilmektedir. Aşağıda yığma sistemin büyüklüğüne göre 3 farklı modelleme stratejisi sunulmaktadır.(Şekil 5.1) Bu modelleme stratejilerine Lourenço [34] çalışmasında geniş yer vermektedir. Bu stratejiler;

- Detaylı mikro modelleme
- Basitleştirilmiş mikro modelleme
- Makro modelleme

Detaylı mikro modellemede yığma duvarı meydana getiren yapı taşlarının (Tuğla birim ve harcın) ayrı ayrı her birinin mekanik özellikleri yani Elastisite Modülleri, Poisson oranları ve elastik olmayan özellikleri dikkate alınmaktadır. Bu yaklaşımda çatlaklar yığma birim ve harcın arasındaki ara yüzeylerde meydana geleceği varsayılmaktadır. Basitleştirilmiş mikro modellemede, bir harç ve iki yığma birim-harç ara yüzeyinden oluşmakta olan her bağlantı noktasında kütle yoğunlaştırması yapılmış ve ortalama ara yüzey olarak kabul edilerek yığmada meydana gelebilecek çatlakların ortalama ara yüzey çizgisinde meydana gelebileceği kabul edilmiştir. Burada harcın Poisson oranı dikkate alınmadığından, bulgular detaylı mikro modellemeye göre biraz farklıdır [34]. Fakat bu fark ihmal edilebilecek kadar azdır. Makro modellemede ise yığma birim ve harcın özellikleri homojenleştirme işlemine tabii tutularak yığma duvar kompozit malzeme olarak düşünülmüştür. Bu modelin mekaniksel özellikleri de homojenleştirme işlemi sonucunda elde edilen değerlerdir. Homojenleştirme teknikleri bu çalışmanın kapsamında yer almamaktadır. Bu modelleme stratejisi ile ilgili detaylı bilgiler; Lourenço [35] yayınlarında verilmektedir. Burada anlatılan tekniklerden her biri farklı durumlarda tercih edilmektedir. Genellikle büyük sistemler için makro modeller tercih edilmektedir. Yapılan analizler neticesinde ortaya çıkan kritik bölgeler için ayrıca mikro modeller kullanılabilir [16].



Şekil 5.1: Yığma duvarlardaki modelleme teknikleri a) Detaylı mikro modelleme, b) Basitleştirilmiş mikro modelleme, c) Makro modelleme (Lourenço, 1996). [16]

5.2. ANALİZDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

- Geometrik boyutlarla ilgili veri eksikliği,
- Büyük kesit boyutlarına sahip yapı elemanlarının iç bölümlerinin malzeme özellikleri,
- Yapı malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesindeki güçlükler,
- Ayrıntılı laboratuvar analizlerinin yüksek maliyeti,
- Yapım tekniğinden ve doğal malzeme kullanımından kaynaklanan veri çeşitliliği,
- Yapım süresinin uzun olmasından aynı elemanın değişebilen malzeme özellikleri,
- Yapım sürecinin ve sırasının tam olarak bilinmemesi,
- Yapıdaki mevcut hasarın neden olduğu stabilitenin ve dayanım sürekliliğinin saptanamaması,
- Çağdaş yapı malzemesi, yapısal analiz, tasarım ve yük şartnamelerinin uygulanamaması

5.3. YAPI MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

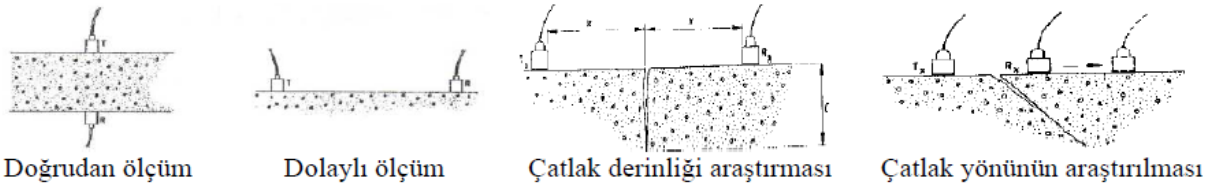
Tarihi yapıyı oluşturan malzemelerin genelde basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük olduğundan, deprem kuvvetlerinden veya zemin kaynaklı etkilerden oluşan çekme gerilmelerini, gevrek davranış nedeniyle karşılayamazlar. Bu nedenle, sütun, kubbe, tonoz, ayak, duvar gibi taşıyıcı elemanlarda çatlaklar ve hasarlar oluşur. Sıcaklık değişimi, nem, yağış, donma-çözülme gibi olaylar, çevre kirliliğinin neden olduğu sülfat ve klorür içeren eriyiklerin yıpratıcı etkileri, amaç dışı ve bilinçsiz kullanım, gelişigüzel onarımlarla yapıya ciddi zararlar verilmekte, yapının ömrü azalmaktadır. Tarihi yapılarda basınç gerilmesinin, taş ve tuğla ile harç arasındaki kayma gerilmesinin, elastisite modülünün ve malzeme kalitesinin belirlenmesi için sertlik, ultra ses, flatjack vb. tahribatsız deney yöntemlerinden, bunun yanında radyoaktif metotlar, infrared tomografi, yerinde kayma deneyi ve yapıdan numune alınması gibi metotlardan da yararlanılır [26].

5.3.1 Sertlik Ölçümü

Sertliğin belirlenmesi için geri sıçramanın ölçülmesi prensibine dayanan N tipi veya P tipi Schmit çekicinden yararlanılır. N tipinde, bir bilye, P tipinde ise bir pandül, arkasında bulunan yay yardımı ile yüzeye fırlatılır. Bilye veya pandül taş cismin yüzeyine çarpıp geri sıçrar, geri sıçrama ne kadar büyükse sertlik o kadar yüksektir [17].

5.3.2 Ultrases Ölçümü

Ultrases deney tekniğinde, ses dalgaları cisme tam temas eden piezoelektrik transduser ile gönderilir ve aynı özellikteki aletle alınır. Alıcı ve verici probalar arasındaki ses dalgalarının iletim süresi ve hızı zaman ölçer devre ile ölçülür. Cismin yoğunluğu düşük ise ve/veya bünyesinde çatlaklar varsa ses dalgalarının yayılımı ve dolayısıyla ses geçiş hızı düşük olur. Bu deneyin en büyük avantajı, bir numunede birçok defa tekrarlanabilir olması, donma-çözülme, ıslanma, kuruma veya çeşitli agresif solüsyonlarla yapılan deneylerde mukavemetin değişiminin tayin edilebilir olmasıdır. Süre ne kadar az ise boşluk da az ve malzeme de o kadar kalitelidir (Şekil 5.2, 5.3) [26].



Şekil 5.2: Doğrudan-dolaylı Ölçüm [17]

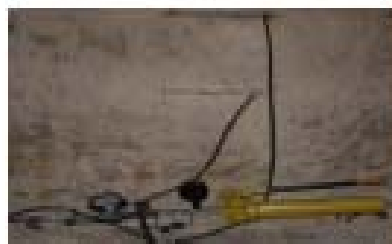
Şekil 5.3: Çatlak derinliği ve yönünün araştırılması [17]

5.3.3 Yerinde Basınç Deneyi

Yığma yapılarda ASTM C 1196-92 [36] 'ye uygun olarak yapılır. Bu deneyde, elemana uygulanan kuvvetin ve boy değişiminin ölçülmesini sağlayan flatjack deney düzeneğinden yararlanır. Basınç uygulayan kompresör ve basınç ölçer, basınç kuvvetini yüzeye uygulamaya yarayan plaklar, deplasmanı ölçmeye yarayan komparatör ve pimlerden oluşmaktadır (Şekil 5.4, 5.5). Deneyden gerilme ve şekil değiştirmeler, elastisite modülü ve ölçüm yapılan bölgedeki gerilme seviyesi belirlenir. Bu gerilme seviyesi, şekil değiştirmenin başlangıçtaki değerine ulaştığı gerilme seviyesi olarak kabul edilir [17].



Şekil 5.4: Tek plaklı çözüm [17]



Şekil 5.5: Çift plaklı çözüm [17]

5.3.4 Yerinde Kayma Deneyi

Yığma yapıdaki kayma dayanımının ASTM C 1531-03 [32] 'e uygun olarak belirlendiği deney seti, kuvvet uygulayan kompresör, kuvvet ölçer ve deplasmanı tespit eden transduser'den oluşmaktadır (Şekil 5.6). Bölgenin iki tarafı açılır, bir taraftan yatay kuvvet uygulanır, diğer tarafa yerleştirilen transduserin yer değiştirmeyi kaydettiği andaki kayma gerilmesi, yapıdaki kayma dayanımı olarak tespit edilir.



Şekil 5.6: Yerinde kayma deneyi [17]

6. YIĞMA YAPILARIN DAVRANIŞI

6.1. YIĞMA YAPILARIN DİNAMİK DAVRANIŞI

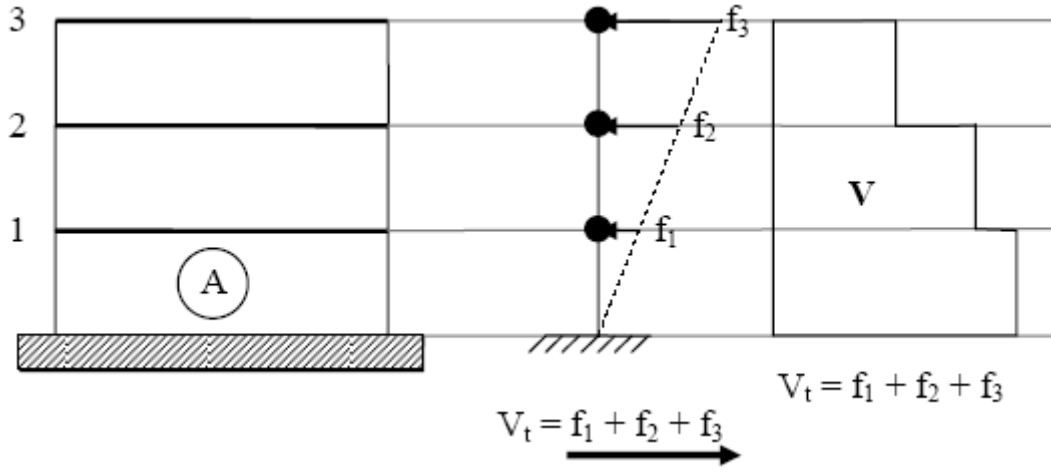
Yığma yapıların dinamik etkiler karşısında gösterdiği mekanik özellikleri, günümüz yapı elemanları beton ve çeliğin mekanik özelliklerinden oldukça karmaşıktır. Her şeyden önce yığma yapının bu mekanik özelliklerini etkileyen çok faktör vardır. Yapıların dinamik özellikleri; periyotları, mod şekilleri ve sönüm oranlarıdır. Yığma yapılar çok rijit yapılar olduğu için doğal titreşim periyotları genellikle çok küçüktür.(0.05– 0.20 saniye civarında). Bir yapının periyodu; kat yüksekliği, eni, boyu ve dolu duvar oranı ile ilgilidir. Yüksek yapıların periyodu uzun olur. Eni ve boyu büyük yapıların ise periyotları kısa olur. Deprem esnasında yapıda hasar meydana gelir ve çatlama olursa periyodu uzar. Yapı rijitliği arttıkça periyodu kısalmaktadır. Örneğin betonarme çerçeve yapıların periyodu, yığma yapıların periyodundan uzundur. Betonarme perde yapıların ise periyodu kısadır. Betonarme yapılarda periyot ile kat adedi arasında yaklaşık olarak denklem (6.1) de gösterilen bir ilişkinin olduğu kabul edilir:

$$T=(0.1-0.07)N \quad (6.1)$$

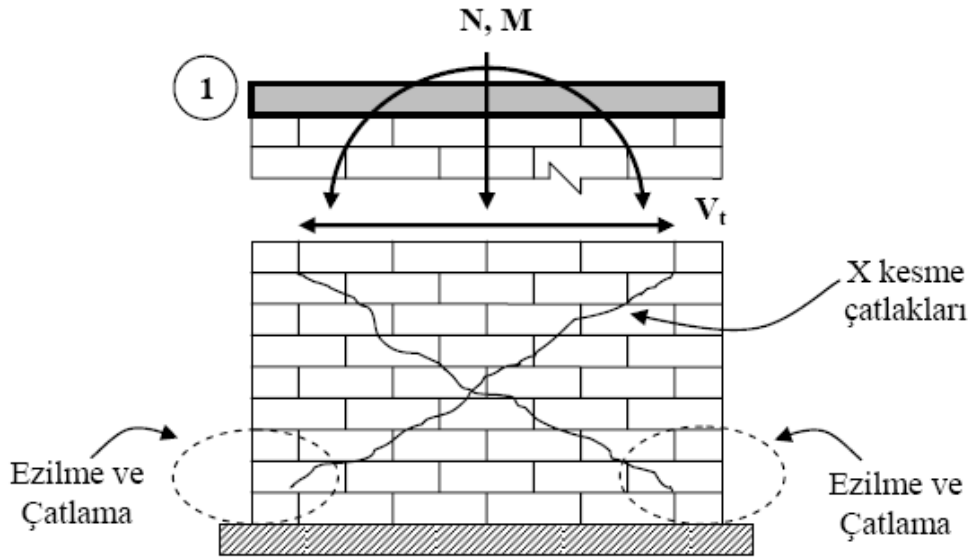
burada N kat adedidir. Mesela 20 katlı betonarme bir yapının periyodu 1.6-2.0 saniye civarında olur. Betonarme yapıların periyotları çok sayıda ölçüm ile saptanabilmesine karşın yığma yapılar için sınırlı sayıda ölçüm yapılabilmektedir. Bu ölçümlere dayanarak formül (6.2)'dekine benzer şekilde şöyle bir formül verilebilir [24].

$$T=(0.035) N \quad (6.2)$$

Ancak sınırlı sayıda deney için bulunan bu kabul yapılırken çok dikkatli olunmalıdır. Ülkemizde yığma yapılar yönetmeliklere göre en çok 4 katlı yapılabildiği için yığma yapı periyotlarının 0.05-0.20 saniye arasında değişebileceği görülmektedir. Bu değerlerde yığma yapıların rijit yapılar olduğunu göstermektedir. Sağlam zeminlerde kısa periyotlu yapılara büyük ivmelerin geldiği, yumuşak zeminlerde ise uzun periyotlu yapılara büyük ivmelerin geldiği görülmektedir. Yığma yapılar kısa periyotlu yapılar olduğundan depremde büyük ivmelerin gelmesini önlemek için yumuşak zeminlere yapılması daha uygun olacaktır. Gerçektende birçok depremde sağlam zemin üzerindeki yığma yapıların daha çok hasar



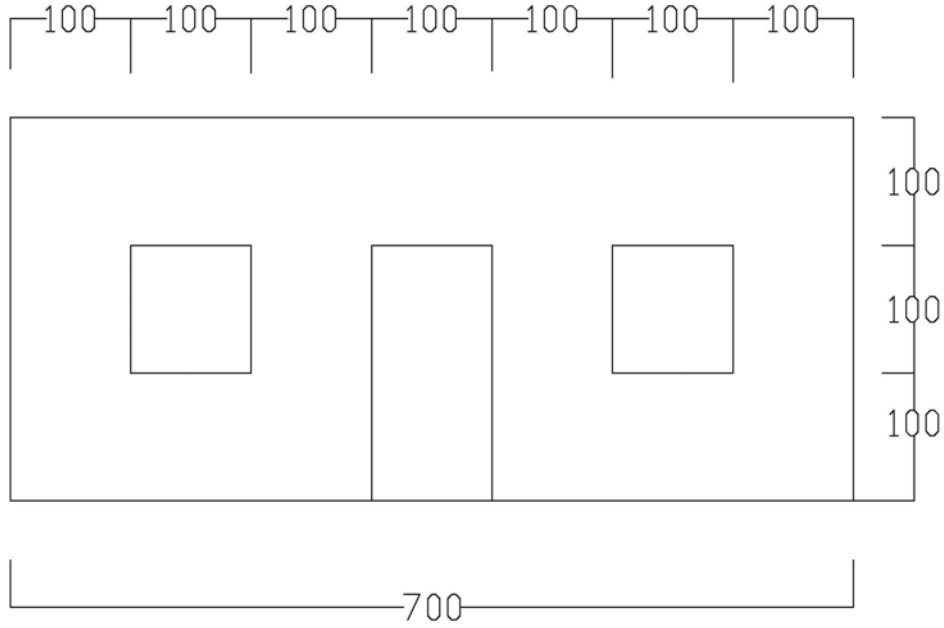
Şekil 6.2: A duvarı üzerinde oluşan deprem kuvvetleri ve kesme kuvvet diyagramı [28]



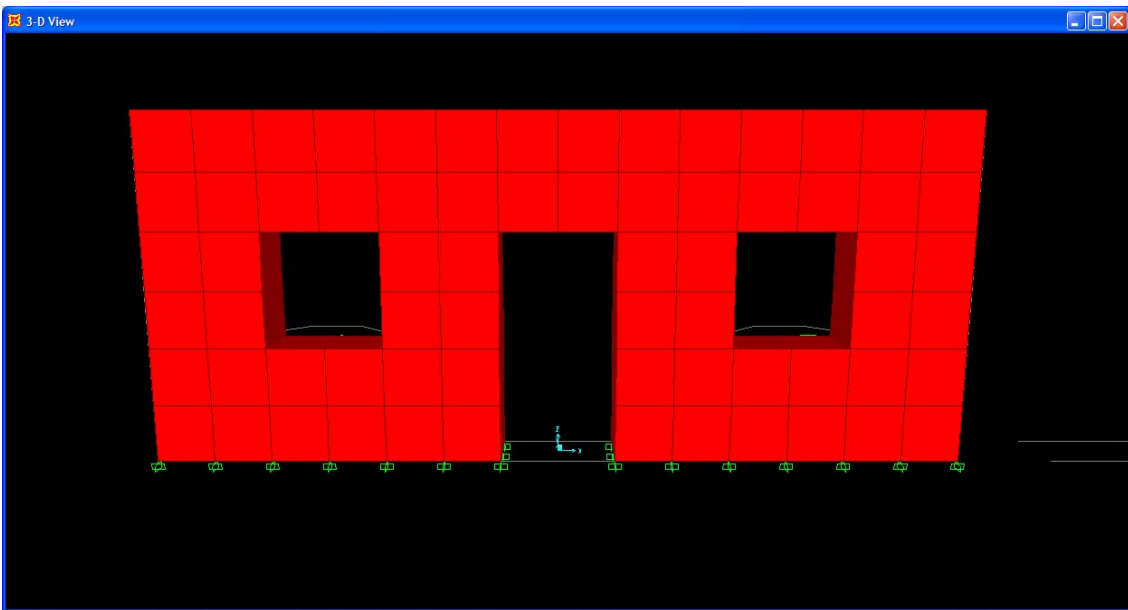
Şekil 6.3: Düzlem içi deprem zorlamaları ve etkileri [28]

6.2. YIĞMA DUVAR BİLGİSAYAR UYGULAMASI

Bu çalışma kapsamında sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplama yapan SAP2000 [33] programında tipik bir yığma duvarın çeşitli yükler altında davranışı incelenmiştir. Şekil 6.4 de ölçüleri verilmiş yığma duvar SAP2000 programında modellenmiştir (Şekil 6.5). Duvar kalınlığı 50 cm olup çizimdeki birimler cm dir. Sap2000 programı işaret notasyonu ek-5 te verilmiştir.

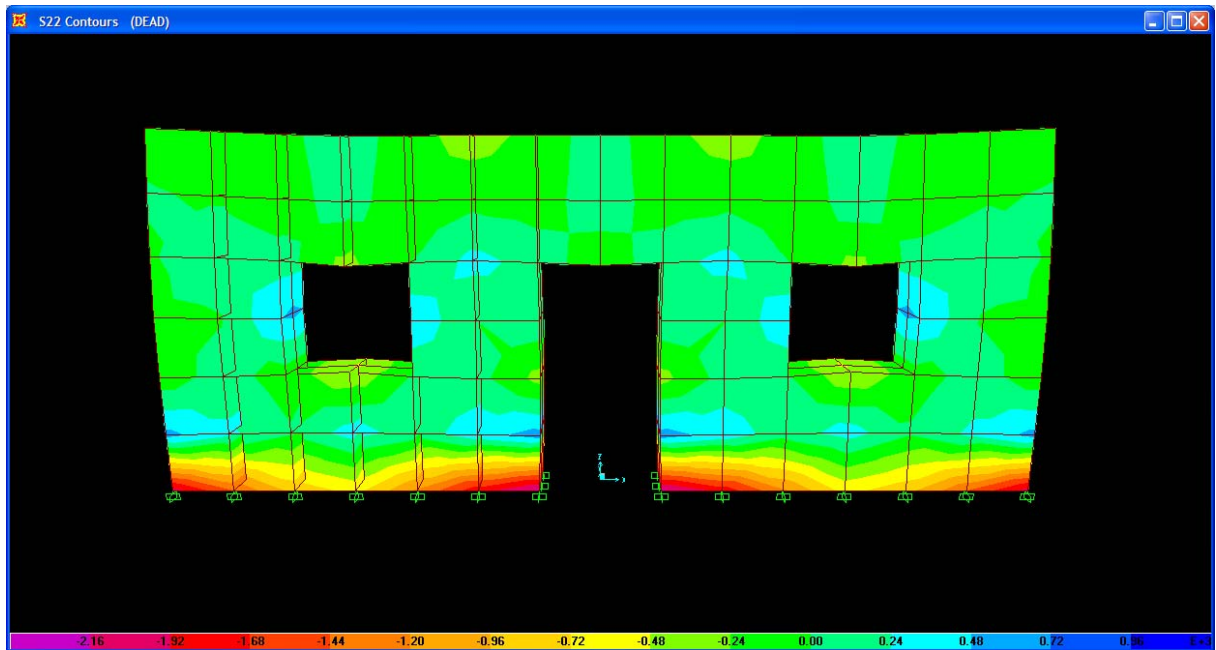


Şekil 6.4: Modellenen yığma duvar ölçüleri (Birimler cm dir.)



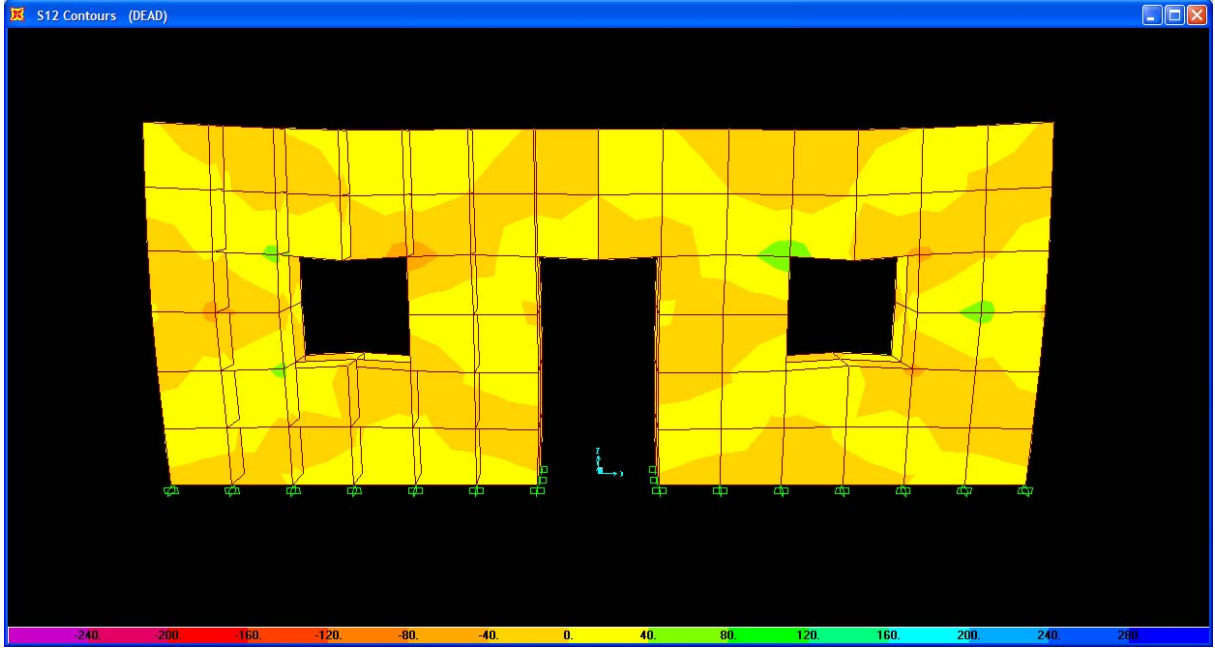
Şekil 6.5: Yığma duvarın bilgisayar modeli (x-z görünümü)

Yığma duvar alt kısımlarından ankastre, diğer yüzeyleri serbest olarak modellenmiştir. Solid modelin malzeme özellikleri; özgül ağırlık 27 kN/m^3 , duvar elastisite modülü 4000 MPa (4000000 kN/m^2), basınç dayanımı 20 MPa (20000 kN/m^2), poisson oranı $0,3$ olarak alınmıştır. Aynı modele iki tip yükleme yapılmıştır. İlk yüklemde 100 kN luk bir yayılı yük - z yönünde modele düzenlenmiştir. İkinci yüklem olarak - z yönünde 100 kN yüke ilaveten duvar ağırlığı duvar tepesine yanal olarak düzenlenmiştir. Bundaki amaç deprem yükü azaltma katsayısını $1,0$ alarak duvar ağırlığını eşdeğer deprem yükü olarak modele uygulamaktır. Modellemede basit makro modelleme tekniği kullanılmıştır.



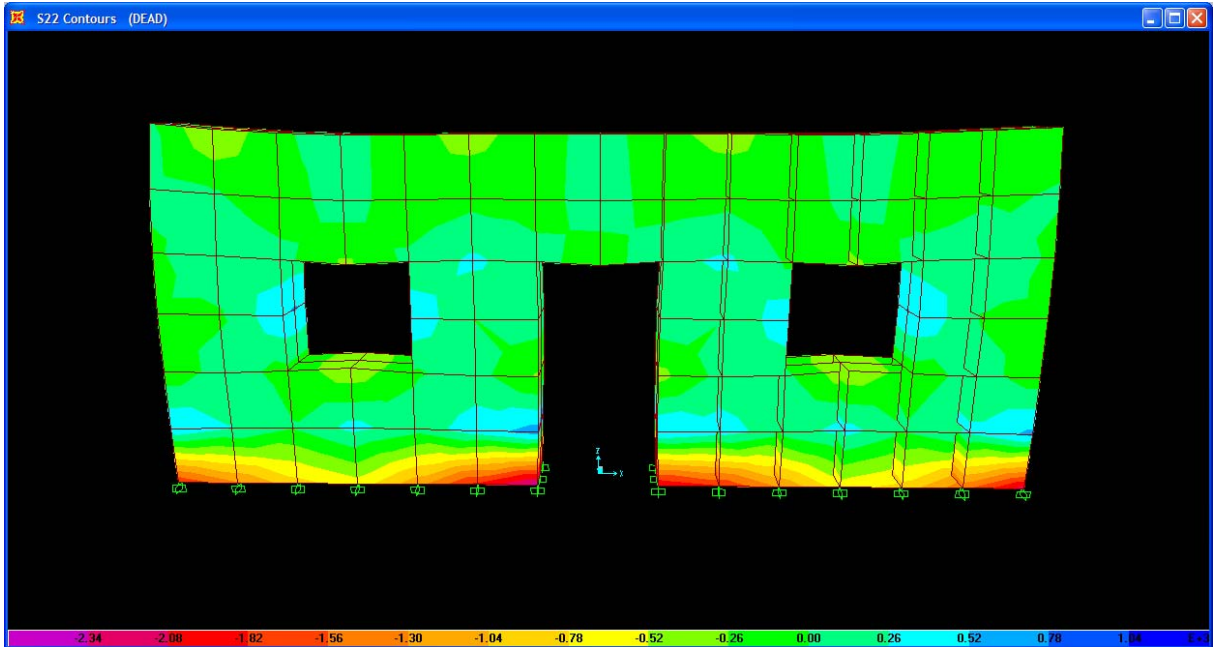
Şekil 6.6: İlk yüklem tipi S22 gerilmeleri

Şekil 6.6 da ilk yüklem tipinin S22 gerilmeleri görülmektedir. S22 gerilmeleri görünümünde negatif değerler basınç gerilmesini pozitif değerler çekme gerilmesini göstermektedir. Duvarın tabanında basınç gerilmelerinin oluştuğu görülmüştür.



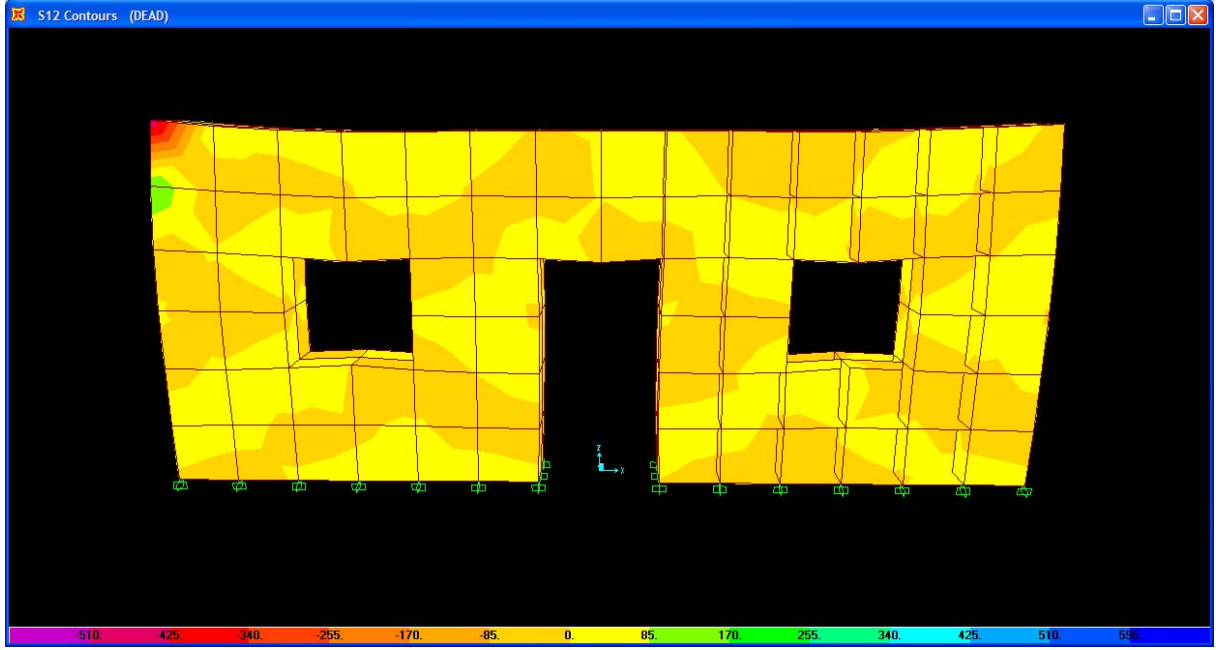
Şekil 6.7: İlk yükleme tipi S12 gerilmeleri

Şekil 6.7 de S12 gerilmeleri görülmektedir. S12 gerilmeleri ilk yükleme için kayma gerilmelerini vermektedir. Genel olarak düşey yükten çok düşük çapraz gerilmeler oluştuğu gözlemlenmiştir.



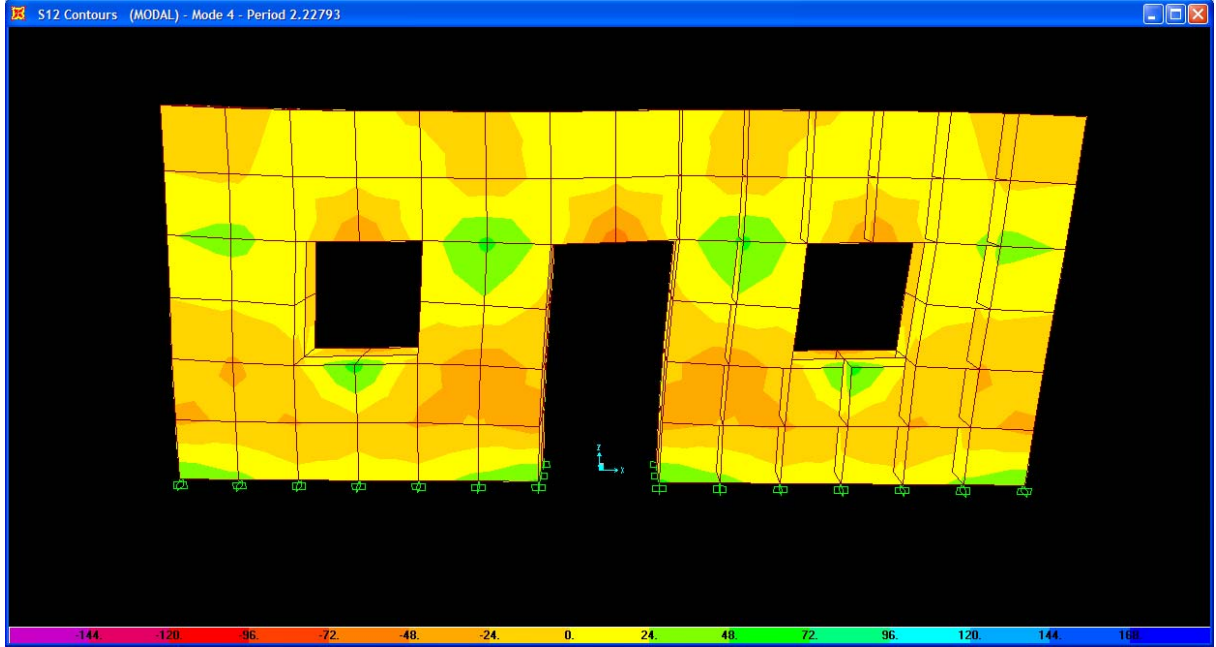
Şekil 6.8: İkinci yükleme tipi S22 gerilmeleri

Şekil 6.8 de ikinci yükleme S22 gerilmeleri görülmektedir. Duvar tabanında basınç gerilmelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6.9: İkinci yükleme tipi S12 gerilmeleri

Şekil 6.9 da ikinci yükleme tipi S12 gerilmeleri görülmektedir. Çapraz kayma gerilmelerinin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 6.10: İkinci yükleme tipi S12 gerilmesi 4. mod şekli

Şekil 6.10 da ikinci yükleme tipi S12 gerilmesi 4. mod şekli görülmektedir. Yığma duvar depremde uzun boyunda dayanım göstereceği için o etkiyi veren gerilmelerin duvar tabanında ve pencere, kapı boşlukları çevresinde çekme gerilmesi oluştuğunu görülmektedir.

Analizler sonucu pencere ve kapı boşluklarında yer değiştirmenin daha fazla olduğu görülmüştür. Pencere ve kapı boşluklarının köşelerinde ilk çekme gerilmelerinin oluşacağı ve açılmaların buralardan başlayacağı sonucuna varılabilir. Bu bölgelere çekme elemanlarının yerleştirilmesi uygun bir çözüm olabilir.

Sonlu elemanlar yöntemini kullanan programlar modellemelerde homojenleştirme tekniği kullanılır. Yığma yapı duvarları homojen olmadığından çoğu yapı için bu oluşan gerilmeler anlamsızlaşır. Karmaşık yapıya sahip yığma yapılarda en önemli etkilerden biri de harç- tuğla (taş vb.) etkileşimidir. Homojenleştirme tekniğinde bu etki görülmez. Çok büyük geometriye sahip yapılarda mikro modelleme yapma teknik olarak mümkün olamamaktadır. Daha küçük modellerde mikro modelleme genel olarak yığma yapı duvarının davranışı hakkında fikir verebilir. Fakat yapım ve işçilik etkisi ile aynı duvarda bile farklı ocaklardan getirilen taşların ya da aynı ocakta ama farklı oluşum koşullarında oluşmuş taşların kullanılması yığma yapı duvarında heterojen bir yapı oluşmasına neden olur.

7. YIĞMA YAPI ANALİZİ VE HESAP ESASLARI

Bu bölümdeki bütün denklem ve hesaplama yöntemleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar İçin Yönetmelik - 2007' de yığma yapıların hesap esasları bölümünden alınmıştır.

7.1. DÜŞEY GERİLMELERİN HESABI

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

7.1.1 Döşeme ve Hatıllardan Gelen Yüklerin Hesaplanması

- Döşeme Yükleri

Döşemeye gelen sabit yükler ve hareketli yük katılım katsayı (n) ile çarpılmış hareketli yüklerden döşeme yükü hesaplanır. (8.1.1. de örnek uygulama yapılmıştır.)

Döşemeden hatılların 1 m sine gelen yük: [30]

$$\frac{q \cdot l_k}{2} \quad (7.1)$$

q: döşeme yükleri (8.1.1. de örnek uygulama gösterilmiştir.)

l_k: döşeme kısa kenar uzunluğu

- Hatıl Yükleri

Hatıl genişliği ile hesaplanıp duvarın 1 m sine gelen yük: $h_g \cdot h_y \cdot h_{ba}$ (7.2)

h_g: hatıl genişliği h_y: hatıl yüksekliği h_{ba}: hatıl birim hacim ağırlığı

7.1.2 Duvar Yüklerinin Hesaplanması

Bulunan bu yükler : duvar uzunluğu + varsa pencere veya kapı açıklığı boyunun yarısı ile çarpılarak duvara gelen toplam yükler bulunacaktır.

7.1.3 Duvar Ağırlığının Hesaplanması

Duvarın hacmi ile birim hacim ağırlığının çarpılması sonucu duvarın ağırlığı hesaplanır. Duvar yüksekliği olarak hatıl altından yükseklik alınır. Pencere altındaki parapet duvarının ağırlığının yarısı komşu duvara diğer yarısı da diğer komşu duvara eklenir.

7.1.4 Duvarda Oluşan Basınç Gerilmelerinin Hesaplanması

Duvara gelen yükler ile duvar ağırlığı toplandıktan sonra duvarın alta gelen en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan basınç gerilmesi bulunur. Bu en kesite duvar kalınlığı ve duvarın uzunluğu çarpılarak ulaşılır. Pencere altındaki parapet (kısa) duvar en kesit alanları eklenmeyerek daha güvenli durum oluşturulmalıdır. Bu basınç gerilmeleri duvar basınç emniyet gerilmesinden küçük olmalıdır.

7.2. KAYMA GERİLMELERİN HESABI

7.2.1 Kayma Rijitliklerinin Hesaplanması

İlk olarak (denklem 7.3) den duvarların kayma rijitliği hesaplanmaktadır. Bu kayma rijitliği hem X yönünde hem de Y yönünde hesaplanmaktadır. X yönündeki kayma rijitliği D_x , Y yönündeki ise D_y olarak adlandırılmaktadır. Burada duvar taban alanı belirlenirken dolu duvar parçası alınmaktadır. Yani pencere altındaki parapet duvarlar ve kapı boşlukları hesaba katılmamaktadır. Duvarın en kesiti dikdörtgen ise $k = 1.0$, duvarın uç elemanı varsa veya duvarın ucunda duvara dik doğrultuda bir diş ya da payanda duvar varsa $k = 1.2$ alınmaktadır.

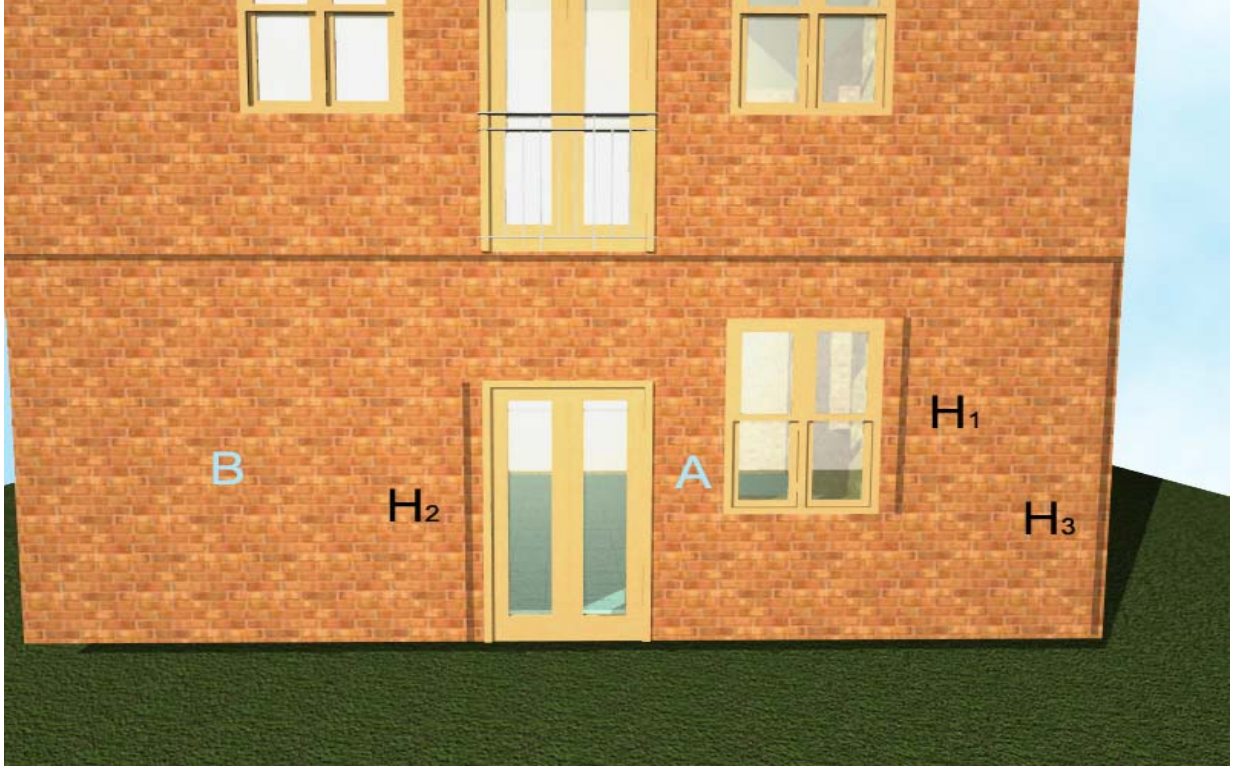
$$D = \frac{k \cdot A}{H} \quad (7.3)$$

A : Dolu duvar taban alanı H : Etkili duvar yüksekliği

k : rijitlik katsayısı D : kayma rijitliği

H : Dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanıdır. Yani bir duvar parçasının yanında pencere ya da kapı boşluğu varsa bunların yüksekliklerinden daha küçük olanı H değeri olarak alınmaktadır. Dolu duvar parçasının yanında kapı ya da pencere yoksa yani duvar yapı köşesinde ise duvar yüksekliği H değeri olarak alınmaktadır. Yanal yüklerde duvarın en zayıf noktaları bu bölgeler olduğu için duvar bu noktalardan kırılmaktadır. (Şekil 7.1). Şekilde, A duvarı için $H_1 < H_2$ olduğundan H_2 değeri H alınır. B duvarı için $H_2 < H_3$ olduğundan H_2 değeri H olarak alınır.

A ve H değerlerinin aynı birimden olmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 7.1: Yanal yüklerde kırılma eksenini ve etkili duvar yüksekliği

7.2.2 Kayma Rijitlik ve Kütle Merkezinin Hesaplanması

Duvarların kayma rijitlikleri bulunduğundan sonra duvarların belirlenen orijin noktasına göre dik uzaklığı ile çarpılıp, toplam o yöndeki rijitliğe bölüdüğü zaman o yöndeki rijitlik merkezi bulunmuş olur. Bu çalışmada orijin noktası yapı planında sol üst noktası alınmıştır.

$$X-X \text{ yönü rijitlik merkezinin yeri : } Y_o = \left[\sum (Y_i \cdot D_{xi}) \right] / \left(\sum_{i=1}^n D_x \right) \quad (7.4)$$

$$Y-Y \text{ yönü rijitlik merkezinin yer : } X_o = \left[\sum (X_i \cdot D_{yi}) \right] / \left(\sum_{i=1}^n D_y \right) \quad (7.5)$$

$$X-X \text{ yönü kütle merkezinin yeri : } Y_k = \left[\sum (Y_i \cdot G_{xi}) \right] / \left(\sum_{i=1}^n G_x \right) \quad (7.6)$$

$$Y-Y \text{ yönü kütle merkezinin yeri : } X_k = \left[\sum (X_i \cdot G_{yi}) \right] / \left(\sum_{i=1}^n G_y \right) \quad (7.7)$$

7.2.3 Katın Toplam Rijitliğinin Hesaplanması

Orjin noktasına göre yapının toplam rijitliği : akslardaki duvarların rijitliğinin, duvarın orjin noktasına olan dik uzaklığının karesi ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Orjin noktasına göre bulunan yapı rijitliğini önceden bulunan rijitlik merkezine çekmek için : rijitlik merkezinin orjine dik uzaklığının karesiyle o yöndeki toplam rijitliğin çarpılması sonucu elde edilen değer orjin noktasındaki toplam rijitlikten çıkarılması işlemleri yapılmaktadır.

- Katın Orjine Göre Toplam Rijitliği

$$I_{oy} = \sum (X^2 \cdot Dy) \quad (7.8)$$

$$I_{ox} = \sum (Y^2 \cdot Dx) \quad (7.9)$$

- Katın Orjine Göre Bulunan Toplam Rijitliğinin Rijitlik Merkezine Çekilmesi

$$I_{Rmy} = I_{oy} - (X_o^2 \cdot \sum Dy) \quad (7.10)$$

$$I_{Rmx} = I_{ox} - (Y_o^2 \cdot \sum Dx) \quad (7.11)$$

$$I_{Rm} = I_{Rmx} + I_{Rmy} \quad (7.12)$$

7.2.4 Eşdeğer Deprem Yükünün Hesaplanması

Deprem hareketinden dolayı yapıya gelen gelen yükler eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanmaktadır.

Eşdeğer deprem yükü için gerekli parametreler :

- etkin yer ivmesi (A_o)
- bina önem katsayısı (I)
- spectrum katsayısı [$S(T_1)$] (Yığma yapılar için 2,5 alınacak-TDY-2007)
- deprem yükü azaltma katsayısı [$R_a(T_1)$] (Yığma yapılar için 2 alınacak-TDY-2007)

Deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) V_t ; denklem 7.13 daki parametreler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$V_t = \frac{S(T_1) \cdot I \cdot A_o \cdot W_t}{Ra(T_1)} \geq 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W_t \quad (7.13)$$

W_t : toplam bina ağırlığı (döşeme+hatıl+duvar ağırlığı)

Bulunan toplam taban kesme kuvveti her kata dağıtılmalıdır. Kata gelen deprem yükü denklem 7.14 belirtilen parametreler kullanılarak hesaplanmaktadır. $S(T_1)$ ve $Ra(T_1)$ değerleri yönetmelik gereği sabit değerler alındığından bulunan taban kesme kuvveti yapının her iki yönü içinde kullanılacaktır.

Yapı tepe noktasına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü: (TDY-2007)

N kat adeti olmak üzere;

$$\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t$$

Deprem kuvvetinin katlara dağıtılması (TDY-2007)

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot H_j} \quad (7.14)$$

F_i : i'inci kata gelen deprem yükü W_i : i'inci katın ağırlığı

H_i : i'inci katın yerden olan yüksekliği

- Depremden Dolayı Oluşan Kesme Kuvvetinin Bulunması

Deprem yönü doğrultusunda bulunan herhangi bir duvara gelen toplam kesme kuvveti, o duvarın rijitliğinin o yöndeki toplam rijitliğe oranına çarpılması ile duvara gelen kesme kuvvetini bulunur. Katlara gelen toplam kesme kuvvetleri o kattaki duvarların rijitliklerinin oranında dağılır. X yönündeki duvarlar depremin X yönünde etkimesi durumunda etkilidirler. Y yönündeki duvarlar depremin Y yönünde etkimesi durumunda etkilidirler.

$$X \text{ yönündeki bir duvara gelen kesme kuvveti} = V_i \cdot (D_x / \sum D_x) \quad (7.15)$$

$$Y \text{ yönündeki bir duvara gelen kesme kuvveti} = V_i \cdot (D_y / \sum D_y) \quad (7.16)$$

Kata depremden dolayı gelen toplam kesme kuvveti Q_i ; kata depremden dolayı gelen kesme kuvveti V_i ile katın üzerinde bulunan katların V_i değerleri toplanarak bulunur.

7.2.5 Burulma Momentinin Hesaplanması

Duvarlara gelen kesme kuvveti, kat kesme kuvveti yanında kat burulma momenti de göz önüne alınarak binanın birbirine dik her iki eksenini doğrultusunda hesaplanmaktadır. Burulma momentlerinin hesaplanmasında kullanılacak hesap eksantirisite değerlerine deprem yönetmeliği gereği o yöndeki kat boyutunun %5'i eklenmektedir.

- Eksantirisitenin Hesaplanması

$$e_x = |RM_x - KM_x| + 0,05 \cdot L_x \quad (7.18)$$

$$e_y = |RM_y - KM_y| + 0,05 \cdot L_y \quad (7.19)$$

RM : rijitlik merkezi KM : kütle merkezi L : bina uzunluğu

Hesap eksantirisite değerlerinin bulunmasının amacı rijitlik merkeziyle kütle merkezinin çakışmamasından dolayı deprem etkisiyle bina da oluşacak burulma momentlerini hesaplamaktır. Duvarlara gelen kesme kuvveti, kat kesme kuvveti yanında kat burulma momenti de göz önüne alınarak binanın birbirine dik her iki eksenini doğrultusunda hesaplanmaktadır. Yönetmelikte $\pm 0,05$ ek dışmerkezlik yapıda düzensizlik bulunması halinde uygulanacağı belirtilmiştir. Bu çalışmada düzensizlik bulunmayan yapılarda da ek dışmerkezlik uygulanmıştır.

- Burulma Momentinin Hesaplanması

Hesap eksantirisite değerleri belirlendikten sonra o katlara gelen toplam kesme kuvvetleriyle çarpılarak oluşacak burulma momentleri hesaplanmaktadır. Bu momentler deprem yönün doğrultusuna göre her iki yönde etkiletilmektedir. Katlara depremden dolayı etkiyen burulma momentleri denklem 7.20' e göre hesaplanmaktadır.

$$M_b = Q_i \cdot e \quad (7.20)$$

M_b = burulma momenti e : eksantirisite

Q_i = kata deprem dolayısı ile gelen toplam kesme kuvveti

Bu burulma momenti depremin X yönünde ve Y yönünde etkimesi durumlarına göre ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

- Burulma Momentinden Dolayı Duvara Gelen Kesme Kuvveti

Burulma momentinden dolayı duvarlarda bir kesme kuvveti denklemler (7.21) ve (7.22) 'ye göre hesaplanmaktadır.

$$X \text{ yönündeki duvara burulmadan gelen kesme kuvveti} = \frac{M_{bx} \cdot D_x \cdot Y}{I_{RM}} \quad (7.21)$$

$$Y \text{ yönündeki duvara burulmadan gelen kesme kuvveti} = \frac{M_{by} \cdot D_y \cdot X}{I_{RM}} \quad (7.22)$$

M_{bx} : x yönü burulma momenti D_x : x yönü duvar rijitliği

M_{by} : y yönü burulma momenti D_y : y yönü duvar rijitliği

X: x yönü duvarın ağırlık merkezinin rijitlik merkezine dik uzaklığı

Y: y yönü duvarın ağırlık merkezinin rijitlik merkezine dik uzaklığı

7.2.6 Toplam Kesme Kuvveti ve Kayma Gerilmelerinin Hesaplanması

Duvara gelen toplam kesme kuvveti depremden dolayı duvara gelen kesme kuvveti ile burulmadan dolayı duvara gelen kesme kuvvetinin toplamıdır.

Duvara gelen toplam kesme kuvveti duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmeleri hesaplanmaktadır. Duvar en kesit alanı olarak dolu duvar parçasının en kesit alanı alınacaktır. Yani pencere altı parapet duvarlar hesaba katılmamaktadır.

- Duvar Kayma Emniyet Gerilmesinin Hesabı

Duvar kayma emniyet gerilmeleri denklem 7.23 den hesaplanmaktadır.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu \cdot \sigma \quad (7.23)$$

τ_{em} : kayma emniyet gerilmesi

τ_o : duvar çatlama gerilmesi

μ : sürtünme katsayısı

σ : duvar düşey gerilmesi (döşeme + hatıl + duvar ağırlık)

Bulunan kayma gerilmesinin kayma emniyet gerilmesinden küçük olması gerekir.

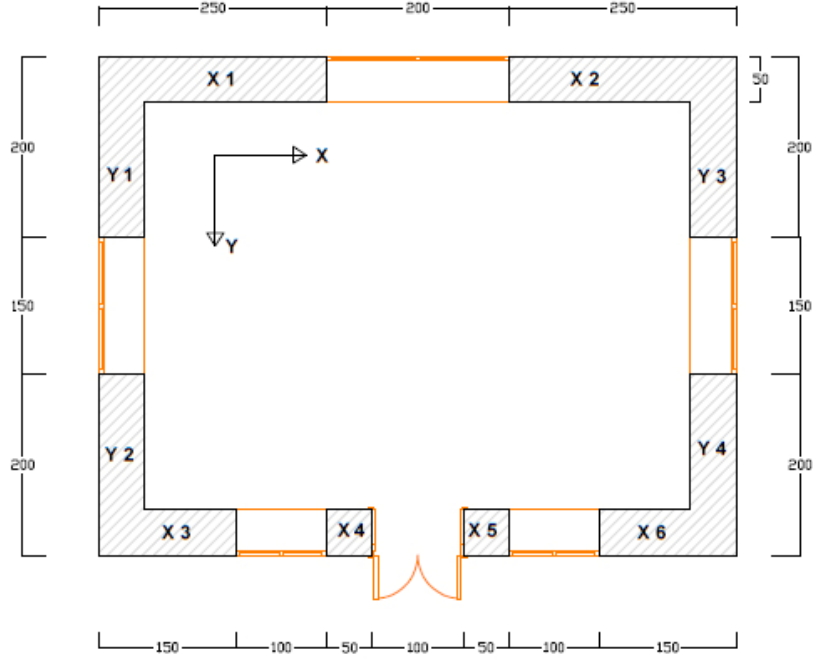
8. NÜMERİK YÖNTEM DOĞRULAMA

8.1. NÜMERİK YÖNTEM İLE EL HESABI

Kullanılan yığma bina analizindeki nümerik yöntemin doğrulanması için el hesapları ile hazırlanan EXCEL programı sonuçları, aşağıda geometrik özellikleri ve malzeme özellikleri belirtilen örnekte karşılaştırılmıştır. Örnek binadaki pencere altı ve üstünde bulunan parapet duvarların (kısa duvar) yükseklikleri eşittir ve katlar simetrikler.



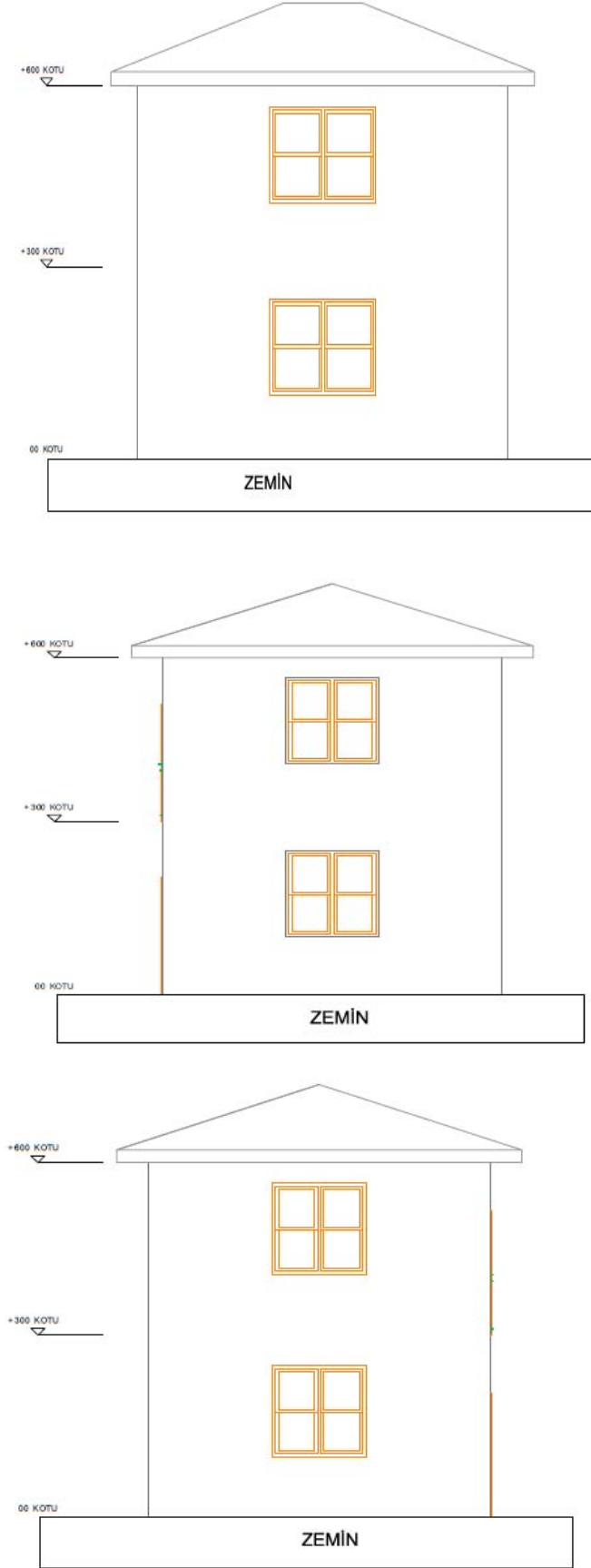
Şekil 8.1: Örnek bina görünümü



Şekil 8.2: Örnek bina kat planları (Katlar simetrik birimler cm dir.)



Şekil 8.3: Örnek bina ön görünümü (Birimler cm dir.)



Şekil 8.4: Örnek binada sırasıyla arka,sağ ve sol görünümler

Binada betonarme plak döşeme kullanılmış ve bina duvarlarının dolu tuğladan yığma olarak düzenlenmiştir.

Nümerik işlemlerde aşağıdaki malzeme ve yapı özellikleri kullanılmıştır.

Döşeme kalınlığı	: 0,15	m
Döşeme birim hacim ağırlığı	: 25	kN/ m ³
Çatı ve kiremit örtüsü özağırlığı	: 10	kN/ m ²
Hareketli yük (q)	: 2	kN/ m ² [30]
Hareketli yük katılım katsayısı (n)	: 0,3	(TDY-2007 – Konutlar için)
Döşeme kaplaması birim hacim ağırlığı	: 22	kN/ m ³
Döşeme özağırlığı (0.15 x 25)	: 3,75	kN/ m ²
Döşeme kaplaması özağırlığı (0.05 x 22)	: 1,10	kN/ m ²
Duvar birim hacim ağırlığı	: 15	kN/ m ³
Duvar serbest basınç dayanımı	: 10000	kN/ m ²
Duvar basınç emniyet gerilmesi	: 2500	kN/ m ²
Duvar çatlama emniyet gerilmesi	: 150	kN/m ² (TDY-2007)
Sürtünme katsayısı (μ)	: 0,5	(TDY-2007)
Ao	: 0,40	(TDY-2007)
Bina önem katsayısı (I)	: 1,4	(TDY-2007)
Spektrum katsayısı S(T ₁)	: 2,5	(TDY-2007)
Deprem yükü azaltma katsayısı Ra(T ₁)	: 2	(TDY-2007)

Bina 2 katlı olup kat planları simetriktir. Her 2 katta da betonarme plak döşeme bulunmaktadır. Bu çalışmada zemin kat 1.kat, 1. kat 2.kat olarak adlandırılmıştır. Çatı ve kiremit örtüsü 2.katın döşemesine oturmaktadır. Binada herhangi bir malzemedan hatıl bulunmamaktadır. Binanın her katında kat planının sol üst noktası orjin olarak kabul edilmiştir.

8.1.1 Basınç Gerilmelerinin Kontrolü

Döşeme Yüklerinin Belirlenmesi

Döşeme özağırlığı	:	3,75	kN/ m ²
Çatı ve kiremit örtüsü özağırlığı	:	10	kN/ m ² (Sadece 2.kat için kullanılmıştır)
Döşeme kaplaması özağırlığı	:	1,10	kN/ m ²
Hareketli yük etkisi (n x q)	:	0,6	kN/ m ²
Toplam	:	15,45	kN/ m ²

Duvarın 1 metresine döşemeden gelen yük

lk : döşeme kısa kenarı

q: döşemeden gelen yük

$$\frac{q \cdot lk}{2} = (15,45 \times 5,5) / 2 = 42,487 \quad \text{kN/ m (2. kat için kullanılmıştır.)} \quad [30]$$

$$\frac{q \cdot lk}{2} = (5,45 \times 5,5) / 2 = 14,987 \quad \text{kN/ m (1. kat için kullanılmıştır.)} \quad [30]$$

2. kat X yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	42,4875 x (2,5 + 1) =	148,706	kN
Duvar ağırlığı	:	2,5 x 0,5 x 3 x 15 =	56,25	kN
Parapet (kısa duvar) ağırlığı	:	0,5 x 1 x 1,5 x 15 =	11,25	kN
Toplam yük		=	216,206	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 216,206 / (0,5 \times 2,5) = 172,965 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat X yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	$42,4875 \times (2,5 + 1) = 148,706$	kN
Duvar ağırlığı	:	$2,5 \times 0,5 \times 3 \times 15 = 56,25$	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 1 \times 1,5 \times 15 = 11,25$</u>	<u>kN</u>
Toplam yük		$= 216,206$	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 216,206 / (0,5 \times 2,5) = 172,965 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat X yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	$42,4875 \times (1,5 + 0,5) = 84,975$	kN
Duvar ağırlığı	:	$1,5 \times 0,5 \times 3 \times 15 = 33,75$	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 0,5 \times 1,5 \times 15 = 5,625$</u>	<u>kN</u>
Toplam yük		$= 124,35$	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 124,35 / (0,5 \times 1,5) = 165,8 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat X yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	$42,4875 \times (0,5 + 1) = 63,731$	kN
Duvar ağırlığı	:	$0,5 \times 0,5 \times 3 \times 15 = 11,25$	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 1 \times 1,5 \times 15 = 11,25$</u>	<u>kN</u>
Toplam yük		$= 86,231$	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 86,231 / (0,5 \times 0,5) = 344,925 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat X yönü 5 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	$42,4875 \times (0,5 + 1) = 63,731$	kN
Duvar ağırlığı	:	$0,5 \times 0,5 \times 3 \times 15 = 11,25$	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 1 \times 1,5 \times 15 = 11,25$</u>	<u>kN</u>
Toplam yük		$= 86,231$	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 86,231 / (0,5 \times 0,5) = 344,925 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat X yönü 6 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	$42,4875 \times (1,5 + 0,5)$	=	84,975	kN
Duvar ağırlığı	:	$1,5 \times 0,5 \times 3 \times 15$	=	33,75	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 0,5 \times 1,5 \times 15$</u>	=	<u>5,625</u>	<u>kN</u>
Toplam yük			=	124,35	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 124,35 / (0,5 \times 1,5) = 165,8 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat Y yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

Duvara gelen yük	:	$42,4875 \times (2 + 0,75)$	=	116,840	kN
Duvar ağırlığı	:	$2 \times 0,5 \times 3 \times 15$	=	45	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 0,75 \times 1,5 \times 15$</u>	=	<u>8,437</u>	<u>kN</u>
Toplam yük			=	170,277	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 170,277 / (0,5 \times 2) = 170,277 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

Y yönü için kalan 3 duvar da 1 nolu duvarla benzerdir.

1. kat X yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük			=	216,206	kN
Duvara gelen yük	:	$14,9875 \times (2,5 + 1)$	=	52,456	kN
Duvar ağırlığı	:	$2,5 \times 0,5 \times 3 \times 15$	=	56,25	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	<u>$0,5 \times 1 \times 1,5 \times 15$</u>	=	<u>11,25</u>	<u>kN</u>
Toplam yük			=	336,162	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 336,162 / (0,5 \times 2,5) = 268,93 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1. kat X yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük	=	216,206	kN
Duvara gelen yük	:	$14,9875 \times (2,5 + 1)$	= 52,456 kN
Duvar ağırlığı	:	$2,5 \times 0,5 \times 3 \times 15$	= 56,25 kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	$0,5 \times 1 \times 1,5 \times 15$	= 11,25 kN
Toplam yük	=	336,162	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 336,162 / (0,5 \times 2,5) = 268,93 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1. kat X yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük	=	124,35	kN
Duvara gelen yük	:	$14,9375 \times (1,5 + 0,5)$	= 29,975 kN
Duvar ağırlığı	:	$1,5 \times 0,5 \times 3 \times 15$	= 33,75 kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	$0,5 \times 0,5 \times 1,5 \times 15$	= 5,625 kN
Toplam yük	=	193,7	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 193,7 / (0,5 \times 1,5) = 258,266 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1. kat X yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük	=	86,231	kN
Duvara gelen yük	:	$14,9875 \times (0,5 + 1)$	= 22,481 kN
Duvar ağırlığı	:	$0,5 \times 0,5 \times 3 \times 15$	= 11,25 kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	:	$0,5 \times 1 \times 1,5 \times 15$	= 11,25 kN
Toplam yük	=	131,212	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 131,212 / (0,5 \times 0,5) = 524,85 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1. kat X yönü 5 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük	=	86,231	kN
Duvara gelen yük	: 14,9875 x (0,5 + 1) =	22,481	kN
Duvar ağırlığı	: 0,5 x 0,5 x 3 x 15 =	11,25	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	<u>: 0,5 x 1 x 1,5 x 15 =</u>	<u>11,25</u>	<u>kN</u>
Toplam yük	=	131,212	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 131,212 / (0,5 \times 0,5) = 524,85 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1. kat X yönü 6 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük	=	124,35	kN
Duvara gelen yük	: 14,9375 x (1,5 + 0,5) =	29,975	kN
Duvar ağırlığı	: 1,5 x 0,5 x 3 x 15 =	33,75	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	<u>: 0,5 x 0,5 x 1,5 x 15 =</u>	<u>5,625</u>	<u>kN</u>
Toplam yük	=	193,7	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 193,7 / (0,5 \times 1,5) = 258,266 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1. kat Y yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

Üst kattan gelen yük	=	170,278	kN
Duvara gelen yük	: 14,9875 x (2 + 0,75) =	41,215	kN
Duvar ağırlığı	: 2 x 0,5 x 3 x 15 =	45	kN
<u>Parapet (kısa duvar) ağırlığı</u>	<u>: 0,5 x 0,75 x 1,5 x 15 =</u>	<u>8,437</u>	<u>kN</u>
Toplam yük	=	264,93	kN

$$\text{Basınç gerilmesi} = 264,93 / (0,5 \times 2) = 264,93 \text{ kN/m}^2 < 2500 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

Y yönü için kalan 3 duvar da 1 nolu duvarla benzerdir.

Örnek yapı bilgilerini EXCEL formatında hazırlanmış programa girildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. El hesapları ile bilgisayar program sonuçlarının aynı olduğu görülmüştür.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

1. KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	216,206	1,25	172,965	2500	√
2 NOLU DUVAR	216,206	1,25	172,965	2500	√
3 NOLU DUVAR	124,35	0,75	165,8	2500	√
4 NOLU DUVAR	86,231	0,25	344,925	2500	√
5 NOLU DUVAR	86,231	0,25	344,925	2500	√
6 NOLU DUVAR	124,35	0,75	165,8	2500	√

1. KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	170,278	1	170,278	2500	√
2 NOLU DUVAR	170,278	1	170,278	2500	√
3 NOLU DUVAR	170,278	1	170,278	2500	√
4 NOLU DUVAR	170,278	1	170,278	2500	√

ZEMİN KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	336,162	1,25	268,93	2500	√
2 NOLU DUVAR	336,162	1,25	268,93	2500	√
3 NOLU DUVAR	193,7	0,75	258,266	2500	√
4 NOLU DUVAR	131,212	0,25	524,85	2500	√
5 NOLU DUVAR	131,212	0,25	524,85	2500	√
6 NOLU DUVAR	193,7	0,75	258,266	2500	√

ZEMİN KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	264,931	1	264,931	2500	√
2 NOLU DUVAR	264,931	1	264,931	2500	√
3 NOLU DUVAR	264,931	1	264,931	2500	√
4 NOLU DUVAR	264,931	1	264,931	2500	√

8.1.2 Kayma Gerilmelerinin KontrolüKayma rijitliklerinin hesaplanması2. kat X yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad D_x = k \times A/H \Rightarrow D_x = 1 \times 1,25/1,5 = 0,83333$$

$$\text{Duvarın orjine göre dik uzaklığı} = 0,25 \text{ m}$$

$$Y \times D_x = 0,25 \times 0,83333 = 0,2083325$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = Y^2 \times D_x = 0,25^2 \times 0,83333 = 0,052083$$

2. kat X yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad D_x = k \times A/H \Rightarrow D_x = 1 \times 1,25/1,5 = 0,83333$$

$$\text{Duvarın orjine göre dik uzaklığı} = 0,25 \text{ m}$$

$$Y \times D_x = 0,25 \times 0,83333 = 0,2083325$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = Y^2 \times D_x = 0,25^2 \times 0,83333 = 0,052083$$

2. kat X yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 1,5 = 0,75 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad D_x = k \times A/H \Rightarrow D_x = 1 \times 0,75 /1,5 = 0,5$$

$$\text{Duvarın orjine göre dik uzaklığı} = 5,25 \text{ m}$$

$$Y \times D_x = 5,25 \times 0,5 = 2,625$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = Y^2 \times D_x = 5,25^2 \times 0,5 = 13,78125$$

2. kat X yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dx = k \times A/H \Rightarrow Dx = 1 \times 0,25 / 1,5 = 0,16666$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 5,25 m

$$Y \times Dx = 5,25 \times 0,16666 = 0,874965$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = Y^2 \times Dx = 5,25^2 \times 0,16666 = 4,59356625$$

2. kat X yönü 5 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dx = k \times A/H \Rightarrow Dx = 1 \times 0,25 / 1,5 = 0,16666$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 5,25 m

$$Y \times Dx = 5,25 \times 0,16666 = 0,874965$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = Y^2 \times Dx = 5,25^2 \times 0,16666 = 4,59356625$$

2. kat X yönü 6 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 1,5 = 0,75 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dx = k \times A/H \Rightarrow Dx = 1 \times 0,75 / 1,5 = 0,5$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 5,25 m

$$Y \times Dx = 5,25 \times 0,5 = 2,625$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = Y^2 \times Dx = 5,25^2 \times 0,5 = 13,78125$$

2. kat Y yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 2 = 1 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dy = k \times A/H \Rightarrow Dy = 1 \times 1 / 1,5 = 0,66666$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 0,25 m

$$X \times Dy = 0,25 \times 0,66666 = 0,166665$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = X^2 \times Dy = 0,25^2 \times 0,66665 = 0,04166625$$

2. kat Y yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 2 = 1 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dy = k \times A/H \Rightarrow Dy = 1 \times 1 / 1,5 = 0,66666$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 6,75 m

$$X \times Dy = 6,75 \times 0,66666 = 4,49995$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = X^2 \times Dy = 6,75^2 \times 0,66666 = 30,37469625$$

2. kat Y yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 2 = 1 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dy = k \times A/H \Rightarrow Dy = 1 \times 1 / 1,5 = 0,66666$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 0,25 m

$$X \times Dy = 0,25 \times 0,66666 = 0,166665$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = X^2 \times Dy = 0,25^2 \times 0,166665 = 0,04166625$$

2. kat Y yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

$$k=1 \quad A = 0,5 \times 2 = 1 \text{ m}^2 \quad H = 1,5 \text{ m} \quad Dy = k \times A/H \Rightarrow Dy = 1 \times 1 / 1,5 = 0,66666$$

Duvarın orjine göre dik uzaklığı = 6,75 m

$$X \times Dy = 6,75 \times 0,66666 = 4,49995$$

$$\text{Duvarın orjine göre rijitliği} = X^2 \times Dy = 6,75^2 \times 0,66666 = 30,37469625$$

$$\text{X-X yönü rijitlik merkezinin yeri} \quad Y_o = \frac{\sum(Y \cdot Dx)}{\sum Dx} = 7,416595 / 2,99998 = 2,472 \text{ m}$$

$$\text{Y-Y yönü rijitlik merkezinin yeri} \quad X_o = \frac{\sum(X \cdot Dy)}{\sum Dy} = 9,33324 / 2,66664 = 3,5 \text{ m}$$

Kat planları simetrik olduğundan 1. ve 2. katlardaki duvarların rijitlikleri aynıdır. Rijitlik merkezinin yeri de aynıdır.

$$\text{X-X yönü kütle merkezinin yeri} \quad Y_k = \frac{\sum(Y \cdot G_x)}{\sum G_x} = 1260,45625 / 468,575 = 2,69 \text{ m}$$

$$\text{Y-Y yönü kütle merkezinin yeri} \quad X_k = \frac{\sum(X \cdot G_y)}{\sum G_y} = 1059,725 / 378,6125 = 3,5 \text{ m}$$

Kat planları simetrik olduğundan 1. ve 2. katlardaki duvar kütle merkezlerinin yeri de aynıdır.

Katın Orjine Göre Toplam Rijitliği

$$I_{oy} = \sum (X^2 \cdot Dy) = 60,832725 \text{ m}^4$$

$$I_{ox} = \sum (Y^2 \cdot Dx) = 36,8537985 \text{ m}^4$$

Orjine Göre Toplam Rijitliğinin Rijitlik Merkezine Çekilmesi

$$I_{Rmy} = I_{oy} - (X_o^2 \cdot \sum Dy) = 60,832725 - (3,5^2 \times 2,66664) = 28,166385$$

$$I_{Rmx} = I_{ox} - (Y_o^2 \cdot \sum Dx) = 36,8537985 - (2,472215^2 \times 2,99998) = 18,51837972$$

$$I_{Rm} = I_{Rmx} + I_{Rmy} = 46,68476472$$

Bina ağırlığının bulunması

2.kat X yönü yüklerin toplam ağırlığı = 853,575

2.kat Y yönü yüklerin toplam ağırlığı = 681,112

1.kat X yönü yüklerin toplam ağırlığı = 468,575

1.kat Y yönü yüklerin toplam ağırlığı = 378,612

2.kat toplam ağırlığı = $W_2 = 1534,687$ kN

1.kat toplam ağırlığı = $W_1 = 847,187$ kN

Bina toplam ağırlığı = $W_t = 2381,87$ kN

Eşdeğer deprem yükü hesabı

$$V_t = \frac{S(T_1) \cdot I \cdot A_o \cdot W_t}{R_a(T_1)} \geq 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W_t \quad (\text{TDY-2007})$$

$$V_t = (2,5 \times 1 \times 0,4 \times 2381,875) / 2 = 1190,9375 \text{ kN} \geq 95,275 \quad \checkmark$$

Yapı tepesine ek eşdeğer deprem yükü (TDY-2007)

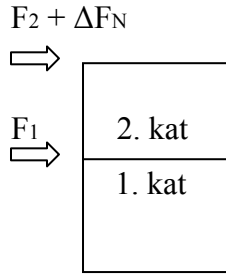
$$\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 2 \times 1190,9375 = 17,8641 \text{ kN}$$

Deprem kuvvetinin katlara dağıtılması (TDY-2007)

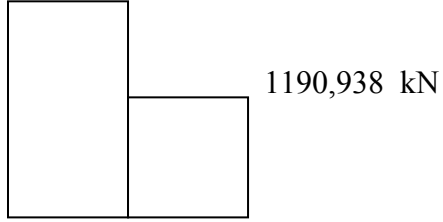
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot \frac{w_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot H_j}$$

$$F_2 = (1190,9375 - 17,8640625) \times (1534,6875 \times 6) / (1534,6875 \times 6 + 847,1875 \times 3) = 919,327$$

$$F_1 = (1190,9375 - 17,8640625) \times (847,1875 \times 3) / (1534,6875 \times 6 + 847,1875 \times 3) = 253,746$$



$$919,3271605 + 17,8640625 = 937,191 \text{ kN}$$



Duvarlara depremden dolayı gelen kesme kuvvetleri

2.kat X yönü duvarlar

$$\begin{array}{ll} X1 = 260,332 & \text{kN} \\ X2 = 260,332 & \text{kN} \\ X3 = 156,200 & \text{kN} \end{array} \quad \begin{array}{ll} X4 = 52,064 & \text{kN} \\ X5 = 52,064 & \text{kN} \\ X6 = 156,200 & \text{kN} \end{array}$$

2.kat Y yönü duvarlar

$$Y1 = 234,298 \quad Y1 = 234,298 \quad Y1 = 234,298 \quad Y1 = 234,298 \text{ kN}$$

1.kat X yönü duvarlar

$$\begin{array}{ll} X1 = 330,817 & \text{kN} \\ X2 = 330,817 & \text{kN} \\ X3 = 198,491 & \text{kN} \end{array} \quad \begin{array}{ll} X4 = 66,161 & \text{kN} \\ X5 = 66,161 & \text{kN} \\ X6 = 198,491 & \text{kN} \end{array}$$

1.kat Y yönü duvarlar

$$Y1 = 297,734 \quad Y1 = 297,734 \quad Y1 = 297,734 \quad Y1 = 297,734 \text{ kN}$$

Ek dışmerkezliğin hesaplanması

$$2.\text{kat } e_x = (RM_x - KM_x) + 0,05 \cdot L_x \quad e_x = (3,5 - 3,5) + 0,05 \times 7 = 0,35 \text{ m}$$

$$2.\text{kat } e_y = (RM_y - KM_y) + 0,05 \cdot L_y \quad e_y = |2,472215 - 2,689977592| + 0,05 \times 5,5 = 0,493 \text{ m}$$

$$1.\text{kat } e_x = (RM_x - KM_x) + 0,05 \cdot L_x \quad e_x = (3,5 - 3,5) + 0,05 \times 7 = 0,35 \text{ m}$$

$$1.\text{kat } e_y = (RM_y - KM_y) + 0,05 \cdot L_y \quad e_y = |2,472215 - 2,689977592| + 0,05 \times 5,5 = 0,493 \text{ m}$$

Şekil 8.2 gösterilen x ve y yönleri pozitif yön alınarak bu çalışmada deprem yükü + x ve + y yönünde uygulanmış ve ek dışmerkezlik +0,05 uygulanmıştır.

Burulma momentinin hesaplanması

$$M_b = Q_i \cdot e$$

$$2.\text{kat } M_{bx} = Q_2 \times e_y = 937,191223 \times 0,492762 = 461,812 \text{ kNm}$$

$$2.\text{kat } M_{by} = Q_2 \times e_x = 937,191223 \times 0,35 = 328,017$$

$$1.\text{kat } M_{bx} = Q_1 \times e_y = 1190,9375 \times 0,492762 = 586,849$$

$$1.\text{kat } M_{by} = Q_1 \times e_x = 1190,9375 \times 0,35 = 416,828$$

Burulma momentinden dolayı duvarlara gelen kesme kuvveti

$$X \text{ yönündeki duvara burulmadan gelen kesme kuvveti} = \frac{M_{bx} \cdot D_x \cdot Y}{I_{RM}}$$

$$Y \text{ yönündeki duvara burulmadan gelen kesme kuvveti} = \frac{M_{by} \cdot D_y \cdot X}{I_{RM}}$$

Değerleri formülde yerine koyarsak aşağıdaki sonuçları buluruz.

2.kat X yönü

$$X1 = 18,318 \text{ kN} \quad X4 = 4,580 \text{ kN}$$

$$X2 = 18,318 \text{ kN} \quad X5 = 4,580 \text{ kN}$$

$$X3 = 13,738 \text{ kN} \quad X6 = 13,739 \text{ kN}$$

2.kat Y yönü

$$Y1 = 15,223 \text{ kN} \quad Y3 = 15,223 \text{ kN}$$

$$Y2 = 15,223 \text{ kN} \quad Y4 = 15,223 \text{ kN}$$

1.kat X yönü

$$X1 = 23,278 \text{ kN} \quad X4 = 5,82 \text{ kN}$$

$$X2 = 23,278 \text{ kN} \quad X5 = 5,82 \text{ kN}$$

$$X3 = 17,459 \text{ kN} \quad X6 = 17,459 \text{ kN}$$

1.kat Y yönü

$$Y1 = 19,345 \text{ kN} \quad Y3 = 19,345 \text{ kN}$$

$$Y2 = 19,345 \text{ kN} \quad Y4 = 19,345 \text{ kN}$$

Duvarlara gelen toplam kesme kuvvetleri

Depremden dolayı duvarlara gelen kesme kuvvetleri ile burulmadan dolayı katlara gelen kesme kuvvetleri toplanarak toplam kesme kuvvetleri bulunur.

2.kat X yönü

$$X1 = 278,649 \text{ kN} \quad X4 = 56,646 \text{ kN}$$

$$X2 = 278,649 \text{ kN} \quad X5 = 56,646 \text{ kN}$$

$$X3 = 169,937 \text{ kN} \quad X6 = 169,937 \text{ kN}$$

2.kat Y yönü

$$Y1 = 249,521 \text{ kN} \quad Y3 = 249,521 \text{ kN}$$

$$Y2 = 249,521 \text{ kN} \quad Y4 = 249,521 \text{ kN}$$

1.kat X yönü

$$X1 = 354,094 \text{ kN} \quad X4 = 71,983 \text{ kN}$$

$$X2 = 354,094 \text{ kN} \quad X5 = 71,983 \text{ kN}$$

$$X3 = 215,948 \text{ kN} \quad X6 = 215,948 \text{ kN}$$

1.kat Y yönü

$$Y1 = 317,079 \text{ kN} \quad Y3 = 317,079 \text{ kN}$$

$$Y2 = 317,079 \text{ kN} \quad Y4 = 317,079 \text{ kN}$$

Kayma gerilmelerinin hesaplanması2.kat X yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (278,6493 / 1,25) = 222,919 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 170,278125 = 235,139 \text{ kN/m}^2 > 222,919 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2.kat X yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (278,6493 / 1,25) = 222,919 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 170,278125 = 235,139 \text{ kN/m}^2 > 222,919 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2.kat X yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (169,9373 / 0,75) = 226,583 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 165,8 = 232,9 \text{ kN/m}^2 > 226,583 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2.kat X yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (56,64577 / 0,25) = 226,583 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 344,925 = 322,462 \text{ kN/m}^2 > 226,583 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2.kat X yönü 5 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (56,64577 / 0,25) = 226,583 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 344,925 = 322,462 \text{ kN/m}^2 > 226,583 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2.kat X yönü 6 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (169,9373 / 0,75) = 226,583 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 165,8 = 232,9 \text{ kN/m}^2 > 226,583 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

2. kat Y yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (249,5211 / 1) = 249,521 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 170,278125 = 235,139 \text{ kN/m}^2 < 249,521 \quad X$$

2.kat Y yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (249,5211 / 1) = 249,521 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 170,278125 = 235,139 \text{ kN/m}^2 < 249,521 \quad X$$

2.kat Y yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (249,5211 / 1) = 249,521 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 170,278125 = 235,139 \text{ kN/m}^2 < 249,521 \quad X$$

2.kat Y yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (249,5211 / 1) = 249,521 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 170,278125 = 235,139 \text{ kN/m}^2 < 249,521 \quad X$$

1.kat X yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (354,0941 / 1,25) = 283,275 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 268,93 = 284,465 \text{ kN/m}^2 > 283,275 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1.kat X yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (354,0941 / 1,25) = 283,275 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 268,93 = 284,465 \text{ kN/m}^2 > 283,275 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1.kat X yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (215,9482 / 0,75) = 287,931 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 258,266667 = 279,333 \text{ kN/m}^2 < 287,931 \text{ kN/m}^2 \quad X$$

1.kat X yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (71,37962894 / 0,25) = 285,519 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 524,85 = 412,425 \text{ kN/m}^2 > 285,519 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1.kat X yönü 5 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (71,37962894 / 0,25) = 285,519 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 524,85 = 412,425 \text{ kN/m}^2 > 285,519 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

1.kat X yönü 6 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (215,9482 / 0,75) = 287,931 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 258,266667 = 279,333 \text{ kN/m}^2 < 287,931 \text{ kN/m}^2 \quad X$$

1.kat Y yönü 1 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (317,0794 / 1) = 317,079 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 264,93125 = 282,466 \text{ kN/m}^2 < 317,079 \quad X$$

1.kat Y yönü 2 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (317,0794 / 1) = 317,079 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 264,93125 = 282,466 \text{ kN/m}^2 < 317,079 \quad X$$

1.kat Y yönü 3 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (317,0794 / 1) = 317,079 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 264,93125 = 282,466 \text{ kN/m}^2 < 317,079 \quad X$$

1.kat Y yönü 4 nolu duvar için nümerik işlemler

$$\text{Kayma gerilmesi} = (317,0794 / 1) = 317,079 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kayma emniyet gerilmesi} = 150 + 0,5 \times 264,93125 = 282,466 \text{ kN/m}^2 < 317,079 \quad X$$

Örnek yapının bilgisayar sonuçları aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESABI

YAPI TOPLAM AĞIRLIĞI	2381,875	kN			
TABAN KESME KUVVETİ (Vt)	1190,938	kN			Rölatif
Z.KAT TOPLAM KESME KUVVETİ(Qz)	1190,938	kN	Wz*Hz	2541,56	0,21631
1.KAT TOPLAM KESME KUVVETİ(Q1)	937,191	kN	W1*H1	9208,13	0,78369
			TOPLAM Wi*Hi	11749,7	1

KAT ADEDİ	2	
DEPREM BÖLGE KATSAYISI (Ao)	0,4	
SPECTRUM KATSAYISI S(T1)	2,5	
DEPREM YAPI ÖNEM KATSAYISI (I)	1	
DEPREM YÜKÜ EKSANTİRİSİTESİ (e)	0,05	
DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI Ra(T1)	2	
SÜRTÜNME KATSAYISI	0,5	
YAPI X YÖNÜ BOYU	7	m
YAPI Y YÖNÜ BOYU	5,5	m

Z. KAT YERDEN YÜKSEKLİĞİ	3	m
1. KAT YERDEN YÜKSEKLİĞİ	6	m

	Y YÖNÜ	X YÖNÜ	KAT TOPLAM	
ZEMİN KAT AĞIRLIĞI	378,6125	468,575	847,1875	
1. KAT AĞIRLIĞI	681,1125	853,575	1534,6875	
TOPLAM BİNA AĞIRLIĞI			2381,875	kN

DIŞMERKEZLİK

	$\frac{X-X}{YÖNÜ(RMY)}$	$Y-Y YÖNÜ(RMX)$		(EX)	EY
Z. KAT RİJİTLİK MERKEZİ	2,472	3,5	m	0,35	0,493
1. KAT RİJİTLİK MERKEZİ	2,472	3,5	m	0,35	0,493

	$\frac{X-X}{YÖNÜ(KMY)}$	$Y-Y YÖNÜ(KMX)$	
Z. KAT KÜTLE MERKEZİ	2,69	3,5	m
1. KAT KÜTLE MERKEZİ	2,719	3,5	m

	$\frac{X}{YÖNÜ(IRMX)}$	$Y YÖNÜ(IRMY)$	TOPLAM RİJİTLİK(IR)
Z. KAT RİJİTLİK	18,519	28,166	46,685
1. KAT RİJİTLİK	18,519	28,166	46,685

	MbX	MbY	
Z. KAT BURULMA MOMENTİ	586,841	416,828	kNm
1. KAT BURULMA MOMENTİ	461,806	328,017	kNm

EŞDEĞER DEPREM HESABI KONTROLÜ

$$V_t = \frac{W_t * A_o * I * S(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 * A_o * I * W_t$$

KONTROL

$$1190,938 \geq 95,275 \quad \text{OK}$$

$$\Delta FN = 0.0075 * N * V_t = 17,864 \quad \text{kN}$$

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

1. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMN. GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	278,649	1,25	222,919	236,483	√
2 NOLU DUVAR	278,649	1,25	222,919	236,483	√
3 NOLU DUVAR	169,937	0,75	226,583	232,9	√
4 NOLU DUVAR	56,6458	0,25	226,583	322,463	√
5 NOLU DUVAR	56,6458	0,25	226,583	322,463	√
6 NOLU DUVAR	169,938	0,75	226,583	232,9	√

1. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMN. GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	249,521	1	249,521	235,139	x
2 NOLU DUVAR	249,521	1	249,521	235,139	x
3 NOLU DUVAR	249,521	1	249,521	235,139	x
4 NOLU DUVAR	249,521	1	249,521	235,139	x

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0**Z. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ**

X YÖNU	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMN. GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	354,094	1,25	283,275	284,465	√
2 NOLU DUVAR	354,094	1,25	283,275	284,465	√
3 NOLU DUVAR	215,948	0,75	287,93	279,133	x
4 NOLU DUVAR	71,983	0,25	287,93	412,425	√
5 NOLU DUVAR	71,983	0,25	287,93	412,425	√
6 NOLU DUVAR	215,948	0,75	287,93	279,133	x

Z. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNU	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMN GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	317,079	1	317,079	282,466	x
2 NOLU DUVAR	317,079	1	317,079	282,466	x
3 NOLU DUVAR	317,079	1	317,079	282,466	x
4 NOLU DUVAR	317,079	1	317,079	282,466	x

El hesap sonuçları ile bilgisayar sonuçlarının birbirine benzer olduğu görülmektedir.

9. İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ BİNASININ ANALİZİ

9.1. YAPININ KONUMU VE TARİHÇESİ

Bu bölümde verilen bilgiler Ekim 2003 tarihli Anıtlar Kurulu'na sunulmuş restorasyon raporundan alınmıştır.

Eczacılık Fakültesi A blok binası, Fatih ilçesi, Süleymaniye mahallesi, 132 pafta, 579 ada, 1 parselde kayıtlı bulunmaktadır. Yapının vaziyet planı, katların planları ve kesitleri ekler kısmında bulunmaktadır.

Dikdörtgen biçiminde inşa edilmiş olan binanın güney cephesi Beyazıt Meydanına açılan Darülfünun (Mürekkeçiler) Caddesi'ne bakmaktadır. Doğu cephesi ise küçük bir bahçenin devamında, Takvimhane Caddesi'nin başlangıç noktasından Beyazıt Meydanı'na açılmaktadır. Binanın ana girişi bu dar cephe üzerinde yer almaktadır. Binanın kuzeye bakan cephesi, aynı parselde yer alan B ve C bloklarına yakın mesafededir. Batı cephesi ise Vezneciler yönüne bakmaktadır.

Aşağıda, 1908-1959 yılları arasında Eczacı Mektebinin öğretime başladığı binalar hakkında kısaca bilgiler verilerek şu an sahip oldukları Fuat Paşa konağına taşınma aşamaları özetlenmiştir.

"Eczacı Mekteb-i Alisi" 1908 yılında kurulmuş ve bu mektebe eskiden "Sivil Tıbbiye Mektebi" olarak kullanılmış olan Kadırğa semtindeki "Menemenli Mustafa Paşa Konağının (Halen yerinde Kadırğa İlk Okulu binası bulunmaktadır) üst katı tahsis edilmiştir. Ahşap ve köhne bir bina olan bu konakta Eczacı Mektebi 18 yıl çalışmıştır.

Kadırğa'daki binanın yetersiz kalmasının üzerine mektep için yeni bir bina aranmaya başlanmış ve dönemin mektep müdürü olan Dr. Server Hilmi Bey'in (1868-1930) gayretleri sonucu Beyazıt meydanındaki eski Jandarma Komutanlığı binası Eczacı ve Dışçi Mektepleri'ne tahsis edilmiş, yapılan tamir ve tadilattan sonra mektepler 1926 yılında bu binaya taşınmışlardır. 3 katlı ve kagir olan binanın üst katı Eczacı Mektebine, zemin ve birinci katı ise Dışçi Mektebi'nin kullanımına verilmiştir. Eczacı ve Dışçi mektepleri bu binada 33 yıl hizmet vermiştir.

Beyazıt meydanına bakan binanın iki mektebin ihtiyaçlarının karşılayamaz bir duruma gelmesi üzerine bu mektepler için yeni binalar bulma girişimleri başlamıştır.

Fuat Paşa Konağı :

Fuat Paşa Konağı, Bizans döneminde "Meşe" denilen. 25 m. kadar genişliği olan ve kenarlarında sütunlar ve iki katlı dükkanlar bulunan anayolun (bugünkü Divanyolu) karşısında bulunan ve Vezneciler 'e doğru uzanan bir küçük meydanın kenarına yapılmıştır.

Meşe'nin kenarlarında bulunan sütunlu ve revaklı dükkanlar esnaf toplulukları arasında bölüşülmüştü. IV. Yüzyılda bu dükkanlarda kumaşçılar, gümüşçüler, kuyumcular ve koku satıcıları gibi pahalı eşyaları satan esnaf bulunuyordu. Zamanla meydana gelen yangınlar ve depremler nedeniyle bu çarşılar harap olmuş ve toprak altında kalmıştır. Bu bölgede bulunan dükkanlardan bir tanesinin tonozu (üzerinde bir Bizans haçı vardır) halen Beyazıt'taki elektrik şirketinin temelinde görülmektedir.

Eczacı Okuluna tahsis edilen bu kagir, 3 katlı ve 3 bölüm (A, B ve C blokları)'den oluşmaktadır. Dönemin sadrazamı Keçecizade Dr. Fuat Paşa (1815-1869) için konak olarak, Üniversite Merkez binasını (eski Seraskerlik binası) tasarlayan Fransız mimar Bourgeois tarafından yapılmış ve 1867 yılında tamamlanmıştır. Yapımına ait birçok söylentinin ortaya atıldığı bina, inşaat tamamlanınca devlet tarafından satın alınmıştır. Dr. Fuat Paşa bu binada hiç oturmamıştır. Keçecizade Fuat Paşa Konağı, sırası ile Maliye Nezareti, İstanbul Erkek Lisesi, Askeri Tıbbiye Binası ve son olarak ta Eczacılık Fakültesi olarak kullanılmıştır.

İbn'ül Emîn Mahmut Kemal İnal, "Osmanlı Devrinde Son Sadrazamlar" isimli eserinde, Maliye Nezâreti'nin, Sultanahmet'te yaptırılan arşiv deposundan başka Beyazıt'ta da bir arşiv binası yaptırdığından, 1867 yılında Beyazıt'taki Fuat Paşa Konağı'nın, Maliye nezâretine tahsis edildiğinden bahseder.

Maliye nezareti olarak kullanıldığı dönemde, zemin kattaki kemerli bölümün etrafı kapatılarak postane ve değişik amaçlı olarak kullanılmıştır. Cemiyet-i Tedrîsiyye-i İslamiyye Azaları tarafından 1927 yılında yayınlanan Darüşşafaka'nın akarlarını belgeleyen bir eserde, 17 Kagir Dükkânın: Mülga Maliye Nezareti binasının (o tarihte bina artık İstanbul Erkek Lisesi kullanımına verilmişti) altında olduğundan, bir resmi daire altında bulunan bu dükkanların şahıslar tarafından kahvehane ve sarraf dükkanı olarak kullanılmasının hükümetçe mahzurlu görülerek Hicri 1313 senesinde cephe duvarları örülüp Hazine defterleri ve evrakının muhafazasına tahsis edilmek üzere Maliye'ye kiralandığından ve kirasına

mukabil 1314 tarihinden itibaren rüsumattan havale suretiyle Maliye hazinesi namına 100 000 kuruşun Dârüşşafaka'ya verilmesinin idarece uygun görüldüğünden, bu miktarın bilahare arttırıldığından ve daha sonra yardım suretiyle verilmekte olan tahsisat ile birleştirildiğinden bahsedilmiştir.

Ayrıca bu dönemde. 10 ve 13 Temmuz 1894'de meydana gelen ve İstanbul'u çok büyük yıkıma uğratan depremlerde hasar gören bina kapsamlı bir tadilat geçirmiştir.

1923 yılında, İstanbul Erkek Lisesi, Müdür Haydar Bey'den sonra müdürlüğe getirilen Şemsettin Bey zamanında, eski Maliye Nezareti olarak kullanılan Fuat Paşa Konağının alınmasıyla, bu binaya taşınmıştır. Şemsettin Bey Trabzon Maarif Müdürlüğüne tayin edilince ikinci defa müdürlüğe atanan Yanyalı Lütfü Bey bir sene birkaç ay, Besim Bey (Almanca öğretmeni) bir buçuk yıl çalışmıştır. 1924 yılında liselerin 12. sınıfları kaldırıldığından, o yıl 12. ve 11. sınıflar bir arada mezun olmuşlardır.

1933 yılında Tıp Fakültesinin İstanbul'a nakli üzerine İstanbul Erkek Lisesi, Fuat Paşa Konağından ayrılarak Cağaloğlu'nda önceden Düyun-u Umumiye binası olarak kullanılmış olan bugünkü binasına taşındı.

Bu tarihte (1933) Fuat Paşa Konağı, Askeri Tıp Okulu olarak kullanılmaya başlandı. 1947'de Askeri Tıbbiye Binası olarak kullanılan bina. 1951 de Askeri tıp talebe yurdu ismi altında çalıştırıldı. Askeri Tıp Okulu olarak kullanıldığı dönemde, zemin katta, yapımından sonra kapatılan ve postane olarak hizmet veren, güney cephesindeki kemerli bölümde, idari personelin çalışma odaları bulunuyordu. Birinci katta olan ve bugün Eczacılık Fakültesi toplantı salonu olarak kullanılan yer ise, Askeri Tıp Okulu müdürünün odası idi. Turhan Baytop 1946 yılında "Revir Eczacısı" olarak bu binada görev yaptığı sürede yukarıda açıklanan yerleşme durumunu şahsen gördüğünü beyan etmektedir.

Son olarak, dönemin rektörleri, Ord. Prof. Dr. Tevfik Sağlam (1882-1963) ve Ord.Prof. Dr. Sıddık Sami Onar'ın (1898-1972) girişimleri sonucu olarak 31 Ocak 1947 tarihli bir kanun ile Beyazıt'taki "Askeri Tıp Okulu" (Eski Fuat Paşa Konağı) binalarının Eczacı Okulu'na tahsis edilmesi kabul edilmiştir.

9.2. ECZACILIK FAKÜLTESİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Fuat Paşa Konağı olarak inşa edilen Eczacılık Fakültesi A Blok Binası (en uzun boyutları itibariyle) yaklaşık olarak 32,20 m. x 70,05 m. boyutlu dikdörtgen bir kütleyle sahiptir. Bina, Zemin Kat, 1. Normal Kat ve 2. Normal Kat olmak 3 kattan ibarettir. Binanın bodrum katı bulunmamaktadır. Zemin kat yüksekliği 5,14 m, orta kat yüksekliği 6,02 m, üst kat yüksekliği ise 5,10 m.dir. (Binanın vaziyet planı, kat planları ve kesitler ekler kısmındadır.)

Binanın taşıyıcı sistemi, dolu tuğladan inşa edilmiş kalın yığma duvarlar ve çelik profiller arasına örülen tuğla elemanlardan inşa edilmiş volta kat döşemeleri (ilk iki kat) olarak tanımlanabilir.

Üst katın tavan döşemesi zamanla tadil edilerek, betonarme kirişli döşemeye dönüştürülmüştür. Taşıyıcı yapı elemanlarını (dolu tuğlaları) bağlayıcı unsur olarak horasan harcı türünde bir bağlayıcı, dökülmüş sıvaların altından görülebilmektedir.

İç avlulu bir sistemde inşa edilen binanın orta kısmında bulunan 13,19 m. x 19,45 m. ebatlarındaki orta bahçe, duyulan ihtiyaç üzerine betonarme sistemde inşa edilmiş bir amfi ile tamamen kapatılmıştır. Amfinin üstü, çelik konstrüksiyon taşıyıcı sistemi olan, trapez galvaniz çatı kaplama elemanlı bir çatıyla örtülmüştür. Amfinin yan duvarları ve çatısı, binanın ilk iki katına ait iç avluya bakan pencereleri kapattıkları için, bu pencereler tuğlayla örülerek iptal edilmişlerdir.

Ana binanın üstü, granül malzemeyle kaplı bitümlü membranla örtülü, ahşap oturtma kırma çatıyla kapatılmıştır. Çatının batı tarafında yer alan bacaların, depremden daha fazla etkilendikleri görülmektedir.

Binanın en hareketli cephesi, iki uzun cephesinden biri olan, Elektrik İdaresi ve Beyazıt Meydanı'na bakan güney cephesidir. Zemin katın güney cephesi. 3,51 m. - 3,55 m. arasında değişen ölçüde içeri çekilmiş durumdadır; bir başka ifadeyle, zemin üstündeki iki kat, yukarıda belirtilen ölçüde, güney cephesi boyunca, güney istikametine doğru ileri çıkarılmış durumdadır. Bu çıkmanın uç kısmı, kenar boyutları 77 cm. - 98 cm. arasında değişen ölçüde, üst iki katın cephe düzlemi hizasında sıfırlanmış 18 adet ayakla, zeminle birleştirilmektedir. Güney cephesi zemininde, Vezneciler ile Beyazıt Meydanı arasında uzanan, revak (arkad)

şeklindeki kısmın tavan döşemesini (aynı zamanda orta katın bu revak üzerindeki döşemesidir) 17 adet haç tonoz oluşturmaktadır. Bu cephede, binanın revaka açılan iki giriş kapısı vardır.

Kuzey cephesinde, kenarları farklı ölçülere sahip olan (1,53 m. ve 2,66 m.) üç katta da bulunan bir çıkıntı vardır.

Binanın doğu cephesinde bulunan ana giriş kapısı üzerinde, Eczacılık Fakültesi amblemi ve yazısını taşıyan bir vitray mevcuttur.

Zemin katta, binada düşey ulaşımı sağlayan iki büyük merdiven göze çarpmaktadır. Binanın batı kısmındaki merdiven üst katta da aynı izdüşümde devam ettirilmişken, ana giriş holünden yükselen doğu kısmındaki merdiven orta katta geniş bir koridorla çevrilmiş, üst kata çıkış ise binanın kuzey cephesine yaslanmış diğer bir merdivenle sağlanmıştır.

Bina yapısındaki farklılıklardan, yapının farklı zamanlarda tadil edildiği, görülmektedir. Mekânları bölmek amacıyla bazı kemer boşlukların dolu tuğla duvarlarla örülerek kapatıldığı; yeniden düzenlenen zemin kaplamalarının eski kaplamalar sökülmeden üzerleri örtülerek inşa edildiği; özellikle binanın dış cephe sıvasının tadilat gördüğü anlaşılmaktadır. Ayrıca ilk iki kattaki yapı bütünlüğünün, üçüncü katta görülmemesi (merdivenlerin malzeme ve konum farklılıkları, taşıyıcı sistemdeki farklılıklar gibi), binanın önce iki katlı olarak tasarlandığı, inşaat esnasında veya daha sonraki safhalarda, üçüncü bir katın ilave edildiği izlenimini uyandırmaktadır. Binanın yapım evreleri hakkında ayrıntılı bilgi edinilebilecek bir belgeye ulaşılamamıştır.

Dikdörtgen formda inşa edilen A Bloğun 4 cephesinden en dikkat çekici olanı, Beyazıt Meydanı'na bakan güney cephesidir. Ana ulaşım aksından yaklaşımda (Meydan ve Vezneciler) ilk dikkati çeken cephe güney cephesidir. Zemin katın güney cephesi, 3,51 m.-3,55 m. arasında değişen ölçüde içeri çekilmiş durumdadır. Üst iki katın güney cephesi boyunca meydana doğru yaptığı çıkmanın uç kısmı, kenar boyutları 77 cm.-98 cm. arasında değişen ölçüde, üst iki katın cephe düzlemi hizasında 18 adet ayakla, zeminle birleştirilmektedir. Güney cephesi zemininde. Vezneciler ile Beyazıt Meydanı arasında uzanan, revakın tavan döşemesini 17 adet haç tonoz oluşturmaktadır. Kemerler, beşik kemer formundadır. +5,17 kotunda, 1.katın döşemesi hizasında binanın dört cephesini de farklı

formlarda (değişik müdahaleler sonucu) dolaşan kornişin güney cephesindeki alt kısmı (kemer alınları ve ayaklar), taş malzemenin anıtsal ifadesini yansıtmaktadır. Binaya ait iki giriş kapısının bulunduğu bu cephedeki orta giriş kısmı bu cephenin simetri ekseninde yer almaktadır.

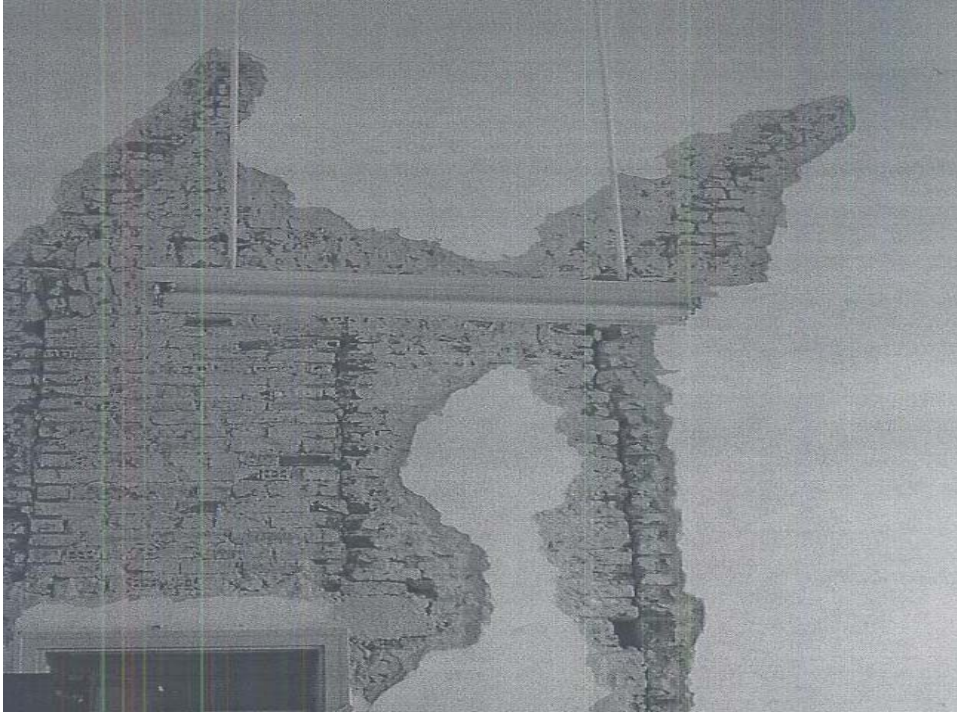
Yapıya ait sıvalardan numune alıp laboratuvar ortamında deneyleri yapılamamıştır. Göz ile yapılan gözlem sonucu iç sıvaların kum + kalker kireci ve horasan ilavesiyle yapıldığına anlaşılmaktadır.

Binanın inşa edildiği dönemin inşaat teknikleri göz önüne alınırsa dış sıvaların agregasına ilave olarak hidrolik kireç kullanıldığı söylenebilir.

Zaman içinde yapılan tamirat ve tadilatlarda ise zamanın teknolojisinin gerektirdiği malzemelerden portland çimentonun sıvanın bağlayıcı malzemesi olarak kullanıldığı görülmektedir.

9.3. YAPININ MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

İncelenen statik değerlendirme raporları, rölöve ve restorasyon raporları, yapı fotoğrafları ve yerinde yapılan incelemede yapı duvarlarının yığma dolu tuğladan imal edildiği tespit edilmiştir. (Şekil 9.1)



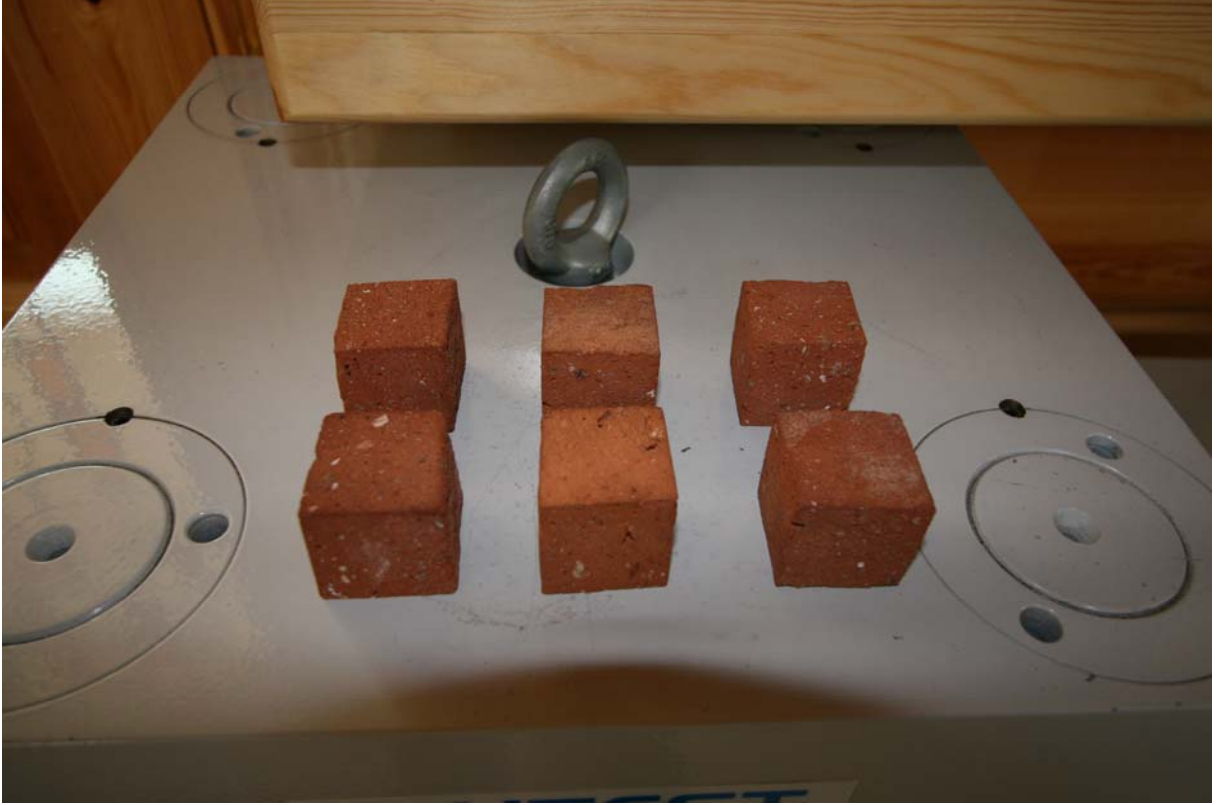
Şekil 9.1: Taşıyıcı Duvar Elemanı Olarak Kullanılan Dolmuş Tuğla

Aşağıdaki tabloda kagir duvarların dayanımlarının değerleri yansıtmaktadır.

Tablo 9.1: Kagir duvarların dayanımları [9]

Malzeme	Kireç Harcı		Çimentolu Kireç Harcı	
	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Kesme Dayanımı (kg/cm ²)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Kesme Dayanımı (kg/cm ²)
Harman Tuğlası	5 – 10	1,0 – 2,0	8 – 12	1,0 – 2,0
Düşey Delikli Fabrika Tuğlası Delik Oranı % 35'den az	25 - 30	1,0 – 2,0	30 - 40	1,0 – 2,0
% 35'den çok	20 – 25	0,75 – 1,5	25 - 30	0,75 – 1,5
Dolu Fabrika Tuğlası	25 - 30	1,0 – 2,0	30 - 40	1,0 – 2,0
Yatay Delikli Tuğla	8 - 10	1,0 – 2,0	15 - 20	1,0 – 2,0
Boşluklu Beton Briket	7 - 10	1,0 – 2,0	8 - 12	1,0 – 2,0
Taş	6 – 8	1,0 – 2,0	8 - 10	1,0 – 2,0

Yapılacak yapı analizi için yapıdan numune alıp yapıda kullanılmış malzeme özelliklerinin belirlenmesi en iyi yaklaşımdır. İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi A blokta restorasyon uygulaması yapılmış olduğundan numune almak mümkün olmamıştır. Bina ile aynı dönemde yapılmış ve tarihi yarımada içinde bulunan Ali Fakih Sıbyan Mektebi (19 yy.) ve Abdülmecid Evi'den (19. yy) tuğla ve taş numunesi alınarak tek eksenli basınç deneyi, su emme deneyi ve özgül ağırlık deneyleri İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü (KUDEB) laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde kullanılmak üzere 4x4x4 cm ebatlarında numuneler kullanılmıştır (Şekil 9.2).



Şekil 9.2: Deney numuneleri

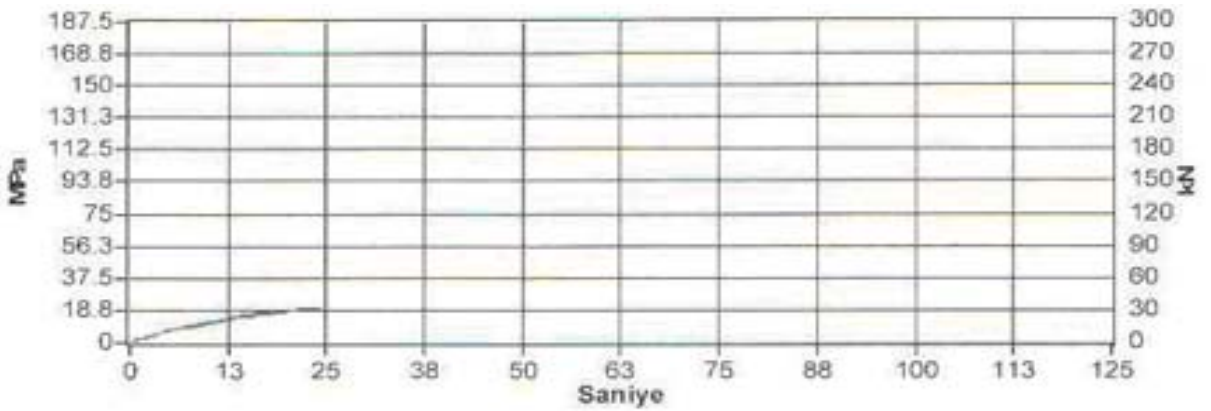
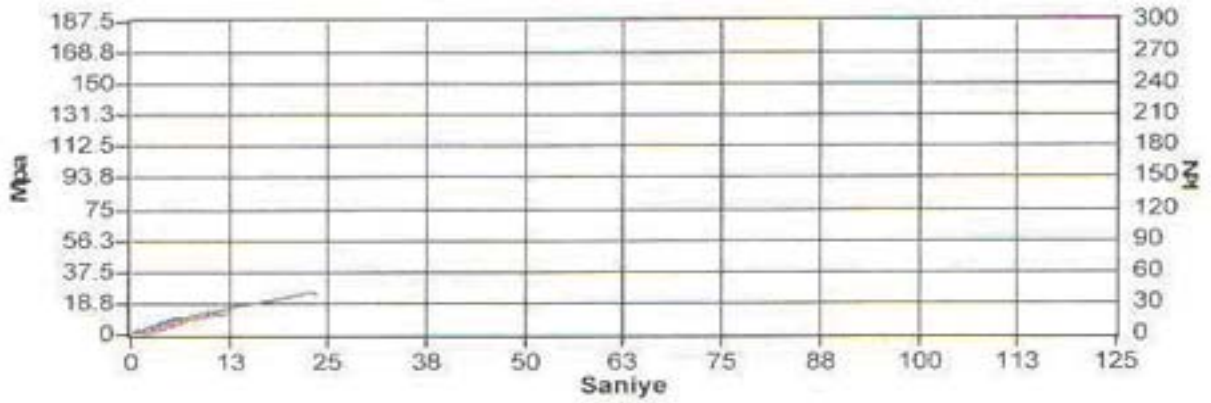
Her bir deney için 6 adet numune kullanılmıştır. Deneyler sonucunda ulaşılan sonuçlar numuneleri alınan yapıların konservasyon ve restorasyon çalışmalarında kullanılmıştır. Aynı dönemde ve benzer yapım şekilleri kullanılması sebebiyle deney sonuçları bu çalışmada da kullanılmıştır. Aşağıda tek eksenli deney sonuçları, su emme deney sonuçları ve özgül ağırlık deney sonuçları verilmiştir. Deney sonuçlarında ondalık ayrımı nokta ile yapılmıştır.



TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI

Numune Alınan Yapı	Ali Fakih Sıbyan Mektebi	Deney Tarihi	16.05.2010
Numune Yeri	Eski Söve	Numune Alış Tarihi	
Numune boyutları	40 mm – 40 mm	Numune şekli	Çimento basma

Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Değeri (Mpa)	-----	Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Değeri (Mpa)
1	20,60	12,88		4	28,11	17,57
2	16,32	10,20		5	32,08	20,05
3	39,70	24,81		6	28,23	17,64



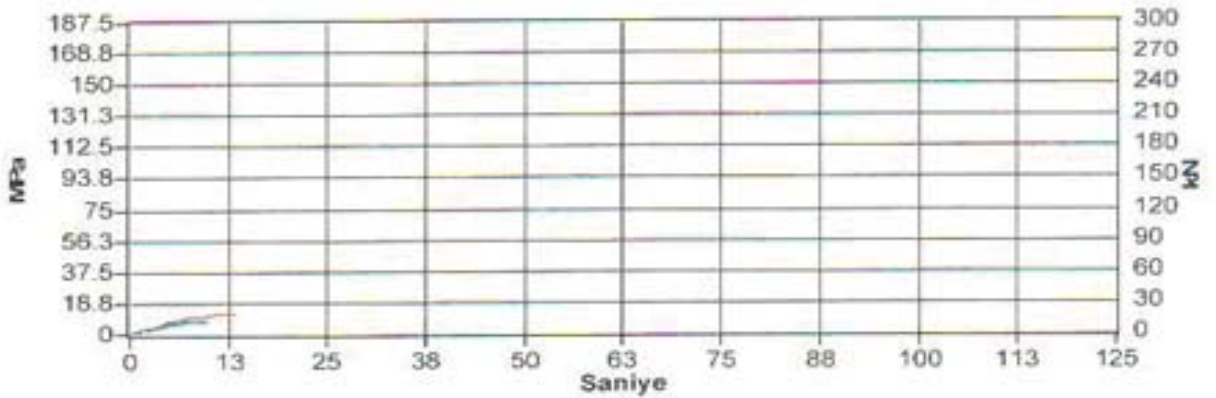
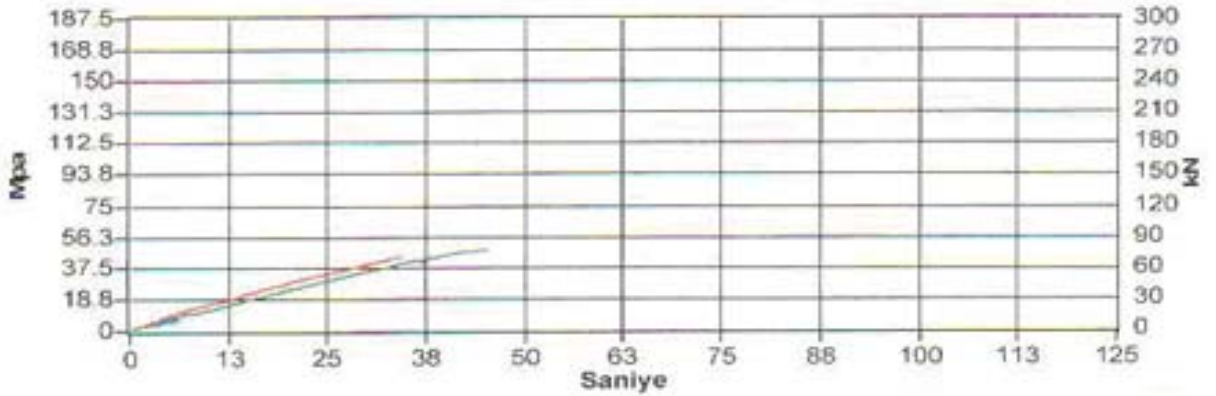
Şekil 9.3: Eski söve tek eksenli basınç dayanım deney füyü



TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI

Numune Alınan Yapı	Ali Fakih Sıbyan Mektebi	Deney Tarihi	16.05.2010
Numune Yeri	Eski Taş	Numune Alış Tarihi	
Numune boyutları	40 mm – 40 mm	Numune şekli	Çimento basma

Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Değeri (Mpa)	-----	Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Değeri (Mpa)
1	69,61	43,51		4	20,31	12,69
2	9,46	5,91		5	11,92	7,45
3	77,83	48,64		6	14,85	9,28



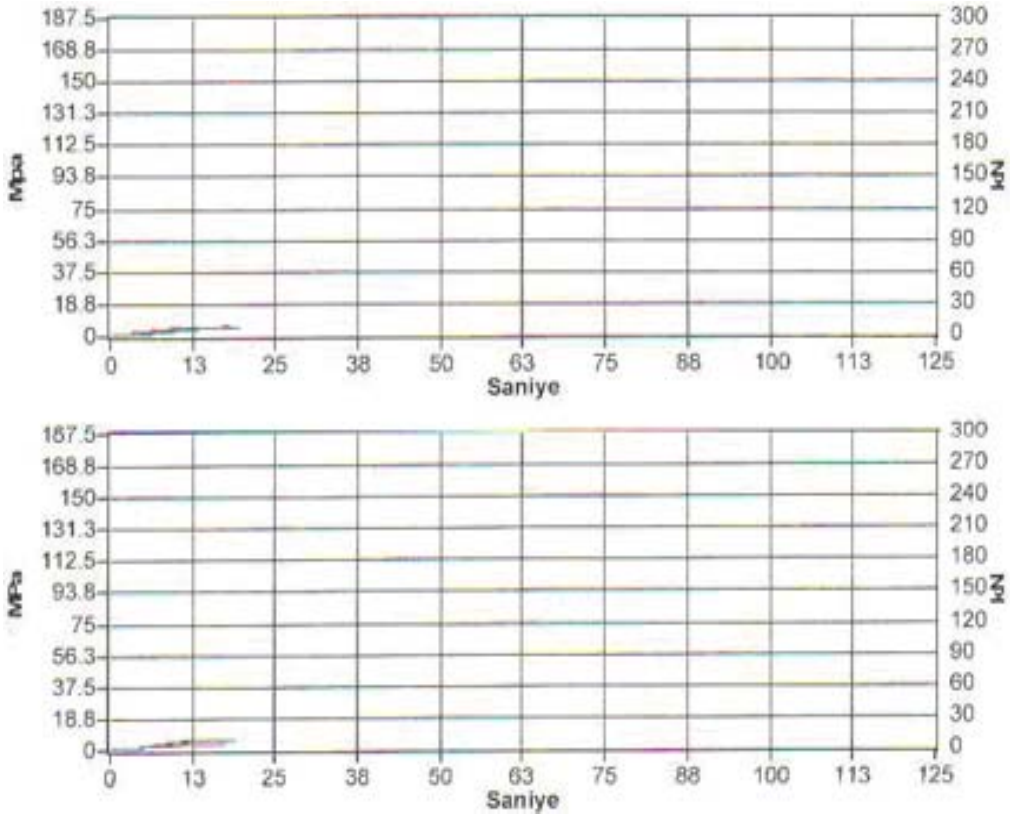
Şekil 9.4: Eski taş tek eksenli basınç dayanım deney föyü



TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI

Numune Alınan Yapı	Abdülmecid Evi	Deney Tarihi	16.05.2010
Numune Yeri	Yapının Tuğlası	Numune Alış Tarihi	
Numune boyutları	40 mm – 40 mm	Numune şekli	Çimento basma

Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Değeri (Mpa)	-----	Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Değeri (Mpa)
1	8,14	5,09		4	6,12	3,83
2	8,99	5,62		5	10,52	6,58
3	8,82	5,51		6	9,75	6,09



Şekil 9.5: Abdülmecid Evi tuğlası tek eksenli basınç dayanım deney föyü

Tablo 9.2: Ali Fakih Sıbyan Mektebi taşı özgül ağırlık deney sonuçları

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ						
Eski Taş						
Sabit Kütle Tablosu (gr) (Etüvde Kurutma)						
Kroze	Kr.Ağırlık(gr)	Kr.+Num.(gr)	1.Gün(gr)	2.Gün(gr)	3.Gün(gr)	4.Gün(gr)
1	27,374	47,433	47,428	X	X	X
2	31,188	51,229	51,225	X	X	X
3	28,876	48,906	48,901	X	X	X

Kap Sistemi Ağırlıkları						
Kap	Kap Ağır.	Kap+Nu	Kap+Su	K+Su+Nu	d (gr/cm ³)	d _{ort} (gr/cm ³)
1	203,953	224,006	340,087	352,661	2,68	2,64
2	205,308	225,882	341,820	354,340	2,55	
3	207,782	227,804	343,222	355,765	2,68	

Not: 2. gün ve sonrasında sabit kütleye ulaşıldığı için tartım alınmamıştır.

Tablo 9.3: Ali Fakih Sıbyan Mektebi tuğlası su emme deney sonuçları

Mevcut Tuğla	İlk Ağırlık (gr)	1.gün (gr)	2.gün (gr)	3.gün (gr)	4.gün (gr)	Su emme(%)
1	55,280	68,171	68,456	68,887	68,916	24,67
2	79,343	96,124	96,453	96,713	96,789	21,99
3	76,908	94,110	94,456	94,835	94,858	23,35
4	61,899	76,456	76,876	77,175	77,205	24,73
5	69,895	85,115	85,346	85,545	85,592	22,46
Ort. Su Emme	23,44					

Tablo 9.4: Ali Fakih Sıbyan Mektebi taşı su emme deney sonuçları

Eski Taş	İlk Ağırlık (gr)	1.gün (gr)	2.gün (gr)	Su emme(%)
1	48,257	48,534	48,552	0,61
2	81,765	82,823	82,870	1,35
3	149,641	150,815	150,501	0,84
4	108,390	108,814	108,894	0,46
5	119,208	119,875	119,567	0,64
Ort. Su Emme		0,78		

Tablo 9.5: Ali Fakih Sıbyan Mektebi tuğlası özgül ağırlık deney sonuçları

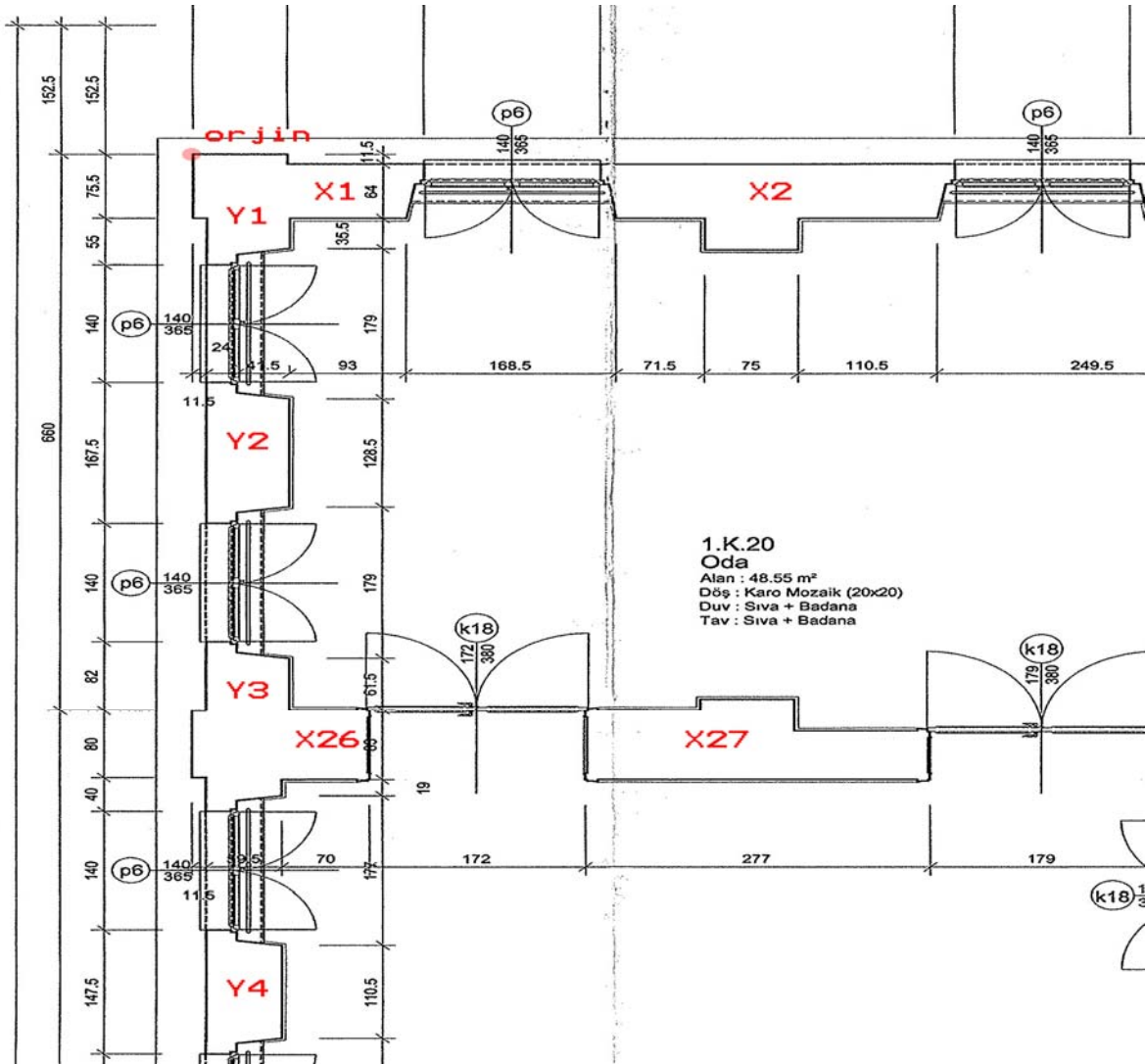
ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ						
Eski Mevcut Tuğla						
Sabit Kütle Tablosu (gr) (Etüvde Kurutma)						
Kroze	Kr.Ağırlık(gr)	Kr.+Num.(gr)	1.Gün(gr)	2.Gün(gr)	3.Gün(gr)	4.Gün(gr)
1	27,374	47,437	47,435	X	X	X
2	31,188	51,243	51,243	X	X	X
3	28,871	48,912	48,908	X	X	X
Kap Sistemi Ağırlıkları						
Kap	Kap Ağır.	Kap+Nu	Kap+Su	K+Su+Nu	d (gr/cm ³)	d _{ort} (gr/cm ³)
1	196,549	216,613	333,142	345,797	2,71	2,72
2	197,395	217,443	335,463	348,207	2,74	
3	202,522	222,559	338,456	351,066	2,70	

Not: 2. gün ve sonrasında sabit kütleye ulaşıldığı için tartım alınmamıştır.

9.4. YAPI ANALİZİ

Bina tipi tarihi yığma yapıların analizini gerçekleştirmek için BILKA (Bilal Kagir Yapı Analiz Programı) adında, EXCEL formatında olarak yığma yapıların basınç dayanımlarını bulup basınç emniyet gerilmesi ile karşılaştıran, depremden ve burulmadan dolayı oluşan kayma gerilmelerini hesaplayıp kayma emniyet gerilmeleri ile karşılaştıran tablo hazırlanmıştır.

İstanbul I Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'nun 08.06.2005 gün ve 788 sayılı kararı ile onaylı, Yüksek Mühendis Mimar Ahmet Nuri OFLUOĞLU ile Yüksek Mimar İsmail Hakkı DEMİR sorumluluğunda hazırlanmış olan rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri temin edilerek, restorasyon projesinde duvarlar yapı sol üst noktası orjin kabul edilerek duvarlar x yönünde ve y yönünde numaralandırılmıştır (Şekil 9.6).



Şekil 9.6: Yapı Duvarlarının Numaralandırılması

BILKA programına girilen yapı ve malzeme bilgileri aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

PROJE ADI : İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ A BLOK

YAPI BİLGİLERİ

KAT ADEDİ	3	
DEPREM BÖLGE KATSAYISI (A ₀)	0,4	
SPECTRUM KATSAYISI S(T ₁)	2,5	(TDY-2007)
DEPREM YAPI ÖNEM KATSAYISI (I)	1,4	(TDY-2007)
DEPREM YÜKÜ EKSANTİRİSİTESİ (e)	0,05	
DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI Ra(T ₁)	2	(TDY-2007)
SÜRTÜNME KATSAYISI	0,75	[12]
YAPI X YÖNÜ BOYU (m)	70,05	
YAPI Y YÖNÜ BOYU (m)	32,2	

MALZEME BİLGİLERİ

DUVAR SERBEST BASINÇ DAYANIMI(kN/m ²)	10000	(değerlendirme*)
DUVAR BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (kN/m ³)	27	(deneylerden)
DUVAR ÇATLAMA GERİLMESİ (τ ₀) (t/m ²)	400	[12]

Programa yapı ve malzeme bilgilerini, sonra x ve y yönünde numaralandırmış olduğumuz duvar bilgileri tablolara girilmiştir. (Şekil 9.7) Bu bilgiler; duvar kalınlığı, duvar boyu, duvar yüksekliği, pencere ya da kapı boşluğu parapet duvar kalınlığı, parapet duvar yüksekliği, parapet duvar boyu, duvarın oturduğu döşemenin kısa kenar uzunluğu, döşeme hareketli yük, duvarın ağırlık merkezinin orjin noktasına olan dik uzaklığı, duvar kayma rijitlik katsayı ve duvarın oturduğu döşemenin duvara gelen ağırlığından oluşmaktadır. Bu bilgilerle duvarların geometrik şekli programa girilmiş olmaktadır.

* Daha güvenli tarafta kalmak için deneyler ve tablolardan yararlanılarak belirlenmiştir.

Döşeme yüklerinin belirlenmesi:

Döşeme özağırlığı	:	3,75	kN/ m ²
Çatı ve kiremit örtüsü özağırlığı	:	10	kN/ m ² (Sadece 2.kat için kullanılmıştır)
Döşeme kaplaması özağırlığı	:	1,10	kN/ m ²
Hareketli yük etkisi (n x q)	:	0,6 x 5 = 3	kN/ m ² (TDY-2007)
Toplam	:	17,85	kN/ m ²

Zemin kat ve 1.kat için 7,85 kN/m² değeri bulunmuştur (Çatı yükü yoktur).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
64																
65																
66	YAPI DUVAR BİLGİLERİ								*Her iki yönde parapet varsa toplam boyu giriniz							
67									**Duvarın ağırlık merkezinin uzaklığı							
68	ZEMİN KAT DUVAR BİLGİLERİ															
69																
70	X YÖNÜ DUVARLAR															
71		KALINLIK (m)	BOY (m)	YÜKSEKLİK (m)	HATIL KALINLIK (m)	HATIL YÜKSEKLİK (m)	BOŞLUK PARAPET KALINLIĞI (m)	BOŞLUK PARAPET YÜKSEKLİĞİ (m)	*BOŞLUK PARAPET BOYU (m)	DÖŞEME KISA KENAR UZUNLUĞU (m)	HAREKETLİ YÜK (kN/m2)	**X ORJİN NOKTASINA DİK UZAKLIĞI (m)	DUVAR KAYMA RİJİTLİK KATSAYISI (k)	DÖŞEME YÜKÜ (kN/m2)	TOPLAM YÜK (kN)	
72	1 NOLU DUVAR	0.81	1.76	5.14	0	0	0.81	2	1.55	5.67	0.5	1.95	1.2	7.85	843.5136	
73	2 NOLU DUVAR	0.81	2.62	5.14	0	0	0.81	2.4	2.42	5.67	0.5	1.95	1	7.85	1328.397	
74	3 NOLU DUVAR	0.81	1.55	5.14	0	0	0.81	2.4	1.76	5.67	0.5	1.95	1	7.85	1051.752	
75	4 NOLU DUVAR	0.81	1.7	5.14	0	0	0.81	2.5	1.92	3	0.5	1.95	1.2	7.85	939.8802	
76	5 NOLU DUVAR	0.81	0.81	5.14	0	0	0.81	2.5	1.02	3	0.5	1.95	1.2	7.85	515.7486	
77	6 NOLU DUVAR	0.82	2.34	5.14	0	0	0.82	2.5	1.03	4.6	0.5	0.41	1.2	7.85	1081.643	
78	7 NOLU DUVAR	0.82	2.26	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.6	0.5	0.41	1.2	7.85	1097.1	
79	8 NOLU DUVAR	0.82	1.27	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	2.3	0.5	0.41	1.2	7.85	673.3612	
80	9 NOLU DUVAR	0.82	1.26	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.76	0.5	0.41	1	7.85	699.5881	
81	10 NOLU DUVAR	0.82	1.3	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.76	0.5	0.41	1.2	7.85	705.0629	
82	11 NOLU DUVAR	0.82	1.29	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.37	0.5	0.41	1	7.85	727.2265	
83	12 NOLU DUVAR	0.82	1.8	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.32	0.5	0.41	1.2	7.85	809.5053	
84	13 NOLU DUVAR	0.82	1.67	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.32	0.5	0.41	1	7.85	927.7796	
85	14 NOLU DUVAR	0.82	1.26	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.32	0.5	0.41	1	7.85	625.7823	
86	15 NOLU DUVAR	0.82	1.27	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	4.32	0.5	0.41	1	7.85	628.382	
87	16 NOLU DUVAR	0.82	0.6	5.14	0	0	0.82	1.4	2.06	4.32	0.5	0.41	1.2	7.85	679.5575	
88	17 NOLU DUVAR	0.82	0.6	5.14	0	0	0.82	1.4	2.06	5.2	0.5	0.41	1	7.85	477.0592	
89	18 NOLU DUVAR	0.82	1.35	5.14	0	0	0.82	1.4	2.06	5.1	0.5	0.41	1.2	7.85	781.5481	
90	19 NOLU DUVAR	0.82	1.64	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	5.1	0.5	0.41	1	7.85	621.4584	
91	20 NOLU DUVAR	0.82	1.17	5.14	0	0	0.82	1.2	2.06	5.1	0.5	0.41	1.2	7.85	568.1853	
92	21 NOLU DUVAR	0.81	0.3	5.14	0	0	0.81	1.4	0.96	1.67	0.5	3.08	1.2	7.85	352.4714	
93	22 NOLU DUVAR	0.81	1.7	5.14	0	0	0.81	1.4	2.3	3	0.5	3.08	1.2	7.85	705.085	
94	23 NOLU DUVAR	0.81	2	5.14	0	0	0.81	2.5	2.68	3	0.5	3.08	1.2	7.85	1147.184	

Şekil 9.7: Yapı Duvar Bilgilerinin Programa Girilmesi

Yapıda bulunan bütün katlardaki duvar bilgileri programa girdikten sonra program yapı toplam ağırlığını bularak eşdeğer deprem hesabı yaparak depremden dolayı yapıya gelen yükleri bulur. Türk Deprem Yönetmeliğinde eşdeğer deprem yükü hesabının uygulanabilirliğinin kontrolünü yapar. Katlarda rijitlik ve kütle merkezlerinin yerlerini bularak buna bağlı eksantirisite hesabı yaparak burulma momentinden dolayı yapıya gelen yükleri hesaplar. Bu yükleri duvarların rijitlikleri oranında dağıtarak duvarlarda oluşan kesme kuvvetlerini hesaplar. Bu kesme kuvvetlerinden dolayı oluşan basınç ve kayma gerilmelerini hesaplayarak bunların emniyet gerilmelerini aşıp aşmadığının kontrolünü yapar.

10. BULGULAR

10.1. ANALİZ SONUÇLARI

İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi A Blok binasının eşdeğer deprem hesabı sonuçları BILKA programı çıktılarında görülmektedir.

Program çıktılarından da anlaşılacağı gibi hem aynı katta hem de katlar arasında rijitlik ve kütle merkezlerinin çakışmaması durumu söz konusudur. Bu durum yapıda büyük burulma momentlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle zemin katta bulunup ta üst katlarda devam etmeyen duvarlar bunda çok etkilidir.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESABI

YAPI TOPLAM AĞIRLIĞI	187379,670	kN		
TABAN KESME KUVVETİ (Vt)	131165,77	kN		Rölatif
Z.KAT TOPLAM KESME KUVVETİ(Qz)	131165,77	kN	Wz*Hz	248316 0.1222
1.KAT TOPLAM KESME KUVVETİ(Q1)	115494,305	kN	W1*H1	637500 0.3138
2.KAT TOPLAM KESME KUVVETİ(Q2)	75261,137	kN	W2*H2	1145760 0.5640

KAT ADEDİ	3		TOPLAM Wi*Hi	2031577 1
DEPREM BÖLGE KATSAYISI (A ₀)	0,4	(TDY-2007)		
SPECTRUM KATSAYISI S(T1)	2,5	(TDY-2007)		
DEPREM YAPI ÖNEM KATSAYISI (I)	1,4	(TDY-2007)		
DEPREM YÜKÜ EKSANTİRİSİTESİ (e)	0,05			
DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI Ra(T1)	2	(TDY-2007)		
SÜRTÜNME KATSAYISI	0,75	[12]		
YAPI X YÖNÜ BOYU	70,05	m		
YAPI Y YÖNÜ BOYU	32,2	m		
Z. KAT YERDEN YÜKSEKLİĞİ	4,14	m		
1. KAT YERDEN YÜKSEKLİĞİ	11,18	m		
2. KAT YERDEN YÜKSEKLİĞİ	16,28	m		

ZEMİN KAT AĞIRLIĞI	Y YÖNÜ	X YÖNÜ	KAT TOPLAM	
1. KAT AĞIRLIĞI	24788,592	35191,226	59979,819	
2. KAT AĞIRLIĞI	24367,101	32654,361	57021.462	
TOPLAM BİNA AĞIRLIĞI	29685,459	40692,930	70378.390	
			187379,670	kN

	X-X YÖNÜ(RMY)	Y-Y YÖNÜ(RMX)		DIŞMERKEZLİK	
				(EX)	EY
Z. KAT RİJİTLİK MERKEZİ	13,745	37,620	m	8,675	2,499
1. KAT RİJİTLİK MERKEZİ	17,350	34,694	m	3,901	2,111
2. KAT RİJİTLİK MERKEZİ	17,577	35,166	m	3,514	2,465

	X-X YÖNÜ(KMY)	Y-Y YÖNÜ(KMX)	
1. KAT KÜTLE MERKEZİ	16,849	34,296	m
2. KAT KÜTLE MERKEZİ	16,721	35,154	m

	X YÖNÜ(IRMX)	Y YÖNÜ(IRMY)		TOPLAM RİJİTLİK(IR)
1. KAT RİJİTLİK	4533,031	13470,504		18003,535
2. KAT RİJİTLİK	7121,225	15564,039		22685,264

	MbX	MbY
1. KAT BURULMA MOMENTİ	243845,874	450557,381
2. KAT BURULMA MOMENTİ	185552,569	264465,921

EŞDEĞER DEPREM HESABI KONTROLÜ

$$V_t = \frac{S(T_1) \cdot I \cdot A_o \cdot W_t}{R_a(T_1)} \geq 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W_t$$

KONTROL

$$131165,8 \geq 10493,262 \quad \text{OK}$$

$$\Delta FN = 0.0075 \cdot N \cdot V_t = 2951,230 \quad \text{kN}$$

Zemin kat duvarları basınç kontrolü program çıktısı aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

ZEMİN KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI m ²	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	843,514	1,426	591,690	2500	√
2 NOLU DUVAR	1328,397	2,122	625,953	2500	√
3 NOLU DUVAR	1051,752	1,256	837,716	2500	√
4 NOLU DUVAR	939,880	1,377	682,556	2500	√
5 NOLU DUVAR	515,749	0,656	786,082	2500	√
6 NOLU DUVAR	1081,643	1,919	563,708	2500	√
7 NOLU DUVAR	1097,100	1,853	592,003	2500	√
8 NOLU DUVAR	673,361	1,041	646,592	2500	√
9 NOLU DUVAR	699,588	1,033	677,108	2500	√
10 NOLU DUVAR	705,063	1,066	661,410	2500	√
11 NOLU DUVAR	727,226	1,058	687,490	2500	√
12 NOLU DUVAR	809,505	1,476	548,445	2500	√
13 NOLU DUVAR	927,780	1,369	677,508	2500	√
14 NOLU DUVAR	625,782	1,033	605,674	2500	√
15 NOLU DUVAR	628,382	1,041	603,401	2500	√
16 NOLU DUVAR	679,557	0,492	1381,214	2500	√
17 NOLU DUVAR	477,059	0,492	969,633	2500	√
18 NOLU DUVAR	781,548	1,107	706,006	2500	√
19 NOLU DUVAR	621,458	1,345	462,120	2500	√
20 NOLU DUVAR	568,185	0,959	592,230	2500	√
21 NOLU DUVAR	352,471	0,243	1450,500	2500	√
22 NOLU DUVAR	705,085	1,377	512,044	2500	√
23 NOLU DUVAR	1147,184	1,62	708,138	2500	√
24 NOLU DUVAR	1216,263	1,701	715,028	2500	√
25 NOLU DUVAR	825,255	1,377	599,314	2500	√
26 NOLU DUVAR	1984,840	7,488	265,070	2500	√
3a NOLU DUVAR	1401,934	1,401	1000,453	2500	√
16a NOLU DUVAR	938,800	0,500	1876,850	2500	√
29 NOLU DUVAR	1641,528	3,037	540,545	2500	√
30 NOLU DUVAR	1883,620	4,636	406,347	2500	√
31 NOLU DUVAR	5182,128	16,94	305,911	2500	√
37a NOLU DUVAR	820,805	0,585	1403,085	2500	√
38a NOLU DUVAR	821,328	0,729	1126,650	2500	√
39a NOLU DUVAR	867,271	0,914	949,394	2500	√
59a NOLU DUVAR	848,770	0,85	998,553	2500	√
63a NOLU DUVAR	963,456	0,85	1133,477	2500	√
101 NOLU DUVAR	1235,644	1,925	641,893	2500	√
38 NOLU DUVAR	814,737	1,125	724,211	2500	√
39 NOLU DUVAR	807,701	1,791	450,978	2500	√
40 NOLU DUVAR	432,267	0,495	873,267	2500	√
41 NOLU DUVAR	829,028	0,725	1142,856	2500	√
42 NOLU DUVAR	2536,960	3,869	655,749	2500	√
43 NOLU DUVAR	2484,829	3,752	662,303	2500	√

44 NOLU DUVAR	3134,949	6,599	475,079	2500	√
107 NOLU DUVAR	1013,782	1,016	997,424	2500	√
46 NOLU DUVAR	3278,303	5,28	620,891	2500	√
108 NOLU DUVAR	1866,979	5,003	373,187	2500	√
48 NOLU DUVAR	4598,502	3,675	1251,293	2500	√
49 NOLU DUVAR	5872,968	14,84	395,753	2500	√
102 NOLU DUVAR	921,0412	1,148	802,650	2500	√
103 NOLU DUVAR	915,8995	1,238	740,121	2500	√
104 NOLU DUVAR	896,755	1,147	781,690	2500	√
105 NOLU DUVAR	1852,038	2,501	740,578	2500	√
54 NOLU DUVAR	4670,311	6,44	725,204	2500	√
106 NOLU DUVAR	1522,815	1,094	1391,461	2500	√
56 NOLU DUVAR	3362,248	4,944	680,101	2500	√
57 NOLU DUVAR	442,695	0,813	544,855	2500	√
58 NOLU DUVAR	800,469	0,838	955,784	2500	√
59 NOLU DUVAR	1241,909	1,081	1148,586	2500	√
60 NOLU DUVAR	1107,550	0,85	1303,000	2500	√
61 NOLU DUVAR	1048,689	1,006	1042,176	2500	√
62 NOLU DUVAR	636,039	0,85	748,281	2500	√
63 NOLU DUVAR	1025,294	0,831	1233,436	2500	√
64 NOLU DUVAR	767,0039	1,038	739,281	2500	√
65 NOLU DUVAR	501,415	0,85	589,900	2500	√
66 NOLU DUVAR	697,569	0,944	739,107	2500	√
67 NOLU DUVAR	1189,551	1,164	1021,951	2500	√
68 NOLU DUVAR	1180,789	0,863	1367,762	2500	√
69 NOLU DUVAR	1228,259	1,183	1037,907	2500	√
70 NOLU DUVAR	1008,023	0,863	1167,640	2500	√
71 NOLU DUVAR	1043,015	0,698	1495,362	2500	√
72 NOLU DUVAR	873,359	0,682	1280,585	2500	√
73 NOLU DUVAR	1074,739	1,183	908,179	2500	√
74 NOLU DUVAR	922,623	0,863	1068,717	2500	√
75 NOLU DUVAR	865,429	0,873	991,3279	2500	√
76 NOLU DUVAR	945,251	1,183	798,758	2500	√
77 NOLU DUVAR	843,231	0,702	1201,183	2500	√
78 NOLU DUVAR	942,308	0,702	1342,320	2500	√
79 NOLU DUVAR	929,125	0,694	1338,411	2500	√
80 NOLU DUVAR	1042,294	1,183	880,762	2500	√
81 NOLU DUVAR	1085,284	0,883	1229,505	2500	√
82 NOLU DUVAR	1254,212	1,174	1068,597	2500	√
83 NOLU DUVAR	718,233	0,936	767,343	2500	√
84 NOLU DUVAR	402,002	1,013	397,039	2500	√
85 NOLU DUVAR	260,387	0,8	325,484	2500	√
86 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
87 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
88 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
89 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
90 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
91 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
92 NOLU DUVAR	105,598	0,2	527,989	2500	√
93 NOLU DUVAR	50,423	0,2	252,114	2500	√
94 NOLU DUVAR	50,423	0,2	252,114	2500	√
95 NOLU DUVAR	50,423	0,2	252,114	2500	√

96 NOLU DUVAR	211,311	0,775	272,659	2500	√
97 NOLU DUVAR	246,775	1	246,775	2500	√
98 NOLU DUVAR	225,102	0,8625	260,988	2500	√
99 NOLU DUVAR	256,626	1,0625	241,531	2500	√
100 NOLU DUVAR	200,474	0,70625	283,857	2500	√

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

ZEMİN KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	626,816	1,104	567,768	2500	√
2 NOLU DUVAR	860,284	1,127	763,340	2500	√
3 NOLU DUVAR	1031,053	1,592	647,809	2500	√
4 NOLU DUVAR	823,748	0,833	989,487	2500	√
5 NOLU DUVAR	833,038	0,683	1220,569	2500	√
6 NOLU DUVAR	828,721	0,713	1163,117	2500	√
7 NOLU DUVAR	819,537	0,713	1150,227	2500	√
8 NOLU DUVAR	1257,169	3,222	390,243	2500	√
12a NOLU DUVAR	802,855	2,278	352,500	2500	√
61a NOLU DUVAR	608,194	1,116	544,977	2500	√
11 NOLU DUVAR	659,359	0,920	716,383	2500	√
12 NOLU DUVAR	1595,889	2,714	588,021	2500	√
13 NOLU DUVAR	4618,725	6,585	701,444	2500	√
30a NOLU DUVAR	1192,154	1,325	899,874	2500	√
15 NOLU DUVAR	2821,653	3,375	836,045	2500	√
16 NOLU DUVAR	734,593	1,053	697,752	2500	√
17 NOLU DUVAR	1293,465	0,745	1736,66	2500	√
18 NOLU DUVAR	582,321	0,406	1433,407	2500	√
19 NOLU DUVAR	1134,246	0,96	1181,506	2500	√
20 NOLU DUVAR	1242,945	1,31	948,8132	2500	√
21 NOLU DUVAR	1244,561	1,37	908,439	2500	√
22 NOLU DUVAR	1202,438	1,05	1145,179	2500	√
23 NOLU DUVAR	598,747	0,421	1422,541	2500	√
24 NOLU DUVAR	734,832	2,125	345,803	2500	√
35a NOLU DUVAR	725,333	0,885	819,585	2500	√
26 NOLU DUVAR	1887,584	3,458	545,860	2500	√
41a NOLU DUVAR	647,190	1,006	643,490	2500	√
28 NOLU DUVAR	626,723	1,386	452,181	2500	√
29 NOLU DUVAR	940,534	1,14	825,030	2500	√
30 NOLU DUVAR	1293,160	1,028	1258,550	2500	√
31 NOLU DUVAR	1962,794	2,074	946,563	2500	√
32 NOLU DUVAR	1993,388	2,235	891,896	2500	√
33 NOLU DUVAR	1649,776	1,082	1524,325	2500	√
34 NOLU DUVAR	1652,493	1,138	1452,613	2500	√
35 NOLU DUVAR	1181,394	0,986	1198,168	2500	√
36 NOLU DUVAR	369,956	1,224	302,251	2500	√
37 NOLU DUVAR	708,655	1,08	656,162	2500	√
38 NOLU DUVAR	1130,569	0,702	1610,498	2500	√
39 NOLU DUVAR	2784,268	4,93	564,760	2500	√
40 NOLU DUVAR	2552,177	4,278	596,652	2500	√
41 NOLU DUVAR	1878,803	1,26	1491,114	2500	√

42 NOLU DUVAR	586,145	2,4	244,227	2500	√
45 NOLU DUVAR	1963,719	3,08	637,571	2500	√
46 NOLU DUVAR	940,994	0,338	2788,131	2500	X
49 NOLU DUVAR	778,783	1,26	618,082	2500	√
50 NOLU DUVAR	556,743	0,479	1162,788	2500	√
51 NOLU DUVAR	559,594	0,487	1148,593	2500	√
52 NOLU DUVAR	1141,673	1,445	790,195	2500	√
53 NOLU DUVAR	1135,046	1,026	1106,283	2500	√
54 NOLU DUVAR	1125,918	1,034	1089,317	2500	√
55 NOLU DUVAR	1204,325	1,611	747,471	2500	√
56 NOLU DUVAR	686,127	1,5	457,418	2500	√
58 NOLU DUVAR	647,752	0,928	697,858	2500	√
59 NOLU DUVAR	666,039	0,435	1532,885	2500	√
60 NOLU DUVAR	647,598	2,112	306,628	2500	√
61 NOLU DUVAR	822,678	0,868	947,786	2500	√
62 NOLU DUVAR	721,741	1,098	657,324	2500	√
63 NOLU DUVAR	638,642	0,816	782,650	2500	√
64 NOLU DUVAR	297,969	1,164	255,988	2500	√
65 NOLU DUVAR	255,781	0,789	324,389	2500	√
66 NOLU DUVAR	358,678	0,663	540,952	2500	√
67 NOLU DUVAR	215,375	0,863	249,479	2500	√
68 NOLU DUVAR	194,441	0,35	555,546	2500	√
69 NOLU DUVAR	106,587	0,616	173,030	2500	√
70 NOLU DUVAR	190,408	0,996	191,173	2500	√
71 NOLU DUVAR	173,931	0,894	194,553	2500	√
72 NOLU DUVAR	83,344	0,433	192,303	2500	√
73 NOLU DUVAR	154,376	0,933	165,408	2500	√
74 NOLU DUVAR	105,290	0,626	168,303	2500	√
75 NOLU DUVAR	105,526	0,694	152,010	2500	√
76 NOLU DUVAR	425,848	2,392	178,03	2500	√
77 NOLU DUVAR	335,298	1,716	195,395	2500	√
78 NOLU DUVAR	223,331	1,34	166,665	2500	√
79 NOLU DUVAR	223,331	1,34	166,665	2500	√
80 NOLU DUVAR	106,608	0,702	151,863	2500	√
81 NOLU DUVAR	104,443	0,686	152,161	2500	√
82 NOLU DUVAR	173,843	1,171	148,432	2500	√
83 NOLU DUVAR	152,340	0,918	165,947	2500	√
84 NOLU DUVAR	129,031	0,78	165,425	2500	√
85 NOLU DUVAR	129,878	0,854	152,010	2500	√
86 NOLU DUVAR	131,210	0,864	151,863	2500	√
87 NOLU DUVAR	173,843	1,171	148,432	2500	√
88 NOLU DUVAR	106,608	0,702	151,863	2500	√
89 NOLU DUVAR	162,352	1,016	159,796	2500	√
90 NOLU DUVAR	152,205	0,953	159,796	2500	√
91 NOLU DUVAR	106,750	0,694	153,774	2500	√
92 NOLU DUVAR	229,815	1,243	184,962	2500	√
93 NOLU DUVAR	190,726	0,994	191,878	2500	√
94 NOLU DUVAR	173,843	1,171	148,432	2500	√
95 NOLU DUVAR	132,542	0,874	151,720	2500	√
96 NOLU DUVAR	172,511	1,162	148,511	2500	√
97 NOLU DUVAR	520,197	2,156	241,279	2500	√
98 NOLU DUVAR	514,173	2,128	241,622	2500	√

1. Kat duvar basınç gerilmeleri ve kontrolleri program çıktıları aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

1. KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	555,355	1,088	510,436	2500	√
2 NOLU DUVAR	885,132	1,664	531,930	2500	√
3 NOLU DUVAR	777,246	1,28	607,223	2500	√
4 NOLU DUVAR	664,971	1,339	496,543	2500	√
5 NOLU DUVAR	381,268	0,884	431,543	2500	√
6 NOLU DUVAR	735,299	1,388	529,850	2500	√
7 NOLU DUVAR	753,147	0,982	766,874	2500	√
8 NOLU DUVAR	480,707	0,555	865,983	2500	√
9 NOLU DUVAR	486,052	0,573	847,666	2500	√
10 NOLU DUVAR	486,227	0,567	857,090	2500	√
11 NOLU DUVAR	513,267	0,622	824,922	2500	√
12 NOLU DUVAR	529,315	0,549	964,145	2500	√
13 NOLU DUVAR	664,588	1,007	660,296	2500	√
14 NOLU DUVAR	416,201	0,433	960,980	2500	√
15 NOLU DUVAR	417,493	0,439	950,575	2500	√
16 NOLU DUVAR	551,714	0,915	602,966	2500	√
17 NOLU DUVAR	343,585	0,410	837,196	2500	√
18 NOLU DUVAR	548,351	0,821	668,069	2500	√
19 NOLU DUVAR	354,015	0,405	874,112	2500	√
20 NOLU DUVAR	363,636	0,653	556,529	2500	√
21 NOLU DUVAR	298,939	0,582	513,287	2500	√
22 NOLU DUVAR	445,216	0,614	724,635	2500	√
23 NOLU DUVAR	809,767	1,378	587,661	2500	√
24 NOLU DUVAR	812,307	1,302	624,012	2500	√
25 NOLU DUVAR	532,715	0,921	578,346	2500	√
26 NOLU DUVAR	662,297	1,157	572,426	2500	√
27 NOLU DUVAR	1100,764	1,801	611,366	2500	√
28 NOLU DUVAR	856,933	1,079	794,339	2500	√
29 NOLU DUVAR	1074,133	1,305	823,090	2500	√
30 NOLU DUVAR	1080,285	1,369	789,220	2500	√
31 NOLU DUVAR	2106,632	3,944	534,136	2500	√
32 NOLU DUVAR	728,393	1,014	718,124	2500	√
33 NOLU DUVAR	706,168	0,964	732,616	2500	√
34 NOLU DUVAR	722,967	1,014	712,774	2500	√
35 NOLU DUVAR	714,793	0,983	727,303	2500	√
36 NOLU DUVAR	737,793	1,033	714,085	2500	√
37 NOLU DUVAR	927,280	1,764	525,669	2500	√
38 NOLU DUVAR	598,613	1,26	475,090	2500	√
39 NOLU DUVAR	433,192	0,525	824,814	2500	√
40 NOLU DUVAR	331,584	0,738	449,057	2500	√
41 NOLU DUVAR	670,673	0,868	772,308	2500	√
42 NOLU DUVAR	1784,651	2,548	700,412	2500	√
43 NOLU DUVAR	1755,540	2,496	703,341	2500	√
44 NOLU DUVAR	1963,607	3,808	515,653	2500	√

45 NOLU DUVAR	828,147	1,547	535,325	2500	√
46 NOLU DUVAR	2226,045	4,06	548,287	2500	√
47 NOLU DUVAR	1006,082	1,239	812,011	2500	√
48 NOLU DUVAR	3831,693	7,178	533,811	2500	√
49 NOLU DUVAR	922,543	2,096	440,124	2500	√
50 NOLU DUVAR	691,536	1,418	487,753	2500	√
51 NOLU DUVAR	647,120	1,295	499,552	2500	√
52 NOLU DUVAR	681,386	1,382	493,007	2500	√
53 NOLU DUVAR	1428,454	3,864	369,683	2500	√
54 NOLU DUVAR	3178,323	3,416	930,559	2500	√
55 NOLU DUVAR	1304,701	3,333	391,485	2500	√
56 NOLU DUVAR	2430,611	6,482	375,008	2500	√
57 NOLU DUVAR	225,474	0,343	656,975	2500	√
58 NOLU DUVAR	579,307	0,891	650,176	2500	√
59 NOLU DUVAR	983,191	2,165	454,172	2500	√
60 NOLU DUVAR	884,073	0,601	1471,982	2500	√
61 NOLU DUVAR	800,583	1,033	775,083	2500	√
62 NOLU DUVAR	412,561	0,262	1574,962	2500	√
63 NOLU DUVAR	804,772	2,224	361,858	2500	√
64 NOLU DUVAR	513,972	0,51	1007,789	2500	√
65 NOLU DUVAR	277,937	0,375	741,166	2500	√
66 NOLU DUVAR	552,341	0,921	599,881	2500	√
67 NOLU DUVAR	1013,882	1,56	649,924	2500	√
68 NOLU DUVAR	1050,501	1,821	576,834	2500	√
69 NOLU DUVAR	1049,662	1,68	624,799	2500	√
70 NOLU DUVAR	877,735	1,414	620,570	2500	√
71 NOLU DUVAR	935,618	1,462	639,958	2500	√
72 NOLU DUVAR	768,349	1,462	525,547	2500	√
73 NOLU DUVAR	896,142	1,768	506,867	2500	√
74 NOLU DUVAR	792,335	1,408	562,898	2500	√
75 NOLU DUVAR	733,677	1,188	617,573	2500	√
76 NOLU DUVAR	766,653	1,342	571,276	2500	√
77 NOLU DUVAR	735,210	1,292	569,268	2500	√
78 NOLU DUVAR	834,287	1,345	620,104	2500	√
79 NOLU DUVAR	822,304	1,333	616,882	2500	√
80 NOLU DUVAR	863,696	1,488	580,441	2500	√
81 NOLU DUVAR	952,068	1,726	551,684	2500	√
82 NOLU DUVAR	1077,079	2,109	510,766	2500	√
83 NOLU DUVAR	574,205	1,088	528,004	2500	√
39b NOLU DUVAR	154,121	0,614	251,175	2500	√
63a NOLU DUVAR	89,886	0,224	401,277	2500	√
86 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√
87 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√
88 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√
89 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√
90 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√
91 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√
92 NOLU DUVAR	55,175	0,2	275,874	2500	√

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

1. KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNU	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m2)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m2	EMNİYET GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	378,802	0,756	501,061	2500	√
2 NOLU DUVAR	539,671	0,810	666,630	2500	√
3 NOLU DUVAR	644,227	1,071	601,519	2500	√
4 NOLU DUVAR	545,863	0,663	823,323	2500	√
5 NOLU DUVAR	565,795	0,702	805,975	2500	√
6 NOLU DUVAR	557,954	0,672	830,288	2500	√
7 NOLU DUVAR	556,478	0,648	858,762	2500	√
8 NOLU DUVAR	758,321	1,086	698,270	2500	√
9 NOLU DUVAR	393,578	0,308	1278,679	2500	√
10 NOLU DUVAR	397,530	0,319	1245,394	2500	√
11 NOLU DUVAR	522,533	0,821	636,614	2500	√
12 NOLU DUVAR	1087,937	1,35	805,879	2500	√
13 NOLU DUVAR	3367,023	4,663	722,150	2500	√
14 NOLU DUVAR	984,630	2,074	474,772	2500	√
15 NOLU DUVAR	2264,958	5,639	401,695	2500	√
16 NOLU DUVAR	535,650	0,835	641,497	2500	√
17 NOLU DUVAR	1144,584	2,32	493,355	2500	√
18 NOLU DUVAR	420,298	0,406	1034,581	2500	√
19 NOLU DUVAR	836,430	0,45	1858,732	2500	√
20 NOLU DUVAR	899,698	0,63	1428,093	2500	√
21 NOLU DUVAR	890,703	0,6	1484,505	2500	√
22 NOLU DUVAR	885,473	0,563	1574,175	2500	√
23 NOLU DUVAR	431,733	0,421	1025,737	2500	√
24 NOLU DUVAR	383,542	0,216	1775,657	2500	√
25 NOLU DUVAR	553,319	1,08	512,333	2500	√
26 NOLU DUVAR	1275,018	1,474	865,005	2500	√
27 NOLU DUVAR	489,861	1,386	353,435	2500	√
28 NOLU DUVAR	410,706	0,42	977,872	2500	√
29 NOLU DUVAR	762,602	1,876	406,504	2500	√
30 NOLU DUVAR	1130,840	2,117	534,222	2500	√
31 NOLU DUVAR	1601,770	3,255	492,095	2500	√
32 NOLU DUVAR	1375,270	2,856	481,537	2500	√
33 NOLU DUVAR	1125,755	1,013	1111,857	2500	√
34 NOLU DUVAR	1115,240	1,02	1093,373	2500	√
35 NOLU DUVAR	1021,870	1,2	851,559	2500	√
36 NOLU DUVAR	179,004	0,193	929,889	2500	√
37 NOLU DUVAR	540,169	0,66	818,437	2500	√
38 NOLU DUVAR	1023,961	2,140	478,598	2500	√
39 NOLU DUVAR	1954,956	4,728	413,529	2500	√
40 NOLU DUVAR	1813,419	4,185	433,314	2500	√
41 NOLU DUVAR	1680,930	2,8	600,332	2500	√
42 NOLU DUVAR	198,123	0,214	924,943	2500	√
43 NOLU DUVAR	624,405	1,372	455,105	2500	√
45 NOLU DUVAR	1355,555	2,779	487,715	2500	√
46 NOLU DUVAR	845,806	0,774	1092,772	2500	√
47 NOLU DUVAR	2078,106	2,627	790,967	2500	√

48 NOLU DUVAR	412,249	0,4	1030,880	2500	√
49 NOLU DUVAR	505,036	0,906	557,435	2500	√
50 NOLU DUVAR	360,245	0,342	1053,347	2500	√
51 NOLU DUVAR	361,651	0,342	1057,460	2500	√
52 NOLU DUVAR	804,057	1,32	609,365	2500	√
53 NOLU DUVAR	859,447	1,477	581,887	2500	√
54 NOLU DUVAR	849,038	1,498	566,781	2500	√
55 NOLU DUVAR	910,080	1,631	557,989	2500	√
56 NOLU DUVAR	414,085	0,377	1097,204	2500	√
57 NOLU DUVAR	1298,268	0,377	3440,033	2500	x
58 NOLU DUVAR	509,905	1,066	478,515	2500	√
59 NOLU DUVAR	440,518	0,308	1432,578	2500	√
60 NOLU DUVAR	302,685	1,5	201,79	2500	√
61 NOLU DUVAR	652,021	3,22	202,491	2500	√
62 NOLU DUVAR	514,398	2,148	239,528	2500	√
63 NOLU DUVAR	476,947	1,948	244,852	2500	√
12a NOLU DUVAR	125,008	0,255	490,227	2500	√
13a NOLU DUVAR	98,470	0,235	419,022	2500	√
41a NOLU DUVAR	222,267	0,77	288,658	2500	√
41b NOLU DUVAR	84,144	0,175	480,825	2500	√
30a NOLU DUVAR	129,245	0,521	248,165	2500	√
97 NOLU DUVAR	56,335	0,203	278,197	2500	√
98 NOLU DUVAR	56,335	0,203	278,197	2500	√
99 NOLU DUVAR	56,335	0,203	278,197	2500	√
100 NOLU DUVAR	56,335	0,203	278,197	2500	√

2. Kat duvar basınç gerilmeleri ve kontrolleri program çıktıları aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

2. KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNU	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	294,737	1,377	279,636	2500	√
2 NOLU DUVAR	465,486	2,025	300,313	2500	√
3 NOLU DUVAR	433,791	1,863	309,188	2500	√
4 NOLU DUVAR	349,835	1,863	245,326	2500	√
5 NOLU DUVAR	184,870	0,972	248,481	2500	√
6 NOLU DUVAR	392,966	1,804	313,370	2500	√
7 NOLU DUVAR	448,372	1,722	374,579	2500	√
8 NOLU DUVAR	266,383	0,705	543,416	2500	√
9 NOLU DUVAR	267,850	0,713	540,130	2500	√
10 NOLU DUVAR	269,318	0,722	536,918	2500	√
11 NOLU DUVAR	284,728	0,808	507,130	2500	√
12 NOLU DUVAR	316,283	0,984	462,402	2500	√
13 NOLU DUVAR	354,644	1,333	445,393	2500	√
14 NOLU DUVAR	227,719	0,566	673,525	2500	√
15 NOLU DUVAR	227,719	0,566	673,525	2500	√
16 NOLU DUVAR	288,015	1,312	367,366	2500	√
17 NOLU DUVAR	183,569	0,566	542,943	2500	√

18 NOLU DUVAR	305,819	1,312	347,521	2500	√
19 NOLU DUVAR	195,085	0,574	506,714	2500	√
20 NOLU DUVAR	193,512	0,927	311,362	2500	√
21 NOLU DUVAR	177,798	0,81	279,997	2500	√
22 NOLU DUVAR	271,827	0,988	350,881	2500	√
23 NOLU DUVAR	453,943	1,519	381,264	2500	√
24 NOLU DUVAR	471,388	1,612	373,037	2500	√
25 NOLU DUVAR	309,268	1,199	329,079	2500	√
26 NOLU DUVAR	363,080	1,305	284,545	2500	√
27 NOLU DUVAR	602,977	2,244	334,894	2500	√
28 NOLU DUVAR	511,317	1,714	436,874	2500	√
29 NOLU DUVAR	754,777	2,132	461,581	2500	√
30 NOLU DUVAR	674,364	1,803	487,539	2500	√
31 NOLU DUVAR	1165,180	5,352	299,378	2500	√
32 NOLU DUVAR	397,269	0,754	376,469	2500	√
33 NOLU DUVAR	385,642	0,72	382,581	2500	√
34 NOLU DUVAR	391,843	0,738	379,252	2500	√
35 NOLU DUVAR	390,293	1,019	380,069	2500	√
36 NOLU DUVAR	402,695	1,069	373,8	2500	√
37 NOLU DUVAR	497,449	1,521	285,570	2500	√
38 NOLU DUVAR	300,772	1,177	442,377	2500	√
39 NOLU DUVAR	323,605	1,550	335,481	2500	√
40 NOLU DUVAR	146,900	0,563	419,713	2500	√
41 NOLU DUVAR	411,503	1,349	471,016	2500	√
42 NOLU DUVAR	1082,587	3,845	426,392	2500	√
43 NOLU DUVAR	1065,277	3,767	428,260	2500	√
44 NOLU DUVAR	1055,404	4,243	277,155	2500	√
45 NOLU DUVAR	458,798	1,551	278,904	2500	√
46 NOLU DUVAR	1325,879	3,3	220,980	2500	√
47 NOLU DUVAR	619,832	1,241	549,497	2500	√
48 NOLU DUVAR	2225,555	5,221	382,541	2500	√
49 NOLU DUVAR	457,836	2,285	187,024	2500	√
50 NOLU DUVAR	363,494	1,242	219,501	2500	√
51 NOLU DUVAR	340,998	1,143	223,752	2500	√
52 NOLU DUVAR	359,737	1,306	220,427	2500	√
53 NOLU DUVAR	666,795	2,669	199,879	2500	√
54 NOLU DUVAR	2313,337	6,479	353,881	2500	√
55 NOLU DUVAR	457,190	0,787	406,970	2500	√
56 NOLU DUVAR	1044,385	3,866	276,816	2500	√
57 NOLU DUVAR	122,582	0,603	470,472	2500	√
58 NOLU DUVAR	331,385	1,788	429,144	2500	√
59 NOLU DUVAR	405,981	2,294	409,710	2500	√
60 NOLU DUVAR	667,154	3,9	356,385	2500	√
61 NOLU DUVAR	485,653	2,838	396,193	2500	√
62 NOLU DUVAR	276,608	1,4	457,354	2500	√
63 NOLU DUVAR	215,239	1,231	404,661	2500	√
64 NOLU DUVAR	375,393	1,159	204,412	2500	√
65 NOLU DUVAR	167,782	1,019	411,736	2500	√
66 NOLU DUVAR	306,728	1,240	382,002	2500	√
67 NOLU DUVAR	582,768	2,415	360,067	2500	√
68 NOLU DUVAR	567,053	2,119	357,960	2500	√
69 NOLU DUVAR	594,564	2,483	357,310	2500	√

70 NOLU DUVAR	488,165	2,095	410,913	2500	√
71 NOLU DUVAR	536,325	2,0	399,766	2500	√
72 NOLU DUVAR	418,939	1,744	358,068	2500	√
73 NOLU DUVAR	458,362	2,488	343,652	2500	√
74 NOLU DUVAR	424,993	2,231	355,345	2500	√
75 NOLU DUVAR	411,661	2,134	359,843	2500	√
76 NOLU DUVAR	446,500	2,406	346,231	2500	√
77 NOLU DUVAR	421,456	1,775	356,260	2500	√
78 NOLU DUVAR	480,193	1,786	403,252	2500	√
79 NOLU DUVAR	470,672	1,732	407,720	2500	√
80 NOLU DUVAR	511,108	2,435	391,594	2500	√
81 NOLU DUVAR	492,351	2,144	405,060	2500	√
82 NOLU DUVAR	542,282	2,469	387,414	2500	√
83 NOLU DUVAR	299,342	1,17	373,011	2500	√

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

2. KAT BASINÇ GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM YÜK kN	KESİT ALANI (m ²)	BASINÇ GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	184,076	0,542	339,781	2500	√
2 NOLU DUVAR	289,996	0,748	387,695	2500	√
3 NOLU DUVAR	342,527	0,974	351,851	2500	√
4 NOLU DUVAR	308,640	0,638	483,762	2500	√
5 NOLU DUVAR	320,268	0,682	469,601	2500	√
6 NOLU DUVAR	318,815	0,677	471,271	2500	√
7 NOLU DUVAR	322,448	0,690	467,147	2500	√
8 NOLU DUVAR	427,257	1,064	401,463	2500	√
9 NOLU DUVAR	231,568	0,333	695,921	2500	√
10 NOLU DUVAR	233,039	0,338	688,955	2500	√
11 NOLU DUVAR	296,392	0,842	352,219	2500	√
12 NOLU DUVAR	792,358	2,541	311,829	2500	√
13 NOLU DUVAR	2263,749	5,090	444,710	2500	√
14 NOLU DUVAR	568,764	2,743	207,359	2500	√
15 NOLU DUVAR	1079,390	3,401	317,374	2500	√
16 NOLU DUVAR	290,616	0,54	538,177	2500	√
17 NOLU DUVAR	600,982	1,652	363,703	2500	√
18 NOLU DUVAR	231,567	0,403	574,607	2500	√
19 NOLU DUVAR	516,707	0,964	535,947	2500	√
20 NOLU DUVAR	521,388	0,973	535,636	2500	√
21 NOLU DUVAR	519,3501	0,967	536,963	2500	√
22 NOLU DUVAR	522,819	0,983	532,022	2500	√
23 NOLU DUVAR	239,715	0,428	560,344	2500	√
24 NOLU DUVAR	318,388	1,025	310,622	2500	√
25 NOLU DUVAR	301,887	0,964	313,323	2500	√
26 NOLU DUVAR	894,743	3,18	281,366	2500	√
27 NOLU DUVAR	129,903	0,286	454,602	2500	√
28 NOLU DUVAR	271,505	0,88	308,528	2500	√
29 NOLU DUVAR	328,574	1,1	298,703	2500	√
30 NOLU DUVAR	701,352	2,76	254,113	2500	√

31 NOLU DUVAR	860,735	2,964	290,396	2500	√
32 NOLU DUVAR	539,745	2,48	217,639	2500	√
33 NOLU DUVAR	656,247	0,973	674,180	2500	√
34 NOLU DUVAR	644,993	0,936	688,948	2500	√
35 NOLU DUVAR	745,340	0,96	776,395	2500	√
36 NOLU DUVAR	99,504	0,138	723,665	2500	√
37 NOLU DUVAR	321,714	0,575	559,503	2500	√
38 NOLU DUVAR	557,944	1,972	282,969	2500	√
39 NOLU DUVAR	953,541	4,263	223,705	2500	√
40 NOLU DUVAR	900,182	3,875	232,305	2500	√
41 NOLU DUVAR	1100,157	3,901	282,019	2500	√
42 NOLU DUVAR	135,547	0,221	613,337	2500	√
43 NOLU DUVAR	347,673	0,632	550,289	2500	√
44 NOLU DUVAR	347,361	0,741	468,773	2500	√
45 NOLU DUVAR	740,894	2,448	302,653	2500	√
46 NOLU DUVAR	507,199	0,81	626,172	2500	√
47 NOLU DUVAR	1244,486	2,858	435,516	2500	√
48 NOLU DUVAR	240,259	0,383	628,128	2500	√
49 NOLU DUVAR	284,492	0,860	330,708	2500	√
50 NOLU DUVAR	209,537	0,302	692,741	2500	√
51 NOLU DUVAR	210,944	0,308	684,826	2500	√
52 NOLU DUVAR	439,775	1,226	358,853	2500	√
53 NOLU DUVAR	463,344	1,35	343,218	2500	√
54 NOLU DUVAR	448,656	1,29	347,796	2500	√
55 NOLU DUVAR	482,599	1,397	345,578	2500	√
56 NOLU DUVAR	229,473	0,333	689,108	2500	√
57 NOLU DUVAR	1113,657	3,677	302,881	2500	√
58 NOLU DUVAR	239,7194	0,663	361,568	2500	√
59 NOLU DUVAR	250,961	0,291	861,226	2500	√

Zemin kat kayma gerilmesi ve kontrolü program çıktıları aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

Z. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMN.GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	1162,890	1,426	815,720	843,768	√
2 NOLU DUVAR	1653,199	2,122	779,002	869,465	√
3 NOLU DUVAR	978,0376	1,256	779,002	1028,287	√
4 NOLU DUVAR	1335,982	1,377	970,212	911,917	x
5 NOLU DUVAR	636,556	0,656	970,212	989,562	√
6 NOLU DUVAR	1877,427	1,919	978,438	822,781	x
7 NOLU DUVAR	1214,964	1,853	655,603	844,002	√
8 NOLU DUVAR	682,7451	1,041	655,603	884,944	√
9 NOLU DUVAR	564,474	1,033	546,336	907,831	√
10 NOLU DUVAR	698,873	1,066	655,603	896,057	√
11 NOLU DUVAR	577,914	1,058	546,336	915,617	√
12 NOLU DUVAR	967,670	1,476	655,603	811,334	√
13 NOLU DUVAR	748,152	1,369	546,336	908,131	√
14 NOLU DUVAR	564,474	1,033	546,336	854,255	√

15 NOLU DUVAR	568,954	1,041	546,336	852,551	√
16 NOLU DUVAR	339,806	0,492	690,662	1435,911	√
17 NOLU DUVAR	283,171	0,492	575,552	1127,224	√
18 NOLU DUVAR	764,563	1,107	690,662	929,504	√
19 NOLU DUVAR	734,713	1,345	546,336	746,590	√
20 NOLU DUVAR	628,986	0,959	655,603	844,172	√
21 NOLU DUVAR	165,385	0,243	680,595	1487,875	√
22 NOLU DUVAR	937,179	1,377	680,595	784,033	√
23 NOLU DUVAR	1561,97	1,62	964,176	931,104	x
24 NOLU DUVAR	1366,720	1,701	803,480	936,271	√
25 NOLU DUVAR	1327,671	1,377	964,176	849,485	x
26 NOLU DUVAR	6508,689	7,488	869,216	598,802	x
3a NOLU DUVAR	1309,940	1,401	934,803	1150,340	√
16a NOLU DUVAR	287,891	0,500	575,552	1807,638	√
29 NOLU DUVAR	2639,635	3,037	869,216	805,409	x
30 NOLU DUVAR	4029,250	4,636	869,216	704,760	x
31 NOLU DUVAR	14724,517	16,94	869,216	629,433	x
37a NOLU DUVAR	508,491	0,585	869,216	1452,314	√
38a NOLU DUVAR	633,658	0,729	869,216	1244,987	√
39a NOLU DUVAR	823,008	0,914	900,939	1112,045	√
59a NOLU DUVAR	424,754	0,85	499,711	1148,914	√
63a NOLU DUVAR	561,039	0,85	660,046	1250,108	√
101 NOLU DUVAR	1412,129	1,925	733,574	881,420	√
38 NOLU DUVAR	816,240	1,125	725,547	943,158	√
39 NOLU DUVAR	1559,345	1,791	870,656	738,233	x
40 NOLU DUVAR	446,704	0,495	902,432	1054,950	√
41 NOLU DUVAR	621,633	0,725	856,952	1257,142	√
42 NOLU DUVAR	2762,812	3,869	714,126	891,811	√
43 NOLU DUVAR	2679,260	3,752	714,126	896,727	√
44 NOLU DUVAR	5654,853	6,599	856,952	756,309	x
107 NOLU DUVAR	1276,894	1,016	1256,291	1148,068	x
46 NOLU DUVAR	4866,721	5,28	921,728	865,668	x
108 NOLU DUVAR	2442,895	5,003	488,305	679,890	√
48 NOLU DUVAR	4143,453	3,675	1127,470	1338,470	√
49 NOLU DUVAR	16731,659	14,84	1127,470	696,814	x
102 NOLU DUVAR	1225,971	1,148	1068,384	1001,988	x
103 NOLU DUVAR	1322,126	1,238	1068,384	955,091	x
104 NOLU DUVAR	1225,650	1,147	1068,384	986,268	x
105 NOLU DUVAR	2671,815	2,501	1068,384	955,434	x
54 NOLU DUVAR	6950,613	6,44	1079,288	943,903	x
106 NOLU DUVAR	1169,240	1,094	1068,384	1443,596	√
56 NOLU DUVAR	5335,729	4,944	1079,288	910,076	x
57 NOLU DUVAR	553,516	0,813	681,250	808,642	√
58 NOLU DUVAR	570,547	0,838	681,250	1116,838	√
59 NOLU DUVAR	736,602	1,081	681,250	1261,440	√
60 NOLU DUVAR	579,063	0,85	681,250	1377,250	√
61 NOLU DUVAR	685,508	1,006	681,250	1181,631	√
62 NOLU DUVAR	579,063	0,85	681,250	961,211	√
63 NOLU DUVAR	566,289	0,831	681,250	1325,077	√
64 NOLU DUVAR	706,797	1,038	681,250	954,461	√
65 NOLU DUVAR	579,063	0,85	681,250	842,425	√
66 NOLU DUVAR	403,708	0,944	427,747	954,330	√

67 NOLU DUVAR	497,898	1,164	427,747	1166,464	√
68 NOLU DUVAR	369,274	0,863	427,747	1425,822	√
69 NOLU DUVAR	506,196	1,183	427,747	1178,430	√
70 NOLU DUVAR	369,274	0,863	427,747	1275,730	√
71 NOLU DUVAR	298,354	0,698	427,747	1521,521	√
72 NOLU DUVAR	291,724	0,682	427,747	1360,439	√
73 NOLU DUVAR	506,196	1,183	427,747	1081,135	√
74 NOLU DUVAR	369,274	0,863	427,747	1201,538	√
75 NOLU DUVAR	373,423	0,873	427,747	1143,496	√
76 NOLU DUVAR	506,196	1,183	427,747	999,069	√
77 NOLU DUVAR	300,278	0,702	427,747	1300,887	√
78 NOLU DUVAR	300,278	0,702	427,747	1406,740	√
79 NOLU DUVAR	296,942	0,694	427,747	1403,808	√
80 NOLU DUVAR	506,196	1,183	427,747	1060,572	√
81 NOLU DUVAR	377,572	0,883	427,747	1322,129	√
82 NOLU DUVAR	502,047	1,174	427,747	1201,448	√
83 NOLU DUVAR	400,371	0,936	427,747	975,507	√
84 NOLU DUVAR	689,766	1,013	681,250	697,779	√
85 NOLU DUVAR	545,000	0,8	681,250	644,113	x
86 NOLU DUVAR	78,234	0,2	391,168	795,992	√
87 NOLU DUVAR	78,234	0,2	391,168	795,992	√
88 NOLU DUVAR	78,234	0,2	391,168	795,992	√
89 NOLU DUVAR	78,234	0,2	391,168	795,992	√
90 NOLU DUVAR	80,063	0,2	400,313	795,992	√
91 NOLU DUVAR	80,063	0,2	400,313	795,992	√
92 NOLU DUVAR	80,063	0,2	400,313	795,992	√
93 NOLU DUVAR	80,063	0,2	400,313	589,086	√
94 NOLU DUVAR	80,063	0,2	400,313	589,086	√
95 NOLU DUVAR	80,063	0,2	400,313	589,086	√
96 NOLU DUVAR	527,969	0,775	681,250	604,494	x
97 NOLU DUVAR	681,250	1	681,250	585,081	x
98 NOLU DUVAR	587,578	0,863	681,250	595,741	x
99 NOLU DUVAR	723,829	1,063	681,250	581,148	x
100 NOLU DUVAR	481,133	0,706	681,250	612,893	x

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

Z. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNU	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMN GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	1444,608	1,104	1308,522	825,825	x
2 NOLU DUVAR	1228,920	1,127	1090,435	972,505	x
3 NOLU DUVAR	2082,643	1,592	1308,522	885,857	x
4 NOLU DUVAR	907,787	0,833	1090,435	1142,116	√
5 NOLU DUVAR	744,222	0,683	1090,435	1315,427	√
6 NOLU DUVAR	776,935	0,713	1090,435	1272,337	√
7 NOLU DUVAR	776,935	0,713	1090,435	1262,670	√
8 NOLU DUVAR	2451,230	3,222	760,897	692,682	x
12a NOLU DUVAR	3416,034	2,278	1499,839	664,375	x
61a NOLU DUVAR	1263,234	1,116	1131,930	808,733	x
11 NOLU DUVAR	583,608	0,920	634,0810	937,287	√
12 NOLU DUVAR	1804,028	2,714	664,712	841,016	√
13 NOLU DUVAR	9875,841	6,585	1499,839	926,083	x
30a NOLU DUVAR	578,582	1,325	436,731	1074,906	√
15 NOLU DUVAR	2065,019	3,375	611,858	1027,034	√
16 NOLU DUVAR	1310,348	1,053	1244,631	923,314	x
17 NOLU DUVAR	927,001	0,745	1244,631	1702,495	√
18 NOLU DUVAR	250,975	0,406	617,7858	1475,055	√
19 NOLU DUVAR	593,074	0,96	617,7858	1286,130	√
20 NOLU DUVAR	809,299	1,31	617,7858	1111,610	√
21 NOLU DUVAR	846,367	1,37	617,7858	1081,329	√
22 NOLU DUVAR	648,675	1,05	617,7858	1258,884	√
23 NOLU DUVAR	260,026	0,421	617,7858	1466,906	√
24 NOLU DUVAR	1132,230	2,125	532,814	659,353	√
35a NOLU DUVAR	966,188	0,885	1091,738	1014,689	x
26 NOLU DUVAR	1560,907	3,458	451,390	809,395	√
41a NOLU DUVAR	589,6182	1,006	586,247	882,617	√
28 NOLU DUVAR	576,789	1,386	416,154	739,136	√
29 NOLU DUVAR	474,415	1,14	416,154	1018,773	√
30 NOLU DUVAR	448,742	1,028	436,731	1343,912	√
31 NOLU DUVAR	966,824	2,074	466,254	1109,923	√
32 NOLU DUVAR	38259,114	2,235	1711,817	1068,922	x
33 NOLU DUVAR	18526,997	1,082	1711,817	1543,243	x
34 NOLU DUVAR	19473,632	1,138	1711,817	1489,460	x
35 NOLU DUVAR	1076,4540	0,986	1091,738	1298,626	√
36 NOLU DUVAR	626,646	1,224	511,966	626,688	√
37 NOLU DUVAR	552,923	1,08	511,966	892,121	√
38 NOLU DUVAR	299,500	0,702	426,638	1607,873	√
39 NOLU DUVAR	2514,600	4,93	510,061	823,570	√
40 NOLU DUVAR	2409,906	4,278	563,391	847,489	√
41 NOLU DUVAR	738,672	1,26	586,247	1518,335	√
42 NOLU DUVAR	1500,703	2,4	625,293	583,170	x
45 NOLU DUVAR	4452,910	3,08	1445,750	878,178	x
46 NOLU DUVAR	487,941	0,338	1445,750	2491,098	√
49 NOLU DUVAR	1720,856	1,26	1365,759	863,561	x
50 NOLU DUVAR	544,938	0,479	1138,132	1272,091	√

51 NOLU DUVAR	554,498	0,487	1138,132	1261,445	√
52 NOLU DUVAR	1228,63	1,445	850,378	992,646	√
53 NOLU DUVAR	727,073	1,026	708,648	1229,712	√
54 NOLU DUVAR	732,459	1,034	708,648	1216,988	√
55 NOLU DUVAR	1370,13	1,611	850,378	960,603	√
56 NOLU DUVAR	1904,37	1,5	1269,578	743,064	x
58 NOLU DUVAR	542,594	0,928	584,566	923,394	√
59 NOLU DUVAR	444,999	0,435	1024,164	1549,664	√
60 NOLU DUVAR	1230,11	2,112	582,438	629,971	√
61 NOLU DUVAR	982,515	0,868	1131,930	1110,840	x
62 NOLU DUVAR	1548,058	1,098	1409,889	892,993	x
63 NOLU DUVAR	1150,469	0,816	1409,889	986,987	x
64 NOLU DUVAR	698,6258	1,164	600,194	591,991	x
65 NOLU DUVAR	1182,623	0,789	1499,839	643,292	x
66 NOLU DUVAR	828,724	0,663	1249,866	805,714	x
67 NOLU DUVAR	491,222	0,863	569,005	587,109	√
68 NOLU DUVAR	497,415	0,35	1421,185	816,660	x
69 NOLU DUVAR	875,450	0,616	1421,185	529,773	x
70 NOLU DUVAR	1575,721	0,996	1582,050	543,380	x
71 NOLU DUVAR	1414,352	0,894	1582,050	545,915	x
72 NOLU DUVAR	231,817	0,433	534,880	544,227	√
73 NOLU DUVAR	563,492	0,933	603,763	524,056	x
74 NOLU DUVAR	377,714	0,626	603,763	526,227	x
75 NOLU DUVAR	349,277	0,694	503,136	514,008	√
76 NOLU DUVAR	1359,916	2,392	568,527	533,523	x
77 NOLU DUVAR	936,371	1,716	545,671	546,546	√
78 NOLU DUVAR	668,669	1,34	499,007	524,999	√
79 NOLU DUVAR	668,669	1,34	499,007	524,999	√
80 NOLU DUVAR	331,474	0,702	472,185	513,898	√
81 NOLU DUVAR	304,770	0,686	444,012	514,1201	√
82 NOLU DUVAR	481,454	1,171	411,077	511,324	√
83 NOLU DUVAR	416,999	0,918	454,247	524,460	√
84 NOLU DUVAR	354,313	0,78	454,247	524,069	√
85 NOLU DUVAR	323,424	0,854	378,539	514,008	√
86 NOLU DUVAR	299,630	0,864	346,795	513,898	√
87 NOLU DUVAR	426,252	1,171	363,943	511,324	√
88 NOLU DUVAR	278,330	0,702	396,481	513,898	√
89 NOLU DUVAR	556,925	1,016	548,155	519,847	x
90 NOLU DUVAR	522,117	0,953	548,155	519,847	x
91 NOLU DUVAR	317,107	0,694	456,795	515,331	√
92 NOLU DUVAR	1885,945	1,243	1517,86	538,722	x
93 NOLU DUVAR	1508,756	0,994	1517,86	543,908	x
94 NOLU DUVAR	572,177	1,171	488,539	511,324	√
95 NOLU DUVAR	455,213	0,874	521,077	513,790	x
96 NOLU DUVAR	640,314	1,162	551,234	511,384	x
97 NOLU DUVAR	1319,165	2,156	611,858	580,959	x
98 NOLU DUVAR	1302,033	2,128	611,858	581,217	x

1. kat kayma gerilmesi ve kontrolü program çıktıları aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

1. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m ²)	KAYMA GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	1053,035	1,088	967,863	782,827	X
2 NOLU DUVAR	1342,104	1,664	806,553	798,948	X
3 NOLU DUVAR	1238,865	1,28	967,863	855,417	X
4 NOLU DUVAR	1296,162	1,339	967,863	772,407	X
5 NOLU DUVAR	855,107	0,884	967,863	723,657	X
6 NOLU DUVAR	1352,669	1,388	974,721	797,387	X
7 NOLU DUVAR	797,728	0,982	812,267	975,155	√
8 NOLU DUVAR	450,890	0,555	812,267	1049,488	√
9 NOLU DUVAR	465,754	0,573	812,267	1035,749	√
10 NOLU DUVAR	460,799	0,567	812,267	1042,817	√
11 NOLU DUVAR	505,393	0,622	812,267	1018,692	√
12 NOLU DUVAR	535,122	0,549	974,721	1123,109	√
13 NOLU DUVAR	817,547	1,007	812,267	895,222	√
14 NOLU DUVAR	351,793	0,433	812,267	1120,735	√
15 NOLU DUVAR	356,748	0,439	812,267	1112,931	√
16 NOLU DUVAR	891,869	0,915	974,721	852,224	X
17 NOLU DUVAR	333,354	0,410	812,267	1027,897	√
18 NOLU DUVAR	800,051	0,821	974,721	901,052	X
19 NOLU DUVAR	328,968	0,405	812,267	1055,584	√
20 NOLU DUVAR	636,883	0,653	974,721	817,397	X
21 NOLU DUVAR	560,779	0,582	962,876	784,965	X
22 NOLU DUVAR	591,591	0,614	962,876	943,476	X
23 NOLU DUVAR	1326,795	1,378	962,876	840,746	X
24 NOLU DUVAR	1044,520	1,302	802,397	868,009	√
25 NOLU DUVAR	886,905	0,921	962,876	833,760	X
26 NOLU DUVAR	1042,656	1,157	901,172	829,320	X
27 NOLU DUVAR	1352,134	1,801	750,977	858,524	√
28 NOLU DUVAR	972,185	1,079	901,172	995,754	√
29 NOLU DUVAR	1176,030	1,305	901,172	1017,318	√
30 NOLU DUVAR	1233,525	1,369	901,172	991,915	√
31 NOLU DUVAR	3554,223	3,944	901,172	800,602	X

32 NOLU DUVAR	1315,691	1,014	1297,142	938,593	x
33 NOLU DUVAR	1250,315	0,964	1297,142	949,462	x
34 NOLU DUVAR	1578,829	1,014	1556,570	934,581	x
35 NOLU DUVAR	1274,831	0,983	1297,142	945,477	x
36 NOLU DUVAR	1340,207	1,033	1297,142	935,564	x
37 NOLU DUVAR	2745,790	1,764	1556,570	794,252	x
38 NOLU DUVAR	948,925	1,26	753,115	756,317	√
39 NOLU DUVAR	543,267	0,525	1034,400	1018,611	x
40 NOLU DUVAR	763,801	0,738	1034,400	736,793	x
41 NOLU DUVAR	885,094	0,868	1019,223	979,231	x
42 NOLU DUVAR	2164,151	2,548	849,353	925,309	√
43 NOLU DUVAR	2119,985	2,496	849,353	927,506	√
44 NOLU DUVAR	3660,680	3,808	961,313	786,740	x
45 NOLU DUVAR	1487,151	1,547	961,313	801,494	x
46 NOLU DUVAR	3580,080	4,06	881,793	811,215	x
47 NOLU DUVAR	1092,542	1,239	881,793	1009,008	√
48 NOLU DUVAR	6329,511	7,178	881,793	800,358	x
49 NOLU DUVAR	3163,802	2,096	1509,376	730,092	x
50 NOLU DUVAR	1783,327	1,418	1257,813	765,815	x
51 NOLU DUVAR	1629,371	1,295	1257,813	774,664	x
52 NOLU DUVAR	1738,423	1,382	1257,813	769,756	x
53 NOLU DUVAR	3899,863	3,864	1009,281	677,262	x
54 NOLU DUVAR	3447,200	3,416	1009,281	1097,919	√
55 NOLU DUVAR	3363,632	3,333	1009,281	693,613	x
56 NOLU DUVAR	6541,656	6,482	1009,281	681,256	x
57 NOLU DUVAR	331,0305	0,343	964,541	892,731	x
58 NOLU DUVAR	859,406	0,891	964,541	887,632	x
59 NOLU DUVAR	2088,040	2,165	964,541	740,629	x
60 NOLU DUVAR	579,303	0,601	964,541	1503,987	√
61 NOLU DUVAR	996,275	1,033	964,541	981,312	√
62 NOLU DUVAR	252,662	0,262	964,541	1581,222	√
63 NOLU DUVAR	2145,140	2,224	964,541	671,393	x
64 NOLU DUVAR	525,544	0,51	1030,479	1155,842	√
65 NOLU DUVAR	386,430	0,375	1030,479	955,874	x
66 NOLU DUVAR	886,811	0,921	963,139	849,911	x
67 NOLU DUVAR	1252,081	1,56	802,616	887,443	√
68 NOLU DUVAR	1461,684	1,821	802,616	832,625	√
69 NOLU DUVAR	1618,074	1,68	963,139	868,599	x
70 NOLU DUVAR	1135,220	1,414	802,616	865,428	√

71 NOLU DUVAR	1408,110	1,462	963,139	879,968	x
72 NOLU DUVAR	1408,110	1,462	963,139	794,160	x
73 NOLU DUVAR	1702,830	1,768	963,139	780,151	x
74 NOLU DUVAR	1129,762	1,408	802,616	822,173	√
75 NOLU DUVAR	1144,210	1,188	963,139	863,180	x
76 NOLU DUVAR	1292,533	1,342	963,139	828,457	x
77 NOLU DUVAR	1243,894	1,292	963,139	826,951	x
78 NOLU DUVAR	1295,808	1,345	963,139	865,078	x
79 NOLU DUVAR	1069,888	1,333	802,616	862,662	√
80 NOLU DUVAR	1433,151	1,488	963,139	835,331	x
81 NOLU DUVAR	1662,138	1,726	963,139	813,763	x
82 NOLU DUVAR	1692,517	2,109	802,616	783,075	x
83 NOLU DUVAR	1047,414	1,0878	963,139	796,003	x
39b NOLU DUVAR	634,708	0,614	1034,400	588,381	x
63a NOLU DUVAR	216,057	0,224	964,541	700,958	x
86 NOLU DUVAR	91,883	0,2	459,414	606,906	√
87 NOLU DUVAR	91,883	0,2	459,414	606,906	√
88 NOLU DUVAR	91,883	0,2	459,414	606,906	√
89 NOLU DUVAR	91,883	0,2	459,414	606,906	√
90 NOLU DUVAR	91,567	0,2	457,837	606,906	√
91 NOLU DUVAR	91,567	0,2	457,837	606,906	√
92 NOLU DUVAR	91,567	0,2	457,837	606,906	√

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

1. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m2)	KAYMA GERİLMESİ kN/m2	EMNİYET GERİLMESİ kN/m2	√
1 NOLU DUVAR	1228,339	0,756	1624,787	775,796	x
2 NOLU DUVAR	1096,122	0,810	1353,989	899,973	x
3 NOLU DUVAR	1740,147	1,071	1624,787	851,139	x
4 NOLU DUVAR	897,695	0,663	1353,989	1017,492	x
5 NOLU DUVAR	950,501	0,702	1353,989	1004,481	x
6 NOLU DUVAR	909,881	0,672	1353,989	1022,716	x
7 NOLU DUVAR	877,385	0,648	1353,989	1044,071	x
8 NOLU DUVAR	1764,519	1,086	1624,787	923,703	x
9 NOLU DUVAR	416,716	0,308	1353,852	1359,010	√

10 NOLU DUVAR	432,150	0,319	1353,852	1334,046	x
11 NOLU DUVAR	1333,490	0,821	1624,623	877,461	x
12 NOLU DUVAR	3305,529	1,35	2448,540	1004,410	x
13 NOLU DUVAR	5817,514	4,663	1247,724	941,612	x
14 NOLU DUVAR	1921,805	2,074	926,662	756,079	x
15 NOLU DUVAR	5118,099	5,639	907,706	701,271	x
16 NOLU DUVAR	1244,369	0,835	1490,263	881,123	x
17 NOLU DUVAR	5559,889	2,32	2396,504	770,016	x
18 NOLU DUVAR	958,467	0,406	2359,303	1175,936	x
19 NOLU DUVAR	1061,686	0,45	2359,303	1794,049	x
20 NOLU DUVAR	1238,634	0,63	1966,086	1471,070	x
21 NOLU DUVAR	1179,651	0,6	1966,086	1513,379	x
22 NOLU DUVAR	1105,923	0,563	1966,086	1580,631	x
23 NOLU DUVAR	993,031	0,421	2359,303	1169,303	x
24 NOLU DUVAR	483,589	0,216	2238,839	1731,743	x
25 NOLU DUVAR	2417,946	1,08	2238,839	784,250	x
26 NOLU DUVAR	3135,959	1,474	2127,516	1048,754	x
27 NOLU DUVAR	2948,738	1,386	2127,516	665,076	x
28 NOLU DUVAR	592,560	0,42	1410,857	1133,404	x
29 NOLU DUVAR	2646,767	1,876	1410,857	704,878	x
30 NOLU DUVAR	4647,698	2,117	2195,624	800,666	x
31 NOLU DUVAR	4434,025	3,255	1362,220	769,071	x
32 NOLU DUVAR	4050,383	2,856	1418,201	761,153	x
33 NOLU DUVAR	1196,607	1,013	1181,834	1233,892	√
34 NOLU DUVAR	1205,471	1,02	1181,834	1220,029	√
35 NOLU DUVAR	1038,432	1,2	865,360	1038,669	√
36 NOLU DUVAR	308,846	0,193	1604,395	1097,417	x
37 NOLU DUVAR	1058,901	0,66	1604,395	1013,828	x
38 NOLU DUVAR	3432,603	2,140	1604,395	758,949	x
39 NOLU DUVAR	4435,038	4,728	938,136	710,146	x
40 NOLU DUVAR	3840,744	4,185	917,740	724,986	x
41 NOLU DUVAR	4694,926	2,8	1676,759	850,249	x
42 NOLU DUVAR	364,587	0,214	1702,087	1093,707	x
43 NOLU DUVAR	2335,263	1,372	1702,087	741,329	x
45 NOLU DUVAR	4758,436	2,779	1712,037	765,786	x
46 NOLU DUVAR	1325,117	0,774	1712,037	1219,579	x
47 NOLU DUVAR	3748,363	2,627	1426,698	993,225	x
48 NOLU DUVAR	684,644	0,4	1712,037	1173,159	x
49 NOLU DUVAR	1473,485	0,906	1626,363	818,076	x

50 NOLU DUVAR	463,514	0,342	1355,303	1190,010	x
51 NOLU DUVAR	463,514	0,342	1355,303	1193,095	x
52 NOLU DUVAR	1983,502	1,320	1503,222	857,0234	x
53 NOLU DUVAR	1850,216	1,477	1252,685	836,415	x
54 NOLU DUVAR	1876,522	1,498	1252,685	825,086	x
55 NOLU DUVAR	2451,755	1,631	1503,222	818,492	x
56 NOLU DUVAR	511,491	0,377	1355,303	1222,903	x
57 NOLU DUVAR	511,491	0,377	1355,303	2980,025	√
58 NOLU DUVAR	1733,053	1,066	1626,363	758,886	x
59 NOLU DUVAR	436,097	0,308	1418,201	1474,433	√
60 NOLU DUVAR	1389,332	1,5	926,221	551,343	x
61 NOLU DUVAR	2712,384	3,22	842,355	551,868	x
62 NOLU DUVAR	3139,935	2,148	1462,101	579,646	x
63 NOLU DUVAR	2848,026	1,948	1462,101	583,639	x
12a NOLU DUVAR	625,368	0,255	2452,424	767,67	x
13a NOLU DUVAR	351,858	0,235	1497,269	714,267	x
41a NOLU DUVAR	1291,105	0,77	1676,759	616,494	x
41b NOLU DUVAR	293,433	0,175	1676,759	760,619	x
30a NOLU DUVAR	1143,481	0,521	2195,624	586,124	x
97 NOLU DUVAR	158,041	0,203	780,450	608,648	x
98 NOLU DUVAR	155,937	0,203	0770,057	608,648	x
99 NOLU DUVAR	153,318	0,203	757,128	608,648	x
100 NOLU DUVAR	151,231	0,203	746,818	608,648	x

2. kat kayma gerilmesi ve kontrolü program çıktıları aşağıdadır.

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.1.0

2. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

X YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m ²)	KAYMA GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	735,362	1,377	534,032	609,727	√
2 NOLU DUVAR	901,179	2,025	445,027	625,235	√
3 NOLU DUVAR	994,902	1,863	534,032	631,891	√
4 NOLU DUVAR	994,902	1,863	534,032	583,994	√
5 NOLU DUVAR	519,079	0,972	534,032	586,361	√
6 NOLU DUVAR	972,190	1,804	538,908	635,027	√
7 NOLU DUVAR	773,333	1,722	449,090	680,935	√
8 NOLU DUVAR	316,698	0,705	449,090	807,562	√
9 NOLU DUVAR	320,381	0,713	449,090	805,097	√
10 NOLU DUVAR	324,063	0,722	449,090	802,688	√
11 NOLU DUVAR	362,730	0,808	449,090	780,348	√
12 NOLU DUVAR	530,286	0,984	538,908	746,801	√

13 NOLU DUVAR	598,412	1,333	449,090	734,045	√
14 NOLU DUVAR	254,095	0,566	449,090	905,144	√
15 NOLU DUVAR	254,095	0,566	449,090	905,144	√
16 NOLU DUVAR	707,047	1,312	538,908	675,524	√
17 NOLU DUVAR	254,095	0,566	449,090	807,207	√
18 NOLU DUVAR	707,047	1,312	538,908	660,640	√
19 NOLU DUVAR	257,778	0,574	449,090	780,035	√
20 NOLU DUVAR	499,352	0,927	538,908	633,522	√
21 NOLU DUVAR	429,694	0,81	530,486	609,997	√
22 NOLU DUVAR	436,855	0,988	442,072	663,160	√
23 NOLU DUVAR	805,675	1,519	530,486	685,948	√
24 NOLU DUVAR	712,575	1,612	442,072	679,778	√
25 NOLU DUVAR	635,946	1,199	530,486	646,809	√
26 NOLU DUVAR	546,084	1,305	418,455	613,409	√
27 NOLU DUVAR	782,406	2,244	348,713	651,171	√
28 NOLU DUVAR	717,148	1,714	418,455	727,655	√
29 NOLU DUVAR	1148,990	2,132	539,027	746,186	√
30 NOLU DUVAR	971,919	1,803	539,027	765,654	√
31 NOLU DUVAR	3867,990	5,352	722,786	624,534	X
32 NOLU DUVAR	454,000	0,754	602,322	682,352	√
33 NOLU DUVAR	433,672	0,72	602,322	686,936	√
34 NOLU DUVAR	533,416	0,738	722,786	684,439	X
35 NOLU DUVAR	613,615	1,019	602,322	685,052	√
36 NOLU DUVAR	643,731	1,069	602,322	680,350	√
37 NOLU DUVAR	1099,177	1,521	722,786	614,178	X
38 NOLU DUVAR	636,649	1,177	541,023	731,783	√
39 NOLU DUVAR	838,721	1,550	541,023	651,611	√
40 NOLU DUVAR	304,326	0,563	541,023	714,785	√
41 NOLU DUVAR	716,138	1,349	530,709	753,262	√
42 NOLU DUVAR	1700,656	3,845	442,257	719,794	√
43 NOLU DUVAR	1666,160	3,767	442,257	721,195	√
44 NOLU DUVAR	2251,903	4,243	530,709	607,866	√
45 NOLU DUVAR	693,780	1,551	447,312	609,178	√
46 NOLU DUVAR	1724,066	3,3	522,444	565,735	√
47 NOLU DUVAR	648,249	1,241	522,444	812,123	√
48 NOLU DUVAR	2727,747	5,221	522,444	686,906	√
49 NOLU DUVAR	1600,618	2,285	700,550	540,268	X
50 NOLU DUVAR	725,070	1,242	583,792	564,626	X
51 NOLU DUVAR	667,274	1,143	583,792	567,814	X
52 NOLU DUVAR	762,199	1,306	583,792	565,320	X
53 NOLU DUVAR	1869,629	2,669	700,550	549,909	X
54 NOLU DUVAR	3385,021	6,479	522,444	665,411	√
55 NOLU DUVAR	411,268	0,787	522,444	705,228	√
56 NOLU DUVAR	2019,574	3,866	522,444	607,612	√
57 NOLU DUVAR	405,882	0,603	672,964	752,854	√
58 NOLU DUVAR	1202,924	1,788	672,964	721,858	√
59 NOLU DUVAR	1286,343	2,294	560,804	707,282	√
60 NOLU DUVAR	2624,560	3,9	672,964	667,289	X
61 NOLU DUVAR	1909,536	2,838	672,964	697,144	√
62 NOLU DUVAR	942,150	1,4	672,964	743,015	√
63 NOLU DUVAR	828,587	1,231	672,964	703,496	√
64 NOLU DUVAR	788,032	1,159	679,704	553,309	X
65 NOLU DUVAR	692,449	1,019	679,704	708,802	√

66 NOLU DUVAR	656,362	1,240	529,239	686,501	√
67 NOLU DUVAR	1065,225	2,415	441,032	670,050	√
68 NOLU DUVAR	934,746	2,119	441,032	668,470	√
69 NOLU DUVAR	1095,171	2,483	441,032	667,983	√
70 NOLU DUVAR	924,051	2,095	441,032	708,185	√
71 NOLU DUVAR	1058,213	1,999	529,239	699,824	√
72 NOLU DUVAR	769,050	1,744	441,032	668,550	√
73 NOLU DUVAR	1316,772	2,488	529,239	657,739	√
74 NOLU DUVAR	983,943	2,231	441,032	666,508	√
75 NOLU DUVAR	1129,395	2,134	529,239	669,883	√
76 NOLU DUVAR	1273,137	2,406	529,239	659,674	√
77 NOLU DUVAR	939,134	1,775	529,239	667,195	√
78 NOLU DUVAR	945,326	1,786	529,239	702,439	√
79 NOLU DUVAR	763,691	1,732	441,032	705,790	√
80 NOLU DUVAR	1288,537	2,435	529,239	693,695	√
81 NOLU DUVAR	1134,529	2,144	529,239	703,795	√
82 NOLU DUVAR	1088,754	2,469	441,032	690,560	√
83 NOLU DUVAR	619,209	1,170	529,239	679,759	√

BILKA KAGIR YAPI ANALIZI PROGRAMI V.0

2. KAT KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ

Y YÖNÜ	TOPLAM KESME KUVVETİ kN	KESİT (m ²)	KAYMA GERİLMESİ kN/m ²	EMNİYET GERİLMESİ kN/m ²	√
1 NOLU DUVAR	609,021	0,542	1124,174	654,835	X
2 NOLU DUVAR	700,735	0,748	936,812	690,772	X
3 NOLU DUVAR	1094,383	0,974	1124,174	663,889	X
4 NOLU DUVAR	597,686	0,638	936,812	762,821	X
5 NOLU DUVAR	638,905	0,682	936,812	752,201	X
6 NOLU DUVAR	633,753	0,677	936,812	753,453	X
7 NOLU DUVAR	646,634	0,690	936,812	750,360	X
8 NOLU DUVAR	1196,402	1,064	1124,174	701,097	X
9 NOLU DUVAR	311,706	0,333	936,759	921,940	X
10 NOLU DUVAR	316,859	0,338	936,759	916,716	X
11 NOLU DUVAR	945,939	0,842	1124,110	664,164	X
12 NOLU DUVAR	2931,431	2,541	1153,653	633,872	X
13 NOLU DUVAR	5877,635	5,090	1154,651	733,532	X
14 NOLU DUVAR	1812,413	2,743	660,765	555,519	X
15 NOLU DUVAR	2222,390	3,401	653,452	638,031	X
16 NOLU DUVAR	761,444	0,54	1410,082	803,633	X
17 NOLU DUVAR	2330,020	1,652	1410,082	672,777	X
18 NOLU DUVAR	533,811	0,403	1324,593	830,955	X
19 NOLU DUVAR	1064,200	0,964	1103,828	801,961	X
20 NOLU DUVAR	1074,466	0,973	1103,828	801,727	X
21 NOLU DUVAR	1067,622	0,967	1103,828	802,723	X
22 NOLU DUVAR	1084,732	0,983	1103,828	799,017	X
23 NOLU DUVAR	566,661	0,428	1324,593	820,258	X
24 NOLU DUVAR	1427,199	1,025	1392,389	632,967	X
25 NOLU DUVAR	1341,567	0,964	1392,389	634,992	X
26 NOLU DUVAR	3406,217	3,18	1071,137	611,024	X
27 NOLU DUVAR	306,078	0,286	1071,137	740,952	X

28 NOLU DUVAR	1193,674	0,88	1356,448	631,396	X
29 NOLU DUVAR	1492,093	1,1	1356,448	624,028	X
30 NOLU DUVAR	1732,976	2,76	627,890	590,585	X
31 NOLU DUVAR	2454,215	2,964	828,008	617,797	X
32 NOLU DUVAR	2053,460	2,48	828,008	563,229	X
33 NOLU DUVAR	1190,657	0,973	1223,194	905,635	X
34 NOLU DUVAR	1145,154	0,936	1223,194	916,711	X
35 NOLU DUVAR	609,888	0,96	635,300	982,296	√
36 NOLU DUVAR	193,462	0,138	1406,999	942,749	X
37 NOLU DUVAR	809,024	0,575	1406,999	819,627	X
38 NOLU DUVAR	2774,250	1,972	1406,999	612,227	X
39 NOLU DUVAR	2835,380	4,263	665,192	567,778	X
40 NOLU DUVAR	2540,092	3,875	655,508	574,229	X
41 NOLU DUVAR	2567,646	3,901	658,202	611,514	X
42 NOLU DUVAR	321,001	0,221	1452,495	860,003	X
43 NOLU DUVAR	917,686	0,632	1452,495	812,717	X
44 NOLU DUVAR	1109,486	0,741	1497,283	751,580	X
45 NOLU DUVAR	2817,366	2,448	1150,885	626,989	X
46 NOLU DUVAR	932,217	0,81	1150,885	869,629	X
47 NOLU DUVAR	2740,544	2,858	959,071	726,637	X
48 NOLU DUVAR	440,213	0,383	1150,885	871,096	X
49 NOLU DUVAR	965,022	0,860	1121,793	648,031	X
50 NOLU DUVAR	282,762	0,302	934,828	919,556	X
51 NOLU DUVAR	287,950	0,308	934,828	913,620	X
52 NOLU DUVAR	1374,951	1,226	1121,951	669,140	X
53 NOLU DUVAR	1262,195	1,35	934,959	657,414	X
54 NOLU DUVAR	1206,098	1,29	934,959	660,847	X
55 NOLU DUVAR	1566,805	1,397	1121,951	659,183	X
56 NOLU DUVAR	311,298	0,333	934,828	916,831	X
57 NOLU DUVAR	3437,244	3,677	934,828	627,161	X
58 NOLU DUVAR	743,749	0,663	1121,793	671,176	X
59 NOLU DUVAR	303,548	0,291	1041,687	1045,919	√

Değerlendirme:

Katlar arası rijitlik merkezleri ve kütle merkezlerinde farklılık olduğu bulunmuştur. Her iki yönde de büyük burulma gerilmelerinin olduğu bulunmuştur. Yapı duvarlarının oluşan basınç gerilmelerini karşıladığı bulunmuştur. Zemin kat x yönünde 19 duvarın , y yönünde 37 duvarın kayma gerilmelerini sağlayamadığı bulunmuştur. 1. kat x yönünde 55 duvarın, y yönünde 37 duvarın kayma gerilmelerini sağlayamadığı bulunmuştur. 2. kat x yönünde 10 duvarın, y yönünde 57 duvarın kayma gerilmelerini sağlayamadığı bulunmuştur. Y yönü duvarların x yönüne göre daha zorlandığı bulunmuştur. 1 kattaki duvarların diğer katlara göre daha çok zorlandığı bulunmuştur. Yapılan analizde 0,4 g lik ivme oluşması durumunda oluşan gerilmeler bulunduğu yapıdan yapının bulunduğu zeminin depremselliği detaylı incelenerek oluşması muhtemel ivmelere göre yeniden değerlendirme yapılması daha uygun olabilir.

11. SONUÇLAR

Bu çalışma neticesinde yığma yapılar ile ilgili genel sonuçlar:

- Taşıyıcı duvarların kat seviyesinde farklı yer değiştirmeler yapmaması döşeme plaklarının rijit düzenlenmesi ile mümkündür.
- Yığma yapı duvarlarının hesaplama basınç ve kayma gerilmelerini sağlamasının yanında yapıyı yerinde incelemenin büyük önemi vardır.
- Sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan programlar yığma yapı analizinde tek başına yeterli değildir. Bilgisayar modeli oluştururken dikkatli ve titiz davranılmalı, sınır şartları doğru tespit edilmelidir.
- Tarihi yığma yapılara müdahale konusunda uzman inşaat mühendisleri olmalıdır.
- Tarihi yığma yapıların kendine özgü durumlarından dolayı restorasyon çalışmalarında konusunda uzman teknik eleman zorunluluğu ihale şartnamelerine konulmalıdır.
- Üniversitelerin İnşaat Mühendisliği Bölümlerinde tarihi yapıları koruma bilinci için eski eser kürsüleri açılmalı ve yeni yetişen mühendislere konu hakkında teknik bilgi verilmelidir.

Bu çalışmada özgün durumu örnek olarak incelenen İ.Ü. Eczacılık Fakültesi ile ilgili sonuçlar:

- Bu çalışma kapsamında incelenen İ.Ü. Eczacılık Fakültesi A Bloğun bütün duvarlarının basınç gerilmelerini sağladığı görülmüştür.
- İ.Ü. Eczacılık Fakültesi A Bloğun duvarlarının birçoğunun kayma gerilmelerini sağlamadığı belirlenmiştir.
- Kayma gerilmelerinin sağlanamamasında kat yüksekliklerinin fazla olması ve duvar kalınlıklarının az olmasının etkisi büyüktür.
- Yapıda rijitlik ve kütle merkezlerinin çakışmamasından dolayı büyük burulma momentleri oluşmaktadır.
- Yapı merkezinde yapılan güçlendirmenin yapıyı deprem yüklerine karşı daha dayanıklı hale getirdiği düşünülmektedir.

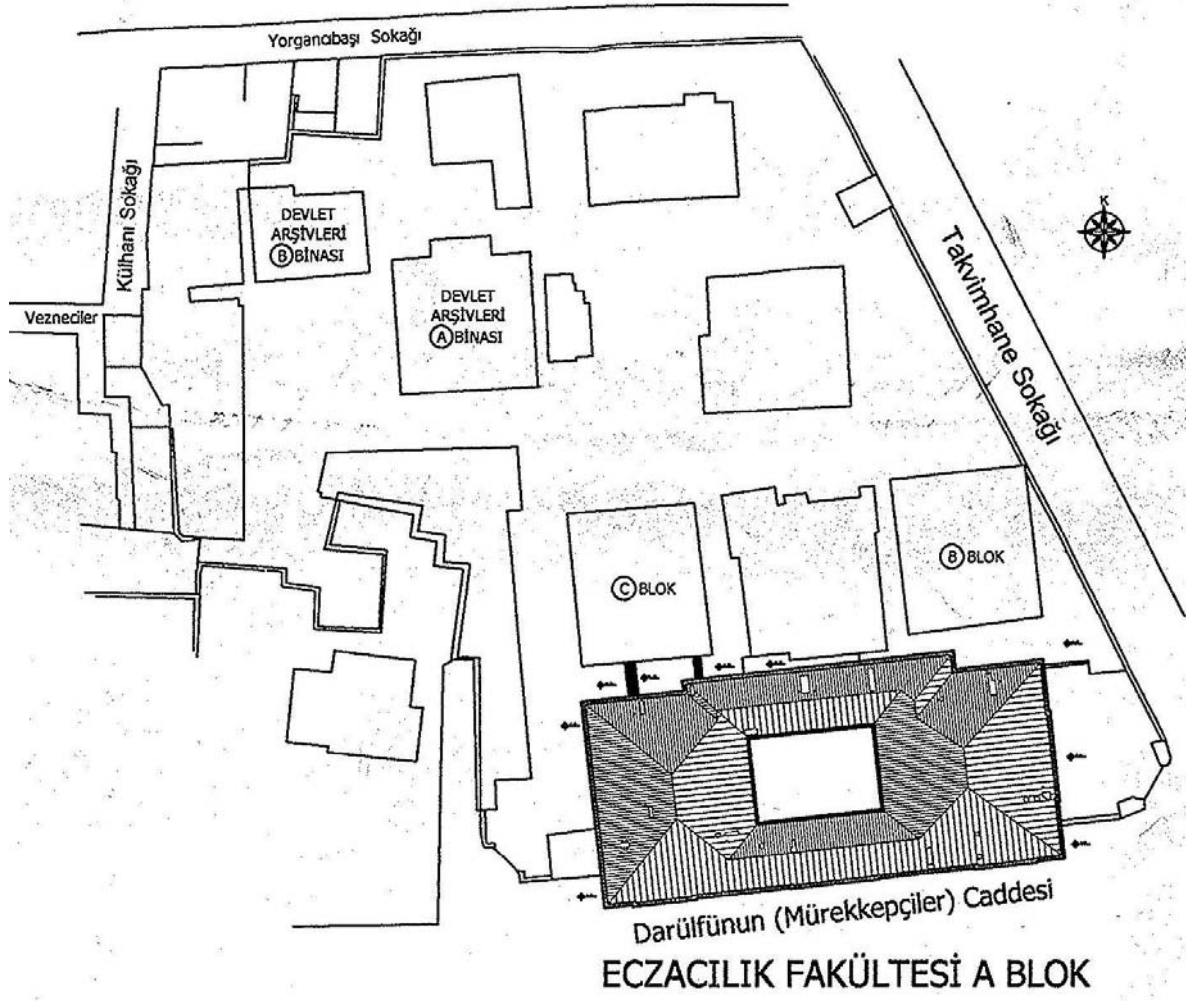
KAYNAKLAR

- [1] ARUN G., 2005, Yığma Kagir Yapı Davranışı, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştay, ODTÜ, Ankara
- [2] BAYRAKTAR A., 2005, Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştay, ODTÜ, Ankara
- [3] KARAŞİN H., KARAESMEN E., 2005, 1 Mayıs Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yığma Yapı Hasarları, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştay, ODTÜ, Ankara
- [4] AYDIN E.Ö., FAHJAN Y.M., ÇÖMLEKÇİOĞLU r., 2007, Deprem Bölgelerindeki Tarihi Kagir Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler, International Earthquake Symposium, Kocaeli
- [5] ATIMTAY E., TUNA M.E., 2006, Yığma Binaların Deprem Davranışı ve Mevcut Binaların Deprem Güvenliğinin Saptanması, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul
- [6] BEKDAŞ G., ÇAVUŞ K., ÖZCAN H., BEKDAŞ D., ÖZTORUN N.K., 2005, Beyoğlu Ticaret Lisesi Örneği ile Yığma Yapı Güçlendirme Prensipleri, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul
- [7] TÜRKER B., 2007, Taş yapıların onarımı hesap esasları yönetmelik önerileri ve depreme karşı güçlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Lisans Bitirme Ödevi, İstanbul
- [8] AKAN A., ÖZEN Ö., 2005, Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli
- [9] BAYÜLKE N., 1999, Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, 6.Baskı, İzmir

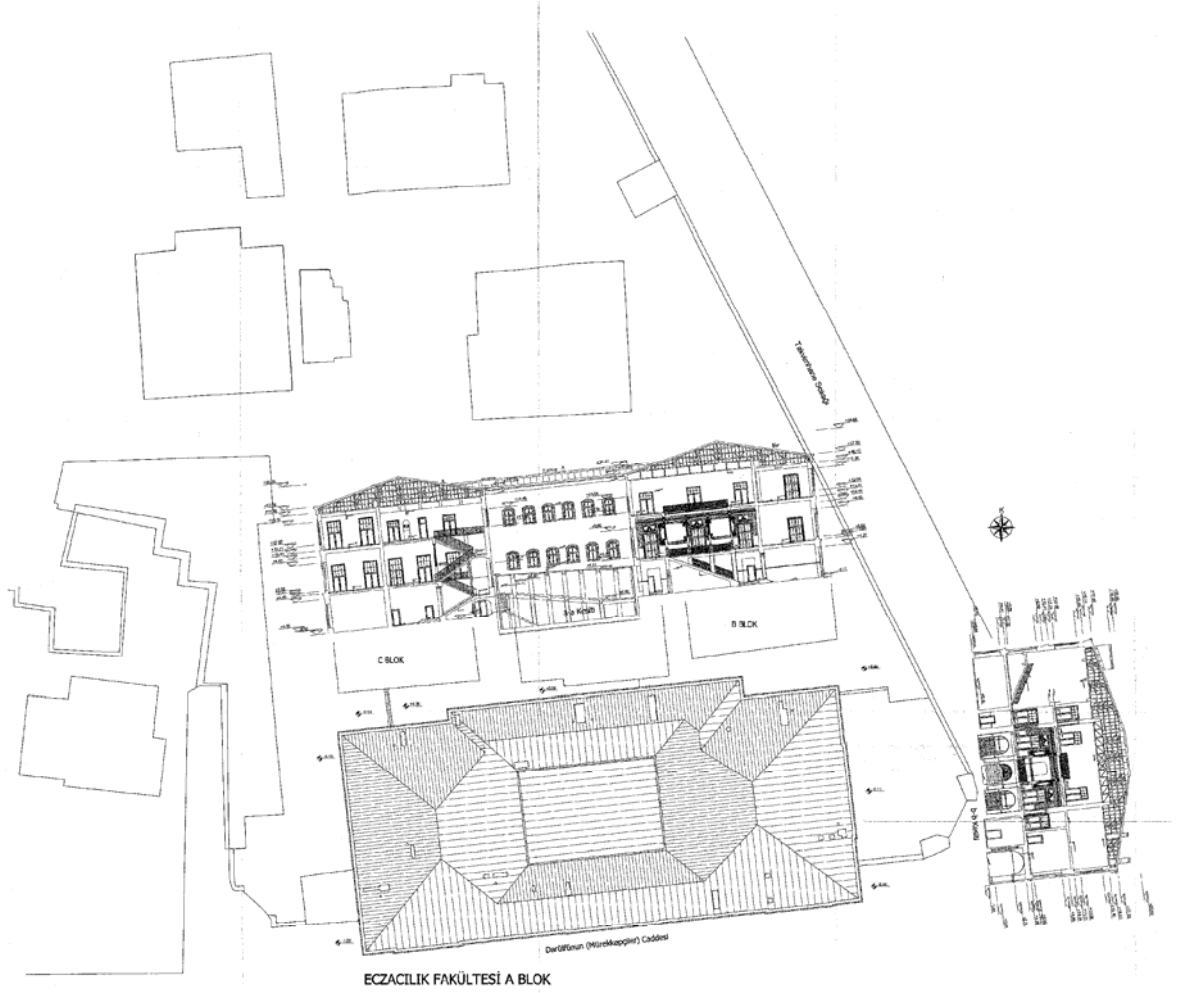
- [10] TANYILDIZI H., SAYIN E., 2006, Harput Ulu Camisinin Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Denizli
- [11] SEZER R., KARA N., YILDIZ M., KÖKEN A., 2006, İki katlı Yığma Karamanoğlu Mehmet Bey İlköğretim Okulu Binasının Güçlendirilmesi ve Performansının Artırılması, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul
- [12] KANIT R., IŞIK N.S., 2006, Tuğla Kemerlerin Deneysel Davranışı ve Bilgisayar Modeli Analizleri, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Ankara
- [13] AKAN A.E., SELÇUK S.A., ÇAKICI F.Z., 2006, Antalya'daki Kırkgöz Han'ın Sonulu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul
- [14] LUCIANO R, MARFIA S, SACCO E, 2002 "Reinforcement of masonry arches by FRP Materials: Experimental tests and numerical investigations" University of Cassino, Cassino, Italy
- [15] ÖZCAN Z., YILMAZ P., 2006, Tarihi Sapanca Rahime Sultan Cami Dinamik Davranışı Belirlenmesi, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul
- [16] URAL A., DOĞANGÜN A., 2007, Mikro Modelleme Tekniği Kullanılarak Yığma Yapıların Deprem Performansının İncelenmesi, International Earthquake Symposium, Kocaeli
- [17] ÖZTÜRK T., MAHBEREL H.A., 2006, Tarihi Yapıların Mevcut Güvenliğinin Belirlenmesi Onarım ve Güçlendirilmesi, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul
- [18] BİLGİN H., 2005, Sinan Kubbeli Yapılarında Mekan Örtü Sistemlerinin Yapısal Davranışı, Deprem Sempozyumu, Kocaeli

- [19] ERCAN E., KIRLI O., NUHOĞLU A., ARISOY B., 2006, Antik Yapılarda Sütun-Kiriş Taşıyıcı Sistemlerin Sonlu Elemanlarla Yapısal Analizi, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul
- [20] TEMELLİ U.E., 2004, İ.Ü.Nadir Eserler Kütüphanesi Binasının Güçlendirme Yöntemi, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [21] AKHAN M., 2001, İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası Örneğindeki Kagir Yapılarda Deprem Etkileri, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [22] YİĞİTOL İ.E. 2001, Hasarlı Kagir Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Esasları "İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Dekanlık Binası Örneği", İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [23] AKÖZ F., 2005 , Yığma Kagir Yapılarda Hasar Tespiti, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara
- [24] PAULAY, T., PRIESTLEY, M.J.N., 1992 "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings" John Wiley&Sons Inc.
- [25] OLUTANJI T.M., WARWARUK J., LONGWORTH L., 1986 "Behavior and strength of masonry wall/slab joints", Structural Engineering Report No 139, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Canada
- [25] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007
- [26] ÇÖĞÜRCÜ, M.T., "Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi",S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 2007
- [27] WEST, H,W.H., Hasetline, B.A., "The Lateral Load Resistance of Brickwork to Lateral Loading Experimental Methods and Results of Tests on Small Specimens and Full Sized Walls", Structural Engineer, 55,411-421, 1977

- [28] SİNHA, B.P., “An Ultimate Load Analysis of Lateral Loaded Model Orthotropic Brickwork Panels of Low Tensile Strength”, *Structural Engineer*, 56,81-84, 1978
- [29] ÇÖĞÜRCÜ, M.T., “Yığma Yapıların Dinamik ve Mühendislik Davranışının Düzlem Dışı Kuvvetler Altında Deneysel Olarak İncelemesi”, *S.Ü. Teknik Bilimler Yüksekokulu Teknik-Online Dergi*, Cilt , Sayı 2-2007 Konya, 2007
- [30] TS-498, 1997 Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [31] EUROCODE 6, Design of masonry structures. General rules for reinforced and unreinforced masonry structures
- [32] ASTM C 1531-03, [Standard Test Methods for In Situ Measurement Of Masonry Mortar Joint Shear Strength Index](#), American Society for Testing and Materials, USA
- [33] SAP2000, Integrated Software for Structural Analysis & Design, Computers & Structures Inc., Berkeley, CA, USA
- [34] LOURENÇO P.B., 1996 Computational Strategies for Masonry Structures, Delft, Netherland:Phd Thesis
- [35] LOURENÇO P.B., ZUCCHINI A., 2001 A Homogenization Model for Strecher Bond Masonry, *Computer Methods in Structural Masonry-5*, Computers Geotechnics, UK
- [36] ASTM C 1196-92, Standard Test Methods for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements, American Society for Testing and Materials, USA

EKLER**EK-1: İ.Ü ECZACILIK FAKÜLTESİ YERLEŞİM PLANI**

EK-2: İ.Ü ECZACILIK FAKÜLTESİ VAZİYET PLANI



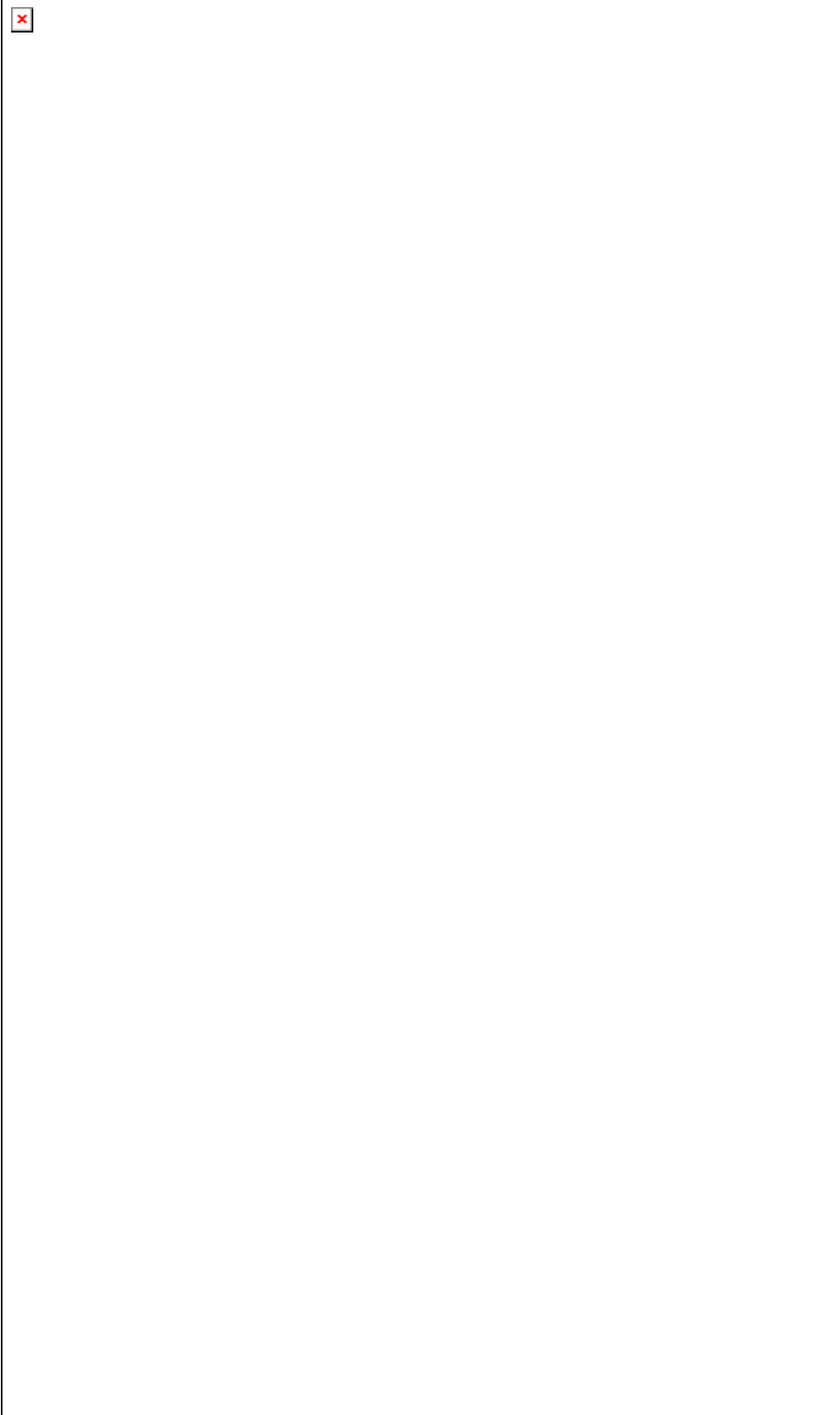
ECZACILIK FAKÜLTESİ A BLOK

Vaziyet Planı Ölçek : 1/200

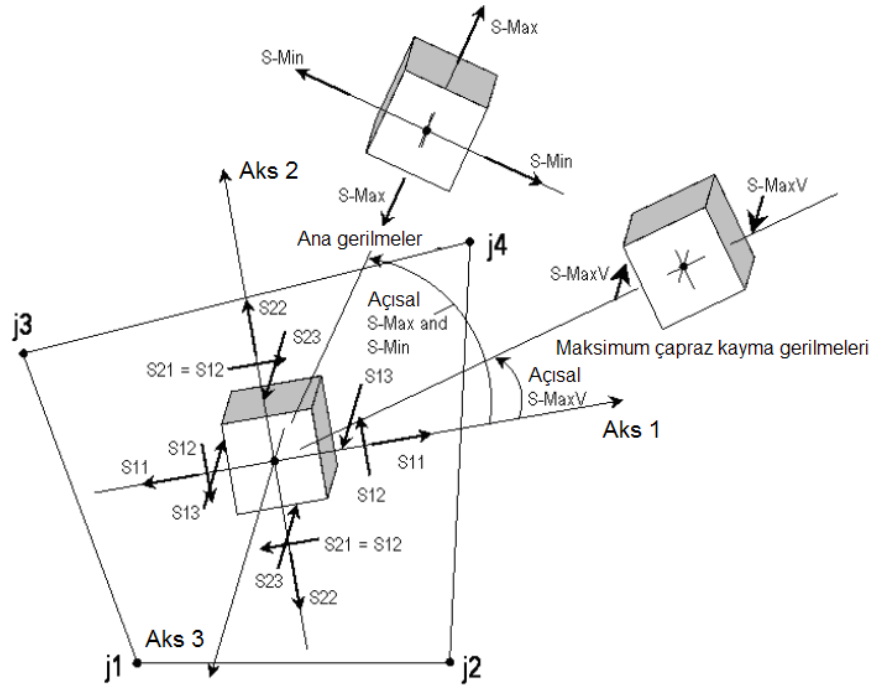
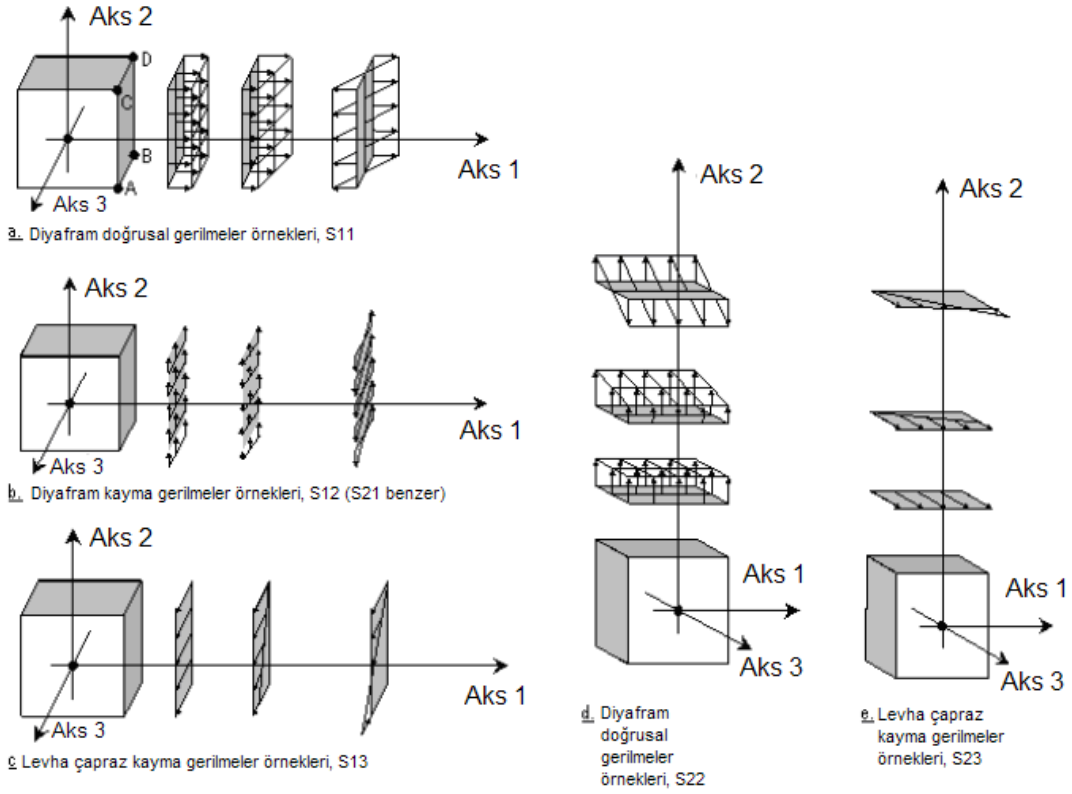


Parça No: 132	Ada No: 579	Parçe No: 1	Şifre: 0000
İ.Ü. ECZACILIK FAKÜLTESİ A BLOK		Restorasyon	0000
İstanbul Çarşısı		Vaziyet Planı	

EK-4: İ.Ü ECZACILIK FAKÜLTESİ GÜNEY CEPHESİ KESİTİ



EK-5: SAP2000 PROGRAMI GERİLME NOTASYONU



$$S - \text{MaxV} = \sqrt{S_{13}^2 + S_{23}^2}$$

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Giresun İli, Alucra İlçesi, Karaağaç Mahallesinde dünyaya gözlerini açtı. İlkokul dördüncü sınıfa kadar Fatih İlkokulu'nda okuduktan sonra beşinci sınıfa Kanuni İlköğretim Okulu'nda bitirdi. Ortaokul ve liseyi Şebinkarahisar Öğretmen Hüseyin Hüsnü TEKIŞIK Anadolu Lisesi'nde bitirdi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazanarak yüksek öğrenim ve eğitim hayatına başladı. Lisans eğitiminden sonra İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenim ve eğitimine başladı. İstanbul V Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğünde staj yaparak eski eser konusunda uzman ünvanı aldı. Halen İstanbul Büyükşehir Belediyesi Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğünde (KUDEB) uzman inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.