

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DONATISIZ VE SARILMIŞ YIĞMA YAPILARIN  
DEPREM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. İlhami AYTEKİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT**

**Haziran 2006**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DONATISIZ VE SARILMIŞ YIĞMA YAPILARIN  
DEPREM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. İlhami AYTEKİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Bu tez 20 / 06 / 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Yrd.Doc.Dr.M.Zeki ÖZYURT**  
Jüri Başkanı

**Prof.Dr.Ahmet APAY**  
Jüri Üyesi

**Yrd.Doc.Dr.Hüseyin KASAP**  
Jüri Üyesi

## TEŞEKKÜR

Bu alıŐma, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıŐtır.

ÇalıŐmam süresince bilgi ve deneyimleri ile bana ışık tutan, yoğun çalışma ortamına rağmen göstermiş oldukları anlayıŐlarından dolayı değerli hocam Yrd.Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT' a sonsuz teşekkür ve Őükranlarımı sunarım .

ÇalıŐmam süresince benden yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım İlhan KOR' a, Őener HEYBELİ' ye, Hakan ÇAVDAR'a; bana her türlü desteği veren ve benim bu günlere gelmemdeki en büyük pay sahibi olan aileme , benim için çok önemli olan Mühendislik Eğitimini en iyi Şekilde vermeye çalışan tüm hocalarıma teŐekkürlerimi bir borç bilirim.

İlhami AYTEKİN

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLOLAR LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2. Geçmiş Yıllarda Yığma Yapılar Hakkında Yapılan Çalışmalar.....	3

### BÖLÜM 2.

GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. Deprem ve Yapı.....	8
2.2. Yığma Yapı Malzemeleri.....	10
2.2.1. Kagir birimler.....	10
2.2.1.1. Tuğla.....	10
2.2.1.2. Kerpiç üniteler ve doğal taşlar.....	14
2.2.1.3. Beton briketler ve gaz betonlar.....	16
2.2.2. Harç.....	16
2.2.3. Beton dolgu.....	18
2.2.4. Donatı çeliği.....	19
2.2.5. Öngerilme çeliği.....	19
2.3. Yığma Yapıların Sınıflandırılması.....	20
2.3.1. Donatısız yığma yapılar.....	20

2.3.2. Donatılı yığma yapılar.....	20
2.3.3. Sarılmış yığma yapılar.....	22
2.3.4. Öngerilmeli yığma yapılar.....	23
2.4. Yığma Yapı Temel Sistemleri.....	24
2.5. Yığma Yapılarda Genel Düzensizlik Durumları.....	25
2.6. Yığma Yapılarda Hasar Düzeyleri.....	31
2.7. Yönetmelik Koşullarının Karşılaştırılması.....	33
2.7.1. Yığma yapıların sınıflandırılmasına ait yönetmelik koşulları	33
2.7.2. Boyutlandırmaya ait yönetmelik koşulları.....	35
2.7.3. Kat sayısı, kat yüksekliği ve bina yüksekliğine ait yönetmelik koşulları.....	35
2.7.4. Duvar kalınlıklarına ilişkin yönetmelik koşulları.....	37
2.7.5. Düşey ve yatay yük taşıyan duvarların uzunluğu ve aralarındaki mesafelere ilişkin yönetmelik koşulları.....	39
2.7.6. Yığma yapı ünitelerinin basınç dayanımı önünden yönetmelik koşulları.....	42
2.7.7. Taşıyıcı duvarlardaki boşluk boyutlarına ilişkin yönetmelik koşulları.....	43
2.7.8. Yığma yapı temellerine ilişkin yönetmelik koşulları.....	44
2.8. Yığma Yapıların Deprem Hesabı.....	45
2.8.1. Duvarların ağırlık merkezinin hesabı.....	45
2.8.2. Döşemelerin ağırlık merkezlerinin hesabı.....	46
2.8.3. Sistemin ağırlık merkezinin hesabı.....	46
2.8.4. Rijitlik merkezinin hesabı.....	46
2.8.5. Dış merkezlik (eksantrisite) hesabı.....	48
2.8.6. Burulma momentinin hesabı.....	48
2.8.7. Yatay yüklere göre hesap.....	48
2.8.7.1. ABYYHY'e göre kesme kuvvetinin hesabı.....	48
2.8.7.2. Yatay yüklerin katlara dağılımı.....	49
2.8.7.3. Katlara gelen yatay kesme kuvvetinin tüm katlara dağıtımını..	50
2.8.7.4. Devrilme momentinin hesabı.....	52
2.8.7.5. Donatısız yığma yapının kesme dayanımının belirlenmesi..	52

BÖLÜM 3.	
SAYISAL ÇALIŞMA HAKKINDA BİLGİLER.....	54
3.1. Deprem Hesabında Kullanılan Çözüm Yöntemi ve İşlem Adımları...54	
3.1.1. Davranış spektrum eğrileri.....	54
3.1.2. Mod birleştirme yöntemi.....	56
3.1.3. SAP2000 programı kullanılarak modların süperpozisyonu yöntemi (mod b yöntemi) ile çözümde izlenecek adımlar....	59
3.1.4. Dinamik hesap için gerekli olan kat kütlelerinin hesap.....	60
3.2. Düzce Depremi(1999).....	61
3.3. Deprem Hesabına Konu Olan Yapı Modelleri.....	64
3.4.Yapılan Hesaplamalar.....	67
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR.....	72
4.1. Hesaplar Sonucunda Elde Edilen Değerler.....	72
4.1.1. Duvarlara gelen normal kuvvet değerleri.....	72
4.1.2. Düşey hatıllara gelen normal kuvvet değerleri.....	74
4.1.3. Duvarlara gelen kesme kuvveti değerleri.....	76
4.1.4. Düşey hatıllara gelen kesme kuvveti değerleri.....	78
4.1.5. Esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri.....	80
4.2. Kesme Dayanımlarının Kontrolü.....	83
4.3. Maliyet Karşılaştırması.....	84
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	88
EKLER.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	100

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A$	:Yapının kat alanı
$A_0$	:Etkin yer ivme katsayısı
$A_i$	:i nolu elemanın en kesit alanı
$a_g$	:Yer ivmesinin pik değeri
$E$	:Elastisite modülü
$e$	:Toplam ölçülen dışmerkezlik
$e_x$	:x doğrultusundaki dışmerkezlik
$e_y$	:y doğrultusundaki dış merkezlik
$F$	:Her bir duvarın toplam kesme kuvveti
$f_b$	:Karakteristik tuğla basınç dayanımı
$f_{ck}$	:Dolgu betonunun karakteristik basınç dayanımı
$f_{cvk}$	:Dolgu betonunun karakteristik kayma dayanımı
$F_s$	:ABYYHY(Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)'e göre bulunan kesme kuvveti.
$F_x$	:Yatay kuvvetlerin x doğrultusunda duvarlara aktarılmış hali
$F_y$	: Yatay kuvvetlerin y doğrultusunda duvarlara aktarılmış hali
$f_t$	: Tuğlanın kırılma anındaki basınç gerilmesi
$F_t$	:Yapının en üst seviyesinde deprem hareketinden dolayı yapının ileri-geri hareketini hızlandıran kırbaç etkisi yaratan kuvvet
$F_z$	:Yapıya z seviyesinde etkiyen toplam deprem yükü
$g$	:Yerçekimi ivmesi
$G$	:Sabit yük
$G_m$	:Kayma modülü
$h$	:Kat yüksekliği
$H$	:Duvarın temelden itibaren yüksekliği
$h_a$	:Duvar net yüksekliği
$h_{ef}$	:Duvar etkili yüksekliği

$h_n$	:Herhangi bir z seviyesinde yapının toplam yüksekliği
$h_z$	:Bina toplam yüksekliği
$I$	:Bina önem katsayısı
$I_m$	:Duvarın eğilme doğrultusundaki eylemsizlik momenti
$I_p$	:Döşeme rijitliğinin polar eylemsizlik momenti
$m$	:Yapının kat kütleleri
$M_t$	:Burulma momenti
$n$	:Hareketli yük azaltma katsayısı
$P$	:Bir duvar parçasına etkiyen normal kuvvet
$R_a$	:Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_x$	:x doğrultusundaki duvar rijitliği
$R_y$	:y doğrultusundaki duvar rijitliği
$S$	:Spektrum katsayısı
$S_a$	:İvme spektrumu
$S_d$	:Yerdeğiştirme spektrumu
$S_v$	:Hız spektrumu
$t$	:Duvar kalınlığı
$T$	:Yapı periyodu
$t_{ef}$	:Duvar etkili kalınlığı
$Q$	:Hareketli yük
$V$	:Eşdeğer deprem yükü yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
$W$	:Yapının toplam ağırlığı
$W_f$	:Döşeme toplam ağırlığı
$W_w$	:Duvar toplam ağırlığı
$w_z$	:Herhangi bir z seviyesindeki yapının toplam ağırlığı
$X_c$	:Eleman ağırlık merkezi ile sistem ağırlık merkezi arasındaki apsis koordinatları farkı
$x_f$	:Döşeme ağırlık merkezinin x eksenindeki koordinatı
$x_g$	:Her bir duvarın ağırlık merkezinin global x eksenine olan mesafesi
$x_i$	:Eleman ağırlık merkezinin sistem global eksen takımına uzaklığı
$X_m$	:Sistem ağırlık merkezinin x koordinatı



$X_R$	:Sistem rijitlik merkezinin x koordinatı
$x_w$	:Duvar ağırlık merkezinin x eksenindeki x eksenindeki koordinatı
$Y_c$	:Eleman ağırlık merkezi ile sistem ağırlık merkezi arasındaki ordinat koordinatları farkı
$\gamma_i$	:i nolu elemanın birim ağırlığı
$y_i$	:Eleman ağırlık merkezinin sistem global eksen takımına uzaklığı
$y_f$	:Döşeme ağırlık merkezinin
$y_g$	:Her bir duvarın ağırlık merkezinin global y eksenine olan mesafesi
$Y_m$	:Sistem ağırlık merkezinin y koordinatı
$Y_R$	:Sistem rijitlik merkezinin y koordinatı
$y_w$	:Duvar ağırlık merkezinin y eksenindeki koordinatı
$\alpha_x$	:x doğrultusunda burulma dışmerkezlik düzeltme katsayısı
$\alpha_y$	:y doğrultusunda burulma dışmerkezlik düzeltme katsayısı
$\Delta_c$	:Konsol duvarlar için toplam yerdeğiştirme
$\Delta_f$	:İki ucundan mesnetlenmiş duvarlar için toplam yerdeğiştirme
$\Delta_m$	:Eğilme etkisinden meydana gelen yerdeğiştirme
$\Delta_v$	:Kesme etkisinden meydana gelen yerdeğiştirme
$\zeta$	:Sönüm oranı
ABYYHY	:Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik
ACI	:American Concrete Institute(Amerikan Beton Enstitüsü)
AIJ	: Architectural Institute of Japan (Japon Mimarlık Enstitüsü)

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Eurucode 6’da tanımlanan tuğla tipleri.....	13
Şekil 2.2. Donatısız yığma duvar.....	20
Şekil 2.3. Boşluklu tuğlaların arasına donatı koyulup boşlukların tamamen betonla veya dolgu malzemesi ile doldurulmuş donatılı yığma yapı.....	21
Şekil 2.4. Çift tuğla ve arası betonla doldurulmuş yığma yapı.....	21
Şekil 2.5. Sarılmış yığma yapı.....	22
Şekil 2.6. Uygun taşıyıcı duvar dağılımı.....	27
Şekil 2.7. Uygun olmayan taşıyıcı duvar dağılımı.....	27
Şekil 2.8. Yığma yapıların planda düzgün geometrisi.....	27
Şekil 2.9. Düzensiz yığma yapıların derzlerle birbirinden ayrılması.....	28
Şekil 2.10. Düşeyde uygun olan ve olmayan yığma yapı geometrisi.....	28
Şekil 2.11. Uygun olmayan karışık yapısal sistem.....	29
Şekil 2.12. Hasarsız yığma yapılar.....	32
Şekil 2.13. Yığma yapılarda yapısal hafif hasar.....	32
Şekil 2.14. Yığma yapılarda yapısal orta hasar.....	32
Şekil 2.15. Yığma yapılarda yapısal ağır hasar.....	33
Şekil 2.16. Yığma yapılarda yapısal çok ağır hasar.....	33
Şekil 2.17. BS 5658’e göre minimum duvar kalınlıkları.....	38
Şekil 2.18. Duvar ağırlık merkezi .....	45
Şekil 3.1. Farklı zemin grupları için ivme spektrumları.....	55
Şekil 3.2. Spektrum katsayısı.....	57
Şekil 3.3. Kat kütle merkezleri.....	60
Şekil 3.4. Düzce depreminin(1999) doğu-batı ve kuzey-güney birleşenlerinin ivme kayıtları.....	61
Şekil 3.5. Düzce depreminin(1999) doğu-batı birleşeninin $\zeta=0.00, 0.02, 0.05$ $0.10$ ve $0.20$ sönüm oranları için ivme,hız ve yerdeğiştirme spektrum eğrileri.....	62

Şekil 3.6. Düzce depreminin(1999) kuzey-güney birleşeninin $\zeta=0.00, 0.02, 0.05$ 0.10 ve 0.20 sönüm oranları için ivme,hız ve yerdeğiştirme spektrum eğrileri.....	63
Şekil 3.7. Deprem hesabında dikkate alınan yapı modellerinin plan görünüşü.....	65
Şekil 3.8. Deprem hesabında dikkate alınan yapı modellerinin donatısız üç boyutlu şematik görünüşü.....	66
Şekil 3.9. Deprem hesabında dikkate alınan yapı modellerinin sarılmış üç boyutlu şematik görünüşü.....	66
Şekil 4.1. Duvarlara gelen normal kuvvetler(kat1).....	73
Şekil 4.2. Duvarlara gelen normal kuvvetler(kat2).....	73
Şekil 4.3. Düşey hatıllara gelen normal kuvvetler(kat1).....	75
Şekil 4.4. Düşey hatıllara gelen normal kuvvetler(kat2).....	75
Şekil 4.5. Duvarlara gelen kesme kuvvetleri(kat1).....	77
Şekil 4.6. Duvarlara gelen kesme kuvvetleri(kat2).....	77
Şekil 4.7. Uygulamaya konu olan yapı modellerinde yerdeğiştirmeler için 2.kat seviyesinde esas alınan düğüm noktaları.....	78
Şekil 4.8. Düşey hatıllara gelen kesme kuvvetleri(kat1).....	79
Şekil 4.9. Düşey hatıllara gelen kesme kuvvetleri(kat2).....	79
Şekil 4.10. Deprem kuvvetinin kısa kenar (Y) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri(tuğla).....	81
Şekil 4.11. Deprem kuvvetinin kısa kenar (Y) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri(gazbeton).....	81
Şekil 4.12. Deprem kuvvetinin uzun kenar (X) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri.....	82
Şekil 4.13. Deprem kuvvetinin uzun kenar (X) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri.....	82

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. TS 705'e göre birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımlarına göre tuğlaların sınıflandırılması.....	13
Tablo 2.2. TS 2510'göre doğal taşların basınç dayanımları.....	15
Tablo 2.3. Dolgu betonunun karakteristik basınç dayanımı ve karakteristik kesme dayanımı.....	19
Tablo 2.4. Duvar altı temellerine ilişkin ABYYHY koşulları.....	25
Tablo 2.5. Boyutlandırmaya ilişkin yönetmelik koşulları.....	35
Tablo 2.6. Eurocode 8'e göre izin verilen maksimum kat sayıları.....	36
Tablo 2.7. ABYYHY'e göre izin verilen maksimum katsayısı.....	36
Tablo 2.8. Eurocode 8'e göre minimum duvar kalınlıkları.....	37
Tablo 2.9. AIJ'e göre minimum duvar kalınlıkları.....	38
Tablo 2.10. ABYYHY'e göre minimum duvar kalınlıkları.....	39
Tablo 2.11. Taşıyıcı duvarların minimum kesit alanının döşemenin oturduğu yüzey alanına oranı.....	40
Tablo 2.12. ACI 'a göre duvar yükseklikleri ve duvar uzunlukları.....	40
Tablo 2.13. Duvarlar arasındaki mesafe.....	41
Tablo 2.14. Bölünmüş döşeme alanlarına ilişkin sınırlandırmalar.....	41
Tablo 2.15. AIJ'e göre yığma yapı elemanlarının minimum basınç dayanımları.....	42
Tablo 2.16. Deprem bölgelerine göre etkin yer ivme katsayısı.....	49
Tablo 2.17. Genel amaçlı harç için $f_{vko}$ değerleri ve sınır değerler.....	54
Tablo 3.1. Etkin yer ivme katsayısı.....	57
Tablo 3.2. Spektrum karakteristik periyodları.....	58
Tablo 3.3. Donatısız tuğla model, sarılmış tuğla model; donatısız gazbeton model, sarılmış gazbeton model duvarlara gelen sabit yükler.....	70
Tablo 3.4. Donatısız tuğla model, sarılmış tuğla model; donatısız gazbeton model, sarılmış gazbeton model duvarlara gelen hareketli yükler.....	71

Tablo 4.1. Donatısız tuğla model, sarılmış tuğla model; donatısız gazbeton model, sarılmış gazbeton model duvarlara gelen normal kuvvetler.....	72
Tablo 4.2. Sarılmış tuğla model,sarılmış gazbeton model dışey hatıllara gelen normal kuvvetler.....	74
Tablo 4.3. Donatısız tuğla model, sarılmış tuğla model; donatısız gazbeton model, sarılmış gazbeton model duvarlara gelen kesme kuvvetleri.....	76
Tablo 4.4. Sarılmış tuğla model,sarılmış gazbeton model dışey hatıllara gelen kesme kuvvetleri.....	78
Tablo 4.5. Donatısız tuğla model, sarılmış tuğla model; donatısız gazbeton model, sarılmış gazbeton model esas alınan dışüm noktalarının (2.Kat seviyesinde) X,Y,Z yerdeğiştirmeleri.....	80
Tablo 4.6. Maliyet karşılaştırması.....	84

## ÖZET

**Anahtar Kelimeler:** Donatısız Yığma Yapı, Sarılmış Yığma Yapı, Deprem Davranışı

Bu çalışmanın amacı yığma yapılar konusunda yeni sayılabilecek yönetmelik ve standartlar doğrultusunda, yığma yapı sınıflarını ve hesap yöntemlerini tanıtarak, donatısız ve sarılmış yığma yapıların deprem davranışlarını karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu amaçla yapılan çalışma beş ana başlık altında sunulmaktadır.

Birinci bölümde çalışmanın amacından bahsedilmiş ve geçmiş yıllarda yığma yapılar üzerinde yapılan çalışmalara kısaca yer verilmiştir.

İkinci bölümde genel bilgiler üzerinde durulmuştur. Yığma yapılarda kullanılan malzemeler tanıtılmış, yığma yapılmış ve dört tür (donatısız, donatılı, öngerilmeli ve sarılmış) yığma yapının karakteristik özellikleri verilmiştir. Yığma yapı temel sistemleri, yığma yapılardaki düzensizlikler ve hasar düzeyleri kısaca anlatılmıştır. Eurocode 8, ACI, AII, BS 5628 ve Türk Yönetmelikleri'nde yığma yapılarda bulunan sınırlamalar açıklanmış ve bu standartlardaki koşullar karşılaştırılmıştır.

Üçüncü bölümde sayısal uygulamalara konu olacak iki farklı malzemedeki (tuğla ve gazbeton) yığma yapı modeli oluşturulmuştur. Her iki malzemedeki oluşan yığma yapı modelleri için önce donatısız model dikkate alınmış, daha sonra ABYYHY'de belirtilen esaslara göre düşey hatıllar eklenerek sarılmış durum ele alınmıştır. Bu modellerin deprem hesabında 12 Kasım 1999 Düzce depremi ivme kayıtları kullanılmıştır. Hesaplamalar SAP2000 programında mod birleştirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü bölümde her iki malzemedeki oluşan yapı modelleri için donatısız ve sarılmış durumları ele alınarak elde edilen kesit tesirleri, yerdeğiştirme değerleri tablo ve grafikler halinde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Son olarak ta yapı modellerinin donatısız ve sarılmış durumları için maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Beşinci bölümde çalışmadan çıkarılacak sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

# **SEISMIC BEHAVIOURS OF UNREINFORCED AND CONFINED MASONRY BUILDINGS**

## **SUMMARY**

**Key Words:** Unreinforced Masonry Building, Confined Masonry Building, Seismic Behaviour

The purpose of this study is to introduce types of masonry buildings and calculation methods and to investigate seismic behaviour of unreinforced and confined masonry buildings comparatively considering new codes and standards. This study carried for this purpose is presented under five main chapters.

In the first chapter talked about the purpose of the study and moreover given short information about the masonry buildings in the last years.

General information is given in the second cahapter. These are : introduction of masonry buildings, classification of masonry buildings charecteristics of four types of masonry buildings (unreinforced, reinforced, prestressed and confined). Foundation of masonry buildings, irregularities for masonry buildings, and damage levels of masonry buildings are also given in this cahapter considering the requirements recommended by Eurocode 8, ACI, AIC, BS 5628, and Turkish Codes.

Two types of masonry buildings were chosen which ocured two different material (brick and, gasconcrete) for numerical applications in the third chapter. Firstly both of the masonry buildings are investigated as unreinforced masonry buildings and then vertical confining elements are added in this building to make it to confined masonry building. The seismic analysis of these buildings have used 12<sup>th</sup> November 1999 Düzce Earthquake acceleration record. SAP 2000 computer program and modal analysis method have used numerical applications.

In the fourth chapter both of the masonry buildings determinatin of shear forces and displacements comparatively given in the same graph. Finally cost estimations for unreinforced and confined masonry buildings are presented.

In the fifth chapter, the conclusion and suggestions from this study are presented.

# BÖLÜM 1.GİRİŞ

## 1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Türkiye'de merkezi yerleşim yerlerindeki yapıların sadece %30'unu betonarme yapılar, diğerlerini ise başta yığma yapılar olmak üzere hıms ve kerpiç yapılar oluşturmaktadır. Kırsal kesimlerde ise yığma türü yapıların oranı; betonarme yapıların oranı düşerek %80'ler seviyesine çıkmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde yığma veya hıms ve kerpiç yapıların en azından yakın bir geleceğe kadar varlıklarını sürdürecekleri, hatta yenilerin de inşa edileceği kolaylıkla söylenebilir. Çünkü bu yapıları tercih ettirecek, ekonomik olmak, malzeme temininin kolay olması ve yapım tekniğinin basit olması gibi son derece önemli avantajları bulunmaktadır.

Ülkemizde yığma yapıların sayılarının bu kadar fazla olmasına rağmen, maalesef bu yapılar mühendislik bilgisine başvurulmadan, mal sahibi yada işçiler tarafından tecrübelerine dayanarak yapılmaktadır. Bu durum diğer ülkelerde de sorun oluştursa da, Türkiye gibi deprem riskinin fazla olduğu ülkelerde çok daha fazla sorun oluşturmaktadır. Çünkü bu şekilde inşa edilen bir çok yapı depremlerde hasar görmüş yada yıkılmış, bunun sonucunda da çok sayıda mal ve can kaybı meydana gelmiştir. Özellikle 2004 yılında meydana gelen ve büyüklükleri küçük olan Doğubeyazıt (M=5) ve Erzurum (M=5,1) depremlerinde de bu tür yapılarda can ve mal kayıplarının oluşması son derece düşündürücüdür. Deprem bilimine göre Türkiye'de bundan sonra da yıkıcı depremler meydana gelecektir. Mevcut yığma yapıların durumunu koruduğu ve aynı şekilde yenilerinin yapıldığı sürece, gelecekte de çok sayıda can ve mal kaybının meydana gelmesi kaçınılmaz olacaktır.

Tarihi ve anıtsal yapılar bir toplum için kültürel miras olarak kabul edilmektedir. Bu yapıların gelecek nesillere aktarılması ise bir insanlık görevidir. Türkiye'deki tarihi yapıların neredeyse tamamı yığma olarak inşa edilmiştir. Bunların geçmiş



depremlerde yıkılmayarak günümüze kadar gelmesi bundan sonra da yıkılmayacakları anlamına gelmez. Çünkü yapı malzemesinin dayanımındaki düşüşler, zamana bağlı deformasyonlar, zemin oturmaları ve düzensiz yükleme gibi nedenlerle bunların deprem dayanımları kritik bir noktaya gelmiş olabilir.

Yukarıda yapılan açıklamalardan da anlaşıldığı gibi her an yıkıcı bir depremin beklendiği ülkemizde yığma yapılar konusunda da acilen bir şeyler yapılması gerekmektedir. Yapılar için gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde bunların büyük bir kısmının betonarme yapılar için olduğu görülebilir. Ülkemizde de yığma yapılar konusunda gerçekleştirilen çalışmalar, betonarme yapılar için gerçekleştirilen çalışmalara oranla oldukça azdır. Bunların önemli bir kısmı da son yıllarda gerçekleşmiştir.

Bu çalışmanın başlıca amacı yığma yapılar konusunda yeni sayılabilecek yönetmelik ve standartlar ışığında, yığma yapı sınıflarını ve hesap yöntemlerini tanıtarak, donatısız ve sarılmış yığma yapıların deprem davranışlarını karşılaştırmalı olarak irdelemektir. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışma beş ana başlık altında sunulmaktadır. Birinci bölümde çalışmanın amacından bahsedilmiş ve geçmiş yıllarda yığma yapılar üzerinde yapılan çalışmalara kısaca yer verilmiştir.

İkinci bölümde genel bilgiler üzerinde durulmuştur. Yığma yapılarda kullanılan malzemeler tanıtılmış, yığma yapılmış ve dört tür (donatısız, donatılı, öngerilmeli ve sarılmış) yığma yapının karakteristik özellikleri verilmiştir. Yığma yapı temel sistemleri, yığma yapılardaki düzensizlikler ve hasar düzeyleri kısaca anlatılmıştır. Eurocode 8, ACI, AIJ, BS 5628 ve Türk Yönetmelikleri'nde yığma yapılarda bulunan sınırlamalar açıklanmış ve bu standartlardaki koşullar karşılaştırılmıştır.

Üçüncü bölümde sayısal uygulamalara konu olacak iki farklı malzemedan (tuğla ve gazbeton) yığma yapı modeli oluşturulmuştur. Her iki malzemedan oluşan yığma yapı modelleri için önce donatısız model dikkate alınmış, daha sonra ABYYHY'de belirtilen esaslara göre düşey hatıllar eklenerek sarılmış durum ele alınmıştır. Bu modellerin deprem hesabında 12 Kasım 1999 Düzce depremi ivme kayıtları

kullanılmıştır.Hesaplamalar SAP2000 programında, mod birleştirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş.

Dördüncü bölümde her iki malzemedden oluşan yapı modelleri için donatısız ve sarılmış durumları ele alınarak elde edilen kesit tesirleri, yerdeğiştirme değerleri tablo ve grafikler halinde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.Son olarak ta yapı modellerinin donatısız ve sarılmış durumları için maliyet analizi yapılarak karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde çalışmadan çıkarılacak sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

## **1.2. Geçmiş Yıllarda Yığma Yapılar Hakkında Yapılan Çalışmalar**

Literatürde yığma yapılar hakkında yapılan çalışmalar diğer konulara oranla daha kısıtlıdır. Bu çalışmalardan başlıcaları aşağıda anlatılmıştır.

Francis, Harman ve Jerrem (1970), tuğla derinliği ile derzlerin kalınlığı arasındaki oranın duvarın taşıma gücü üzerinde olan önemli etkisini deneylerle saptamışlardır. Derz kalınlıklarını değiştirerek yaptıkları deneylerde derz kalınlıklarının incelenmesi ile basınç dayanımının önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir.

Lenczner (1972), yaptığı çalışmada derz kalınlığının 32mm'den 16 mm'ye indirip dayanımın değişimini izlemiş ve yaklaşık olarak dayanımın %55 oranında arttığını gözlemlemiştir, basınç dayanımı değişik tuğlalardan yaptığı diğer bir deneyde tuğla basınç dayanımının artmasıyla duvar basınç dayanımının artmasının doğru orantılı olmadığını ortaya koymuştur.

Bayülke, Doğan ve Hürata (1989), çalışmalarında sarsma tablasında denenen tuğla yığma yapılarda kullanılan harçların basınç ve eğilmede çekme dayanımlarını ölçmüşlerdir.

Tanrikulu (1991), çalışmasında donatılı ve donatısız yığma yapıların lineer olmayan üç boyutlu deprem analizi için matematiksel modeller önermiştir. Yığma yapıların lineer olmayan deprem analizi için iki farklı yaklaşım göz önüne almıştır. Birinci

yaklaşımında Eşdeğer Lineer Metot (ELM), ikinci yaklaşımda ise gerçek lineer olmayan model kullanılmış olup bu model duvar elemanının sarsma tablası deneylerinden elde edilen 'hysteric' davranış özelliklerini göz önüne almaktadır. Modelleri değerlendirmek amacıyla beş örnek problem sunulmuş ve önerilen modellerin yığma yapıların deprem analizinde kullanılabilceği görüşü ortaya konulmuştur.

Bayülke (1992), çalışmasında tek katlı bir yığma yapının ne kadar bir deprem yükü altında çatlama başlayacağını incelemiş, yatay kuvvetleri duvarların rijitlikleri oranında dağıtarak çatlama meydana getirecek kuvveti araştırmıştır.

Tomazevic ve Lutman (1996), yaptıkları deneysel çalışmada yığma duvarların sismik davranışlarını incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre ele aldıkları 32 adet aynı özelliklere sahip donatılı yığma duvar üzerinde 6 farklı şekilde deneyler düzenlemişlerdir. Bu test gruplarında numunelere, düşük ve yüksek seviyelerde düzgün tekrarlı ve deprem yükleri uygulanmıştır. Uygulanan bu yükler karşısında numunelerin tekrarlı yükler altındaki davranışları gözlemlenmiştir. Deneyden elde edilen ve önceden hesaplanan sonuçlar arasında korelasyon yapılarak sonuçlar irdelenmiştir.

Madan (1996), çalışmasında donatılı yığma yapıların çatlak mekanizmalarını incelemiş ve çalışmasında lineer olmayan analiz uygulamıştır. Yaptığı deneysel çalışmada kesme duvarlarının eğilme gerilmelerini değerlendirmek için mikro bir fiber (lif) model geliştirmiştir. Karşılaştırmalı analiz için iki fiber model kullanmıştır.

Tomazevic ve Klemenc (1997-a), çalışmalarında sarılmış yığma binaların sismik davranışlarını deneysel olarak araştırmışlardır. 1/5 oranında küçültülmüş tipik üç katlı yapı modellerinin her test adımında sismik yer hareketi belirli oranda artırılarak analizleri yapılmıştır. Yapılan deneyler ve nümerik hesaplar sonucunda sarılmış yığma yapıların sismik davranışlarını tespit için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Ayrıca davranış faktörü adı altında bir değer hesaplarında kullanılması yönünde önerilerde bulunmuşlardır.

Sucuoğlu ve Erberik (1997), alışmalarında 1992 Erzincan depremnde hasar gormeyen üç katlı donatısız bir yığma yapının sismik performansını incelemişlerdir. Yapıda kullanılan yığma ünitelerin ve harcın malzeme özelliklerini deneysel olarak belirlemişler, uygun özelliklerde malzeme modeli geliştirerek yapının, bilgisayar destekli lineer olmayan dinamik analizini yapmışlardır. Tepki davranışlarının ışığı altında önerilerde bulunmuşlardır. Ortaya koydukları bir diğer ilginç husus da 1974 de yapılan binanın 1968 yılında hazırlanan Türk standardına uygun olarak yapılıp depremde hasar gormemesidir.

Bozdoğangil (1998), ikinci derece deprem bölgelerinde yapılmakta olan yığma yapıların deprem durumundaki davranışlarını deneysel olarak araştırmıştır. Deneysel modellemede yapının deprem kuvvetine karşı en dayanıksız olan boşluklu taşıyıcı cephesini ele almış, yığma duvar numunesinin deprem yükleri altındaki davranışını incelemiş ve yükseklik / genişlik oranlarının davranışa etkisi gösterilmiştir. Deney tipi olarak deplasman kontrollü deney yöntemi kullanmıştır.

Saberi (1998), Bozdoğangil (1998),'e benzer çalışmalar yapmış, deprem bölgelerindeki yığma yapıların deprem durumundaki davranışlarını deneysel olarak araştırmıştır. Deney tipi olarak yarı statik deney yöntemi kullanmıştır.

Batur (1999), çalışmasında donatısız yığma binanın yatay yükler altındaki davranışını incelemiş, konu ile ilgili TS, Eurocode 8, AII, ACI, BS 5628 ile karşılaştırmasını yapmıştır. alışmasının sonunda 3 katlı donatısız yığma binanın yatay ve düşey yükler altında üzümünü yapmıştır.

Paquette ve Bruneau (1999), çalışmalarında tek katlı donatısız bir yapıyı dikkate alarak sismik etkiler altında esnek diyaframın rolünü araştırmışlardır. Yaptıkları lineer elastik olmayan analiz sonucunda esnek diyaframın yapının davranışına büyük etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Türker ve arkadaşları (2000), çalışmalarında Isparta bölgesinde bulunan önemli bir yapı malzemesi olan pomzalı bims bloklarla yapılan bir yığma yapı modeli kullanarak sarsma tablası deneyi yapmışlardır. Buldukları sonuçlan daha önce

yapılan delik oranı ve harç dayanımı farklı olan tuğlalardan yapılmış yığma yapı deneyleri ile karşılaştırdıklarında, kesme dayanımının ortalama bir değerde olduğunu saptamışlardır.

Zarnic ve arkadaşlar (2001), çalışmalarında %25 oranında küçültülmüş iki adet yığma dolgu duvarlı çerçeve modeli için sarsma tablasında deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Modelin gösterdiği davranışlar gözlenmiş ve prototipin nümerik hesaplarla bulunmuş olan sismik tepki davranışına benzerliğini görmüşlerdir. Ayrıca deney sonrasında elde edilen verilerden faydalanılarak bilgisayarda lineer olmayan hesap modeli geliştirmişlerdir.

Tezcan ve Reis (2003), çalışmalarında donatılı yığma yapıların deprem hesabını ayrıntılı bir şekilde sunmuştur. Çalışmasında hem pratik yöntemlerle hem de sonlu elemanlar metodunu kullanarak Sap2000 programı ile 6 katlı bir yığma yapının deprem hesabını yapmış ve temel seviyesine gelen kesme kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Pratik yolla hesapta kesme kuvvetlerinin duvarlara dağılımı için iki farklı yaklaşım kullanmışlardır. Seçilen donatılı yığma yapının maliyet analizini yapmışlar ve donatısız yığma duvarlı ve betonarme çerçevesel binalarla karşılaştırmışlardır. Dolgu duvarlı olarak donatılı tuğla duvarların betonarme çerçeve sistemin davranışına yaptığı etkileri incelemişlerdir. Bunun için dört katlı betonarme bir çerçeve sistemi seçilmiş deprem yükü altında, dolgu duvarsız sadece çerçeve, donatısız dolgu duvarlı çerçeve ve donatılı dolgu duvarlı çerçeve olmak üzere üç ayrı durum için incelemişlerdir. Bu üç durumda ardışık-yükleme (push-over) metodunu uygulamışlardır. Harcın kesme dayanımını deneysel olarak tayin etmek üzere özel bir deney yöntemi geliştirilmiş, harcın kesme dayanımını aletsel olarak üç ayrı noktada tayin etmişlerdir.

Salonikios ve Arkadaşları (2003), ikişer katlı farklı yığma modeli ele alarak her katta farklı yük uygulayarak bu modelin elastik olmayan davranışlarını incelemişlerdir. Elastik olmayan davranışı incelerken üç farklı yöntem kullanmışlardır. Bunlardan biri SAP2000'de lineer-elastik çerçeve modeli, diğer ikisi CAST3M programındaki biri sürekli diğeri ise ayrık modeldir.

Elgwady ve Arkadaşları (2003), çalışmalarında kompozit malzemelerle gcclendirilmiş 14 ölçeğinde donatısız yığma duvarın laboratuvar ortamında sarsıntı tablasıyla verilen deprem hareketi karşısındaki davranışını incelemişlerdir. Çalışmaya göre hiçbir düzlem dışı tepki gerçekleşmediği zaman donatısız yığma duvarlar düzgün lineer olmayan davranış göstermektedir. Gcclendirmeden sonra yapının gösterdiği davranış iyi olduğundan çalışmada kullanılabilen gcclendirme tekniğinin kullanılabilirliğini vurgulamışlardır.

## BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Deprem ve Yapı

Depremler dünyanın çeşitli bölgelerinde aralıklarla meydana gelen yer hareketleridir. Depremler oluş biçimlerine göre tektonik, volkanik, çöküntü ve Tsunami olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı tektonik depremlerdir. Türkiye'de hemen her iki yıl can ve mal kaybına neden olan depremler meydana gelmektedir. Bu depremlerin büyüklükleri diğer ülkelerde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre küçük olsa bile, daha fazla yapının hasar görmesine ve can kaybına neden olabilmektedir. Bu durumun oluşmasında depremin, yapının ve zeminin özelliklerinin birlikte rolü bulunmaktadır. Bunlardan sadece birini çıkarıp, diğerlerini yok saymak hasarları yorumlamak için yeterli olmaz. Depremin özelliklerine bir örnek olarak odak derinliğinin hasarlar üzerindeki etkisi verilebilir. Odak derinliği 3 km olan (yani yer yüzeyinden 3 km derinde meydana gelecek) bir depremle, 40 km derinde meydana gelecek depremin neden olacağı hasar birbirinden çok farklı olacaktır.

Deprem yükleri, deprem sırasında zeminde oluşan titreşimler nedeniyle binaya etkileyen yüklerdir. Yapılar, taşıyıcı sistemine, kullanılan malzemeye ve detaylandırma gibi birçok parametreye bağlı olarak depremde farklı farklı davranışlar sergilemektedir. Dolayısıyla da bir yığma yapının göstereceği deprem davranışı, betonarme bir yapının göstereceği deprem davranışından çok farklı olacaktır.

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 1998 rakamlarına göre merkezi yerleşim yerlerindeki yapıların %30'u betonarme, %48'i yığma yada hımmış, %22'si ise kerpiç yada moloz taş yığma yapılardan oluşmaktadır. Kırsal kesimde yığma yapıların oranı artarak %82'ye kadar çıkmaktadır (Erdik ve Aydınoglu,2003). Bu rakamlardan anlaşıldığı gibi deprem bölgelerinde önemli miktarda yığma yapı bulunmakta ve nüfusumuzun önemli bir kısmı bu yapılarda yaşamaktadır. Yığma yapıların bu kadar yaygın olmasının sebeplerinin başlıcaları aşağıdaki gibidir.

- 1-Yığma yapıların diğler yapı tekniklerine göre genelde ekonomik olması
  - 2-Yığma yapılarda kullanılan malzemenin kolay temin edilmesi, genellikle yerel koşullarda bu malzemeler temin edilebilmektedir.
  - 3-Yapım tekniğinin basit olması. Dolayısıyla da işçiliğın daha kolay olması
- Yığma yapıların yukarıda belirtilen üstünlükleri yanında bazı sakıncaları da bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları:
- 1-Sünekliğı azdır. Dolayısıyla yığma yapılardan elastik ötesi bir davranış ile enerji tüketmeleri beklenemez.
  - 2-Adaptasyon yapma tekniğı daha azdır. Yerel bir bölgede yapılacak küçük detay hataları özellikle depremlerde büyük hasara yol açabilir.
  - 3-Yapım tekniğinin basit olması nedeniyle, kalifiye işçilik ve mühendislik bilgisi gerektirmez düşüncesiyle gelişi güzel inşa edilirse, deprem esnasında hasar görmesi yada yıkılması kaçınılmaz olacaktır.
  - 4-Malzeme dayanımındaki yetersizlik nedeniyle yüksek katlı yapıları özellikle geleneksel yığma sistemlerle inşa etmek oldukça zordur.
  - 5-Yığma yapılarda kullanılan malzemeler çok çeşitli olduğundan bunların özelliklerinin bilinmesi ve bunların davranışları hakkında genellemeler yapılabilmesi zor olmaktadır.
  - 6-Taşıyıcı duvarların kalın ve duvar malzemesinin de ağır olması durumunda oldukça ağır yapılar ortaya çıkmakta buda depremde oluşacak kesme kuvvetini rijitliğe de bağılı olmakla birlikte arttırıcı yönde etki yapabilmektedir.

Depreme dayanıklı (dayanımlı) yapı tasarımının amacı deprem esnasında yapıya etkiyen yükleri yapının güvenle taşımasıdır. Yığma yapıların da depreme dayanımlı olabilmesi için deprem yönetmeliklerinde çeşitli koşullar öngörülmektedir. Yığma yapılar için öngörülen koşullar diğlerlerine göre biraz daha pratik olmaktadır. Bu hususlar tezin ilerleyen kısımlarında ayrıntılı olarak sunulmakta ve irdelenmektedir.

## **2.2.Yığma Yapı Malzemeleri**

Yığma yapı malzemeleri Yığma yapı sınıfına bağılı olarak kagir birim, harç, beton dolgu, donatı çeliğı ve öngerilme çeliğı şeklinde sıralanabilir.



### 2.2.1. Kagir birimler

Yığma yapılarda kagir birim olarak yerel şartlara göre farklı malzemeler kullanılmaktadır. Bunların başında tuğla, taş kerpiç, beton briket ve gaz betonlar gelmektedir. Görüldüğü gibi bunların her biri çok farklı özellikleri olan malzemelerdir. Dolayısıyla bu malzemelerin özellikleri hakkında genelleme yapmak mümkün olmamaktadır.

#### 2.2.1.1. Tuğla

Tuğlalar seramik olarak tanımlanan bir malzeme türüdür. Seramik malzemeler inorganik yüksek ısılarda işlem görmüş silikatlar ve metal oksitlerdir. Oksitlenmiş malzeme olmaları, kimyasal bakımdan denge noktasında olan ve yeni bir kimyasal reaksiyona girmeyecek malzeme olmaları anlamına gelmektedir. Fiziki olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklı bir yapı malzemesidir (Bayülke, 1992).

Basınç dayanımı, tuğlaların kendisine uygulanan yükleri karşılamada en önemli özelliği olup, bu dayanım tuğlanın aşağıda belirtilen özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

- 1-Yapıldığı toprağın cinsine
- 2-Piştirilme ısısına
- 3-Porozitesine
- 4-Üretim biçimine
- 5-Deliklerin miktarına, yerine ve yönüne
- 6-Kenarların biçimine
- 7-Yükleme yönüne

Tuğlaların piştirilmesi esnasında içlerinde sonsuz sayıda mikro çatlak ve boşluklar oluşmaktadır. Bu boşlukların varlığı ve miktarlarının değişkenliği tuğlaların diğer bütün önemli özelliklerini etkilemektedir. Toplam boşluk hacminin tuğlanın brüt hacmine oranı porozite olarak tanımlanmaktadır. Porozitenin büyük olması tuğlanın boşluklarının büyük olacağı anlamına gelmekte, dolayısıyla da bu tuğlanın basınç

dayanımının düşük olma ihtimali artmaktadır.

Tuğlaların basınç dayanımlarının belirli bir standart göstermemesi, tuğla yapımında kullanılan toprağın farklı oluşuna ve üretim şartlarının farklı oluşuna da bağlıdır. Aynı fabrikadan alınan aynı toprakla ve aynı şartlarda üretilen tuğlalar da bile gözle görülen basınç dayanımı farklılıklarının ortaya çıkması, tuğlanın özellikle taşıyıcı olarak kullanılması istenen yapılarda ne derece farklı davranışlar göstereceğinin bir kanıtıdır.

Delik oranları tuğlaların basınç dayanımına etkiyen önemli bir faktör olmasına karşılık, deliklerin biçimleri ve yönleri de en az delik oranları kadar önemli bir faktördür. Delik oranı aynı fakat daha çok sayıda küçük deliklerden oluşan bir tuğlanın basınç dayanımı diğerine oranla daha büyük olmaktadır. Bunun sebebi boşlukları çevreleyen dolu kesitlerin burkulma boylarının küçük delikli tuğlalarda daha küçük olmasıdır. Yine delik oranları aynı fakat yönleri farklı olan tuğlaların basınç dayanımları araştırıldığında düşey delikli tuğlaların, yatay deliklilere oranla daha fazla basınç dayanımına sahip oldukları gözlemlenmiştir.

Deliklerin şekillerinin basınç dayanımı üzerindeki etkisi ortaya koymak için yapılan bir araştırmada (Schellback, 1970), dolu tuğlada gerilim birikimi 1 olarak alınmış ve bu oranın dairesel delikli tuğlada 4.97, eliptik delikli tuğlada 9.91'e ve dikdörtgen delikli tuğlada 7.1'e çıktığı bulunmuştur. Bu durumda dairesel delikli tuğlanın, delik oranlarının aynı olduğu, dikdörtgen ve eliptik delikli tuğlalara göre daha yüksek dayanıma sahip olduğu söylenebilir (Bayülke,1992).

TSE 705'de tuğlalar birim ağırlıklarına ve basınç dayanımlarına göre sınıflandırılmışlardır (Tablo 1.1.).Tuğlaların Eurocode 6'ya göre sınıflandırılması ise Şekil 1.1 .'de görülmektedir (Tornazevic,1999).

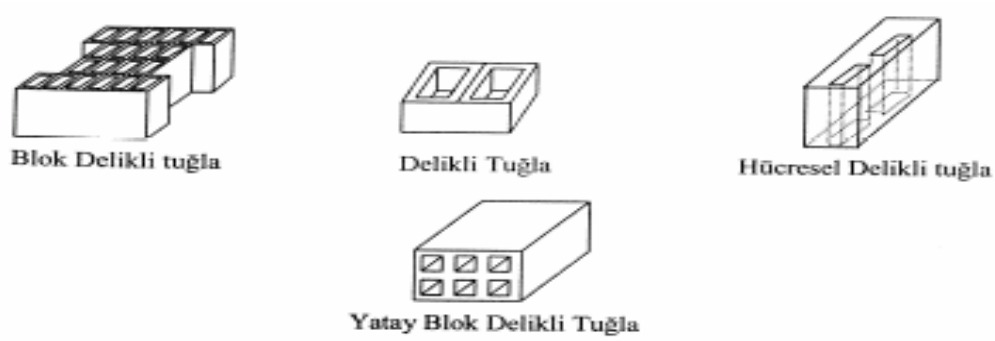
TS 2510'da yığma yapılarda kullanılacak tuğlalar için düşey delik oranı %35 ile sınırlandırmıştır. TS 705'de düşey delikli tuğlalar, %15 düşey delik oranına sahip olanlar dolu tuğla, %20-%25 arasında düşey delik oranına sahip olan tuğlalar ise seyrek delikli tuğlalar diye adlandırılmıştır (Bayülke,1992).

Eurocode 8'de (Tomazevic,1999) yığma yapılarda kullanılacak tuğlaların depreme karşı direnç gösterebilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması öngörülmektedir.

- 1-Toplam tuğla brüt hacminin %50'sinden fazla delik hacmine sahip olmamalıdır.
- 2-Minimum et kalınlığı 15 mm olmalıdır.
- 3-Hücreli delikli ve boşluklu tuğlalarda düşey gövde yatay uzunluk boyunca sürekli olmalıdır
- 4-Tuğlaların donma dayanımını etkileyen en önemli faktör tuğla içerisindeki boşluk yada mikro gözeneklere giren suyun etkisidir. Boşluklara yada gözeneklere giren suyun donarak tuğlayı çatlatması ve tuğlanın ufalanarak yok olması, yapılar için istenmeyen bir durum teşkil etmektedir. Tuğla su ile tamamen doymuş ise donmanın etkisi daha büyük olmaktadır. Kısmen su ile doymuş hale gelmiş tuğlalarda su, tuğlanın içerisindeki havayı sıkıştıracağından donma etkisi sonucu oluşacak çatlama tehlikesi daha az olacaktır.

Tablo 2.1. TS 705'e göre birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımlarına göre tuğlaların sınıflandırılması (Bayülke 1992).

Tuğla Sınıfı	Birim Ağırlık (KN/m <sup>3</sup> )	Delik Oranı %	Tuğla Sembolleri	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
Dolu Tuğla	19,61	15	2.0/240	23,5
			2.0/180	17,6
			2.0/120	11,8
	17,65	15	1.8/220	21,6
			1,8/150	14,7
			1,8/100	9,8
Seyrek Delikli Tuğla	15,69	20	1.6/220	21,6
			1.6/150	14,7
			1.6/100	9,8
	13,73	25	1.4/200	19,6
			1.4/120	11,8
			1,4/80	7,8
Az Delikli Tuğla	11,77	35	1.2/150	14,7
			1.2/100	9,8
			1,2/60	5,9



Şekil 2.1. Eurocode 6'da tanımlanan tuğla tipleri

Donmaya dayanıklı tuğlaların özellikleri şöyle özetlenebilir (Bayülke,1992):

1-5 saat kaynatılmadan sonraki su emme oranı %7'den büyük olmamalıdır.

2-Doyma katsayısı 0.6 olmalıdır. Donma katsayısı 24 saat su içerisinde bırakılmış durumda hesaplanan su emme oranı ile 5 saat kaynatma sonucu bulunan su emme oranı arasındaki oran olarak tanımlanır. Bir başka ifadeyle tuğladaki boşlukların %40'ının hava ile dolu olması gerekir.

3-Tuğla basınç dayanımı  $50 \text{ N/mm}^2$  olması gerekmektedir.

Kırılma sırasındaki basınç gerilmesinde tuğladan tuğlaya çok büyük farklılıklar gözlenirken kırılma sırasındaki birim şekil değiştirme (uzama yada kısalma ) sürekli belirli bir limit ( $10^3$ ) mertebesinde olmaktadır. Bu özellik dolayısıyla tuğlanın elastisite modülü:

$$E = f_t \times 1000 \quad (2.1)$$

olduğu genel olarak kabul edilir. Burada  $f_t$  tuğlanın kırılma anındaki gerilmesi, E elastisite modülünü göstermektedir. Tuğlalar için Poisson oranı 0.18-0.25 değerleri arasında alınmaktadır (Bayülke,1992).

### 2.2.1.2. Kerpiç üniteler ve doğal taşlar

Kerpiç ve doğal taşlar günümüzde dünyanın çeşitli bölgelerinde özellikle gelişmekte olan bölgelerde ve özellikle kırsal alanlarda hala yapı malzemesi olarak

kullanılmaktadır. Kerpiç üniteler, %30-%40 oranında kil ve %60-%70 oranında toprağın su ile birlikte karıştırılması ile genellikle 300/400/120 mm boyutlarında üretilmektedir. Çatlakları önlemek için kil toprak karışımına toprağın birim hacmine 7-10 kg arasında olmak kaydıyla saman katılır. Bazı kerpiç ünitelere basınç dayanımını arttırmak için çimento ve alçıtaşı katılmaktadır.

Yığma yapılarda kullanılacak doğal taşların belirli bir dayanımlarının olması gerekmektedir. Her ne kadar ülkemizde kerpiç ve doğal taşlarla imal edilen yığma yapılarda herhangi bir mühendislik formasyonu kullanılmamış olsa dahi en azından kullanılan ünitelerin basınç dayanımlarının yanında donmaya karşı dayanımları ve atmosfer koşullarına karşı dayanımları yeterli olmalıdır. Doğal taşlar içerisinde bulunan mikro çatlaklar su içerip dona maruz kaldığında çatlaklar hacimsel olarak genişleyecek, çatlakların yönü değişecek ve ünitelerin biçimsel deformasyonuna sebebiyet verecektir. Bu deformasyon sonucunda taş ünitelerin dayanımlarında bir azalma olacaktır. Bu da yığma yapılarda istenmeyen bir durum teşkil etmektedir.

Taşların basınç dayanımları çıkarıldıkları bölgeye göre değişim göstermektedir. Taşın oluşum koşulları ve içerdiği mineral yapısı basınç dayanımını etkilemektedir. Dayanım açısından bir sınıflandırma yapılması gerekirse volkanik kökenli taşlar, tortul kökenli taşlara oranla daha sert ve dayanıklıdır. Granit 80-250 N/mm<sup>2</sup>, kalker-dolomit 50-120 N/mm<sup>2</sup>, kum taşları 20-80 N/mm<sup>2</sup> yaklaşık basınç dayanımlarına sahiptirler (Bayülke, 1992).

Bir taşın atmosfer koşullarına dayanıklı olup olmadığı pratik olarak, taşın alındığı ocak yakınlarında aynı taştan açık havada duran ve bozulmamış taşların bulunduğunu belirlemek suretiyle tespit edilebilir (Bayülke, 1992). Taşların donmaya karşı dayanıklılığı ise pratik olarak, taşın alındığı ocakta yüzeyde kalmış olan kayalar yosun bağladığı görülmesi suretiyle tespit edilebilir. Yosun bağlayan taşların donmaya dayanıklı olduğu söylenebilir. Bu pratik bilgiler teknik olarak pek fazla önem teşkil etmese bile özellikle ülkemizde mühendislik tekniği kullanılmadan yapılması istenen yığma yapılarda yapacak kişiler için bir ön bilgi mahiyetinde kullanılabilir.

Bir yapı taşının donmaya karşı dayanımı teknik olarak 25 kez -15 " C'ye kadar soğutulup tekrar +15 "C'ye kadar ısıtılarak basınç deneyi yapılarak belirlenir. Ocakta patlama sonucu çıkarılan taşlarda oluşan çatlaklar da taşın donma dayanımını azaltır. Doğal taşların bulunacak basınç dayanımları TS 2510'a göre Tablo 2.2.'de verilen değerlerden büyük olmalıdır.

Tablo 2.2. TS2510'a göre doğal taşların basınç dayanımları

Dayanım Grubu	Taş Cinsleri	En Büyük Basınç Dayanımı ( N/mm <sup>2</sup> )
I	Kireçtaşı, traverten(kalker), kireç, bağlayıcı kumtaşı	35
II	Yoğun kireçtaşı, dolomit, bazalt	50
III	Silis bağlayıcı kumtaşı, grovak	80
IV	Granit, siyenit, diorit, melafir, diabaz	120

Duvarlarda kullanılacak taşların boyutları duvar boyutları ile uyumlu olmalı, yüksek dayanımlarının yanında işlenebilirliği kolay olmalı ve harca iyice yapışarak güçlü bir aderans sağlamalıdır. Duvara büyük boyutlu taşların konulması harcın bağlayıcılık özelliğini azaltmaktadır.

### 2.2.1.3. Beton briketler ve gaz betonlar

Ülkemizde, özellikle kırsal alanlarda, tuğlanın üretiminin olmadığı, tuğla naklinin zor ve pahalı olduğu bölgelerde ve hafif agreganın bol olarak bulunduğu bölgelerde beton briketler gerek taşıyıcı duvar olarak ve gerekse dolgu duvarlarında nispeten geçmişe oranla azalsa da kullanılmaktadır.

Beton briketler, çimento, hafif ve normal ağırlıktaki agregalar, su ve gerektiğinde başka katkı maddeleri ile imalathanelerde ve hatta şantiyelerde bile üretilmektedir. Çoğunlukla boşluklu olarak üretilip yağışsız havalarda açık havaya bırakılarak dayanım kazandırılması suretiyle üretilmektedirler.

TS 406'ya göre beton briketler 2.5, 5, 7.5 ve 15 N/mm<sup>2</sup> basınç dayanımına sahip sınıflarda üretilmektedir (Bayülke,1992). Beton briketlerin basınç dayanımları hesaplanırken boşluk oranı çıkarılmamaktadır. Beton briketlerin basınç dayanımları,

çeşitlilik göstermekle beraber, kullanılan agreganın fiziksel özelliklerine ve özellikle birim ağırlığına bağlıdır. Hafif agregalarla üretilmiş briketlerin basınç dayanımları genelde düşük olmaktadır.

Beton briket sınıfları içerisinde yer alabilecek bir diğer malzeme ise gaz beton bloklardır, ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bağlayıcı ile hazırlanan karışıma gözenek oluşturu bir madde alüminyum tozu gibi madde eklenerek hafifletilir ve buhar kürü ile sertleştirilir. Basınç dayanımları hemen hemen briketle aynı olmaktadır.

### 2.2.2. Harç

Harç, çimento, kireç, agrega ve suyun inorganik bir karışımıdır. Yığma yapıların duvar harçlarının işlevi, duvarı oluşturan kagir birimlere yataklık etmek onları birbirine bağlayarak duvara bir süreklilik vermektir.

Yığma duvarların dayanımı büyük ölçüde harç ile tuğla arasındaki yapışmaya ve harcın çekme dayanımına bağlıdır. Bu nedenle de harcın basınç dayanımından çok çekme ve tuğla arasındaki aderans dayanımı önemlidir.

Harçlarda kullanılacak kumdaki en büyük tane boyutları yapılacak derzlerin kalınlıklarına göre seçilmelidir. Derz kalınlığı 6-13 mm arasında ise kum tane boyutu 6 mm'den küçük olmalı, derz kalınlığı 6 mm'den az ise en büyük tane boyu No.16 (1,2 mm) elekten daha büyük olmamalıdır. Harçlar, kum tane boyu 13 mm ye kadar ise kaba harç, 10 mm'den küçük ise ince harç olarak nitelenir. Kaba harçların, moloz, taş duvar gibi büyük derz açıklıklarına olanak veren kagir yapılarda kullanılması daha uygundur.

Herhangi bir harçta istenen özellikler şunlardır (Türkçü, 2004):

- 1-Plastik halde iyi işlenebilirlik, fakat bileşimlerin sıkışmasını önlemek için yeterince erken sertleşme
- 2-İyi su tutabilme ( karışım suyu hemen akmamalı)
- 3-İşleme kolaylığı ve kopmaların az olması için plastik halde iken yeterli kohezyon

4-Plastik halde ve sertleşme halinde serildiği birimlere yeterli adezyon (bağ oluşturma terimi sertleşmiş durum için kullanılır)

5-Yapılan iş açısından sertleştiğinde yeterli dayanım

6-Maruz kalabileceği dereceye kadar kimyasal etkilere karşı yeterince dayanıklı olmak

7-Yapılan işe uygun olarak kuruma büzülmesine ve nem hareketlerine izin vermek.

Uygulamada bu özelliklerden herhangi birinin artırılması karışıma katılanları veya oranlarını değiştirerek sağlanır. Fakat bu yapılan işlem bir veya daha fazla özelliğe zarar verebilir. Örnek olarak çimento oranını artırarak daha dayanıklı fakat daha az kuruma büzülmesi olan bir harç elde edilir. Daha ince kum kullanılması karışımının kohezyonunu, su tutabilmesini ve işlenebilirliği artırır. Fakat düşük dayanımı ve daha fazla kuruma büzülmesi olan harç elde edilir. Malzeme maliyeti de bu işlevlerde oldukça önemli bir faktördür ve en pahalı katkı olan çimento miktarının dolayısıyla dayanımın olabildiğince sınırlandırılması ile sonuçlanır.

En dayanıklı harçlar çimento harçlarıdır. Fakat bu harç kum ağırlıklıdır ve çimento/kum oranı 1/3'den az olmamalıdır. Bu karışımlar yer altında nem geçirmez tabaka dış duvar ve parapet gibi çok açıkta yapılan işlerde ve yüksek mukavemetli tuğla ile yapılan mühendislik yapılarında kullanılır. Bütün bu çalışmalarda esas gerekli olan yüksek dayanımlı ve az geçirgen bir harç olmasıdır. Diğer çalışmalar için dayanıklı harç hem gerekli olmayabilir, hem de istenmeyebilir. Maalesef çimento miktarı az olan zayıf çimento harcını kullanmak pek doğru değildir. Çünkü çimento oranının belli bir oranda azaltılması işlenebilirliğin ve kohezyonun azalmasına yol açmakta ve gözenekli bir bileşim meydana geldiğinden donma direnci küçük olmaktadır. Bununla beraber bu eksiklikler harcın içine belli oranda kireç ilave edilerek telafi edilebilir. Buda çimento- kireç- kum harcının önemini açıklar. Kirecin bir diğer avantajı harcın su tutma özelliğini arttırmasıdır.

Harçların prizi devam ettiği süre içerisindeki serbest su donabilir ve genişmeden dolayı yapılan işte bozulmalara sebep olabilir. Kış şartlarında bu ihtimali azaltmak için daha zengin ve dolayısıyla kuvvetli karışımlar kullanılmalıdır. Eğer harcı oluşturan birimlerin kuru ve tercihen sıcak tutulması ve yapılan işin hem kuru kalması hem de dondan korunması için muhafaza edilmesi mümkün olsa bile hala az



da olsa don ihtimali vardır. Yine harç yapımında kullanılan kumun, don buz veya kardan uzak olması gerekir. Düşük sıcaklığın harcın priz süresini geciktirme etkisi, çabuk katılaştıran çimento kullanılarak ta giderilebilir.

### 2.2.3. Beton dolgu

Beton dolgu, portland çimentosu, kum, nohut büyüklüğünde çakıl ve suyun karışımıyla elde edilen sıvı kıvamında 20-25 cm arasında çökmeye sahip olan bir birleşimdir. Beton dolgu yığma birimlerdeki boşlukların içine veya iki yığma duvar arasına donatı çeliği; ve yığma üniteleri yapı sisteminde birlikte tutmak için yerleştirilir. Beton dolgu çoğu en kesitlerde aksel kuvvete ve kesmeye karşı kapasiteyi artırır. Ses yalıtımını artırması, yangın direncini artırması ve duvarların yanmaya dayanabilmesini geliştirmesi, yapının ağırlığını arttırdığı için dayanma duvarlarının devrilme direncini artırması beton dolgunun yapıya kazandırdığı diğer özelliklerdir(Tezcan ve Reis,2003).

TS ENV 1996-1-1'de (2001), en düşük boyutu 50 mm ve daha büyük boşluklarda veya beton örtüsü kalınlığının 15mm-25mm arasında olduğu yerlerde kullanılacak dolgu betonlarında en büyük dane çapının 10mm olacağı belirtilmiştir.

Tasarımda kullanılacak dolgu betonu karakteristik basınç dayanımı ( $f_{ck}$ ) ve karakteristik kesme dayanımı ( $f_{cvk}$ ) Tablo 2 .3.'de verilmektedir.

Tablo 2.3. Dolgu betonun karakteristik basınç dayanımı ( $f_{ck}$ ) ve karakteristik kesme dayanımı ( $f_{cvk}$ ), (TS ENV 1996-1-1,2001)

Beton Sınıfı	C12/15	C 16/20	C20/25	C25/30veya daha yüksek
$f_{ck}(N/mm^2)$	12	16	20	25
$f_{cvk}(N/mm^2)$	0,27	0,33	0,39	0,45

### 2.2.4. Donatı çeliği

Donatı çeliği depremin dinamik kuvvetlerinde enerji absorbe etmesi, çekmeye ve

kesmeye karşı dayanımı ve süneklik karakteristiklerini arttırdığı için yığma yapılarda kullanılmaktadır. Donatı çeliğinin yapıya bu özellikleri kazandırması için yerleştirmede özel bir dikkat gösterilmeli ve çeliğinin sürekliliği sağlanmalıdır.

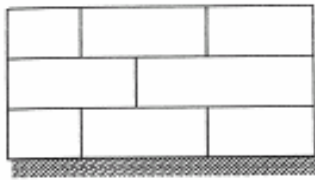
### 2.2.5 Öngerilme çeliği

Yığma yapılarda yeni sayılabilecek bir sistem olan öngerilmeli yığma yapılarda kullanılan bu malzeme TS ENV 1996-1(2001)'de tanımlanmaktadır.

## 2.3. Yığma Yapıların Sınıflandırılması

### 2.3.1. Donatısız yığma yapılar

Donatısız yığma yapılar düşey ve yatay yükleri direkt olarak duvarların karşılayacağı şekilde tasarlanmış yapılardır. Bu yapılarda diğer bir deyişle geleneksel teknikle yapılmış yığma yapılarda bağlayıcı madde görünümündeki harcın kesme dayanımına etkisi ihmal edilmemelidir. Çünkü duvarlarda oluşacak kesmeyi iki ünite arasında karşılayacak olan tamamen harçtır. Eğer oluşacak kesme gerilmeleri harcın karşılayacağından fazla olursa tuğlalarda çatlaklar meydana gelecektir. Donatısız yığma yapılarda döşemenin rijit diyafram gibi çalışabilmesi için hatıl denilen kirişler kullanılmaktadır. Bu kirişlerin esas görevi döşeme üzerine gelecek yükleri duvarlara aktarmak, döşemelerin mesnetlenmelerini sağlamak ve depremde döşemelere gelecek yatay yükleri döşemenin rijit diyafram denilen özelliği sayesinde alıp diğer taşıyıcı elemanlara aktarmasını sağlamaktır. Esasında yatay hatılların düşey taşıma gücü yönünden yığma yapılara direkt olarak herhangi bir faydası yoktur. Şekil 2.2.'de klasik şaşırtmalı örgü sistemiyle örülmüş bir donatısız duvar görülmektedir.

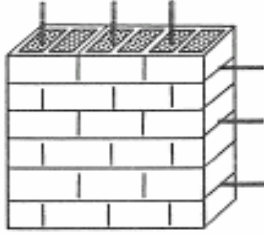


Şekil 2.2. Donatısız yığma duvar

### 2.3.2. Donatılı yığma yapılar

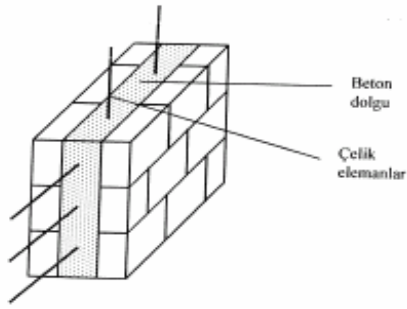
Yığma duvarlar düşey kuvvetleri yani basınç gerilmesi meydana getiren kuvvetleri güvenle taşımalarına rağmen kesme kuvveti meydana getiren yatay kuvvetlerin güvenli bir şekilde taşınmasında bazen zorluk çekmektedir. Donatılı yığma yapı düşüncesi deprem sırasında meydana gelecek kesme kuvvetlerini karşılayacak malzemelerin yığma yapılara katılması düşüncesi ile doğmuştur. Donatılı yığma yapılar dünyada üç şekilde uygulanmaktadır.

Boşluklu tuğlaların boşluklarına donatı yerleştirilip boşlukların tamamen beton veya dolgu malzemesi ile doldurulması ile oluşturulan duvarlardır. Bu tip duvarlarda eğer yatay donatı kullanılacaksa her sıradaki tuğlaların üzerine yatay donatılar yerleştirilmelidir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Boşluklu tuğlaların arasına donatı koyulup boşlukların tamamen betonla veya dolgu malzemesi ile doldurulmuş donatılı yığma yapı

Çift sıra tuğla örülerek arasına betonarme perde duvardaki gibi yatay ve düşey donatı koyulması veya birbirlerine paralel yatay donatı yerleştirilmesi suretiyle, duvar aralan beton yada farklı dolgu malzemeleri ile doldurularak yapılmaktadır. Bu tip yapılar aslında farklı yapım teknolojisi gerektirmektedir. Çünkü burada duvarlar kalıp görevi görmektedir. Bir nevi perde duvar gibi çalışmakta fakat düşey yükleri taşımadaki özelliği perde duvarlara benzememektedir. Kullanılan donatı miktarı perde duvarlarda kullanılanlara oranla düşüktür (Şekil 2 .4.).



Şekil 2.4. Çift sıra tuğla ve arası betonla doldurulmuş yığma yapı

Boşluksuz tuğlalardan paket tipinde duvar örgüsü yapılarak ortada oluşan boşluklara donatı yerleştirilmesi ve oluşan boşlukların beton veya başka dolgu malzemeleri ile doldurulması suretiyle yapılan duvarlardır. Bu tip duvarların birleşim bölgelerinde özel olarak oluşturulan boşluklara donatı yerleştirilerek düşey kolon görevi görececek birleşim yerleri de elde edilebilmektedir.

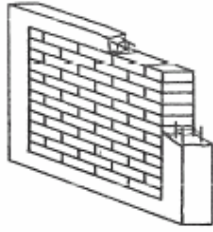
Donatılı yığma yapıların donatısızlara oranla depremde daha güvenilir olacağı aşikardır. Bu tip yapılarda yatay kuvvetleri donatıların karşılaması sağlanmaktadır. Fakat donatılı yığma olarak inşa edilmiş boşlukları harç ile doldurulmamış yapıların kesme dayanımları harç ile doldurulmuş olanlara oranla daha düşüktür. Harç ile doldurulmuş olanların dayanımı yaklaşık olarak %25 oranında daha büyüktür (Bayülke,1992).

Donatısız yığma yapılarda kullanılacak malzemelerle donatılı yığma yapı oluşturmak oldukça zordur. Bunun için donatılı yığma yapılarda özel olarak imal edilmiş malzemeleri kullanmak gerekmektedir. Bu da donatılı yığma yapılan donatısız yığma yapılara oranla daha maliyetli kılmaktadır.

### 2.3.3. Sarılmış yığma yapılar

Yığma yapıların deprem dayanımlarını arttırmak için izlenebilecek bir başka yol da taşıyıcı duvarları düşey ve yatay betonarme elemanlarla çerçeve içine almaktır. Bu yatay ve düşey elemanlar şekil itibari ile kolon ve kiriş gibi görünmelerine rağmen, çalışma şekilleri yönünden betonarme kolon ve kirişlerden farklıdır. Taşıyıcı duvarları saran bu betonarme elemanların görevi deprem etkisi altında duvarlarda

oluşacak çatlakların gelişmesini engellemek, bu çatlakları sınırlandırarak deprem etkisiyle yığma yapının tamamen göçmesini engellemektir. Bu özelliklerinin yanı sıra taşıyıcı duvarların rijitliğini arttırmak, döşemelerin duvarlar üzerine daha uygun bir şekilde mesnetlenmesini sağlamak gibi görevleri de vardır (Şekil 2 .5.).



Şekil 2.5. Sarılmış yığma yapı (Bayülke, 1992)

Donatılı yığma yapılarla sarılmış yığma yapılar mukayese edilmek istenirse, sarılmış yığma yapıların yapımının daha kolay olduğu, betonarme elemanların bir kafes oluşturarak birbirlerine yardımcı oldukları söylenebilir. Ayrıca sarılmış yığma yapılarıdaki betonarme elemanlar ankraj sağlayarak kama etkisine yardımcı olurlar. Eğer donatılı yığma yapılar, çift sıra tuğla örülerek arasına betonarme perde duvardaki gibi yatay ve düşey donatı koyulması suretiyle veya birbirine paralel yatay ve düşey donatı konulması ile ve araları beton yada farklı dolgu malzemeleri ile doldurularak yapıldığı takdirde, deprem yükleri altında oluşacak kesme kuvvetlerini karşılamak yönünden tüm yığma yapı türlerinden daha fazla bir dayanım gösterirler (Bayülke,1992). Fakat donatılar birbirleri ile beraber çalışmadıkları için yük aktarımı konusunda birbirlerine yardımcı olamazlar.

#### 2.3.4. Öngerilmeli yığma yapılar

Taşıyıcı duvarların eğilme, kesme ve çatlama dayanımları ve yapının genel olarak sünekliğini arttırmak için öngerilme çelikleri yerleştirilmektedir. Genellikle çift sıra halinde örülen sandviç duvarlarda iki duvar arasına öngerilme çelikleri yerleştirilmekte, bu çelikler alttan ve üstten ankraj levhalarıyla tutturularak veya üstten ankraj levhası, alttan öngerilme çeliği bindirme ek boyu kadar uzatılarak duvar içerisine ankrajı sağlanmaktadır. Ara boşluğu dolduran beton dolgu ile öngerilme duvara aktarılmaktadır (McKenzie,2001).

## 2.4. Yığma yapı temel sistemleri

Temeller yapım yönünden temel duvarı ve temel tabanı diye ayrılabilir. Geleneksel binalar incelendiğinde her türlü kagir malzemenin hem temel tabanının hem de duvarının yapımında kullanıldığı görülebilir. Bugün temel sömeli yapımında en yaygın kullanılan malzeme beton veya betonarmedir. Temel duvarlarında ise beton, betonarme, taş, tuğla, dolu beton, briket gibi taşıyıcı duvar yapımına da uygun malzemeler kullanılmaktadır.

Temel yapımında söz konusu olabilecek malzemelerin seçiminde dikkat edilmesi gerekli noktalar; malzemenin suya, rutubete, dona ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı olmalarıdır. Temel malzemesi olarak ahşap ve çelikten de söz etmek olasıdır. Bu malzemeler genellikle kazık temellerin yapımında kullanılmaktadırlar.

Diğer yapı elemanları gibi temeller de malzeme, yapım yöntemi, taşıyıcılık özellikleri v.b gibi yönlerden aşağıdaki gibi gruplandırılabilirler (Türkçü, 2004).

a-Malzemelerine göre:

- 1-Taş, tuğla, beton temeller (yığma temeller)
- 2-Betonarme temeller (yerinde yapım veya hazır temeller)
- 3-Ahşap, çelik temeller

b-Yapım Yöntemlerine göre:

- 1-Yerinde yapım temeller (monolitik temeller ve yığma temeller)
- 2-Ön yapım (prefabrike) temeller (hazır kazık ve halka temeller)

c-Yük taşıma özelliklerine göre:

- 1-Basınç Temelleri: Yapımın hareketli ve kalıcı tüm yüklerinin yer çekimi doğrultusunda etkidiği temellerdir.
- 2-Çekme Temelleri: Toplam yüklerin yer çekimi doğrultusuna ters yönde etkidiği hafif yapıların temelleridir.
- 3-Sürtünme Temelleri: Yük aktarımını sürtünme ile gerçekleştiren temellerdir. Örneğin yüzen kazık temeller

d-Yapı doğal zemini konumuna göre:

1-Yüzey Temeller

2-Derin Temeller diye sınıflandırılabilir.

Taşıyıcı duvar yükünü zemine güvenli bir biçimde aktarmak üzere oluşturulan betonarme elemanlar duvar altı temelleri olarak adlandırılmaktadır. Yığma kagir yapıların temellerinde, taşıyıcı duvarların altında betonarme sürekli temel yapımı ABYYHY gereği zorunludur. Duvar altı temellerinin düşey kesiti dikdörtgen yada yamuk şeklinde olabilir. Yapım kolaylığı açısından dikdörtgen kesitli olanlar önerilmektedir (Doğangün,2002). Duvar altı temellerine ilişkin ABYYHY koşulları Tablo 2.4.'te verilmiştir.

Tablo 2.4. Duvar altı temellerine ilişkin ABYYHY koşulları (Doğangün,2002)

Koşulun Tanımı	ZeminGrubu (A),(B)	ZeminGrubu (C)	ZeminGrubu (D)
Minimum temel genişliği,(mm)	500	600	700
Duvar kalınlığına ek (iki yandan) pabuç genişliği (mm)	2x150	2x200	2x250
Minimum temel yüksekliği (mm)	300	400	400
Altta ve üstte minimum temel boyuna donatısı	3φ12	3φ14	4φ12
Temelde minimum etriye	φ 8/300	φ8/300	φ 8/300
Minimum basamak yatay aralığı	1	1,5	—
Minimum basamak bindirme uzunluğu(mm)	300	400	—
Maksimum basamak yüksekliği(mm)	300	300	— -
Kullanılabilecek en düşük beton kalitesi	C16(BS16)		
Boyuna donatılar arasındaki en büyük mesafe(mm)	300 mm		

## 2.5. Yığma Yapılarda Genel Düzensizlik Durumları

Yığma yapıların deprem dayanımında yapı elemanlarının kalitesinin yanında, yapı geometrisinin ve biçiminin de büyük bir önemi vardır. Yığma yapılarda, taşıyıcı duvarların döşemelerle ve diğer taşıyıcı elemanlarla uygun bir şekilde bağlanması deprem esnasında genellikle iyi sonuç vermektedir.

Bazı yapısal ve mimari prensiplerle malzeme kalitesiyle beraber yapının deprem dayanımı artırılabilir. Aşağıda bahsi olunan temel prensipler yığma yapı tasarımında daima göz önünde tutulmalıdır.

- 1-Taşıyıcı elemanların simetrisi, üniformluğu düzeni ve yapının sadeliği,
- 2-Yapının ağırlığını aşırı derecede arttıran süslemeden kaçınılması,
- 3-Rijit diyafram özelliği gösteren betonarme döşeme kullanılması,
- 4-Uygun temel seçimi.

Deprem etkisinde, sismik enerji yapının tümüne üniform olarak dağıtılmaya çalışılacaktır. Eğer taşıyıcı elemanlar planda ve yapı yüksekliği boyunca üniform olarak dağılmamışsa, üniform olmayan bölgelerde gerilme yığılması meydana gelebilir. Bu da ağır hasara veya yapının tamamen göçmesine neden olabilir.

Deprem-yer hareketleri üç boyutlu bir olaydır. Yer hareketinin hangi doğrultudaki yapıda daha etkili olacağı deprem esnasında bilinemez. Bu yüzden deprem bölgesinde yapının tüm taşıyıcı elemanları üç boyutuyla birlikte deprem yüküne maruz kalacağı düşünülerek tasarlanmalıdır.

Taşıyıcı elemanların planda simetrik olarak dağıtılması, depremde istenmeyen burulma titreşimlerini önleyecektir.

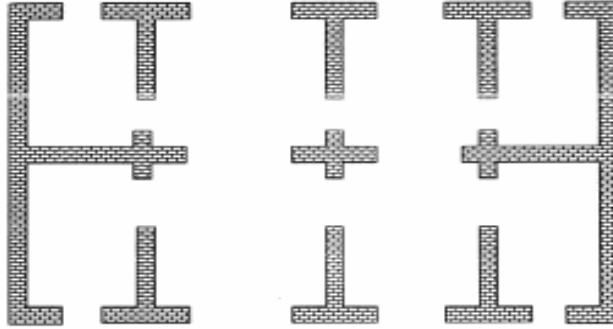
Uygun temel seçimi üst yapıda gelişecek en önemli deprem yüklerini temel zeminine iletacaktır. Eğer temel zemini yapı en yüksek gerilmeye ulaşmadan taşıma gücünü kaybederse yapı büyük bir devrilme tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır.



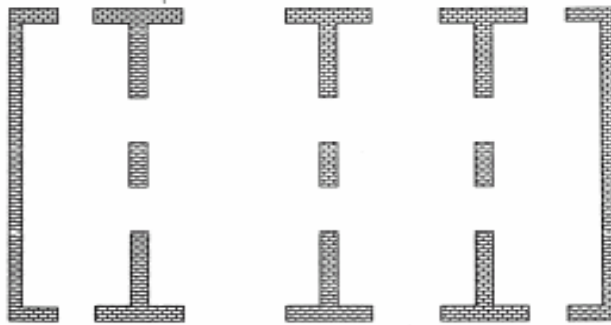
Yığma yapılar, kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri, gerektirdiği özel yapısal geometri ve hatta sadece düşey yükleri taşıyabileceği varsayımı ile tasarlanmasına bağlı olarak özel yapı diye tanımlanabilir. Yığma yapıların inşaatı için temel kurallar geçmişte geleneklere ve deneyimlere bağlılık idi. Bunun sonucunda da geleneksel yapı sistemleri genellikle basit ve düzenli (taşıyıcı duvarlar ve enine (bölme) duvarlardan oluşan yapının yüksekliği boyunca değişim göstermeyen) bir sistemle yapılırdı.

Yapıların basitliği ve düzenliliği sadece beklenen yapısal davranışları değil depreme karşı dayanım tetkik yollarının ve metotlarının da basitleşmesini mümkün kılar.

Yığma yapı elemanları, yatay rijitlik ve kütle dağılımıyla ilişkin olarak planda tüm eksenler boyunca, simetrik olmalıdır. Yapı duvarlarının büyük bir kısmı tüm yönlerde yaklaşık olarak mümkün olduğunca aynı kesit alanında ve aynı rijitliği sağlaması gerekir (Şekil 2.6.ve Şekil 2.7.).

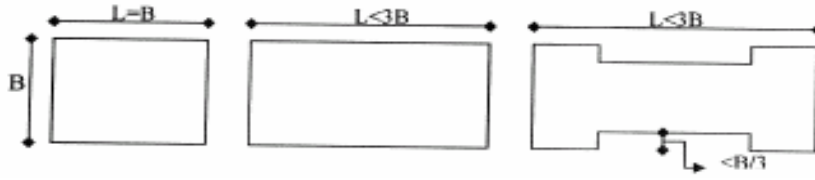


Şekil 2.6. Uygun taşıyıcı duvar dağılımı



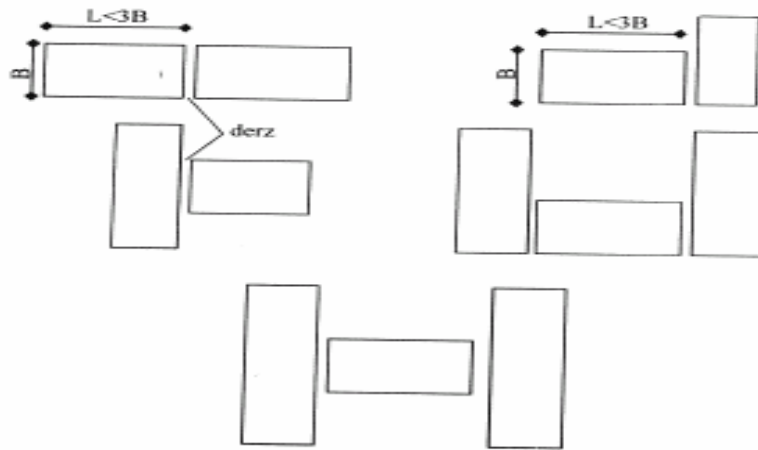
Şekil 2.7. Uygun olmayan taşıyıcı duvar dağılımı

Planda yapılar basit olmalıdır. Kare veya dikdörtgen yapılar depremde diğer geometrik şekillere sahip yapılara oranla daha iyi performans gösterirler. Çıkıntılar ve dar açılı köşeler kısa kenarın 1/3'ünden küçük, uzun kenar da kısa kenarın 3 Katından küçük olmalıdır Şekil 2.8.'de düzgün plan geometrileri verilmektedir (Batur,1999).



Şekil 2.8. Yığma yapıların planda düzgün geometrisi

Uzun kenarı kısa kenarının 3 katında büyük yığma yapılar veya planda L, T, U, H, + şeklinde geometriye sahip olan yapılar burulma etkilerinden kaçınılmak için derzlerle uygun geometriye sahip yapılara ayrılmalıdır. Derz boşluğu her komşu kat için 1 cm den az olmamak ve toplamda 3 cm den az olmamak kaydıyla düzenlenmelidir (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Düzensiz yığma yapıların derzlerle birbirinden ayrılması

Bina yükseklik boyunca düzenli olmalıdır. Taşıyıcı elemanların dağılımı, rijitlik ve kütle merkezi katlar arasında değişkenlik göstermemeli ve mümkün olduğunca

üniform olmalıdır. Üst katlarda kütle yığılmasından kaçınılmalıdır. Rijitliğin yükseklik boyunca ani değişim göstermesi, iki komşu kat arasında kütlelerin de buna bağımlı olarak değişmesi bu bölgede gerilme yığılması meydana getirir. Bu da enerji dağılımını olumsuz etkileyeceğinden bu yapılarda ağır hasarlar görülebilir. Şekil 2.10.'da yükseklik boyunca uygun olan ve olmayan yapı tipleri görülmektedir.

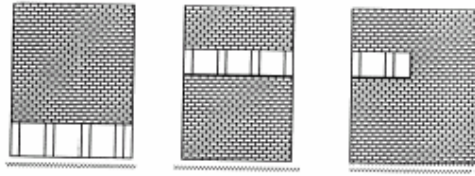


Şekil 2.10. Düşeyde uygun olan ve olmayan yığma yapı geometrileri (Tomazević, 1999).

Karışık yapısal sisteme kesinlikle müsaade edilmemelidir. Mesela bir katta yığma taşıyıcı duvarlar, diğer katta betonarme çerçeve elemanların oluşturduğu taşıyıcı sistem (Şekil 2.11.). Bazı durumlarda betonarme kolonlar ve yığma taşıyıcı duvarlar mimari sebepler yüzünden bir arada kullanılması gerekebilir. Bu durumda yapısal yığma duvarlar enerji dağılma kapasitesini ve sünekliği arttırmak için çelik elemanlarla güçlendirilmelidir. Betonarme kolonlar çerçeve sistemin bir parçası olmalı, rijit yatay diyafram özelliği gösteren döşemelerle bağlanmalı, yığma kesme duvarlar ve betonarme kolonlar arasındaki sismik yüklerin dağılımını üniform olarak sağlamalıdır. Detaylı yapısal analiz bir tip elemandan diğerine sismik yüklerin transferinin gerçekleştiğini göstermek için yapılmalıdır. Projede yapısal detaylara özel dikkat gösterilmelidir.

Yapısal düzenlilik ve basitlik için kriterler yapılmasına rağmen rijit diyafram etkileri ve duvarlar arasındaki bağlantı iyi sağlanamazsa yapının potansiyel sismik direnci tamamen sağlanamaz. Yani, eğer duvarlar döşeme düzleminde birbirleri ile bağlanmazlarsa düzlem dışı titreşimler duvarların kesişme bölgelerinde ve köşelerdeki düşey düğüm noktaları boyunca duvarların ayrılmasına sebep olacaktır. Bu ayrışma da deprem sırasında yapının yatay yük taşıma kapasitesini önemli ölçüde azaltacak ve yapının hasar görmesine ve hatta göçmesine sebebiyet verecektir. Döşemelerin rijit diyafram özelliklerini sağlamak için aşağıdaki hususlar düşünülmelidir.

- 1-Tüm döşemeler tek bir planda olmalıdır.
- 2-Rijit diyafram özelliği merdiven boşluğu gibi süreksizlik önünde değişim göstermemelidir. Büyük açıklıklar çelikle veya bağlantı kirişleri ile güçlendirilmelidir.
- 3- İki doğrultuda çalışan döşemeler tek doğrultuda çalışan döşemelere tercih edilmelidir. Çünkü düşey sabit ve hareketli yükleri taşıyıcı duvarlara iki doğrultuda çalışan döşemeler tek doğrultuda çalışan döşemelere oranla daha üniform olarak aktarmaktadır (Tomazevic,1999).



Şekil 2.11. Uygun olmayan karışık yapısal sistem.

Duvar boşluklarının konumları ve boyutları yığma kesme duvarların direncine büyük etki yapar. Sismik yüklere bağlı olarak gerilme yığılması boşluk bölgelerinde meydana gelir. Bu da yatay yükler altında yığma elemanların dayanımının azalmasına sebebiyet verebilir ve tahmin edilmeyen çatlakların oluşmasına sebep olabilir. Depreme bağlı olarak yığma yapıların davranışlarını geliştirmek için aşağıdaki öneriler yapılmaktadır (Tomazevic, 1999).

- 1-Boşluklar duvarlarla sarılmış olmalıdır.
- 2-Kiriş- taşıyıcı duvar, taşıyıcı duvar- taşıyıcı duvar ve döşeme -taşıyıcı duvar birleşim bölgeleri gibi kısımlarda boşluk olmamalı, standartlarca uygun görülmüş mesafelerde boşluk bırakılmalıdır.
- 3-Tüm katlarda düşey hat boyunca boşluklar aynı konumda bulunmalıdır.
- 4-Birbirine dik iki eksenden rijitliğin ve dayanımın üniform olarak dağılmasını sağlamak için boşluklar bina planında simetrik veya simetriğe yakın olmalıdır.
- 5-Katlarda boşlukların en üst noktası aynı yatay seviyede olmalıdır.
- 6-Boşluklar yapı duvarlarının en üstündeki betonarme hatlı engellememelidir.

7-Açıklıkların toplam uzunluğu kesme duvarların uzunluğunun yarısını geçmemelidir.

8-Ülkemizde yapılarda yapılan en önemli hata giriş katlarının kahvehane veya market amaçlı kullanılacağı düşünülerek geniş açıklıklar yapmak ve büyük açıklıklı pencere ve kapı boşlukları bırakmaktır. Bu hem rijitliğin bu katta azalmasına hem de birleşim noktalarına boşluk denk gelmesine sebebiyet vereceği için depremde yapıların hasar görmesine neden olmaktadır.

Yapısal olarak bina uzunca bir oda yerine bölme duvarlarla odalara ayrılmalıdır. Bu sayede kısa doğrultuda rijitliği az olan ve zayıf durumda bulunan bina, dayanma duvarlarının etkisiyle rijitliği artacak ve dolayısıyla güçlendirilmiş olacaktır. Bu konumdaki bir bina, en güçlü halini ise betonarme çerçeve elemanlarla kuşatıldığı zaman alacaktır.

Yığma yapılardaki düzensizlikler:

a-Yatayda:

1-Burulma Düzensizliği:

Deprem yönüne dik doğrultuda rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dış merkezliğin bu doğrultudaki yapı genişliğinin %20'sinden fazla olması,

2-Girinti Düzensizliği:

Plandaki girintilerin bu yöndeki yapı boyutunun %20'sinden fazla olması,

3-Kat Döşemesi Süreksizliği:

Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %50'den fazla boşluk bulunması,

4-Taşıyıcı Duvar Düzensizliği:

Yatay yükleri taşıyan duvarların planda üst üste olmaması,

5-Taşıyıcı Sistemin Paralel Olmama Düzensizliği

Yatay yükleri taşıyan duvarların, yapının ana eksenlerine paralel veya simetrik olmaması,

b-Düşeyde:

1-Rijitlik Düzensizliği:

Komşu iki yanal katın rijitliğinde önemli farkların olması,

2-Kütle Düzensizliği:

Bir katın kütesinin alt veya üst kat kütesine oranının 3'ten fazla olması,

3-Geometri Düzensizliği:

Yatay yükleri taşıyan sistemin alt ve üst kat genişliğine oranının 1,25'ten fazla olması,

4-Süreksizlik:

Yatay yük taşıyan duvarların alt katlarda devam etmemesi diye kısaca tanımlanabilir (Batur,1999).

## 2.6. Yığma Yapılarda Hasar Düzeyleri

Yığma binalar için öngörülen hasar düzeylerinin kısa tanımları aşığıda verilmektedir (Ideers, 2002). Referans olarak alınan, hasarsız şematik yığma yapı görünümü Şekil 2.12.'de verilmektedir.



Şekil 2.12. Hasarsız yığma yapılar

1-Yapısal hafif hasarlar: Taşıyıcı duvarların yüzeylerinde köşegen doğrultuda, basamak tarzında ince çatlakların oluşur, kapı ve pencere boşluklarının arasında daha geniş çatlaklar meydana gelir, lentolarda oynamalar görülür, parapetlerin tabanında çatlamlar oluşur (Şekil 2.13.).



Şekil 2.13. Yığma yapılarda yapısal hafif hasar

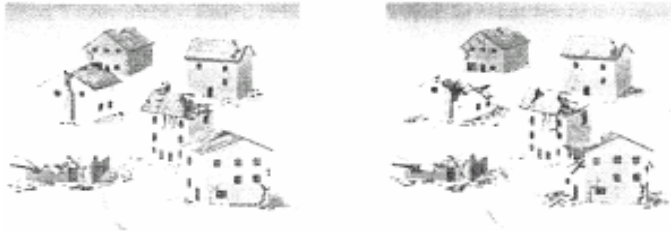
2-Yapısal orta hasar: Taşıyıcı duvarların çoğunun yüzeylerinde köşegen doğrultuda çatlaklar oluşur, bazı duvarlarda daha geniş köşegen doğrultulu çatlaklar görülür,

bazı yerlerde duvarlar döşemelerden veya çatılardan ayrılır, pencere altı parapetlerinde ciddi çatlaklar ve tuğla (briket) düşmeleri meydana gelir (Şekil 2.14.).



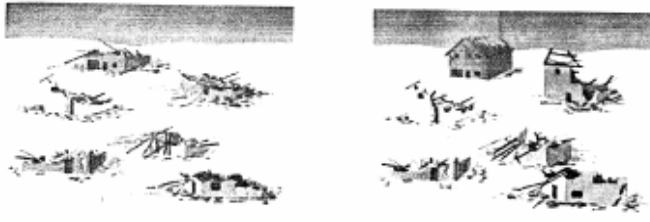
Şekil 2.14. Yığma yapılarda yapısal orta hasar

3-Yapısal ağır hasar: Taşıyıcı duvarların çoğunda, özellikle pencere, kapı boşluklarının görece olarak fazla olduğu duvarlarda çok geniş çatlaklar ve yarılmalar görülür, Bazı parapetlerde ve kalkan duvarlarında tuğla (briket) düşmeleri meydana gelir. Döşeme ve çatılar yerlerinden oynar. Yapıda büyük kalıcı yerdeğişmeler görülür (Şekil 2.15.).



Şekil 2.15. Yığma yapılarda yapısal ağır hasar

4-Yapısal çok ağır hasar: Aşın deformasyon sonucu olarak yapı göçer veya göçmeye çok yakın bir duruma gelir (Şekil 2.16.).



Şekil 2.16 Yığma yapılarda yapısal çok ağır hasar

## 2.7. Yönetmelik Koşullarının Karşılaştırılması

Yönetmelik koşullarının karşılaştırılmasında, Yönetmelikler yanında Batur(1999),Tomazeviç(1999),Mckenzie,(2001) kaynaklarından da faydalanılmıştır.

### 2.7.1. Yığma yapıların sınıflandırılmasına ait yönetmelik koşulları

Eurocode 8

a-Tanımlanan yığma yapı sınıfları:

1-Donatısız yığma yapılar; 2-Donatılı yığma yapılar; 3-Sarılmış yığma yapılar

b-Düşey hatıllarla ilgili öz bilgiler:

1-Tüm duvarların birleşme bölgelerine,

2-Duvar içinde minimum 5 m ara bırakılmak suretiyle dizayn edilirler.

c-Yatay hatıllarla ilgili öz bilgiler:

1-Her kat seviyesinde ve 5 m'den az ara bırakılmak suretiyle dizayn edilirler.

2-Düşey ve yatay hatılarda minimum boyuna donatı alanı 240 mm<sup>2</sup> olacak ve yeterli enine donatı kullanılacaktır.

ACI

a-Tanımlanan yığma yapı sınıfları:

1- Donatılı yığma yapı

2-Donatısız yığma yapı

AIJ

a-Tanımlanan yığma yapı sınıfları:

1-Boşluklu beton bloklarla oluşturulan yığma yapı

2-Beton bloklarla oluşturulan yığma yapı

3-Donatısız yığma yapı

b-Eleman çeşidine ve eleman basınç dayanımına göre:

1-Tip 1 Donatısız yığma yapı



Yapı elemanı taş blok veya beton blok olan ünitelerinin basınç dayanımı 6 MPa'dan büyük olan ünitelerle yapılmış yığma yapılar.

2-Tip 2 Donatısız yığma yapı

Yapı elemanı taş, kil tuğla veya beton blok olan ünitelerin basınç dayanımı 10 MPa'dan büyük olan ünitelerle yapılmış yığma yapılar.

BS 5628

a-Tanımlanan yığma yapı sınıfları:

1-Donatılı ve öngerilmeli yığma yapı

2-Donatısız yığma yapı

Türk Standartları

Tanımlanan yığma yapı sınıfları:

1-Donatısız tam yığma (Rijit diyafram özelliğine sahip döşemesi olan yığma yapılar),

2-Donatısız yarım yığma (Rijit diyafram özelliğine sahip olmayan döşemesi olan yığma yapılar),

TS ENV1996'da yığma yapılar , kagir, donatılı kagir, öngerilmeli kagir ve sarılmış kagir diye sınıflandırılmaktadırlar.

ABYYHY'de donatısız yığma yapıların yapımına izin verilmemekte, sarılmış yapılar önerilmektedir.

### 2.7.2. Boyutlandırmaya ilişkin yönetmelik koşulları

Boyutlandırmaya ilişkin yönetmelik koşulları Tablo 2.5.'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Boyutlandırmaya ilişkin yönetmelik koşulları

Eurocode 8	ACI	AIJ	BS 5628	Türk Standartları
Geometrik Sınırlandırma	Gerilme Analizi	Geometrik Sınırlandırma	Gerilme Analizi	Geometrik Sınırlandırma

### 2.7.3. Kat sayısı, kat yüksekliği ve bina yüksekliğine ilişkin yönetmelik koşulları

## Eurocode 8

Deprem bölgesine göre Eurocode 8'de izin verilen maksimum kat sayısına ilişkin koşullar Tablo 2.6.'da verilmiştir. Kat yüksekliği de narinlik ile ( $h_{ef} / t_{ef}$ ) ile sınırlandırılmıştır. Burada  $h_{ef}$ , duvar etkili yüksekliği,  $t_{ef}$  ise duvar etkili kalınlığıdır.

Tablo 2 .6. Eurocode 8'e göre izin verilen maksimum kat sayıları

Deprem Bölgesi	Donatısız Yığma	Sarılmış Yığma	Donatılı Yığma
$a_g < 0.2g$	3	4	5
$0.2g \leq a_g < 0.3g$	2	3	4
$a_g \geq 0.3g$	1	2	3

Burada  $a_g$ , yer ivmesinin pik değeri,  $g$  yerçekimi ivmesidir.

## ACI

Bina yüksekliği 10,66 m ile sınırlandırılmıştır. Kat sayısı olarak kesin bir sınırlandırma verilmemiş olup, kat yüksekliği  $\leq 2,66$  m düşünüldüğünde 4 kat, kat yüksekliği  $> 2,66$  m olarak düşünüldüğünde 3 kata kadar izin verilmekte olduğu anlaşılmaktadır.

## AIJ

Kat yüksekliği 3 m ile sınırlandırılmış ve yığma binalar duvar ünitelerinin türüne ve basınç dayanımlarına göre sınıflandırılmıştır. Yapı saçak yükseklikleri için verilen maksimum değerlere göre :

Maksimum saçak yüksekliği  $\leq 6m$  olan türde yığma binalar için kat sayısı 2,  $6 \leq$

Maksimum saçak yüksekliği  $\leq 9m$  olan türde yığma binalar için kat sayısı 3 ile sınırlandırılmıştır.

Ayrıca kat yüksekliği narinlik ile  $h_{ef} / t_{ef} \leq 15$  ile sınırlandırılmıştır.

## BS 5628

Bina yüksekliği için bir sınırlandırma yoktur. Ancak kat yüksekliği narinlik ( $h_{ef} / t_{ef}$ )

ile sınırlandırılmıştır,  $h_{ef} / t_{ef} \leq 27$ .

#### Türk Standartları

Yığma yapılarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne 3m'den fazla olmayacaktır (ABYYHY,1998) koşulu ile kat yüksekliği sınırlandırılmıştır, izin verilen maksimum kat sayısı Tablo 2 .7.'de verilmiştir.

Tablo 2 .7. ABYYHY'e göre izin verilen maksimum kat sayısı

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

#### 2.7.4. Duvar kalınlıklarına ilişkin yönetmelik koşulları

##### Eurocode 8

Tablo 2.8.'de Eurocode 8'e göre narinlik değerlerine göre ve duvardaki en büyük boşluk yüksekliğine göre yığma duvar kalınlıklarına ilişkin sınırlandırmalar verilmektedir.

##### ACI

Duvar kalınlığı  $t \geq 203$  mm olması istenmektedir.

##### AIJ

Duvar kalınlığı  $t \geq h_a / 15$  olması istenmektedir. Ayrıca kat adedine ve duvar uzunluğuna göre duvar kalınlığı Tablo 2.9.'da verilmektedir. Burada  $h_a$  duvar net yüksekliğidir.

Tablo 2.8. Eurocode 8'e göre minimum duvar kalınlıkları

Yığma Duvar Tipi	t
Doğal taş ünitelerle donatısız yığma	$\geq 350$ mm
$a_g > 0.1g$ olan bölgelerde yapay ünitelerle inşa edilmiş donatısız yığma	$\geq 240$ mm
$a_g < 0.1g$ olan bölgelerde yapay ünitelerle inşa edilmiş yığma	$\geq 170$ mm
Sarılmış yığma	$\geq 240$ mm
Donatılı yığma	$\geq 240$ mm

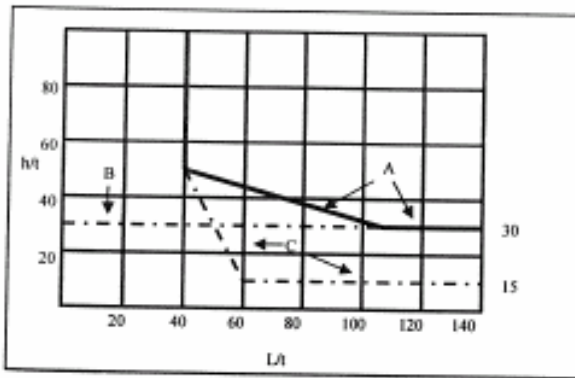
Tablo 2.9. AIJ'e göre minimum duvar kalınlıkları

Kat Adedi	$L \leq 5$ m	$L > 5$ m
1	$\geq 200$ mm	$\geq 300$ mm
2 veya 3	$\geq 300$ mm	$\geq 400$ mm

Burada L duvar uzunluğudur.

BS 5658

Duvarın mesnetlenme biçimine, yüksekliğine ve uzunluğuna bağlı olarak duvar kalınlığı Şekil 2.17.'de verilmektedir.



Şekil 2.17. BS 5628'e göre minimum duvar kalınlıkları

A sınırı:Üstten ve her iki kenardan mesnetlenmiş duvar için:

$$1- t \geq L / 50 \text{ ve } t \geq h_a / 90$$

2-  $t \geq h_a / 30$  olduğunda L için sınırlandırma yapılmamıştır.

$$3-t < L / 40 \text{ ve } t \geq L / 110 \text{ ve } t \geq (3h_a + L) / 200$$

B sınırı:Üstten mesnetlenmiş,diğer iki kenarından mesnetlenmemiş duvar için

$$1-t \geq h / 30$$

C sınırı :Üstten mesnetlenmemiş, diğer iki kenarından mesnetlenmiş duvar için

$$1-t \geq L / 40 \text{ ve } t \geq h_a / 90$$

2- $t \geq h_a / 15$  olduğunda L için sınırlandırma yapılmamıştır.

$$3-t < L/40 \text{ ve } t \geq L / 59 \text{ ve } t \geq (h_a + 2L) / 133$$

Türk Standartları

Tablo 2.10.'da duvar kalınlıkları için ABYYHY koşulları verilmektedir.

Tablo 2.10. ABYYHY'e göre minimum duvar kalınlıkları

Deprem Bölgesi	izin verilen katlar	Doğal Taş (cm)	Beton (cm)	Tuğla (kalınlık)	Diğerleri (cm)
1,2,3,4	Bodrum	$\geq 50$	$\geq 25$	1	$\geq 20$
	Zemin	$\geq 50$	—	1	$\geq 20$
1,2,3,4	Bodrum	$\geq 50$	$\geq 25$	1.5	$\geq 30$
	Zemin	$\geq 50$	—	1	$\geq 20$
	1	—	—		$\geq 20$
2,3,4	Bodrum	$\geq 50$	$\geq 25$	1.5	$\geq 30$
	Zemin	$\geq 50$	—	.5	$\geq 30$
	1	—	—	1	$\geq 20$
	2	—	—	1	$\geq 20$
4	Bodrum	$\geq 50$	$\geq 25$	1.5	$\geq 30$
	Zemin	$\geq 50$	—	- 1.5	$\geq 30$
	1	—	—	1.5	$\geq 30$
	2	—	—	1	$\geq 20$
	3	—	—	1	$\geq 20$

TS 705'de normal tuğla boyutu 190x90x50 mm olarak verilmiştir. Yapı normal tuğladan inşa edildiğinde ;

$$1 \text{ kalınlık } = 190 \text{ mm}$$

1.5 kalınlık=1 90+90 mm tuğla+derz genişliği olarak tanımlanmaktadır.

### 2.7.5. Düşey ve yatay yük taşıyan duvarların uzunluğu ve aralarındaki mesafelere ilişkin yönetmelik koşulları

Eurocode 8

Eurocode 8'e göre sınırlandırma yatay yük taşıyan duvarın bulunduğu doğrultudaki bina uzunluğuna göre yapılmıştır.

Duvarlar planda simetrik olarak yerleştirilmelidir. İki doğrultuda da minimum 2 adet paralel duvar bulunmalı ve her birinin uzunluğu yapının bu doğrultudaki uzunluğunun %30'undan fazla olmalıdır.

Desteklenmemiş duvar uzunluğu 7m den küçük olacak şekilde düzenlenmelidir.

Düşey yükün en az %75'inin yatay yük taşıyan duvarlara aktarılması gerekmektedir.

Deprem bölgelerinde taşıyıcı duvarların minimum kesit alanının döşemenin oturduğu duvar yüzey alanına oranı Tablo 2.11'de verilmektedir.

Tablo 2.11. Taşıyıcı duvarların minimum kesit alanının döşemenin oturduğu duvar yüzey alanına oranı

Deprem Bölgesi(%)	Donatısız Yığma(%)	Sarılmış Yığma(%)	Donatılı Yığma (%)
$a_g < 0.2g$	3	2	2
$0.2g \leq a_g < 0.3g$	5	4	4
$a_g \geq 0.3g$	6	5	5

ACI

Tablo 1.12.'de duvar tipi ve kalınlığına bağlı olarak duvar yüksekliği ve uzunluğu verilmektedir.

Tablo 2.12. ACT'a göre duvar yükseklikleri ve duvar uzunlukları

Duvar	L/t veya h/t
Taşıyıcı	
Dolu Tuğla	$\leq 20$
Delikli Tuğla	$\leq 18$
Taşıyıcı Olmayan	
Dış Cephe	$\leq 18$
İçte	$\leq 36$

Her iki doğrultudaki yatay yük taşıyan duvarların net uzunluğu, yapının uzun kenarının %40'ından fazla olmalıdır.

Duvarlar arasındaki mesafe döşeme tipine göre sınırlandırılmış olup Tablo 2.13.'de bu sınırlandırılma gösterilmektedir.

Tablo 2.13. Duvarlar arasındaki mesafe

Döşeme Türü	<u>Paralel iki duvar arasındaki mesafe</u> Paralel bir duvar uzunluğu
Yerinde Döküm Betonarme	$\leq 5$
Prefabrik	$\leq 4$
Çelik Döşeme(Beton Dökümlü)	$\leq 3$
Çelik Döşeme(Sade)	$\leq 2$
Ahşap	$\leq 2$

## AIJ

Sınırlandırma duvarların taşıdığı döşeme alanıyla yapılmıştır. AIJ'e göre bina sınıfına göre bölünmüş döşeme alanı değerleri Tablo 2.14.'de gösterilmiştir.

Tip 2'de çatı döşemesi rijit diyafram özelliği gösteren betonarme döşemeden imal edilmemişse, bölünmüş döşeme alanı  $\leq 40m^2$  istenmektedir. Desteklenmemiş duvar uzunluğunun  $\leq 10$  m olması istenmektedir. Eğer daha uzun duvar yapılması istenirse duvara dik duvar ile aynı kalınlıkta payandaların yapılması gerekmektedir.

Tablo 2.14. Bölünmüş döşeme alanlarına ilişkin sınırlandırmalar

Yığma Bina Sınıfı	Bölünmüş Döşeme Alanı
Tip 1	$\leq 40\text{m}^2$
Tip 2	$\leq 60\text{m}^2$

BS 5628

Sınırlandırma duvar kalınlığına göre yapılmıştır.

Bunun yanı sıra 1 tuğla kalınlığında, 2 tuğla kalınlığında ve 2 tuğla + boşluk (betonlanmış,  $50\text{mm} \leq \text{boşluk} \leq 150\text{ mm}$ ) tipindeki duvarlarda duvarlar arası mesafe  $\leq 40t$  olması istenmektedir. Eğer 2 tuğla + boşluk tipindeki duvarlarda boşluk betonlanmayacak ise, boşluk  $< 25\text{ mm}$  ve duvar arası mesafenin  $< 30t$  olması istenmektedir.

Türk Standartları

Her doğrultuda yatay yük taşıyan duvarların net uzunluğunun (boşluklar düşülmüş), brüt kat alanına ( konsol döşemeler hariç ) oranının  $\geq 0,25 I\text{ m/m}^2$  olması istenmektedir. Burada 'I' bina önem katsayısıdır.

### **2.7.6.Yığma yapı ünitelerinin basınç dayanımları yönünden yönetmelik koşulları**

Eurocode 8

Duvarın taşıma kapasitesi için sınırlandırılma getirilmiştir.

ACI

Yapıda kullanılacak harç tipine ve elemanın basınç dayanımına göre yığma taşıyıcı duvarın basınç dayanımı sınırlandırılmıştır.

Dolu tuğla için  $f_b \geq 10,5\text{N /mm}^2$

Burada  $f_b$ , tuğla basınç dayanımını göstermektedir

AIJ



Tablo 2.15.'de yığma yapı elemanının bina sınıfına göre minimum basınç dayanımı verilmektedir.

Tablo 2.15. AIJ'e göre yığma yapı elemanlarının minimum basınç dayanımları

Yığma Bina Sınıfı	Yapı Elemanı Türü	Yapı Elemanının Basınç Dayanımı
Tip 1	Taş, beton blok	$\geq 6 \text{ N/mm}^2$
Tip 2	Taş, beton blok , tuğla	$\geq 10 \text{ N/mm}^2$

BS 5628

Yığma yapıda kullanılacak harç tipine ve elemanların basınç dayanımına göre yığma taşıyıcı duvarın basınç dayanımı sınırlanmıştır. Standart tuğla için  $f_b \geq 5,1 \text{ N/mm}^2$

Türk Standartları

ABYYHY'de yapıda kullanılacak doğal ve yapay ünitelerin basınç dayanımı  $f_b > 5 \text{ N/mm}^2$  olması gerekmektedir. Ayrıca bodrum katlarda kullanılacak doğal ve yapay ünitelerin basınç dayanımları minimum  $10 \text{ N/mm}^2$  olması gerekmektedir.

Bunun yanında TS 2510'da taşıyıcı duvar olarak kullanılacak taşların basınç dayanımı  $f_b \geq 35 \text{ N/mm}^2$  olması istenmektedir. Bu da ABYYH ve TS 2510 arasında bir çelişki olduğunun göstergesidir.

Çok delikli ve yatay delikli tuğlaların yığma yapılarda taşıyıcı olarak görev yapacak duvarlarda kullanılması kesinlikle istenmemektedir.

### 2.7.7. Taşıyıcı duvarlardaki boşluk boyutlarına ilişkin yönetmelik koşulları

Eurocode 8

Eurocode 8'de sınırlandırma taşıyıcı duvar kesit alanıyla yapılmıştır. Boşlukların boyutları ve konumları hakkında bir sınırlandırma yapılmamıştır.

ACI

Boşlukların boyutları konumları hakkında herhangi bir sınırlandırma getirilmemiştir.

### AIJ

Taşıyıcı duvarlarda bulunan boşlukların toplam uzunluğu taşıyıcı duvarın uzunluğunun yarısından az olması gerekmektedir. Bir kat tümüyle dikkate alındığında boşlukların toplam uzunluğu toplam taşıyıcı duvarların uzunluğunun 1/3 ünden az olması istenmektedir.

Üst üste gelen boşluklar arası mesafe  $\geq 600$  mm olması istenmektedir.

Boşluk genişliğinin 1m'den küçük olması, iki boşluk arası ve boşlukla iki duvar birleşimi arasındaki mesafenin de 2t 'den büyük olması istenmektedir.

### BS 5628

Taşıyıcı duvar üzerindeki boşlukların alanı brüt alanın 1/4'ünden küçük olması istenmekte ve boşluğun bina köşesine iki duvarın birleştiği ara kesite, üst döşemeye olan uzaklığının boşluğun büyük boyutunun yarısından büyük olması istenmektedir.

### Türk Standartları

ABYYHY'e göre Herhangi bir taşıyıcı duvarın, planda kendisine dik olarak saptanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı, mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun %40'ından fazla olmayacaktır.

Her bir boşluk uzunluğunun da 3m'den küçük olması istenmektedir.

Boşluğun bina köşesine olan uzaklığı :

1 .ve 2. derece deprem bölgelerinde  $\geq 1.5$  m

3.ve 4. derece deprem bölgelerinde  $\geq 1$  m olacak şekilde istenmektedir.

Boşluklar arasında kalan dolu duvarın uzunluğu:

1 .ve 2. derece deprem bölgelerinde  $\geq 1$  m

3.ve 4. derece deprem bölgelerinde  $\geq 0.8$  m olacak şekilde istenmektedir.

Boşluğun birbirini dik kesen duvarların ara kesitine olan uzaklığı tüm deprem bölgelerinde 0.5m'den büyük olması istenmektedir.

### 2.7.8. Yığma yapı temellerine ilişkin yönetmelik koşulları

Dünya standartları içerisinde sadece Türk ve Japon (AIJ) standartlarında yığma yapılarda kullanılacak temeller için sınırlandırılma getirilmiştir (Batur,1999). Her iki şartnamede de taşıyıcı duvarların altına duvar altı sürekli temel yapılması istenmektedir. Türk şartnamesine göre zemin grubuna göre temel boyutlarına sınırlandırmalar getirilirken, Japon standartlarında temelin genişliği zeminde üniform gerilme sağlayacak şekilde ve yüksekliği de bina yüksekliğinin 1/12'sinden ve 400 mm (tek katlı binada 300 mm)' den büyük olacak şekilde seçilmelidir. Her iki şartname de duvar altı temelin alt kotunun don derinliğinin altında yapılması istenmektedir.

Her iki şartname de temel içine donatı kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Japon şartnamesinde tek katlı yığma, betonarme veya grobeton temel yapılması istenirken Türk şartnamesinde temelin betonarme olarak inşa edilmesi zorunlu kılınmaktadır. Türk şartnamesinde zemin grubuna bağlı olarak kullanılması gereken donatı da belirtilmiştir (Batur,1999).

## 2.8. Yığma Yapıların Deprem Hesabı

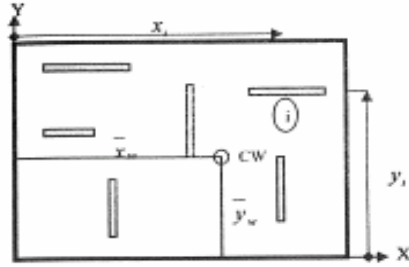
### 2.8.1. Duvarların ağırlık merkezinin hesabı

Bir sistemde duvarlar aynı özellikteki malzemelerden yapılmış ve kalınlıkları da aynı seçilmiş ise duvarların ağırlık merkezlerini hesaplamak için duvarların boyları yeterli olmaktadır. Fakat farklı birim hacim ağırlığındaki malzemelerden üretilmiş veya kalınlıkları farklı olan duvarların ağırlık merkezinin hesabında duvar boyları yeterli olmamaktadır Basit prensiplere dayanarak duvarların ağırlık merkezleri aşağıdaki denklemler sayesinde hesaplanabilmektedir. Ağırlık merkezinin şematik gösterimi Şekil 2.18.'de verilmektedir.

$$\bar{x}_w = \frac{\sum L_i x_i}{\sum L_i} \quad (2.2)$$

$$\bar{y}_w = \frac{\sum L_i y_i}{\sum L_i} \quad (2.3)$$

Burada  $x_i$  ve  $y_i$  elamanın ağırlık merkezinin global eksen takımına olan uzaklıklarını,  $x_w$  ve  $y_w$  sistemdeki tüm duvar ağırlık merkezinin X ve Y koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 2.18. Duvar ağırlık merkezi

### 2.8.2. Döşemelerin ağırlık merkezlerinin hesaplanması

Döşemelerin ağırlık merkezi döşemelerin aynı kalınlıkta ve düzgün geometriye sahip olduğu kabulü ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\bar{x}_f = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} \quad (2.4)$$

$$\bar{y}_f = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} \quad (2.5)$$

Burada  $A_i$ ,  $i$  no'lu elemanın en kesit alanını,  $x_f$  ve  $y_f$  sistemin döşeme ağırlık merkezinin koordinatlarını göstermektedir.

### 2.8.3. Sistemin ağırlık merkezinin hesabı

Sistemin ağırlık merkezi döşemelerin toplam ağırlıkları ve duvarların toplam ağırlıklarının bir fonksiyonu olarak aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanabilir.

$$\bar{x}_m = \frac{(W_w \bar{x}_w + W_f \bar{x}_f)}{(W_w + W_f)} \quad (2.6)$$

$$\bar{y}_m = \frac{(W_w \bar{y}_w + W_f \bar{y}_f)}{(W_w + W_f)} \quad (2.7)$$

Burada  $W_w$  duvarların toplam ağırlıklarını,  $W_f$  döşemelerin toplam ağırlıklarını,  $x_m$  ve  $y_m$  sistemin ağırlık merkezinin koordinatlarını göstermektedir.

#### 2.8.4. Rijitlik merkezinin hesabı

Bir elemanın rijitliği, birim yük altında elemanda meydana gelen yerdeğiştirmenin bir fonk. olarak tanımlanabilir. Duvarların rijitlikleri, boyutlarına, elastisite modüllerine ve poisson oranına bağlıdır. Duvar rijitlikleri duvarların temel seviyesinden itibaren konsol yada alttan ve üstten mesnetlenmiş olarak düşünülmesi suretiyle iki türlü hesaplanabilmektedir. Bu hesapta yapılan kabulün sistemin tüm katlarında aynen geçerli olması gerekmektedir. Bir katta konsol, diğer bir katta iki ucundan mesnetlenmiş duvar kabulü yaparak elde edilen rijitlik değerleri gerçeği yansıtmaz.

Duvarda meydana gelen toplam yerdeğiştirme yapılan kabullere göre aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\Delta_c = \Delta_m + \Delta_v = PH^3 / 3EI_m + 1,2PH / AG_m \text{ (konsol duvarlar)} \quad (2.8)$$

$$\Delta_f = \Delta_m + \Delta_v = Ph^3 / 12EI_m + 1,2Ph / AG_m \text{ (iki ucundan mesnetli duvarlar)} \quad (2.9)$$

Bu eşitliklerde P bir duvar parçasına etkiyen yatay yükü, H duvarın temelden itibaren yüksekliğini, E elastisite modülünü,  $G_m$  kesme modülünü,  $I_m$  duvarın eğilme doğrultusundaki eylemsizlik momentini,  $\Delta_v$  kesme etkisinden meydana gelen yerdeğiştirmeyi,  $\Delta_m$  eğilme etkisinden meydana gelen yer değiştirmeyi, h kat yüksekliğini,  $\Delta_c$  konsol duvarlar için toplam yerdeğiştirmeyi,  $\Delta_f$  iki ucundan mesnetlenmiş duvarlar için toplam yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

Duvarların rijitlikleri ise bu yerdeğiştirmelere bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$R_c = 1 / \Delta_c \text{ (konsol duvarlar için)} \quad (2.10)$$

$$R_f = (\text{mesnetlenmiş duvarlar için}) \quad (2.11)$$

Burada  $R_c$ , konsol duvarlar için rijitliği,  $R_f$  iki ucundan mesnetlenmiş duvarlar için

rijitliği göstermektedir. Duvarların rijitliğine bağlı olarak sistemin rijitlik merkezi aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir.

$$\bar{x}_r = \sum R_y x_g / \sum R_y \quad (2.12)$$

$$\bar{y}_r = \sum R_x y_g / \sum R_x \quad (2.13)$$

Burada  $x_g$  ve  $y_g$  her bir duvarın ağırlık merkezinin referans noktasına olan mesafelerini,  $R_x$  ve  $R_y$ , sırasıyla x ve y doğrultularındaki elaman rijitliklerini,  $\bar{x}_r$  ve  $\bar{y}_r$  ise sistemin rijitlik merkezinin koordinatlarını göstermektedir.

### 2.8.5. Dış merkezlik (eksantrisite) hesabı

Sistemin ktle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dış merkezlik her iki ynde aşağıda verilen bağıntılardan hesaplanabilir.

$$e_x = (\bar{x}_r - \bar{x}_m) \pm 0,05 L_x \quad (2.14)$$

$$e_y = (\bar{y}_r - \bar{y}_m) \pm 0,05 L_y \quad (2.15)$$

Burada  $L_x$  ve  $L_y$  yapının x ve y doğrultularındaki uzunluklarını,  $e_x$  ve  $e_y$  ise sırasıyla x ve y doğrultularındaki dışmerkezliği göstermektedir.

### 2.8.6. Burulma momentinin hesabı

Burulma momenti, yığma yapılarıdaki duvarların boyutlarına ve sistemdeki dağılımlarına bağlıdır. Planda simetrik olan, malzeme ozellikleri ve boyutları aynı olan duvarlara deprem sırasında eşit yk gelecektir.

Rijitlik merkezi ile sistemin ktle merkezi arasında dış merkezliğin var oluğu bir burulma momenti meydana getirecektir. Bu burulma momenti aşağıda verilen bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$M_t = e F_x \quad (2.16)$$

Burada  $F_x$  kat seviyesine etkiyen deprem kuvveti,  $M_t$  burulma momentini,  $e$  toplam dışmerkezliği göstermektedir.

## 2.8.7. Yatay yüklere göre hesap

### 2.8.7.1. ABYYH'e göre kesme kuvvetinin hesabı

ABYYHY'e göre yönetmelik şartlarına tamamen uyulduğu takdirde deprem hesabının yapılmasına gerek olmadığına dair bir hüküm bulunmasına karşılık, uyulmadığı durumlarda ABYYHY 'in ilgili kısmına göre yığma yapılara gelecek eşdeğer statik yatay yük aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$V = A_0 I S W / R_a \quad (2.17)$$

Burada  $A_0$  etkin yer ivme katsayısını,  $S$  spektrum katsayısını,  $I$  bina önem katsayısını,  $W$  toplam yapı ağırlığını,  $R_a$  deprem yükü azaltma katsayısını,  $V$  eşdeğer deprem yükü yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etki eden toplam eşdeğer deprem yükünü göstermektedir.

Etkin yer ivme katsayısı  $A_0$  Tablo 2.16'dan belirlenecek olup yönetmeliğe göre  $S = 2.5$  ve  $R_a = 2.5$  değerleri alınarak hesap yapılacaktır.

Tablo 2. 16. Deprem bölgelerine göre etkin yer ivme katsayısı

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

### 2.8.7.2. Yatay yüklerin katlara dağılımı

Yapıya temelden düşey yönde bir z mesafesinde depremden dolayı etkiyen yatay kuvvet, z mesafesine etkiyen ölü yüklerin, depremde yapıya etkiyecek toplam yatay kuvvetin (V) ve z mesafesinin bir fonksiyonu olarak aşağıda verilen denklem yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$F_z = w_z h_z (V - F_t) / \sum w_i h_i \quad (2.18)$$

Burada  $w_z$  yapının z seviyesindeki toplam ağırlığını,  $h_z$  yapının z seviyesindeki temelden itibaren yüksekliğini,  $F_z$  yapıya z seviyesinde etkiyen yatay deprem yükünü,  $F_t$  yapının en üst seviyesinde deprem hareketinden dolayı yapının ileri - geri hareketini hızlandıran kırbaç etkisi yaratan kuvveti göstermektedir.

Yapının periyodu,  $T < 0,7$  s olduğu durumlarda  $F_t = 0$  alınarak kesme kuvvetinin katlara dağılımı hesaplanabilir (Tezcan ve Reis,2003). Aksi takdirde:

$$F_t = 0,07 TV \quad (2.19)$$

bağıntısıyla hesaplanıp işleme konulacaktır.

### 2.8.7.3. Katlara gelen yatay kesme kuvvetinin tüm duvarlara dağıtımı

Kat kesme kuvvetinin duvarlara dağılımı duvarların rölatif rijitliklerine bağlıdır. Bunun için aşağıda iki yaklaşım sunulmaktadır (Tezcan ve Reis,2003):

Yaklaşım I

Birinci yaklaşım Reinforced Masonry Engineering Hand Book (Donatılı Yığma Yapı Mühendisliğinin El Kitabı)'a göre kat kesme kuvveti F, ve burulma momentinden dolayı meydana gelen kesme kuvvetinin rölatif rijitlikler oranında dağıtılıp toplamının bulunması esasına dayanmaktadır.

Bu yaklaşım'a göre:

$$F = F_v + F_t \quad (2.20)$$



$$F_v = R_c F_s / \sum R_c \quad (2.21)$$

$$F_t = R_c d M_t / \sum R_c d^2 \quad (2.22)$$

$$d_x = \bar{x}_w - \bar{x}_r \quad (2.23)$$

$$d_y = \bar{y}_w - \bar{y}_r \quad (2.24)$$

Burada  $F$  her bir duvarın toplam kesme kuvvetini,  $F_v$  kat kesme kuvvetinden meydana gelen yatay kuvveti,  $F_t$  kat burulma momentinden dolayı meydana gelen kesme kuvvetini,  $d_x$  ve  $d_y$  ise elemanın global eksen takımına göre ağırlık merkezi ile sistemin rijitlik merkezi arasındaki mesafeleri göstermektedir.

Yaklaşım 2

S.Semih Tezcan ve M.Köylüoğlu (1999) tarafından tanımlanan bu yaklaşımda yatay yükler  $x$  ve  $y$  doğrultularında aşağıda verilen denklem takımına göre dağıtılmaktadır.

$$F_x = V_x R_x (1 - \alpha_x) / \sum R_x \quad (2.25)$$

$$F_y = V_y R_y (1 - \alpha_y) / \sum R_y \quad (2.26)$$

Burada  $F_x$  ve  $F_y$  yatay yüklerin  $x$  ve  $y$  doğrultusunda duvarlara dağıtılmış değerini.  $\alpha_x$  ve  $\alpha_y$  ise burulma dış merkezlik düzeltme katsayılarını göstermektedir.

$$e_x = \sum X_c R_y / \sum R_y \quad (2.27)$$

$$e_y = \sum Y_c R_x / \sum R_x \quad (2.28)$$

Burada  $X_c$  ve  $Y_c$  eleman ağırlık merkezi ile sistemin ağırlık merkezi arasındaki  $x$  ve  $y$  doğrultularındaki mesafeleri göstermektedir. (2.24 ve 2.25) denklemlerindeki diğer verilere ait bağıntılar aşağıda verilmektedir.

$$\alpha_x = (Y_c - e_x) E_x \quad (2.29)$$

$$\alpha_y = (X_c - e_y) E_y \quad (2.30)$$

$$E_x = e_y \sum R_x / I_p \quad (2.31)$$

$$E_y = e_x \sum R_y / I_p \quad (2.32)$$

$$I_p = \sum (Y_c - e_y)^2 R_x + \sum (X_c - e_x)^2 R_y \quad (2.33)$$

Burada  $I_p$  döşeme rijitliğinin polar eylemsizlik momentini göstermektedir.

#### 2.8.7.4. Devrilme momentinin hesabı

Duvarların eksenlerine dik yönde depremden gelen yatay kuvvetler bir devirme momenti oluşturmaktadır. Bu devirme momenti aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$M_{ob} = F_t h_n + \sum_{i=1}^n F_i h_i \quad (2.34)$$

Burada  $h_n$  binanın toplam yüksekliğini göstermektedir.

Yapının temelden herhangi bir  $z$  seviyesinde oluşan devirme momenti aşağıda gösterildiği gibi

$$M_{oz} = F_t (h_n - h_z) + \sum_{i=1}^n F_i (h_i - h_z) \quad (2.35)$$

Burada  $M_{oz}$  temelden itibaren  $z$  seviyesinde oluşan devirme momentini göstermektedir.

#### 2.8.7.5. Donatısız yığma yapının kesme dayanımının belirlenmesi

Donatısız yığma yapıların kesme dayanımı  $f_{vk}$  TS ENV 1996-1-l'e göre aşağıda verilen bağıntı yardımıyla bulunan değerden küçük olmamalıdır.

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 \sigma_d \quad (2.36)$$

Burada  $f_{vko}$  sıfır basınç altında kagir karakteristik kesme dayanımım,  $\sigma_d$  düşey tasarım basınç dayanımını,  $f_{vk}$  kagirin karakteristik kesme dayanımım göstermektedir.

Bu formülün yanı sıra kesme dayanımı, tuğla basınç dayanımının 0,065 katı ( $f_{vk} > f_{vko}$  olacak şekilde) kabul edilebilir. Kesme dayanımına ilişkin sınır koşullar Tablo2.17.'de verilmektedir.

Kagir tasarım kesme dayanımı Denklem 2 .37'de verilmektedir.

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m \quad (2.37)$$

Burada  $f_{vd}$  kagir tasarım kesme dayanımı olup  $\gamma_m$  malzeme özellikleri için kısmi emniyet katsayısıdır ve TS ENV 1996'da tanımlanmaktadır.

Tablo 2.17. Genel amaçlı harç için  $f_{vko}$  değerleri ve sınır değerler

Kagir Birim	Harç	$f_{vko}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{vk}$ Sınır Değeri (N/mm <sup>2</sup> )
Grup 1' e dahil kil birimler	M10-M20	0,3	1,7
	M2,5 - M9	0,2	1,5
	M1-M2	0,1	1,2
	M10-M20	0,2	1,7
	M2,5 - M9	0,15	1,5
	M1-M2	0,1	1,2
	M2,5 - M9	0,15	1,0
	M1-M2	0,1	1,0
	M10-M20	03	Boyuna basınç dayanımının veya en düşük değeri
	M2,5 - M9	0,2	
	M1-M2	0,1	

	M10-M20	0,2	(aşağıdaki nota bakılmalıdır)	1,4
	M2,5 - M9	0,15		1,2
	M1-M2	0,1		1,0
	M10-M20	0,3	2.37 bağıntısıyla verilen haricinde sınır yok	
	M2,5 - M9	0,2		
	M1-M2	0,1		
<p>NOT:Grup 2a ve Grup 2b'ye dahil kağıt birimler için, birim boyuna basınç dayanımı, <math>\delta</math> 'nın 1,0'den büyük alınmaması koşuluyla, ölçülen dayanım olarak alınır. Delik şekilleri nedeniyle, boyuna basınç dayanımının 0,15 <math>f_b</math> 'den daha büyük olması bekleniyorsa, deneye gerek yoktur</p>				

## BÖLÜM 3. SAYISAL ÇALIŞMA HAKKINDA BİLGİLER

### 3.1. Deprem Hesabında Kullanılan Çözüm Yöntemi ve İşlem Adımları

#### 3.1.1 Davranış spektrum eğrileri

Binaların deprem etkisine göre hesabında akla gelen bir çözüm yöntemi, değişik deprem kayıtlarını veya en azından bunlardan seçilen bir tanesini alarak, hareket denklemlerini zaman ve frekans alanında integre ederek yer değiştirme, hız, ivme ve elastik kuvvetlerin bulunmasıdır. Ancak pek çok durumda bu uzun hesapların yerine daha elverişli bir çözüm yöntemi davranış spektrumlarından yararlanmaktadır.

Spektrum eğrileri, yatay ekseninde periyot gösterilmek üzere  $\xi$  'nin değişik değerleri için deprem yer hareketi kayıtlarından faydalanarak aşağıdaki formüllerden hesaplanabilir.

$$S_d = (1/\omega_n) [ \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) e^{-\xi \omega_n (t-\tau)} \sin \omega_n(t-\tau) d\tau ] \max \quad (3.1)$$

$$S_v = [ \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) e^{-\xi \omega_n (t-\tau)} \cos \omega_n(t-\tau) d\tau ] \max \quad (3.2)$$

$$S_a = [ \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) e^{-\xi \omega_n (t-\tau)} \sin \omega_n(t-\tau) d\tau ] \max \quad (3.3)$$

Bu denklemlerde:

$S_d$  : yer değiştirme spektrumu,

$S_v$  : hız spektrumu,

$S_a$  : ivme spektrumu,

$\ddot{u}_g(\tau)$  : yer hareketi ivmesi,

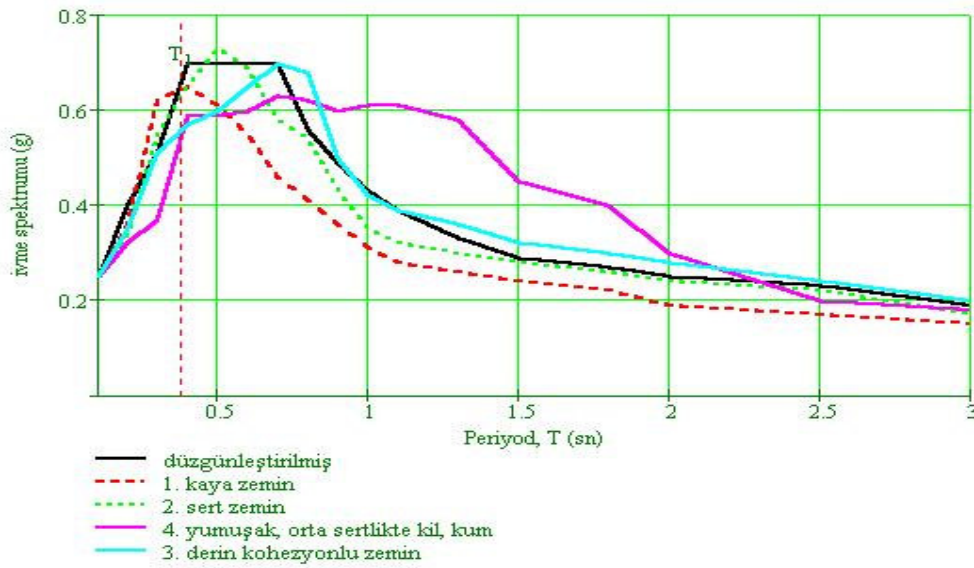
$\omega_n$  : doğal açısal frekans,

$t$  : zaman,

$\xi$  : sönüm oranıdır.

Bu şekilde elde edilen spektrum eğrileri belirli bir deprem içindir. Değişik depremlerde eğrilerin özellikleri aynı kalmakla beraber, iniş ve çıkışlar farklı yerlerde ortaya çıkar. Bunun yanında ivme davranış spektrumu kısa periyot ve küçük sönüm halinde çok fazla iniş çıkış göstermekte, birbirine çok yakın periyot değerleri için çok farklı deprem kuvvetlerin bulunmasına yol açmaktadır. Bu sebepler hesap spektrumu kavramını doğurmuştur.

Spektrumlar genelde zemin özelliği ve sönüm oranı olmak üzere iki önemli faktörden oldukça etkilenirler.



Şekil 3.1. Farklı zemin durumları için ivme spektrumları.

Bu spektrumdan çıkarılacak önemli noktalar:

1-Bina kat yüksekliğini arttırın,  $T_1$  periyodunun daha yüksek değerler aldığını göreceksiniz.  $T_1$  değeri arttıkça daha sağlam zeminleri temsil eden eğriler üzerinde deprem ivmesinin azaldığı bölgede kaldığını, ancak zayıf zeminde (4.) yüksek katlı binaların periyodlarının bile halen yüksek deprem ivmesinin olduğu bölgede kaldığını görürsünüz. Bir başka deyişle, zayıf zeminde 3 kattan daha yüksek binalar depremi mutlaka yüksek bir ivme ile hissedecektir.

2-Sağlam zeminlerin (1.) maksimum ivme değerleri zayıf zemine göre bir miktar daha fazladır ki bu daha önceki sayfalarda da belirtilmişti. Ancak sağlam zeminlerde maksimum ivmelerin görüldüğü periyod aralığı kısadır: 0.1 saniye ile 0.4 saniye aralığında maksimum ivme oluşur ve 0.5 periyodundan sonra hızla düşerek etkisini kaybeder. Eğer binanın periyodu 1 sn civarında ise, sağlam zeminde deprem ivmesi yarı yarıya daha az hissedilir! Bu da binanızın depremden büyük bir hasar almadan kurtulmasını sağlayabilir.

3-Zayıf zeminlerin (4 ile gösterilen eğridir) maksimum ivme değerleri sağlam zemine göre daha az olmasına karşın maksimum ivmelerin görüldüğü periyod aralığı çok daha uzundur: 0.3 saniye ile 1.3 saniye aralığında maksimum ivmeler oluşur. Bu nedenle zayıf zeminde sadece alçak katlı binalara izin verilmelidir. Kat yüksekliğini azalttığınızda  $T_1$  periyodunun düşük bir değerde kaldığını ve zayıf zemin ivme eğrisi üzerinde de, ivmenin düşük olduğu bölgede kaldığını görürsünüz.

### 3.1.2.Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

İvme Spektrumu:

Herhangi bir r'inci titreşim modunda gözönüne alınacak ivme spektrumu ordinatı

$$S_{pa}(T_r)=A(T_r)g/R_a(T_r) \quad (3.4)$$

Bağıntısı ile belirlenmektedir.

i nolu periyoda ilişkin  $A(T_i)$  Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_i) = A_o I S(T_i) \quad (3.5)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Bu durumda yukarıda verilen ivme spektrumu düzenlenirse i nolu periyoda ilişkin ivme spektrumu ordinatı:

$$S_{pa}(T_i) = A_o I S(T_i) g / R_a(T_i) \quad (3.6)$$

olarak elde edilir.

I:Yapı önem katsayısı (Yapının depremden sonra kullanımına ne kadar gereksinim duyulduğu, toplu olarak içinde insan bulunma olasılığı gibi değişkenleri içeren göreceli katsayı) Örneğin Hastane 1.5, okul 1.4, konut 1.0 .

A<sub>o</sub>:Etkin yer ivme katsayısı (Yapının bulunduğu/bulunacağı alanın kaçınıcı derece deprem bölgesinde bulunduğuna bağlı katsayı). Deprem bölgesi haritasından veya deprem yönetmeliğindeki listeden belirlenir.Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1 Etkin yer ivme katsayısı (A<sub>o</sub>)

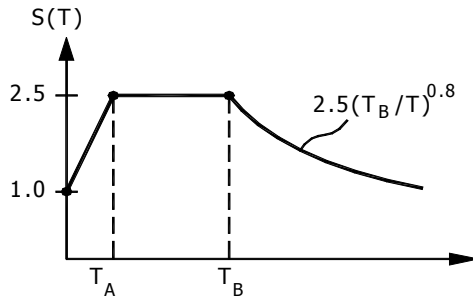
Deprem Bölgesi	A <sub>o</sub>
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

S(T) : Spektrum Katsayısı (yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı katsayı).Aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilir.

$$S(T) = 1 + 1.5 T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.7)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.8)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (3.9)$$



Şekil 3.2.Spektrum Katsayısı



Spektrum Karakteristik Periyotları,  $T_A$  ve  $T_B$  Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak aşağıdaki Tablo 3.2.'da verilmektedir.

Tablo 3.2. Spektrum Karakteristik Periyotları(  $T_A$  ,  $T_B$ )

Yerel Zemin Sınıfı	$T_A$ (s)	$T_B$ (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünmektedir.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı,  $R_a(T)$ , çeşitli taşıyıcı sistemler için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R$ 'ye ve doğal titreşim periyodu,  $T$ 'ye bağlı olarak;

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.10)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (3.11)$$

bağıntılarıyla belirlenmektedir.

Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı:

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, gözönüne alınan birbirine dik  $x$  ve  $y$  yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlelerinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları gözönüne alınmalıdır.

Mod Katkılarının Birleştirilmesi:

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar:

$T_s < T_r$  olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima  $T_s / T_r < 0.80$  koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınmalıdır.

### **3.1.3.SAP2000 programı kullanılarak modların süperpozisyonu yöntemi (mod birleştirme yöntemi) ile çözümde izlenecek adımlar**

- 1-Sistem modeli oluşturulur
- 2-Hesap modelinde, davranışa uygun biçimde kütleler tanımlanır.
- 3-Menüde Define →Response Spectrum Functions... Add New Function ile  $S(T_i) / R_a(T_i)$  fonksiyonu yeter sayıda nokta gözönüne alınarak tanımlanır
- 4-Menüde Define →Response Spectrum Cases... mod birleştirmede kullanılacak yüklemeler tanımlanır Yapı için  $A_o I g$  çarpanı hesaplanır (Örnek:  $0.4 \times 1.5 \times 9.81 = 5.886$ ). Tam Karesel Birleştirme (CQC) seçeneği seçilir ve sönüm (Damping) değeri 0.05(seçildi) olarak tanımlanır.
- 5-Aynı işlem gerekli diğer doğrultular için tekrarlanır.
- 6-Hesapta gözönüne alınacak mod sayısı belirlenir. Bu işlem menüde Analyze Set Options Set Dynamic Parameters seçeneği ile yapılmaktadır. Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için (3xkat adedi) olarak belirlenebilir.

### 3.1.4 Dinamik hesap için gerekli olan kat kütlelerinin hesaplanması

Kat ağırlıklarının hesaplanması:

$$W_i = G_i + n \cdot Q_i \quad (3.12)$$

Bu bağıntıda:

$W_i$  = Kat ağırlığı

$G_i$  = Sabit yük

$Q_i$  = Hareketli yük

$n$  = Hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

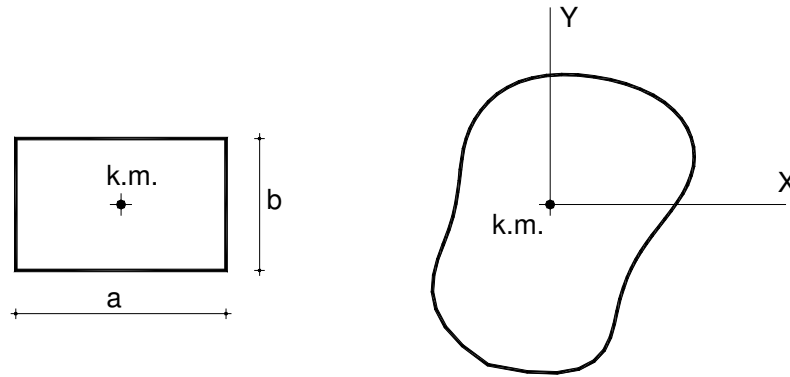
Kat kütle merkezlerinin belirlenmesi:

Bu merkeze göre  $I_{xg}$  ve  $I_{yg}$  atalet momentlerinin belirlenmesi

Kat kütlelerinin hesaplanması :

$$m_i = W_i / g \quad (3.13)$$

Kat dönme atalet momentlerinin belirlenmesi



Şekil 3.3. Kat kütle merkezleri

$M$ : kat toplam kütlesi  $a, b$ : kat kenar uzunlukları

$$\text{Dönme atalet kütlesi} = \frac{M(a^2 + b^2)}{12} \quad (3.14)$$

Genel durumda

$M$  : kat toplam kütlesi

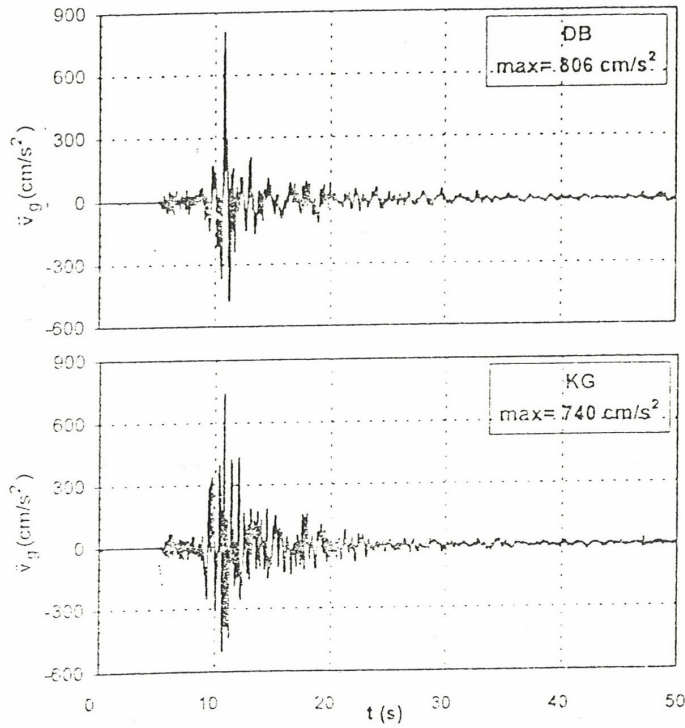
$I_x, I_y$  : kat kütle merkezine göre eylemsizlik momentleri

$A$  : kat alanı

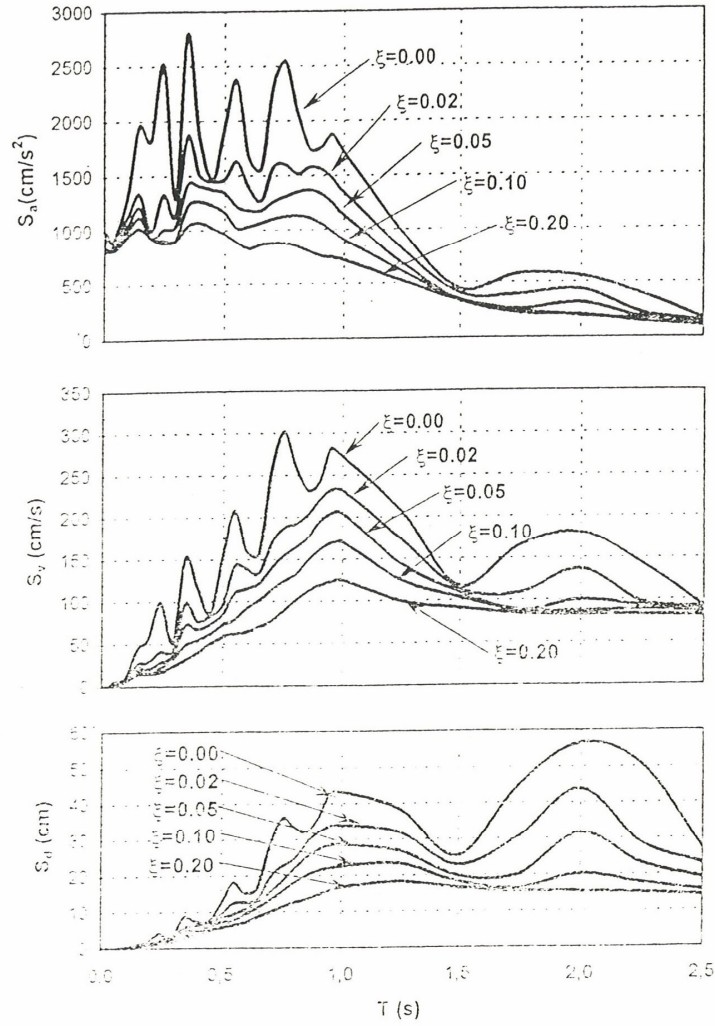
$$\text{Dönme atalet kütlesi} = \frac{M(I_x + I_y)}{A} \quad (3.15)$$

### 3.2. Düzce Depremi (1999)

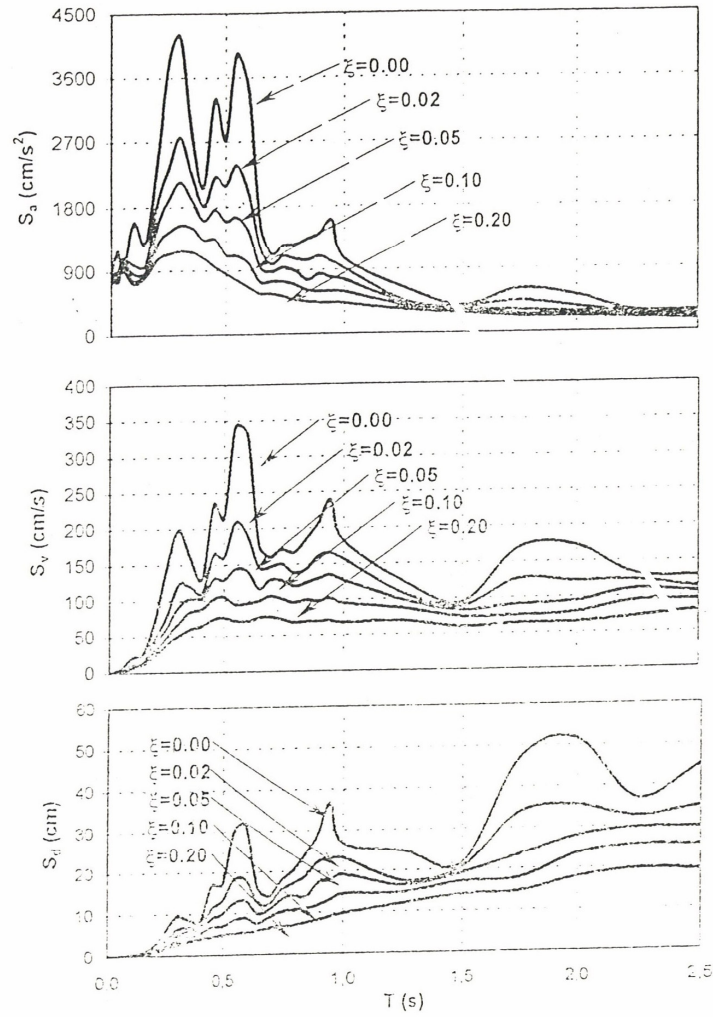
Bu deprem  $M_w = 7,1$  büyüklüğünde 12. Kasım 1999' da saat 16.57 'de 45 km lik bir yüzey kırığı ve 5 m sağ yanal atım ile meydana gelmiştir. Kırık 75 km civarında olan Düzce fayının doğu bölümünde oluşmuştur. Bu fayın batıda bulunan 300 km sinin 17.08.1999 Kocaeli depreminde kırıldığı tahmin edilmiştir. Bazı gözlemlerde odak derinliğinin 14 km ve oluşan minimum sismik momentin  $M_0 = 4.5 \times 10^{19}$  Nm olduğu tahmin edilmiştir. Depreme ait ivme kayıtları ve spektrum eğrileri Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 'da verilmiştir.



Şekil 3.4. Düzce depreminin (1999) doğu-batı ve kuzey-güney birleşenlerinin ivme kayıtları.



Şekil 3.5. Düzce depreminin (1999) doğu-batı birleşeninin  $\zeta=0.00$ , 0.02, 0.05, 0.10 ve 0.20 sönüm oranları için ivme, hız, ve yerdeğiştirme spektrum eğrileri (Celep, Kumbasar ,2000).



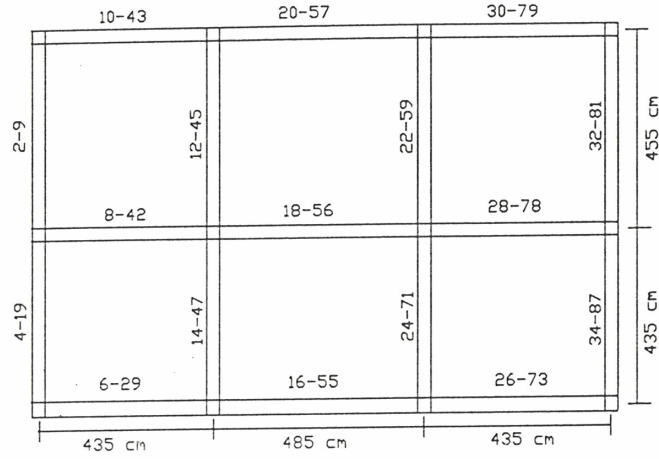
Şekil 3.6. Düzce depreminin (1999) kuzey-güney birleşeninin  $\zeta=0.00, 0.02, 0.05, 0.10$  ve  $0.20$  sönüm oranları için ivme, hız, ve yerdeğiştirme spektrum eğrileri. (Celep, Kumbasar, 2000).

### 3.3. Deprem Hesabına Konu Olan Yapı Modelleri

Çalışmanın sayısal uygulamasına konu olarak iki farklı malzemeden (tuğla ve gazbeton) yığma yapı modelleri oluşturulmuştur. Her iki model için yığma yapının donatısız ve sarılmış durumları ayrı ayrı değerlendirilerek çözümlenmeler yapılmıştır. SAP 2000 programı yardımıyla yapılan çözümlemede 12 Kasım 1999 Düzce depremi (doğu-batı) ivme kayıtları kullanılmıştır. 3.1.3. başlığı altında işlem adımları kısaca anlatılan; SAP 2000 programında Mod Birleştirme Yöntemiyle Düzce depremi (1999 doğu-batı ivme kayıtları kullanılarak  $[I=1, Z_1$  zemin grubu ( $T_A=0,1s; T_B=0,3s$ );  $n=0,3$  ve  $\xi=0,05$ ] yapılan çözümlenmeler sonucu elde edilen bulgular dördüncü bölümde Tablo ve Şekiller halinde sunulmaktadır.

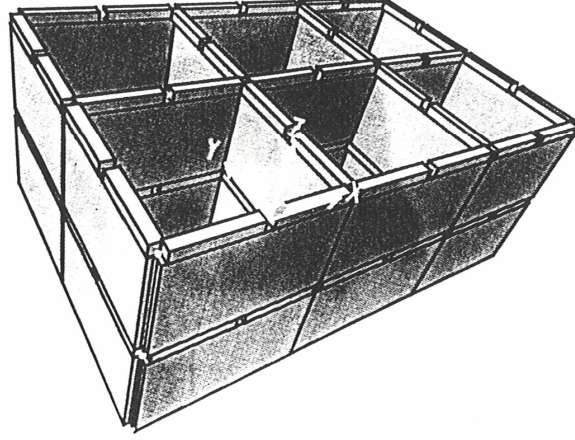
Dikkate alınan her iki (tuğla ve gazbeton) yapı modeli iki katlı olup tüm duvarlar düşey taşıyıcı olarak ele alınmıştır. Duvar kalınlıkları ABYYHY ve TS 2510' da öngörülen şartları sağlayacak şekilde 30 cm seçilmiştir. Hareketli yük olarak koşullar için öngörülen  $2 \text{ kN} / \text{m}^2$  dikkate alınmıştır. Taşıyıcı duvarların üzerine 30 x 30 cm boyutlarında yatay hatıllar yapılmıştır. Sarılmış modelde ise 30 x 30 cm boyutlarında düşey hatıllar ilave edilmiştir. Döşemeler rijit diyafram (kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit) olarak kabul edilmiş olup, döşeme kalınlığı 12 cm, kat yüksekliği 2,90 m'dir. Döşeme ve hatıllarda kullanılan betonun (C20) elastisite modülü  $E_c=2,85 \times 10^7 \text{ kN} / \text{m}^2$ , poisson oranı  $\nu_c=0,20$ , birim ağırlığı  $\gamma_c=25 \text{ kN} / \text{m}^3$  olarak alınmıştır. Taşıyıcı duvarlarda, tuğla model için; tuğla elastisite modülü  $E_b=2,5 \times 10^6 \text{ kN} / \text{m}^2$ , poisson oranı  $\nu_b=0,25$ , birim ağırlığı  $\gamma_b=15 \text{ kN} / \text{m}^3$ , gazbeton model için elastisite modülü  $E_g=5 \times 10^3 \text{ kN} / \text{m}^2$ , poisson oranı  $\nu_g=0,25$ , birim ağırlığı  $\gamma_g=7 \text{ kN} / \text{m}^3$  olarak dikkate alınmıştır.

Uygulamaya konu olan yapı modellerinin plan görünüşü Şekil 3.7.'de, her iki modele ait donatısız ve sarılmış durumlar için üç boyutlu şematik görünüşleri Şekil 3.8. ve Şekil 3.9.'da sunulmaktadır.(Şekil 3.7.'de verilen plan üzerinde rakamlar 1.kat ve 2.kat için eleman numaralarını göstermektedir).

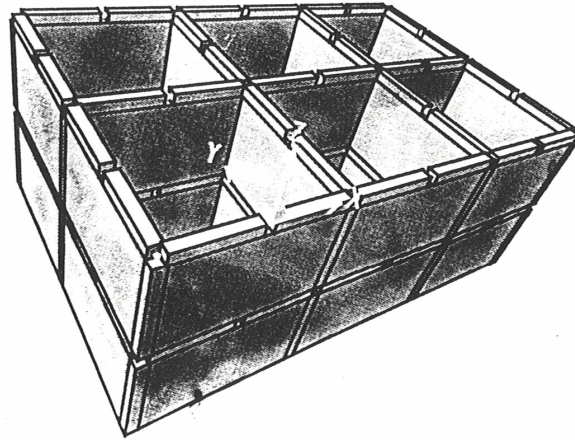


Şekil 3.7. Deprem hesabında dikkate alınan yapı modellerinin plan görünüşü.



**DONATISIZ MODEL**

Şekil 3.8. Deprem hesabında dikkate alınan yapı modellerinin donatısız üç boyutlu şematik görünüşü.

**SARILMIŞ MODEL**

Şekil 3.9. Deprem hesabında dikkate alınan yapı modellerinin sarılmış üç boyutlu şematik görünüşü.

### 3.4. Yapılan Hesaplamalar

Her iki model için donatısız ve sarılmış durumların dinamik hesabında gerekli kat kütleleri aşağıda hesaplanmıştır.

1-Donatısız Tuğla Model:

$$G_1 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 2,60 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 15 + 2,60 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 15 \\ 12 \times 2,60 \times 0,3 \times 0,3 \times 15 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_1 = 1429,38 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 13,85 \times 9,50 \times 2 = 263,15 \text{ kN}$$

$$W_1 = G + n Q \quad (n=0,3)$$

$$W_1 = 1429,38 + 0,3 \times 263,15 = 1508,33 \text{ kN}$$

$$m_1 = 1508,75 / 9,81 = 153,75 \text{ kNs}^2 / \text{m}$$

$$m_{rz1} = 153,75 [(9,5^3 \times 13,85) / 12 + (9,5 \times 13,85^3) / 12] / (13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz1} = 3613 \text{ kNs}^2 \text{m}$$

$$G_2 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 1,30 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 15 + 1,30 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 15 \\ 12 \times 1,30 \times 0,3 \times 0,3 \times 15 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_2 = 992,16 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0$$

$$W_2 = 992,16 \text{ kN}$$

$$m_2 = 992,16 / 9,81 = 101,14 \text{ kNs}^2 / \text{m}$$

$$m_{rz2} = 101,14 [(9,5^3 \times 13,85) / 12 + (9,5 \times 13,85^3) / 12] / (13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz2} = 2376 \text{ kNs}^2 \text{m}$$

2- Sarılmış Tuğla Model:

$$G_1 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 2,60 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 15 + 2,60 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 15 \\ 12 \times 2,60 \times 0,3 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_1 = 1457,46 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 13,85 \times 9,50 \times 2 = 263,15 \text{ kN}$$

$$W_1 = G + n Q \quad (n=0,3)$$

$$W_1 = 1457,46 + 0,3 \times 263,15 = 1536,40 \text{ kN}$$

$$m_1 = 1536,40 / 9,81 = 156,61 \text{ kNs}^2 / \text{m}$$

$$m_{rz1}=156,61[(9,5^3 \times 13,85)/12 + (9,5 \times 13,85^3)/12]/(13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz1}=3680 \text{ kNs}^2\text{m}$$

$$G_2 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 1,30 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 15 + 1,30 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 15$$

$$12 \times 1,30 \times 0,3 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_2 = 1006,13 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0$$

$$W_2 = 1006,13 \text{ kN}$$

$$m_2 = 1006,13/9,81 = 102,56 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$m_{rz2}=101,14[(9,5^3 \times 13,85)/12 + (9,5 \times 13,85^3)/12]/(13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz2}=2410 \text{ kNs}^2\text{m}$$

1-Donatısız Gazbeton Model:

$$G_1 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 2,60 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 7 + 2,60 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 7$$

$$12 \times 2,60 \times 0,3 \times 0,3 \times 7 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_1 = 962,96 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 13,85 \times 9,50 \times 2 = 263,15 \text{ kN}$$

$$W_1 = G + n Q \quad (n=0,3)$$

$$W_1 = 962,96 + 0,3 \times 263,15 = 1042 \text{ kN}$$

$$m_1 = 1042/9,81 = 106,22 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$m_{rz1}=106,22[(9,5^3 \times 13,85)/12 + (9,5 \times 13,85^3)/12]/(13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz1}=2491 \text{ kNs}^2\text{m}$$

$$G_2 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 1,30 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 7 + 1,30 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 7$$

$$12 \times 1,30 \times 0,3 \times 0,3 \times 7 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_2 = 758,90 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0$$

$$W_2 = 758,90 \text{ kN}$$

$$m_2 = 758,90/9,81 = 77,36 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$m_{rz2}=77,36[(9,5^3 \times 13,85)/12 + (9,5 \times 13,85^3)/12]/(13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz2}=1818 \text{ kNs}^2\text{m}$$

2- Sarılmış Gazbeton Model:

$$G_1 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 2,60 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 7 + 2,60 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 7 \\ 12 \times 2,60 \times 0,3 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_1 = 1013,50 \text{ kN}$$

$$Q_1 = 13,85 \times 9,50 \times 2 = 263,15 \text{ kN}$$

$$W_1 = G + n Q \quad (n=0,3)$$

$$W_1 = 1013,60 + 0,3 \times 263,15 = 1092,44 \text{ kN}$$

$$m_1 = 1092,44 / 9,81 = 111,36 \text{ kNs}^2 / \text{m}$$

$$m_{rz1} = 111 [36(9,5^3 \times 13,85) / 12 + (9,5 \times 13,85^3) / 12] / (13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz1} = 2617 \text{ kNs}^2 \text{m}$$

$$G_2 = 0,12 \times 13,85 \times 9,5 \times 25 + 1,30 \times 8,3 \times 4 \times 0,3 \times 7 + 1,30 \times 12,65 \times 3 \times 0,3 \times 7 \\ 12 \times 1,30 \times 0,3 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 8,30 \times 4 \times 0,3 \times 25 + 0,3 \times 12,65 \times 3 \times 25 \times 0,3$$

$$G_2 = 968,70 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0$$

$$W_2 = 753,25 \text{ kN}$$

$$m_2 = 753,25 / 9,81 = 76,78 \text{ kNs}^2 / \text{m}$$

$$m_{rz2} = 76,78 [(9,5^3 \times 13,85) / 12 + (9,5 \times 13,85^3) / 12] / (13,85 \times 9,50)$$

$$m_{rz2} = 1805 \text{ kNs}^2 \text{m}$$

Uygulamaya konu olan yapı modellerinde donatısız ve sarılmış durumlar için duvarlara gelen sabit yükler Tablo 3.3.'de verilmektedir.

Tablo 3.3. Donatısız Tuğla Model, Sarılmış Tuğla Model;Donatısız Gazbeton Model, Sarılmış Gazbeton Model duvarlara gelen sabit yükler (kN/m).

E.N	Eleman Ağırlıkları (hatıl + duvar)(kN/m)		Döşemelerden Gelen Yükler(kN/m)	
			Tuğla Model ve Gazbeton Model	
	Tuğla Model	Gazbeton Model	Üçgen	Trapez
1. KAT				
2	13,95	7,71	6,51	-
4	13,95	7,71	-	6,51
6	13,95	7,71	6,51	-
8	13,95	7,71	13,02	-
10	13,95	7,71	6,51	-
12	13,95	7,71	13,02	-
14	13,95	7,71	-	13,01
16	13,95	7,71	-	6,52
18	13,95	7,71	-	13,04
20	13,95	7,71	-	6,52
22	13,95	7,71	13,02	-
24	13,95	7,71	-	13,01
26	13,95	7,71	6,51	-
28	13,95	7,71	13,02	-
30	13,95	7,71	6,51	-
32	13,95	7,71	6,51	-
34	13,95	7,71	-	6,50
2. KAT				
9	2,25	2,25	6,51	-
19	2,25	2,25	-	6,50
29	2,25	2,25	6,51	-
42	2,25	2,25	13,02	-
43	2,25	2,25	6,51	-
45	2,25	2,25	13,02	-
47	2,25	2,25	-	13,01
55	2,25	2,25	-	6,52
56	2,25	2,25	-	13,04
57	2,25	2,25	-	6,52
59	2,25	2,25	13,02	-
71	2,25	2,25	-	13,01
73	2,25	2,25	6,51	-
78	2,25	2,25	13,02	-
79	2,25	2,25	6,51	-
81	2,25	2,25	6,51	-
87	2,25	2,25	-	6,50

Uygulamaya konu olan yapı modellerinde donatısız ve sarılmış durumlar için duvarlara gelen hareketli yükler Tablo 3.4.'de verilmektedir

Tablo 3.4. Donatısız Tuğla Model, Sarılmış Tuğla Model; Donatısız Gazbeton Model,Sarılmış Gazbeton Model döşemelerden gelen hareketli yükler.(kN/m)

E.N	Döşemelerden Gelen Yükler (kN/m)	
	Üçgen	Trapez
1.KAT		
2	4,34	-
4	-	4,20
6	4,20	-
8	8,54	-
10	4,34	-
12	8,54	-
14	-	8,76
16	-	4,56
18	-	8,76
20	-	4,20
22	8,54	-
24	-	8,76
26	4,20	-
28	8,54	-
30	4,34	-
32	4,34	-
34	-	4,20
2.KAT		
9	-	-
19	-	-
29	-	-
42	-	-
43	-	-
45	-	-
47	-	-
55	-	-
56	-	-
57	-	-
59	-	-
71	-	-
73	-	-
78	-	-
79	-	-
81	-	-
87	-	-

## BÖLÜM 4.SONUÇLAR

### 4.1.Hesaplar Sonucunda Elde Edilen Değerler

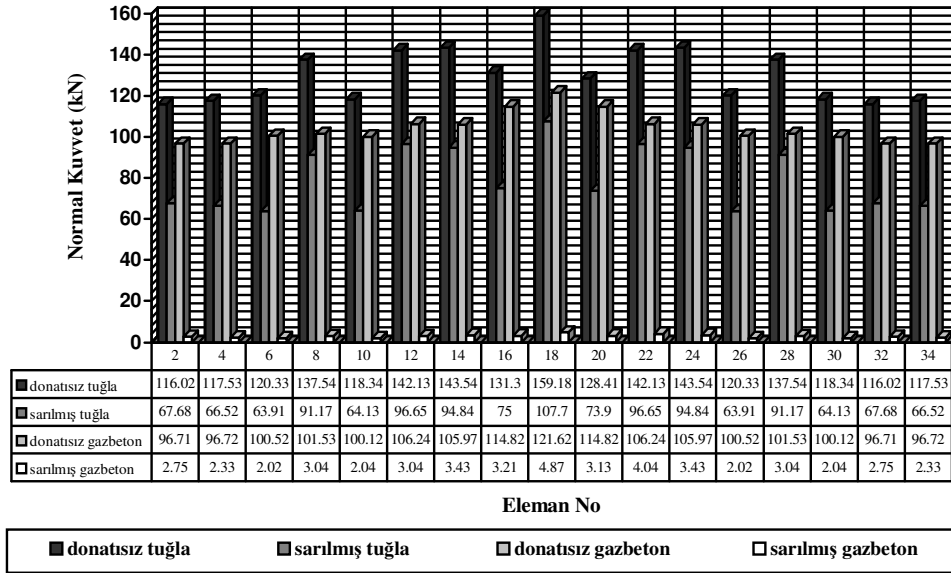
#### 4.1.1.Duvarlara gelen normal kuvvet değerleri

SAP2000 programında yapılan çözümlenmeler sonucunda; donatısız ve sarılmış modellerde duvarlara gelen normal kuvvet değerleri Tablo 4.1.'de verilmiş olup, Şekil 4.1. ve Şekil 4.2 'de grafikler üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 4.1.Donatısız Tuğla Model, Sarılmış Tuğla Model, Donatısız Gazbeton Model, Sarılmış Gazbeton Model, duvarlara gelen Normal Kuvvetler(kN)

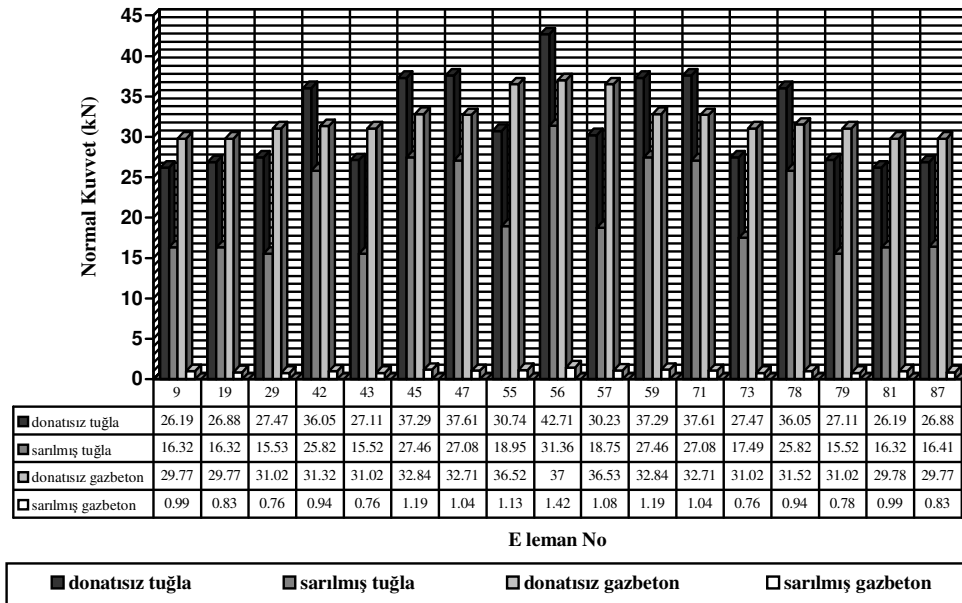
E.N	Duvarlara Gelen Normal Kuvvetler (kN)			
	Donatısız Tuğla Model	Sarılmış Tuğla Model	Donatısız Gazbeton Model	Sarılmış Gazbeton Model
<b>1.KAT</b>				
2	116,02	67,68	96,71	2,75
4	117,53	66,52	96,72	2,33
6	120,33	63,91	100,52	2,02
8	137,54	91,17	101,53	3,04
10	118,34	64,13	100,12	2,04
12	142,13	96,65	106,24	4,04
14	143,54	94,84	105,97	3,43
16	131,30	75,00	114,82	3,21
18	159,18	107,70	121,62	4,87
20	128,41	73,90	114,16	3,13
22	142,13	96,65	106,24	4,04
24	143,54	94,84	105,97	3,43
26	120,33	63,91	100,52	2,02
28	137,54	91,17	101,53	3,04
30	118,34	64,13	100,12	2,04
32	116,02	67,68	96,71	2,75
34	117,53	66,52	96,72	2,33
<b>2.KAT</b>				
9	26,19	16,32	29,78	0,99
19	26,88	16,41	29,77	0,83
29	27,47	15,53	31,02	0,76
42	36,05	25,82	31,32	0,94
43	27,11	15,52	31,02	0,78
45	37,29	27,46	32,84	1,19
47	37,61	27,08	32,71	1,04
55	30,74	18,95	36,52	1,13
56	42,71	31,36	37,00	1,42
57	30,23	18,75	36,53	1,08
59	37,29	27,46	32,84	1,19
71	37,61	27,08	32,71	1,04
73	27,47	17,49	31,02	0,76
78	36,05	25,82	31,32	0,94
79	27,11	15,52	31,02	0,78
81	26,19	16,32	29,78	0,99
87	26,88	16,41	29,77	0,83

Duvarlara Gelen Normal Kuvvetler(kat1)



şekil 4.1. Duvarlara gelen normal kuvvetler (kat1)kN.

Duvarlara Gelen Normal Kuvvetler(kat2)



şekil 4.2. Duvarlara gelen normal kuvvetler (kat2)kN.

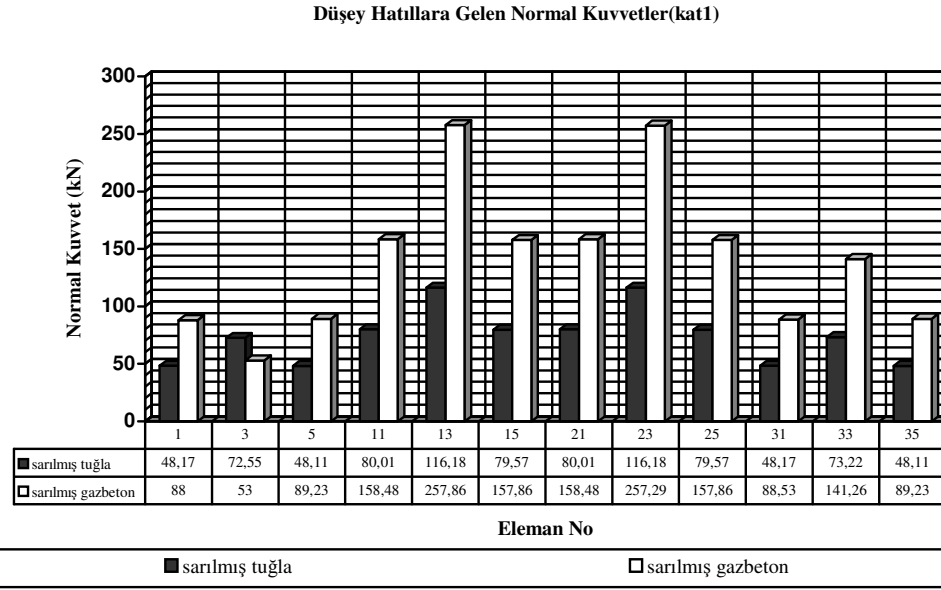
#### 4.1.2.Düşey hatıllara gelen normal kuvvet değerleri



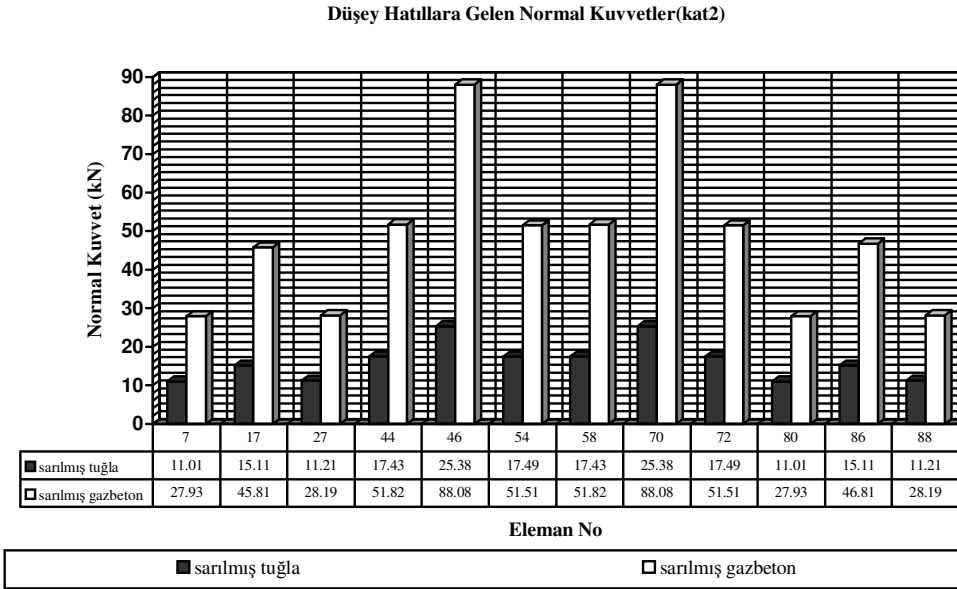
Yapılan çözümler sonucunda sarılmış modellerde düşey hatıllara gelen normal kuvvet değerleri Tablo 4.2.'de verilmiş olup; Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te gösterilmektedir.

Tablo 4.2 Sarılmış Tuğla Model, Sarılmış Gazbeton Model; düşey hatıllara gelen Normal Kuvvetler.(kN)

E.N	Düşey Hatıllara Gelen Normal Kuvvetler (kN)	
	Sarılmış Tuğla Model	Sarılmış Gazbeton Model
1.KAT		
1	48,17	88,53
3	72,55	139,56
5	48,11	89,23
11	80,01	158,48
13	116,18	257,86
15	79,57	157,86
21	80,01	158,48
23	116,18	257,29
25	79,57	157,86
31	48,17	88,53
33	73,22	141,26
35	48,11	89,23
2.KAT		
7	11,01	27,93
17	15,11	45,81
27	11,21	28,19
44	17,43	51,82
46	25,38	88,08
54	17,49	51,51
58	17,43	51,82
70	25,38	88,08
72	17,49	51,51
80	11,01	27,93
86	15,11	46,81
88	11,21	28,19



Şekil 4.3. Düşey hatıllara gelen normal kuvvetler (kat1)kN



Şekil 4.4. Düşey hatıllara gelen normal kuvvetler (kat2)kN

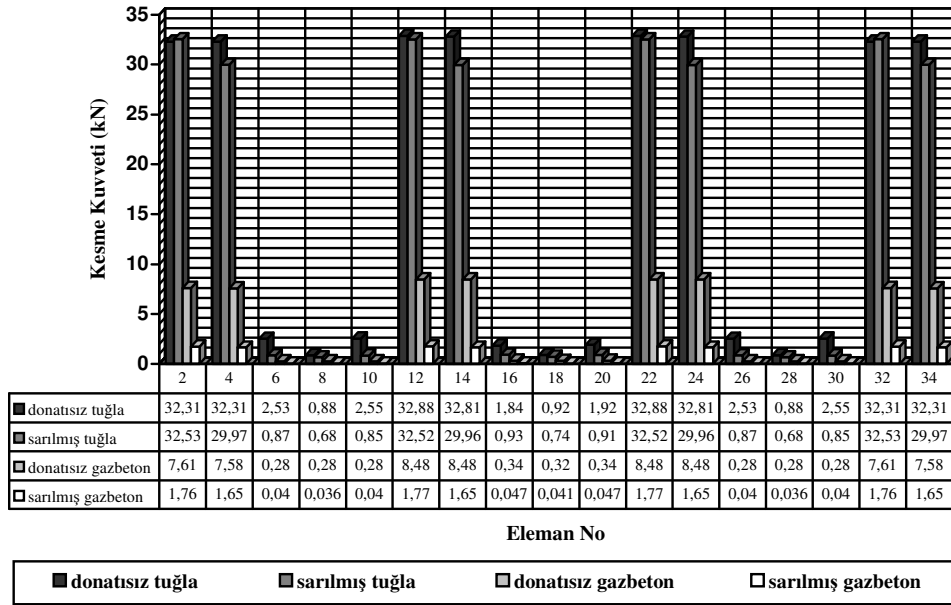
### 4.1.3. Duvarlara gelen kesme kuvveti değerleri

Donatısız ve sarılmış modellerde duvarlara gelen kesme kuvvetleri için Tablo 4.3.'te verilen değerler hesaplanmıştır. Ayrıca Şekil 4.5. ve Şekil 4.6' da gösterilmiştir.

Tablo 4. 3. Donatısız Tuğla Model, Sarılmış Tuğla Model, Donatısız Gazbeton Model, Sarılmış Gazbeton Model; duvarlara gelen Kesme Kuvvetleri.(kN)

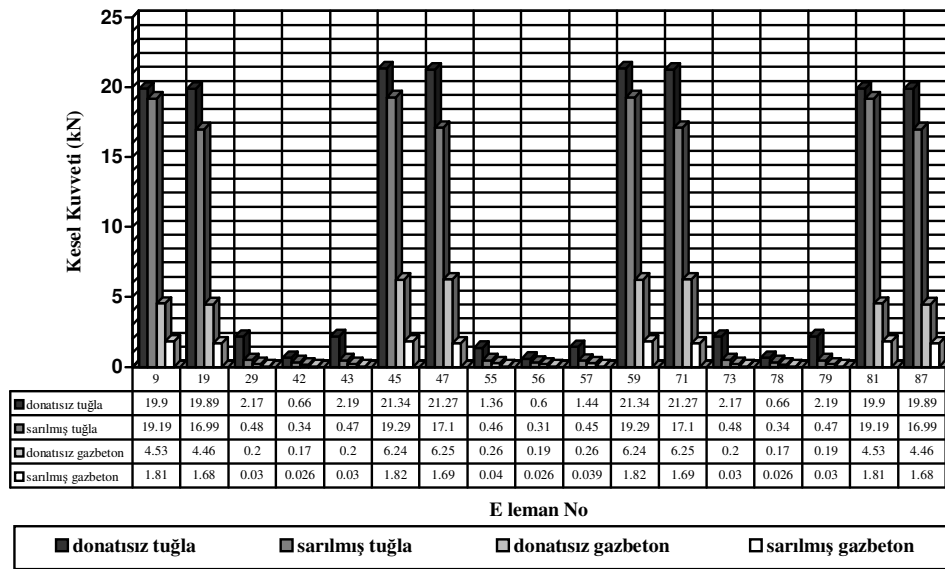
E.N	Duvarlara Gelen Kesme Kuvvetleri (kN)			
	Donatısız Tuğla Model	Sarılmış Tuğla Model	Donatısız Gazbeton Model	Sarılmış Gazbeton Model
1.KAT				
2	32,31	32,53	7,61	1,76
4	32,31	29,97	7,58	1,65
6	2,53	0,87	0,28	0,04
8	0,88	0,68	0,28	0,036
10	2,55	0,85	0,28	0,04
12	32,88	32,52	8,48	1,77
14	32,81	29,96	8,48	1,65
16	1,84	0,93	0,34	0,047
18	0,92	0,74	0,32	0,041
20	1,92	0,91	0,34	0,047
22	32,88	32,52	8,48	1,77
24	32,81	29,96	8,48	1,65
26	2,53	0,87	0,28	0,04
28	0,88	0,68	0,28	0,036
30	2,55	0,85	0,28	0,04
32	32,31	32,53	7,61	1,76
34	32,31	29,97	7,58	1,65
2.KAT				
9	19,90	19,19	4,53	1,81
19	19,89	16,99	4,46	1,68
29	2,17	0,48	0,20	0,03
42	0,66	0,34	0,17	0,026
43	2,19	0,47	0,20	0,03
45	21,34	19,29	6,24	1,82
47	21,27	17,10	6,25	1,69
55	1,36	0,46	0,26	0,04
56	0,60	0,31	0,19	0,026
57	1,44	0,45	0,26	0,039
59	21,34	19,29	6,24	1,82
71	21,27	17,10	6,25	1,69
73	2,17	0,48	0,20	0,03
78	0,66	0,34	0,17	0,026
79	2,19	0,47	0,19	0,03
81	19,90	19,19	4,53	1,81
87	19,89	16,99	4,46	1,68

Duvarlara Gelen Kesme Kuvvetleri(kat1)



Şekil 4.5. Duvarlara gelen kesme kuvvetleri (kat1)kN

Duvarlara Gelen Kesme Kuvvetleri(kat2)



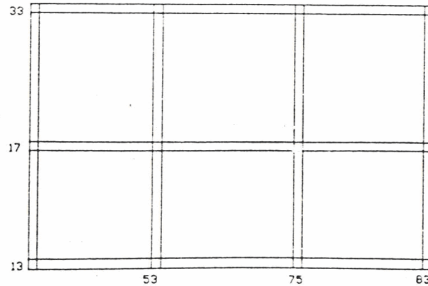
Şekil 4.6. Duvarlara gelen kesme kuvvetleri (kat2)kN

#### 4.1.4. Düşey hatıllara gelen kesme kuvveti değerleri

Yapılan çözümler sonucunda sarılmış modellerde düşey hatıllara gelen kesme kuvvetleri için Tablo 4.4.'de verilen değerler hesaplanmış olup Şekil 4.8. ve Şekil 4.9' da gösterilmiştir.

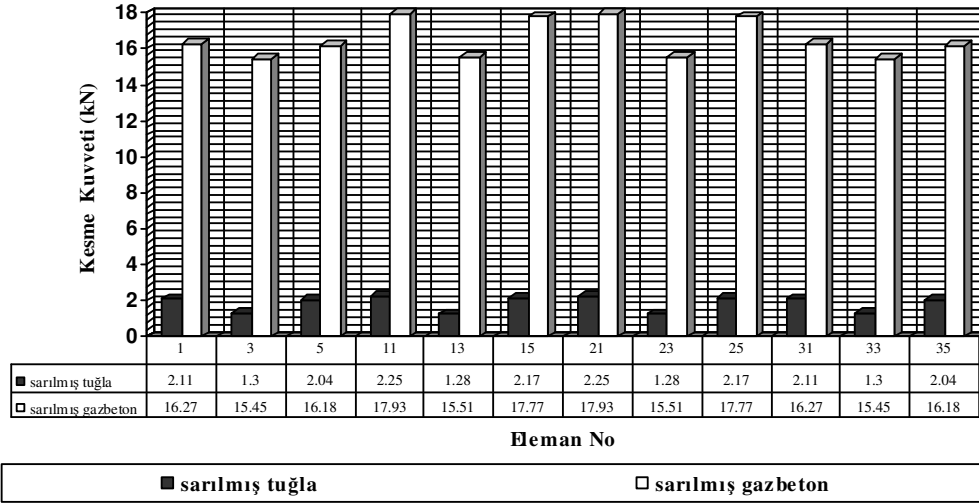
Tablo 4.4 Sarılmış Tuğla Model, Sarılmış Gazbeton Model; düşey hatıllara gelen Kesme Kuvvetleri.(kN).

E.N	Düşey Hatıllara Gelen Kesme Kuvvetleri (kN)	
	Sarılmış Tuğla Model	Sarılmış Gazbeton Model
1.KAT		
1	2,11	16,27
3	1,30	15,45
5	2,04	16,18
11	2,25	17,93
13	1,28	15,51
15	2,17	17,77
21	2,25	17,93
23	1,28	15,51
25	2,17	17,77
31	2,11	16,27
33	1,30	15,45
35	2,04	16,18
2. KAT		
7	2,52	11,99
17	1,72	10,94
27	2,48	11,85
44	2,75	15,27
46	1,68	11,13
54	2,68	14,86
58	2,75	15,27
70	1,68	11,13
72	2,68	14,86
80	2,52	11,99
86	1,72	10,94
88	2,48	11,85



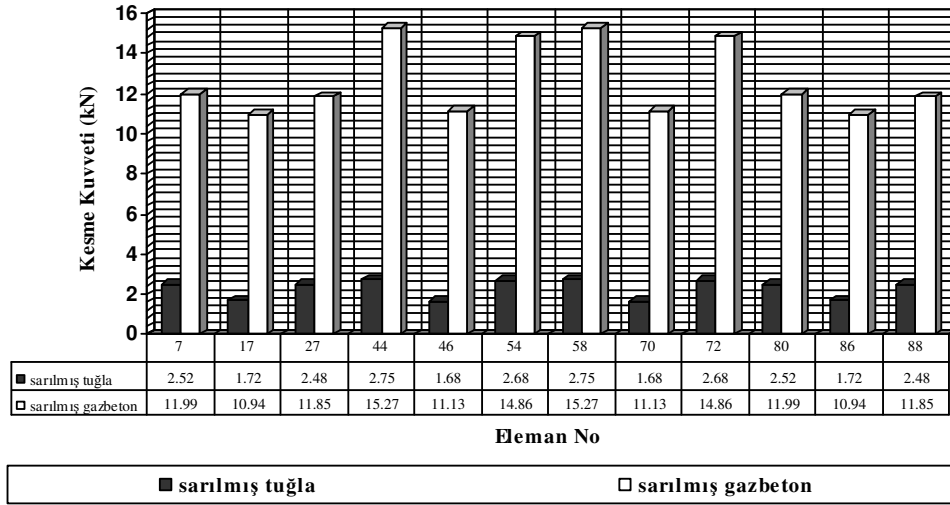
Şekil 4.7. Uygulamaya konu olan yapı modellerinde yerdeğiştirmeler için 2.Kat seviyesinde esas alınan düğüm noktaları.

Düsey Hatıllara Gelen Kesme Kuvvetleri(kat1)



Şekil 4.8 Düsey hatıllara gelen kesme kuvvetleri (kat1)kN.

Düsey Hatıllara Gelen Kesme Kuvvetleri(kat2)



Şekil 4.9 Düsey hatıllara gelen kesme kuvvetleri (kat2)kN.

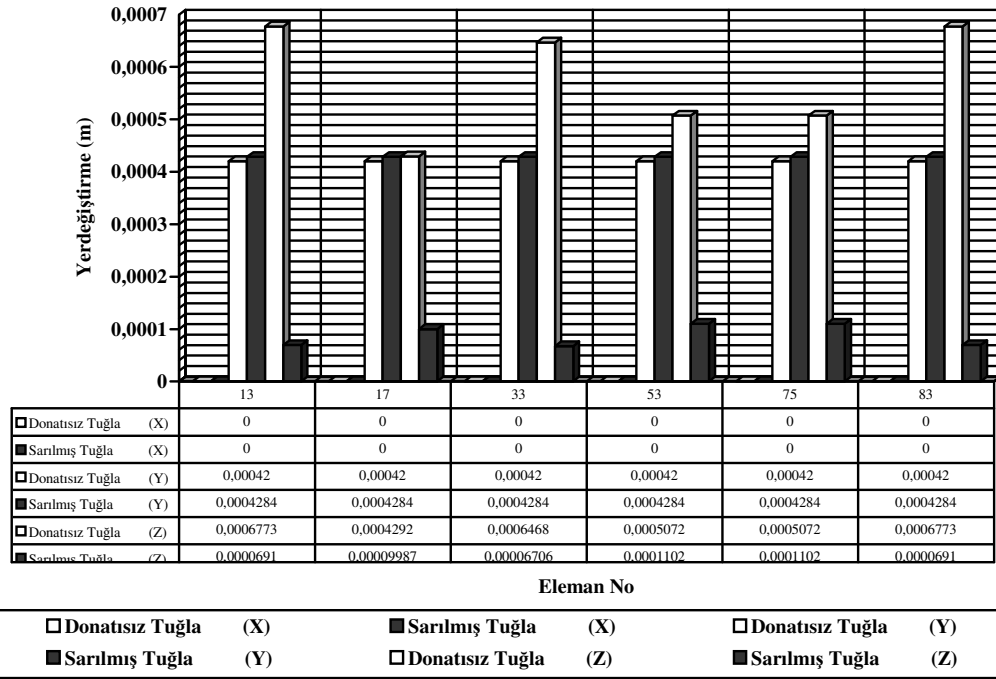
#### 4.1.5.Esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri

Deprem kuvvetinin kısa kenar (Y) ve uzun kenar (X) doğrultusunda etkimesi halinde, her iki modelin Şekil 4.7.'de gösterilen 2. Kat seviyesinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri için hesaplanan değerler Tablo 4.5.'te verilmiş olup; Şekil 4.10.,Şekil 4.11.,Şekil 4.12. ve Şekil 4.13 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Donatısız Tuğla, Sarılmış Tuğla, Donatısız Gazbeton, Sarılmış Gazbeton; esas alınan düğüm noktalarının (2.Kat seviyesinde) X,Y,Z yer değiştirmeleri.(m)

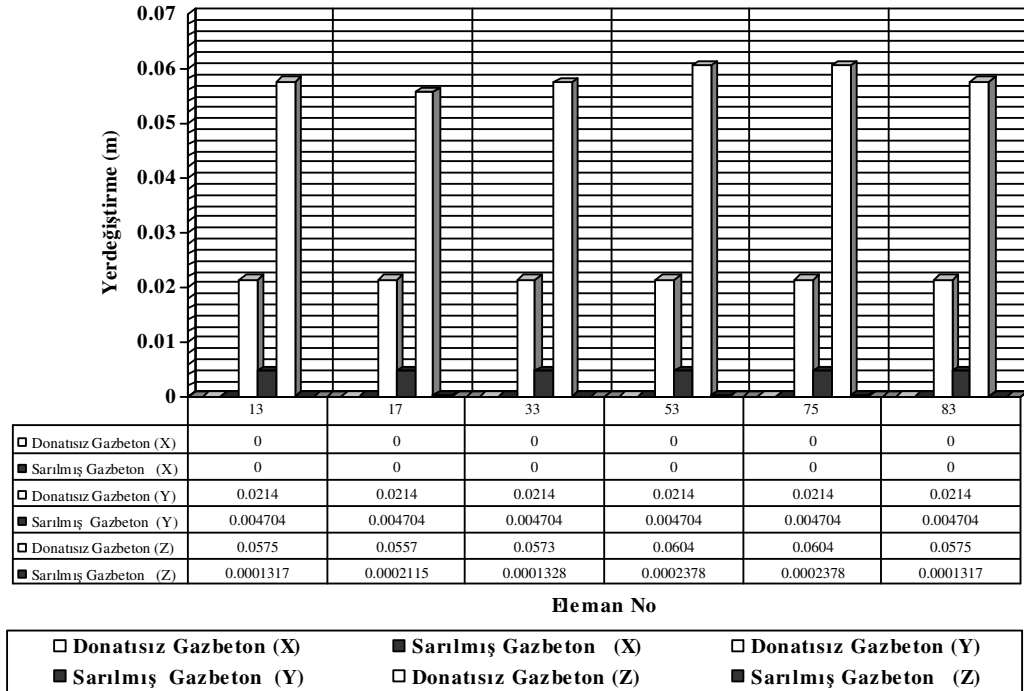
E.N	Esas Alınan Düğüm Noktalarının Yerdeğiştirmeleri (m)			
	Donatısız Tuğla Model	Sarılmış Tuğla Model	Donatısız Gazbeton Model	Sarılmış Gazbeton Model
Deprem Kuvveti Kısa Kenar (Y) Doğrultusunda Etkimesi Halinde				
13	X	-	-	-
	Y	4,200E-4	4,284E-4	0,0214
	Z	6,773E-4	6,691E-5	0,0575
17	X	-	-	-
	Y	4,200E-4	4,284E-4	0,0214
	Z	4,292E-4	9,987E-5	0,0557
33	X	-	-	-
	Y	4,200E-4	4,284E-4	0,0214
	Z	6,468E-4	6,706E-5	0,0573
53	X	-	-	-
	Y	4,200E-4	4,284E-4	0,0214
	Z	5,072E-4	1,102E-4	0,0604
75	X	-	-	-
	Y	4,200E-4	4,284E-4	0,0214
	Z	5,072E-4	1,102E-4	0,0604
83	X	-	-	-
	Y	4,200E-4	4,284E-4	0,0214
	Z	6,773E-4	6,691E-5	0,0575
Deprem Kuvveti Uzun Kenar (X) Doğrultusunda Etkimesi Halinde				
13	X	3,335E-4	3,671E-4	0,0191
	Y	8,767E-6	6,926E-4	4,820E-4
	Z	6,639E-4	6,631E-5	0,0569
17	X	3,287E-4	3,625E-4	0,0189
	Y	8,767E-6	6,926E-4	4,820E-4
	Z	4,517E-4	1,053E-4	0,0579
33	X	3,240E-4	3,581E-4	0,0186
	Y	8,767E-6	6,926E-6	4,820E-4
	Z	6,299E-4	6,595E-5	0,0568
53	X	3,335E-4	3,671E-4	0,0191
	Y	4,141E-6	2,540E-6	2,638E-4
	Z	4,802E-4	1,047E-4	0,0586
75	X	3,335E-4	3,671E-4	0,0191
	Y	4,141E-6	2,540E-6	2,638E-4
	Z	4,802E-4	1,047E-4	0,0451
83	X	3,335E-4	3,671E-4	0,0191
	Y	8,767E-6	6,926E-6	4,820E-4
	Z	6,639E-4	6,631E-5	0,0569

Esas Alınan Dügüm Noktalarının Yerdeğıştirmeleri (m)



Şekil 4.10. Deprem kuvvetinin kısa kenar (Y) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğıştirmeleri(m).

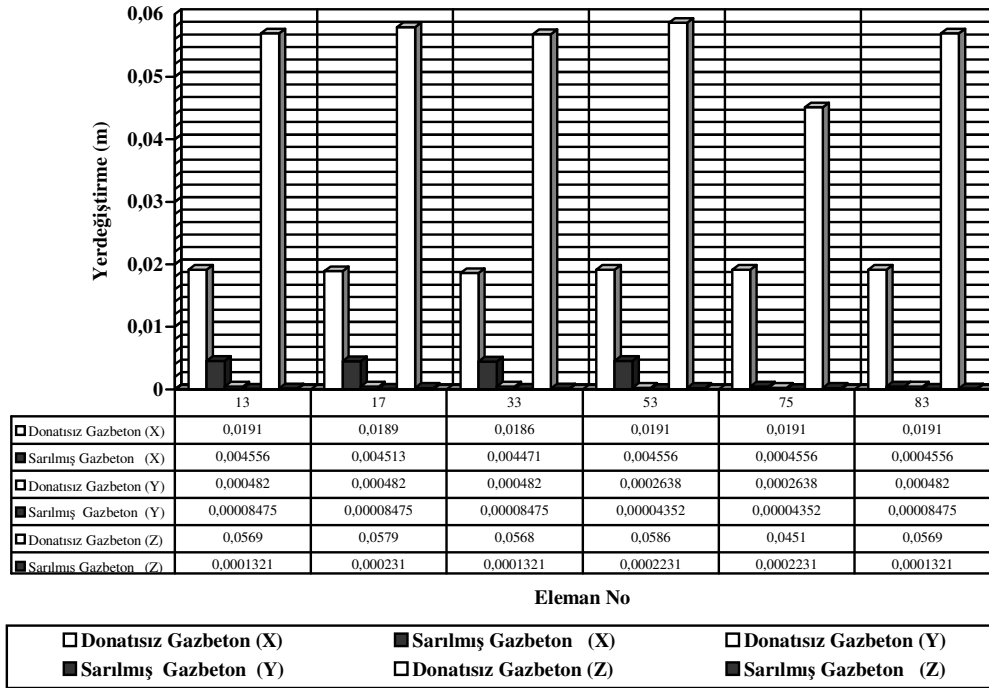
Esas Alınan Dügüm Noktalarının Yerdeğıştirmeleri (m)



Şekil 4.11. Deprem kuvvetinin kısa kenar(Y) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğıştirmeleri(m).

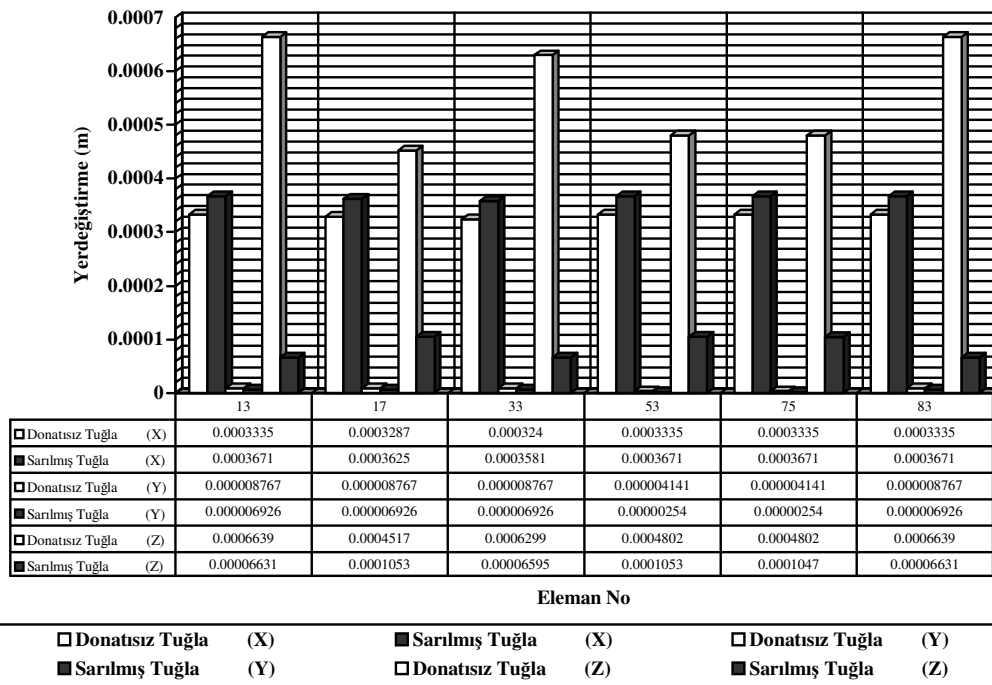


Esas Alınan Dügüm Noktalarının Yerdeğıştirmeleri (m)



Şekil 4.12 Deprem kuvvetinin uzun kenar (X) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğıştirmeleri(m).

Esas Alınan Dügüm Noktalarının Yerdeğıştirmeleri (m)



Şekil 4.13 Deprem kuvvetinin uzun kenar (X) doğrultusunda etkimesi halinde esas alınan düğüm noktalarının yerdeğıştirmeleri(m).

## 4.2 Kesme Dayanımlarının Kontrolü

Uygulamaya konu olan yapı modellerinde, deprem kuvvetinin kısa kenar (Y) doğrultusunda etkimesi halinde elde edilen kesit tesir değerlerine göre kesme dayanımı denetimi her iki modelde (donatısız tuğla, donatısız gazbeton) en büyük kesme kuvvetine maruz kalan 12 ve 22 nolu 1. kat duvarları için yapılmıştır.

Karakteristik kesme dayanımı bağıntısındaki ( $f_{vk}=f_{vko} + 0,4\sigma_d$ ),  $f_{vko}$  Tablo 1.17' den harç grubuna göre 0,2 alınmıştır.

Donatısız tuğla model :

12 ve 22 nolu elemanlar için

$$\sigma_d = P = 142,13 \text{ kN (Tablo 4.1)}$$

$$V = 32,88 \text{ kN (Tablo 4.3)}$$

$$f_{vk} = 0,2 + 0,4 \times [0,142 / (4,55 \times 0,3)] = 0,24 \text{ Mpa} = 240 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau = V / A = 32,88 / (4,55 \times 0,3) = 24,10 \text{ kN/m}^2$$

$\gamma_m = 2,2$  (güvenlik katsayısı)

$$f_{vd} = 240 / 2,2 = 109,09 \text{ kN/m}^2$$

$f_{vd} = 109,09 \text{ kN/m}^2 > \tau = 24,10 \text{ kN/m}^2$  olduğundan en büyük kesme kuvvetine maruz kalan 12 ve 22 nolu duvarlar için kesme dayanımı sağlanmıştır.

Donatısız gazbeton model :

12 ve 22 nolu elemanlar için

$$\sigma_d = P = 106,24 \text{ kN (Tablo 4.1)}$$

$$V = 8,48 \text{ kN (Tablo 4.3)}$$

$$f_{vk} = 0,2 + 0,4 \times [0,106 / (4,55 \times 0,3)] = 0,23 \text{ Mpa} = 230 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau = V / A = 8,48 / (4,55 \times 0,3) = 6,21 \text{ kN/m}^2$$

$\gamma_m = 2,2$  (güvenlik katsayısı)

$$f_{vd} = 230 / 2,2 = 104,55 \text{ kN/m}^2$$

$f_{vd} = 104,55 \text{ kN/m}^2 > \tau = 6,21 \text{ kN/m}^2$  olduğundan en büyük kesme kuvvetine maruz kalan 12 ve 22 nolu duvarlar için kesme dayanımı sağlanmıştır.

### 4.3. Maliyet Karşılaştırması

Tablo 4.6. Maliyet karşılaştırması

	Donatısız Tuğla Model		Sarılımış Tuğla Model		Donatısız Gazbeton Model		Sarılımış Gazbeton Model	
	Miktar	Birim Fiyat	Miktar	Birim Fiyat	Miktar	Birim Fiyat	Miktar	Birim Fiyat
Tuğla (m3)	116.60	132.20	111.00	132.20				
Gazbeton (m3)					116.60	158.00	111.00	158.00
Demirsiz Beton(m3)	13.00	67.03	13.00	67.03	13.00	67.03	13.00	67.03
Demirli Beton(m3)	59.00	78.78	84.00	78.78	59.00	78.78	84.00	78.78
İnce Donatı (ton)	1.80	1118.03	3.35	1118.03	1.80	1118.03	3.35	1118.03
Kalın Donatı (ton)	0.75	1056.65	0.75	1056.65	0.75	1056.65	0.75	1056.65
Kalıp (m2)	350.00	12.09	560.00	12.09	350.00	12.09	560.00	12.09
TOPLAM	27.970,37		33.471,40		30.978,65		36.335,20	
Tuğla Model Maliyet Artışı : %19,67								
Gazbeton Model Maliyet Artışı : %17,29								

Maliyet karşılaştırmasında 2005 yılı serbest piyasa birim fiyatları kullanılmıştır.

## BÖLÜM 5.TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yığma yapılar hakkında yeni sayılabilecek yönetmelik ve standartlar ışığında, yığma yapı sınıflarını ve hesap yöntemlerini tanıtarak, donatısız ve sarılmış yığma yapıların deprem davranışlarını karşılaştırmalı olarak irdelemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmadan çıkarılabilecek temel sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

Yığma yapıların depreme göre hesabı için taşıyıcı duvarlarda ve düşey hatılarda oluşan kesit tesirlerin belirlenmesinde kullanılan pratik yaklaşımlardan kısaca bahsedilmiştir.İki farklı malzemedden (tuğla ve gazbeton) SAP 2000 programında oluşturulan modeller çözümlenerek karşılaştırma yapılması için gerekli veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler ekte sunulmuştur.

Donatısız ve sarılmış yığma yapı durumları için duvarlardaki kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında genel olarak sarılmış duvarlar için daha küçük değerler ortaya çıkmıştır.Bunda ilave edilen düşey hatılların payı büyüktür.Duvarlara gelen kesme kuvvetlerinin bir kısmını düşey hatıllar almıştır.Malzemelerin rijitlikleri ölçüsünde gerçekleşen bu dağılımda düşey hatıllara gelen kesme kuvvetleri gazbeton model için tuğla modele nazaran daha büyüktür.Bunun yanında gazbeton modellerde duvarlarda oluşan toplam kesme kuvvetleri bina ağırlığının tuğla modellere oranla daha az olması hasebiyle daha küçüktür.

Donatısız ve sarılmış yığma yapı modelleri için esas alınan düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri karşılaştırıldığında genel olarak sarılmış durum için daha küçük olduğu görülmüştür.Bu fark gazbeton model için çok daha belirgindir.Bu durum, ilave edilen düşey hatılların yapı rijitliğinde meydana getirdiği artıştan kaynaklanmaktadır. Bunun yanında deprem kuvvetinin kısa kenar (Y) ve uzun kenar(X) doğrultularında etkimesi halinde yerdeğiştirmeler karşılaştırıldığında kısa kenar doğrultusunda elde edilen değerler daha büyüktür.Bundaki etken ise yapı rijitliğinin uzun kenar doğrultusunda daha büyük olmasıdır.

Dikkate alınan yapı modelleri ve malzeme özellikleri için yönetmeliklerde öngörülen şekilde kesme denetimleri sağlanmıştır.

Dikkate alınan yapı modellerinin her ikisinin de donatısız ve sarılmış durumları için maliyet analizlerinden sarılmış durum için maliyet yaklaşık %18 oranında artmıştır. Bu artış fazla gibi gözükse de sarılmış yığma yapıların depremde daha az hasar aldığı ve yığma yapılardaki onarım ve güçlendirme maliyetinin çok yüksek olduğu göz önünde bulundurulursa, sarılmış yığma yapı seçiminin daha uygun olacağı söylenebilir.

Neredeyse tamamına yakınının deprem kuşağında yer aldığı ve her an yıkıcı bir depremin olması muhtemel olan ülkemizde yığma yapı oranı da göz önünde bulundurulursa bu konuda acilen gerekli çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bilimsel anlamda yapılacak olanlardan başlıcaları aşağıda sunulmaktadır.

- 1-Yığma yapıların geçmiş depremlerde göstermiş oldukları deprem davranışlarının eldeki verilere bağlı olarak ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, yeni oluşacak depremlerde de bu yapıların davranışlarının gözlem altına alınması,
- 2-Yığma yapılarda kullanılan farklı malzemelerin statik ve dinamik yüklemeler altındaki özelliklerinin belirlenmesi,
- 3-Yığma yapıların depremde davranışlarını temsil eden modellerin ve buna uygun çözüm yöntemlerinin geliştirilmesi,
- 4-Deprem bölgelerinde ki mevcut yığma yapı tiplerine göre uygun onarım ve güçlendirme tekniklerinin geliştirilmesi,
- 5-Tarihi ve anıtsal yapıların mevcut durumlarının gözden geçirilerek, bunlar üzerindeki model çalışmaları yapılarak gerekiyorsa onarım ve güçlendirmelerinin yapılması.

Burada elde edilen sonuçlar, yığma yapı sistemlerini karakterize eden parametrelerden bağımsız olmayacağından, bu sonuçların uygulamaya konu olan

yığma yapı sistemleri için geçerli olduğunu, bunları tđm yığma yapı sistemlerine genelleymek için yığma yapı sistemlerini temsil edebilen model veya gerçek yapı sistemleri őrzerinde çok sayıda çeşitli parametreleri dikkate alan çalışmaların yapılmasının ve elde edilen sonuçların birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğunu belirtmek uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] BATUR, A., Donatısız Yığma Binaların Yatay Yükler Altında Davranışı ve Bazı Ülkelerin Şartnamelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,1999.
- [2] BAYÜLKE, N., Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir,2001.
- [3] BAYÜLKE, N., Yığma Yapılar, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara,1992.
- [4] BOZDOĞANGİL, A. T., Deprem Yükleri Altında Yığma Duvarların Dayanımı ve Takviyesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.,Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
- [5] CELEP, Z., KUMBASAR, N.,Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul,2000.
- [6] DOĞANGÜN, A.,Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.
- [7] DORAN, B.,NOYAN ALACALI, S.,Yapısal Analiz Programı SAP2000 Bilgi Aktarımı ve Kullanımı, Birsen Yayınevi,İstanbul,2004.
- [8] ELGAWADY, M. A.,LESTUZZI, P.,BADOUX, M., In-Plane Behaviour of URM Walls Upgraded with Composities, Proceedings of Response of Structure of Extreme Loading Conference, Toronto, Canada,2003.
- [9] ERDEN, G.,Donatısız ve Sarılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü.,Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,2004.
- [10] ERDİK, M.,AYDINOĞLU, N., Earthquake Vulnerrability of Buildings in Turkey, 3 rd Int.Symposium on Integrated Disaster Risk Management,3-5,1-33 Kyota, Japan, 2003.
- [11] İMO İZMİR,İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi,SAP2000 Programı İle Yapı Sistemlerinin Çözümü,İzmir,2005.
- [12] MADAN A.,Nonlinear Modeling of Masonry Walls for Planer Analysis of Building Structures, Doktora Tezi,State Üniversitesi, New York, 1996.
- [13] McKENZİE, W.,M.,Design of Structural Masonry, Palgrave Publishers Ltd. New York,2001.
- [14] SABERİ, M.,Deprem Yükleri Altında Yığma Binaların Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.

- [15] SUCUOĞLU, H., ERBERİK, A., Performance Evaluation of Three-Storey Unreinforced Masonry Building During The 1992 Erzincan Earthquake, Earthquake Engineering And Structural Dynamics, 26,319-336,1997.
- [16] RESMÎ GAZETE, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi, 23098, 1997.
- [17] TANRIKULU, A., K., Models For Nonlinear Earthquake Analysis of Brick Masonry Buildings, Doktora Tezi, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1991.
- [18] TEZCAN, S., REİS, E., M., Multistorey Reinforced Masonry Buildings, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/TR 045-80, İstanbul, 2003.
- [19] TOMAZEVIC, M., Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings, Innovation in Structures and Construction-1, Imperial College Pres, Londra, 1999.
- [20] T.S.E., Kagir Duvarlar ve Yapım Kuralları, TS 2510, Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı, Ankara, 1977.
- [21] T.S.E., Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS 498, Türk Standartları Enstitüsü, 1 Baskı, Ankara, 1997.
- [22] T.S.E., Kagir Yapıların Tasarımı, Bölüm 1-1: Binalar İçin Genel Kurallar-Donatılı ve Donatısız Kagir Kuralları, TS ENV 1996-1-1, Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı, Ankara, 2001.
- [23] TÜRKÇÜ, H., Ç., Yapım, İlkeler, Malzemeler, Yöntemler, Çözümler, 3. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [24] TÜRKER, E., BAŞYİĞİT, C., GENÇER, Ö., ISBAŞ Tarafından Üretilen Pomza Katkılı Beton Briketlerin Deprem Analizinin Araştırılması, S.D.Ü., 217 Nolu Sonuç Raporu, Isparta, 2000.



**EKLER**

**Çeşitli yığma yapı malzemeleri kullanılarak yapılmış yığma yapı tipleri.**





















## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Gümüşhane’de doğdu.İlk öğrenimini Zigana Köyü İlköğretim Okulu’nda aldı. Orta ve lise öğrenimini Gümüşhane Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 1998’de K.T.Ü. Mühendislik –Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne girdi ve 2002’ de mezun oldu.

2002 Temmuz-Kasım döneminde Karadeniz Sahil Yolu inşaatını üstlenen özel bir firmada saha mühendisi olarak çalıştı. 2003 Nisan’ında askerlik görevine başladı;Bolu Komando Tugayı’nda inşaat mühendisi-asteğmen olarak görev yaptı.

2004 Haziran-Ağustos tarihleri arasında Malatya’da yapılan toplu konut inşaatının altyapı ve peyzaj işini üstlenen özel bir inşaat firmasında saha mühendisi olarak çalıştı.Eylül 2004’te Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.2004 Kasım-2005 Mart döneminde özel bir holdingin Sakarya-Hendek ilçesinde yaptırmakta olduğu fabrika kompleksi inşaatında denetçi-kontrol mühendisi olarak çalıştı.Temmuz 2005’te Düzce İl Özel İdaresi Köye Yönelik Hizmetler Müdürlüğü’ne girdi ve halen aynı kurumda etüt-proje mühendisi olarak görev yapmaktadır.