

**BİR-İKİ KATLI YIĞMA BİNALARIN YATAY YÜKLER ALTINDAKİ DAVRANIŞI
VE
KESME GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Cenk ÜSTÜNDAĞ
(501980024011)**

100983

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Haziran 2000**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Özkan İŞLER

Özkan İşler

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Kaya ÖZGEN

Kaya Özgen

Prof.Dr. Sadettin ÖKTEN (M.S.Ü.)

Sadettin Ökten

HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve alakasını esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Özkan İŞLER'e ve bana hep destek olan aileme en derin teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2000

Cenk ÜSTÜNDAĞ



İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kırsal Yörelerde Yığma Yapıların Tercih Nedenleri	1
1.2 Yığma Yapının Tanımı	2
2. YIĞMA BİNALARIN YAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER	3
2.1. Tuğla	3
2.1.1. Harman Tuğlası	3
2.1.2. Fabrika Tuğlası	5
2.2. Doğal Yapı Taşları	8
2.3. Kerpiç	9
2.4. Beton Briket	10
2.5. Harç	11
3. YIĞMA DUVARLARIN DİNAMİK ETKİLER ALTINDA DAVRANIŞI	14
4. YIĞMA YAPILARDA HASAR BİÇİMLERİ	17
5. YIĞMA YAPILARDA DEPREME DAYANIKLI TASARIM KURALLARI	23
5.1. Yatay Hatıllar	28
5.2. Düşey Hatıllar	28
5.3. Temeller	29
5.4. Yığma Duvarın Kayma Dayanımı	30
6. YIĞMA YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRME ESASLARI	33
6.1. Çatlakların Onarılması	34
6.1.1. Derine inmeyen küçük çatlaklar	34
6.1.2. Düşey doğrultuda sürekli çatlaklar	34
6.2. Duvarların Güçlendirilmesi	35
6.2.1. Çimento Enjeksiyonu	36
6.2.2. Betonarme mantolama	37
6.2.3. Gergi demirleri ile güçlendirme	40
6.2.4. Betonarme hatıllarla güçlendirme	42
6.2.5. Ahşap dikme ve çaprazlarla güçlendirme	45

6.3. Yığma yapıların güçlendirilmesi ile ilgili diğer teknikler	45
7. SAYISAL ÖRNEKLER	49
8. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	63
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	66



KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
FRP	: Fiber Reinforced Polymer
CFRP	: Carbon Fiber Reinforced Polymer
GFRP	: Glass Fiber Reinforced Polymer



TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1	Biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğlası sınıfları
Tablo 2.2	Harman tuğlasının boyutları
Tablo 2.3	Fabrika tuğlasının birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı
Tablo 2.4	Fabrika tuğlası anma yükseklikleri ve biçim katsayıları
Tablo 2.5	Doğal yapı taşlarının minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları
Tablo 2.6	Kerpiçlerin sınıflandırılması
Tablo 2.7	Beton briketlerin boyutları
Tablo 2.8	Beton blok ve briketlerin basınç mukavemetleri
Tablo 2.9	Harç karışımları (hacim olarak)
Tablo 2.10	Harçlarda minimum basınç dayanımları
Tablo 5.1	Bina önem katsayısı
Tablo 5.2	Etkin yer ivmesi atsayısı
Tablo 5.3	Bodrum kat hariç izin verilen kat sayıları
Tablo 5.4	ABYYHYde minimum taşıyıcı duvar kalınlıkları
Tablo 5.5	Duvarların malzeme cinsine göre kesme emniyet gerilmeleri
Tablo 7.1	Toplam duvar ağırlığının hesabı
Tablo 7.2	Duvar rijitliklerinin hesabı
Tablo 7.3	Kat rijitlik merkezinin hesabı
Tablo 7.4	Kat kütle merkezinin hesabı
Tablo 7.5	Duvar kesme kuvvetlerinin hesabı
Tablo 7.6	Kayma gerilmelerinin ve ortalama basınç gerilmesinin hesabı
Tablo 7.7	1. Kat Toplam Duvar Ağırlığının Hesabı
Tablo 7.8	Ortalama Kayma Gerilmelerinin Hesabı

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1	Tipik bir yarı statik test mekanizması	15
Şekil 3.2	Tipik bir sarsma tablası deneyi	16
Şekil 3.3	Yük-deplasman grafiği	16
Şekil 4.1	Depremi doğrultusuna göre yığma bir yapıda meydana gelen çatlaklar	18
Şekil 4.2	Dolu tuğla duvarda oluşan çatlak biçimleri	19
Şekil 4.3	Pencereli yığma tuğla bir duvarda diyagonal ve pencere köşesi çatlakları	19
Şekil 4.4	Boşluklar arası dolu duvar parçasına yatay yük altında etkiyen kuvvetler	19
Şekil 4.5	Boşluklar arası dolu duvar parçasına yatay yük altında etkiyen kuvvetler	20
Şekil 4.6	Yığma taş bir yapıda köşe hasarı	22
Şekil 4.7	Yığma bir yapıda köşe hasarı ve diyagonal çatlaklar	22
Şekil 4.8	Uzun doğrultuda mesnetlenmemiş duvarda oluşan hasar	22
Şekil 5.1	Deprem doğrultusundaki taşıyıcı duvar alanı	26
Şekil 5.2	Duvarların mesnetlenmesi	26
Şekil 5.3	Duvarda teşkil edilecek düşey hatıllar	27
Şekil 5.4	Duvarda açılacak boşluklarla ilgili sınırlar	28
Şekil 5.5	Duvarda teşkil edilecek düşey ve yatay hatıllar	29
Şekil 5.6	Düşey ve yatay hatılların teşkil edildiği bir yığma yapı	30
Şekil 5.7	Taş örgü	31
Şekil 5.8	Hasar görmüş tipik bir taş yığma yapı	32
Şekil 5.9	İyi taş örgüsüne sahip bir yığma yapı	32
Şekil 6.1	Küçük çatlakların çimento harcı ile doldurulması	34
Şekil 6.2	Düşey doğrultuda sürekli çatlakların onarılması	34
Şekil 6.3	Düşey doğrultuda sürekli çatlak oluşumu gözlenen tuğla duvarın onarımı	35
Şekil 6.4	Çimento enjeksiyonu ile taş duvarın güçlendirilmesi	36
Şekil 6.5	Düşey ve yatayda betonarme takviye bantları ile çatlak onarımı	37
Şekil 6.6.1	Betonarme mantolama ile ilgili detaylar	38
Şekil 6.6.2	Betonarme mantolama ile ilgili detaylar	38
Şekil 6.7	Tek taraflı betonarme mantolama	39
Şekil 6.8	Gergi demirleri ile boşluklar arası duvar parçası güçlendirme	40
Şekil 6.9	Boyuna dolu duvarın yatay gergi demirleri ile güçlendirilmesi	41
Şekil 6.10	Gergi demirlerinin yapı köşesi detayları	41
Şekil 6.11	Düşey gergi demirleri ile duvar güçlendirme	42
Şekil 6.12	Tek ve çift taraflı düşey hatıllarla duvar güçlendirme	43
Şekil 6.13	Mevcut duvara yatay hatıl teşkili	43
Şekil 6.14	Mevcut duvara yatay ve düşey hatıl teşkili	44

Şekil 6.15	İki katlı bir yığma yapının betonarme çerçeve içine alınması	44
Şekil 6.16	Ahşap çaprazlarla güçlendirme	45
Şekil 6.17	Pencere boşlukları açılmış yığma bir duvarın çelik çaprazlarla takviyesi	45
Şekil 6.18	FRP Kompozit uygulaması	46
Şekil 6.19	Zürih’te takviye edilen altı katlı bina	47
Şekil 7.1	Tek Katlı Bina Kat Planı (1 / 75 Ölçek)	50
Şekil 7.2	Akslardaki duvar kesitleri	51
Şekil 7.3	İki Katlı Bina Kat Planları (1 / 100 Ölçek)	59



SEMBOL LİSTESİ

f_b	:Tuğlanın basınç dayanımı
P_k	:Tuğlanın kırılma anındaki yük
A_0	:Tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı
k^*	:Tuğlanın biçim katsayısı
P_{max}	:Kerpiğin kırılma yükü
A	:Numunenin basınç uygulanan alanı
σ_k	:Kerpiğin basınç dayanımı
P	:Duvar parçasına etkiyen yük
L	:Duvar parçasının genişliği
f_b	:Duvar elemanının basınç dayanımı
t	:Duvar elemanı kalınlığı
μ	:Sürtünme katsayısı
σ	:Basınç gerilmesi
a	:Dikdörtgen gerilme bloğu derinliği
$S(T_1)$	:Spektrum katsayısı
$R_a(T_1)$	:Deprem yükü azaltma katsayısı
V_t	:Kat kesme kuvveti
$A(T)$	:Spektral ivme katsayısı
A_0	:Etkin Yer İvmesi Katsayısı
I	:Bina önem katsayısı
W	:Bina toplam ağırlığı
T	:Yığma duvara etki yapan yatay kuvvet
S	:Statik çalışmaya katılan kısmının alanı
τ	:Kayma gerilmesi
σ_b	:Duvar gerçek ortalama basınç gerilmesi
Δ	:Her iki ucundan bağlı duvarın bir ucunun rölatif yer değiştirmesi
V	:Duvara etkiyen yatay yük
h	:Duvar yüksekliği
A	:Duvar kesit alanını
J	:Eğilme yönündeki atalet momenti
E	:Duvar malzemesinin elastisite modülü
G	:Duvar malzemesinin kayma modülü
k	:Rölatif rijitlik
x_m, y_m	:Yığma binanın kütle merkezi koordinatları
x_k, y_k	:Yığma binanın rijitlik merkezi koordinatları
M_{tx}, M_{ty}	:Burulma momentleri
V_{xi}, V_{yi}	:x, y yönlerindeki i'inci duvara etkiyen kesme kuvveti
d_{xi}, d_{yi}	:i'inci duvarın kat rijitlik merkezine uzaklıkları
I_p	:i'inci katın polar atalet momenti
V_{si}	:i'nci duvara etkiyen toplam kesme kuvveti
σ_{bort}	:Yığma duvarların tabanında ortalama basınç gerilmesi
τ_{em}	:Kayma emniyet gerilmesi

BİR-İKİ KATLI YIĞMA BİNALARIN YATAY YÜKLER ALTINDAKİ DAVRANIŞI VE KESME GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI

ÖZET

Yığma binalar dünyadaki yapı stoğunun önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Şüphesiz gelecekte de özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yerel malzeme avantajları, yapım kolaylıkları ve ekonomik nedenlerden dolayı bu paylarını sürdüreceklerdir.

Bu çalışmada, bir-iki katlı yığma binaların yatay yükler altındaki davranışı incelenmiştir. Bu inceleme kapsamına

- Yığma duvarı oluşturan elemanların (taş, harman tuğlası, fabrika tuğlası, briket, kerpiç, harç) özellikleri ve mevcut Türk Standartları'nda bu elemanların sağlamaları gereken koşullar,
- Yatay yükler altında yığma duvarlarda oluşan hasar şekilleri ve bunların nedenleri,
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte (ABYYHY) yığma yapılarla ilgili depreme dayanıklı tasarım kuralları,
- Yığma yapılarda gelenksel ve yeni onarım ve güçlendirme teknikleri,

hakkında bilgi verilmiştir.

Kırsal yörelerdeki yığma yapıların hasar görmesindeki temel nedenler:

- Kötü malzeme kalitesi
- Kötü işçilik
- Kötü yapı formu
- Yapıda açılacak boşluklarla ilgili yönetmeliklerde verilen sınırlamalara uymama

Deprem anında yığma binaların toptan göçmesini önlemek amacıyla TS2510 ve ABYYHY'de taşıyıcı duvar kalınlığı, uzunluğu, bina planı, pencere ve kapı boşlukları, kat yüksekliği ve sayısı için sınırlandırmalar getirmişlerdir.

Kırsal yörelerde insanlar evlerini mühendis gözetiminden uzak bir şekilde inşa ettiklerinden ve yönetmeliklere uymadıklarından, yakın geçmişte 1998 Adana-Ceyhan depreminde, daha öncesinde Dinar, Erzincan depremlerinde bir çok yığma binada ağır hasar oluşmuştur. Son olarak 17 Ağustos 1999'da Türkiye büyük bir deprem yaşadı. Sonuç on binlerce ölü. Bu ilk deprem değildi ve ne yazık ki son deprem de olmayacak. İhtiyacımız olan şey önlem almak.

Çalışmanın sonunda tek ve iki katlı iki yığma binanın yatay ve düşey yükler altında çözümü yapılmıştır.

THE BEHAVIOR OF ONE-TWO STOREY MASONRY BUILDINGS UNDER LATERAL FORCES AND ENSURING THEIR SHEAR SAFETY

SUMMARY

An important portion of the building stock in the world is constituted of masonry buildings. They will undoubtedly retain their share in the future especially in the developing countries because of the inherent advantages in material availability, construction simplicity, and economic feasibility.

In this study the behaviour of one-two storey masonry buildings under lateral forces is examined. This study includes information about followings:

- Properties of materials like stone, clay brick, fabricated brick, adobe, concrete block and mortar, and related Turkish standards
- Damage models under lateral forces and their reasons
- Earthquake resisting design rules given in Turkish seismic design codes
- Traditional and new seismic repair and strengthening techniques

Main reasons for the damages on masonry buildings in rural areas are:

- Poor quality of materials
- Poor workmanship
- Defects in structural form

To avoid complete destruction of masonry buildings in earthquakes, there are provided earthquake specifications regarding the carrying wall thickness, lengths, arrangements, window and door clearances, height and number of storeys in Turkish standards. Because the people living in rural areas of Turkey constructed their houses without an engineering service and fulfilling the restrictions in the seismic design codes, there happened serious damages and loss of lives and goods in 1998 Adana-Ceyhan, 1992 Erzincan and 1995 Dinar earthquakes. Finally at 17 August 1999 Turkey experienced a big earthquake. The result is ten thousands of deaths. This was not the first earthquake and unfortunately will not be the last. What we need is taking measures.

At the end of the study a one story and a two stories unreinforced masonry building are examined under lateral and vertical loads.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu gelişim süreci boyunca on binlerce yıl öncesinden günümüze değin, ihtiyaçlarını karşılamak için mevcut olanakları ve günün teknolojisini kullanarak yapılar inşa etmiştir. Yaşamak için binalar, nehirleri geçmek için köprüler, kemerler, suları toplamak için sarnıçlar, suları iletmek için kanallar vs.

İnsanlık tarihinin en eski yapı türü, günümüzde de halen inşa edilen yığma yapıdır. Her ne kadar günümüzde betonarme ve çelik yapılar en yaygın yapı türleri olsa da, dünyanın çeşitli ülkelerinde yığma yapılar hala inşa ediliyor.

Uygarlıkların beşiği Anadolu tüm tarihi zenginliği ile bir yığma yapı cennetidir. Camileri, kiliseleri, kemerleri, köprüleri, sarnıçları, kuleleri, hisarları ile zengin bir mimari geçmişe sahip Anadolu. Bu tarihi yapıların ötesinde ülkemizde halen özellikle kırsal yörelerde insanlar bir iki katlı yığma binalar inşa ediyorlar. Bu tezin konusu bu tip bir iki katlı yapıların yatay yük etkisinde davranışının incelenmesi ve bu yapıların kesme güvenliğinin sağlanmasıdır.

1.1 Kırsal Yörelerde Yığma Yapıların Tercih Nedenleri

Kırsal yörelerde insanlar başlıca şu sebeplerden dolayı yığma yapı inşa etmeyi tercih ediyorlar:

- Ekonomik nedenler
- Yerel malzeme ile kolayca inşa edilebilir
- Coğrafi koşullar (binek hayvanıyla bile zor ulaşılabilen yerlerde evler inşa ediliyor)

Ağır ve gevrek malzemedan inşa edilen bu yapılar yatay yüklere karşı oldukça dayanıksızdırlar. Ülkemizde bu tür yapıların inşasında mevcut yönetmeliklere uyulmadığından, daha doğrusu insanlar evlerini kendi olanakları ile mühendis gözetiminden uzak, bilinçsizce inşa ettiklerinden, deprem kuşağında bulunan ülkemizde 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan depremlerinde çok

sayıda yığma binada büyük hasarlar sonucu önemli sayıda can ve mal kaybı olmuştur.

1.2. Yığma Yapının Tanımı

Mühendislik açısından, tüm duvarlarının taşıyıcı olduğu yapıya yığma yapı denir. Bu duvarlarda meydana gelebilecek hasarlar direkt olarak taşıyıcı sistemi etkiler. TS2510 Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları'nda kargir duvar ve ona bağlı olarak yığma kargir yapı için şu tanımlar yapılmaktadır:

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

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

Ülkemizde, kırsal yörelerdeki yığma yapılar, duvarları moloz taşla örülmüş, harç olarak çamur kullanılmış ve damları topraktan inşa edilmiş yapılardır. Anadolu'nun kırsal yörelerinde evlere bakıldığında bir çeşitlilik vardır. Evlerin duvarları bazen taştan, bazen harman tuğlası veya briketten veya kerpiçtendir. Döşemeler bazen ahşap bazen betonarmedir. Damlar bazen topraktan, bazen betondan, bazen de ahşap iskelet üstünde kiremitten veya çinkodandır.

2. YIĞMA BİNALARIN YAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER

Bu bölümde genel olarak yığma binalarda kullanılan, doğal taşlar, yapay taşlar (harman tuğlası, fabrika tuğlası, briket), kerpiç ve harçlarla ilgili Türk Standartlarında verilen tanımlar ele alınacaktır.

2.1 Tuğla

Yığma yapı duvarlarında kullanılan başlıca iki tip tuğla vardır. Harman tuğlası ve fabrika tuğlası. Harman tuğlası ile ilgili tüm bilgiler TS704'ten, fabrika tuğlası ile ilgili tüm bilgiler TS 705'ten alınmıştır. [1, 2]

2.1.1 Harman Tuğlası

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

Harman tuğlasının sınıflandırılması

Harman tuğlaları basınç dayanımlarına ve biçimlerine göre iki şekilde sınıflandırılırlar.

Basınç dayanımlarına göre harman tuğlaları;

- Orta dayanımlı harman tuğlası
- Az dayanımlı harman tuğlası

olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

Biçimlerine göre harman tuğlaları;

- Dolu Harman Tuğlası (DOHT)
- Delikli Harman Tuğlası (DEHT)

olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

Tablo 2.1 Biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğlası sınıfları

SINIFLAR		Tuğlanın Sembolü	Ortalama Hacim Ağırlığı (max) kg/dm^3	Ortalama Basınç Dayanımı (min) kg/cm^2	Basınç Dayanımı (min) kg/cm^2
Dolu Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	DOHT/50	Sınırlandırılmamıştır.	50	40
	Az Dayanımlı	DOHT/30	Sınırlandırılmamıştır.	30	25
Delikli Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	DEHT/50	1,40	50	40
	Az Dayanımlı	DEHT/30	1,40	30	25

Harman Tuğlasının Şekli

Harman tuğlası dikdörtgenler prizması şeklinde olmalı, yüzleri ve kenarları düzgün bulunmalıdır. Dolu tuğlaların üst yüzünün ortasında, derinliği 10 mm'den fazla olmayan çukurluklar bulunabilir.

Tuğla üst yüzünde bu şekilde çukurluklar bulunması halinde çukur kenarlarının, bulundukları yüzün kenarlarına uzaklığı 20 mm'den daha az olmamalıdır.

Harman Tuğlasındaki Delikler

Düşey delikli harman tuğlasında bulunan delikler, tuğlanın alt ve üst yüzlerinde olabildiğince eşit aralıklarla yayılmış bulunmalı ve bu yüzlere dik olarak tuğlanın bütün yüksekliği boyunca devam etmelidir.

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

Tablo 2.2 Harman tuğlasının boyutları

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

2.1.2 Fabrika Tuğlası

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

Fabrika tuğlasının sınıflandırılması

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

Delik oranlarına göre fabrika tuğlaları;

- Dolu Tuğla
- Seyrek Delikli Tuğla
- Az Delikli Tuğla

olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar.

Dona dayanıklılıklarına göre fabrika tuğlaları;

- Dona Dayanıklı Tuğla (Cephe Tuğlası)
- Dona Dayanıksız Tuğla

olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Fabrika Tuğlasının Basınç Dayanımı

Tuğlanın basınç dayanımı bir çok faktöre bağlıdır:

- yapıldığı toprağın cinsi
- porozitesi
- pişirilme ısısı
- üretim biçimi
- delikli tuğla ise deliklerin miktarına ve deliklerin yerine
- kenarların biçimine
- yükleme yönüne

Delik oranlarına göre fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlık ve basınç dayanımları Tablo 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.3 Fabrika tuğlasının birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı

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

Fabrika tuğlasının basınç dayanımı TS705'e göre uygun olarak hazırlanan numunenin kırılmasına neden olan P_k yükü, A_0 yükleme alanına bölünerek (2.1)'deki bağıntıyla hesaplanır:

$$f_b = \frac{P_k}{A_0} \times k^* \quad (2.1)$$

Burada;

f_b = Tuğlanın basınç dayanımı (kg/cm^2)

P_k = Kırılma anındaki yük (kg)

A_0 = Tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı (cm^2)

k^* = Tuğlanın biçim katsayısı

Alanın hesaplanmasında, delik alanları A_0 yükleme alanından düşülmez.

Tablo 2.4 Fabrika tuğlası anma yükseklikleri ve biçim katsayıları

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

Delikli tuğlaların basınç dayanımını deliklerin oranı kadar biçimleri de etkiler. Delik oranı aynı fakat daha çok sayıda küçük deliklerden oluşan bir tuğlanın basınç dayanımı daha yüksek olmaktadır. Bunun nedeni boşlukları çevreleyen dolu kesitlerin burkulma boylarının küçük delikli tuğlalarda daha küçük olmasıdır. Ayrıca boşluk oranı aynı fakat delik biçimleri farklı olan tuğlaların da basınç dayanımı farklı olmaktadır. Aynı boşluk oranına sahip farklı boşluk şekillerinden oluşan tuğlalar üzerinde yapılan bir araştırmada (Schellback – 1970) delikler nedeniyle oluşan gerilme birikimlerinin oranları karşılaştırılmıştır. Buna göre dolu tuğlada gerilme birikimi 1.0 olarak alınırsa dairesel delikli tuğlada bu oran 4.97, eliptik delikli tuğlada 9.91, dikdörtgen delikli tuğlada 7.1 olmaktadır. Eğer dikdörtgen deliklerin köşeleri yuvarlatılırsa gerilme birikimi daha da azalmaktadır. Söz konusu

araştırmada dairesel delikli tuğla, delik oranlarının aynı olduğu dikdörtgen ve kare delikli tuğlalara göre daha yüksek dayanımlı olduğu ortaya çıkmıştır.

2.2 Doğal Yapı Taşları

Doğal yapı taşı, doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, homojen, atmosfer etkilerine dayanıklı, petrografik ve teknolojik özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taştır. [3]

Yığma binaların yapımında kullanılacak doğal taşlar ocak taşı olmalı ve bünyelerinde çatlak kısımlar ve hava etkisi ile ayrışmış veya ayrışmaya başlamış kısımlar bulunmamalıdır. Taşların, elde edildikleri ocağın açık yüzeyine yakın yerlerinden çıkarılmış olanlarının, hava tesirleri ayrışmış, bozulmuş veya rengi değişmiş kısımları, taş ocağında iken temizlenmeli ve yapı yerine getirilmiş olan taşların hiç bir yerinde bu şekilde bozulmuş, ayrışmış veya renk değiştirmiş kısımların bulunmaması sağlanmalıdır. [4]

Doğal yapı taşlarının cinslerine göre TS 2513’de verilen minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları Tablo 2.5’de verilmiştir.

Tablo 2.5 Doğal yapı taşlarının minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları

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

2.3 Kerpiç

Özellikle kerpiç yapılara kırsal yörelerde sık rastlanılır. Bu yapıların belirli kurallara göre yapılmasını ve dolayısıyla deprem ve su baskını gibi afetlerde can ve mal kaybının en aza indirilmesini amacıyla Nisan 1985'te Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları adıyla TS 2515 hazırlanmıştır. Kerpiç bloklar ve bu blokların yapım kuralları ile ilgili yönetmelik ise Şubat 1977'de hazırlanan TS 2514'tür. [5, 6]

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

Kerpiçlerin Sınıflandırılması

Kerpiçler boyutlarına göre Tablo 2.6'da görüldüğü gibi dört sınıfa ayrılırlar.

Tablo 2.6 Kerpiçlerin sınıflandırılması

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

Kerpiçler dikdörtgen prizma şeklinde olmalıdır. Bloklarda çatlak ve kırıklık bulunmamalıdır.

Kerpiç bloklarda basınç dayanım deneyi şu şekilde yapılır:

Kerpiç bloklar master görevi yapacak olan bir çerçeve içine aralarına bir kısım çimento, üç kısım yıkanmış ince kum (0,2 mm - 1,0 mm) dan yapılan bir harç ile ve en çok 1,5 cm kalınlığında bir harç konulmak suretiyle birbirleri üzerine oturtulur. Master çerçeve çevrilerek dikilmek suretiyle kerpiçlerin dış yüzleri 3 mm 'yi geçmeyecek şekilde aynı harçla birbirlerine paralel olacak şekilde düzeltilir. Basınç

deneyi bu şekilde hazırlanan numune 7 gün bekletildikten sonra uygulanır. 7 gün sonra master çerçeveden çıkarılan deney numunesine deney presi altında kırılma yükü saptanır.

Kerpiğin basınç dayanımı:

$$\sigma_k = \frac{P_{\max}}{A} \quad (2.2)$$

Burada;

$P_{\max}$ = Kırılma yükü (kg)

A = Numunenin basınç uygulanan alanı (cm²)

σ_k = Kerpiğin basınç dayanımı (kg/cm²)

Deney uygulandığında kerpiçlerin en küçük basınç dayanımı 8 kg/cm²'den az ve ölçülen numunelerin ortalaması 10 kg/cm²'den az olmamalıdır.

2.4 Beton Briket

Beton briket, duvar yapımında kullanılmak üzere tabii ve/veya suni agregalar ile çimento, su ve gerektiğinde katkı maddeleri kullanılarak yapılmış, anma yüksekliği en çok 135 mm olan beton malzemedir. [7]

Briketin Sınıflandırılması

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

- Dolu briket
- Boşluklu briket

olmak üzere iki sınıfa, hacim ağırlıklarına göre on iki sınıfa ayrılmaktadır.

Beton blok ve briketler basınç mukavemetlerine göre

- BB2
- BB4
- BB6
- BB12

olmak üzere dört türe ayrılırlar. Beton briketlerin boyutları Tablo 2.7’de, basınç mukavemetleri Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.7 Beton briketlerin boyutları

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

Tablo 2.8 Beton blok ve briketlerin basınç mukavemetleri

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

2.5 Harç

Yığma yapılarda, taşıyıcı duvarları oluşturan elemanları (taş, tuğla vb.) birbirine bağlayan malzemeye harç denir. TS 2848 Kargir Duvar Harçları ile ilgili standartlarda harç için şu tanım yapılmıştır. [8]

Duvar harcı, TS 2717’ ye uygun harç kumu ile bağlayıcı olarak çimento, kireç hamuru, söndürülmüş toz kireç, harç çimentosunun ayrı ayrı veya bir kaçı bir arada kullanılarak ve yeteri kadar su ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak elde edilen ve duvarların örülmesinde kullanılan yapı malzemesidir.

Harçların Sınıflandırılması

Harçlar basınç dayanımlarına göre

- A sınıfı harç
- B sınıfı harç
- C sınıfı harç
- D sınıfı harç
- E sınıfı harç

olmak üzere beş sınıfa ayrılırlar.

Harç Karışımları

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

Tablo 2.9 Harç Karışımları (Hacim olarak)

Harç Sınıfı	Tip No	Kum	Çimento	Harç Çimentosu	Kireç Hamuru	Toz Kireç
		1.3 t/m ³	1.2 t/m ³	1.0 t/m ³	1.3 t/m ³	0.6 t/m ³
A	-	3	1	-	-	-
B	1	4	1	-	-	-
	2	4	1	½	-	-
	3	4	1	-	-	½
	4	4	1	-	-	1
C	1	7-9	1	2	-	-
	2	5	1	-	-	-
	3	5	1	-	1	-
D	1	6-8	1	-	2	-
	2	6-8	1	-	-	3
	3	2-3	-	1	-	-
E	-	3	-	-	1	-

Tablo 2.9’da malzemelerin altında t/m^3 cinsinden verilen değerler, malzemelerin birim hacim ağırlıklarıdır.

Harçların Basınç Dayanımı

Sarsma tablası deneyinde $\%110 \pm 5$ oranında bir yayılma oluşturacak kıvamdaki harç üzerinde TS 2848’de tarif edilen basınç dayanımı deneyi uygulandığında bulunacak sonuç harç sınıfları için aşağıda verilen değerlere uygun olmalıdır.

Tablo 2.10 Harçlarda Minimum Basınç Dayanımları

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

3. YIĞMA DUVARLARIN DİNAMİK ETKİLER ALTINDA DAVRANIŞI

Yığma yapıların dinamik etkiler karşısında gösterdiği mekanik özellikleri, günümüz yapı elemanları beton ve çeliğin mekanik özelliklerinden oldukça karmaşıktır. Herşeyden önce yığma yapının bu mekanik özelliklerini etkileyen çok faktör vardır.

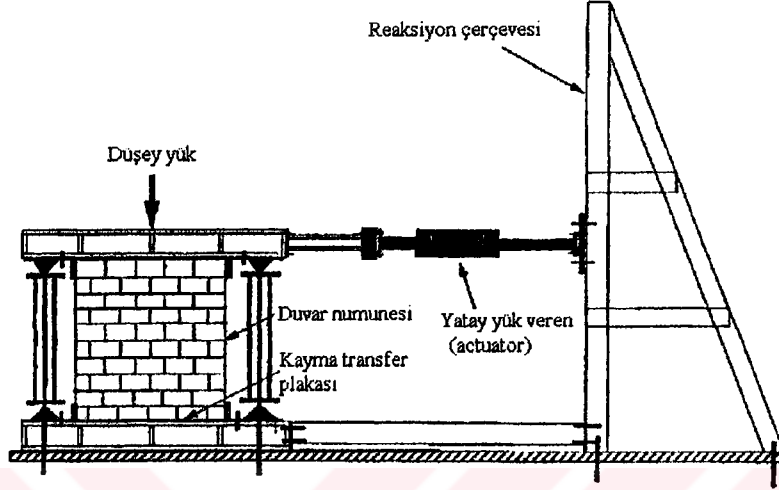
Harman tuğlasından örülmüş bir duvarı ele alalım. Bu duvarı oluşturan tüm elemanların, yani tuğla ve bağlayıcı harcın mekanik özellikleri duvarın genel mekanik özelliklerini etkileyecektir. Tuğla yönetmeliklerde ön görülen standartları sağlıyor mu? Genelde kırsal yörelerde insanların evlerini inşa ettikleri tuğlalar, fabrikalarda belirli standartlarda değil, yerel ocaklarda üretilmektedir. Bu nedenle uygun standartı yakalamak her zaman mümkün olmamaktadır. Kullanılan harç da değişkenlik göstermektedir. Harcı oluşturan bileşenlerin oranı tamamen ustanın/kalfanın deneyimine kalmıştır. Öte yandan kırsal yörelerde insanlar evlerini inşa ederken harç niyetini çamur kullanmaktadır. Kil bazlı olan çamur, zamanla parça parça dökülmekte ve bağlayıcı özelliğini yitirmektedir. Duvarı ören şahsın duvar örgü tekniklerini iyi bilmesi gerekmektedir. Bina köşelerindeki örgü hataları yüzünden deprem sırasında bazı yığma yapılarda ağır hasar meydana gelebilmektedir.

Mevcut bir yığma yapıyı, bir köşesinden numune alıp o numune üzerinde deneyler yaparak o yapı hakkında bir sonuca varmak doğru bir yaklaşım olmaz. Herşeyden önce bir standartizasyon söz konusu olmayabilir.

Kargir duvarların kesme kuvveti etkisinde davranışını tespit edebilmek için çeşitli testler yapılmaktadır. Bu testleri iki tip altında toplayabiliriz: Yarı statik test (quasi – static test) ve Pseudo dinamik test.

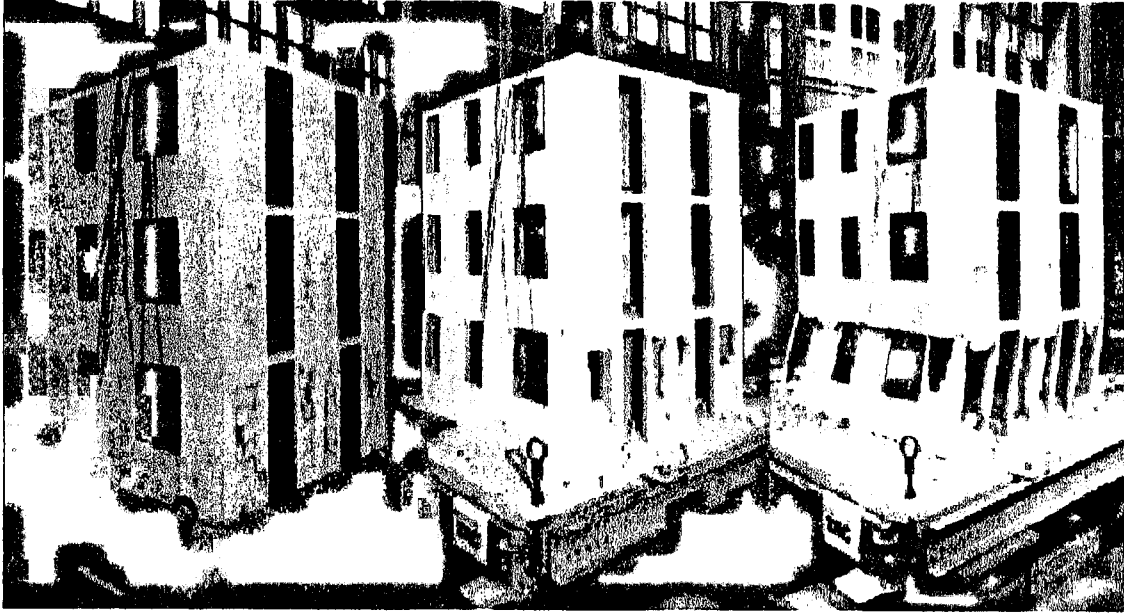
Yarı statik testte sabit düşey yük altındaki bir numuneye yarı statik olarak büyüklüğü artarak değişen yatay deplasmanlar uygulanır. Her deplasman miktarı numuneye basınç ve çekme olmak üzere iki yönde uygulanır. Her adımda iki yükleme – deplasman eğrisi elde edilir. Bu yükleme şekli duvar numunesinde belirgin bir dayanım azalması oluşana kadar devam eder. Bu aşamadan sonra yükleme sayısı her adım için 3'e çıkarılır. Yatay yükleme bilgisayar kontrollü bir hidrolik sistem ile

yapıldığından, yüklemenin her aşamasında uygulanan deplasmanlara karşı gelen farklı yük değerleri kolayca gözlenebilir. Ayrıca deplasmanların her yükleme adımında ölçülmesi ve kontrolünü sağlamak için duvar numunesi deplasman ölçerler ile donatılır. Bu sayede deneyin seyri esnasında uygulanan yükün istenilen koşullarda uygulanıp uygulanmadığı ve yapısal davranışın belirlenmesinde yardımcı olacak belli noktaların deplasmanlarının tespiti yapılır.



Şekil 3.1 Tipik bir yarı statik test mekanizması

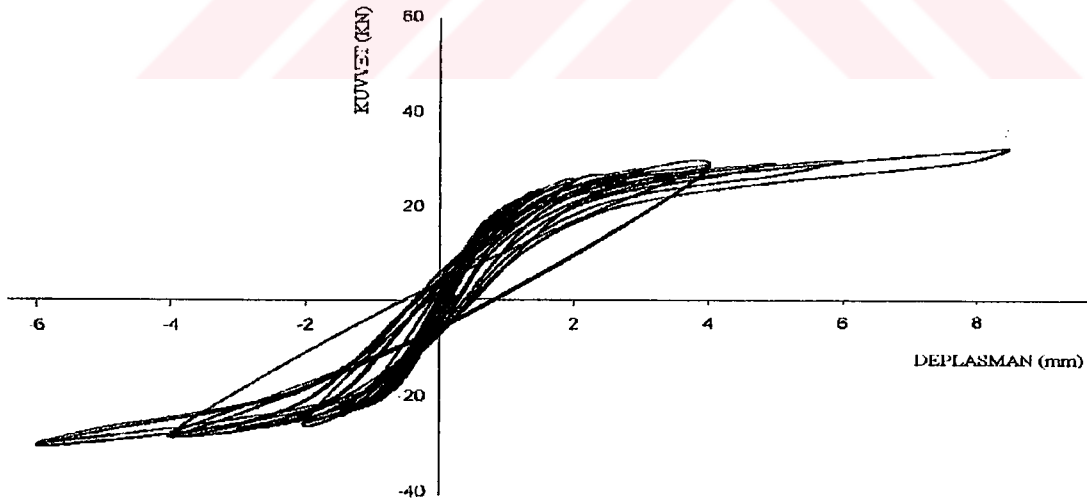
Pseudo dinamik test kısa duvar numunelerine de uygulanabilir. Deney numunesi için düşey yükün değeri, zemin ivmesi ve yükleme kütlelerinin duruş şekli belirlenir. Bu koşullara bağlı olarak sallanan masa deneyi oluşturulur. Sabit düşey yük öngerme kabloları yardımıyla numuneye uygulanır. Duvarın üst kısmı, sadece yatay hareket sağlanan bir kılavuz sisteme yerleştirilir. Yatay yük duvarın orta yüksekliğinde uygulanır. Kılavuz sistem sayesinde duvarın üst kısmının alt kısmına göre dairesel bir hareket yapması önlenir ve eğilme momentinin kuvvet çifti ile sağlanacağı koşulu sağlanmış olur. Artan yoğunlukta farklı temel ivmelerine karşılık gelen yatay yükler numune deforme olana kadar uygulanır.



Şekil 3.2 Tipik bir sarsma tablası deneyi

Şekil 3.2’de, 1:5 ölçeğinde inşa edilmiş bir yığma yapının sarsma tablası deneyi görülmektedir. [9]

Deprem yükleri altında yığma yapıların davranışı konulu tezi kapsamında, A. Tuğrul Bozdağangil 150cm x 210cm x 30cm boyutlarında tuğla duvar numunesi üzerinde yarı statik deneysel çalışma yapmış ve Şekil 5.3’te grafikte görülen sonuçları elde etmiştir. [10]



Şekil 3.3 Yük-deplasman grafiği

4. YIĞMA YAPILARDA HASAR BİÇİMLERİ

Yığma yapılarda tüm duvarlar taşıyıcı nitelikte olduklarından, bu duvarlarda meydana gelecek hasarlar direkt olarak yapının taşıyıcı sistemini etkileyecektir ve hasar sonrası yapıda taşıyıcı sistem güvenliği ve performansı yetersiz hale gelecektir.

Yığma yapılarda hasar oluşturan başlıca etkenler, zeminde oluşacak oturmalar ve depremdir. Bu tez kapsamında bir iki katlı yığma yapılarda deprem nedeniyle oluşacak hasarlar üzerinde durulacaktır.

Daha öncede belirttiğim gibi kırsal yörelerde inşa edilen yığma yapılarda mevcut yönetmeliklere uyulmadığından deprem nedeniyle ciddi can ve mal kayıpları olmaktadır.

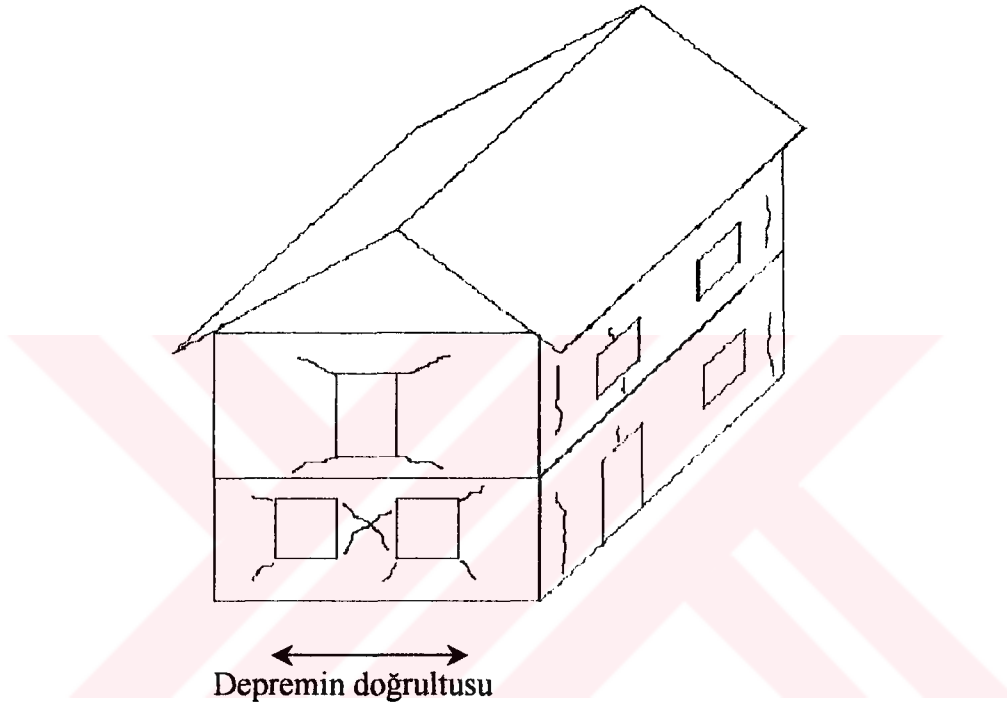
Bir yığma yapının tüm duvarları taşıyıcı olduğuna göre, yapının bir bütün gibi davranmasında duvarı oluşturan tüm elemanlar ve bu elemanların birleşimleri önemli rol oynar.

Deprem sonrası ülkemizde ve diğer çeşitli ülkelerde yapılan gözlemlerde yığma yapıların ağırlıklı olarak şu nedenlerden dolayı hasara uğradığı tespit edilmiştir:

- Yığma yapı ağır olduğu için yapıya büyük yatay yükler etkimektedir.
- Taşıyıcı elemanlar gevrek yapıdadır.
- Birleşim detayları iyi çözülmemiştir. Çatının duvara mesnetlenmesi, keza döşemenin duvara mesnetlenmesi iyi yapılamamıştır. İki ayrı yönden gelip kesişen duvarlarda köşe iyi düzenlenememiştir.
- Taşıyıcı duvar elemanlarını birbirine bağlayan harç yeterli çekme mukavemetine sahip değildir.
- Pencere ve kapı gibi duvarlarda gereğinden fazla, yönetmeliklerde ön görülen sınırlar aşılarak açılan boşluklar yapının taşıyıcı sistemini zayıflatmaktadır.
- Yapı elemanı, taş, tuğla vb. yeterli mukavemete sahip değildir.

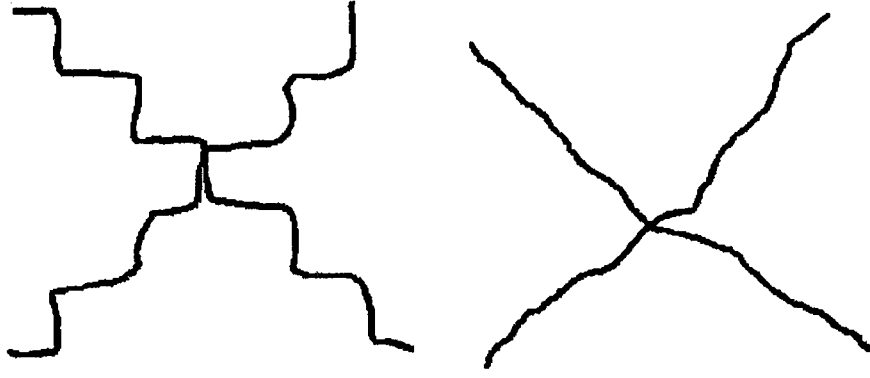
- Kırsal bölgelerde toprak dam olarak nitelendirilen damlar yapıya aşırı bir ağırlık yüklemektedir.
- Duvarlarda kullanılan harç, yapı elemanları arasındaki boşlukları tam olarak homojen bir şekilde doldurmamıştır.

Deprem sırasında, yatay yüke maruz kalan yığma yapı kritik bölgelerden başlayarak çatlaklar ile göçme mekanizmasına ulaşır. Aşağıda iki katlı bir yığma yapı ve depremin geliş yönüne göre bu yapıda kritik bölgelerde meydana gelen hasarlar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Depremiñ doğrułtusuna göre yığma bir yapıda meydana gelen çatłaklar

Depremiñ etkidiğı doğrułtuyla aynı doğrułtuya sahip olan duvarda x çatłakları, pencere boşluklarına isabet eden noktalarda pencere köşelerinde yaklaşık 45 derecelik açıyla çatłaklar oluşmuştur. Depremiñ doğrułtusuna dik doğrułtuda olan duvarda, diğeri duvarla birleşim bölgesinde, yine boşluklara isabet eden noktalarda düşey doğrułtuda çatłaklar oluşmuştur. Yığma duvarlarda yatay yük etkisinde iki tür kırılma söz konusudur. Bunlar kesme (kayma) kırılması ve basınç kırılmasıdır. Kesme kırılmasında, harç dayanımı, tuğla dayanımından düşük olduğu zaman, harç ile tuğla arasındaki aderansın kaybolması ile tuğlalar arasındaki derzlerde meydana gelen çatłaklar ile başlar. Basınç kırılmasında ise, tuğlanın dayanımı harç dayanımından düşüktür ve kırılma tuğlaları kesen çatłaklar ile başlar.

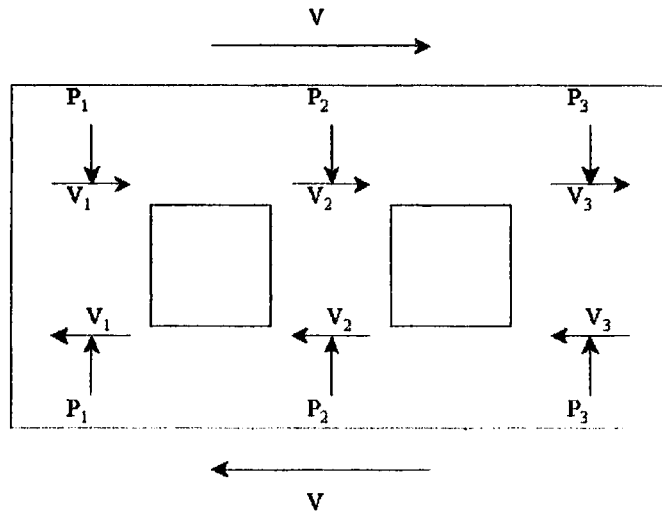


Şekil 4.2 Dolu tuğla duvarda oluşan çatlak biçimleri



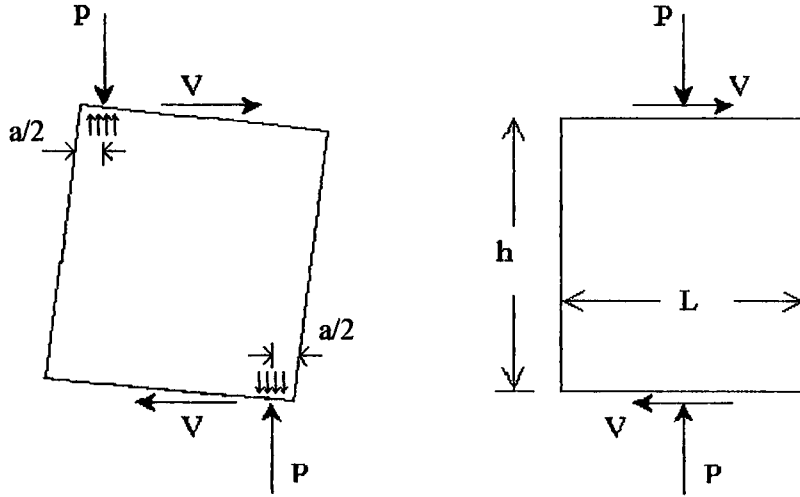
Şekil 4.3 Pencereyi yığma tuğla bir duvarda diyagonal ve pencere köşesi çatlakları

Yatay yük etkisinde boşluklu bir yığma duvarda, boşluklar arası dolu duvar parçasına etkiyen yükler Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Boşluklar arası dolu duvar parçasına yatay yük altında etkiyen kuvvetler

Yatay yükün etkimesiyle salınımına geçen duvarda boşluklar arası dolu duvar parçasının dengesi aksel P yükü ile sağlanır.



Şekil 4.5 Boşluklar arası dolu duvar parçasına yatay yük altında etkiyen kuvvetler

Topuk reaksiyonu P'ye göre, ayağın ağırlığı ihmal edilerek moment alındığında; [11]

$$P \times (L - a) = V \times h \quad (4.1)$$

$$V = P \times \frac{L - a}{h} \quad (4.2)$$

$$a = \frac{P}{0.85 \times f_b \times t} \quad (4.3)$$

(4.3) nolu bu denklem, nihai durumda eşdeğer basınç dikdörtgen gerilme bloğu derinliği a'yı ifade etmektedir.

Kesme göçmesine neden olacak kesme kuvveti ise;

$$V = \tau_0 \times L \times t + \mu \times P \quad (4.4)$$

Sismik yükler altındaki tersinir tekrarlı yükleme durumunda $\tau_0=0$ alınması gerekir.

Böylece (4.4) nolu ifade,

$$V = \mu \times P \quad (4.5)$$

şeklını alır.

(4.2) ve (4.5) nolu ifadeler kesme göçmesinin oluşmaması için birleştirilirse

$$V = \mu \times P = P \times \frac{L - a}{h} \quad (4.6)$$

$$h = \frac{1}{\mu} \times (L - a) \quad (4.7)$$

Boşluklar arası dolu duvar parçasında ortalama aksenal basınç gerilmesi,

$$\sigma = \frac{P}{L \times t} \quad (4.8)$$

(4.7) nolu ifadeye, (4.3) nolu ifade yerleştirilirse,

$$h = \frac{1}{\mu} \times \left(L - \frac{P}{0.85 \times f_b \times t} \right) \quad (4.9)$$

(4.9) nolu ifadeye (4.8) nolu ifade yerleştirilirse,

$$h = \frac{1}{\mu} \times \left(L - \frac{\sigma \times L \times t}{0.85 \times f_b \times t} \right) \quad (4.10)$$

(4.10) nolu ifade yeniden düzenlenirse,

$$\frac{h}{L} = \frac{1}{\mu} \times \left(1 - \frac{\sigma}{0.85 \times f_b} \right) \quad (4.11)$$

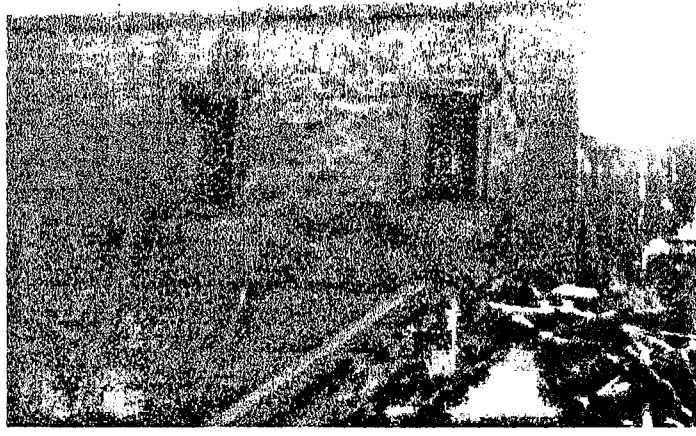
Sürtünme katsayısı olan μ değeri yaklaşık olarak, tuğla duvarların kayma dayanımının güçlendirilmesi üzerine yapılan deneylerden 0.7 civarı olduğu görülmüştür. [12]

Buna göre (4.11) nolu ifade yeniden düzenlenirse,

$$\frac{h}{L} = 1.4 \times \left(1 - \frac{\sigma}{0.85 \times f_b} \right) \quad (4.12)$$

haline gelir. Dolayısıyla boşluklar arası dolu duvar parçasında kesme göçmesini önlemek için faydalı ilk kontrol, yüksekliğin genişliğe (h/L) oranının 1.4 alınmasıdır.

Yığma yapılarda sıkça rastlanan bir hasar biçimi de köşe hasarıdır. Köşe detayının iyi çözülmemiş, yani köşe duvar örgüsünün kötü olduğu durumlarda yapının köşesinde, tüm yapının göçmesine neden olabilecek ayrılmalar meydana gelir. (Şekil 4.6 ve 4.7)

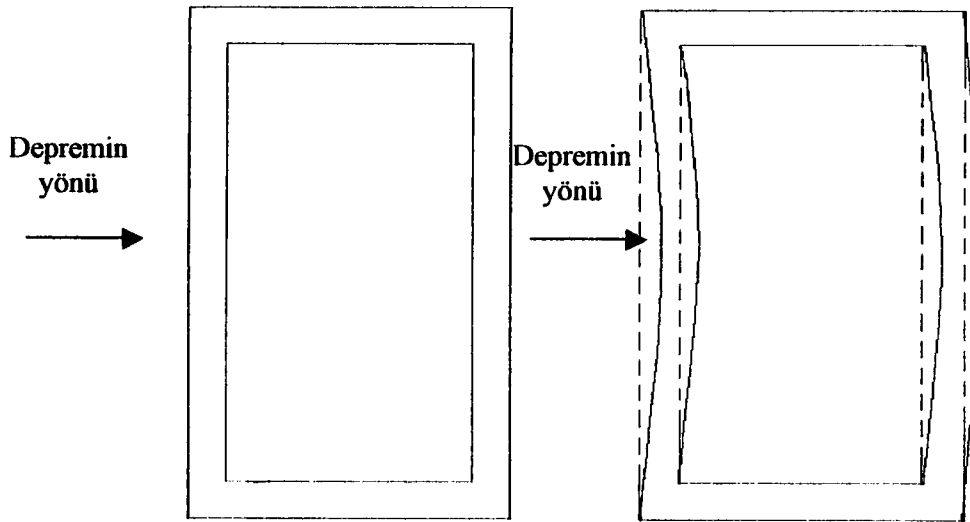


Şekil 4.6 Yığma taş bir yapıda köşe hasarı



Şekil 4.7 Yığma bir yapıda köşe hasarı ve diyagonal çatlaklar

Kırsal yörelerde rastlanan hasar biçimlerinden biri de deprem doğrultusuna dik doğrultudaki uzun ve mesnetlenmemiş duvarlarda görülen, Şekil 6.8’de şematik olarak gösterilmiş olan büyük duvar deplasmanlarıdır.



Şekil 4.8 Uzun doğrultuda mesnetlenmemiş duvarda oluşañ hasar

5. YIĞMA YAPILARDA DEPREME DAYANIKLI TASARIM KURALLARI

Deprem bölgelerinde yapılacak olan ve hem düşey, hem de yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturulan yığma kargir binaların boyutlandırılması ve donatılması, bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte, öncelikle 1 Ocak 1998’de yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’teki (ABYYHY) Yığma Kargir Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları bölümünde belirtilen kurallara göre yapılmalıdır. Yönetmeliğin ilgili bölümünde, bu bölümde verilen tüm kurallara uyulması durumunda, ayrıca deprem hesabı yapmaya gerek olmadığı, ancak yapılması durumunda bu bölümde verilen kuralların tümüne uyulması koşulu ile, $S(T_1) = 2.5$ ve $R_a(T_1) = 2.5$ alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesap yapılacaktır.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. [13]

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 \times A_0 \times I \times W \quad (5.1)$$

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T_1) \quad (5.2)$$

$S(T_1) = 2.5$ ve $R_a(T_1) = 2.5$ alınarak ifade yeniden düzenlenirse, binaya etkililmesi gereken toplam eşdeğer yatay yük;

$$V_t = A_0 \times I \times W \quad (5.3)$$

şeklini alır. Burada;

W :Binanın Toplam Ağırlığı

A_0 :Etkin Yer İvmesi Katsayısı

I :Bina Önem Katsayısı

Tablo 5.1 Bina Önem Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara g.rmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb.)	1.0

Tablo 5.2 Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Deprem Yönetmeliği'nde yığma kargir binalar için deprem bölgelerine göre yapılabilecek en fazla kat sayısı aşağıdaki tabloda olduğu gibidir.

Tablo 5.3 Bodrum kat hariç izin verilen kat sayıları

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

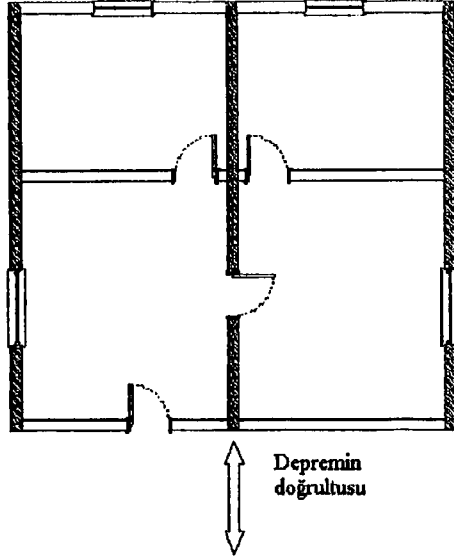
Kerpiç binalar, bütün deprem bölgelerinde bodrum kat hariç olmak üzere ancak tek katlı yapılabilir.

Yine Deprem Yönetmeliği'nde, yığma kargir binalarda döşeme sisteminin TS500'e uygun boyutlandırılıp donatılmış plak veya dişli döşemeler olması istenmektedir. Aksi söz konusu olduğunda, tüm deprem bölgelerinde, varsa bodrum kat hariç en fazla iki katlı yığma yapı inşa edilebilir. Kat yüksekliği 3.0 m ile sınırlandırılmıştır. Kerpiç binalarda kat yüksekliği 2.70 m'den fazla olamaz. Bodrum kat yapılması durumunda, bu katın yüksekliği 2.40 m'yi geçmemelidir.

Tablo 5.4 ABYYHYde Minimum Taşıyıcı Duvar Kalınlıkları

Deprem Bölgesi	İzin Verilen Katlar	Doğal Taş (cm)	Beton (cm)	Tuğla (kalınlık)	Diğerleri (cm)
1, 2, 3, 4	Bodrum Kat	50	25	1	20
	Zemin Kat	50	-	1	20
1, 2, 3, 4	Bodrum Kat	50	25	1.5	30
	Zemin Kat	50	-	1	20
	Birinci Kat	-	-	1	20
2, 3, 4	Bodrum Kat	50	25	1.5	30
	Zemin Kat	50	-	1.5	30
	Birinci Kat	-	-	1	20
	İkinci Kat	-	-	1	20
4	Bodrum Kat	50	25	1.5	30
	Zemin Kat	50	-	1.5	30
	Birinci Kat	-	-	1.5	30
	İkinci Kat	-	-	1	20
	Üçüncü Kat	-	-	1	20

ABYYHYde birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları hariç olmak üzere, toplam uzunluğunun l_d , brüt kat alanına (konsol döşemeler hariç) oranının $(0.25 I)$ 'dan daha az olmaması isteniyor.



l_d : Taralı alan uzunluğu (m)

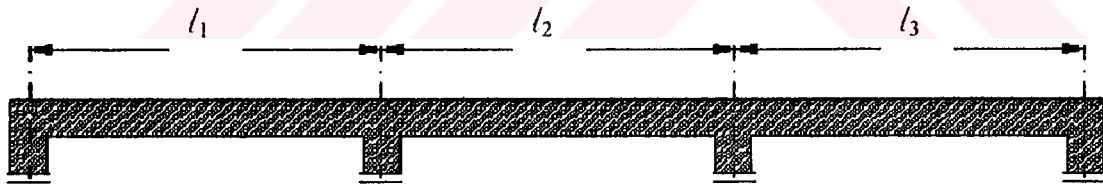
A : Brüt kat alanı (m^2)

I : Bina önem katsayısı

$$l_d / A \geq 0.25 I$$

Şekil 5.1 Deprem doğrultusundaki taşıyıcı duvar alanı

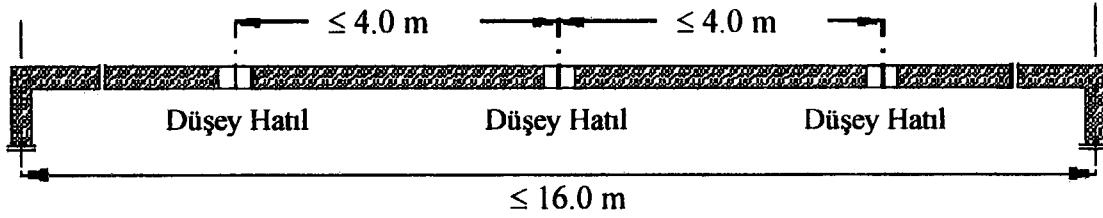
ABYYHY'de herhangi bir duvarın, planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğu, birinci derece deprem bölgesinde 5.5 m'yi, diğer deprem bölgelerinde ise 7.0 m'yi geçmemesi istenmektedir.



Mesnetlenmemiş duvar boyu: l_1, l_2, l_3

Şekil 5.2 Duvarların mesnetlenmesi

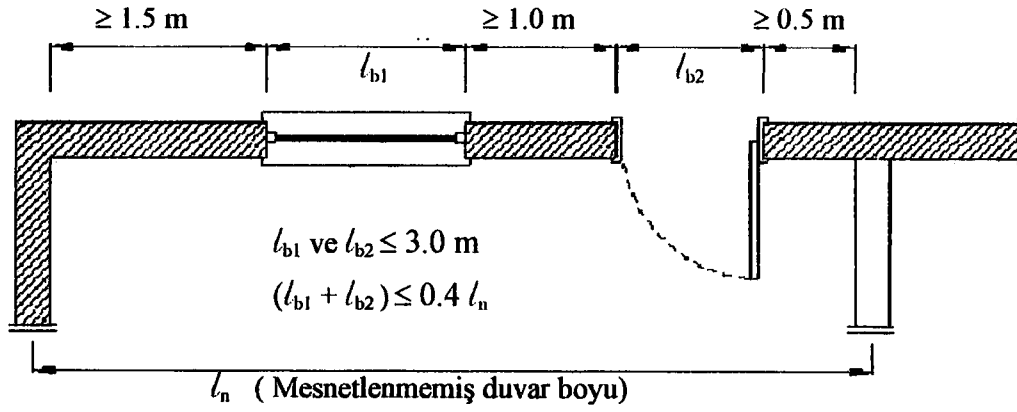
Bu durum sağlanmadığı durumda, bina köşelerinde ve planda eksenden eksene aralıkları 4.0 m'yi geçmemek üzere kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar teşkil etmek zorunludur. Bu durumda mesnetlenmemiş duvar boyu 16 m'yi geçmemelidir.



Şekil 5.3 Duvarda teşkil edilecek düşey hatıllar

ABYYHY’de taşıyıcı duvarlarda bırakılacak boşluklarla ilgili şu sınırlamalar getirilmiştir:

- Bina köşesine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.5 m’den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise 1.0 m’den az olmamalıdır.
- Bina köşeleri dışında, pencere ve kapı boşluklarının arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise 0.8 m’den az olmayacaktır.
- Pencere veya kapı boşluklarının her iki kenarında düşey hatıllar yapılması durumunda minimum dolu duvar parçası uzunluğu %20 azaltılabilir.
- Bina köşeleri dışında, birbirini dik kesen duvarların arakesitine en yakın kapı veya pencere boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu 0.50 m’den az olmayacaktır. Aksi takdirde, boşlukların her iki kenarında kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar yapılması zorunludur.
- Kapı veya pencere boşluklarının herbirinin plandaki uzunluğu 3.0 m’den fazla olmayacaktır.
- Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı, mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun %40’ından fazla olmayacaktır.



Şekil 5.4. Duvarda açılacak boşluklarla ilgili sınırlar

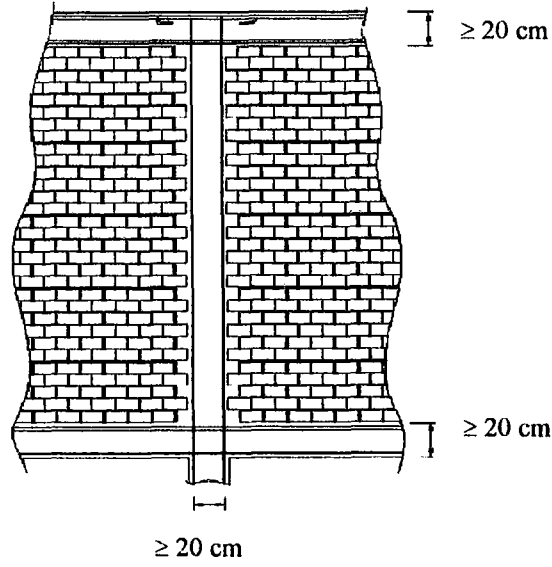
Görüldüğü üzere ABYYHY’de yığma yapılarla ilgili olarak sıkı geometrik sınırlamalar getirilmiştir.

5.1 Yatay Hatıllar

Merdiven sahanlıkları da dahil olmak üzere, her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerlerde, betonarme döşeme ile birlikte dökülmek üzere duvar genişliğinde ve 20 cm’den az olmayan yükseklikte yatay hatıllar yapılması isteniyor. Yatay hatılarda en az BS16 kalitesinde beton kullanılması, içlerine taş duvarlarda en az üçü altta, üçü üstte olmak üzere 6 ϕ 10, diğer taşıyıcı duvarlarda ise 4 ϕ 10 boyuna donatı ile birlikte en fazla 25 cm ara ile ϕ 8’lik etriye konulması gerekmektedir. Yönetmelikte ayrıca, moloz taş duvarlarda, döşeme ve merdiven sahanlıkları dışında, düşeyde eksenden eksene aralıkları 1.5 m’yi geçmemek üzere betonarme düşey hatıl yapılması öngörülmüştür.

5.2 Düşey Hatıllar

Yığma binaların depreme dayanıklılıklarının artırılması amacı ile bina köşelerinde, taşıyıcı duvarların düşey arakesitlerinde, kapı ve pencere boşluklarının her iki yanında kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar yapılması uygun görülmektedir. Düşey hatılarda beton kalitesi en az BS16 olacak, içlerine taş duvarlarda her iki duvar yüzüne paralel en az üç adet olmak üzere 6 ϕ 12, diğer taşıyıcı duvarlarda ise en az 4 ϕ 12 boyuna donatı ile birlikte en fazla 20 cm ara ile ϕ 8’lik etriye konulacaktır.



Şekil 5.5 Duvarda teşkil edilecek düşey ve yatay hatıllar

Şekil 5.6’da yatay ve düşey hatılların teşkil edildiği bir yığma yapı görülmektedir.



Şekil 5.6 Düşey ve yatay hatılların teşkil edildiği bir yığma yapı

5.3 Temeller

Deprem Yönetmeliği’nde yığma kargir binalarda taşıyıcı duvarların altında betonarme sürekli temel yapılması ön görülmüştür. Temel derinliği, zemin özellikleri, yer altı su düzeyi ve yerel don derinliği göz önüne alınarak saptanacaktır. Bodrumsuz binalarda temellerin üzerine yapılacak taş veya beton duvarların üst kotu, kaldırım kotundan en az 50 cm yukarıda olacaktır. Duvar altı temellerinin beton kalitesi en az BS16 olmalıdır.

Kerpiç binalarda temeller, bodrumsuz binalarda en az 50 cm, bodrumlu binalarda ise en az 60 cm kalınlıkta moloz taş duvar olarak yapılacaktır. Temel derinliği ise, don

derinliğinin altında kalmak üzere en az 80 cm olmalı ve dış zemin yüzeyinden en az 50 cm yukarıya çıkacak şekilde yapılmalıdır.

5.4 Yığma Duvarın Kayma Dayanımı

TS2510 Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları'nda taşıyıcı duvarlarda yatay yüklerin oluşturacağı kayma gerilmeleri

$$\tau = \frac{T}{S} \quad (5.4)$$

T : Etki yapan yatay kuvvet (kg)

S : Statik çalışmaya katılan kısmının alanı (cm²)

formülü ile hesaplanması gerektiği belirtiliyor. Yatay yüklerin duvarda oluşturacağı kayma tesirleri için emniyet gerilmesi,

Doğal taş duvarlarda;

$$\tau = 0,10 \sigma_b \leq 2 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.5)$$

Yapay taş duvarlarda;

A ve B tipi harçlar kullanıldığında

$$\tau = 0,12 \sigma_b \leq 3 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.6)$$

C, D, ve E tipi harçlar kullanıldığında

$$\tau = 0,10 \sigma_b \leq 3 \text{ kg/cm}^2 \quad (5.7)$$

σ_b : Duvar etki yapan düşey yüklerin oluşturduğu gerçek ortalama basınç gerilmesi.

formülleri ile hesaplanır.

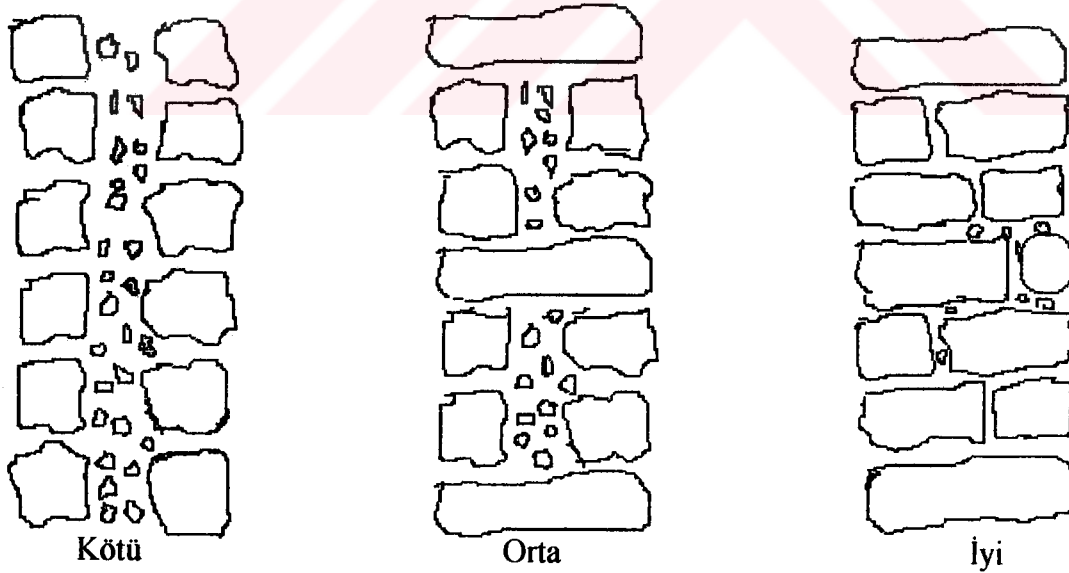
Duvarların malzeme cinsine göre, çeşitli kaynaklardan ve yapılmış deneylerden çıkarılan kesme emniyet gerilmeleri Tablo 5.5'de verilmiştir. [14]

Tablo 5.5 Duvarların malzeme cinsine göre kesme emniyet gerilmeleri

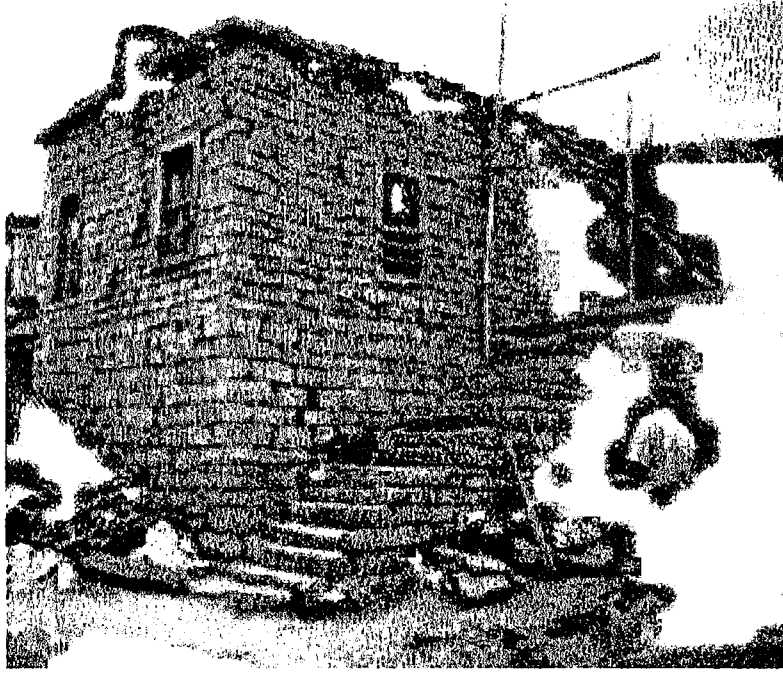
Malzeme	Kireç Harcı	Çimentolu Kireç Harcı
	Kesme Dayanımı (kg/cm ²)	Kesme Dayanımı (kg/cm ²)
Harman Tuğlası	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0
Düşey Delikli Fabrika Tuğlası Delik Oranı %35'den az	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0
Düşey Delikli Fabrika Tuğlası Delik Oranı %35'den çok	0.75 – 1.5	0.75 – 1.5
Dolu Fabrika Tuğlası	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0
Yatay Delikli Tuğla	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0
Boşluklu Beton Briket	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0
Taş	1.0 – 2.0	1.0 – 2.0

Depreme dayanıklı tasarım kuralları kapsamında taşıyıcı duvarın örülme şeklide önem arz etmektedir.

Şekil 5.7'da tipik bir kırsal konutta taş duvar örgüsü gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Taş örgü



Şekil 5.8 Hasar görmüş tipik bir taş yığma yapı



Şekil 5.9 İyi taş örgüsüne sahip bir yığma yapı

6. YIĞMA YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRME ESASLARI

Deprem mühendisliği kapsamında, onarım ve güçlendirme kavramları şu şekilde tanımlanabilir: Onarım, depremde hasar görmüş bir yapının, fiziksel ve taşıyıcı sistem güvenliği açısından deprem öncesi durumuna getirme işlemidir. Güçlendirme, ise bir yapının, hasar görmüş ve ya görmemiş, deprem öncesinde sahip olduğu taşıyıcı sistem güvenliği ve performansından daha iyi bir duruma getirmektir. Yani güçlendirme işi için yapının hasar görmüş olması gerekmez.

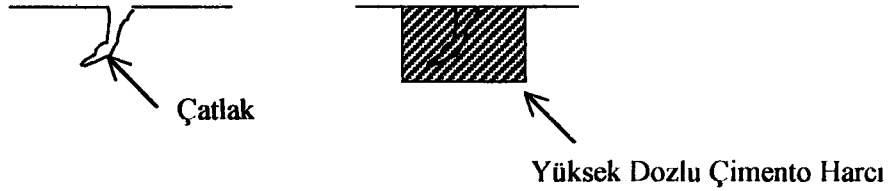
Sismik açıdan yeterli dayanıma sahip olmayan bir yığma yapı güçlendirilmelidir. Özellikle ülkemiz şartlarında, kırsal yörelerdeki yığma yapılarda hasarlar, yığma yapının inşasında standartların öngördüğü kurallara, sınırlandırmalara uyulmaması nedeniyle oluşuyor. Yığma yapıyı güçlendirme ile ilgili temel ilkeler aşağıda sıralanmıştır:

- Yapıya etkiyen deprem kuvveti yapının ağırlığı ile doğru orantılı olduğundan yapının yükü azaltılmalıdır. Özellikle kırsal yörelerde tercih edilen toprak dam yapıya fazladan ağırlık yüklemektedir. Daha hafif çatı malzemesi kullanılabilir.
- Yapıda ABYYHY’te ön görülen sınırlar aşılarak açılan kapı pencere, boşlukları özellikle bina köşesine yakın bölgede kısmen veya tamamen kapatılmalıdır.
- Yapının rijitlik merkezi, kütle merkezi ile çakışmıyorsa, yapıda bir burulma etkisi oluşmaması için, yapılacak yeni duvarlarla, kütle ve rijitlik merkezleri çakıştırılmalıdır.
- Yapıda oluşmuş çatlakların onarımında kullanılacak yöntem, yapının malzeme kalitesine ve işçiliğine uygun olmalıdır.
- Yapının yatay ve düşey yüklere göre taşıma gücü arttırılmalıdır.

6.1 Çatlakların Onarılması

6.1.1 Derine inmeyen küçük çatlaklar

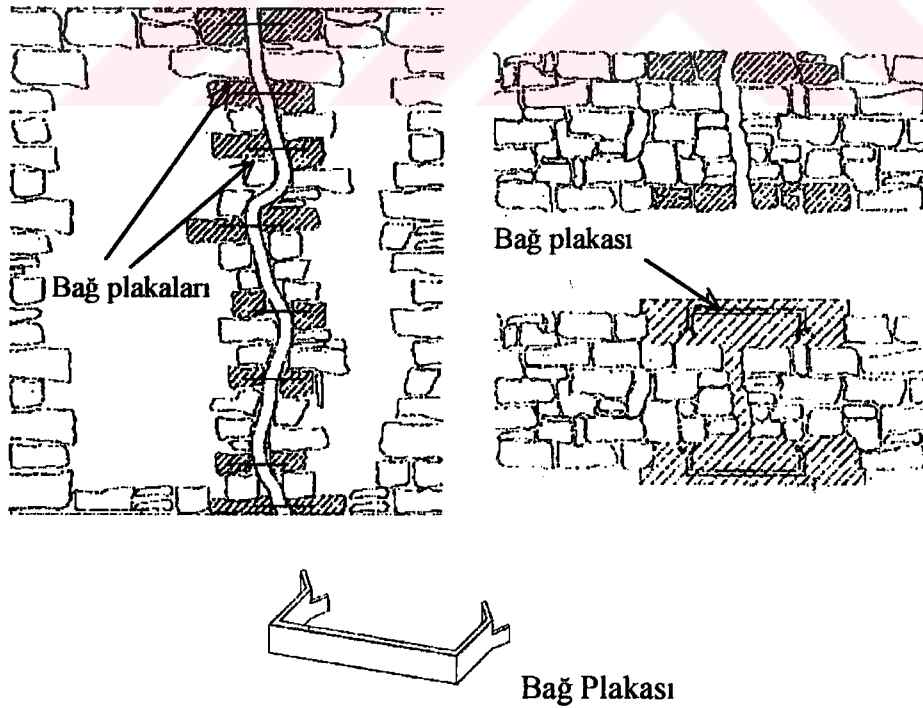
Duvarda derine inmeyen küçük çatlaklar olduğu zaman, çatlak çevresinde 5-10 cm'lik bir bölüm sökülerek yeniden yüksek dozlu çimento harcı ile doldurulark onarılabilir.



Şekil 6.1 Küçük çatlakların çimento harcı ile doldurulması

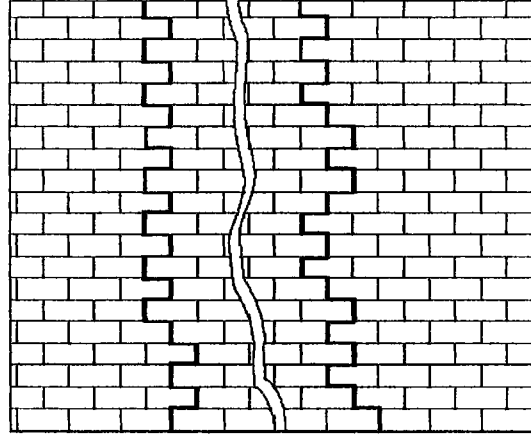
6.1.2 Düşey doğrultuda sürekli çatlaklar

Tuğla, taş yığma yapılarda duvarların her iki yüzünde de sürekli olan küçük çatlaklar aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi onarılabilir. Taş duvarda çatlakların çevresindeki yaklaşık 50 – 60 cm' lik bir bölgede sıvalar sökülür, çatlağın iki yanında yer alan taşlardan bazıları çıkarılır, buralara özel hazırlanmış bağ plakaları konulur, bu plakalar çatlağın iki yanını tutan dikişler olarak nitelenebilir. Duvardan boşaltılan bölümler yüksek dozlu çimento harcı ile doldurulur.



Şekil 6.2 Düşey doğrultuda sürekli çatlakların onarılması

Eğer çatlak tuğla duvarda ise, çatlağın her iki yanında yar alan en az bir tuğla boyundaki bölüm sökülür, burası yeniden yüksek dayanımlı harç ile örülebilir. Bu işlemin yapılabilmesi için çatlağın düşey ve düşeye çok yakın bir doğrultuda olması gerekir.



Şekil 6.3 Düşey doğrultuda sürekli çatlak oluşumu gözlenen tuğla duvarın onarımı

Bu yöntemlerin yanı sıra güçlendirme kapsamında ifade edilecek olan çatlak bulunan duvarda çift taraflı betonarme mantolama ile yapılacak olan bir onarım da söz konusu olabilir.

Yerel bir onarım yapmak yerine bazen bir duvarın yıkılıp tekrar yerine yenisinin yapılması uygun olmaktadır.

6.2 Duvarların Güçlendirilmesi

Güçlendirme çalışmaları sırasında dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar:

- Yapının yatay ve düşey yüklere karşı dayanımının artırılması
- Yapının rijitlik ve kütle merkezlerini çakışması
- Yapının taşıyıcı sistem güvenliği ve performansının artırılması

dır.

Günümüzde sıkça kullanılan güçlendirme metodları şu şekilde sıralanabilir.

- Çimento enjeksiyonu
- Betonarme mantolama (bantlama)
- Gergi demirleri ile güçlendirme

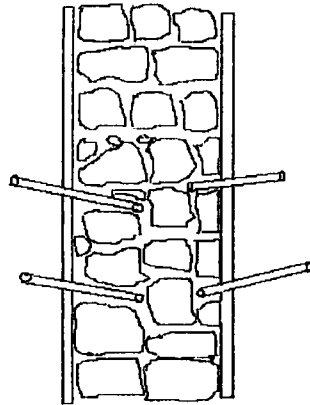
- Betonarme hatılarla güçlendirme
- Ahşap dikme ve çaprazlarla güçlendirme

Bu yöntemlere ek olarak günümüzde polimer grid (ızgara), epoksi bağlayıcı FRP (fibrik olarak güçlendirilmiş polimer) plakalar, CFCM (Carbon Fiber Cement Matrix) sistem ile güçlendirme gibi yeni yöntemler üzerinde araştırmalar yapılmaktadır.

6.2.1 Çimento Enjeksiyonu

Çimento enjeksiyonu, moloz taş duvarlarda düşük basınç altında uygulanır. Bunun için duvarın içine kadar uzanan bular yerleştirilir. Duvarın iç ve dış yüzeyi 2 – 3 cm kalınlığında dış sıva ile kaplanır. Daha sonra alttaki deliklerden başlayarak düşük basınç altında çimento şerbeti enjeksiyonu yapılır. Herhangi bir borudan çimento pompalama, yandaki borulardan çimento şerbeti akmaya başlayıncaya kadar sürdürülür. Çimento içirili mi yapılmış delikler kapatılır. Bu işlem her bir sıradaki delikler doluncaya kadar sürdürülür. Daha sonra aynı işlemler bir üst sıradaki enjeksiyon deliklerine uygulanır. Delikler arasında 30 – 40 cm kadar aralık olabilir. Bu deliklerin duvardaki taş ya da tuğla ve benzeri malzeme arasındaki derz durumlarına göre yerleştirilmesi gerekir.

Çimento enjeksiyonu yöntemi ile çok zayıf ve düşük dirençli moloz taş duvarların direncinin yükseltildiği ve daha sağlam bir duvar oluşturulduğu gözlenmiştir. Özellikle kırsal yörelerde harç olarak kullanılan çamur zamanla dökülmektedir. Böyle, taşları arası boşluklar olan duvarlar çimento enjeksiyonu ile güçlendirilebilirler.



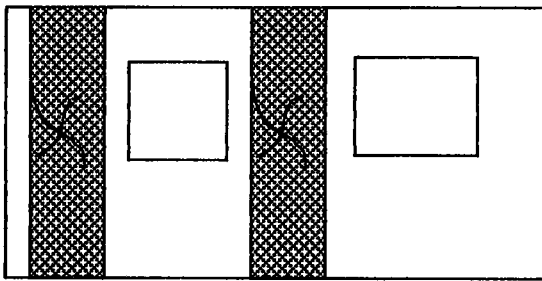
Şekil 6.4 Çimento enjeksiyonu ile taş duvarın güçlendirilmesi

Çimento enjeksiyonunda kullanılan çimento standardı TS24'e göre %95'i 200 ile 325 nolu eleklerden geçmelidir. Bu koşula göre çimento taneciklerinin 0.074 mm'den daha büyük çapa sahip olmaması gerekir.

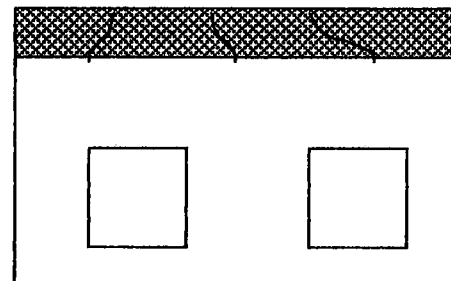
Çimento şerbetinin yapımında ilk dayanımı yüksek portland çimentosu (İPÇ) ve genleşen çimento kullanımı onarımı hızlandırır. Genleşen çimento çatlakların içine giren şerbetin genleşip bütün boşlukları doldurmasını sağlar. Genleşen çimento içine sülfoalüminat konulmuş bir çimentodur.

6.2.2 Betonarme mantolama

Bu yöntem sıkça kullanılan bir yöntemdir. Duvarın iç ve dış yüzü hasır çelikli betonarme bantlar ile kaplanır. Bu işlem şu şekilde yapılır: Önce duvarın iç ve dış yüzüne hasır çelik yerleştirilir. İçte ve dıştaki bu hasır çelikler birbirlerine duvarda belirli aralıklarda açılan deliklerle birbirlerine bağlanır. Daha sonra donatı hasırının üzerine yüksek basınçlı çimento kum harcı püskürtülür. Bu işleme duvar üzerinde yaklaşık 5 cm'lik bir beton bant oluşuncaya kadar devam edilir. Beton püskürtülecek yüzeyin temiz olması önemlidir. Beton ile yığma duvarın birlikte çalışmasını sağlamak için, duvar yüzeyindeki küçük parçacıklar temizlenmelidir. Bu bağlamda duvara beton püskürtmeden önce yüksek basınçlı su püskürtülür. Böylelikle derzlerde harap olmuş olan harç dökülür ve beton püskürtüldüğü sırada, bu boşluklar dolarak kompozit bir çalışma söz konusu olur. Aşağıda bu güçlendirme işlemi ile ilgili şekiller sunulmuştur.

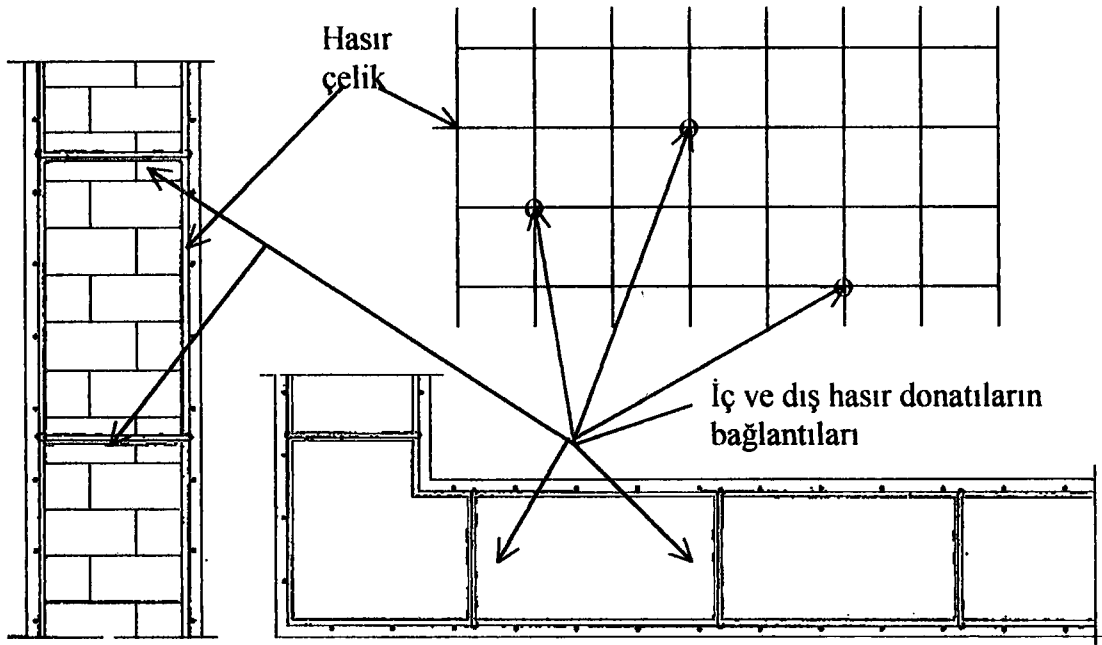


Betonarme Düşey Takviye Bantları

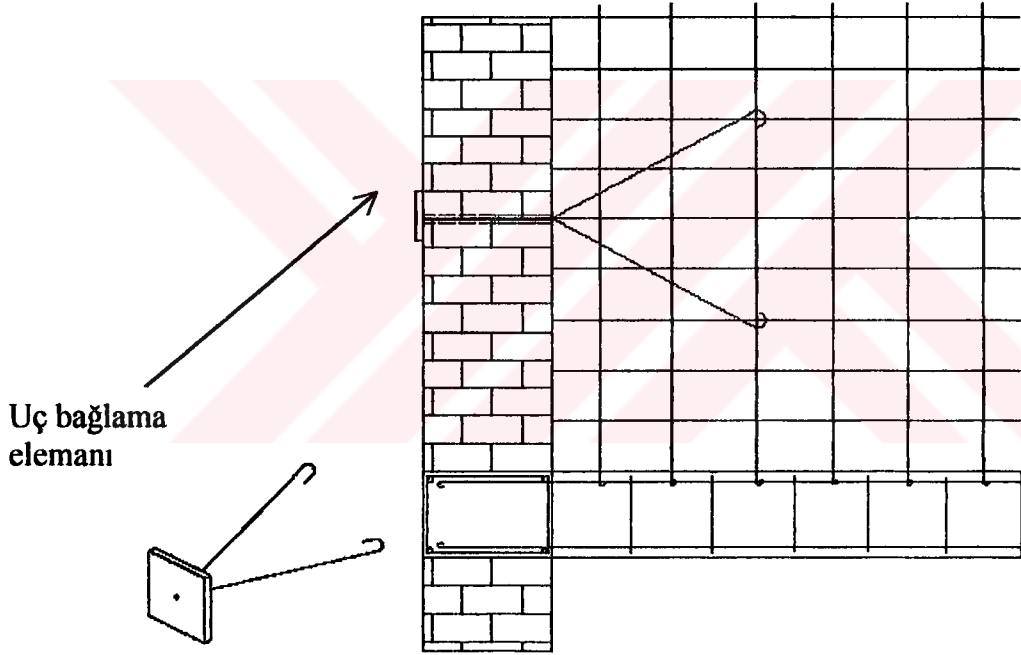


Betonarme Yatay Takviye Bantları

Şekil 6.5 Düşey ve yatayda betonarme takviye bantları ile çatlak onarımı



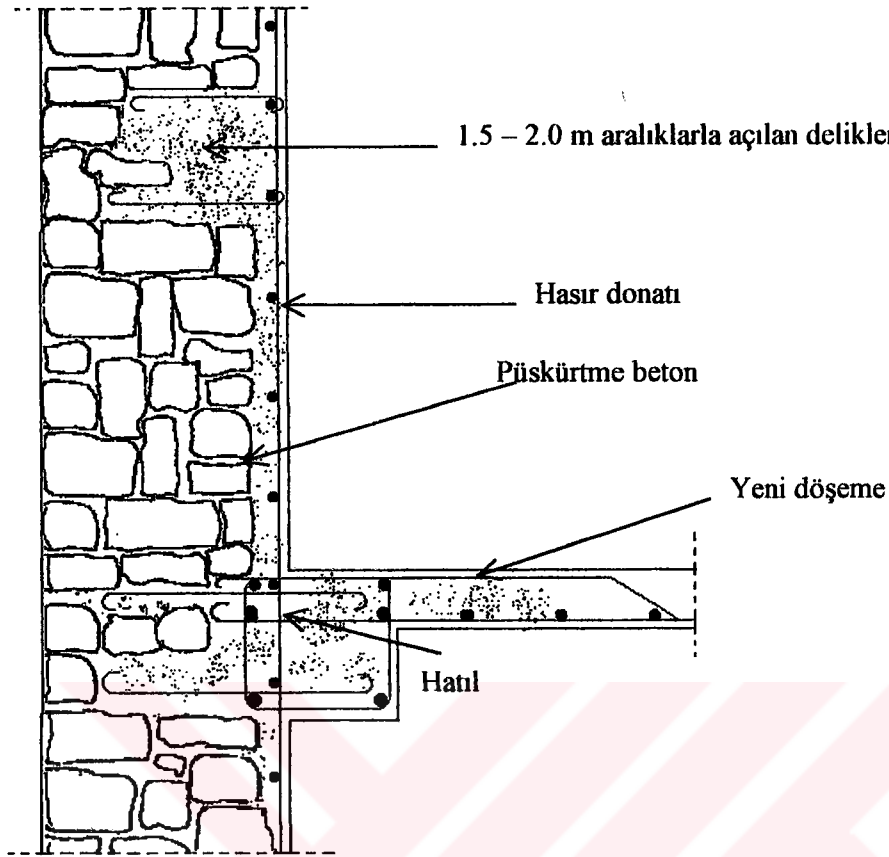
Şekil 6.6.1 Betonarme mantolama ile ilgili detaylar



Şekil 6.6.2 Betonarme mantolama ile ilgili detaylar

Betonarme mantolama çift taraflı olabildiği gibi tek taraflı da olabilir. Özellikle tarihi ve anıtsal değeri olan yığma yapılarda dış cepheyi korumak için betonarme mantolama içerden yapılır. Bunun için duvar önce basınçlı suyla temizlenir. Dökülecek cinsten parçalardan arındıktan sonra duvar yüzeyine hasır donatı yerleştirilir. Daha sonra püskürtme betonla 5 – 10 cm'lik bir yüzey elde edilir. Tek taraflı bir mantolama söz konusu olduğundan betonarme kısmın yığma kısım

birlikte çalışmasının sağlanması için duvarda 1.5 m – 2.0 m aralıklarla delikler açılıp donatılı beton ankraj teşkil edilir. Söz konusu durum Şekil 6.7’de gösterilmiştir.



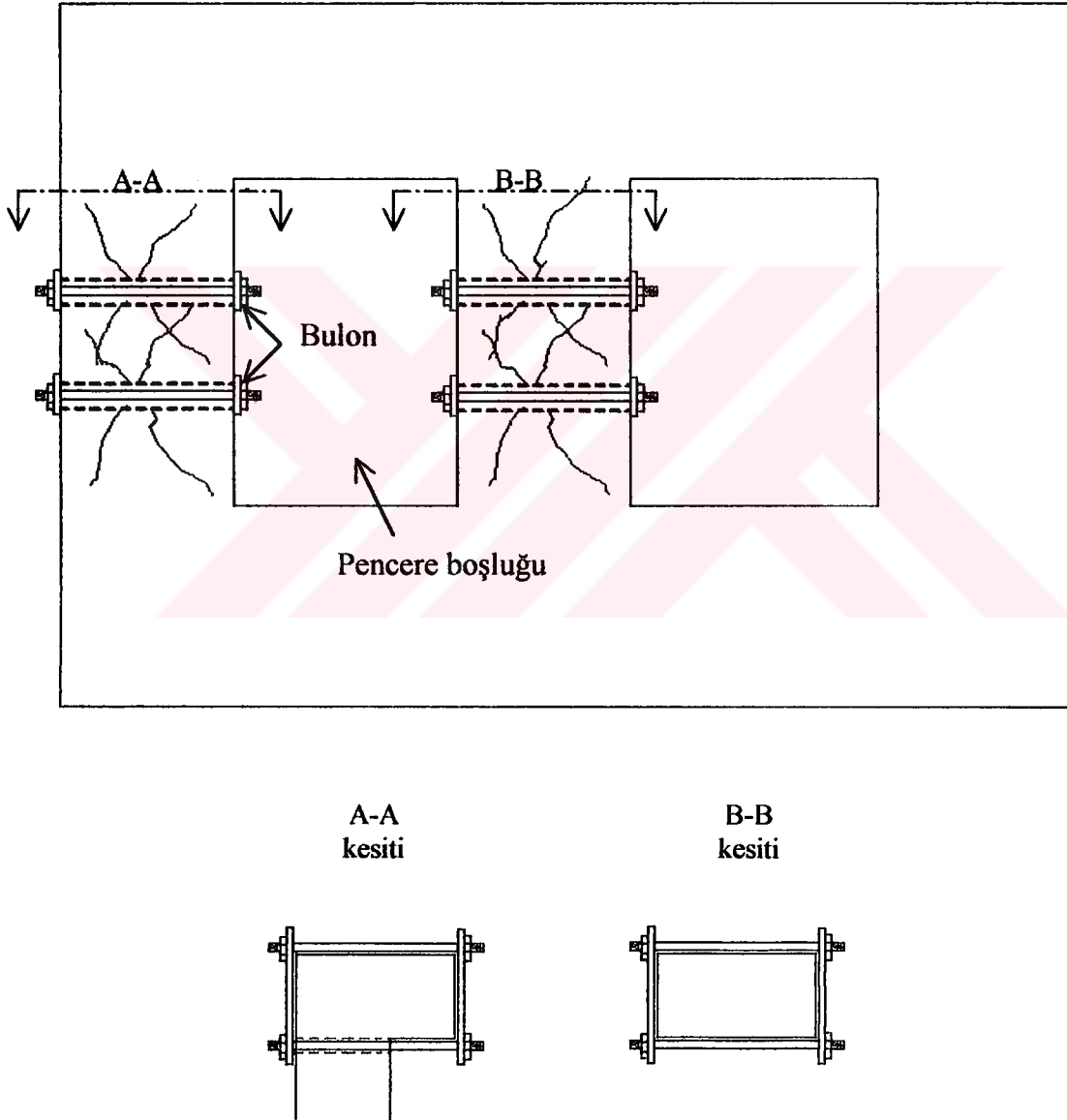
Şekil 6.7 Tek taraflı betonarme mantolama

Çift taraflı mantolama yanında, tek taraflı mantolama o kadar etkili değildir. Ancak dış mimariye dokunmamak için bu yöntem tercih edilebilir.

Esnek ahşap döşemelerin betonarme döşemelerle değiştirilmesi, yığma yapıların renovasyonunda sıkça uygulanan bir yöntemdir. Betonarme döşemenin ahşap döşemeye nazaran çok daha az bakıma ihtiyacı vardır ve sehimler, titreşimler, su ve ses izolasyonu daha iyi kontrol altına alınabilir. Taşıyıcı duvarlara iyi mesnetlenmiş, ankre edilmiş betonarme döşemeler (düzlem içi rijitlikleri ile) diyafram özelliği göstererek, üzerlerine gelen yatay yükleri duvarlara üniform bir şekilde iletirler. Bu döşemeler ayrıca duvarların düşey doğrultuda serbest açıklığını kısalttıklarından, düzlem dışı eğilmelerini de azaltmaktadır.

6.2.3 Gergi demirleri ile güçlendirme

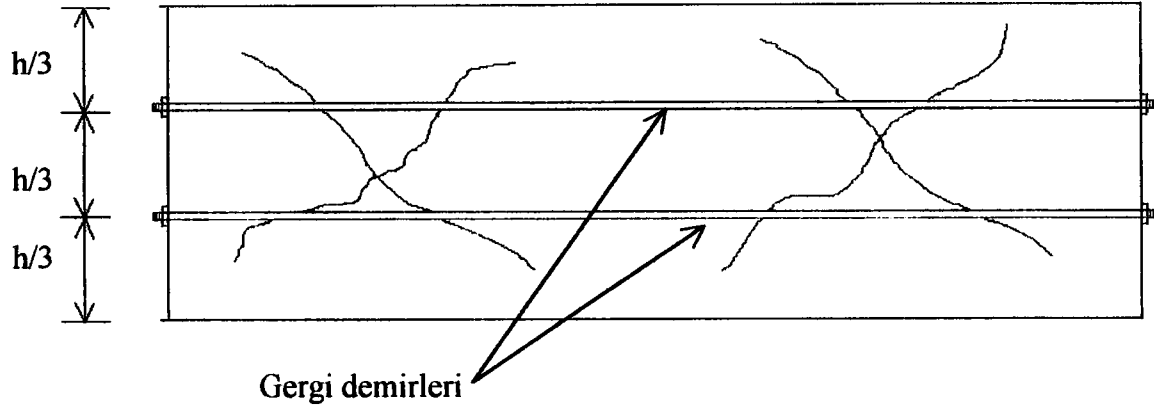
Yığma yapılarda duvarları yatayda ve/veya düşeyde gergi demirleri ile güçlendirmek mümkün. Bu yöntem pek kullanılan bir yöntem olmasa bile, yapılan bazı araştırmalar bu tarz gergilerin duvarın direncini arttırdığı ve dağılmasını engellediğini göstermiştir. Yapılmış deneylerde (Bayülke, Doğan, Hürata 1990) gergi demirlerinin en etkin yerleştirileceği yerin duvar yüksekliğinin 1/3 aralıklara bölünerek konulması olduğudur. Böylece duvarda oluşacak eğik çekme çatlakları bir kaç adet gergi demiri tarafından kesilerek daha yüksek bir güçlendirme sağlanır. Duvarlarda uygulanan gergi demirleri ile ilgili ayrıntılı şekiller aşağıda verilmiştir.



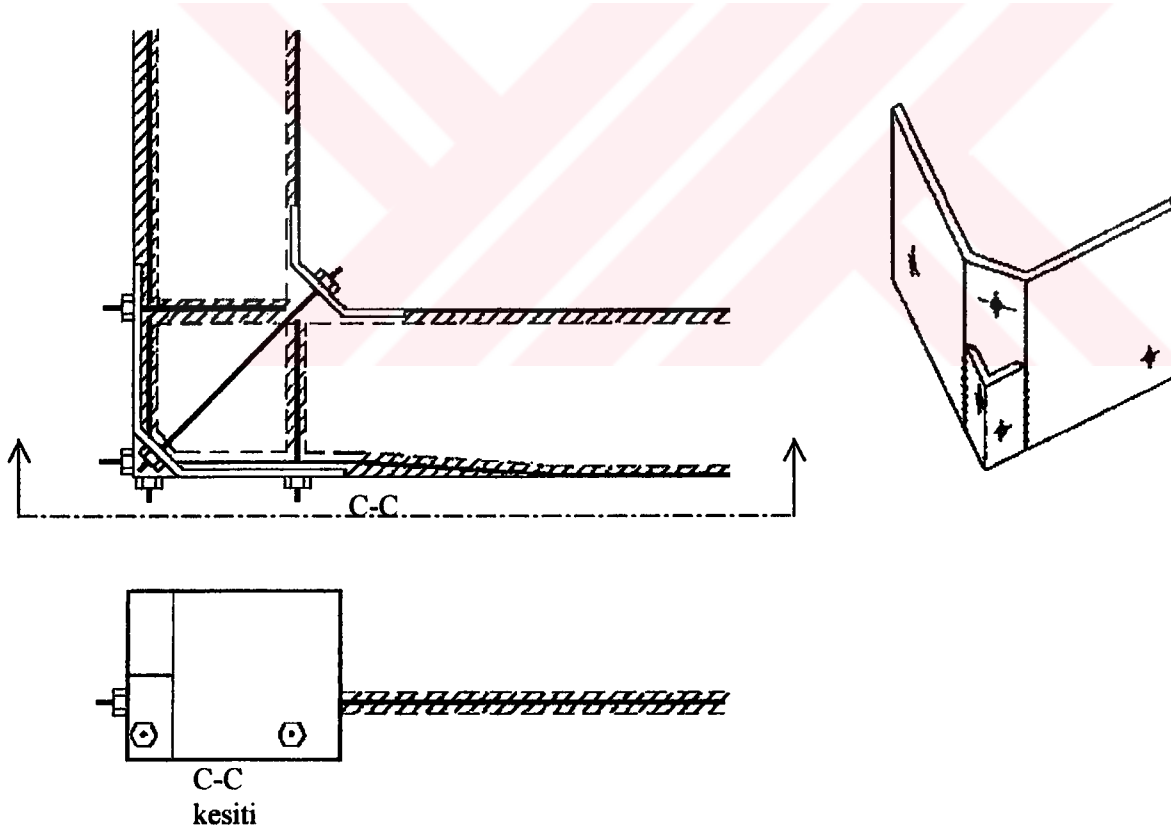
Şekil 6.8 Gergi demirleri ile boşluklar arası duvar parçası güçlendirme

Yukarıdaki şekilde, birbirini kesen diyagonal çatlaklar oluşmuş, pencere boşlukları arası dolu duvar parçası ile bina köşesi, pencere boşluğu arası dolu duvar parçasında gergi demirleri ile güçlendirme gösterilmektedir.

Boylu boyunca bir duvarın gergi demirleri ile güçlendirilmesi Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



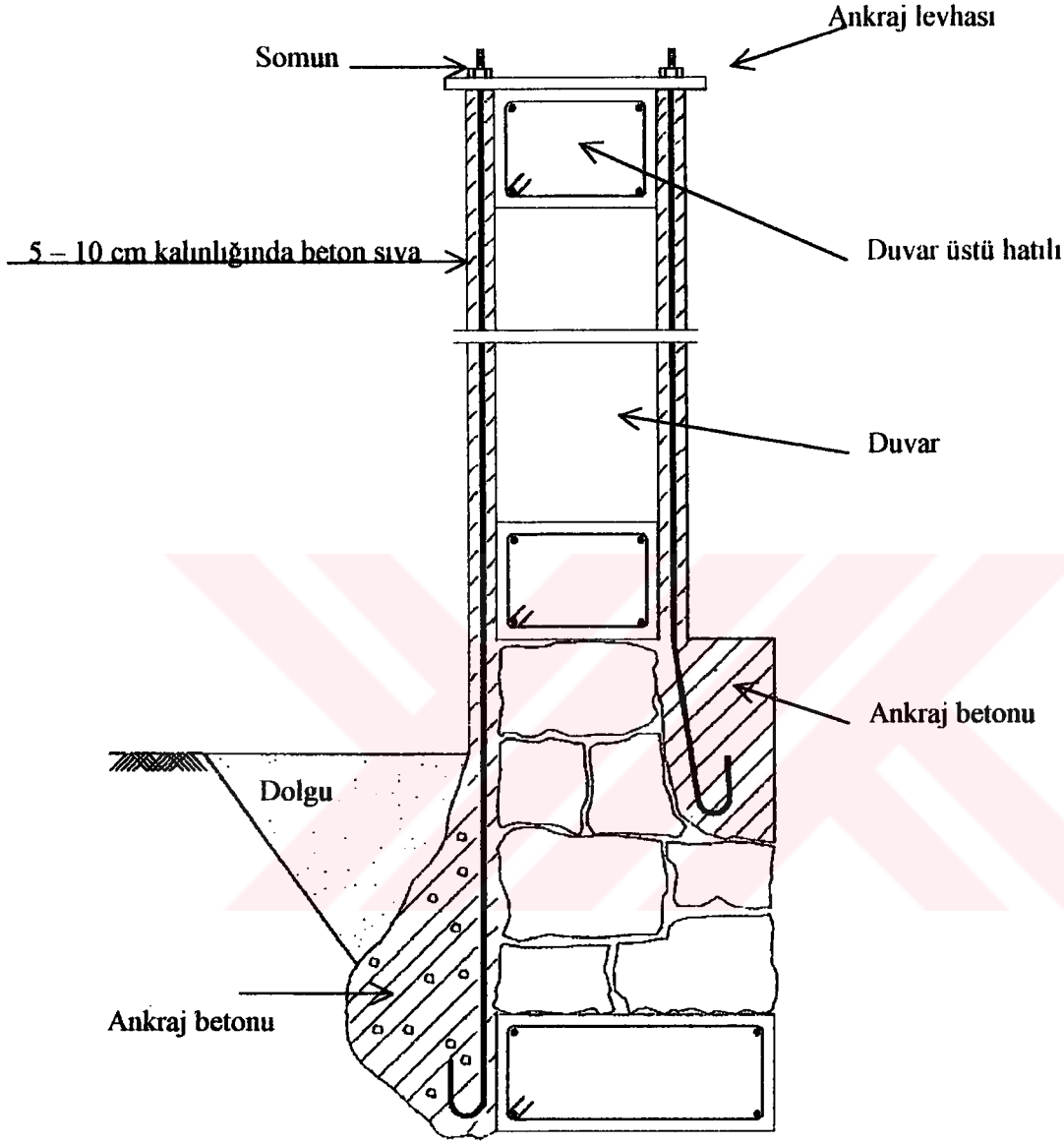
Şekil 6.9 Boyuna dolu duvarın yatay gergi demirleri ile güçlendirilmesi



Şekil 6.10 Gergi demirlerinin yapı köşesi detayları

Yatayda olduğu gibi düşeyde de yığma duvarı gergi demirleri ile güçlendirmek mümkündür. Duvarın temelinde gergi donatısının ankrajı için yeterli genişlik ve derinlikte çukurlar açılır. Donatı yerleştirildikten sonra, çukur betonla doldurulur.

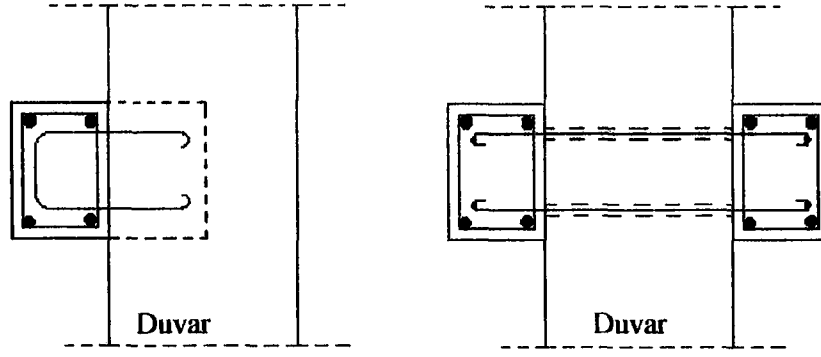
Beton prizini aldıktan sonra duvarın üst başındaki hatılın üstüne konulan ankraj plağı yardımıyla, temelden gelen donatıların ucunda açılacak dişler ve somun ile sıkıştırılarak duvara düşey gerilme verilebilir.



Şekil 6.11 Düşey gergi demirleri ile duvar güçlendirme

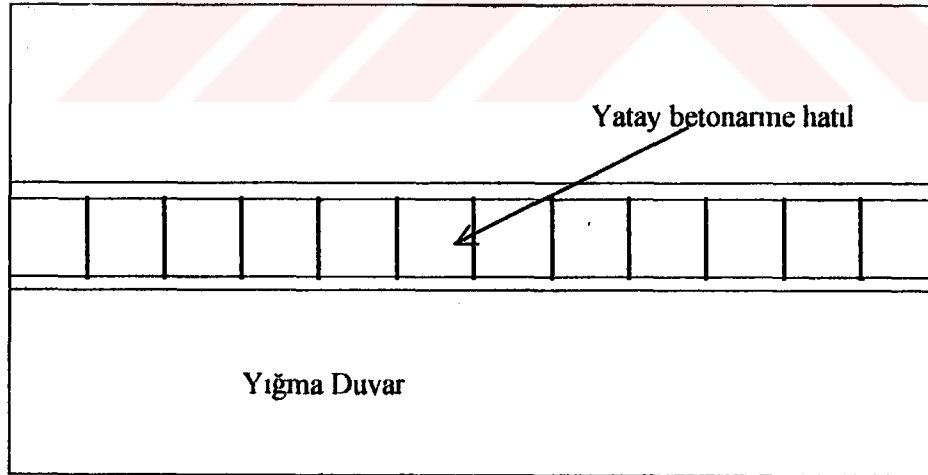
6.2.4 Betonarme hatıllarla güçlendirme

Yığma yapılarda duvarları takviye etmenin bir yolu da inşa edilecek betonarme hatıllardır. Hiç düşey hatıl konulmamış uzun duvarlarda, rijitliği zayıf görülen duvarlarda tek veya çift taraflı olarak betonarme hatıllarla takviye etmek mümkündür.



Şekil 6.12 Tek ve çift taraflı düşey hatıllarla duvar güçlendirme

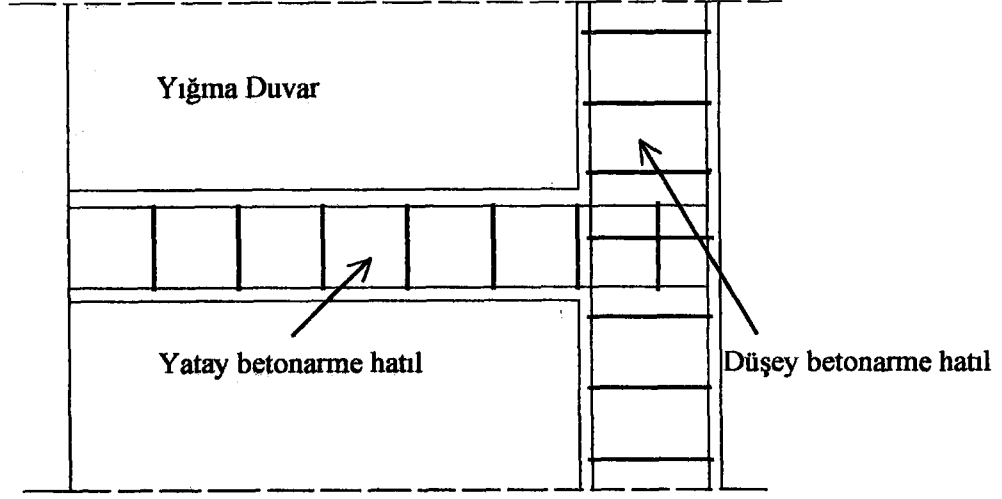
Yığma yapıların güçlendirilmesinde uygulanan diğer bir teknikte taşıyıcı duvarlara yerleştirilen yatay betonarme bağ kirişleridir. Yönetmeliklerde yeni yapılan yığma yapılarda döşeme ve çatı hizasında yatay hatıllar teşkil edilmesi istenmektedir. Mevcut bir yığma yapıda özellikle kat hizasında yatay hatıl teşkil etmek pek kolay değildir. Çatıda hatıl teşkil etmek daha kolaydır. Çatı kaldırılır, yatay hatıllar teşkil edilir ve sonra tekrar yerine konur. Kat hizasında yatay hatıl teşkil etmek için önce hatılın yapılacağı bölgede bir kısım duvar parçası çıkarılır üstte kalan duvar desteklenir, açılan kısma donatı yerleştirilir, beton dökülür ve bu işlem geri kalan kısımlarda tekrarlanır. Yatay hatıl teşkil edilirken üst taraftaki duvarın desteklenmesi açılan boşluğa kalıcı destekler yerleştirmeyele mümkün olabilir.



Şekil 6.13 Mevcut duvara yatay hatıl teşkili

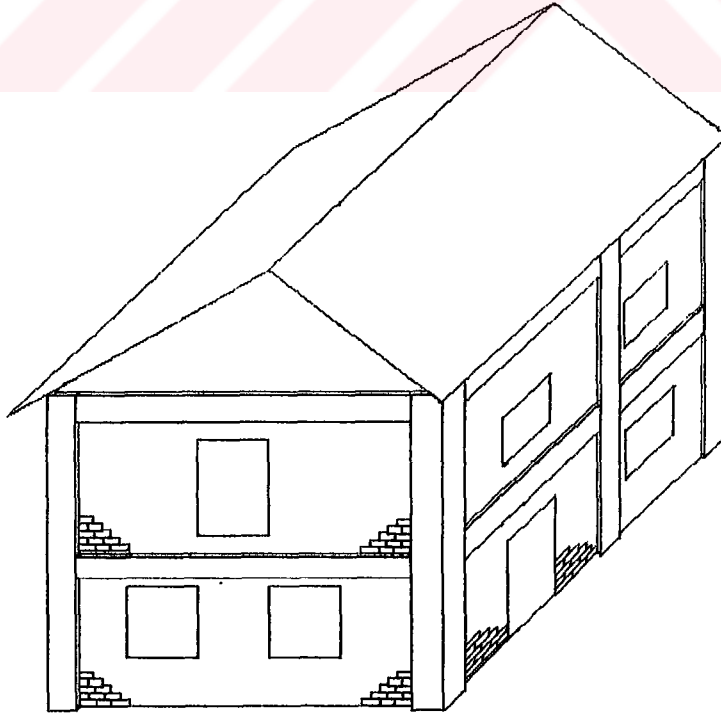
Yine yönetmeliklerde yeni yapılacak yığma yapılar için betonarme düşey hatıllar teşkil edilmesi istenmiştir. Hatta bu hatılların yatay hatıllarla birlikte bir çerçeve oluşturması istenmiştir. Özellikle taşıyıcı duvarların kesişim bölgesine yapılması gereken bu hatılları, mevcut bir yapıda teşkil etmek pek kolay değildir.

Düşey betonarme hatılın genişlikleri duvar genişliklerine eşit olmalıdır. Kolonun teşkil edileceği köşede kolon boyutunca duvar parçası yıkılır. Açığa çıkan duvar yüzeylerinin pürüzlü olması, betonla yığma duvarın birlikte çalışmasını sağlamak açısından önemlidir.



Şekil 6.14 Mevcut duvara yatay ve düşey hatıl teşkili

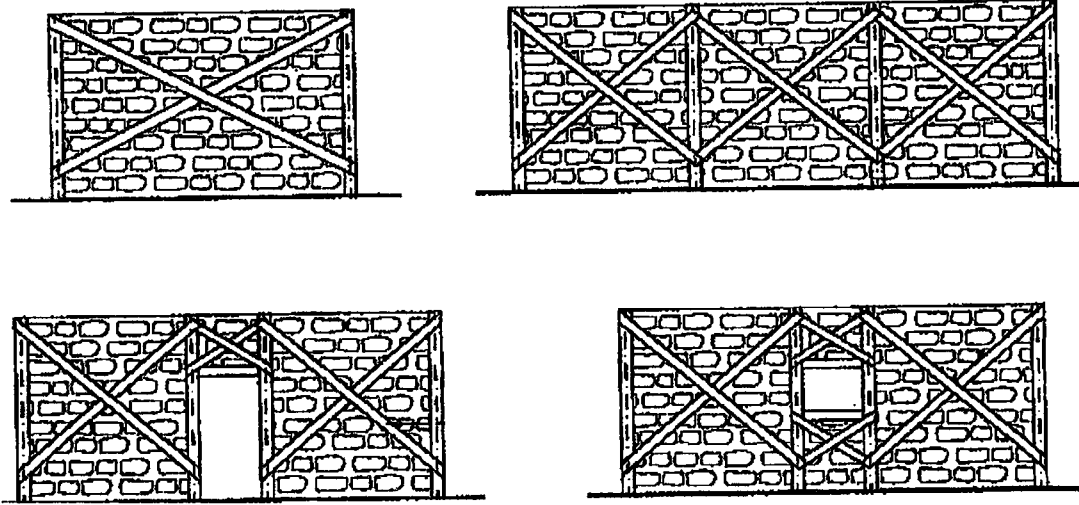
Bir iki katlı yığma yapıları yatayda ve düşeyde betonarme hatılardan oluşan bir çerçeve içine alıp özellikle depremde gelen yatay etkileri karşılamak mümkün olabilir.



Şekil 6.15 İki katlı bir yığma yapının betonarme çerçeve içine alınması

6.2.5. Ahşap dikme ve çaprazlarla güçlendirme

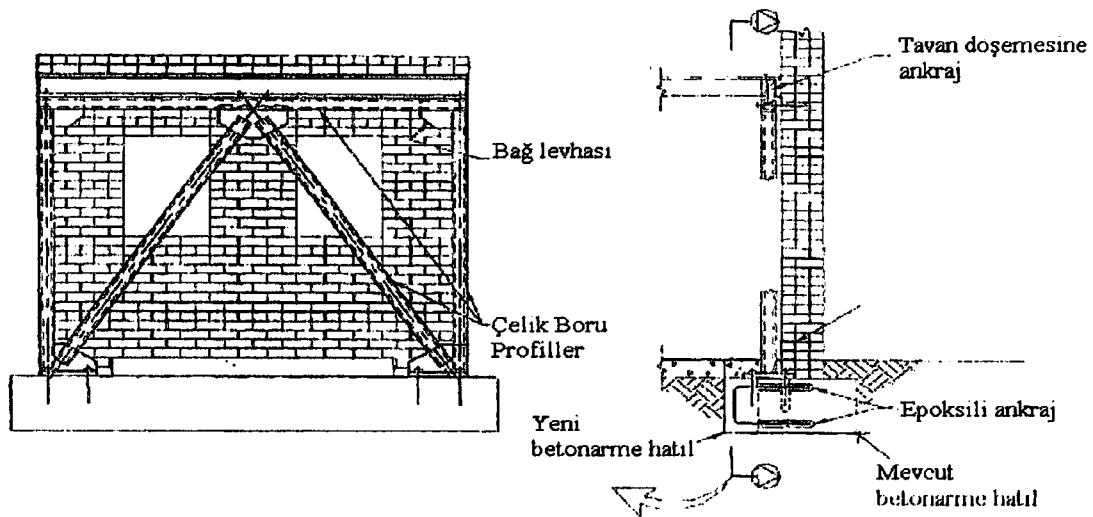
Kırsal yörelerde çok rastlanan tek katlı yığma yapılar, ahşap dikme ve çaprazlarla güçlendirilebilir. Deprem sırasında gerilmelerin toplandığı kapı pencere boşlukları ahşap çerçeveler ile güçlendirilebilir.



Şekil 6.16 Ahşap çaprazlarla güçlendirme

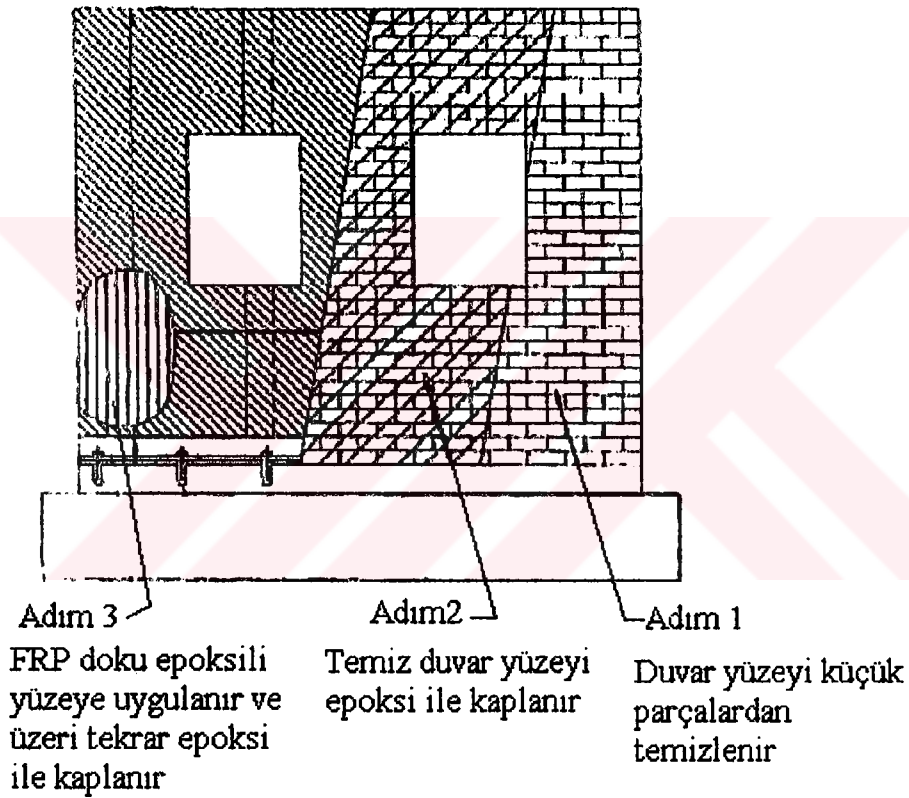
6.3 Yığma yapıların güçlendirilmesi ile ilgili diğer teknikler

Özellikle betonarme yapıların takviyesinde sık kullanılan çelik profiller, yığma yapıların takviyesinde nadir de olsa kullanılmaktadır. Amaç çelik profillerden oluşan bir çaprazlama ile yatay yükleri karşılamaktır.(Şekil 6.17)



Şekil 6.17 Pencere boşlukları açılmış yığma bir duvarın çelik çaprazlarla takviyesi

Yukarıda bahsettiğim geleneksel güçlendirme metodlarının, özellikle tarihi yapılarda uygulama zorluklarından dolayı araştırmacılar yığma yapıları güçlendirmede daha farklı teknikler aramaya başladılar. Bu yeni tekniklerin temelinde FRP (Fiber Reinforced Polymer) kompozitler yatmaktadır. Bu kompozitler, genelde birbirlerine bir polimerik matris (epoksi, polyester) ile bağlanan karbon, cam veya aramid liflerinden oluşmaktadır. Bu metot projeciye büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Liflerin doğrultusunda yüksek mukavemet, rijitlik, hafif malzeme, boyut sınırı olmadan laminatlar, lif ve tendonlar halinde uygulamaya sunum gibi özellikler projeciye sağlanan kolaylıklar. Şekil 6.18 epoksi bağlayıcılı FRP dokunun bir duvar yüzeyine uygulanma adımları gösterilmiştir.



Şekil 6.18 FRP Kompozit uygulaması

Bu tekniklere yani demek aslında pek doğru değil, çünkü yığma yapılarda metalik olmayan donatılı güçlendirme çalışmaları ile ilgili araştırmalar 1987 senesine kadar dayanıyor.

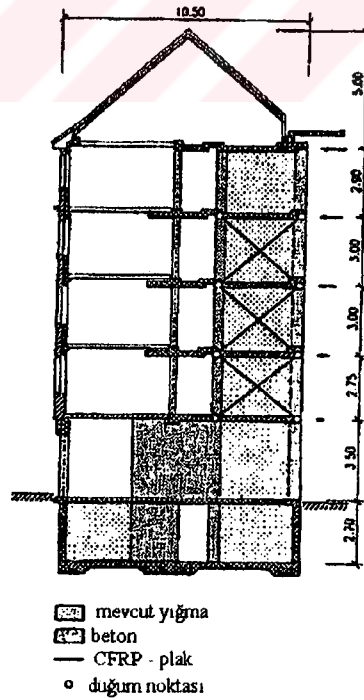
Metalik olmayan donatılı güçlendirme ile ilgili ilk çalışmalar G. Croci tarafından 1987 yılında düşey veya eğik yerleştirilmiş düşük modüllü profilen örgü ile güçlendirilmiş kesme duvar numunesinde yaptığı testlerle başlamıştır. Bu konuyla

ilgili makale 1987’de İnşaat Mühendisliği Yapılarında Kalite ve Güvenli Sağlanması konulu IABSE Sempozyumunda yayınlanmıştır. [15]

Bir kaç sene sonra, 1991’de R. I. Sweidan, MIT’de, “Yığma yapıların güçlendirilmesinde fiber donatılı plastiklerin uygulanması” konulu yüksek lisans tezinde analitik geliştirmelerle bir FRP (Fiber Reinforced Polymer) art germe sistemiyle yığma yapı elemanlarına ön germe vermenin dayanımdaki yüksek etkisini kanıtladı.

Tarihi yapılara çevrel ön germe vermede FRP tendonlarının uygulanabilirliği ve etkisi üzerine detaylı analitik sonuçları ve kavramları 1993 ve 1997 yıllarında yayınladıkları makalelerde T. C. Triantafillou ve M. N. Fardis sundular. [16, 17]

Yığma yapıları asismik güçlendirmede Carbon Fiber Reinforced Polymer laminatları öneren ve üzerinde çalışan ilk kişi G. Schwegler’dir. (1994) Laminatlar yığma duvar yüzeyine epoksi ile bağlıdır. Schwegler bu yöntemin etkililiğini 1/1 ölçekte tek katlı yığma duvarlarda düzlem içi ve dışı tersinir yükeme altında yaptığı deneylerle ortaya koydu ve CFRP ile güçlendirilmiş yığma duvarların düzlem içi davranışı ile ilgili gerilme alanları teorisi kapsamında analitik bir model geliştirdi. Bu tekniğin ilk uygulaması 1996’da Schwegler ve Kelterborn tarafından Zürih’de altı katlı bir yapının bazı taşıyıcı duvarlarında yapıldı. (Şekil 6.19)



Şekil 6.19 Zürih’te takviye edilen altı katlı bina

Saadatmanesh (1994), Ehsani (1995), ve Ehsani et al. (1997) epoksi bağlayıcılı cam elyafla güçlendirilmiş donatısız yığma numuneler üzerinde deneysel çalışmalar yaptılar. Bu konuda ilk uygulama California, Glendale’de bir katlı bir ticari yığma yapının dış duvarlarında yapıldı.

Genel itibarıyla günümüze değin yapılan çalışmalar, FRP kompozitlerin kullanımının yığma duvarların eğilme ve kesme mukavemetlerini ve sünekliklerini önemli derecede arttırdığını göstermiştir.



7. SAYISAL ÖRNEKLER

Sayısal Örnek 1

Tek Katlı Bir Yığma Binanın Tahkiki

Deprem bölgesi	:1
Kat adedi	:1
Döşeme	:10 cm kalınlığında betonarme plak
Duvar cinsi	:Tuğla (25 cm kalınlığında, $\gamma=2.0 \text{ t/m}^3$)
Düşey hatıl	:Yok
Yatay hatıl	:Duvar üzerinde 20 cm kalınlığında

Hesap Şekli:

İlk önce Şekil 7.1’de kat planı gösterilen yapıya etkiyen düşey yüklerden, yapının ağırlığı bulunup, buradan ABYYHY’de ön görülen şekilde deprem kuvveti hesaplanır. A, B, C ve 1, 2, 3 akslarına gelen kesme kuvvetleri, o akslardaki duvar rijitlikleri, ve kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmamasından kaynaklanan burulma momentinin etkisi göz önüne alınarak hesaplanır. Kayma gerilmeleri, her aksta ortalama bir şekilde, o akstaki kesme kuvvetinin net taban alanına bölünmesi ile hesaplanır. Her aksta duvar rijitlikleri hesaplanırken duvarlar Şekil 7.2’de gösterildiği gibi parçalara ayrılmıştır.

Toplam Kat Ağırlığı Hesabı:

Yükler:

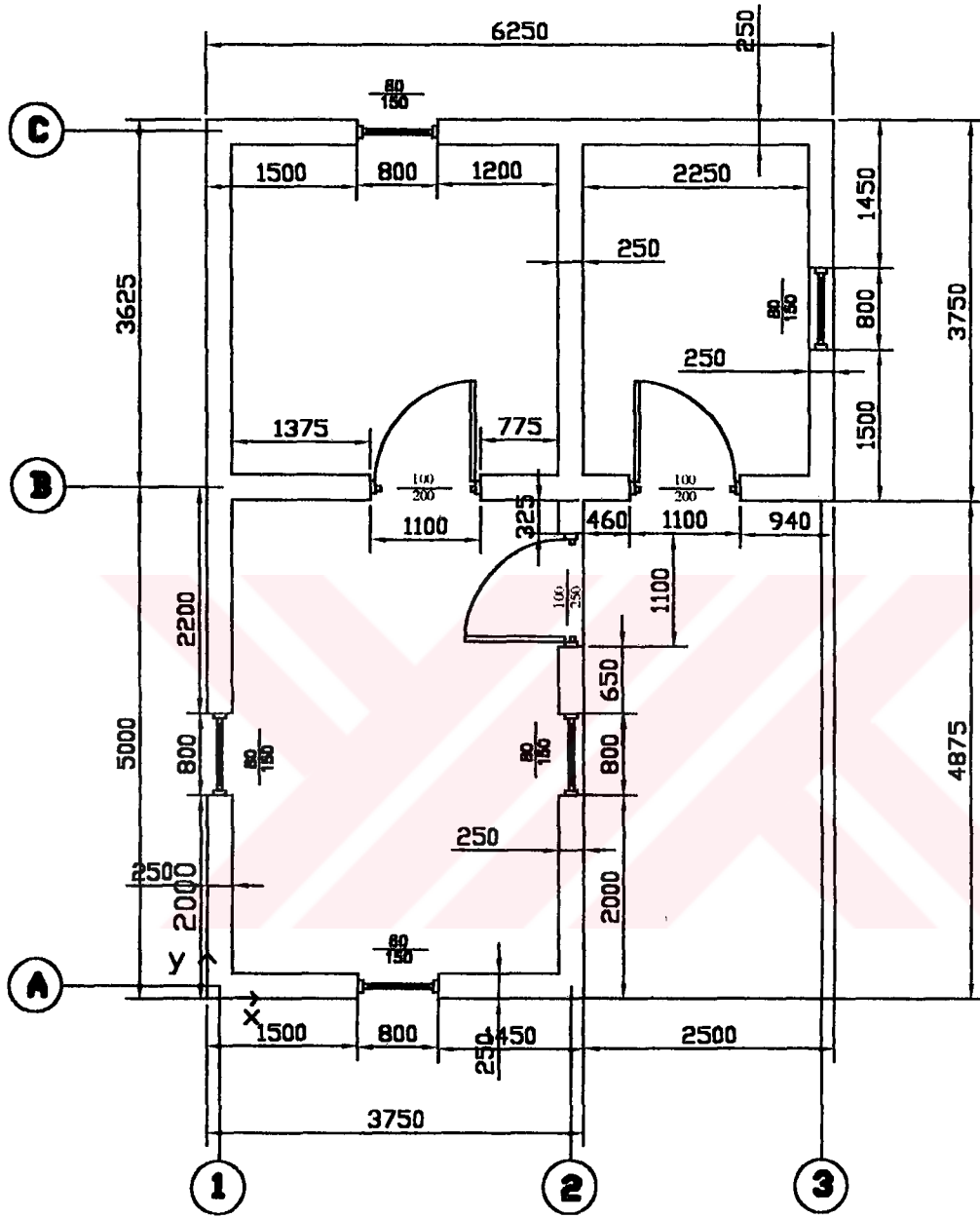
$$\text{Plak: } 0.10 \times 2.50 = 0.250 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Çatı kaplaması: } 0.050 \text{ t/m}^2$$

$$g = 0.300 \text{ t/m}^2$$

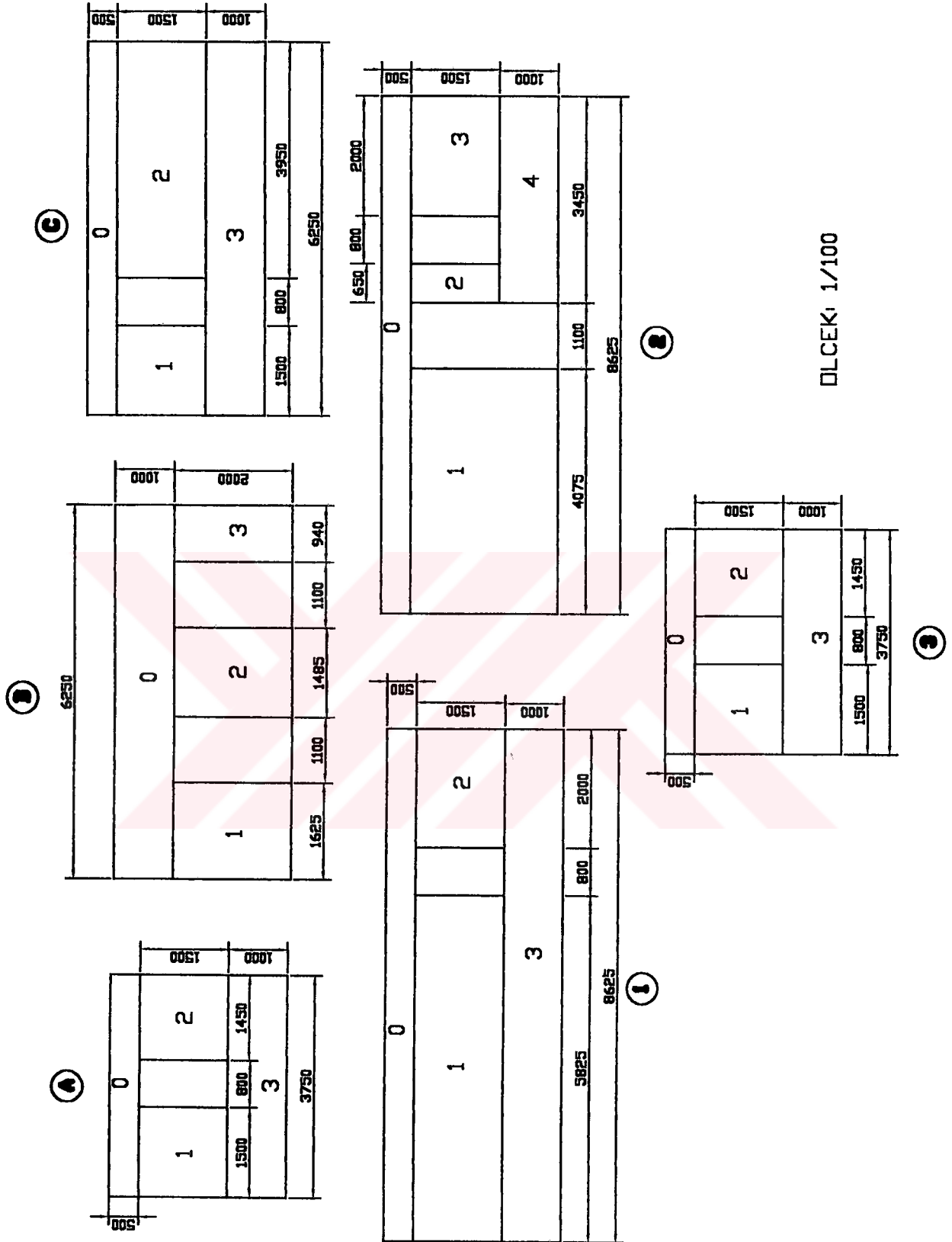
$$\text{Kar yükü } q = 0.075 \text{ t/m}^2$$

$$p = g + 0.3q = 0.323 \text{ t/m}^2$$



ZEMİN KAT

Şekil 7.1 Tek Kath Bina Kat Planı (1 / 75 Ölçek)



Kat Alanı: 41.720 m²

Kat Ağırlığı: 41.720 x 0.323 = 13.455 t

Toplam Duvar Ağırlığı: 49.300 t (Tablo 7.1)

Toplam Kat Ağırlığı: W= 62.775 t

Tablo 7.1 Toplam Duvar Ağırlığının Hesabı

DUVAR AĞIRLIĞI HESABI							
Aks Adı	Parça No	b	h	t	Hacim	γ	W
		(m)	(m)	(m)	(m ³)	(t/m ³)	(t)
A	0	3,75	0,50	0,25	0,47	2,00	0,94
	1	1,50	1,50	0,25	0,56	2,00	1,13
	2	1,45	1,50	0,25	0,54	2,00	1,09
	3	3,75	1,00	0,25	0,94	2,00	1,88
B	0	6,25	1,00	0,25	1,56	2,00	3,13
	1	1,63	2,00	0,25	0,81	2,00	1,63
	2	1,49	2,00	0,25	0,74	2,00	1,49
	3	0,94	2,00	0,25	0,47	2,00	0,94
C	0	6,25	0,50	0,25	0,78	2,00	1,56
	1	1,50	1,50	0,25	0,56	2,00	1,13
	2	3,95	1,50	0,25	1,48	2,00	2,96
	3	6,25	1,00	0,25	1,56	2,00	3,13
1	0	8,63	0,50	0,25	1,08	2,00	2,16
	1	5,83	1,50	0,25	2,18	2,00	4,37
	2	2,00	1,50	0,25	0,75	2,00	1,50
	3	8,63	1,00	0,25	2,16	2,00	4,31
2	0	8,63	0,50	0,25	1,08	2,00	2,16
	1	4,08	2,50	0,25	2,55	2,00	5,09
	2	0,65	1,50	0,25	0,24	2,00	0,49
	3	2,00	1,50	0,25	0,75	2,00	1,50
	4	3,45	1,00	0,25	0,86	2,00	1,73
3	0	3,75	0,50	0,25	0,47	2,00	0,94
	1	1,50	1,50	0,25	0,56	2,00	1,13
	2	1,45	1,50	0,25	0,54	2,00	1,09
	3	3,75	1,00	0,25	0,94	2,00	1,88
Σ Hacim:					24,65	ΣW :	49,30

Deprem Yüğü Hesabı:

(5.3) nolu formülü kullanarak, $V_t = A_0 \times I \times W$

$I=1.0$, $A_0=0.4$ ve $W=62.775$ t değerlerini formülde yerine koyarak,

Deprem yükünü $V_t = 1.0 \times 0.4 \times 62.775 = 25.11$ t olarak buluruz.

Bundan sonraki aşamada, (7.1)' de verilen ifade kullanılarak, tüm parçalarda, her iki ucundan bağlı duvarın bir ucunun rölatif yer değiştirmesi hesaplanır. [18]

$$\Delta = 1.2 \frac{Vh}{AG} + \frac{Vh^3}{12EJ} \quad (7.1)$$

Burada,

Δ : Her iki ucundan bağı duvarın bir ucunun rölatif yer değıştirmesi

V: Duvara etkiyen yatay yük

h: Duvar yüksekliğini

A: Duvar kesit alanını

J: Eğilme yönündeki atalet momentini

E: Duvar malzemesinin elastisite modülünü

G: Duvar malzemesinin kayma modülünü

göstermektedir.

$G/E = \alpha$ ve t duvar kalınlığı olduğuna göre (7.1) bağıntısını (7.2)'de olduğu gibi yazabiliriz.

$$\Delta = \frac{V}{Et} \left(\frac{1.2h}{\alpha A/t} + \frac{h^3}{12I/t} \right) \quad (7.2)$$

Buradan da duvar rijitliği k, (7.3)'te gösterildiği gibi elde edilir.

$$k = \frac{V}{\Delta} = \frac{Et}{\frac{1.2h}{\alpha A/t} + \frac{h^3}{12I/t}} \quad (7.3)$$

Hesaplarda tuğla duvar için $\alpha=0.4$ alınmıştır. Tablo 7.2'de hesaplanan duvar rijitlikleri gösterilmektedir.

Tablo 7.2 Duvar rijitliklerinin hesabı

DUVAR RİJİTLİKLERİNİN HESABI									
Duvar	i	A_i/t dm	J_i/t dm ³	h dm	$\Delta_i * E t / V_i$	V_i / V	$\Delta_i * E t / V$	$\Delta * E t / V$	$k/E t$
A	0	37,5	4394,5	5	0,40	1,00	0,40	3,27	0,31
	1	15	281,3	15	4,00	0,51	2,05		
	2	14,5	254,1	15	4,21	0,49	2,05		
	3	37,5	4394,5	10	0,82	1,00	0,82		
B	0	62,5	20345,1	10	0,48	1,00	0,48	3,00	0,33
	1	16,3	357,6	20	5,55	0,45	2,52		
	2	14,9	272,9	20	6,47	0,39	2,52		
	3	9,4	69,2	20	16,02	0,16	2,51		
C	0	62,5	20345,1	5	0,24	1,00	0,24	1,64	0,61
	1	15	281,3	15	4,00	0,23	0,92		
	2	39,5	5135,8	15	1,19	0,77	0,92		
	3	62,5	20345,1	10	0,48	1,00	0,48		
1	0	86,3	53468,3	5	0,17	1,00	0,17	1,13	0,88
	1	58,3	16470,5	15	0,79	0,77	0,61		
	2	20	666,7	15	2,67	0,23	0,61		
	3	86,3	53468,3	10	0,35	1,00	0,35		
2	0	86,3	53468,3	5	0,17	1,00	0,17	1,44	0,70
	1	40,8	5639	25	2,07	0,61	1,26		
	2	6,5	22,9	15	19,20	0,05	0,92		
	3	20	666,7	15	2,67	0,34	0,91		
3	4	34,5	3422	10	0,89	0,39	0,35	3,27	0,31
	0	37,5	4394,5	5	0,40	1,00	0,40		
	1	15	281,3	15	4,00	0,51	2,05		
	2	14,5	254,1	15	4,21	0,49	2,05		
	3	37,5	4394,5	10	0,82	1,00	0,82		

Her aksta duvar rijitliklerini bulduktan sonra Tablo 7.3 ve Tablo 7.4'te gösterildiği gibi kat rijitlik ve kütle merkezleri hesaplanır.

Tablo 7.3 Kat rijitlik merkezinin hesabı

RİJİTLİK MERKEZİNİN HESABI						
Eleman	x(m)	y(m)	k _{ix}	k _{iy}	x*k _{iy} (m)	y*k _{ix} (m)
A	1,88	0,13	0,31	0	0	0,04
B	3,13	5	0,33	0	0	1,65
C	3,13	8,5	0,61	0	0	5,19
1	0,13	4,31	0	0,88	0,11	0
2	3,63	4,31	0	0,70	2,54	0
3	6,13	6,75		0,31	1,90	0
Σ			1,25	1,89	4,56	6,88

x _k (m) =	2,41
y _k (m) =	5,50

Tablo 7.4 Kat kütle merkezinin hesabı

KÜTLE MERKEZİNİN HESABI					
Eleman	W(t)	x(m)	y(m)	W*x(tm)	W*y(tm)
A	5,03	1,88	0,13	9,46	0,65
B	7,18	3,13	5	22,47	35,90
C	8,78	3,13	8,5	27,48	74,63
1	12,34	0,13	4,31	1,60	53,19
2	10,96	3,63	4,31	39,78	47,24
3	5,03	6,13	6,75	30,83	33,95
Σ	49,32			131,63	245,56

x _m (m) =	2,67
y _m (m) =	4,98

Rijitlik merkezi ve kütle merkezinin hesabında (7.4) ve (7.5)'de verilen ifadeler kullanılmaktadır.

$$x_k = \frac{\sum (x_i \times k_{ix})}{\sum k_{ix}} ; y_k = \frac{\sum (y_i \times k_{iy})}{\sum k_{iy}} \quad (7.4)$$

$$x_m = \frac{\sum (x_i \times W_i)}{\sum W_i} ; y_m = \frac{\sum (y_i \times W_i)}{\sum W_i} \quad (7.5)$$

Kütle ve rijitlik merkezinin çakışmamasından doğan burulma momenti (7.6) ve (7.7)'de ifade edildiği gibi hesaplanır.

$$M_{tx} = 25.11 \times (5.50 - 4.98) = 13.09 \text{ tm} \quad (7.6)$$

$$M_{ty} = 25.11 \times (2.67 - 2.41) = 6.49 \text{ tm} \quad (7.7)$$

Burulma momentleri hesaplandıktan sonra her akstaki duvarlarda kesme kuvvetleri (7.8) ve (7.9) ifadeleri ile hesaplanır.

$$V_{xi} = \frac{k_{xi}}{\sum k_{xi}} V_x + \frac{k_{xi} \times d_{yi}}{I_p} M_{tx} \quad (7.8)$$

$$V_{yi} = \frac{k_{yi}}{\sum k_{yi}} V_x + \frac{k_{yi} \times d_{xi}}{I_p} M_{ty} \quad (7.9)$$

$d_{xi} ; d_{yi}$: i'inci duvarın kat rijitlik merkezine uzaklıkları

I_p : i'inci katın polar atalet momenti ($I_p = \sum(k_{xi}d_{yi}^2 + k_{yi}d_{xi}^2)$)

Tablo 7.5 Duvar kesme kuvvetlerinin hesabı

DUVAR KESME KUVVETLERİ HESABI							
Yön	Duvar	k/E t	d	kd ² /E t	V*k/Σk	M _t *kd/Σkd ²	V _s
y	1	0,88	2,28	4,58	11,69	1,08	12,77
y	2	0,70	1,22	1,04	9,30	0,46	9,76
y	3	0,31	3,72	4,29	4,12	0,62	4,74
Σ		1,89					
x	A	0,31	5,37	8,94	6,23	0,44	6,67
x	B	0,33	0,50	0,08	6,63	0,04	6,67
x	C	0,61	3,00	5,49	12,25	0,49	12,74
Σ		1,25		24,42			

Duvar kesme kuvvetlerini bulduktan sonra her duvarda kayma gerilmelerini hesaplamak için, her duvarın net taban alanını (A_d) hesaplarız.

Buradan kayma gerilmesi,

$$\tau = \frac{V_{si}}{A_{di}} \leq \tau_{enn} \quad (7.10)$$

şeklinde hesaplanır.

Kayma emniyet gerilmesini bulmak için TS2510'da öngörülen (A Grubu harç kullanıldığı varsayımıyla), (5.6) nolu ifadeyi kullanırız. Bu ifadedeki ortalama basınç dayanımını (7.11) nolu ifadeye gösterildiği gibi hesaplarız.

$$\sigma_{\text{bort}} = \frac{\sum W}{\sum A_d} = \frac{62.775}{7.49} = 8.4 \text{ t/m}^2 \quad (7.11)$$

Tablo 7.6 Kayma gerilmelerinin ve ortalama basınç gerilmesinin hesabı

Yön	Duvar	V	A _d (m ²)	τ (kg/cm ²)	σ _{bort} (kg/cm ²)
y	1	12,77	1,96	0,65	0,84
y	2	9,76	1,68	0,58	
y	3	4,74	0,74	0,64	
Σ					
x	A	6,67	0,74	0,90	
x	B	6,67	1,01	0,66	
x	C	12,74	1,36	0,94	
Σ			7,49		

Kayma emniyet gerilmesi, bina için hesaplanan (gerçek) σ_b basınç gerilmesi dikkate alındığında TS 2510'a göre

τ_{em} = 0,12 σ_b = 0,12 x 0,84 = 0,10 kg/cm² 'dir ve görüldüğü üzere tüm kayma gerilmeleri bu değeri aşmıştır. Yani yapıda güçlendirmeye gerek vardır.

(Diğer yandan τ_{em} gerilmesi içiö duvar anma basınç dayanımı dikkate alındığında τ_{em} = 0,12 x 18 = 2,16 kg/cm² 'dir. Bu durumda güçlendirme yapılmasına gerek olmadığı görülmektedir.)

Yapının ABYYHY'de belirtilen sınırlandırmalara uygunluğunun araştırılması:

- Birinci derece deprem bölgesinde, mesnetlenmemiş duvar uzunluğu ≤ 5.5m olmalı şartına uyulmuş.
- Her doğrultuda yük taşıyan duvarların net uzunluğunun, brüt kat alanına oranı ≥ 0.25x1 m/m² şartına uyulmuş.

$$L_x/A = 12.450/41.72 = 0.298 \text{ m/m}^2$$

$$L_y/A = 17.5/41.72 = 0.419 \text{ m/m}^2$$

- Bina köşesine en yakın pencere ve kapı boşluğu ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci derece deprem bölgelerinde ≥ 1.0 m olma zorunluluğu B/3 ve B/2 hariç sağlanmış.
- Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı $\leq$ mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun %40 olmalı şartına uyulmuş.

İki katlı benzer bir yığma yapıda yatay yük altında x ve y yönündeki duvarlarda oluşan ortalama kayma gerilmelerinin yaklaşık hesabı (yapıda oluşacak burulma momentinin etkisi göz ardı edilerek) aşağıda ikinci bir sayısal örnekte gösterilmiştir. Bu yapıya ait kat planları Şekil 7.3’de gösterilmiştir.

Sayısal Örnek 2

İki Katlı Bir Yığma Binanın Tahkiki

Deprem bölgesi	:1
Kat adedi	:2
Döşeme	:10 cm kalınlığında betonarme plak
Duvar cinsi	:Tuğla (25 cm kalınlığında, $\gamma=2.0$ t/m ³)
Düşey hatıl	:Zemin katta 25 x 25 cm iki adet betonarme hatıl
Yatay hatıl	:Duvar üzerinde 20 cm kalınlığında

Zemin Kat Toplam Duvar Ağırlığının Hesabı:

Yükler:

Plak: $0.10 \times 2.50 =$	0.250 t/m ²	
g =	0.250 t/m ²	
q =	0.250 t/m ²	
p = $1.4g + 1.6q =$	0.750 t/m ²	
<u>Kat Alanı:</u>	<u>41.720 m²</u>	
Kat Ağırlığı: $41.720 \times 0.750 =$	31.290 t	
<u>Toplam Duvar Ağırlığı:</u>	<u>49.300 t</u>	(Tablo 7.1)
<u>Toplam Kat Ağırlığı: W=</u>	<u>80.590 t</u>	

1. Kat Toplam Duvar Ağırlığının Hesabı:

Yükler:

$$\text{Plak: } 0.10 \times 2.50 = 0.250 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Çatı kaplaması: } 0.050 \text{ t/m}^2$$

$$g = 0.300 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Kar yükü } q = 0.075 \text{ t/m}^2$$

$$p = g + 0.3q = 0.323 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Kat Alanı: } 6.25 \times 8.625 = 53.910 \text{ m}^2$$

$$\text{Kat Ağırlığı: } 53.91 \times 0.323 = 17.410 \text{ t}$$

$$\text{Toplam Duvar Ağırlığı: } 59.440 \text{ t} \quad (\text{Tablo 7.7})$$

$$\text{Toplam Kat Ağırlığı: } W = 76.850 \text{ t}$$

Tablo 7.7 1. Kat Toplam Duvar Ağırlığının Hesabı

1. KAT DUVAR AĞIRLIĞI HESABI							
Aks Adı	b	h	Boşluk Alanı	t	V	γ	W
	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m ³)	(t/m ³)	(t)
A	6,25	3,00	3,00	0,25	3,94	2,00	7,88
B	6,25	3,00	4,00	0,25	3,69	2,00	7,38
C	6,25	3,00	1,20	0,25	4,39	2,00	8,78
1	8,63	3,00	1,20	0,25	6,17	2,00	12,34
2	8,63	3,00	3,20	0,25	5,67	2,00	11,34
3	8,63	3,00	2,40	0,25	5,87	2,00	11,74
				$\Sigma V:$	29,72	$\Sigma W:$	59,44

Toplam Bina Ağırlığı:

$$\text{Zemin Kat Ağırlığı} + \text{1. Kat Ağırlığı: } 80.590 + 76.850 = 157.44 \text{ t}$$

Deprem Yükü Hesabı:

(5.3) nolu formülü kullanarak, $V_1 = A_0 \times I \times W$

$I=1.0$, $A_0=0.4$ ve $W=157.44 \text{ t}$ değerlerini formülde yerine koyarak,

Deprem yükünü $V_1 = 1.0 \times 0.4 \times 157.44 = 62.976 \text{ t}$ olarak buluruz.

Tablo 7.8 Ortalama Kayma Gerilmelerinin Hesabı

YAPI ORTALAMA KAYMA GERİLMESİ HESABI

1.DÜSEY YÜKLER	ZEMİN	1.KAT
Kat yüksekliği (m):	3,00	3,00
Kat ağırlıkları (t):	80,59	76,85
Kat ağırlıkları toplamı (t):	157,44	
2.DEPREM YÜKLERİ		
$A_0=$	0,40	
$I=$	1,00	
$S(T)=$	2,50	
$R_a=$	2,50	
$C=$	0,40	
$V_t=$	62,98	
$W_i \cdot H_i=$	241,77	230,55
Toplam $W_i \cdot H_i=$	472,32	
Kat kesme kuvveti (t) $V_i=$	32,24	30,74
3.KAYMA GERİLMELERİ		
x-yönü net duvar taban alanı (m ²)=	3,11	3,49
y-yönü net duvar taban alanı (m ²)=	4,38	5,39
x-yönü ortalama kayma gerilmesi (t/m ²)=	10,36	8,81
y-yönü ortalama kayma gerilmesi (t/m ²)=	7,37	5,70
En büyük ortalama kayma gerilmesi (t/m ²)=	10,36	
4.EŞDEĞER DÜSEY HATIL ALANLARI GÖZ ÖNÜNE ALINIRSA		
Toplam kolon alanı (m ²):	0,13	0,00
E(kolon)/E(duvar) oranı:	15,00	
Eşdeğer kolon alanı (m ²):	1,88	0,00
KAYMA GERİLMELERİ		
x-yönü ortalama kayma gerilmesi (t/m ²)=	6,46	8,81
y-yönü ortalama kayma gerilmesi (t/m ²)=	7,37	5,70
En büyük ortalama kayma gerilmesi (t/m ²)=	8,81	

Tablo 7.8' de görüldüğü üzere binada oluşan maksimum kayma gerilmesi, zemin kattaki düşey hatıllar da göz önüne alınırsa $\tau = 8.81 \text{ t/m}^2$ dir.

Kayma emniyet gerilmesini bulmak için TS2510'da öngörülen (A Grubu harç kullanıldığı varsayımıyla), (5.6) nolu ifadeyi kullanırız. Bu ifadedeki ortalama basınç dayanımını (7.12) nolu ifadede gösterildiği gibi hesaplarız.

$$\sigma_{\text{bort}} = \frac{\sum W}{\sum A_d} = \frac{157.44}{7.49} = 21.02 \text{ t/m}^2 \quad (7.12)$$

Kayma emniyet gerilmesi, bina için hesaplanan (gerçek) σ_b basınç gerilmesi dikkate alındığında TS 2510'a göre $\tau_{\text{em}} = 0.12 \sigma_b = 0.12 \times 21.02 = 2.5 \text{ t/m}^2$ 'dir ve görüldüğü üzere ortalama kayma gerilmeleri bu değeri aşmıştır. Yani yapıda güçlendirmeye gerek vardır.

Yapının ABYYHY'de belirtilen sınırlandırmalara uygunluğunun araştırılması:

- Tüm katlarda, birinci derece deprem bölgesinde, mesnetlenmemiş duvar uzunluğu $\leq 5.5\text{m}$ olmalı şartına uyulmuş.
- Her doğrultuda yük taşıyan duvarların net uzunluğunun, brüt kat alanına oranı $\geq 0.25 \times l \text{ m/m}^2$ şartına uyulmuş.

Zemin Kat:

$$L_x/A = 12.450/41.72 = 0.298 \text{ m/m}^2 ; L_y/A = 17.500/41.72 = 0.419 \text{ m/m}^2$$

Normal Kat:

$$L_x/A = 13.950/53.91 = 0.258 \text{ m/m}^2 ; L_y/A = 21.575/53.91 = 0.400 \text{ m/m}^2$$

- Bina köşesine en yakın pencere ve kapı boşluğu ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci derece deprem bölgelerinde $\geq 1.0 \text{ m}$ olma zorunluluğu Zemin Kat B/3 ve B/2 hariç sağlanmış.
- Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı $\leq$ mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun %40 olmalı şartına uyulmuş.

Mevcut bina genel olarak ABYYHY'te ön görülen şartları sağlasa da, kayma gerilmeleri TS 2510'a göre emniyet gerilmesinin altında kalmaktadır.

8. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışma sırasında genel olarak kırsal yörelerdeki donatısız yığma yapılar incelenmiştir. Deprem sırasında bu yapıların davranışı, hasar biçimleri, bunların nedenleri, yığma duvarları onarım ve güçlendirme şekilleri araştırılmıştır. Son olarak sayısal bir örnek çözülmüştür.

Yığma bir yapının davranışını kesin hatlarıyla belirleyebilmek için, öncelikle o yapıyı oluşturan tüm elemanların belirli standartları karşılıyor olması gerekmektedir. Davranışı etkileyen faktör çok olduğu zaman, yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar farklılık gösterebilmektedir. Tarihi yığma yapılar, o günün teknolojisi ile inşa edildikleri halde, bir çok büyük depremi başarıyla karşılayabilmişlerdir. Ne yazık ki kırsal yörelerde inşa edilmiş bir-iki katlı yığma yapılar bu başarıyı gösterememiştir. Bunun başta gelen nedeninin seçilen malzeme ve işçilik kalitesi olduğu söylenebilir.

Yaşanan son depremlerde (17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri) deprem yönetmeliğindeki ilkelere uyularak yapılan yığma binaların başarılı oldukları gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] TS 704, 1979. Duvarlar İçin Harman Tuğlaları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [2] TS 705, 1985. Duvarlar İçin Dolu ve Delikli Fabrika Tuğlaları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [3] TS 2513, 1977. Doğal Yapı Taşları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [4] TS 2510, 1977. Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] TS 2514, 1977. Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] TS 2515, 1985. Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [7] TS 406, 1988. Duvarlar İçin Beton Blok – Briketler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [8] TS 2848, 1977. Kargir Duvar Harçları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [9] Tomazevic, M. and Klemenc, I., 1997. Verification of Seismic Resistance of Confined Masonry Buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 26, 1073-1088.
- [10] Bozdoğanlı, A.T., 1998. Deprem Yükleri Altında Yığma Binaların Dayanım ve Takviyesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] Paulay T. and Priestley M.J.N., 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings
- [12] Begimgil M., 1991. Tuğla Duvarların Kayma Dayanımının Güçlendirilmesi Üzerine Deneysel ve Analitik Bir Çalışma, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği XI Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı* 1-167
- [13] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), 1997. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [14] Bayülke, N., 1999. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım Ve Güçlendirmesi.
- [15] Groci, G., D'Ayala, D., D'Asdia, P., and Palombini, F., 1987. Analysis On Shear Walls Reinforced With Fibres, *IABSE Symp. On Safety and Quality Assurance of Civ. Engrg. Struct.*
- [16] Triantafillou, T. C., and Fardis, M. N., 1993. Advanced composites for strengthening historic structures, *IABSE Symp. On Struct. Preservation of the Arhitectural Heritage*
- [17] Triantafillou, T. C., and Fardis, M. N., 1997. Strengthening Of Historic Masonry Structures With Composite Materials, *Mat. And Struct., Paris, France*
- [18] Çılı, F., 1978. Yığma Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni 22, 7-25*

ÖZGEÇMİŞ

4 Temmuz 1976'da İstanbul'da doğdu. Orta ve lise öğrenimini İstanbul (Erkek) Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümüne girdi. 1998 yılında buradan mezun olduktan sonra, aynı yılda İ.T.Ü. Yapı Mühendisliği bölümü Yapı Analizi ve Boyutlandırma programında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

