T.C.
SELÇUK ÜNIVERSITESI
FEN BILIMLERI ENSTITÜSÜ

YIGMA YAPILARIN DEPREM DAVRANISININ SARSMA MASASINDA DINAMIK OLARAK INCELENMESI VE FARKLI GÜÇLENDIRME SEÇENEKLERININ DEGERLENDIRILMESI

Fatih ERSUBASI

YÜKSEK LISANS TEZI
INSAAT MÜHENDISLIGI ANABILIM DALI
KONYA 2008

T.C.
SELÇUK ÜNIVERSITESI
FEN BILIMLERI ENSTITÜSÜ

YIGMA YAPILARIN DEPREM DAVRANISININ SARSMA MASASINDA DINAMIK OLARAK INCELENMESI VE FARKLI GÜÇLENDIRME SEÇENEKLERININ DEGERLENDIRILMESI

Fatih ERSUBASI
YÜKSEK LISANS TEZI
INSAAT MÜHENDISLIGI ANABILIM DALI

Bu tez .../.../2008 tarihinde asagidaki jüri tarafindan oybirligi / oyçoklugu ile kabul edilmistir.

Doç. Dr. Özcan TAN

Yrd. Doç. Dr. Ali KÖKEN

Yrd. Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ
(Danisman)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YIGMA YAPILARIN DEPREM DAVRANISININ SARSMA MASASINDA DINAMIK OLARAK INCELENMESI VE FARKLI GÜÇLENDIRME SEÇENEKLERININ DEGERLENDIRILMESI

Fatih ERSUBASI
Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Insaat Mühendisligi Anabilim Dali
Danisman: Yrd. Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ
2008, 102 sayfa

Jüri:
Doç. Dr. Özcan TAN
Yrd. Doç. Dr. Ali KÖKEN
Yrd. Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ (Danisman)

Ülkemizin aktif bir deprem kusaginda yer almasi ve mevcut yapi stogumuzun bu depremlerde yetersiz kalmasi nedeniyle agir can ve mal kayiplarina maruz kalmaktayiz. Bu kayiplar sadece kentsel kesimlerde degil, kirsal kesimlerde de büyük miktarlardadir. Kirsal yapilar kullanicinin kendisi tarafindan sekillendirilen ve insaa edilen, mühendislik hizmeti görmemis, geleneksel yöntemlerle insaa edilmis yapilardir. Bu yapilar sadece

düsey yükler düsünülerek yapildiklari için deprem davranislari çok yetersizdir. Bu nedenle kirsal yapilarin, özellikle yigma yapilarin, deprem dayanimlarinin artirilmasi için güçlendirme çalismalari yapilmalidir. Bu çalismada yigma yapilarda uygulanabilecek ekonomik yöntemlerin, deprem dayanimina olan katkisi, dinamik bir deney düzeneginde incelenmis ve karsilastirmalar yapilmistir. Dinamik yükleme için basitlestirilmis bir sarsma masasi imal edilmistir. Ölçek olarak 1/10 seçilmis ve tek odali bir yapi modeli olusturulmustur.

Anahtar kelimeler: Deprem, yigma yapi, hasar, göçme, sarsma masasi.

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF DIFFERENT STRENGTHENING TECHNIQUES FOR MASONRY STRUCTURES AND TESTING DYNAMIC PROPERTIES IN A SHAKING TABLE FACILITY

Fatih ERSUBASI

Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2008, 102 Pages

Jury:

Assoc. Prof. Dr. Özcan TAN

Asist. Prof. Dr. Ali KÖKEN

Asist. Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ (Supervisor)

Turkey is situated in a very active earthquake zone and the rural dwelling stock of the country can not withstand the loads due to earthquakes. Because of these facts, several life losses occurred not only on the urban part, but also on the rural part of the Turkey. The rural structures are generally constructed by the owners and they can be classified as non engineered structures. These structures designed for only vertical gravity loads and their lateral load carrying capacity is limited. Due to this fact, they must be strengthened with a applicable, economical and effective method. In this study, several strengthening

methods are tested in a dynamic experiment apparatus and comparisons are made. A simplified shaking table is constructed. A one room house model with a 1/10 scale is used.

Key Words: Earthquake, masonry structures, damage, failure, shaking table.

IÇINDEKILER

ÖZET i

ABSTRACT iii

IÇINDEKILER v

SEKILLER LISTESI vii

1. GIRIS 1

1.2. MÜHENDISLIK HIZMETI GÖRMEMIS YIGMA YAPILARDA DEPREM HASARI 3

1.2.1 Yigma yapilarda deprem hasari 3

1.2.1.1 Tugla ve kerpiç yigma yapilarda deprem hasari 3

1.2.1.2 Tas yigma yapilarda deprem hasari 20

1.2.2 Ahsap iskeletli kirsal yapilarda hasar 27

1.3. HASAR SINIFLANDIRILMASI 36

1.3.1 Yigma Yapilarda Hasar Siniflandirilmasi 36

1.3.1.1 Az Hasarli Yigma Duvarlar 37

1.3.1.2 Orta Hasarli Yigma Duvarlar 39

1.3.1.3 Agir Hasarli Yigma Duvarlar 40

1.3.2 Ahsap Karkas Yapilarda Hasar Siniflandirmasi 41

1.3.2.1 Az Hasarli Karkas Duvarlar 42

1.3.2.2 Orta Hasarli Karkas Duvarlar 43

1.3.2.3 Agir Hasarli Karkas Duvarlar 44

2. LITERATÜR ÖZETI 45

3. MATERYAL VE METOD 57

4. DENEYSEL ÇALISMA 68

4.1 Referans numune RN1 69
4.2. Güçlendirilmis deney numunesi KEYGN1 71
4.3 Güçlendirilmis deney numunesi KEYGN2 77
4.4 Güçlendirilmis deney numunesi KEYGN3 80
4.5 Güçlendirilmis deney numunesi ÇLGN1 82
4.6 Hasir çelik uygulamasi ile güçlendirilmis Deney Numunesi HÇGN1 86
4.7 Yatay sargili deney numunesi YSN1 92
4.8 Yatay sargili deney numunesi YSN2 94
4.9 Yatay sargili deney numunesi YSN3 96
4.10 Payandali deney numunesi PN1 97
4.11 Düsey donati ile güçlendirilmis Numune DDGN 100

5. SONUÇLAR 107

6. KAYNAKLAR 112

SEKILLER LISTESI

Sekil 1.1 Türkiye deprem bölgeleri haritasi 1
Sekil 1.2 Düzlem disi yatay yüklemeye maruz serbest duvar 4
Sekil 1.3 Düzlemde yatay yüklemeye maruz serbest duvar 5
Sekil 1.4 Yigma duvarda egik çatlama 6
Sekil 1.5 Uzun yigma duvarda egik çatlama 7
Sekil 1.6 Duvarda bosluk bulunmasi durumunda egik çatlak 8
Sekil 1.7 Duvarda birden fazla bosluk olmasi durumunda çatlagin ilerlemesi 8
Sekil 1.8 Hatilli ve hatilsiz kerpiç yapilar 9
Sekil 1.9 Dört duvardan teskil yigma yapida titresim 10
Sekil 1.10 Üç dis duvardan olusan yapi ve deprem sonrasi yikimi 10
Sekil 1.11 Kerpiç yigma duvarda köse hasari 11
Sekil 1.12 Tugla yigma duvarda köse hasari türleri 12
Sekil 1.13 Kerpiç, yigma yapilarda farkli tür köse hasari 13
Sekil 1.14 Yigma yapilarda duvarin düzlem disi devrilmesi 14
Sekil 1.15 Dis briket duvarin mekan içine devrilmesi 15
Sekil 1.16 Yigma yapilarda çarpma hasari 16
Sekil 1.17 Geometrik olarak orantisiz yapilarda hasar 17
Sekil 1.18 Bosluklar arasi duvarda yatay yükler altinda çatlak sekli 18
Sekil 1.19 Pencere bosluklari arasinda egik çatlak olusumu 18
Sekil 1.20 Tugla yigma yapilarda pencere bosluklari arasi deprem hasari 19
Sekil 1.21 Moloz tas duvar kesiti 21
Sekil 1.22 Moloz tas duvarlarda 2004 Erzurum depremi sonrasi gözlenen hasar 22
Sekil 1.23 Tas yigma yapilarda agir toprak dam yükü 23
Sekil 1.24 Tas yigma yapida hasar türü 24
Sekil 1.25 Tas yigma yapilarda düzlem disi duvar devrilmesi 25

Sekil 1.26 Tas yigma yapida gözlenen köse hasari 26
Sekil 1.27 Ahsap iskelet takviyeli yigma yapi 27
Sekil 1.28 Ahsap iskeletli yigma yapilarda kerpiç yigma duvarlarin düzlem disi devrilmesi 28
Sekil 1.29 Ahsap iskeletli yigma yapilarda duvarlarin düzlem disi devrilmesine farkli örnekler 29
Sekil 1.30 Ahsap yapi elemanlari arasinda baglantilar 31
Sekil 1.31 Himis yapida deprem hasari 33
Sekil 1.32 Himis ve bagdadi yapilarda deprem hasari 34
Sekil 1.33 Kirsal yapilarda görülen olasi hasar türlerinin sematik özeti 35
Sekil 1.34 Az hasarli duvar davranislari 38
Sekil 1.35 Az hasarli yapi davranislari 38
Sekil 1.36 Orta hasarli duvar davranislari 39
Sekil 1.37 Orta hasarli yapi davranislari 40
Sekil 1.38 Agir hasarli duvar davranislari 41
Sekil 1.39 Agir hasarli yapi davranislari 41
Sekil 1.40 Az hasarli duvar davranislari 43
Sekil 1.41 Orta hasarli duvar davranislari 43
Sekil 1.42 Agir hasarli duvar davranislari 44
Sekil 3.1 Çerçeveli yapilarda kütle dagilimi ve deprem yükleri 57
Sekil 3.2 Peru'da egilme masasi deneyinde 1/1 ölçekli orijinal ve güçlendirilmis numunelerin deney sonu görüntüleri 58
Sekil 3.3 Egilme tablasi deneyinde kuvvetlerin gösterimi 59
Sekil 3.4 ODTÜ'de gelistirilen egilme tablasi 59
Sekil 3.5 Roorke sok tablasi deney düzeneginin sematik ifadesi. 60
Sekil 3.6 Hindistan'da denenen yigma yapilar ve deney düzenegi 60
Sekil 3.7 Bayindirlik Bakanligi sok tablasi 61
Sekil 3.8 Masa hareket platformu 62
Sekil 3.9 Eksenden kaçik disk 63
Sekil 3.10 Motorun hareketini masaya ileten mil 63
Sekil 3.11 Sistemin genel görünüsü 63

Sekil 3.12 Motor kontrol ünitesi 64
Sekil 3.13 Model yapinin boyutsal özellikleri 65
Sekil 3.14 Platformun 14 Hz frekansinda degisik L/r degerleri için örnek hiz-zaman grafigi 66
Sekil 3.15 Platformun 14 Hz frekansinda degisik L/r degerleri için örnek ivme-zaman grafigi 67
Sekil 4.1 Referenas numune RN1 için hasar ve göçme sirasi 70
Sekil 4.2 CFRP nin modellenmesi için yapilan denemeler 71
Sekil 4.3 CFRP yaygilari ile duvar kösesinin sarilmasi 72
Sekil 4.4 Güçlendirme isleminden görüntüler 73
Sekil 4.5 Duvarin sivanmasi 74
Sekil 4.6 KEYGN1 numunesi göçme sirasi 77
Sekil 4.7 KEYGN2 numunesinin hazirlanisi ve detaylari 78
Sekil 4.8 KEYGN2 numunesi göçme sirasi 79
Sekil 4.9 KEYGN3 numunesinin hazirlanisi ve detaylari 80
Sekil 4.10 KEYGN3 numunesi göçme sirasi 82
Sekil 4.11 Çelik serit düzenlemeleri 83
Sekil 4.12 Saç levhalarla güçlendirme denemesi 84
Sekil 4.13 ÇLGN1 numunesi göçme sirasi 85
Sekil 4.14 Yigma binada hasir çelik ve siva ile güçlendirme örnegi 86
Sekil 4.15 Aksehir'de kerpiç yapilarin hasir çelik ve siva ile güçlendirilmesi 87
Sekil 4.16 Peru'da gerçeklestirilen kümes teli ile kerpiç yapilari güçlendirme uygulamasi 88
Sekil 4.17 Güçlendirmede kullanilan tel 89
Sekil 4.18 Numune köselerinin alçi ve sinek teli ile kaplanmasi asamalari 89
Sekil 4.19 HÇGN1 numunesinin son hali 90
Sekil 4.20 HÇGN1 numunesinde hasar durumu 91
Sekil 4.21 Benedetti ve ark. (1998) uyguladigi yatay sargilama detaylari 92
Sekil 4.22 YSN1 numunesi hasar siralamasi 93
Sekil 4.23 YSN2 numunesi yatay ard germe detay görünümü 94
Sekil 4.24 YSN2 numunesi hasar siralamasi 95

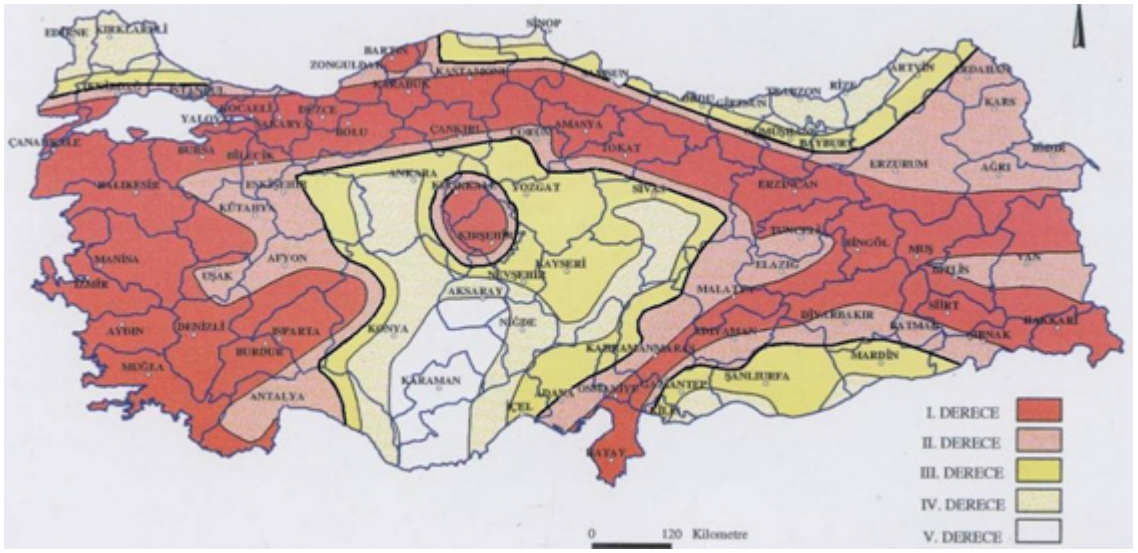
Sekil 4.25 YSN3 numunesi hasar siralamasi 97
Sekil 4.26 PN1 numunesi hazirlanma asamasi 98
Sekil 4.27 PN1 numunesinin göçme sirasi 99
Sekil 4.28 DDGN numunesi hazirlanma asamasi 101
Sekil 4.29 DDGN numunesinin göçme sirasi 104

TALOLAR LISTESI

Tablo 4.1 Güçlendirme yöntemlerinin karsilastirilmasi 105

1. GIRIS

Ülkemiz topraklarinin ve nüfusunun %90 nindan fazlasi deprem tehdidi altindadir (Sekil 1.1). Sadece 1999 Marmara depremindeki can kaybi 20.000 kisi civarindadir. Depremler sonrasi yapilan gözlemler sonucu tespit edilen, hasara veya göçmeye sebep olan tasarim ve yapim hatalarinin birbirinin ayni olmasi üzüntü vericidir. Olusan depremler sonrasi ülke gündemi bir süre suçluyu aramakta ancak zaman geçtikçe olanlar unutulmakta ve ayni hatalar tekrarlanmaktadir.



Sekil 1.1 Türkiye deprem bölgeleri haritasi (Kaynak: Afet Isleri Genel Müd.)

Medyada, bilimsel çevrelerde ve kamuoyunda betonarme yapi sistemlerinin deprem dayanimi ve sorunlari daha çok yer bulmakta iken, mühendislik hizmeti görmemis yapilara ayni derecede deginilememektedir. Mühendislik hizmeti görmemis yapi kavrami ile, bir mühendis yada mimarin tasarimda yada insasinda görev almadigi, kullanicinin veya insaat ustalarinin kendi bilgi yada geleneksel yapi aliskanliklarini kullanarak insa ettikleri binalar tanimlanmaktadir. Örnek olarak, kerpiç, tas, briket yada tugla yigma yapilar, yari ahsap iskeletli geleneksel yapilar sayilabilir.

Kirsal kesimde karsilasilan konutlarin hemen hemen tamami ve kentlerin gecekondu veya varoslarindaki kaçak binalarin çok büyük bir bölümü mühendislik hizmeti görmemistir. Bu yapilar dinamik etkiler ve yatay yükler düsünülmeden yapildiklari için depremlerde hasar görmekte ve can kayiplarina neden olmaktadir.

1.2. MÜHENDISLIK HIZMETI GÖRMEMIS YIGMA YAPILARDA DEPREM HASARI

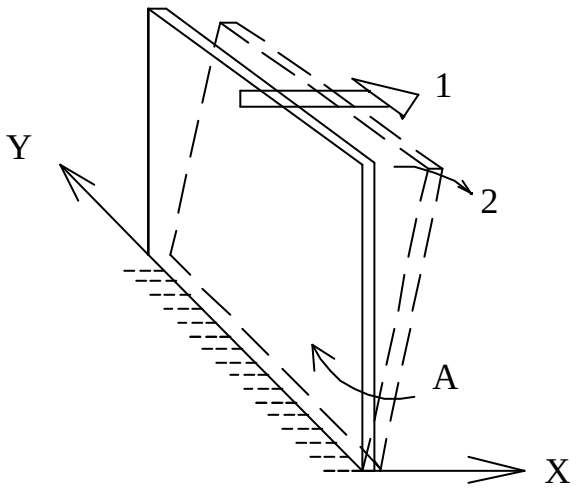
1.2.1 Yigma yapilarda depre m hasari

1.2.1.1 Tugla ve kerpiç yigma yapilarda deprem hasari

Deprem kuvvetleri yapi elemanlarinda çok çesitli hasar sekilleri olusturmaktadir. Yigma yapilar çerçeveli yapilara göre daha rijittir. Bu nedenle deprem esnasinda daha fazla yatay yüke maruz kalirlar. Deprem sirasinda yerin ileri ve geri rasgele hareketi yapida eylemsizlik etkisi olusturacak ve daha önce sadece düsey yükleri tasiyan duvar ve düsey hatil gibi elemanlar, deprem nedeniyle olusan yatay yüklerin de etkisi altinda kalacaktir. Yigma yapi malzemelerinin karakteristik özelligi olarak; basinç yüklerine ve gerilmelerine karsi dayanimi orta ya da yüksek seviyede, çekme zorlamalarina karsi ise oldukça düsük seviyede olmasidir. Özellikle tugla ve kerpiç yigma yapilarda kullanilan malzeme çok gevrek oldugu için düsük ötelenmelerde bile çatlarlar. Bu çatlama tas,

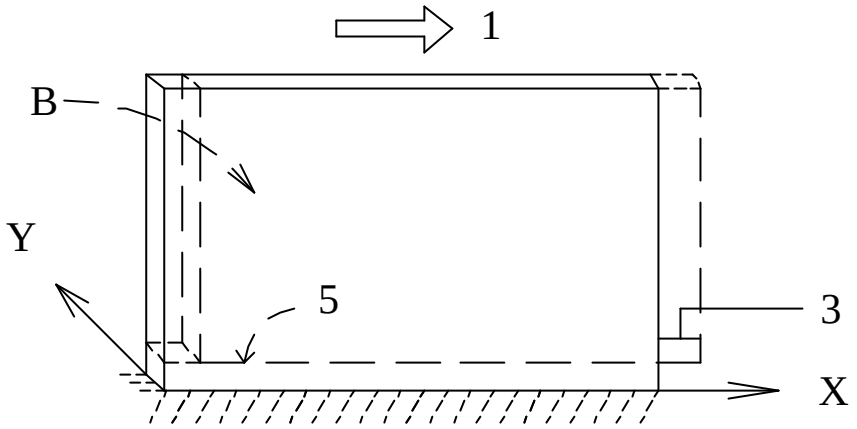
tugla gibi çekme dayanimi düsük malzemelerde daha önemlidir. Çatlamadan sonra kesmeye karsi etkin kesit alani azalir. Malzemenin kesme dayanimi da asilinca çatlak genisler. Çatlama ile duvarlardan olusan yapi bir bütün halinde degil, bagimsiz hareket eden parçalar haline dönüsür ve ilerleyen yerdegistirmelerde (deplasmanlarda) kismi veya bütün halde göçme meydana gelir.

Yigma yapilarin deprem dayanimi, malzemesi ne olursa olsun, çati sistemine ve tasiyici duvarlara üstten nasil mesnetlendigine baglidir. Duvarlarin birbirine dik olarak kesistigi köse baglanti noktalari çati sisteminden sonra en önemli detaydir. Çati hizasindan ve köselerden iyi mesnetlenmemis bir yigma duvar düzlem disi yatay yüklemeye maruz kalirsa dayanimi çok düsük olacak ve tabanda egilmeden dolayi çekme çatlaklari olusacak ve düzlem disina devrilecektir (Sekil 1.2).



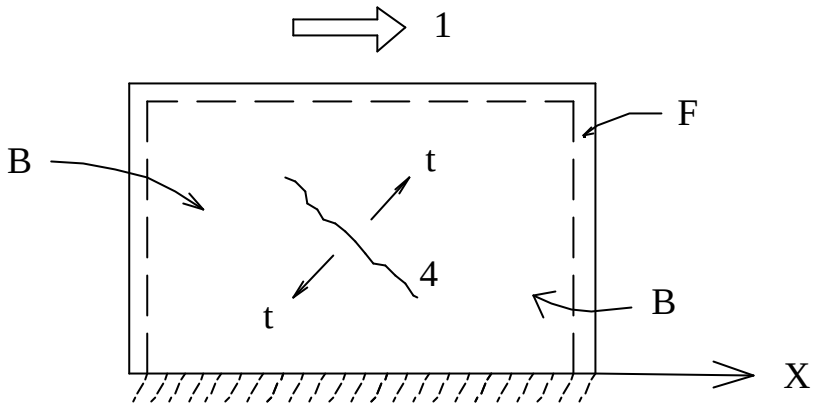
Sekil 1.2 Düzlem disi yatay yüklemeye maruz serbest duvar

Duvar düzleminde yatay yüklere maruz birakilirsa (Sekil 1.3), derzlerin yapildigi harcin veya tugla elemanlarin kayma dayanimi düsükse, tabanda yatay kesme çatlaklari olusacaktir.



Sekil 1.3 Düzlemde yatay yüklemeye maruz serbest duvar

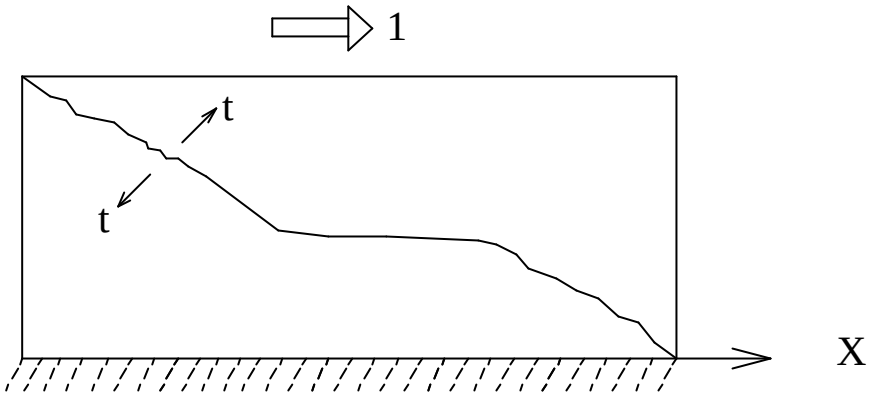
Diger duvarlarca mesnetlenmis yigma duvarda, düzlemdeki yatay yük nedeniyle egik çekme çatlaklari olusacaktir (Sekil 1.4). Depremin yönünün degismesi ile ilk olusan çatlaga dik yönde de çatlak olusacak ve X seklini alacaktir. Duvarin uzunluk/yükseklik orani fazla ise, egik çatlak yine olusacak, ancak duvarin ortasinda yere paralel olacak ve sonra tekrar egik olarak devam edecektir (Sekil 1.5).







Sekil 1.4 Yigma duvarda egik çatlama (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)





Sekil 1.5 Uzun yigma duvarda egik çatlama (Kaynak: A. Türer arsivi)

Duvar içinde pencere yada kapi gibi bosluk olmasi durumunda, egik çatlak boslugu kesecek sekilde yönlenecektir (Sekil 1.6).



Sekil 1.6 Duvarda bosluk bulunmasi durumunda egik çatlak (Altin, 2005)

Duvarda birden fazla pencere ve kapi boslugu var ise, egik çatlak duvar düzlemi boyunca en kisa yolu izleyerek, bosluklari keserek ilerleyecektir (Sekil 1.7).



Sekil 1.7 Duvarda birden fazla bosluk olmasi durumunda çatlagin ilerlemesi (Kaynak: A. Türer arsivi)

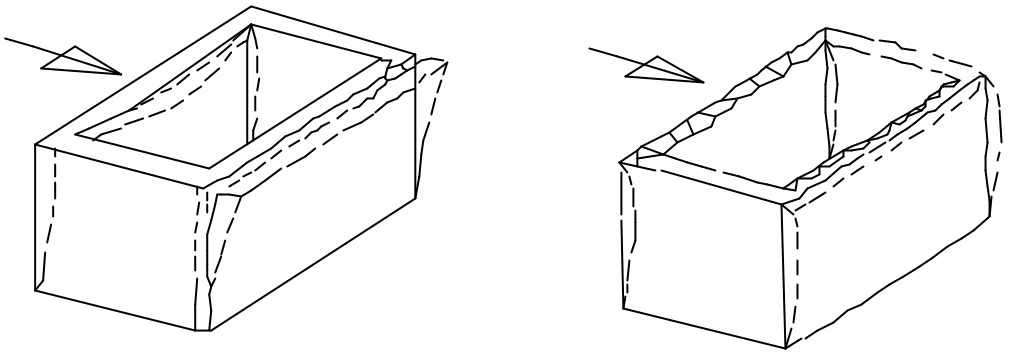
Yapida olusacak çatlaklarin ilerleyerek tüm duvari kaplamasi ve duvarin tasima kapasitesinin tükenmesini önlemek için duvar yüksekligi boyunca belirli araliklarla ahsap yada betonarme hatillar konulmasi gereklidir. Sekil 1.8-a da hatilli ve Sekil 1.8-b de ise 2 katli olmasina ragmen hatilsiz yapilmis duvarlar verilmistir. Ayrica hatilli yapida temel üstünden belirli bir yükseklige kadar duvar tas olarak yapilmis ve zemin suyundan kaynaklanan bozulmalarin önüne geçilmistir. Ayni yapida köselerde dik kesisen duvarlar birbirine geçmeli yapilmistir.



a) b)

Sekil 1.8 Hatilli ve hatilsiz kerpiç yapilar (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Yapi dört duvari ile birlikte depreme karsi koyuyorsa, düzlemde yatay yüke maruz duvarlar, serbest duvara göre daha fazla dayanim gösterecektir. Bu durumda duvarlar arasi baglanti önem kazanacaktir. Duvarlar birbirine yeterli miktarda baglanmamis ise deprem etkisi altinda farkli modlarda titresecek ve yapi bütünlügünü kaybedecektir (Sekil 1.9-a). Duvarlar birbirine tok bir sekilde baglanmissa, duvarlar senkronize bir sekilde titresecektir (Sekil 1.9-b).



a) b)

Sekil 1.9 Dört duvardan teskil yigma yapida titresim

Bazi durumlarda bitisik nizam yigma yapinin sadece 3 dis duvarinin insa edilerek dördüncü duvar olarak da bitisik komsu binanin duvarinin kullanilmasi görülmektedir. Böyle bir yapida yukarida anlatilan kutu seklinde davranis teskil edilemeyecek ve binanin deprem dayanimi önemli ölçüde azalacaktir. Sekil 1.10 da böyle insa edilmis ancak Sultandagi depreminde yikilmis bir yapinin dördüncü duvarini paylastigi bitisik yapi görülmektedir.



Sekil 1.10 Üç dis duvardan olusan yapi ve deprem sonrasi yikimi

(Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Yapida duvarlari birbirine baglayabilecek ve duvarlarin üstüne iyi mesnetlenmis bir çati sistemi var ise, yapi kutu davranisi sergileyebilecek ve deprem dayanimi önemli ölçüde artacaktir. Böyle bir durumda ise yapi köse baglantilarindan zorlanacaktir. Sekil 1.11 de kerpiç bir yapida gözlenen köse hasari, Sekil 1.12 de ise tugla yigma yapidaki hasar verilmistir.



Sekil 1.11 Kerpiç yigma duvarda köse hasari (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)



Sekil 1.12 Tugla yigma duvarda köse hasari türleri (Kaynak: A. Türer arsivi)

Depremlerden sonra gözlenen bir diger köse hasari türü ise, köseye yakin yerde duvarda düsey olarak uzanan çatlak seklindedir (Sekil 1.13).





Sekil 1.13 Kerpiç, yigma yapilarda farkli tür köse hasari (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Yigma yapilarda gözlenen bir diger hasar seklide, köselerinden yeterince mesnetlenmeyen ve düzlem disi deprem kuvvetine maruz duvarlarin düzlem disi devrilmesidir. Bu duvarlar özellikle paralel çati kirislerinin üstten mesnetlenmedigi duvarlardir. Eger bu çati kirisleri duvarlarin üstüne yerlestirilmis olsaydi çati agirligi düzlem disi devrilmeyi büyük ölçüde önleyebilecekti (Sekil 1.14). Ayrica çati kirislerinin yuvarlak olarak kesilmesi ve kabugunun siyrilmasina, bu kirislerin duvara mekanik bir vasita ile sabitlenmemesi eklenince, kirisler duvar üstünde rahatça yuvarlanacaktir. Bu kirisler yerlestirildikleri duvardan disari dogru uzatilmalari gerekirken, çogu durumda oldugu gibi, duvara kismen mesnetlenirlerse deprem etkisi altinda duvardan kayarak mekan içine düsecektir.



Sekil 1.14 Yigma yapilarda duvarin düzlem disi devrilmesi (Kaynak: A. Türer arsivi)

Dis duvar bazi durumlarda mekan içine dogru da yikilarak hane halkinin ezilmesine neden olabilir (Sekil 1.15).



Sekil 1.15 Dis briket duvarin mekan içine devrilmesi (Kaynak: A. Türer arsivi)

Betonarme yapilarda oldugu gibi bitisik nizam da yerlesmis yigma yapilarda da deprem sirasinda farkli dogal dinamik özelliklerden dolayi binalar farkli frekanslarda titresecek ve birbirlerine çarparak hasara neden olacaklardir (Sekil 1.16).



Sekil 1.16 Yigma yapilarda çarpma hasari (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Geometrik olarak boyutlari orantisiz yapilar depremde daha fazla zorlanacak ve hasar görecektir. Sekil 1.17 de genislik/yükseklik orani uygun olmayan iki yigma yapidaki hasar gösterilmistir.

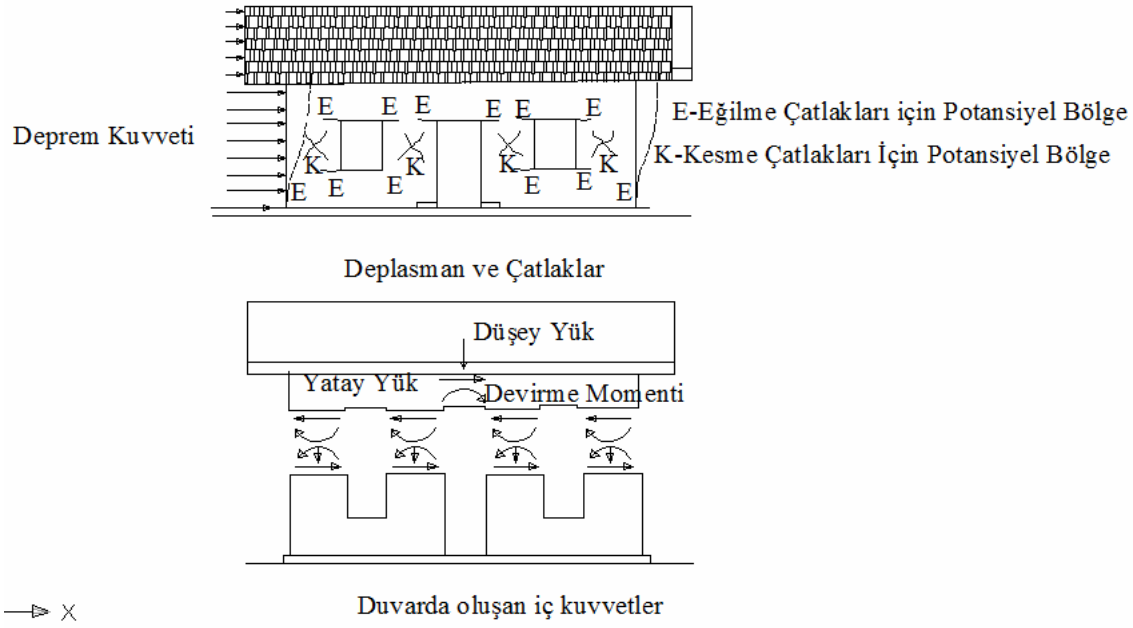


Sekil 1.17 Geometrik olarak orantisiz yapilarda hasar (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Yigma yapilarda pencere veya kapi gibi bosluklar arasinda kalan düsey ve yatay duvar parçalari deprem sirasinda fazla kesme kuvvetine maruz kalir. Bunun neticesinde bu bölgelerde çapraz kesme çatlaklari görülür (Yarar, 1985) (Sekil 1.18-19).



Sekil 1.18 Bosluklar arasi duvarda yatay yükler altinda çatlak sekli (Akincitürk, 2003)



Sekil 1.19 Pencere bosluklari arasinda egik çatlak olusumu

Sekil 1.20 de Sultandagi ve Erzurum depremi sonrasinda gözlenen benzer hasar örnekleri verilmistir.



(Kaynak D.Aydin arsivi)



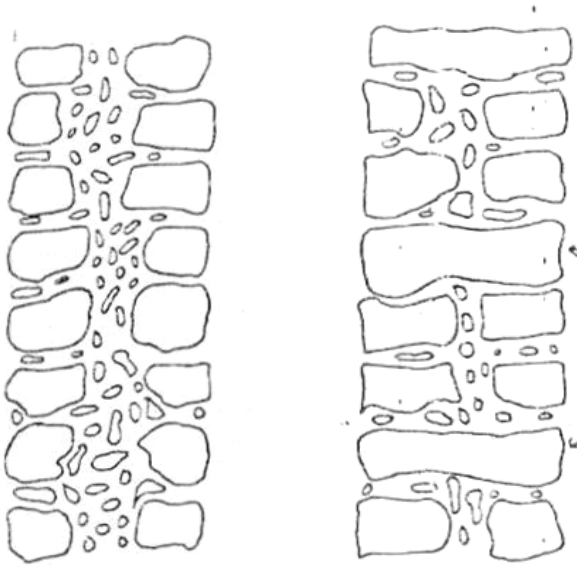


Sekil 1.20 Tugla yigma yapilarda pencere bosluklari arasi deprem hasari

(Kaynak: A. Türer arsivi)

1.2.1.2 Tas yigma yapilarda deprem hasari

Dogu ve Güneydogu Anadolu'da görülen genel kirsal yapi tipi; kalin tas duvarli, çamur harçli düz toprak damli yapilardir. Bu yapi tipi hiçbir yapim bilgisi olmayan kisilerce ve sadece barinma ihtiyacini karsilamak için yerel olanaklarla yapilan yapilardir. Kisin siddetli geçtigi bu bölgelerde isi yalitimi amaciyla duvarlar kalin, çamur harçli moloz tas duvarlarla yapilmaktadir. Dogu Anadolu bölgesinde moloz tas duvarlarda görülen olumsuzluk duvarlarin iki katman halinde küçük moloz taslardan yapilmasi ve arada kalan kismin ise çamur ve daha küçük taslarla doldurulmasidir (Sekil 1.21-a). Moloz taslar ise genellikle dere yatagi gibi yerlerden toplandigi için yuvarlak sekillidir. Bu nedenle harçla birbirine baglanmasi zorlasir. Ayrica genellikle duvar kesitinde baglayici tas kullanilmadigi için, duvar birbiri ile hiçbir baglantisi olmayan, iç ve dis duvarlarin olusturdugu, yan yana duran iki yarim duvar olarak çalismakta ve duvar eksenel yükünün artmasiyla yada düsük yer hareketlerinde bile yapi disina dogru deforme olarak dista kalan yüzey göçmektedir. 2004 Erzurum depreminden sonra bu sekilde hasara ugramis pek çok yapi gözlenmistir (Sekil 1.22). Harç olarak çamur kullanilmasi sonucu zamanla taslar arasindaki çamur kuruyup büzülmekte, dökülmektedir. Taslar arasindaki bag sadece sürtünme ile saglanmaktadir. Deprem oldugunda bu duvarlarin çok düsük bir kesme dayanimi vardir (Bayülke, 1984).



a) b)

Sekil 1.21 Moloz tas duvar kesiti (Bayülke, 1984)



(Kaynak: T. Wasti arsivi)



Sekil 1.22 Moloz tas duvarlarda 2004 Erzurum depremi sonrasi gözlenen hasar

(Kaynak: A. Türer arsivi)

Kirsal yapilarda çati örtüsünde toprak dam yapilmasi uygulamasi oldukça yaygindir. Dama serilen toprak “log” adi verilen silindirlerle sikistirilir. Zamanla dam üstünde kar vs. yük binmesi ile ahsap çati kirislerinde sehimler olur. Bu sehimler, ahsap kirislere haserelerce zarar verilmesi ile artabilir. Sehim yapan yerlerde su birikmesini önlemek için buraya yeni toprak tabakasi yerlestirilir ve sikistirilir. Bu ise zayif kesitlere daha çok yük binmesini getirir. Zamanla dam örtüsü çok kalin bir tabaka haline gelebilir. Toprak dam yapimi kerpiç binalarda oldugu gibi, tas veya moloz tas binalarda da görülmektedir

(Sekil 1.23). 2004 Erzurum depreminden sonra çekilen fotograflarda dam örtüsünün ne kadar kalin olabildigi görülebilmektedir. Bu dam yükü deprem sirasinda yapiya gelecek yatay yükü de artiracak ve zaten dayanimi az olan duvarlar daha fazla zorlanacaktir. Duvarlarin yikilmasi ile dam kullanicilarin üzerine göçecek ve sonuçta insanlarin sag çikma ihtimali azalacaktir.



Sekil 1.23 Tas yigma yapilarda agir toprak dam yükü (Kaynak: A. Türer arsivi)

Tas yigma yapida, tas bloklarin boyutlari büyük olursa (duvar kalinligina göre) baglayici madde olarak kullanilan harç, yapi elemanlarini birbirine baglayamayacak ve depremde agir elemanlar kullanicilarin üstüne düsebilecektir (Sekil 1.24).



Sekil 1.24 Tas yigma yapida hasar türü (Gölalmis, 2005)

Tugla yigma yapilarda gözlenen, paralel çati kirislerinin mesnetlenmedigi duvarlarda düzlem disi devrilme (Sekil 1.25) ve duvar köselerinde olusan hasarlarin benzerleri tas yigma yapilarda da görülmektedir (Anonim, 1990) (Sekil 1.26).





Sekil 1.25 Tas yigma yapilarda düzlem disi duvar devrilmesi (Kaynak: A. Türer arsivi)



Sekil 1.26 Tas yigma yapida gözlenen köse hasari (Kaynak: A. Türer arsivi)

1.2.2 Ahsap iskeletli kirsal yapilarda hasar

Bu bölümde tasiyici sistemi yigma duvarlarin yani sira, ahsap elemanlarla da desteklenmis yapi türlerinde gözlenen hasarlar incelenecektir.

Ahsap iskeletli yigma yapilarda, ahsap iskelet, duvarin içine yapilabildigi gibi, çogu durumda da, mekanin içinde duvar disinda yapilmaktadir (Sekil 1.27). Bu tür yapilarda da yigma duvarlarin düzlem disi devrilmesine depremlerden sonra siklikla rastlanmaktadir (Sekil 1.28-29).



Sekil 1.27 Ahsap iskelet takviyeli yigma yapi (Kaynak: A. Türer arsivi)



(Kaynak D. Aydin arsivi)

Sekil 1.28 Ahsap iskeletli yigma yapilarda kerpiç yigma duvarlarin düzlem disi devrilmesi

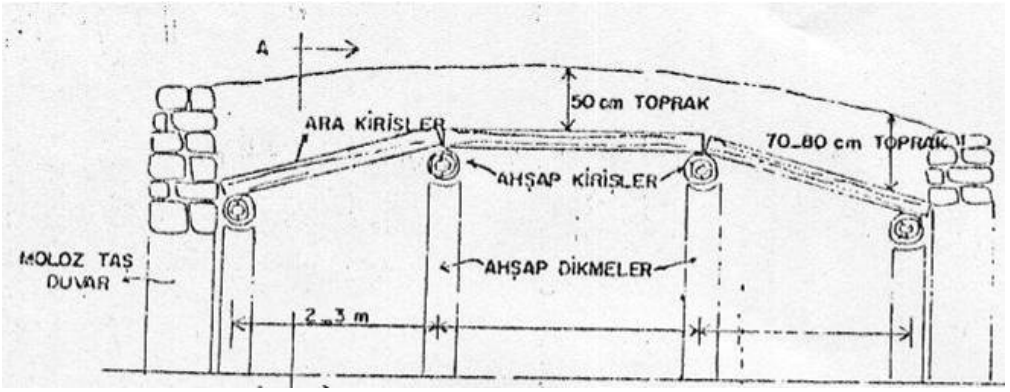






Sekil 1.29 Ahsap iskeletli yigma yapilarda duvarlarin düzlem disi devrilmesine farkli örnekler (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Ahsap iskeletli yapilar yigma yapilara göre daha sünek, daha hafif ve deprem dayanimi bakimindan daha iyidir (Bayülke, 2001). Ancak ek yerlerinin iyi yapilmis olmasi sarttir. Dogu Anadolu kirsalinda, ahsap dam kirisleri kismi olarak tasiyici duvarlara oturmakta, bu kirisler oda içinde ya da duvar içinde ahsap düsey elemanlarca desteklenmektedir. Ancak, kiris ve düsey eleman arasinda dügüm noktasinda hiçbir baglayici vasita (çivi, kama vb) bulunmamakta, kiris dikmeye kayici mesnet seklinde oturmakta ve yanal yüklere karsi yalnizca sürtünme kuvvetleri karsi koymaktadir (Sekil 1.30). Her iki elemanda yuvarlak kesitli ve kabugu siyrilmis oldugu için dügüm noktasinin rijitligi çok azdir. Çok küçük yer hareketlerinde bile dügüm noktalari dagilmakta ve çati göçebilmektedir. Ayrica, çati kirisleri duvarlara tam oturmadigi için, duvarlar üst tarafta serbest kalabilmekte ve yapi kutu davranisini hiçbir sekilde gösterememektedir.

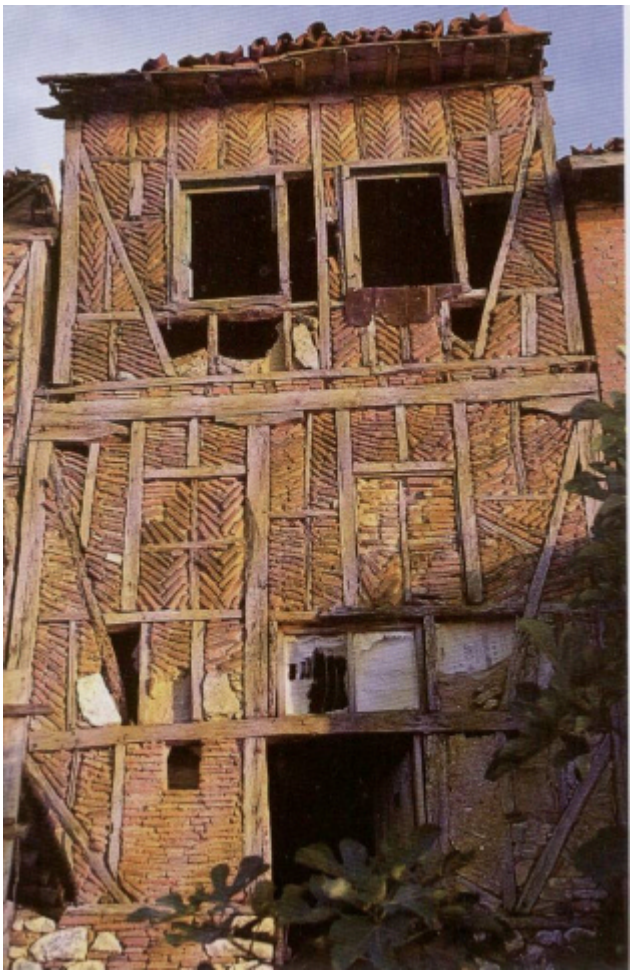


(Bayülke, 1984)



Sekil 1.30 Ahsap yapi elemanlari arasinda baglantilar (Kaynak: A. Türer arsivi)

Himis yapilar ahsap dikme ve çaprazlar ve bunlarin arasina çesitli dolgu malzemelerinin konulmasi ile yapilan yapilardir (Hugres, 2000). Bu yapilarda, duvarlar ve ahsap dikmeler, aralarindaki dolgu malzemeleri ile birlikte düsey ve yatay yükleri tasirlar. Bazi durumlarda (iki katli olanlarda) yapinin zemin kati tas veya tugla yigma olup birinci kat ahsap karkas olarak yapilabilir. Himis yapilar 3 kata kadar yapilmakta ve dösemeleri de ahsap olmaktadir. Himis yapilarda ahsap karkasin arasina dolgu malzemesi olarak yerel sartlara bagli tas, tugla, kerpiç, agaç kabugu vb. malzemeler konulmaktadir. Dolgu malzemeleri arasinda olusan sürtünme kuvvetleri yapinin enerji tüketme kapasitesini artiracaktir. Deprem etkisi ile olusan büyük deformasyonlarda ahsapla ayni esnek davranisi gösteremeyen dolgu malzemesi parçalanip dökülebilmekte ve can kaybina neden olabilmektedir (Sekil 1.31) (Dikmen, 2004).



Sekil 1.31 Himis yapida deprem hasari

Bagdadi yapilarin deprem davranisi himis yapilara göre daha iyidir (Langenbach, 2004). Bagdadi yapilar himis yapilara göre bosluklari agir malzemeyle doldurulmamakta, iç ve dis sivalar bagdadi çitalari üzerine yapilmaktadir. Böylelikle hafiflik ve düktilite artmakta, bina büyük yer degistirmelere karsi sekil.ve dayanimini koruyabilmektedir (Aytun A., 1982). Sekil 1.32 ‘de depremde hasar görmüs veya yikilmis ahsap iskeletli yapilar gösterilmistir.



a)



b) (Kaynak: D. Aydin arsivi)



c) (Kaynak: D. Aydin arsivi)

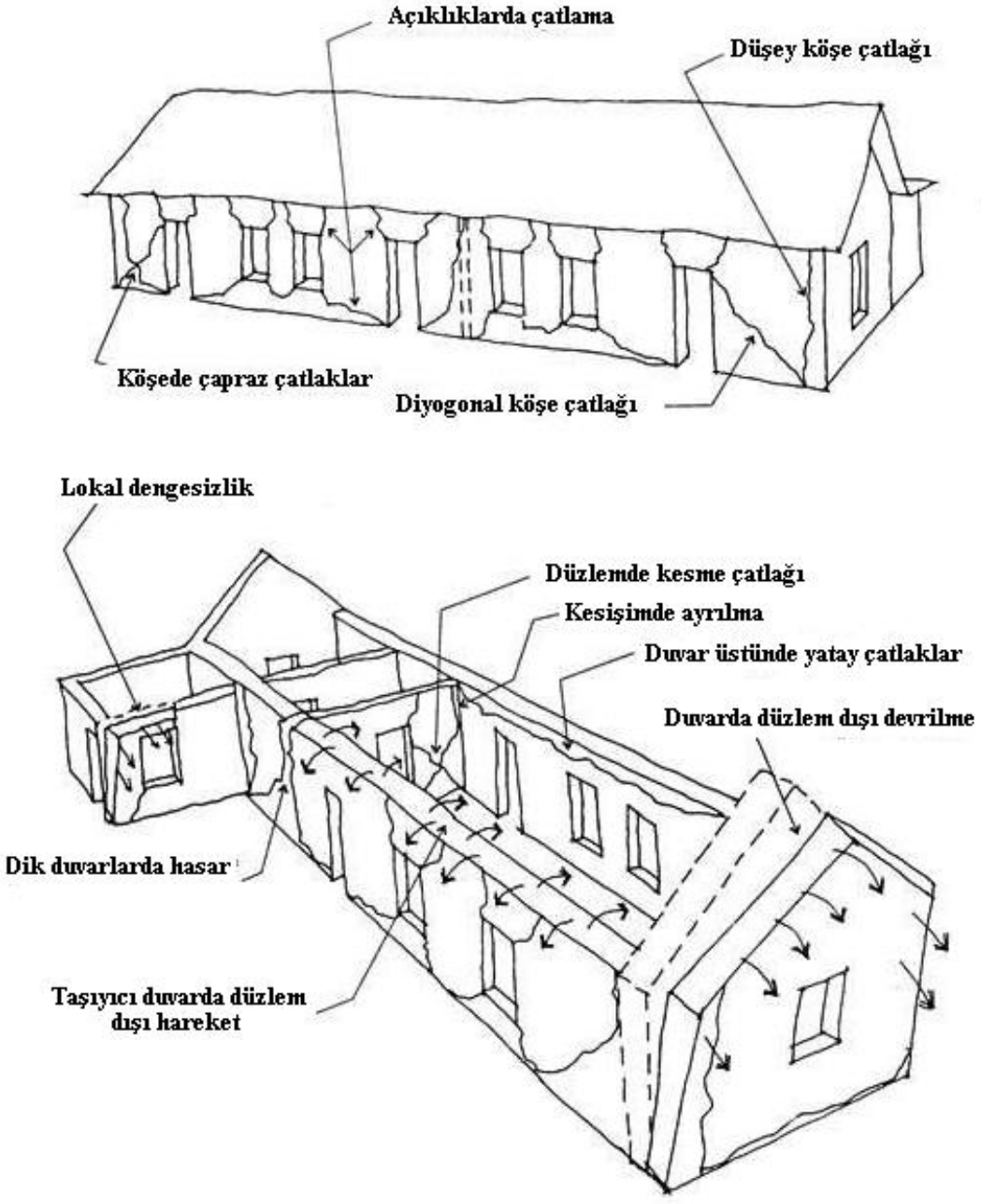


d)

Sekil 1.32 Himis ve bagdadi yapilarda deprem hasari

Ahsap karkas yapilarin zamanla özelliklerini yitiren bir sistem olmasi, hava ve çevre sartlarina karsi yeterli olarak korunmamasi halinde yapilar kolayca zayiflamakta ve depremde oldukça büyük hasar görebilmekte ve ayrica yapimin üzerinden uzun sayilabilecek bir süre geçmis ahsap karkas yapilarda, giderek önemli bir zayiflama söz konusu olmaktadir. Ahsap karkas yapilarin giderek zayiflamasi onlarin daha sik onarimini gerektirmektedir. Onarim ise giderek ahsap karkas duvarlarin tugla yigma duvar olarak degistirilmesi seklinde olusmaktadir. Bu durum ahsabin pahali bir yapi malzemesi olmakta oldugunun bir baska belirtisidir.

Sekil 1.33 de genel olarak yigma yapilarda görülen çatlak ve hasar biçimleri sematik olarak gösterilmistir.



Sekil 1.33 Kirsal yapilarda görülen olasi hasar türlerinin sematik özeti (William S, 2000)

1.3. HASAR SINIFLANDIRILMASI

1.3.1 Yigma Yapilarda Hasar Siniflandirilmasi

Yurdumuzda kirsal bölgelerde meydana gelen depremler kirsal yapilarda önemli hasarlara neden olmuslardir. Mevzuat bakimindan deprem hasarlarini her yapi tipi için hafif, orta ve agir olarak üç sinifta toplamak gerekmektedir. "Az hasarli yapilar" genel olarak bir yapisal tamirata gerek olmaksizin kullanmaya devam edilebilecek yapilardir. "Orta hasarli yapilar" da hasar bazen yapi elemanlarinin tamir edilerek güçlendirilmesiyle yapi tekrar kullanilir hale getirilebilir. Agir hasarli yapilarin ise tamir edilip tekrar kullanilmasi pek mümkün degildir. Ancak karkas yapilarda, karkas sistemde önemli bir hasar olusmamissa tamirat ve güçlendirme ile yapinin tekrar kullanimi saglanabilir, bu da ancak betonarme yapilar için mümkündür (Gülkan ve ark., 1988).

Ülkemizde meydana gelen orta ve büyük siddetli depremlerde kirsal yigma yapilarin yaridan fazlasi agir derecede hasar görmüstür. Bu büyüklükteki depremleri az hasarli veya hasarsiz atlatan yigma yapilar ise sadece yüzde l0 veya daha az oranda olmustur. Yigma yapilarda hasarlar öncelikle dis duvarlarin hasar görmesi seklindedir. Çati ve döseme, merdiven, bölme duvarlar gibi diger sistemlerin hasar derecesi dis duvar hasarina bagimli olarak ortaya çikmaktadir. Bu nedenle yigma yapilarin hasar degerlendirmesi dis duvarlardaki hasarin belirlenmesiyle yapilacaktir.

Depremde yer hareketinin ve yapi eksenlerinin yönü duvar hasarinin seklini de belirler. Depremin yönü duvar düzlemine paralel ise duvarda egik kayma çatlaklari olusur. Deprem duvar düzlemine dik yönde etki ediyorsa, duvarda yatay ve düsey çatlaklar ile

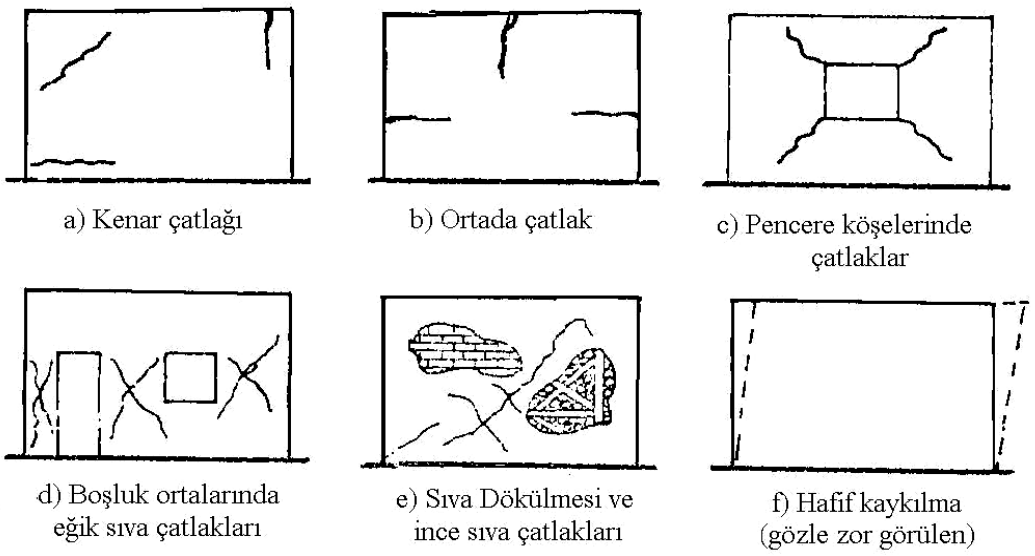
köse hasarlari belirginlesir. Tugla yigma yapi duvarlarinda V-VI siddetiyle birlikte kesme çatlaklari olusmaktadir. Iyi yapilmis olanlarda VIII-IX siddeti agir hasara yol açmakta ancak can kaybi büyük sayida olmamaktadir (Anonim, 1978)

Tas duvarlarda harç olarak çamurun kullanilmasi kötü sonuçlar vermektedir. Zamanla taslar arasindaki çamur kuruyup büzülmekte ve hatta dökülmektedir. Taslar arasindaki bag sadece sürtünme ile saglanmaktadir. Deprem oldugu zaman moloz tasli ve çamur harçli duvarin çok düsük bir kesme dayanimi vardir (Bayülke, 1984). Çimento takviyeli harç bazen sadece distaki iri taslari birbirlerine baglamakta kullanilir ve ortadaki bosluk gene çamur ve tasla doldurulur. Diger durumda ise baglayici olarak tamamen harç kullanilir ve tüm bosluklar harçla doldurulur. Moloz duvar dayaniminin arttirilmasinda yararli bir baska önemli uygulama ise dik olarak kavusan iki duvarin birlesmesinde düzgün kesilmis taslarla geçme yapilmasidir. Böylece iki duvarin deprem sirasinda kolayca ayrilmasi önlenmekte ve birbirlerine destek olmasi saglanmaktadir. Moloz duvarlarin en zayif taraflarindan birisi de deprem altinda dagilarak bütünlügünü kaybetmesidir. Buna karsi en etkili yöntem, duvar boyunca belirli araliklarla ahsap hatil yerlestirilmesidir. Hatilli yigma duvarlarin hatilsiz duvarlara kiyasla depremlerde çok daha iyi dayanim gösterdigi bilinmektedir.

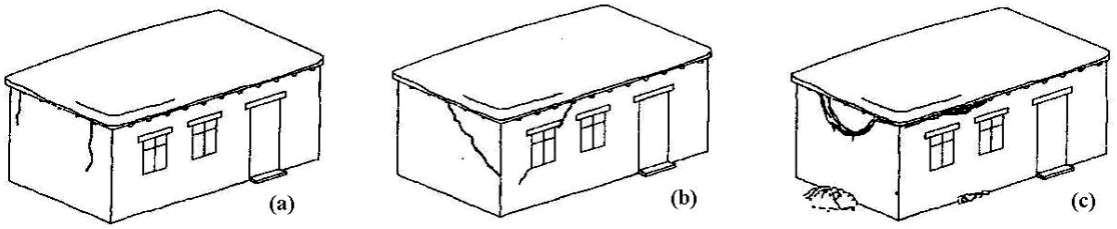
1.3.1.1 Az Hasarli Yigma Duvarlar

Hasar derecesinin az olmasi durumunda özellikle duvar sivasinda çatlaklar ortaya çikar. Eger depremin yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde her iki yönde egik çatlaklar olusur. Duvarda pencere, kapi gibi bosluklar varsa egik çatlaklar bosluklarin kenarlarindan disa dogru uzanir. Bosluklar arasindaki duvar kisimlarinda da egik ince çatlaklar meydana gelebilir. Deprem hareketinin duvara dik yönde etki etmesi durumunda duvarda yatay ve düsey çatlaklar meydana gelir. Düsey çatlaklar duvarin kendisine dik olarak baslanan duvarlarla birlestigi kenarlarda ve duvarin orta kisminda görülür. Bunlar duvarin düzleminden disariya dogru egilmek istemesinden kaynaklanan egilme çatlaklaridir. Ayni sekilde düzlem disi egilme duvarin orta ve alt kisimlarinda

yatay çatlaklara da neden olur. Disa egilme, tugla ve kerpiç duvarlarda ise kismi siva dökülmesi seklinde kendini gösterir. Burada göz önünde tutulmasi gereken nokta, az hasarli yigma duvarlarda ince çatlaklarin ancak duvarin dis yüzeyi sivaliysa kolay görülebilir olmasidir. Sivasiz duvarlarda ince çatlaklarin fark edilmesi daha zordur. Sivasiz tugla ve briket duvarlarda çatlaklar genellikle harç derzlerinde görülür. Kimi zaman tugla ve briket bloklarda da ince çatlaklar fark edilebilir. Tas duvarlarda ise tasin harçla yapistigi sinirda hafif açilmalar olur. Eger duvarda hatil varsa hatil boyunca ayrismalar görülebilir (Sekil 1.34-35) (Gülkan ve ark., 1988).



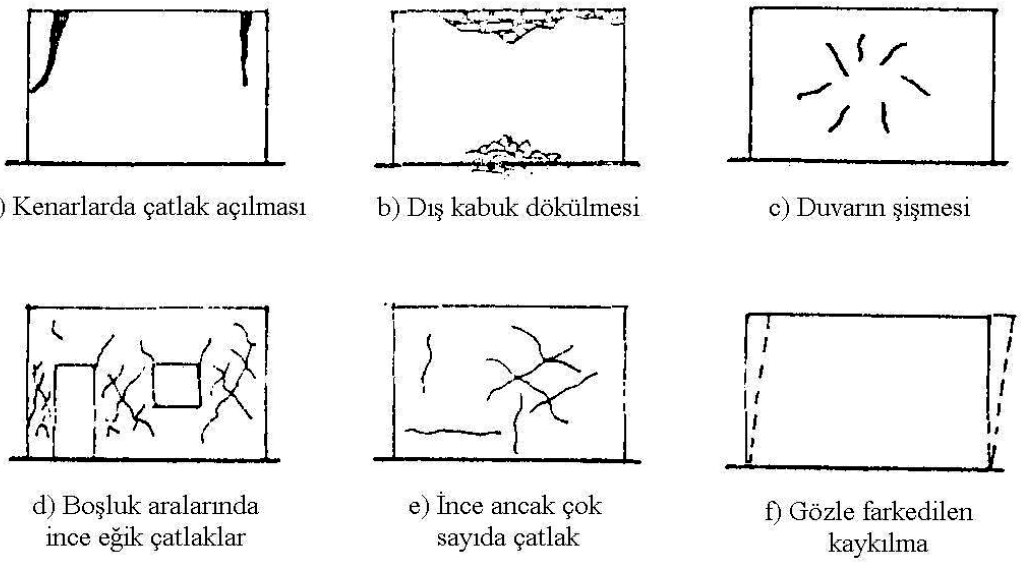
Sekil 1.34 Az hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)



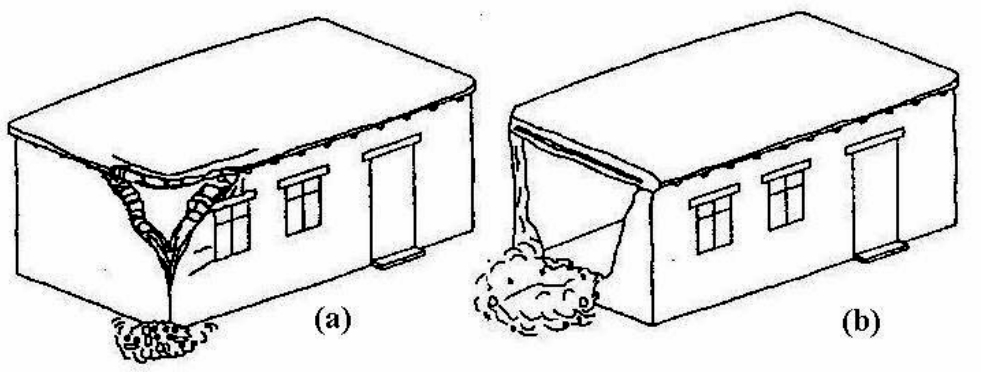
Sekil 1.35 Az hasarli yapi davranislari (Yarar, 1985)

1.3.1.2 Orta Hasarli Yigma Duvarlar

Yigma duvarlarda orta dereceli hasar, az hasarli durumda tarif edilen ince çatlaklarin büyümesiyle veya artmasiyla meydana gelir. Depremin duvar düzlemine paralel olmasi durumunda egik çatlak tüm duvar gövdesinde yaygin olarak gözlenecektir. Çamurla sivali ve kerpiç duvarlarda siva dökülür. Tugla ve briket duvarlarda egik çatlaklar tugla ve briket bloklarini da keser. Duvarda pencere ve kapi bosluklari varsa egik çatlaklar bosluk aralarinda kalan duvar kisimlarinda yogunlasacaktir. Depremin duvar yüzüne dik etki etmesi durumunda, duvarin mesnetlendigi dik kenarlara yakin olusan düsey egilme çatlaklari genisleyecektir. Duvarin düzlem disi egilmesi tas duvarlarda bazi özel hasar durumlari meydana getirir. Iç ve dis yüzleri iri taslarla örülmüs moloz tas duvarlarda dis yüz disariya dogru sisebilir, veya ortasindan bir kismi dökülebilir. Hatilli duvarlarda hatil boyunca ayrilmalar ve hatil civarinda duvar örgüsünün kismen dökülmesi de mümkündür (Sekil 1.36-37).



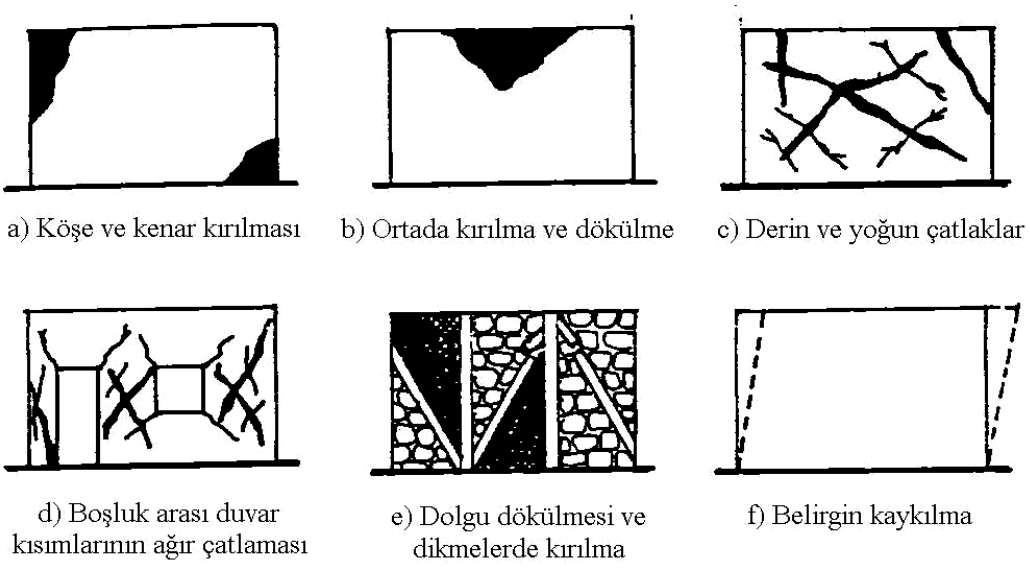
Sekil 1.36 Orta hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)



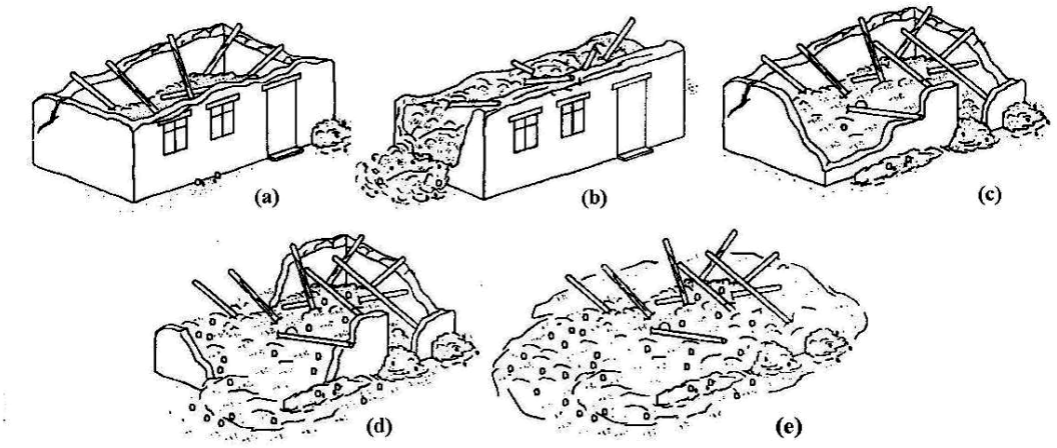
Sekil 1.37 Orta hasarli yapi davranislari (Yarar, 1985)

1.3.1.3 Agir Hasarli Yigma Duvarlar

Agir derecede hasarli yigma duvarlarda çatlaklar genis ve duvar derinligindedir. Duvarin bazi kisimlarinda kismen dökülmeler ve yikilmalar da olusur. Hareketin hakim yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde genis egik çatlaklar meydana gelir. Duvarda bosluklar varsa bunlarin aralarindaki duvar kisimlari yogun sekilde hasara ugrar. Genis egik kesme çatlaklari bu kisimlarda yogunlasir, ayrica bosluk köselerinden disariya dogru genis egik çatlaklar meydana gelir. Bazi durumlarda pencerelerin dikdörtgenliginin kayboldugu gözlenir. Deprem yönü duvara dik ise duvar disari egilmeye çalisacak ancak kenarlarda dik kesisen duvarlar buna engel olacagi için duvar kenarlarinda asiri gerilmeler olusacak ve duvarin bu kisimlari kismen kirilacaktir. Duvarin ortasi ise fazlaca egileceginden duvar bu egilmeye ancak kirilarak uyum saglayabilecektir (Sekil 1.38-39).



Sekil 1.38 Agir hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)



Sekil 1.39 Agir hasarli yapi davranislari (Yarar, 1985)

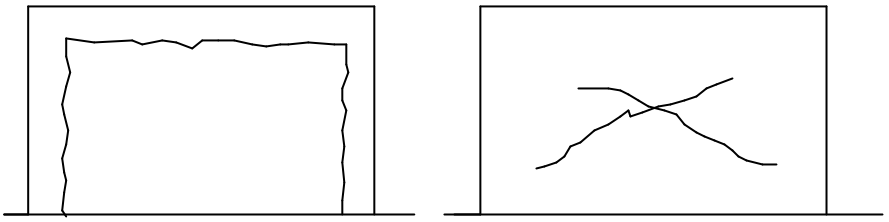
1.3.2 Ahsap Karkas Yapilarda Hasar Siniflandirmasi

Karkas yapilarda gerek düsey yükler, gerekse depremin meydana getirdigi yatay yükler tasiyici karkas (iskelet) çerçevesinin ve çerçeve içindeki dolgu malzemesinin birlikte

yük almasiyla karsilanir. Bu nedenle hasar hem çerçeve elemanlarinda hem de aradaki dolguda olusur. Hasar dagilimi karkas duvarin tipine göre degisir. Karkas yapilar genellikle yigma yapilara göre daha esnek olduklarindan ayni siddette depremler altinda daha az derecede hasar görürler. Özellikle bagdadi yapilarda geçmis depremlerde gözlenen hasarlar oldukça sinirli kalmistir. Himis tipindeki binalarda ise daha yüksek derecelerde hasarlar olusmustur. Bu tipteki yapilarda malzeme ve isçilik kalitesi çok degisken oldugundan hasar derecesi de degiskendir. Iskeleti saglam kurulmus ve ahsap baglantilari iyi yapilmis himis binalarda hasar derecesi azalmaktadir. Hasar degerlendirmesinde karkas yapilar için de dis duvarlardaki hasarlar esas alinacaktir.

1.3.2.1 Az Hasarli Karkas Duvarlar

Duvarin tasiyici iskeletinde herhangi bir hasar ortaya çikmaz. Az dereceli hasar ince dolgu çatlaklari veya siva dökülmesi seklinde görünür. Dis yüzeyi çamurla sivanmis himis duvarlarda çamur siva çatlar ve yer yer dökülür. Bagdadi yapi duvarlarinda az hasar ancak duvarin çok hafif kaykilmasiyla belirlenir. Bu kaykilma ahsap tasiyici sistemde hiçbir hasara yol açmaz ancak duvar dis yüzeyi sivaliysa siva dökülmesine neden olabilir. Betonarme çerçeveli duvarlarda çerçeve ile dolgu duvarin birlesim hatlarinda hafif açilmalar olur. Ayni durum himis duvarlarda ahsap dikmeler ile dolgu arasinda da söz konusudur. Dolgu duvar gövdesinde ince egik siva çatlaklari da ortaya çikabilir (Sekil 1.40).



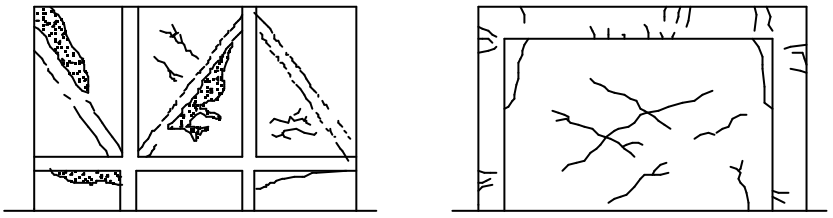
Çerçeve-dolgu duvar birlesiminde ayrisma

Dolgu duvarlarda X çatlagi

Sekil 1.40 Az hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)

1.3.2.2 Orta Hasarli Karkas Duvarlar

Orta dereceli hasarda duvarin tasiyici iskeletinde hafif hasar olabilmesine karsin duvar dolgusu hasari kendini daha fazla gösterir. Himis duvarlarda ahsap dikmeler hafifçe yerinden oynar ve dikmelere yaslanmis dolguda açilmalar ve kismi dökülmeler meydana gelir. Bagdadi yapilarin duvarlarinda gözle fark edilir derecede hafif kaykilma gözlenir. Bu nedenle duvarin iç dolgusunda çatlaklar ortaya çikar. Çerçeve kendisinden daha sert olan dolgu duvari köselerinden kirabilir. Dolgu duvarda çok sayida egik çatlaklar meydana gelir (Sekil 1.41). Orta hasarli karkas duvarlar sadece dolguda tamirat yapilarak tekrar kullanilir hale getirilebilir.



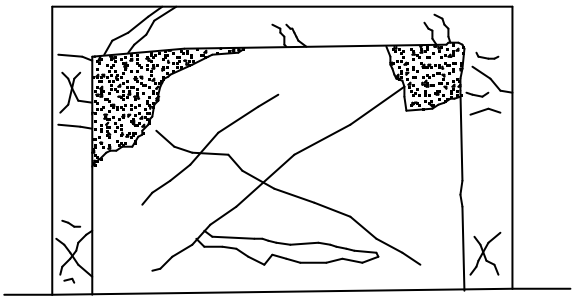
Kismi dolgu dökülm

Çerçevede ince çatlaklar ve dolgu duvarda kimi kirilma

Sekil 1.41 Orta hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)

1.3.2.3 Agir Hasarli Karkas Duvarlar

Duvarin tasiyici karkas sisteminde kirilmalar meydana gelir. Dolgu ise dagilir, hatta tamamen veya kismen yikilir. Himis duvarlarda ahsap dikmeler dayanma noktalarinda ezilir veya kirilir. Dikme aralarinda kalan dolgu dagilir ve dökülür. Agir hasarli himis duvarlarin tamir edilmesi pek mümkün degildir. Bagdadi yapi duvarlarinda agir hasar belirgin kaykilma seklinde gözlenir. Duvarin bu derece deformasyona ugramasinin nedeni duvar iskeletini olusturan ahsap elemanlarda önemli bir hasar olmasi degil birlesim yerlerinin esnek olmasidir. Ancak kaykilmis binayi eski haline getirmek zordur, bu nedenle belirgin deformasyon agir hasar olarak kabul edilmelidir. Dolgu duvar köselerinden kirilarak dökülür gövdesinde derin egik çatlaklar olusur (Sekil 1.42). Deprem yönünün çerçeve düzlemine dik olmasi durumunda çerçeve fazlaca hasar görmese de dolgu duvarin tamamen yikilmasi mümkündür. Bu durum da agir hasar sayilmalidir.



Çerçevede egik, kalin çatlaklar
Dolguda agir yarilma, kismi yikilma

Sekil 1.42 Agir hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)

2. LITERATÜR ÖZETI

Yorulmaz ve ark., 1968: Yaptiklari çalismada, gerilme altindaki dolgu duvarlarda meydana gelen hasarlar ve çatlak sekilleri belirtilmis, ayrica depremde daha iyi performans elde edilebilmesi amaciyla, tugla ve harçlar arasi aderansin iyilestirilmesi üzerinde durulmustur.

Arioglu E., Anadol K., 1974: Malzeme ve isçilik yönünden zayif yigma yapilarda deprem sonrasi olusan hasarlar ve bu yapilarin deprem hareketi altindaki yetersizligi anlatilmistir.

Bayülke N., 1978: Ülkemizdeki, yönetmelik ve sartnamelere göre, yigma yapi duvarlari ile bunlari olusturan tuglalarin mekanik ve dinamik özellikleri ile deprem hareketi altinda bu tür yigma yapilarda olusan tepkiler ve bu tepkilerin iyilestirilmesi için yapilarda uygulanacak teknikler anlatilmis ayrica yigma yapilarda hatil atilmasinin ve köse baglantilarinin önemi vurgulanmis, bu konu, malzemesi farkli türlerden seçilen 9 yigma yapi numunesi üzerinde sarsma tablasinda incelenerek gösterilmistir.

Aytun A., 1982: Ülkemizde yapilan yigma yapi türleri ve bu yapilarin deprem kuvvetleri altindaki davranislari ile deprem dayaniminin artirilmasi amaçli yapilmasi gereken uygulamalar anlatilmistir.

Endem N., ve dig., 1984: Deprem sonrasinda olusan can ve mal kayiplarinin büyüklügü anlatilmis, kirsal bölgedeki halka basit anlatimlarla, afislerle ve resimlerle bilgi vererek yapinin insaasi sirasinda nelere dikkat edilmesi gerektigi üzerinde durulmus, dikkat edilmeyen durumlarda meydana gelecek kayiplarin görsel tekniklerle anlatilarak bu bölgedeki halkin depreme olan hassasiyetinin artirilmasi konusu vurgulanmistir.

Bayülke N., 1984: Ülkemizde kirsal kesimde yapilan yigma yapilarda, bu cografyadaki insanlarin imkansizliklari ve yeterli kalitedeki malzemelerin kullanilamamasi sonucunda

ortaya çikan yapilarin yetersizligi ile meydana gelen büyük sarsintilarin ülkemizdeki kayiplarinin büyüklügü anlatilmis, hasar türleri verilmis ve gerekli kalitedeki malzeme ve isçilik kullanilmamasi sonucunda bundan sonraki kayiplarin da büyük olacagi üzerinde durulmustur.

Yarar R., 1985: Çesitli yigma yapi türlerinde deprem hareketi sirasinda meydana gelen etkiler ve bunlarin iyilestirilmesi için gelistirilen metotlar anlatilmistir.

Zarnic 1985: Çalismada, dolgu duvarli çerçevelerin dinamik analizlerinin yapilmasi hedeflenmistir. Bu amaçla bilgisayar ortaminda betonarme çerçeve ve dolgu duvardan olusan yapiya verilen yükler sonucunda yapida olusan tepkiler iliskilendirilmis, hesap yöntemleri gelistirilmis ve deneysel sonuçlarla uygunlugu gösterilmistir.

Coburn A., 1986: Yigma yapilarin deprem hareketleri altindaki davranislarinin iyilestirilmesi amaciyla gelistirilen görüsler irdelenmis ve ülkemizin dogu bölgelerinde yapilan yigma yapilarin yapilisi sirasindaki uygulama ve yapim hatalarinin deprem sonrasinda neden oldugu hasarlar ve bu hasarlarin deprem noktasina uzakliga göre dagilimi anlatilmistir.

Tomazevic M., 1986: Çalismasinda, yigma binalarin deprem hareketli yükleri altindaki davranislari izah edilmis, yapilan deneylerde yigma yapilarin yapiminda, dikkat edilecek noktalarin (yigma yapiyi olusturacak malzemelerin fazla büyük seçilmemesi duvar köse baglantilari ve hatillarin konmasi vs.) önemi ve bu yapilarin performanslarinin artirilma yöntemleri belirtilmistir.

Keigley W.O., 1986: Bu çalismada, sarsma masasinda tugla ve tas yigma yapilarla deneyler yapilarak, olasi bir dinamik deprem yükünün komsu derzlere iletilmemesi ve enerjinin bir kisminin bu noktalarda sönümlenip, çatlaklarin uzunluk ve genisliklerinin azaltilmasi için, yatay ve düsey hatillarin yapilmasinin önemi vurgulanmistir.

Spence R.J.S. ve dig., 1986: Bu çalismada tas yigma yapilarda, hareketli yükün

etkimesi sirasinda, yapida ilk meydana gelen tepki kuvveti ile olusan hasar ve bunun ilerleyen süreçlerdeki durumu anlatilarak bu durumun iyilestirilmesi amaçli bazi yöntemler ve bunlarin maliyetleri anlatilmistir.

Jingqian X., Qua nsheng H., 1986: Yaptiklari çalismada, yigma yapilarin, deprem hareketi karsisinda daha iyi performans gösterebilmesi baska bir ifadeyle deprem enerjisini daha iyi sönümleyebilmesi için, yapilara koyulacak olan hatillar ve yatay çelik çubuklarin önemi belirtilmistir.

Tolles E.L., Krawinkler H., 1986: Çalismada, yigma yapilarda bulunan tasiyici duvarlarin depremdeki sarsintilara karsi birlikte çalismasinin hasari ve can kaybini en aza indirgedigi, bu duvarlari birlikte çalistirabilmek için çati örtüsünün duvarlara ne sekilde mesnetlenmesi gerektigi ve bunu olusturan ahsap elemanlarin seçimi ile yapimi sirasinda dikkat edilecek hususlar anlatilmistir.

Leslie J., 1986: Yigma yapilarin yapim asamasinda dikkat edilmesi gereken hususlar (hatil yapilmasi, çok büyük pencere ve kapi bosluklarinin yapilmamasi, agir çati yükleri olusturan toprak damlarin yerine hafif örtülerin tercih edilmesi, duvarlarin birlesim noktalarinin baglantili yapilmasi) ayrintili olarak belirtilmistir.

Anonim, 1990: Ülkemizdeki mevcut yigma yapilar ve bunlarin bölgelere göre dagilimlari gösterilmis, bu yapilarin gerek malzeme ve isçilik yönünden yetersizligi, gerekse uygulama yanlislari anlatilarak malzeme türlerine göre siniflandirilmistir.

Begimgil 1991: Çalismada, yigma yapi duvarlarinin güçlendirilmesi ve daha çok deprem enerjisi yutabilmesi hedef alinarak, tugla malzemeleri birbirine baglamada kullanilan harcin özelliklerinin iyilestirilmesi amaciyla, katki maddeleri ilave edilerek harcin esnekliginin artirilmasi konularinda yapilan deneysel çalismalar anlatilmistir.

Weldelibanos F., 1993: Ülkemizdeki kirsal yapilarin deprem dayaniminin artirilmasi için öncelikle bu kesimlerde yasayan insanlarin bilinçlendirilmesi daha sonrada

oturmakta olduklari ve yeni yapacaklari yapilari bazi basit uygulamalarla depreme karsi nasil dayanikli hale getirecekleri ve bu isin ciddiyetinin anlatilmasi vurgulanmistir.

Yorulmaz ve ark., 1997: Çalismalarinda, yigma yapilarda yük tasiyan duvarlarin çerçeveli sistemlerde dolgu duvar görevindeyken , bu sistemlerdeki davranislari ve çatlak olusumlarini nasil etkiledigi ve yapinin deprem yükü altindaki davranisina olan katkisini deneysel olarak incelemislerdir.

Luciano ve ark.,1998: Yaptiklari çalismada deprem hareketi altinda agir hasara ugrayan yigma yapilarin, güçlendirilmesi, güçlendirilmis yapi ile normal yapinin bu yükler altindaki davranisinin farkliligi incelenmis ve bu incelemeler isiginda formüller gelistirilmistir.

Saberi M., 1998: Bu çalismada, deprem bölgelerindeki yigma yapilarin deprem anindaki davranislari deneysel olarak incelenmistir. Bu inceleme esnasinda yapinin deprem yükü altinda en zayif olan ve yapinin davranisini karakterize eden kismi ele alinmistir. Bu kismin kapi ve pencere boslugunu bulunduran duvarlarin oldugu ve bu duvarlarin en kritik bölgelerinin de bu bosluklarin hemen yanindaki duvar parçalarinin oldugu, bu sebeple numune olarak bu kisimlarin ele alindigi belirtilmistir. Deney tipi olarak yari statik deney yöntemi kullanilmistir. Deneyde kapi boslugunun yanindaki bu duvar parçalari numune olarak boyutlandirilip deney sonuçlari incelenmistir.

Batur A., 1999: Bu çalismada depremin etkileri ve deprem güvenligindeki sosyo-ekonomik tedbirler anlatilarak yigma yapilarda gerek yatay kuvvet ve gerekse depremin neden oldugu hasarlar siniflandirilmis, donatisiz yigma yapilarin yatay yükler altindaki davranisi incelenmis ve bu konu ile ilgili Türk Standartlari ile diger ülkelerin standartlari olan Eurocode, ACI, AIJ, BS ile kiyaslanarak, Türk Sartnamelerinin eksiklikleri belirtilmis ve önerilerde bulunulmustur. Ayrica çalismanin sonunda üç katli donatisiz bir yigma binanin yatay ve düsey yükler altindaki çözümü yapilmistir.

Wasti T., ve dig., 1999: Ülkemizde bilinçsizce yapilan yigma yapilarin, duvarlarinin

birbiri ile baglantisiz olmasi, çati yüklerinin agirligi, hatillarin yetersizligi, gibi nedenlerle depremde büyük tehlike arz ettigi, bu durumun islah edilerek yapilarin takviye edilmesi ve bu sekilde depremdeki davranislarinin iyilestirilmesinin önemi vurgulanmistir.

Zegarra L., ve dig., 2000: Çalismasinda yigma yapilardaki deprem hasarinin azaltilabilmesi ve daha sünek bir davranis verilerek deprem sirasindaki performansinin yükseltilebilmesi amaciyla, mevcut yada yeni yapilacak yapilara koyulacak kümes teli seklindeki tellerin bu konuda iyi sonuç verdigi üzerinde durulmustur.

Ilki ve ark., 2000: Çalismada, yapilarda yapilan takviyenin yapinin tasima gücünü, sünekligini ve yapi elemanlarinin rijitligini artirdigi vurgulanmis ve bu takviyelerden FRP malzemeleri ile bunlarla yapilan takviyeler hakkinda bilgi verilmistir.

Gencer Ö., 2000: Bu çalismada, depremin olusumu ve yigma yapilar anlatilmis, pomza ve pomzali bims bloklarin özelliklerinden bahsedilmis, deneyde kullanilan sarsma tablasi ve ivme ölçerler hakkinda bilgi verilmistir. Isparta yöresi için önemli bir yapi malzemesi olan pomzali bims bloklarla olusturulan yigma yapi modeli kullanilarak sarsma tablasi deneyi yapilmistir. Sonuçlar daha önce düsey delik orani ve harç dayanimi farkli olan tuglalar ile yapilan yigma yapi deneylerinden elde edilen sonuçlarla karsilastirilmis ve pomzali bims bloklarla olusturulan deney yapisinin kesme dayaniminin ortalama bir degerde oldugu bulunmustur.

Üstündag 2000: Çalismasinda, iki yigma binayi inceleyerek, çok çesitli malzemelerden yapilan yigma yapilari olusturan elemanlarin özellikleri ile bunlarin sartnamelere göre sahip olmalari gereken hususlari belirtmis, yatay ve düsey yükler altinda meydana gelen çatlaklarin yön, sekil ve sebeplerini anlatmis ve bu yapilarin takviye metotlari hakkinda bilgi vermistir.

Üstündag C., 2000: Bu çalismada kirsal bölgelerde yigma yapilarin tercih edilmesinin sebepleri ile bu yapilarda kullanilan malzemeler ve hasar türleri anlatilmis, tek ve iki

katli yigma yapilarin yatay yükler altindaki davranisi incelenmis ve bu inceleme kapsaminda yigma duvari olusturan yapi elemanlarinin özellikleri ile mevcut Türk Standartlarinda saglamalari gereken sartlar belirtilmis, Afet Bölgelerinde Yapilacak Yönetmelikte yigma yapilarla ilgili depreme dayanikli tasarim kurallari ve bu yapilarin geleneksel ve yeni onarim ve güçlendirme teknikleri hakkinda bilgi verilmistir.

Demirhan E., 2001: Çalismada, ahsabin fayda ve sakincalari, ahsabin mekanik özellikleri ve ahsap iskeletli yapilardaki yapi elemanlari hakkında bilgi verilerek, depreme dayanikli ahsap yapinin tasarim kurallari anlatilmis, eski ahsap iskeletli yapilar ile yeni yapilanlarinin deprem yükleri karsisindaki davranislari kiyaslanmis ayrica tasiyici sistemi ahsap olan yapilardaki duvar dolgu malzemeleri karsilastirilmis ve tasiyici sistemi ahsap yapilarin diger yapilara karsi üstünlükleri anlatilmistir.

REIS E., 2001: Çalismada, donatili yigma yapilarin deprem etkisi altindaki davranislari, ve bu tür yapilarin maliyet hesaplari anlatilarak diger yapilarla kiyaslanmistir. Ayrica donatili dolgu duvarlarin, betonarme çerçeveli bir sistemin davranisina etkisi incelenmis ve harcin kayma dayanimini deneysel olarak tayin etmek üzere bir deney yöntemi gelistirilmistir.

Gürel A., 2001: Bu çalismada, kargir dolgu duvarlar ve malzemelerinin özellikleri ve hesap yöntemleri hakkinda bilgi verilerek, bu duvarlarin kendi agirliklari, düzlemlerine dik atalet kuvvetleri, düzlemlerine dik katlar arasi göreli ötelenme etkisi ve düsey atalet kuvvetlerinden olusan birlesik yükleme etkileri altindaki davranislari incelenmistir.

Juha'sova'a ve ark., 2001: Çalismalarinda, yigma yapilardaki deprem tepkilerini inceleyerek orta ve kuvvetli depremsel yüklere maruz yigma binalardaki deprem performansini azaltarak sinir noktadaki yapilari incelemis ve bu yapilari olusturan yapi malzemesi, harç, tasiyici, eleman vs. güçlendirilmesi için fikirler gelistirmislerdir.

Mayrhofer 2001: Çalismasinda, deprem yükü altinda tüm yapilarda oldugu gibi, yigma yapilarda da sünek bir davranis istendigi, bu tür davranisinda yapiya yapilacak

takviyeler ile artirilabilecegi, yapilan takviyeler sonucunda yigma yapidaki tugla, kerpiç, briket, tas vs. gibi yigma yapi malzemelerini bir arada tutmakla görevli harçta esnekligi artirdigi açiklanmistir.

Büyükgökmen D., 2001: Çalismasinda, yigma yapilarin isçilik, malzeme ve ekonomik yönden avantajli olmasindan dolayi diger yapilara oranla daha çok tercih edildigini, ancak bu yapilarin deprem yükü altindaki davranisinin çok karmasik oldugunu ifade etmis, depremde yigma yapi duvarlarinin davranislari hakkinda bilgi vermis ve bu duvarlarin donatili olarak olusturulmasi üzerinde durulmus, donatili sekilde olusturulus bu tasiyici yigma yapi duvarlarinin yükler altindaki gerekli hesap ve kontrollerinin yapilmasi amaçlanmistir.

Bozkut H., 2001: Bu çalismada yigma duvarlarin yapiminda kullanilan malzemenin, bu binalarin deprem dayanimina etkisi incelenmis ve farkli iki duvar malzemesi için deprem yönetmeligine göre hesaplanan deprem esdeger kuvvetleri altinda, iki duvarda da olusan gerilmeler hesaplanmis ve bu gerilmeler her duvar malzemesi için Eurocode 6'ya göre karsilastirilarak, gazbeton yapilarin tugla yapilara göre depremdeki performansinin ve güvenliginin daha iyi oldugu görülmüstür. Ayrica yine bu çalismada çok katli betonarme binalarin deprem dayanimi incelenmistir.

Hendry 2001: Çalismada bugüne kadar süregelen ve daha çok kirsal kesimde yapilan yigma yapilarin, bundan sonra daha iyi sekilde yapilabilmesi için, proje asamasindan, malzeme seçimine kadar tüm ayrintilara dikkat etmek gerektigi ve yeni nesil malzemelerin daha esnek ve dayanikli olmalarindan dolayi daha fazla tercih edilmelerinin gerektigi ile bu malzemeler kullanilarak olusturulan yapilarin çok daha iyi performans verecegi ve maliyetinin de bu sekilde düsecegi anlatilmistir.

Jagadish K.S., ve dig., 2002: Bu çalismada, yigma yapilara konulacak düsey donatilarin ve yatay hatillarin yapilarin deprem sirasindaki davranislarini ve performanslarini artirdigi vurgulanmistir.

Aldinay B., 2002: Çalismasinda, yigma duvarlarin çok çesitli malzemelerden yapilabilecegini belirtmis, bunlardan kerpiç içerisine belirli oranlarda alçi konulmasiyla elde edilen ve alker adi verilen malzemeden yapilan duvarlar üzerinde çalismistir. Alker katilmasiyla kerpiç malzemenin mukavemetinin arttigi, suya karsi duyarliliginin büyük ölçüde azaldigi, suda dagilma ve yipranmayi pratik ölçüde sifira yaklastirdigini vurgulayarak, alker malzemeden yapilan donatisiz ve geogrid donatili ve üç adet numunenin düsey basinç kuvveti altindaki davranisini incelemistir.

Akincitürk N., 2003: Yigma yapilarin yapim malzemesinin ve tekniginin bölgelere göre degisiklik gösterdigi, bunda bölge halkinin ekonomik ve sosyal durumu ile o bölgede ucuz ve kolay bulunabilecek malzemelerin etkisinin oldugu anlatilarak, uygulanacak güçlendirme tekniginin kullanilan bu malzeme ve teknige uygun olmasi gerektigi üzerinde durulmustur.

Kaya ve ark.,2003: Çalismasinda, özellikle kirsal bölgelerde tercih edilen kirsal yapilarin, tasiyici elemanlarinda meydana gelen hasarlarin takviye edilmesi için betonarme ve çeligin kullanilmasini ve bunlarin olusan hasarin türü, sekli, boyutuna göre kulanim sekli ve ölçüleri anlatilmistir.

Sen B., 2003: Çalismasinda, tarihi yigma yapilarin modelleme ve analizlerinin yapilmasinin zorlugu belirtilmis, malzeme dayanimlarinin, yapinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin etraflica bilinmesi gerektigi anlatilarak bu yapilarin modelleme ve analiz metotlari sunularak Sap 2000 programinda 105 yasindaki bir binanin düsey ve yatay yükler altindaki davranisi incelenmis ve lineer elastik analiz yapilmis ayrica pencere çerçeveli ve pencere çerçevesiz olarak iki model yapilarak analiz edilmis ve malzemelerin elastik kapasiteleri ile analiz sonuçlari yorumlanmistir.

Erçin A., 2003: Yaptigi çalismada, yigma yapilar ve bu yapilarda kullanilan malzemeler, yapi elemanlari ve bu yapilarin tasariminda kullanilan standartlari belirtmis, yigma yapilarda deprem sonrasi olusan hasarlar sonrasi takviye önerilerini anlatmis ve gaz beton bloklarin tanimini yaparak donatili gazbeton uygulamalari konusunda bilgi

vermis ve gazbeton bloklu bir yapiyi bilgisayar ortaminda tasarlayarak SAP 2000 programinda çözmüs ve sonuçlari incelemistir.

Akgündüz N., 2004: Çalismasinda depremler ve fay hatlari ile zemin türleri ve bu zeminlerin depremdeki davranislari açiklanmis, deprem hareketi sirasinda yapiya gelen kuvvetler ve bu kuvvete karsi yapilarin tepkisi anlatilmis, yapilacak yigma yapilarin deprem yönetmeligine göre tasarimi ile yapimi sirasinda göz önünde bulundurulmasi gereken hususlar üzerinde durulmus ve deprem sonrasi bu yapilarda meydana gelen hasar türleri açiklanmistir. Ayrica yigma yapilarin sanildigi kadar güvensiz bir yapi olmadigi, yapim teknik ve usullerine göre insa edilen yigma yapilarin yasanacak depremler sonrasi da ayakta kalabilecegi ifadesi, tarihi yapilar örnek gösterilerek ispatlanmistir.

Maltase ve ark., 2004: Gerek yigma gerekse çerçeveli yapilardaki dolgu duvarlarda kullanilan harcin aderans, basinç mukavemeti vs. özelliklerinin iyilestirilmesi amaçli çalismalar yapmislardir.

Paquette ve dig.,2004: Çalismasinda, mevcut yigma yapilarin güçlendirilmesinde Karbon Fiber Yaygilarin (FRP), binaya seritler halinde uygulanmasinin binanin depremdeki davranisini iyilestirdigi üzerinde durulmustur.

Dilsiz A., 2005: Bu çalismada ülkemizde, gerek kirsal kesimlerdeki gerekse büyük sehirlerin çevresindeki yigma yapilarin depreme karsi dayanikliligi ve bu bölgelerde oturan insan sayisi incelenerek, olasi bir deprem öncesinde, güçlendirmesine baslanilacak olan birinci öncelikli bölgelerin tespiti ve çalismalarin bir an önce baslatilmasinin gerekliligi anlatilmistir.

Arun G., 2005: Çalismasinda yigma yapilarda yapim sirasindaki eksikler ve yanlislarin sebep oldugu deprem sonrasi hasarlar ve bu hasarlarin giderilmesi için ne tür önlemlerin alinmasi gerektigi, ve bu yapilarin depreme karsi performanslarinin artirilmasi için gelistirilen öneriler üzerinde durulmustur.

Bayraktar A., 2005: Bu çalismada, tarihi yigma yapilarin türü, yapilma teknigi, malzemesi gibi detaylar hakkinda bilgi verilmis ve yapinin bu özelliklerine uygun olarak takviye metodlarinin olusturulmasi anlatilmistir.

Gürbüz G., 2005: Çalismasinda, çevreden bulunmasi kolay, ucuz ve iç ortamda konforlu sartlar saglamasi bakimindan yaygin olarak kullanilan toprak ve topraktan yapilan duvarlar, dösemeler ve çatilar hakkinda bilgi vererek, yapidaki performansini (su ve yangin etkisine karsi direnci, fiziksel, isil, ses, vs.) irdelemis ve bunlari iyilestirmek için katki maddelerinin kullanilmasi hususunda bilgi vermistir.

Altin S., 2005: Çalismasinda yigma bir yapiyi çelik seritlerle güçlendirerek, sarsma tablasinda deprem etkisine tabi tutmus ve takviye seritlerinin basarili oldugunu gözlemlemistir. Bu çalisma tezimizdeki 'ÇLGN 1 ' numunesinin olusturulmasina isik tutmustur.

Kanit R., ve dig., 2005: Çalismasinda, yigma yapilarin duvarlarinin düzlem disi kirilmalarinin, yine bu duvarlara düzlem disi ve tersinir yüklerin etkisi altinda olusacagi ve kirilmanin mesnetleri çekmeye maruz birakan yüklemelerin etkisiyle olustugu vurgulanmistir.

Sallio N., 2005: Bu çalismada, yigma yapilarin bugünkü durumu ile güçlendirilmesi gereken yapilar anlatilmis, yigma yapilardaki hasar biçimleri ve depremlerde hasar gören binalarin hasar nedenleri ve yeni yapilacak olan yapilarda deprem güvenligi anlatilmis ayrica 1950'li yillarda yapilan Buldan Gögüs Hastanesi incelenerek depreme karsi yeterli rijitlik ve dayanima sahip olmadigi tespit edilmis bu amaçla binanin deprem dayanimini yeterli düzeye çikarabilmek için bazi duvarlara püskürtme beton uygulamasi ile güçlendirilmesi öngörülmüs ve güçlendirilen bina Sap 2000 de analiz edilerek sonuçlar incelenmistir.

Vatan M., 2005: Bu çalismada, tarihi ve kültürel yigma yapilarin gerek belgelenmesi

gerekse üç boyutlu modelinin olusturularak gerekli analizler, onarim ve takviyelerinin daha kisa sürede yapilabilmesi için kullanilabilecek olan fotogrametrik ölçme teknikleri hakkinda bilgi verilmistir. Bu sekildeki analizlerin daha hizli ve hassas olacagi üzerinde durulmustur.

Kanit ve ark., 2006: Çalismalarinda, yigma yapilarda, dinamik davranis ve yapida olusan etkileri formülüze etmenin zorlugu nedeniyle, deneysel çalismalar yaparak bunlarin sonuçlari ile sayisal analiz sonuçlarini karilastirmislardir.

Özer S., 2006: Çalismasinda, mimar ve mühendislerin bir yigma yapiyi tasarlayabilmesi için karmasik hesaplari bilmesinden daha önemli olarak strüktürel bilgilere sahip olmalari gerektigi vurgulanmis, bu amaçla, strüktür kavrami ve yigma yapilardaki, duvar, lento, sütun, ayak, gibi dogrusal strüktürel elemanlar ile kemer, kubbe, tonoz gibi egrisel elemanlar hakkinda bilgi verilmis, bunlarin tarihsel gelisimi ile kostriktif, biçimsel ve statik açidan analizlerine deginilmis ve yigma yapilardaki gerilmeler ile strüktürel prensipler anlatilmistir.

Kuran F., 2006: Kirsal kesimde yapilan yigma yapilarin, deprem güvenliklerinin artirilmasi için degisik yönlerdeki duvarlarin farkli yüzleri çelik seritlerle güçlendirilerek, birincisi takviyesiz diger üç tanesi takviyeli toplam dört adet deney numunesi sarsma tablasinda denenmis ve sonuçlar irdelenerek ve bu seritlerin yapinin rijitlik, periyot, ve enerji tüketimi üzerine etkileri degerlendirilmistir.

Aytekin I., 2006: Yigma yapilar hakkinda genel bilgiler verilerek, yigma yapilardaki temel sistemleri, yapilarda karsilasilan düzensizlikler ve hasar düzeyleri kisaca anlatilmistir. Iki farkli malzeme olan tugla ve gazbetondan yapilmis yigma yapilar, donatisiz ve düsey hatillarla sarilmis olarak modellenmis ve Sap 2000 programinda analizleri yapilmistir. Buradaki grafiklerde donatisiz ve sarilmis yapilarin, kesit tesirleri, yer degistirme degerleri ve maliyetleri kiyaslanmistir.Sonuç olarak sargili yapinin maliyetinin %18 oraninda fazla oldugu fakat olasi bir deprem sonrasi can kaybi veya yigma binanin onariminin çok daha zor olacagi, anlatilarak bu tür sargili yapilarin tercih

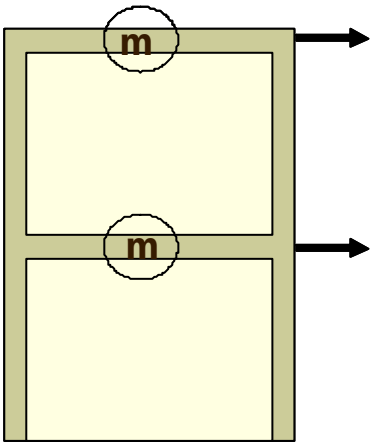
edilmesi gerektigi vurgulanmistir.

Özbudak M., 2006: Çalismasinda, yapilari öncelikle tasiyici sistemlerine göre siniflandirmis, bina formunu etkileyen fiziksel ve sosyo-kültürel faktörlere deginmis, ve bunlarin mekanik özelliklerini incelemis, donatili, donatisiz ve çerçeveli yigma yapilar ve bu yapilarin yapildigi malzemeler ile bunlarin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirterek, yigma yapilarin yapim kurallari (temel, lento, hatil, duvar boyutlari ve bosluklari, dösemeler, çatilar vs.) hakkinda bilgi vermis ayrica Antalya-Beskonak köyü yigma tas yapi örneginin fiziksel özellikleri ve deprem dayanimini incelemistir.

Döndüren S., 2008: Çalismasinda, yigma yapilarin tanimi ve analizlerini anlatarak bu yapilari olusturan malzemeler ve bu malzemelerin çesitleri hakkinda bilgi vermis, düsey ve yatay yükler altindaki yigma duvarlarin davranisi ile bu yapilarda olusan hasar türleri ve bu yapilarda uygulanacak onarim ve güçlendirme esaslarina deginerek piyasada bulunan bazi katki maddeleri ve tamir harçlarini tanitmistir. Daha sonra birincisi normal harçla, ikincisi ise gerek duvar örümünde ve gerekse siva yapiminda kullanilan harca, yapisma kuvvetini artiran katki maddesi kullanarak yapilan iki yigma duvar modeli düzlem disi yüklemeye maruz birakilarak, dayanim ve yük degisimleri izlenmistir. Iki numuneden elde edilen sonuçlar karsilastirilmistir. Harca katki maddesi ilave edilerek olusturulan duvarin, ilk çatlama ve düzlem disi tekrarlanir yük tasima kapasitesinin referans duvara göre arttigi, ancak sünekliginin azaldigi görülmüstür. Ilave edilen katki maddesinin duvarin rijitligini artirarak duvarin deprem etkisine karsi mukavemetini %25 oraninda artirdigi, fakat sünekligini % 41 oraninda azalttigi yani depreme karsi güçlendirirken, kirilganliginin artirdigi sonucuna varilmistir.

3. MATERYAL VE METOD

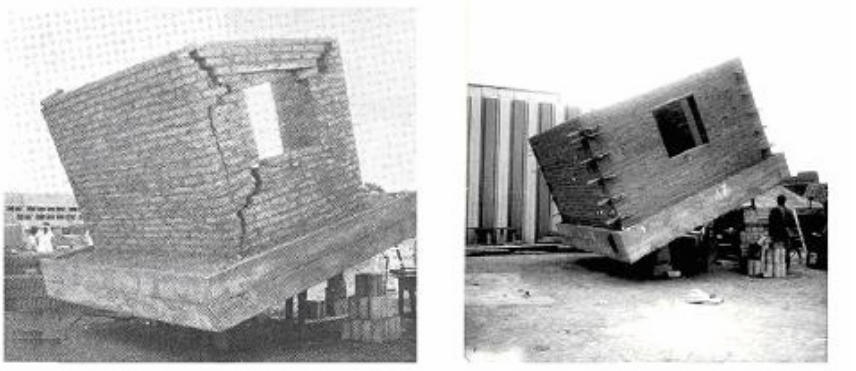
Yapilarin deprem hareketleri altinda davranisinin deneysel olarak incelenmesi birçok arastirmanin konusu olmustur. Genel olarak çerçeveli yapilar üzerine yapilan deneysel arastirmalarda, çerçeve sistemine deprem yükünü benzestiren yatay, yari statik, tersinir ve tekrarlanir itme kuvveti uygulanmaktadir. Bu kuvvetin uygulanmasi sirasinda zaman parametresi göz ardi edilmekte ve yükleme hizi dikkate alinmamaktadir. Böylelikle yer hareketine maruz yapida olusan eylemsizlik kuvvetleri esdeger yatay bir yükle temsil edilmis olmaktadir. Çerçeveli yapilarda kütleler kat seviyelerinde kabul edildigi ve deneyde uygulanan yatay yükün de kat seviyesinde etkittirildigi (Sekil 3.1) düsünülürse, deney sistemi gerçek davranisa açiklik getirebilir. Bu deney düzenekleri önceden belirlenmis bir yük veya deplasman seviyesine kadar genellikle hidrolik krikolar vasitasiyla yavas yavas yüklenir. Yükleme hizinin yavasligindan dolayi yapinin atalet kuvvetleri göz önünde bulundurulmaz. Amaç yapi elamanlarinin bu yükleme ve bosaltma çevrimleri altindaki davranislarinin gözlemlenmesidir. Statik veya yari-statik deneylerde depremin dinamik tepkisi ve özellikleri incelenemez. Bu amaca yönelik olarak depremlerin dinamik etkilerinin yapilar üzerindeki etkisini inceleyebilmek için dinamik-benzeri (pseudo-dynamic, hibrid) deneyler son yillarda yayginlasmaktadir.



Sekil 3.1 Çerçeveli yapilarda kütle dagilimi ve deprem yükleri

Ancak yigma yapilarda kütle duvar alaninca yayilmistir. Bu nedenle bir noktadan statik itme deneyi gerçek dinamik yüklerle örtüsmez. Ayrica yigma bir duvara çati seviyesinden yapilan bir itme sadece yatay bir derzde kaymaya neden olacak ve tüm duvar yüklenemeyecektir. Bu durumu önlemek için yigma duvara önemli miktarda düsey yük verilmesi gerekmektedir.

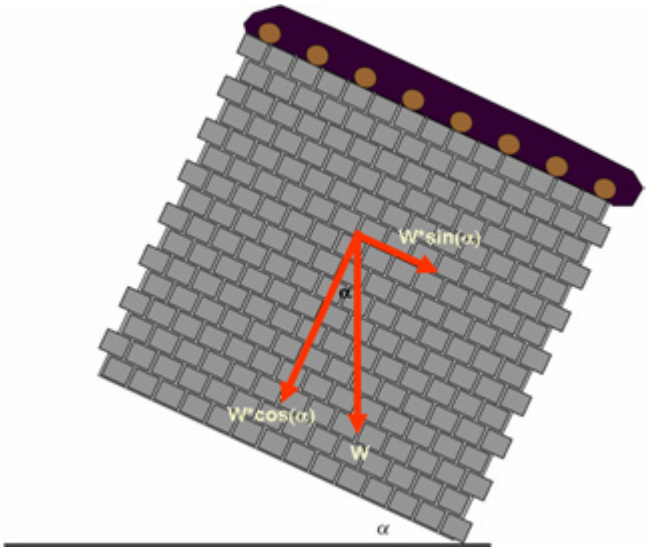
Yigma duvarlari deprem yükleri altinda test etmek için pek çok deneysel metod gelistirilmistir. Bunlardan en eskisi Peru'da gelistirilen egilme tablasi deneyidir (Sekil 3.2). Bu deney düzeneginde yapinin bulundugu platform yatayla açi yapacak sekilde bir yönde kaldirilmaktadir. Böylece yapinin agirliginin (W) platforma paralel bileseni yatay yük gibietki etmektedir (Sekil 3.3). Açi arttikça platforma dik bilesen ayni yapi agirligi azalacaktir. Ancak yatay yükteki artis düsey yükteki azalmadan çok daha fazladir. Benzer bir egilme tablasi deneyi de ODTÜ'de 2004 yilinda kurulmustur (Sekil 3.4).



a) Güçlendirilmemis model b) Güçlendirilmis model

(Zegarra, 2000)

Sekil 3.2 Peru'da egilme masasi deneyinde 1/1 ölçekli orijinal ve güçlendirilmis numunelerin deney sonu görüntüleri



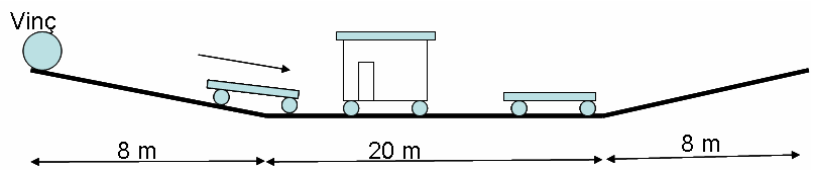
Sekil 3.3 Egilme tablasi deneyinde kuvvetlerin gösterimi



Sekil 3.4 ODTÜ'de gelistirilen egilme tablasi (ODTÜ, 2004)

Yapiya rasgele bir titresim vererek yapida olusan hasarin incelenmesi de literatürde bulunan bir diger deney metodudur. Bu konuda Hindistan'da gelistirilen sok tablasinda, deney numunesi bir tren vagonunda bulunmakta iken, agir bir vagon hizla numunenin bulundugu vagona çarpmakta ve numune rastgele bir ivmelenmeye maruz birakilmaktadir (Sekil 3.5). Bu yöntemde vagonun hangi yükseklikten birakildigiyla,

numunede olusan ivme degeri orantili oldugu için deney sürdürülebilmektedir.



Sekil 3.5 Roorke sok tablasi deney düzeneginin sematik ifadesi (Keightley, 1986)

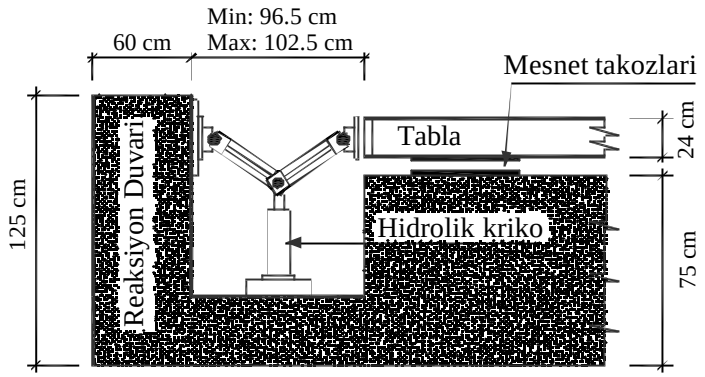
Hindistan'da gelistirilen bir baska deney düzeneginde ise, numune hareket edebilen bir platformda bulunmakta, bu platforma yakin olarak bulunan sabit bir sarkaç belirli bir açiyla kaldirilmakta ve serbest birakilmaktadir. Sarkaçta bulunan agirligin platforma çarpmasiyla platform ivmelenerek hareket etmekte ve belirli bir mesafede bulunan sinirlandiriciya çarparak ters yönde de ivmeler olusmaktadir. Bu deney düzeneginde de sarkacin birakildigi yükseklikle yapida olusacak maksimum ivme ayarlanabilmektedir (Sekil 3.6).



Sekil 3.6 Hindistan'da denenen yigma yapilar ve deney düzenegi (Kaynak: Jagadish K.S)

Sok tablasi olarak adlandirilan bir düzenek de (Spence R.J.S. ve dig., 1986) Bayindirlik Bakanligi Afet Isleri Genel Müdürlügü Bahçesinde bulunmakta ve deprem konusunda yapilan birçok deneysel çalismada kullanilmaktadir (Sekil 3.7). Bu sitemde numunenin bulundugu platform yari esnek yaylara oturmakta, platform bir kriko ve kol yardimiyla

itilmekte, belirli bir uzunluktan sonra kol kurtulmakta ve serbest kalan platform rastgele bir ivmeye maruz kalmaktadir. Yaylarin sertligi ile sistemin tepkisi degistirilebilmektedir.



(Altin, 2005)



Sekil 3.7 Bayindirlik Bakanligi Sok Tablasi

Yapilarin dinamik yükler altinda denenmesi için en gelismis araç sarsma masasi deneyleridir. Sarsma masasi düzeneginde bir, ya da çok eksenli hareket edebilen bir platform bulunmaktadir. Bu platforma bagli ve tepki süreleri çok hizli hidrolik pistonlar ya da elektrik motorlari vasitasiyla istenen hareket önceden belirlenerek platforma verilmektedir. Bu hareket de genellikle geçmis depremlerin verilerinden olusmaktadir. Numunenin model oranina göre bu verilerin düzenlenmesi gerekmektedir.

Bu deney sistemleri oldukça pahali ve imalati teknoloji, emek ve üst düzey bilgi gerektirmekte ayrica çok maliyetli olmaktadir.

Bu tez çalismasinin amaci; yigma yapilarin deprem dayanimlarinin incelenmesi oldugu

için, maliyeti düsük bir deney sisteminin kurulmasi gerekmektedir. Bu amaçla "servo-motor" ya da "servo-valf" lerle hareketlendirilebilecek bir sistem arastirilmis ancak maliyeti nedeniyle imal edilememistir. Yigma yapi numunelerine dinamik yatay yük verilebilmesi için sadece bir dogrultuda hareket edebilen bir platform olusturulmustur (Sekil 3.8). Yere sabit bir masa üzerine paralel iki adet mil sabitlenmis ve bunlara tam oturacak sekilde özel imal rulman bilyalar geçirilmistir. Mile geçen rulmanlarin üst yüzüne de yine profilden imal bir platform sabitlenmistir. Böylelikle platformun sadece bir yönde hareket etmesine izin verilmistir.



Sekil 3.8 Masa hareket platformu

Platformu hareket ettirebilmek için bir elektrik motoru kullanilmistir. Bu motorun miline bir disk yerlestirilmis ve bu diske eksenden kaçik vaziyette bir mil mafsal vasitasiyla sabitlenmistir. Mekanik bir sistem vasitasiyla milin eksenden kaçiklik mesafesi ayarlanabilmektedir (Sekil 3.9). Diske mafsalli milin diger ucu da hareketli platforma mafsallanarak baglanti tamamlanmistir (Sekil 3.10). Böylelikle motor dönmeye basladigi zaman platform kaçiklik miktari kadar ileri ve geri hareket edecektir. Bu dinamik hareket sistemine basitlestirilmis sarsma masasi adi verilmistir. Sistemin genel görünüsü Sekil 3.11 de verilmistir.



Sekil 3.9 Eksenden kaçik disk



Sekil 3.10 Motorun hareketini masaya ileten mil



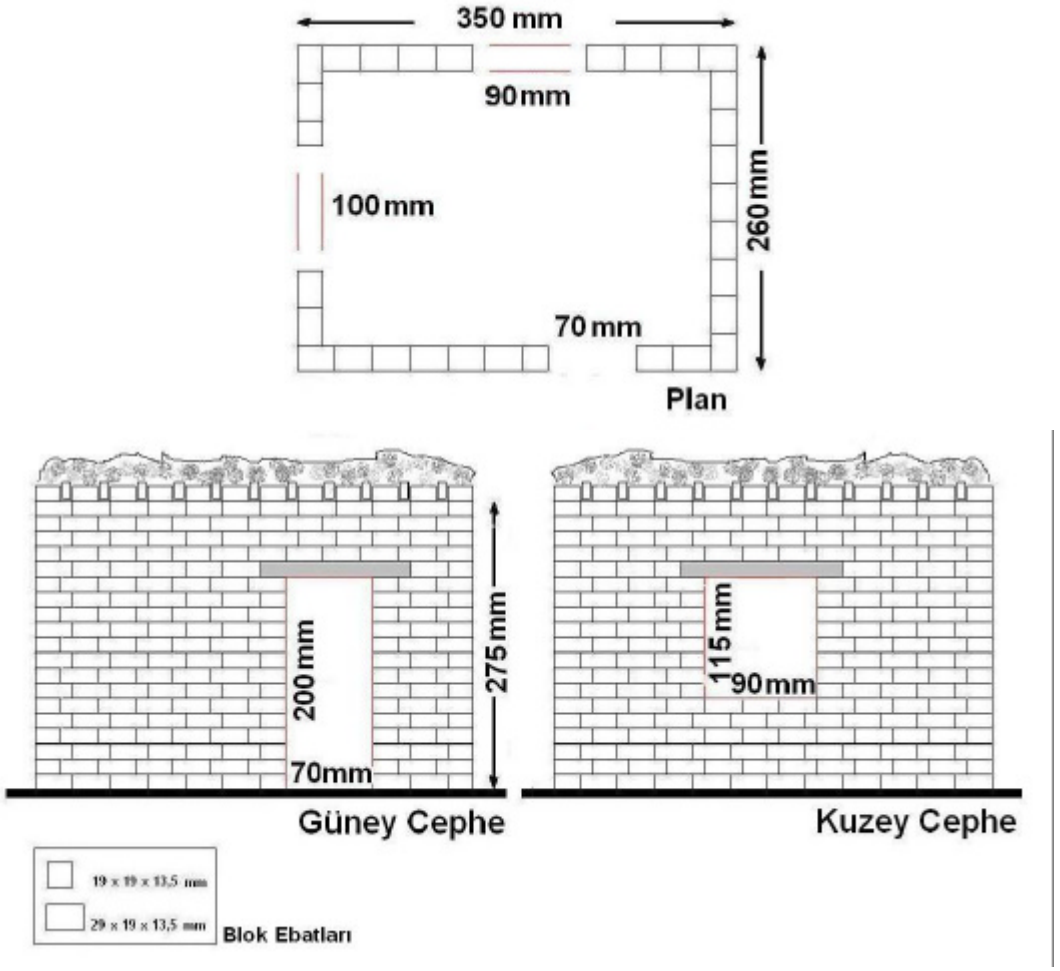
Sekil 3.11 Sistemin genel görünüsü

Motor dakikada 700 devirle dönmektedir. Bu ise tasarlanan deneyler için oldukça yüksektir. Ayrica kullanicinin motorun devir sayisini kendisi belirlemesi gerekmektedir. Bu amaçla motora bir adet “AC motor driver” baglanmistir (Sekil 3.12). Bu cihaz üzerinde bulunan dijital ekran vasitasiyla motorun dönüs frekansi ayarlanabilmektedir.



Sekil 3.12 Motor kontrol ünitesi

Deney konusu numuneler gerçek ölçegin 1/10 oraninda küçültülmesi ile elde edilmistir. Örnek bir kirsal yapinin tamami degil, literatürdeki deney numunelerine paralel bir sekilde sadece tek odali olarak ele alinmistir. Model yapi 260x350 mm planinda ve 275 mm yüksekliginde, kuzey cephesinde 90x115 mm, bati cephesinde 100x115 mm ebatinda birer pencere bosluklari ve güney cephesinde 70x200 mm boyutunda bir kapi boslugu olan, dogu cephesi sagir olarak tasarlanmistir. Modelde kullanilacak tuglalar, gerçek yigma yapi tuglasinin (Sekil 3.13) 1:10 ölçek olarak küçültülmüs hali olup traverten taslardan kestirilerek elde edilmistir. Harç olarak killi topraktan yapilan harç kullanilmis, çimento ilave edilmemistir. Duvarda çatlaklarin derzleri takip edecegi öngörülmüstür. Bu kabul, harcin tugladan daha zayif olmasi nedeniyle gerçekçidir. Numunelerde çati olarak betonarme çati oldugu kabul edilmis ve sadece ölü yük olusturmasi bakimindan modellenmistir.



Sekil 3.13 Model yapinin boyutsal özellikleri (Korkmaz 2007)

Platformun deplasman vektörü (x), elektrik motorunun dönme açisinin (θ) ve zamanin bir fonksiyonudur. Dairesel diskin kaçiklik miktari (r) degistikçe sistemin yapacagi maksimum deplasman degisecektir. Platform hareketinin zamana bagli denklemi sinüs egrisine benzemektedir. Dairesel disk ile platformu baglayan kolun uzunlugu (L) nin kisa olmasi halinde L/r orani küçülecegi için hareket sinüs egrisinden sapacaktir.

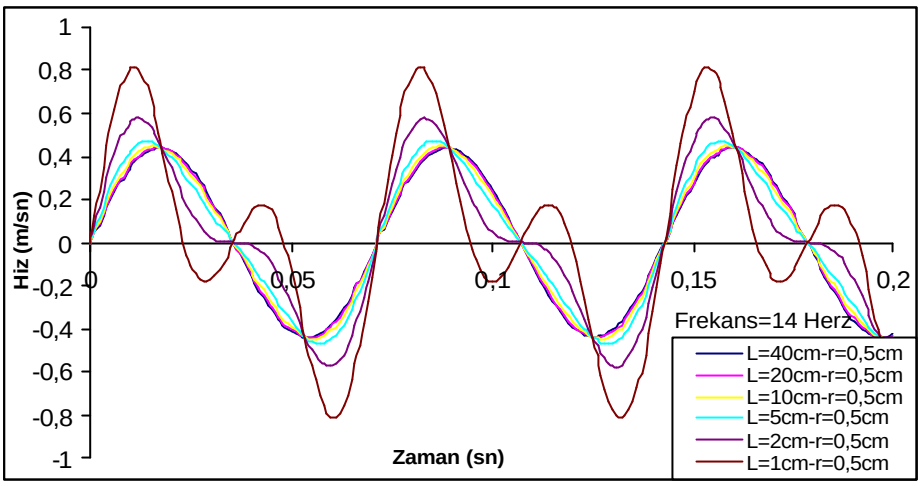
Hareketin denklemi $x = r(1-\cos(wt)) + L\left(1-\sqrt{1-\frac{r^2}{L^2}\sin(wt)^2}\right)$ (1)

seklinde verilebilir. Burada x; yatay deplasman, t; zaman, r; dönen diskin yari çapi, L; disk ve platformu baglayan kolun boyu ve w; açisal frekanstir. Bu denklemin birinci türevi, platformun zamana bagli hiz (v) denklemini verecektir (denklem 2). Denklem 2 'nin türevi ise platformun yatay ivmesini (a) verecektir (Denklem 3).

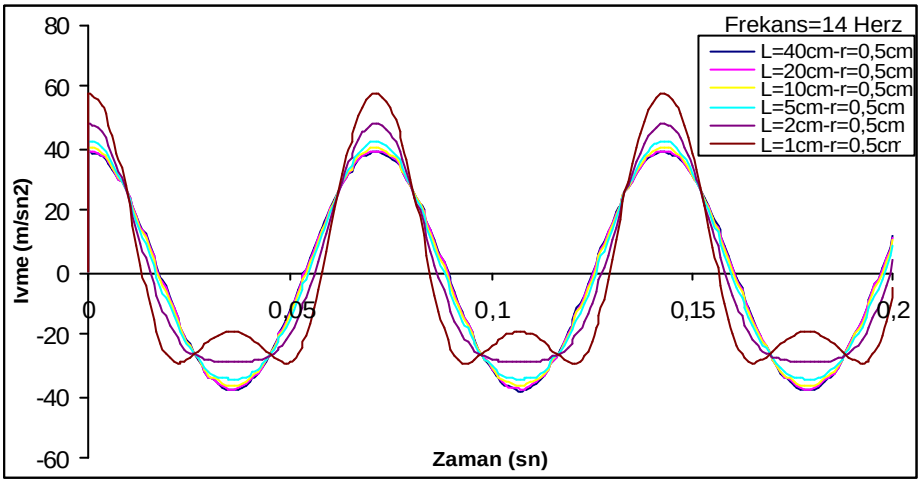
$$\dot{x} = v = r\sin(wt)w + \frac{1}{L\sqrt{1-\frac{r^2}{L^2}\sin(wt)^2}}\sin(wt)\cos(wt)w \qquad (2)$$

$$\ddot{x} = a = r\cos(wt)w^2 + \frac{1}{L^3\left(1-\frac{r^2}{L^2}\sin(wt)^2\right)^{\frac{3}{2}}}r^4\sin(wt)^2\cos(wt)^2w^2 + \frac{1}{L\left(1-\frac{r^2}{L^2}\sin(wt)^2\right)^{\frac{1}{2}}}r^2\left(\cos(wt)^2-\sin(wt)^2\right)w^2 \qquad (3)$$

Platformda olusan hareketin hizinin zamana bagli degisimi Sekil 3.14 'de ve ivmenin zamana bagli grafigi Sekil 3.15 de verilmistir.



Sekil 3.14 Platformun 14 Hz frekansinda degisik L/r degerleri için örnek hiz-zaman grafigi (Korkmaz 2007)



Sekil 3.15 Platformun 14 Hz frekansinda degisik L/r degerleri için örnek ivme-zaman grafigi (Korkmaz 2007)

Deneyler sirasinda dijital motor kontrol ünitesi üzerinden motorun dönüs hizi artirilmis, dolayisiyla masa hareketinin frekansi artirilmistir. Yapida olusan ivme, masa frekansinin karesi ile dogru oranitili oldugu için numune 2. dereceden artan bir ivme etkisinde kalmistir.

4. DENEYSEL ÇALISMA

Bu bölümde deneylerden elde edilen sonuçlar verilecektir. Deney sistemi dinamik ve numunler ani bir göçme gösterdigi için deneyleri durdurarak hasari tespit etme imkani yoktur. Bu nedenle deneyi durdurmadan hasarin görüntülenmesi gerekmektedir. Deneyler gerçeklestirilirken 3 degisik açidan kamera ile tespite çalisilmistir. Ancak bazi deneylerde kameralarda olusan problemler nedeniyle 2 degisik açidan görüntü elde edilebilmistir. Kameralardan alinan ve ".avi" formatindaki görüntüler video isleme programi ile sirali resimlere dönüstürülmüstür. Bir açidan hasarin olustugu ilk kareden itibaren önemli çatlama ve deformasyonlar alt alta siralanmistir. Ilk sütundaki hasarin oldugu anda diger kameranin yakaladigi görüntülerde mümkün oldugu kadar seçilerek ikinci ve üçüncü sütunlara yerlestirilmistir. Böylelikle bir satirdaki üç farkli görüntü ayni anda olusan farkli cepheleri gösteren resimler olarak tasarlanmistir.

Deneyler sirasinda dijital kontol ünitesi ile masanin frekansi, sabit bir hizda, sürekli artirilmistir. Okunan frekans degeri yüksek sesle söylenerek göçme anindaki yaklasik masa frekansi tespit edilmeye çalisilmistir. Masada olusan ivme degerleri frekansin karesi ile dogru orantili oldugu için bu degerler numuneler arasinda bir karsilastirmaya imkân saglamaktadir.

Numunelerin dayanimlarinin karsilastirilmasinda göçme ivmesi, referans numunesinin göçme ivmesinin kati olarak ifade edilmistir. 1/10 ölçekte meydana gelen dinamik hareketin 1/1 ölçekte degerlendirilmesinde boyut etkisi nedeniyle problemler çikabilmektedir. Önemli olan numuneler arasinda mutlak deger olarak bir karsilastirma yapabilmektir.

4.1 Referenas numune RN1

Ilk denenen numune RN1 numunesinde hiç bir güçlendirme uygulanmamis ve normal sartlar altinda numunenin yatay ivmelere karsi dayaniminin ölçülmesi amaçlanmistir. Numenin üretiminde harç olarak killi çamur ve siva olarak çok ince kilin sulandirilmasi ile elde edilen yagli çamur kullanilmistir. Böylelikle duvarda olusacak çatlaklar da kolaylikla izlenebilecektir. Sivanin üstü kuruduktan sonra kireç ile badana edilerek beyaza boyanmistir.

Deney 4 açidan kamera ile kayit edilmis ve göçme sirasi Sekil 4.1 de verilmistir. Numunede olusan ilk çatlak pencerenin üst kösesinden diyagonal olarak çatiya dogru uzanan egik çatlaktir. Bu çatlak ilerleyen çevrimlerde genislemis ve pencerin alt kösesinden tabana uzanan çatlakla beraber diyagonal bir çatlak halini almistir. Hareketin yön degistirmesi ile ilk çatlaga dik ikinci bir çatlak daha olusmus ve bu haliyle X çatlagi meydana gelmistir. Hasarin ilerlemesiyle pencere üstü hatilinin da üstünde kalan duvar parçasi düzlem disi devrilmistir. Pencere bulunan duvardakine benzer bir hasarda kapi boslugu bulunan duvarda gerçeklesmistir. Burada da kapi üstünde çapraz, tavana dogru ilerleyen çatlak ve hasar olusmustur. Düzlem disi yatay kuvvete maruz pencereli duvarda da hasarin çok ilerlemesiyle çapraz çatlaklar oldugu gözlenmistir. Ayrica kapinin bulundugu duvarda, kapi boslugu nedeniyle tabanda duvar alani azaldigi için yatay kayma çatlagi görülmüstür. Numune son olarak 12 Hz degerinde bir yatay hareket frekansina kadar dayanmis ve daha sonra tamamen göçmüstür.



Sekil 4.1 Referans numune RN1 için hasar ve göçme sirasi

4.2. Güçlendirilmis deney numunesi KEYGN1

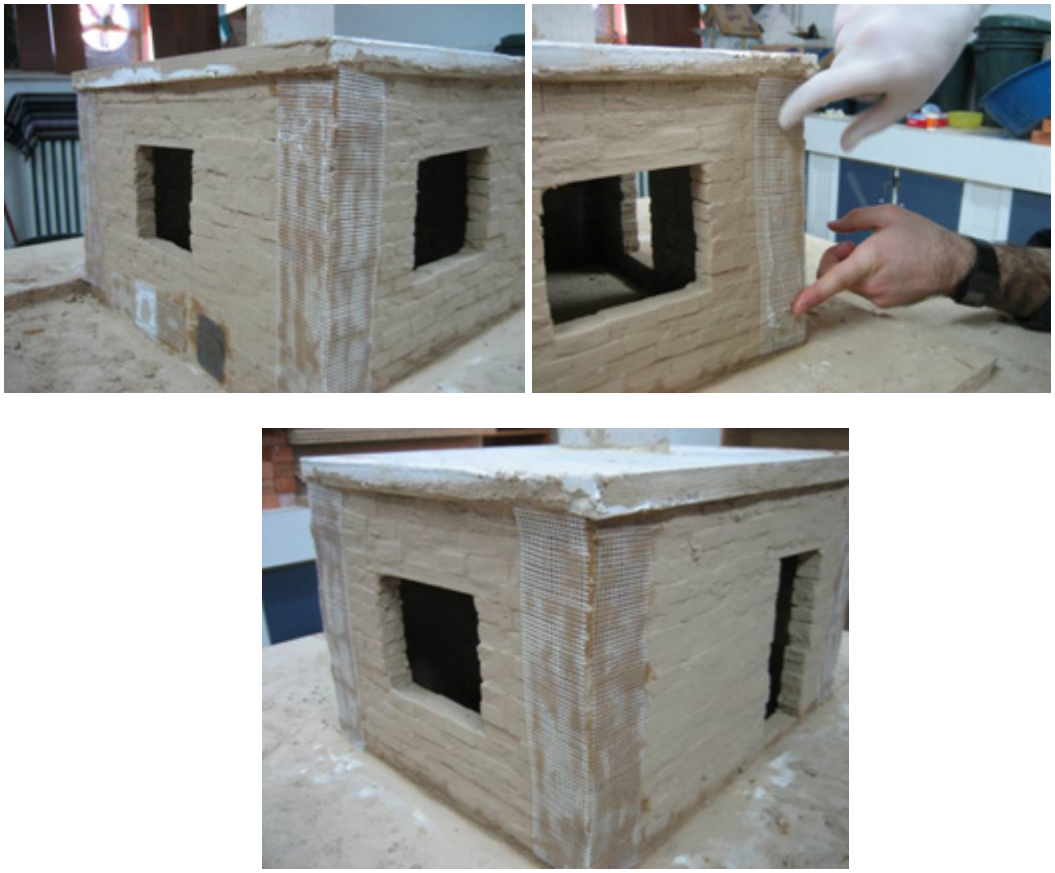
Güçlendirme metodlari arasinda ele alinan ilk uygulama karbon lifli elyaf (Carbon Fiber Reinforced Polymer CFRP) uygulamasi ile yigma duvarin güçlendirilmesidir. CFRP yaygilarin epoksi ile duvar yüzeyine yapistirilmasi ile duvarin düzlemdeki yatay yükleri tasima kapasitesinin artacagi açiktir. Yigma duvar basinç gerilmelerini karsilayabilirken, CFRP malzemesi de çekme ve kesme gerilmelerini karsilayacak ve duvar elemanlari arasinda titresimden dolayi olusacak ayrismalari ve bütünlügün bozulmasini geciktirecektir. Ancak CFRP malzemesi pahalidir. Duvarin tamaminin bu malzeme ile kaplanmasi ekonomik degildir. Bu nedenle duvarda krtik olarak gerilme yigilmasinin oldugu bölümler ve köselerin sarilmasi daha yararli olacaktir.

CFRP nin 1/10 ölçekte temsil edilip modellenmesi için bir kaç degisik alternatif denenmistir. Ilk olarak pencerelere takilan ve “sinek teli” olarak tanimlanan ince telli ve küçük örgülü tel ile siva isleminde kullanilan ve petrol esasli liflerden üretilen siva filesi degerlendirilmistir. Bu malzemelerin duvara epoksi ile yapismasini temsil etmek içinde bir kaç degisik yapistirici türü ile deneme yapilmistir (Sekil 4.2). Bu denemeler sonucunda ince siva filesinin ve yapistirici olarak da çok ince bir tabaka halinde seffaf slikonun kullanilmasina karar verilmistir.



Sekil 4.2 CFRP nin modellenmesi için yapilan denemeler

CFRP yaygilar belirli ebatlarda üretilecegi için duvarin bir kaç parçadan olusan yaygilarla kaplanacagini da düsünerek 3 cm genisliginde yaygilar duvar köselerinin iki tarafina da yapistirilmistir (Sekil 4.3).



Sekil 4.3 CFRP yaygilari ile duvar kösesinin sarilmasi

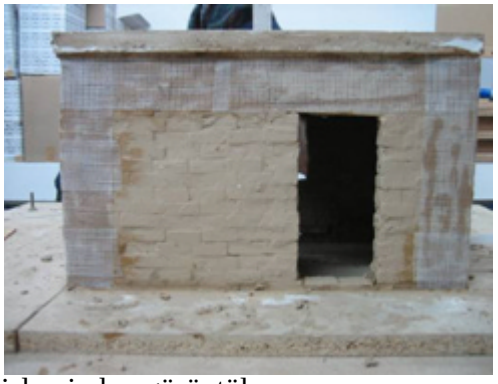
Duvarin dik iki kösesindeki yaygilar duvar tavanindan, tabanindan ve ortasindan olmak üzere üç yerde yatay baska yaygilarin bindirme seklinde yapistirilmasi ile birbirine baglanmistir. Pencere üstünde ve çatinin hemen altinda kalan duvar parçasinin güçlendirilmesi için bu bölgededе duvar üstü yatay olarak kaplanmistir (Sekil 4.4).











Sekil 4.4 Güçlendirme isleminden görüntüler

Duvar üstünün siva ile kapatilmasi düsünülmüstür. Siva olarak, çok ince kilin sulandirilmasi ile elde edilen yagli çamur kullanilmistir. Böylelikle duvarda olusacak çatlaklar da kolaylikla izlenebilecektir (Sekil 4.5). Sivanin üstü kuruduktan sonra kireç ile badana edilerek beyaza boyanmistir.



Sekil 4.5 Duvarin sivanmasi

KEYGN1 numunesi 3 degisik açidan videoya alinmistir. Deney sirasinda tespit edilen hasar ve göçme sekli Sekil 4.6 da verilmistir. Çatlaklar ilk olarak pencere altlarinda ve kapi üstünde baslamistir. Bosluklarin üstünün de kaplanmasi nedeniyle bu çatlaklar X halini alamamis, sadece pencere altinda ters V seklinde kalmistir. Bu çatlaklar ilerleyen hareket çevrimleri ile büyümüs, siva kaplamasi dökülmüs ve tuglalar net bir sekilde açiga çikmistir. Köselerin sarilmasi nedeniyle binada ayrisma olmamis ve özellikle kapi boslugunun iki yanindaki duvar parçalarinda büyük deformasyonlar olusmustur. Çatlaklar referans numuneye göre daha genis bir alanda ve çok daha fazla sayida olustugu için yapi daha fazla deprem enerjisi tüketmistir. Büyük deformasyonlara ragmen numune tamamen yikilmamis, ancak deney sonundaki görüntüsü itibari ile kullanilamayacak bir yapi seklini almistir. Deney sonunda numuneye verilen en büyük yatay ivme degeri referans numunenin yikilma ivme degerinin 2.5 kati kadaridir.







Sekil 4.6 KEYGN1 numunesi göçme sirasi

4.3 Güçlendirilmis deney numunesi KEYGN2

KEYGN2 numunesinde pencereler ve kapi üstündeki CFRP yaygisi kaldirilmistir. Bunun yerine pencerelerin altindan itibaren kapi hariç duvar altina CFRP uygulanmistir (Sekil 4.7). KEYGN1 ‘e benzer sekilde yine köselerde bina yüksekligi boyunca yapilan sargilama mevcuttur.



Sekil 4.7 KEYGN2 numunesinin hazirlanisi ve detaylari

Dinamik tabla hareketi sirasinda numunede olusan hasar sirasi Sekil 4.8 de verilmistir. Ilk hasarlar pencere ve kapi köselerinden üst ve alt köselerle dogru uzanan çatlaklar seklindedir. Pencere boslugu çevresinde X çatlagi olusmus ancak tabanda sarili bölgede ilerleyemedigi için yere paralel bir hal almistir. Duvarlarin birlesim kösesindeki ayrisma sargi nedeniyle önlendigi için, artan yük çevrimlerinde ilk olusan çatlaklar açilmis ve artik bu çatlaklar arasinda kalan duvar parçalari serbest olarak titresen elemanlara dönüsmüstür. Yapi son olarak RN1 numunesinin 2 kati kadar bir yatay ivme altinda iken tamamen göçmüstür.



Sekil 4.8 KEYGN2 numunesi göçme sirasi

4.4 Güçlendirilmis deney numunesi KEYGN3

KEYGN1 numunesinin yatay yük tasima kapasitesinde elde edilen yüksek artistan sonra CFRP malzemesinin daha azaltarak deneyin yenilenmesine karar verilmistir. Böylelikle KEYGN1 e göre daha ekonomik ve RN1 ‘e göre daha dayanikli bir numune elde etmek hedeflenmistir. Pencereler ve kapi alt ve üstündeki CFRP yaygisi kaldirilmistir. Sadece köselerde CFRP bina yüksekligi boyunca serilmistir (Sekil 4.9).



Sekil 4.9 KEYGN3 numunesinin hazirlanisi ve detaylari

KEYGN3 numunesinde çatlaklar düzleminde yüklemeye maruz duvarlardaki kapi ve pencere bosluklarinin çeveresinde diyagonal olarak baslamis (Sekil 4.10), ilerleyen çevrimlerde kapi bulunan duvarda yatay çatlagin olusmasiyla çatlaklar daha genis bir alana düzensiz olarak yayilmis ve pencere altinda da yayilarak devam etmistir. Düzlemde yüklenen duvarda pencere yanindaki duvar parçasinda olusan çatlak ve düzlemine dik dogrultuda yüklenen duvarda meydana gelen hasardan sonra numune tamamen yikilmistir. Bu numunenin dayanabildigi maksimum yer hareketi, referans numunenin yaklasik 1.5 kati kadardir.





Sekil 4.10 KEYGN3 numunesi göçme sirasi

4.5 Güçledirilmis deney numunesi ÇLGN1

Altin ve ark. (2005) yaptiklari çalismada düsey delikli tugladan yapilmis üç boyutlu tek katli yigma bir yapi sarsma tablasinda test edilerek önce hasar verdirilmis, ardindan hasarli yapi dört farkli türde düzenlenen çelik seritlerle güçlendirilerek tekrar test edilmistir. Deney yapisinda kullanilan çelik serit düzenlemeleri Sekil 4.11'de verilen fotograflardan görülmektedir. St-I çelik levhalardan kesilerek hazirlanan seritlerin

kalinligi 5 mm, genisligi 150 mm dir. Tüm çelik serit uygulamalarinda 250x400 mm boyutunda ve 5 mm kalinliginda tasarlanan bayrak levhalari yardimiyla çelik seritler yapinin üst ve alt hatillarina sabitlenmistir. Çelik seritlere ve yapinin duvarlarina açilan deliklere geçirilen çelik çubuklarla seritler yapinin duvarina somunlarla sikica baglanarak yapinin duvari sargilanmistir. Güçlendirmeden sonra yapilan testler uygulanan rehabilitasyon yönteminin basarili oldugunu göstermis ve deney yapisinda önemli sayilabilecek çatlak gelisimi gözlenmemistir.

ÇLGN1 numunesinde Altin (2005) çalismasinda önerilen güçlendirme teknigi denenmek istenmistir. Çelik saç levhalari modellemek için çok ince aliminyum seritler hazirlanmis ve duvarlara sabitlenmistir. 1/1 prototip deneyden farkli olarak mekan içine levha konulmamistir (Sekil 4.12).



Sekil 4.11 Çelik serit düzenlemeleri (Altin, 2005)



Sekil 4.12 Saç levhalarla güçlendirme denemesi

ÇLGN1 nunumesinin dinamik etkiler altinda denenmesi sirasinda tespit edilen göçme ve hasar sirasi Sekil 4.13 de verilmistir. Ilk çatlak kapi üst kösesinden baslamis ve numune üst kösesine dogru ilerlerken, kapiya yakin levhayi asamadigi için levhanin üstünden ilerleyerek tavana ulasmistir. Benzer bir durum pencere sol üst kösesinde de görülmüs ancak çatlak levhanin üstünden yere paralel olarak devam etmistir. Ilerleyen yükleme durumlarinda pencere alti ve kapi üstünde hasar yogunlasirken genel olarak duvari kaplayan X çatlaklari olusamamistir. Son olarak levhalarin üzerindeki derzden çati

sistemi yatay olarak hareket etmistir. Deney numunesi yikilmadan önce en son olarak RN1 Numunesinin 1.4 kati kadar bir yatay ivmeye maruz kalmistir.



Sekil 4.13 ÇLGN1 numunesi göçme sirasi

4.6 Hasir çelik uygulamasi ile güçlendirilmis Deney Numunesi HÇGN1

Yigma yapilarin güçlendirilmesinde en yaygin kullanilan yöntemlerden birisi de duvarin yüzünün hasir çelik ile kaplanip üstüne siva ya da kalip kurularak beton ile kaplanmasidir. Püskürtme betonda alternatif olarak kullanilabilmektedir. Sekil 4.14 de Konya'da yigma bir ilkokul binasinda hasir çeliklerin yerlestirilmesi ve duvarin delinerek sabitlenmesi görülmektedir.



Sekil 4.14 Yigma binada hasir çelik ve siva ile güçlendirme örnegi

(Kaynak: H.H. Korkmaz)

Benzer bir güçlendirme uygulamasi da Aksehir'de 2001 Sultandagi depremi sonrasi kerpiç yapilarda uygulanmistir (Sekil 4.15).



Sekil 4.15 Aksehir’de kerpiç yapilarin hasir çelik ve siva ile güçlendirilmesi (Kaynak: H.H. Korkmaz)

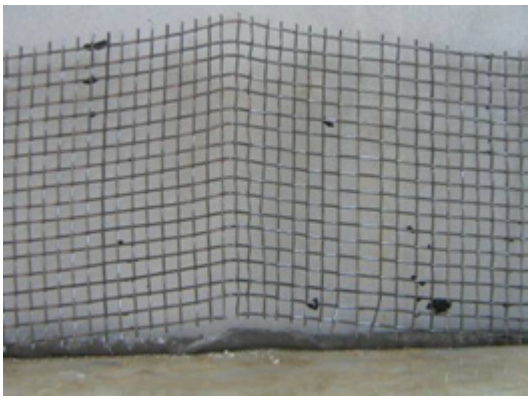
Peru Katolik Üniversitesi’nde gerçeklestirilen çalismalarda ise yigma yapilarin hasir çelik veya kümes teli kaplanarak deprem dayanimindaki artis incelenmistir (Sekil 4.16).



Sekil 4.16 Peru’da gerçeklestirilen kümes teli ile kerpiç yapilari güçlendirme uygulamasi (Arie S., 2001)

HÇGN1 numunesinde bu güçlendirme teknigini denenmesi amaçlanmistir. Hasir çeligi modellemek üzere pencerelerde kullanilan çok ince sinek teli kullanilmistir. Betonu modellemek üzere alçinin kullanilmasi düsünülmüstür. Uygulama sadece duvar köselerinde birer kolon seklinde bölge olusturacak sekilde tasarlanmistir.

Ilk olarak nununenin köselerine siva alçisi sürülmüs, bunu üstüne önceden kesilerek hazirlanmis sinek teli yerlestirilmis ve en üstüne tekrar alçi uygulanmistir (Sekil 4.17-19).



Sekil 4.17 Güçlendirmede kullanilan tel



Sekil 4.18 Numune köselerinin alçi ve sinek teli ile kaplanmasi asamalari



Sekil 4.19 HÇGN1 numunesinin son hali

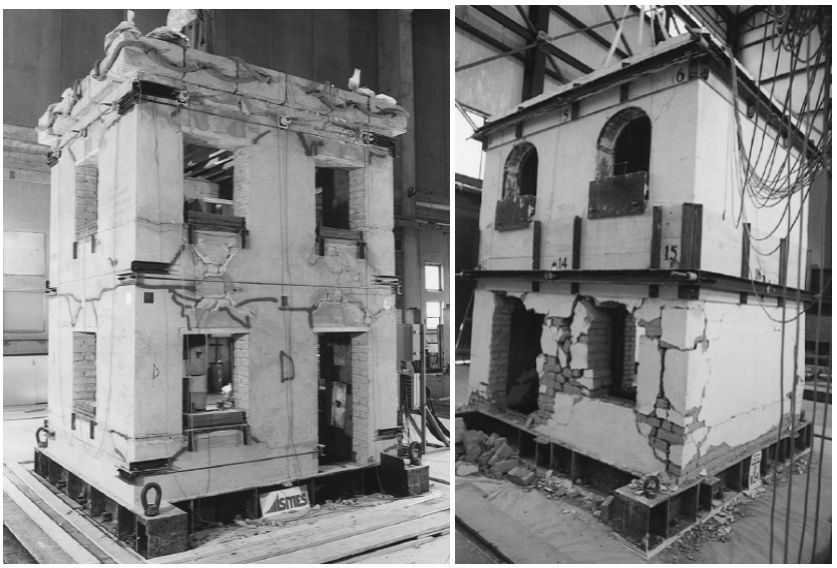
HÇGN1 numunesinde ilk çatlak kapi ve pencere bosluklarinin köselerinden çapraz olarak baslamis ancak ilerleyen asamalarda daha çok yatay bir hal alarak olusan diger çatlaklarla birleserek daginik bir hal almistir. Kösede uygulanan güçlendirme sebebiyle son asamaya kadar köse ayrilmasi gözlenmemis ve yapi referans numunenin 1.7 kati kadar bir yatay yüke dayanarak yikilmistir (Sekil 4.20).



Sekil 4.20 HÇGN1 numunesinde hasar durumu

4.7 Yatay sargili deney numunesi YSN1

Yigma yapilarda deprem esnasinda hasarin ve yikimin en büyük sebebi, tugla birimlerinin titresim esnasinda birbirinden ayrilarak serbest titresmeleri ve yapisal bütünlügün korunamamasidir. Duvar elemanlari arasi baglayici kuvvet artirilabilirse yapinin genel deprem performasininin da artacagi açikdir. Bu ise duvarlara yatay ya da düsey ard germe uygulayarak gerçeklestirilebilir. Yatay ard germede duvar elemanlarinin yaninda köselerde sarilabilirse dayanim artisi etkili olacaktir. Bu nedenle YSN1 numunesinin yatay olarak sarilmasi amaçlanmistir. Sarma islemi için tel kullanilmistir. Bu ise gerçekte ard germe tendonlari ya da donati ile uygulanabilir. Benedetti ve ark. (1998) uyguladigi yatay sargilama detaylari Sekil 4.21 de verilmistir.



Sekil 4.21 Benedetti ve ark. (1998) uyguladigi yatay sargilama detaylari

Sargilama gerilmesinin tüm duvara yayilabilmesi için bina köselerine 8 adet ahsap hatil yerlestirilmis ve bunlarin çevresinden çati seviyesinin hemen altindan bir adet ve duvar altindan bir adet yatay sargilama geçirilerek gerilmistir. Sonuçta güçlendirilen numune referans numunenin 1.8 kati yatay ivmeye dayanmistir. Numune duvarlarinda yatay gerilmeden dolayi diyagonal çatlaklar görülmemis, uygulanan gerilmeye paralel yatay derzlerde kayma seklinde çatlamalar duvarlarin genis bir alanina yayilarak daha sünek bir davranis izlenmistir (Sekil 4.22).



Sekil 4.22 YSN1 numunesi hasar siralamasi

3.8 Yatay sargili deney numunesi YSN2

YSN1 numunesinde elde edilen dayanim artisina daha ekonomik ve uygulanabilir sekilde ulasabilmek için, duvar boyunca uzanan hatillar kaldirilarak, çati altinda ve temel üstünde kisa kesilmis ahsap parçalar kullanilmistir. Bu parçalar tel ile çevrelenerek duvara yatay bir ard germe uygulanmistir (Sekil 4.23).



Sekil 4.23 YSN2 numunesi yatay ard germe detay görünümü

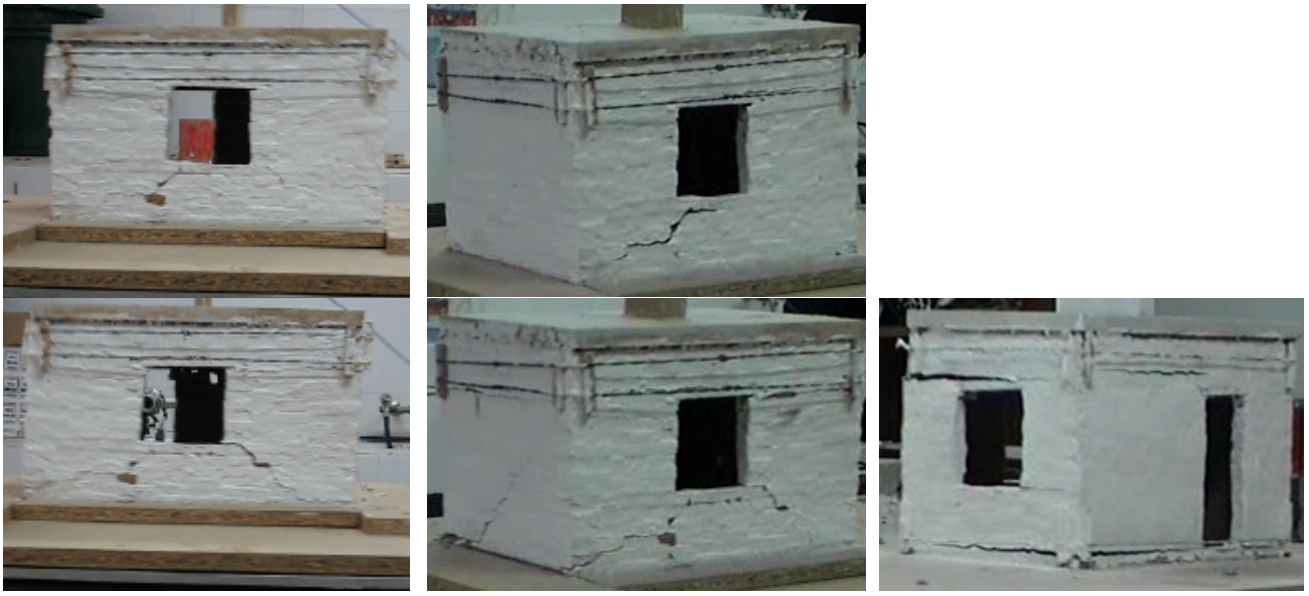
YSN2 numunesinde yatay ard germe nedeniyle egik çatlaklar yerine yatay çatlaklarin daha izlenir oldugu, üst ard germe seviyesinin hemen altindan, çatinin yatay olarak kaydigi gözlenmistir (Sekil 4.24). Bu numunenin göçmeden önce maruz kaldigi en yüksek yatay ivme degeri, referens numunenin 1.7 kati kadardir.

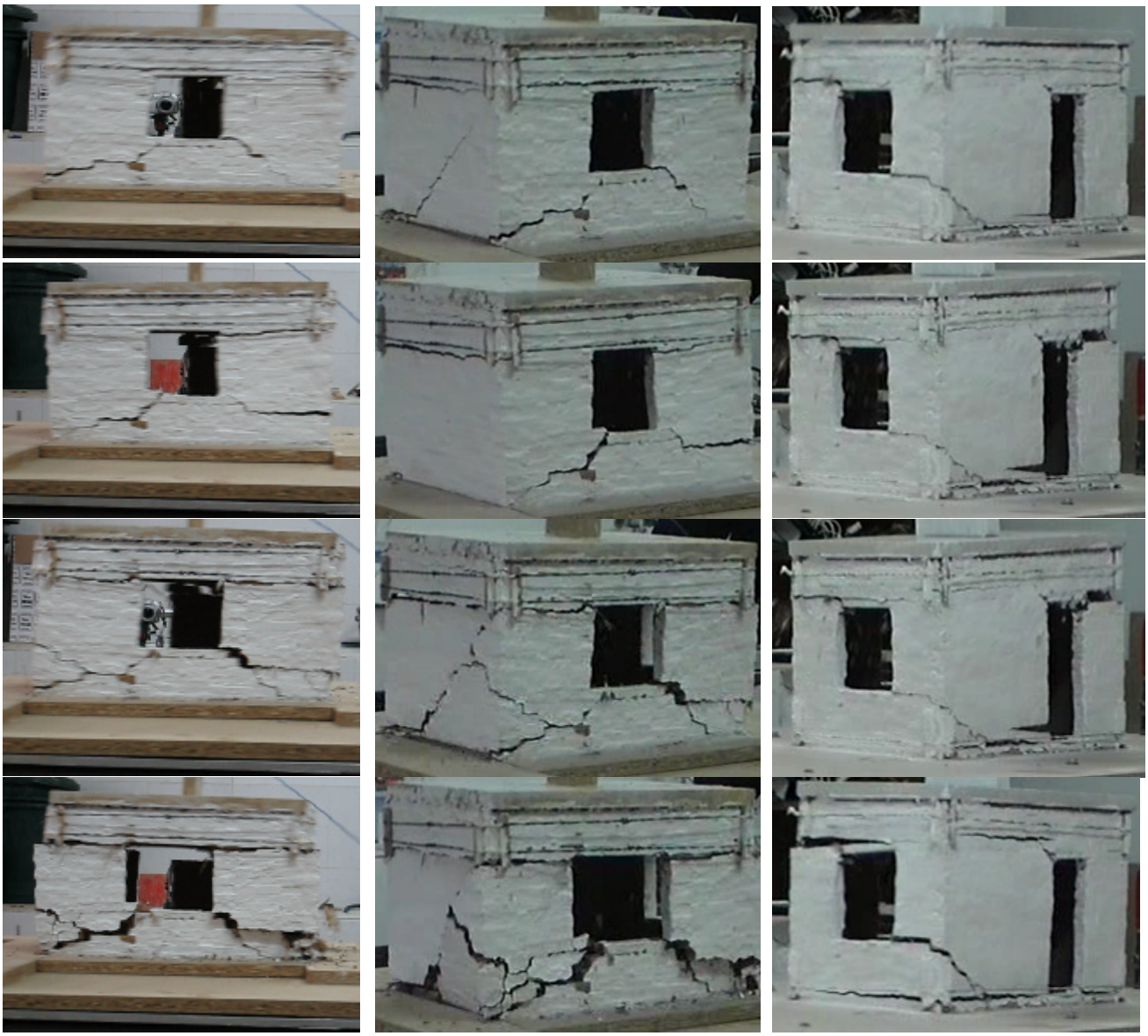


Sekil 4.24 YSN2 numunesi hasar siralamasi

4.9 Yatay sargili deney numunesi YSN3

Duvar altindan, temel yada zemin seviyesinin hemen üstünden yatay sargilama yapmak, kapi bosluguyla kesistigi noktalarda problem olusturacagi ve pratikte uygulanmasinin zor olacagi düsünülmüstür. Kapi boslugunun daha altindan yatay sargilama geçirilebilir. Ancak bu sefer yapi çevresince bir hafriyat yapilmasi gerekecektir. Bu nedenle YSN3 numunesinde sadece çati seviyesinin hemen altindan yatay sargilama geçirilmistir. Mesnet olarak yine kisa kesilmis ahsap parçalar kullanilmistir. Yatay gerilmeye maruz olmayan pencere bosluklarinin altindaki duvar parçalarinda çapraz çatlaklarla baslayan bir hasar izlenirken, yatay gerilmeye maruz pencere ve kapi üstü duvar parçalarinda yatay çatlaklar ve kaymalar dikkat çekicidir. Bu hasar sekli 1/10 oranli deney numunesinde yatay gerilme uygulamasinin çatlak ve davranisi degistirdigini ve bununda izlenebildigini göstermektedir (Sekil 4.25). Bu numunenin göçmeden önce maruz kaldigi en yüksek yatay ivme degeri, referens numunenin 1.5 kati kadardir.

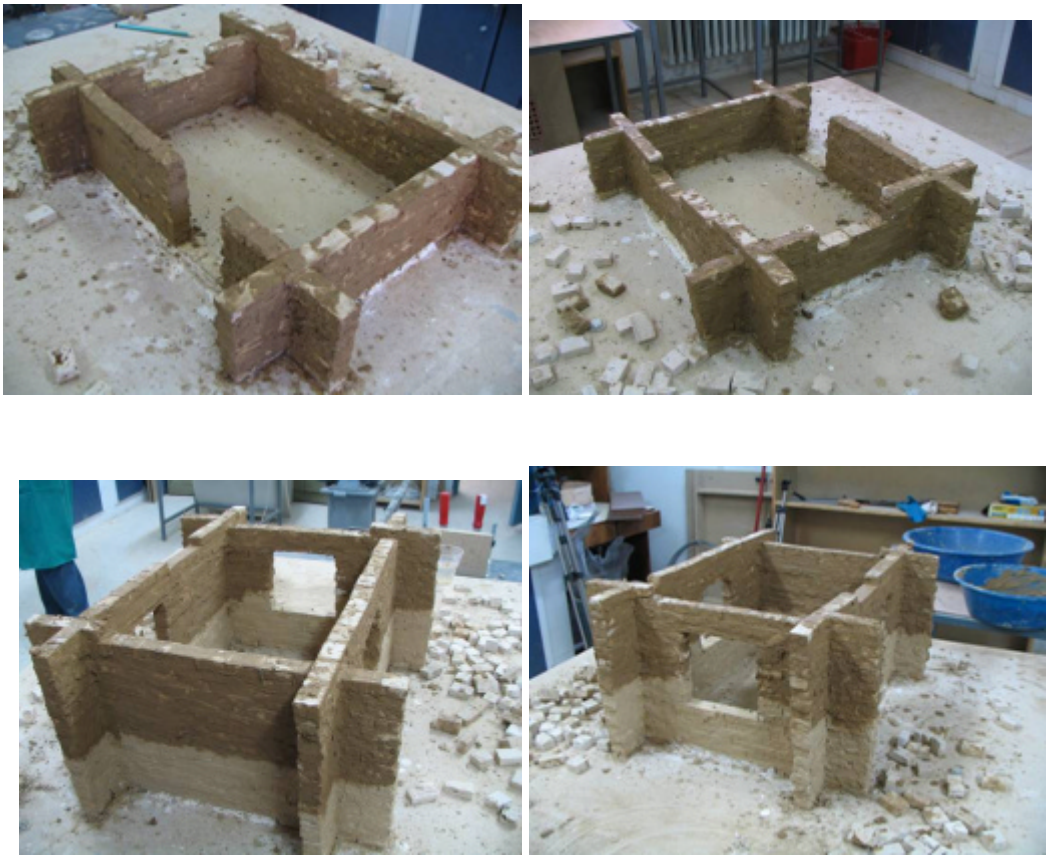




Sekil 4.25 YSN3 numunesi hasar siralamasi

4.10 Payandali deney numunesi PN1

Bu çalisma kapsaminda denenmesi hedeflenen numunelerde, mevcut bir binanin deprem dayaniminin artirilmasi için sonradan yapilabilecek uygulamalarin etkinliginin arastirilmasi amaçlanmis olmasina ragmen, PN1 numunesinde yapim asamasinda duvarlarin dik kesistigi köselerde payanda seklinde uzantilar imal edilmis (Sekil 4.26) ve numune denenmistir.



Sekil 4.26 PN1 numunesi hazirlanma asamasi

Hasar olusumu incelendiginde (Sekil 4.27), pencere bulunan duvarda çapraz çatlagin olusumu, kapi boslugu bulunan duvarda ise daha yatay bir çatlagin olusumu dikkat çekicidir. Bu yatay çatlak payanda kismi içinde de devam etmis ve neticede numune referans numunenin 1.2 kati kadar bir yatay ivme altinda yikilmistir.



Sekil 4.27 PN1 numunesinin göçme sirasi

4.11 Düsey Donati ile Güçlendirilmis Numune (DDGN)

Bu çalismada da yigma yapinin depreme karsi güçlendirilmesi amaçlanmis ve bu amaçla 1/10 ölçekli numunede düsey donati vazifesi yapmasi amaciyla teller kullanilmistir. Bu teller boyuna olarak yapi yüksekligince temelden çatiya kadar devam ettirilmis ve üç tugla derzinde bir defa olmak üzere normal yapida çiroz adini verebilecegimiz ayni tür tellerle birbirine baglanmistir. Burada amaçlanan dinamik yükleri bu donatilar yardimiyla çirozlardan boyuna uzanan tellere oradan da temele aktarabilmek ve performansi artirabilmektir. Kullanilan düsey donatilari, açilan sondalarla temele kadar indirmek ve yine çiroz görevi görecek baglanti demirlerini de duvarlari delerek bu noktalardan geçirmek ve hem boyuna hem de çiroz demirlerini epoksi malzeme ile yuvalarina sabitlemek mümkün oldugu için sonradan yapilan yapilara da bu güçlendirme teknigini uygulamak mümkündür (Sekil 4.28).

Yapilan deneyde sarsma altindaki numunede kapi ve pencere üzerinde ilk olarak olusan çatlaklar çapraz olarak baslamis ve ilk boyuna donati ile karsilastigi yerde yatay olarak devam etmis, ancak bu durum daha sonra olusan çatlaklarda görülmemistir. Yatay yüke maruz olmayan pencere alti duvarlarinda diyagonal çatlaklar olusmus ve güney yönündeki pencereyi bulunduran duvarin yine bu bölgesindeki bir noktada birbirine dik olarak iki diyagonal çatlak olusmustur. Bu numunenin göçmeden önce maruz kaldigi en yüksek yatay ivme degeri, referans numunenin 1.8 kati kadardir (Sekil 4.29)







Sekil 4.28 DDGN numunesi hazirlanma asamasi







Sekil 4.29 DDGN numunesinin göçme sirasi

Bu çalisma kapsaminda denenen numunelerin tamaminin karsilastirmasi Tablo 4.1 de özetlenerek toplu halde sunulmustur.

Tablo 4.1 Güçlendirme yöntemlerinin karsilastirilmasi

Numune Adi	**Güçlendirme Yöntemi**	**Resmi**	**Göç. iv. / Ref. iv.**
RN1	Güçlendirme uygulanmamis referans numune		1
KEYGN1	CFRP uygulamasinin modellendigi, kapi ve pencere bosluklarinin üzerleri ile bina köselerinin sarildigi numune.		2.5
KEYGN2	CFRP uygulamasinin modellendigi, kapi ve pencere bosluklarinin altlari ile bina köselerinin sarildigi numune.		2
KEYGN3	CFRP uygulamasinin modellendigi ve sadece bina köselerinin sarildigi numune.		1.5
ÇLGN1	Çelik saç levha uygulamasinin modellendigi numune.		1.4
HÇGN1	Hasir çelik uygulamasinin duvar köselerinden bölgesel olarak modellendigi numune.		1.7
YSN1	Bina yüksekligi boyunca köselerine konulan ahsap hatillarin tellerle çati alti ve temel üzerinden gerdirilmesi sonucu Art Germe uygulanan numune.		1.8

YSN2	Çati alti ve temel üzerine konulan ve kisa kesilen ahsap hatillarin tellerle gerdirilmesi sonucu Art Germe uygulanan numune.		1.7
YSN3	Sadece çati altina konulan ve kisa kesilen ahsap hatillarin tellerle gerdirilmesi sonucu Art Germe uygulanan numune.		1.5
PN1	Bina köselerinde yapim asamasinda payanda yapilarak güçlendirilmis numune.		1.2
DDGN	Binada duvar içine ve disina belirli araliklarla konulan düsey tellerin üç derzde bir çiroz görevi gören yatay tellerle baglanmasi sonucu güçlendirilmis numune.		1.8

5. SONUÇLAR

Deprem hareketi sirasinda yapilarda olusan sekil degisikligi, çatlak, hasar ve gerilmeler ile bunlarin dagiliminin incelenmesi akademik çalismalarin konusu olmustur. Deprem sonrasinda meydana gelen hasarlarin incelenmesi ise dogal bir laboratuar ortami olusturdugu için degerlidir. Hasara neden olan tasarim ve imalat yanlislarinin tespiti ve ayni hatalarin tekrarlanmasinin engellenmesi, depreme dayanikli yapi tasarimi açisindan önemlidir. Bu nedenlerden dolayi çalismanin ilk bölümünde kirsal yapilarda gözlenen hasar sekillerine yer verilmistir.

Kirsal yapilar çogunlukla yigma yapilardir. Yapi malzemesi olarak: tas, kerpiç, pisirilmis kilden imal tuglalar ve briketler kullanilmaktadir. Malzemesi ne olursa olsun yigma yapilarin zayif yönü, bu tuglalarin dayanimi daha düsük bir harçla üst üste istiflenmesidir. Böylelikle basinç dayanimi kismen yüksek, çekme dayanimi olmayan ve kesme dayanimi zayif yapi elemanlari elde edilmektedir. Tugla duvarlar gevrek oldugundan dolayi, bunlardan imal edilmis yapinin sünekligi de çok azdir. Ayrica yapinin dogal titresim periyodu da çok küçük olacagindan deprem azaltma katsayisi R=1 dir. Bu da yapinin deprem esnasinda kendi agirligi kadar bir yatay yüke maruz kalacagini gösterir. Yapida uygulanacak güçlendirme yöntemi sünekligi ve çekme gerilmelerine karsi direnci artirmalidir.

Bina disindan ve içinden duvarlarin hasir çelik ve çimento dozaji yüksek siva uygulamasi ile kaplanmasi, tuglalarin birlikte hareketini saglayacak ve yapiya dayanim kazandiracaktir. Ayrica yapinin duvarlarina düsey ve yatay ard germe uygulamasi ile de tugla elemanlar arasi sürtünme kuvveti artirilacak ve kesme dayaniminda da kazanca neden olacaktir.

Bu çalismada yigma yapilar üzerinde uygulanabilecek alternatif güçlendirme

yöntemlerinin karsilastirilmasi amaçlanmistir. Deneysel çalisma oldukça masrafli oldugu için basitlestirilmis model deneylerden çok sayida gerçeklestirilerek davranis anlasilmaya çalisilmistir.

Yapilan basitlestirilmis model deneylerde, referans olarak denenen numune çok ani olarak ve depremler sonrasi gözlenen hasar asamalarini izleyerek göçmüstür. Bundan sonra denenen ve CFRP yaygilarla köse noktalari ile kapi ve pencere bosluklari üzerinden sarilmis numune (KEYGN1), referans numuneye göre 2.5 kat daha fazla yatay kuvvete dayanmistir. KEYGN2 numunesinde CFRP yaygilar köse noktalar ile kapi ve pencere bosluklarinin altlarindan uygulanmis ve bu numune RN1 numunesinin 2 kati kadar bir yatay ivme altinda iken tamamen göçmüstür. KEYGN3 numunesinde ise CFRP yaygilar sadece köselerde kullanilmis ve referans numunenin yaklasik 1.5 kati kadar yer hareketine dayanabilmistir.

CFRP uygulamasi ile duvarin gerilme yigilmasi olan bölgelerinin ve köselerinin sarilmasi sonucu yapiyi olusturan bloklarin baglantisi saglanarak birbirlerine yük aktarma kapasiteleri artmakta ve yapinin düsük olan egilme ve kesme kuvvetlerine karsi performansi artarak daha sünek bir davranis sergilemesi saglanmaktadir. Ancak bu malzeme pahali ve uygulamasi özel is gücü gerektirmektedir. Bu nedenle yapinin sadece köselerinde uygulanmasi da tercih edilebilir. CFRP uygulamasinin ekonomik degeri yüksek yigma yapilarda uygulanabilecegi degerlendirilmistir.

ÇLGN1 numunesinde ise duvar yüzeyine ince çelik levha uygulamasi denenmistir. Bu numune yikilmadan önce referans numunenin 1.4 kati kadar bir yatay ivmeye maruz kalmistir. Çelik levha uygulamasinda, duvarin içine ve disina konulacak levhalarin belirli araliklarla duvarin delinmesiyle olusacak bosluklardan birbirine kaynaklanmasi ile yapinin egilme ve kesmeye karsi dayanimi ve sünekligi artacaktir. Bu uygulama da özel isçilik gerektirmektedir. Ayrica bina dis mimarisinin önemli oldugu tarihi ve kültürel yapilarda fazla tercih edilmemelidir.

HÇGN1 numunesinde köse birlesim noktalarinda hasir çelik ve üstüne siva uygulamasi modellenmis ve referans numunenin 1.7 kati kadar bir yatay yüke daya narak yikilmistir. Yigma yapilara hasir çelikle takviye uygulamasinda bütün duvarlar içten ve distan hasir çelik ve betonla kaplanir ve hasir çelikler birbirlerine çiroz vazifesi gören donatilarla baglanir. Bu suretle yapiyi olusturan bloklarin ve bunlardan olusan duvarlarin birlikte hareket ederek ayni deformasyonlari yapmalari saglanarak yapinin dört duvarinin kutu seklinde davranmasi saglanir. Yapinin dört duvarinin da senkronize bir sekilde hareket etmesi, yatay yüklere karsi dayanimi ve dolayisiyla rijitliginin artirilmasini sagladigindan oldukça tercih edilen bir sistemdir. Yine bu sekilde güçlendirilen yapida daha fazla sayida çatlak daha büyük bir alanda olustugu için yapinin enerji tüketme kapasitesi de artmaktadir. Ayrica yine bu yöntem deney numunesinde uygulandigi gibi sadece gerilme yigilmasinin oldugu köse noktalarda veya bant seklinde kapi ve pencere çevrelerinin egilme ve kesmeye maruz kisimlarda da uygulanabilir. Bu da yapinin bütünlügünün korumasina yardimci olmaktadir. Bu sistem dis yüzeyi parlak ve yuvarlak sekilli taslardan olusmus tas yigma yapilarda aderans sorunu sebebiyle tercih edilmemeli daha çok tugla, briket vs. gibi dis yüzeyi pürüzlü bloklardan olusturulmus yapilarda uygulanmalidir.

Yapinin insasi sirasinda kullanilan harcin içerisindeki çimento miktari ve bu harcin esnekliginin de yapinin yatay yüklere karsi dayanimini çok önemli miktarda artiracagi kesindir. Ancak önceden olusturulmus yapid a bu harca müdahale etmek imkansizdir. Bu amaçla yapiya çati seviyesinin hemen altindan ve zemin seviyesinin üstünden yatay sargilama yaparak yapiyi olusturan bloklarin arasindaki sürtünme kuvveti artirilabilir. Bu sekilde yapilan yatay sargilamada yapinin tümünün kutu seklinde davranmasina ve çevrimsel yer hareketleri altinda duvarlarin birlikte titresme sine yardimci olmaktadir. Ayrica bu uygulama duvarlarin kesme dayanimini da artiracagi için çatlaklarin olusumunu geciktirmektedir. Sonuçta duvar yüksekligi boyunca ahsap hatil konularak çati seviyesi alti ve tabanin hemen üzerinden tellerle sarilarak güçlendirilen numune referans numunenin 1.8 kati yatay ivmeye dayanmis ve daha sünek bir davranis izlenmistir. Çati seviyesi alti ve tabanin hemen üzerinden kisa kesilmis hatil konularak

bunlarin sarilmasi sonucu güçlendirilen YSN2 numunesinde de benzer %70 lik bir dayanim artisi izlenmistir. YSN3 numunesinde ise yatay sargilama sadece çati altinda kisa kesilmis hatil çevresinde uygulanmis ve %50 lik bir dayanim artisi gözlenmistir. Sonuçta burada da yatay sargilama uygulamasi ile daha fazla sayida çatlak, daha büyük bir alanda olustugu için enerji tüketme kapasitesinin arttigi ve davranisin iyilestigi yorumlari yapilabilir. Yine bu yöntem de bina dis mimarisinin önemli oldugu tarihi ve kültürel yönden önemli yapilarda fazla tercih edilmemelidir.

Duvarin içinden ve disindan geçen ve yere dik olarak temel seviyesinde zemine ankrajlanan donatilarin duvar içinden çirozlarla birbirine baglanmasi ile olusturulan deney numunesinde %80 lik bir dayanim artisi gözlenmistir. Bu uygulama yeni yapilacak bir yapida tatbik edilebilecegi gibi, mevcut yapida da uygulanabilir. Öte yandan yeni yapilan bir yapida duvarlarin örülmesi sirasinda köselerde payanda birakilmasi ile sadece %20 lik bir dayanim artisi elde edilebilmistir.

Belirmek gerekir ki aslinda yigma yapilarin depreme karsi davranislari sanildigi kadar kötü degildir. Belirtilen tekniklere uygun olarak yapilan, yapiyi olusturan bloklarin ve çati yüklerinin hafif olarak seçildigi, bu yapi elemanlarini birlestirmede kullanilan harcin dozajinin ve esnekliginin iyi ayarlandigi, gerek duvar köse birlesim noktalarinin ve gerekse duvar üzeri çati birlesimlerinin iyi yapildigi, yapida olusturulacak kapi ve pencere bosluklarinin boyutlari ve yerlerinin sartnamelere göre iyi ayarlandigi ve bu sartnamelerde belirtilen yatay ve düsey hatillarin düzgün olarak atildigi yapilarda bu sikintilarin olmayacagi açiktir. Çünkü yüzyillardir büyük siddetli depremleri görmesine ragmen ayakta kalan birçok tarihi yigma yapi vardir. Ancak ülkemizde yasayan insanlarin egitim seviyesinin yetersizligi ve alim güçlerinin zayifligindan dolayi yapilan yigma yapilar bu yapim usullerinin çok uzagindadir.

Bu çalismada denenen güçlendirme teknikleri yukarida belirtildigi gibi daha önceden bilinçsizce yapilan yigma yapilarin sonradan güçlendirilmesini kapsamis ve yapilan güçlendirme teknikleri en az % 50 lik bir dayanim artisini beraberinde getirmistir.

Burada uygulanacak güçlendirme metotlarinin asil amaci yapinin yikilmasini tamamen engellemek degil, kullanicilarin yapidan zarar görmeden kaçmasina firsat verecek kadar bir süre yapinin yikilmasini geciktirmektir. Çünkü kirsal yapilarin ekonomik degeri düsüktür. Ancak insan hayatinin degerinin karsiligi yoktur.

Çalisma sonuçlarina göre, 1/1 ölçekte düzleminde yatay yüke maruz tugla dolgu duvarda, hasir çelik uygulamasi, çelik levha uygulamasi, CFRP uygulamalari, düsey yada yatay sargilama seklinde güçlendirmelerin tatbik edilerek yari statik deneylerinde gerçeklestirilmesi planlanmaktadir.

5. KAYNAKLAR

Akgündüz N., 2004. ‘‘Deprem Bölgelerinde Yigma Yapi Yapi Tasariminin Mevcut Yönetmelige Göre Incelenmesi’’, ITÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Akincitürk N., 2003. ‘‘Yapi Tasariminda Mimarin Deprem Bilinci’’, Uludag Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlik Fak. Yayini, Cilt 8, Sayi 1.

Aldinay B., 2002. ‘‘Donatili ve Donatisiz Alker Duvarlarin Kayma Dayanimi Üzerine Deneysel Bir Arastirma’’, ITÜ, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Altin S., Kuran F., Kara M. E., Anil Ö., 2005. ‘‘Yigma Yapilarin Rehabilitasyonu Için Bir Yöntem’’, YDGA 2005 - Yigma Yapilarin Deprem Güvenliginin Arttirilmasi Çalistayi, Orta Dogu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Anonim 1990. ‘‘Kirsal Yapilarda Deprem Hasarlarinin Tayini’’, Bayindirlik ve Iskan Bakanligi Afet Isleri Genel Müdürlügü, Ankara.

Arioglu E., Anadol K., 1974. ‘‘Türkiye’de Kirsal Konutlarin Son Yillardaki Tahripkar Depremlere Mukabelesi’’, Deprem Arastirma Bülteni, Sayi:5, Ankara.

Arie S., 2001. ‘‘Depreme Dayanikli Kerpiç’’, Architecture Week Building Department.

Arun G., 2005. ‘‘Yigma Kargir Yapi Davranisi’’, Yigma Yapilarin Deprem Güvenliginin Arttirilmasi Çalistayi, 17 Subat 2005, Orta Dogu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Aytekin I., 2006. ‘‘Donatisiz ve Sarilmis Yigma Yapilarin Deprem Davranislarinin Incelenmesi’’, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adapazari.

Aytun A., 1982. ‘‘Kirsal Konutlarin Deprem Dayanimi’’, Konut Kurultayi, TMMOB Insaat Mühendisleri Odasi.

Batur A., 1999. ‘‘Donatisiz Yigma Binalarin Yatay Yükler Altindaki Davranisi ve Bazi Ülkelerin Sartnamelerinin Incelenmesi’’, ITÜ, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Bayraktar A., 2005. ‘‘Tarihi Yigma Yapilarin Depreme Karsi Güçlendirilmesi’’, Yigma Yapilarin Deprem Güvenliginin Arttirilmasi Çalistayi, 17 Subat 2005, Orta Dogu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Bayülke N., 1978. ‘‘Tugla Yigma Yapilarin Depremlerdeki Davranislari’’, Deprem Arastirma Enstitüsü Bülteni, Yil 6, Sayi 22, Ankara.

Bayülke N., 1984. ‘‘Dogu Anadolu’daki Kirsal Konutlarin Deprem Davranislari Ve 30 Ekim 1983 Horasan Depreminde Gözlenmis Hasar’’, Kuzeydogu Anadolu I. Ulusal

Deprem Sempozyumu, Erzurum.

Bayülke N., 2001. ‘‘Ahsap Yapilar ve Deprem’’, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayi:414, Yil, 46, 2001-4.

Begimgil 1991. ‘‘The Effect of Additivies on the Shear Strength of Brick Masonry Wall Under Biaxial Loading’’, Asia-Pasific Conference on Masonry, Singapore, pp.21-25.

Benedetti D., Carydis P., Pez, 1998. ‘‘Shaking Table Tests On 24 Simple Masonry Buildings’’, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 27,67-90.

Bozkut H., 2001. “Cost Comparison of C lay Brick and Acc Masonry Walls Employed in Seismic Resistant Masonry and Reinforced Concrete Building Contruction”, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Büyükgökmen D., 2001. ‘‘Donatili Yigma Yapi Tasarimi’’, ITÜ, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Coburn A., 1986. ‘‘Analysis Of Earthquake Damage And Proposals For Strengthening Stone Masonry Buildings In Eastern Anatolia’’, Ortadogu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Demirhan E., 2001., ‘‘Ahsap Iskeletli Kargir Yapilarin Deprem Etkileri Karsisindaki Davranisi’’, IÜ, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Dikmen N., Özkan S. T., 2004. ‘‘Türkiye’de Kirsal Alanlarda Kullanilan Yapi Malzemeleri, Yapim Sistemleri ve Bu Sistemlerin Deprem Karsisindaki Davranislari’’, 2. Ulusal Yapi Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Istanbul.

Dilsiz A., 2005. ‘‘Türkiye’de Yigma Binalar Için Depremsel Risk Haritasi Olusturulmasi’’, YDGA, Yigma Yapilarin Deprem Güvenliginin Arttirilmasi Çalistayi, 17 Subat 2005, ODTÜ, Ankara.

Endem N., Boysan A., Yurdaçalis T., 1984. ‘‘Deprem ve Türkiye’deki Kirsal Konutlarda Yarattigi Hasarlar’’ , Türkiye Rotary Kulüpleri, Ankara.

Erçin A., 2003. ‘‘Bloklu Bir Yigma Yapinin Deprem Etkisi Altindaki Davranisi’’, ITÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Gençer Ö., 2000. ‘‘Pomza Katkili Bims Beton Bloklar ile Yapilmis Yigma Yapi Üzerine Deprem Etkisinin Arastirilmasi’’, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Gölalmis M., 2005. ‘‘Kullanilmis Araba Lastikleri Kullanarak Yigma Bina Duvarlarinin Depreme Karsi Güçlendirme Çalismalari’’, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gülkan P., Sucuoglu H., 1988. ‘‘Kirsal Yapilarda Deprem Hasarlarinin Tayini’’, Deprem Arastirma Bülteni, S:62, Ankara.

Gürbüz G., 2005. ‘‘Toprak Yapi malzemesinin Stabilizasyonu ve Toprak Bina Yapim Teknikleri Üzerine Bir Arastirma’’, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Gürel A., 2001., ‘‘Kargir Dolgu Duvarlarin Düzlemlerine Dik Deprem Etkileri Altinda Davranisi’’, ITÜ, Doktora Tezi, Istanbul.

Hendry 2001. ‘‘Masonry Walls: Materials and Construction’’, Construction and Building Materials, 15.323-330.

Hugres R., 2000. ‘‘Himis Construction In Turkey’’, Eartquake Safe And Lessons To Be Learned From Traditional Construction-International Conferance, Istanbul-Türkiye.

Ilki ve ark., 2000. ‘‘Karbon Lif Takviyeli Polimer Kompozitlerin Yapi elemanlarinin Onarim ve Güçlendirilmesinde Kullanilmasi’’, Tübitak.

Jagadish K.S., ve dig., 2002. “Containment Reinforcement For Earthquake Resistant Masonry”, Proceedings Of The National Workshop On Alternative Building Methods.

Jingqian X., Quansheng H., 1986. ‘‘Model Test Of Brick Masonry Building Strengthened With R.C. Tie Columns’’, Ortadogu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli Ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Juha’sova’a ve ark., 2001. ‘‘Assessment of seismic resistance of masonry structures including boundary conditions’’, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22,1193-1197.

Kanit R., ve dig., 2005. ‘‘Düzlem Disi Yüklenen Yigma Yapilarin Deneysel Davranisi’’, YDGA Yigma Yapilarin Deprem Güvenliginin Artirilmasi Çalistayi, ODTÜ, 17 Subat 2005, Ankara.

Kanit ve ark., 2006. ‘‘Tugla Kemer Performanslarinin Sayisal ve Deneysel Yöntemlerle Incelenmesi’’, Gazi Üniversitesi, Tek. Egt. Fak. Yapi Egt. Böl. Ankara Turkey.

Kaya ve ark., 2003. ‘‘Yigma Yapilarin Çelik ve Betonarme Takviyesi Uygulanabilirligi ve Yapim Hatalari’’, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Izmir.

Keightley W. O., 1986. ‘‘Performance Of Lightly Reinforced Masonry Houses On The Roorke Shock Table’’, Ortadogu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Kuran F., 2006. ‘‘Yigma Yapilarin Çelik Seritlerle Rehabilitasyonu’’, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Langenbach R., Gülkan P., 2004. ‘‘The Earthquake Resistance Of Traditional Timber And Masonry Dwellings In Turkey’’, 13th World Conference On Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada.

Leslie J., 1986. ‘‘Think Before Built, Insaa Etmeden Önce Düsün’’, Ortadogu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Luciano ve ark., 1998. ‘‘A Damage Model for Masonry Structures’’, European Journal of mechanics, A/Solids, 17, no 2, 285-303.

Luis Zegarra, Angel San Bartolomé, Daniel Quiun, and Gladys Villa Garcia, 2000. ‘‘Mevcut Yigma Yapilarin Güçlendirilmesi’’.

Maltase ve ark., 2004. ‘‘Combined Effect of Expansive and Shrinkage Reducing Admixtures to Obtain Stable and Durable Mortars’’, 22,20158 Milan, Italy.

Mayrhofer 2001. ‘‘Reinforced Masonry Walls Under Blast Loading’’, International Journal of Mechanical Science, Volume 44,1067-1080 p.

Özbudak M., 2006. ‘‘Geleneksel Yigma Tas Yapilarin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Incelenmesi Beskonak Örnegi’’, ITÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Özer S., 2006. ‘‘Geleneksel Yigma Yapilarda Strüktürel Elemanlarin Analizi’’, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

Paquette ve dig., 2004. ‘‘Seismic Testing of Repaired Unreinforced Masonry Building Having Flexible Diaphragm’’, Journal of Structural Engineering, October, 130:10.

Reis E., 2001., ‘‘Earthquake Design of Reinforced Masonry Buildings’’, BÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Saberi M., 1998. ‘‘Deprem Yüklerinin Altinda Yigma Binalarin Davranisi’’, ITÜ, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Sallio N., 2005. ‘‘Mevcut Yigma Yapilarin Deprem Bakimindan Incelenmesi ve Güçlendirilmesi’’, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.

Spence R.J.S., Bayülke N., Coburn A.W., Erdik M.O., 1986. ‘‘Earthquake Loss Reduction In Rural Housing In Eastern Turkey, The Design Of A Low Cost Shaking Table’’ , Ortadogu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Sen B., 2003. ‘‘Modeling and Anlysis of the Historical Masonry Structures’’, Bogaziçi

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Tolles E. L, Krawinkler H., 1986. ‘‘Performance Evaluation Of Adobe Houses Through Small-Scale Model Tests Of Shake Tables’’, Ortadogu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Tomazevic M., 1986. ‘‘Reduction of Vulnerability of Buildings In Old Urban and Rural Nuclei’’, Ortadogu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düsük Dayanimli Ve Kerpiç Yigma Yapilar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Üstündag 2000. ‘‘Bir-Iki Katli Yigma Binalarin Yatay Yükler Altindaki Davranisi ve Kesme Güvenliginin Saglanmasi’’, ITÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Vatan M., 2005. ‘‘Yigma Yapilarin Sonlu Elemanlar Yöntemine Dayali Analiz Modelinin Olusturulmasinda Fotogrametrik Verilerin Kullanilmasi’’, Yildiz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul.

Wasti S. T., 1999. ‘‘Deprem Açisindan Mühendislik Hizmeti Görmemis Binalarin Güçlendirilmesi’’, Deprem Semineri I, Eskisehir.

Weldelibanos F., 1993. ‘‘A Survey Of Earthquake Mitigation Strategies And Building Principles For Small Traditional Dwellings’’, Yüksek Lisans Tezi, McGill Üniversitesi, Montreal, Kanada.

William S. Ginell, E. Leroy Tolles, 2000. ‘‘Seismic Stabilization Of Historic Adobe Structures’’, Journal Of The American Institue For Conservation, Vol. 39, Article 12.

Yarar R., 1985. ‘‘ Earthquake Behaviour of Rural Buildings in Turkey’’, Contemporary Rural Housing in Seismic Areas, Ankara.

Yorulmaz ve ark., 1968. ‘‘Behavior of Single Story Reinforced Concrete Frames With Filler Walls’’, SRS 337 Üniversity of Illinois , Urbana.

Zegarra L., ve dig., 2000. ‘‘Mevcut Kerpiç Yigma Yapilarin Güçlendirilmesi’’, Aridland Newsletters, Desert Architecture for a New Milenium.