

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YIĞMA YAPILARIN DÜZLEM DIŞI DAVRANIŞINDAN DOĞAN
HASARLARI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS PROJE ÖDEVİ

AHMET ÖZGÜR ÖZDEN

091131037

DANIŞMAN : DOĐ. DR. OKTAY DEMİRDAĞ

DENİZLİ, OCAK, 2016

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



YIĞMA YAPILARIN DÜZLEM DIŞI DAVRANIŞINDAN DOĞAN
HASARLARI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

YÜKSEK LİSANS PROJE ÖDEVİ

AHMET ÖZGÜR ÖZDEN

091131037

DANIŞMAN : DOÇ. DR. OKTAY DEMİRDAĞ

DENİZLİ, OCAK, 2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ahmet Özgür ÖZDEN tarafından hazırlanan “YIĞMA YAPILARIN DÜZLEM DIŞI DAVRANIŞINDAN DOĞAN HASARLARI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ” adlı çalışma proje ödevi olarak sunulmuŐtur.

DaniŐman
DOÇ. DR. OKTAY DEMİRDAĞ

İMZA

.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıŐtır.

Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

YIĞMA YAPILARIN DÜZLEM DIŞI DAVRANIŞINDAN DOĞAN HASARLARI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

YÜKSEK LİSANS PROJE ÖDEVİ

AHMET ÖZGÜR ÖZDEN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DENİZLİ, OCAK, 2016

Türkiye'nin kırsal kesiminde geleneksel yapı tipi yığma binalardır. Deprem bölgelerinde yer alan çok büyük sayıda yığma bina da, deprem afetine karşı güçlendirilmeyi beklemektedir.

Kırsal kesimlerde tercih edilen ve uygulama açısından kolay olan yığma yapıların diğer yapılara oranla avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Yığma yapıların en büyük dezavantajı oldukça ağır, hantal ve gevrek malzemedен inşa edilmiş olmalarıdır.

Farklı parametreler doğrultusunda gerekli yöntemlerle güçlendirilmiş yığma yapıların depreme karşı gösterdiği düzlem dışı davranışlar incelenerek yığma yapı elemanlarında meydana gelen gerilmeler ve davranışlar incelenecektir. Karar verilen farklı duvar kalınlıkları, duvardaki boşluk oranı ve boyutları, duvarların her iki yöndeki narinliği, binaların kat 1-2-3 katlı ve eksenel yük seviyelerine göre beş ivme kaydı ile farklı modeller oluşturup bu parametreler ışığında güçlenmiş yapının düzlem dışı göstereceği reaksiyonlar bulunup, yığma yapı üzerindeki etkilerini ele almış olacağız.

ANAHTAR KELİMELELER

Yığma (kargir) yapılar, düzlem dışı davranış, deprem ivmeleri, güçlendirme

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ	1
2. TEZİN KONUSU VE LİTERATÜR BİLGİSİ	2
3. TUĞLA ve KERPIÇ YIĞMA YAPILARDA DEPREM HASARI	2-7
3.1 Hasar Sınıflandırılması	8
3.1.1 Yığma Yapılarda Hasar Sınıflandırılması	8-9
3.1.1.1. Az Hasarlı Yığma Duvarlar	8-9
3.1.1.2. Orta Hasarlı Yığma Duvarlar	10
3.1.1.3. Ağır Hasarlı Yığma Duvarlar	11
4. LİTERATÜR BİLGİSİ	12
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	13
5.1. Referans Numune RN1	13-14
5.2. Güçlendirilmiş Deney Numunesi KEYGN1	15-17
5.3. Güçlendirilmiş Deney Numunesi KEYGN2.....	17-18
5.4. Güçlendirilmiş Deney Numunesi KEYGN3.....	19-20
5.5. Güçlendirilmiş Deney Numunesi ÇLGN1	20-22
5.6. Hasır Çelik Uygulaması İle Güçlendirilmiş Deney Numunesi.....	22-24
5.7. Yatay Sargılı Deney Numunesi YSN2	25
5.8. Yatay Sargılı Deney Numunesi YSN3	26
5.9. Düşey Donatı İle Güçlendirilmiş Numune DDGN	26
5.9. Düşey Donatı İle Güçlendirilmiş Numune DDGN	27-28
6. SONUÇLAR	29-31
7. KAYNAKLAR	32-33

1.GİRİŞ

Türkiye'deki yapıların yarısına yakın bir bölümü yığma türü yapılardır ve özellikle kırsal bölgelerde bir ve iki katlı olarak inşa edilmektedir. Bu tür yapılar çeşitli nedenlerden dolayı yeterli deprem güvenliğine sahip değildir ve bu durumlarıyla potansiyel göçme riski taşımaktadırlar. Depreme karşı yetersiz yığma yapıların güçlendirilmesi, yaşam güvencesi ve ekonomik kayıpların önlenmesi bakımından ülkemiz için öncelikli bir sorundur.

A. Dilsiz ve A. Türer Coğrafi Bilgi Sistemi (CSI) kullanarak yığma yapılar için Türkiye depremsel risk haritası oluşturmuştur. Harita, her biri deprem-sel tehlikeyi belirleyen etkenler için oluşturulan harita katmanları kullanılarak oluşturulmuştur. Kullanılan harita katmanları: Türkiye iller haritası, deprem katsayıları haritası, il nüfusu haritası, hane başına düşen ortalama nüfus haritası, yığma bina oranı haritası, yığma binalarda yaşayan nüfus oranı haritası, yığma binalarda yaşayan toplam nüfus haritası, gerçekleşmiş depremler haritası ve önceki depremlerin etkisi haritasıdır. Çalışmanın son aşamasında, oluşturulan harita katmanları üst üste getirilerek, "Türkiye Yığma Yapı Depremsel Risk Haritası Taslağı" oluşturulmuştur.

Yığma yapılar bazı açılardan üstün olmalarına karşın, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelendirilmezler. Ancak ekonomik koşullardan dolayı, Türkiye'de yığma yapı yapımı devam edeceğinden, bu yapıların elden geldiğince depreme dayanıklı yapılması, depremlerdeki davranışlarının bilinmesi ve deprem dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Yığma yapılarda hemen tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için duvarlardaki her türlü hasar doğrudan taşıyıcı sistemi etkiler ve bu açıdan betonarme yapılardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasarı gibi bir ayırım yapılamaz.

2. TEZİN KONUSU VE LİTERATÜR BİLGİSİ

Eski yönetmeliklere göre yapılmış yada hiçbir mühendislik hizmeti almamış yığma yapıların donatılı perde elemanlar yardımı ile çeşitli parametrelerdeki davranışlarının incelenmesi ve yeni yönetmeliğe uygun hale getirilmesi, yığma yapıların yıkılmadan donatılı perde ile güçlendirerek depreme dayanıklı hale getirilmesi tezin konusunu oluşturmaktadır.

Yığma yapıların yatay yük etkisindeki davranışında ana parametreler yapının yatay dayanımı ve yatay rijitliğidir. Bilindiği gibi yapı ağırlığı ne denli fazla olursa deprem esnasında oluşacak atalet kuvvetleri de o denli fazla olmaktadır. Bu da yapı elemanlarının çok büyük iç tesirlere maruz kalması demektir. Yığma binanın deprem davranışında, betonarme binaya göre benzerlik olduğu kadar farklılıklar da vardır. En çarpıcı farkın, yığma duvarın düzlem dışı kırılması olduğu söylenebilir. Betonarme binaların dolgu duvarlarında da, düzlem dışı kırılmalar görülür.

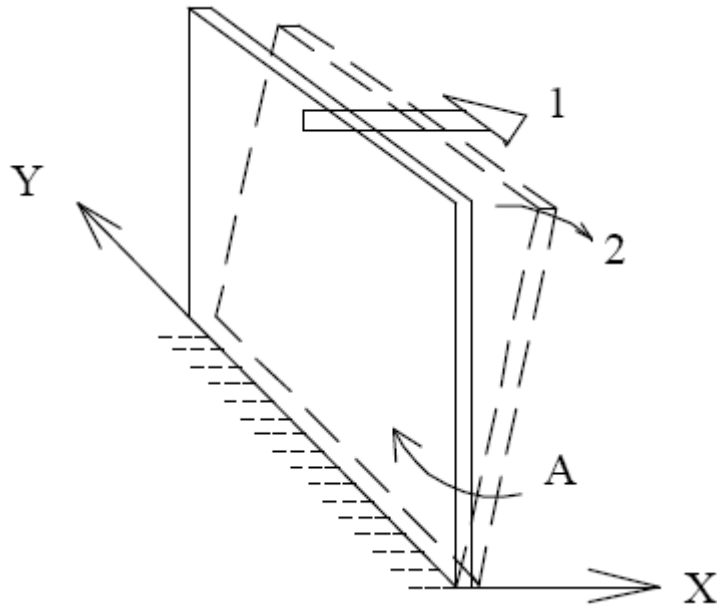
Güçlendirme, hasarsız bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerin genel adıdır. Kat burulmasını en aza indirecek biçimde rijit elemanların planda yerleşiminin sağlanması ve katlar arasında rijitlik farkının en aza indirilmesi sağlanmasıdır. Eski yönetmeliklere göre yapılmış yapıların yıkılması yerine güçlendirme yapılması hem zamandan tasarruf sağlar hem de ekonomik yönden önem arz eder.

3. TUĞLA ve KERPIÇ YIĞMA YAPILARDA DEPREM HASARI

Deprem kuvvetleri yapı elemanlarında çok çeşitli hasar şekilleri oluşturmaktadır. Yığma yapılar çerçeveli yapılara göre daha rijittir. Bu nedenle deprem esnasında daha fazla yatay yüke maruz kalırlar. Deprem sırasında yerin ileri ve geri rasgele hareketi yapıda eylemsizlik etkisi oluşturacak ve daha önce sadece düşey yükleri taşıyan duvar ve düşey hatlı gibi elemanlar, deprem nedeniyle oluşan yatay yüklerin de etkisi altında kalacaktır. Yığma yapı malzemelerinin karakteristik özelliği olarak; basınç yüklerine ve gerilmelerine karşı dayanımı orta ya da yüksek seviyede, çekme zorlamalarına karşı ise oldukça düşük seviyede olmasıdır. Özellikle tuğla ve kerpiç yığma yapılarda kullanılan malzeme çok gevrek olduğu için düşük

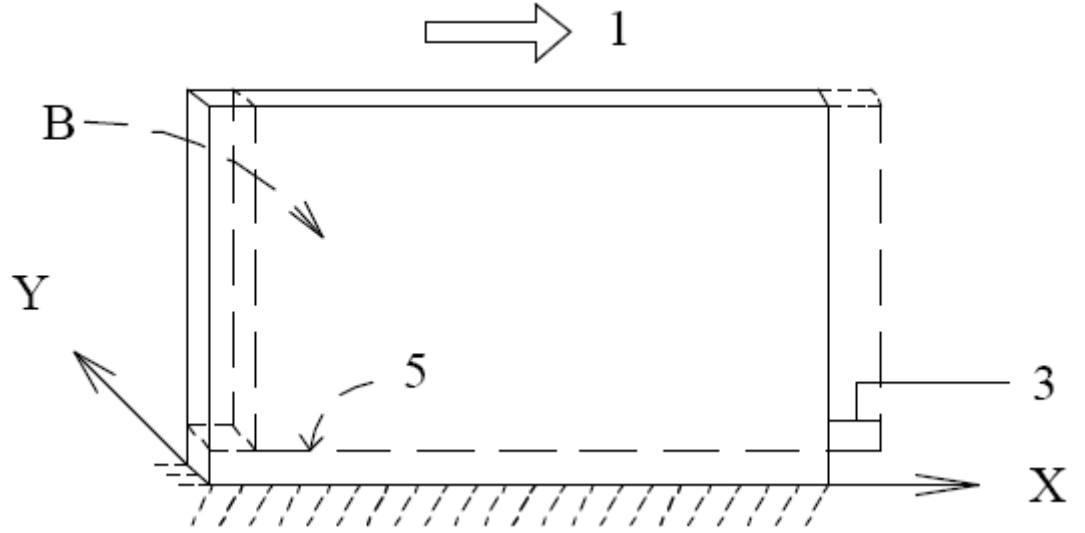
ötelenmelerde bile çatırlar. Bu çatlama tas, tuğla gibi çekme dayanımı düşük malzemelerde daha önemlidir. Çatlamadan sonra kesmeye karşı etkin kesit alanı azalır. Malzemenin kesme dayanımı da azalınca çatlak genişler. Çatlama ile duvarlardan oluşan yapı bir bütün halinde değil, bağımsız hareket eden parçalar haline dönüşür ve ilerleyen yerdeğistirmelerde (deplasmanlarda) kısmi veya bütün halde göçme meydana gelir.

Yığma yapıların deprem dayanımı, malzemesi ne olursa olsun, çatı sistemine ve taşıyıcı duvarlara üstten nasıl mesnetlendiğine bağlıdır. Duvarların birbirine dik olarak kesiştiği köşe bağlantı noktaları çatı sisteminden sonra en önemli detaydır. Çatı hizasından ve köşelerden iyi mesnetlenmemiş bir yığma duvar düzlem dışı yatay yüklemeye maruz kalırsa dayanımı çok düşük olacak ve tabanda eğilmeden dolayı çekme çatlakları oluşacak ve düzlem dışına devrilecektir (Şekil 1.2).



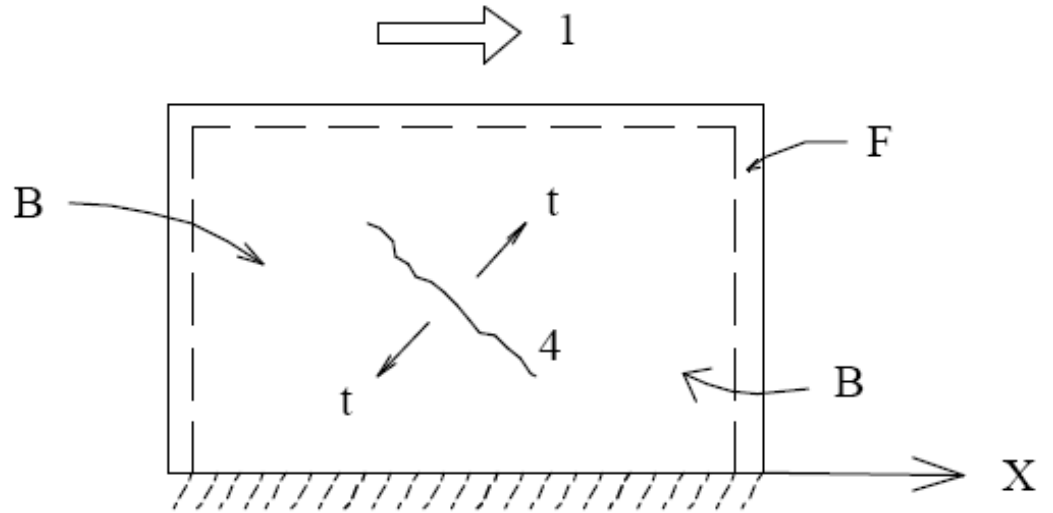
Şekil 1.2 Düzlem dışı yatay yüklemeye maruz serbest duvar

Duvar düzleminde yatay yüklere maruz bırakılırsa (Şekil 1.3), derzlerin yapıldığı harç veya tuğla elemanların kayma dayanımı düşükse, tabanda yatay kesme çatlakları oluşacaktır.



Sekil 1.3 Düzlemde yatay yüklemeye maruz serbest duvar

Diger duvarlarca mesnetlenmiş yigma duvarda, düzlemdeki yatay yük nedeniyle eğik çekme çatlakları oluşacaktır (Sekil 1.4). Depremin yönünün değişmesi ile ilk oluşan çatlaga dik yönde de çatlak oluşacak ve X şeklini alacaktır. Duvarın uzunluk/yükseklik oranı fazla ise, eğik çatlak yine oluşacak, ancak duvarın ortasında yere paralel olacak ve sonra tekrar eğik 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 kısa yolu izleyerek, bosluklari keserek ilerleyecektir (Sekil 1.7).



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

Yapıda oluşacak çatlakların ilerleyerek tüm duvarı kaplaması ve duvarın taşıma kapasitesinin tükenmesini önlemek için duvar yüksekliği boyunca belirli aralıklarla ahşap ya da betonarme hatıllar konulması gereklidir. Şekil 1.8-a da hatilli ve Şekil 1.8-b de ise 2 katlı olmasına rağmen hatılsız yapılmış duvarlar verilmiştir. Ayrıca hatilli yapıda temel üstünden belirli bir yüksekliğe kadar duvar taş olarak yapılmış ve zemin suyundan kaynaklanan bozulmaların önüne geçilmiştir. Aynı yapıda köselerde dik kesilen duvarlar birbirine geçmeli yapılmıştır.

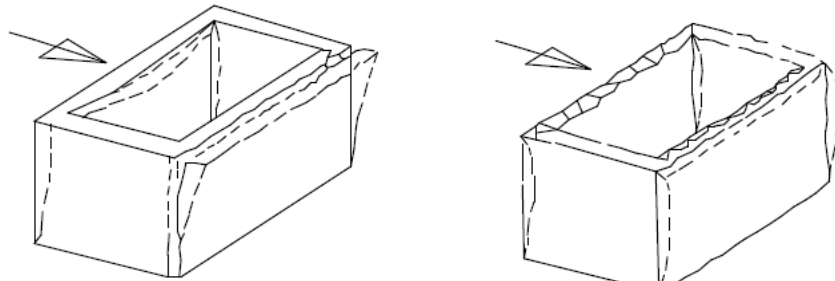


a)

b)

Şekil 1.8 Hatilli ve hatılsız kerpiç yapılar (Kaynak: S. Korkmaz arsivi)

Yapı dört duvarı ile birlikte depreme karşı koyuyorsa, düzlemde yatay yük maruz duvarlar, serbest duvara göre daha fazla dayanım gösterecektir. Bu durumda duvarlar arası bağlantı önem kazanacaktır. Duvarlar birbirine yeterli miktarda bağlanmamış ise deprem etkisi altında farklı modlarda titreşecek ve yapı bütünlüğünü kaybedecektir (Şekil 1.9-a). Duvarlar birbirine tok bir şekilde bağlanmışsa, duvarlar senkronize bir şekilde titreşecektir (Şekil 1.9-b).



a)

b)

Şekil 1.9 Dört duvardan teşkil yığma yapıda titreşim

3.1. HASAR SINIFLANDIRILMASI

3.1.1 Yığma Yapılarda Hasar Sınıflandırılması

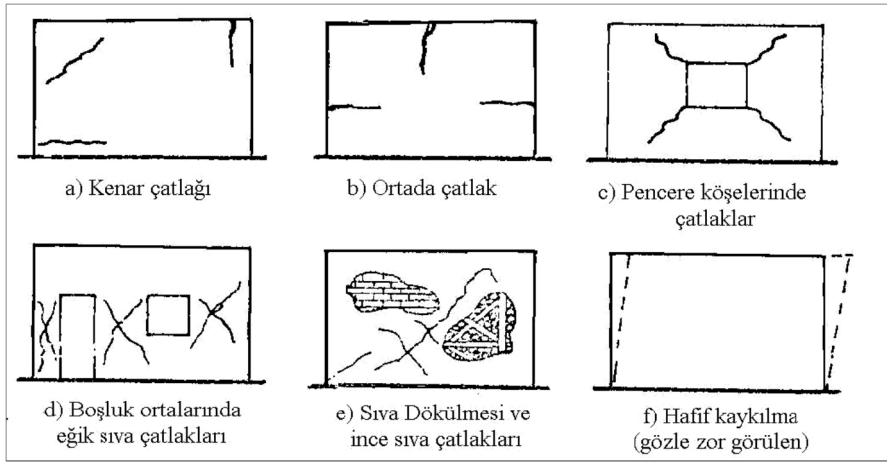
Yurdumuzda kırsal bölgelerde meydana gelen depremler kırsal yapılarda önemli hasarlara neden olmuştur. Mevzuat bakımından deprem hasarlarını her yapı tipi için hafif, orta ve ağır olarak üç sınıfta toplamak gerekmektedir. “Az hasarlı yapılar” genel olarak bir yapısal tamirata gerek olmaksızın kullanmaya devam edilebilecek yapılardır. “Orta hasarlı yapılar” da hasar bazen yapı elemanlarının tamir edilerek güçlendirilmesiyle yapı tekrar kullanılabilir hale getirilebilir. Ağır hasarlı yapıların ise tamir edilip tekrar kullanılması pek mümkün değildir. Ancak karkas yapılarda, karkas sistemde önemli bir hasar oluşmaması tamirat ve güçlendirme ile yapının tekrar kullanımı sağlanabilir, bu da ancak betonarme yapılar için mümkündür (Gülkan ve ark.,1988). Ülkemizde meydana gelen orta ve büyük siddetli depremlerde kırsal yığma yapıların yarısından fazlası ağır derecede hasar görmüştür. Bu büyüklükteki depremleri az hasarlı veya hasarsız atlatan yığma yapılar ise sadece yüzde 10 veya daha az oranda olmuştur. Yığma yapılarda hasarlar öncelikle dış duvarların hasar görmesi şeklindedir. Çatı ve döşeme, merdiven, bölme duvarlar gibi diğer sistemlerin hasar derecesi dış duvar hasarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yığma yapıların hasar değerlendirilmesi dış duvarlardaki hasarın belirlenmesiyle yapılacaktır. Depremde yer hareketinin ve yapı eksenlerinin yönü duvar hasarının şeklini de belirler. Depremin yönü duvar düzlemine paralel ise duvarda eğik kayma çatlakları oluşur. Böylece iki duvarın deprem sırasında kolayca ayrılması önlenmekte ve birbirlerine destek olması sağlanmaktadır. Moloz duvarların en zayıf taraflarından birisi de deprem altında dağılarak bütünlüğünü kaybetmesidir. Buna karşı en etkili yöntem, duvar boyunca belirli aralıklarla ahşap hatil yerleştirilmesidir. Hatilli yığma duvarların hatilsiz duvarlara kıyasla depremlerde çok daha iyi dayanım gösterdiği bilinmektedir.

3.1.1.1 Az Hasarlı Yığma Duvarlar

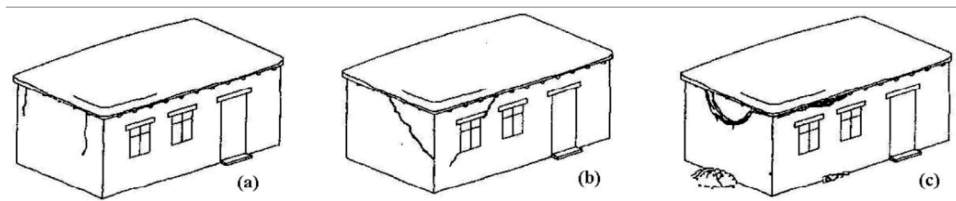
Hasar derecesinin az olması durumunda özellikle duvar sivasında çatlaklar ortaya çıkar. Eğer depremin yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde her iki yönde eğik çatlaklar oluşur. Duvarda pencere, kapı gibi boşluklar varsa eğik çatlaklar

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 disey çatlaklar meydana gelir. Disey çatlaklar duvarin kendisine dik olarak baslanan duvarlarla birlestigi kenarlarda ve duvarin orta kisiminda 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, tuğla ve kerpiç duvarlarda ise kısmi siva dökülmesi seklinde kendini gösterir. Burada göz önünde tutulmasi gereken nokta, az hasarlı yığma duvarlarda ince çatlakların ancak duvarin dis yüzeyi sivaliysa kolay görülebilir olmasıdır. Sivasız duvarlarda ince çatlakların fark edilmesi daha zordur. Sivasız tuğla ve briket duvarlarda çatlaklar genellikle harç derzlerinde görülür. Kimi zaman tuğla ve briket bloklarda da ince çatlaklar fark edilebilir. Tas duvarlarda ise tasin harçla yapistigi sinirda hafif açılmalar olur. Eger duvarda hatil varsa hatil boyunca ayrismalar görülebilir (Sekil 1.34-35) (Gülkan ve ark., 1988).



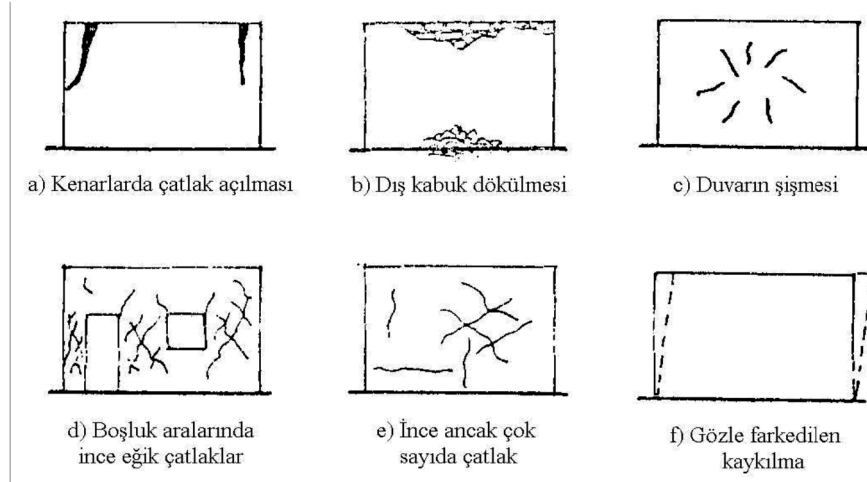
Sekil 1.34 Az hasarlı duvar davranışları (Gülkan, 1988)



Sekil 1.35 Az hasarlı yapı davranışları (Yarar, 1985)

3.1.1.2 Orta Hasarlı Yığma Duvarlar

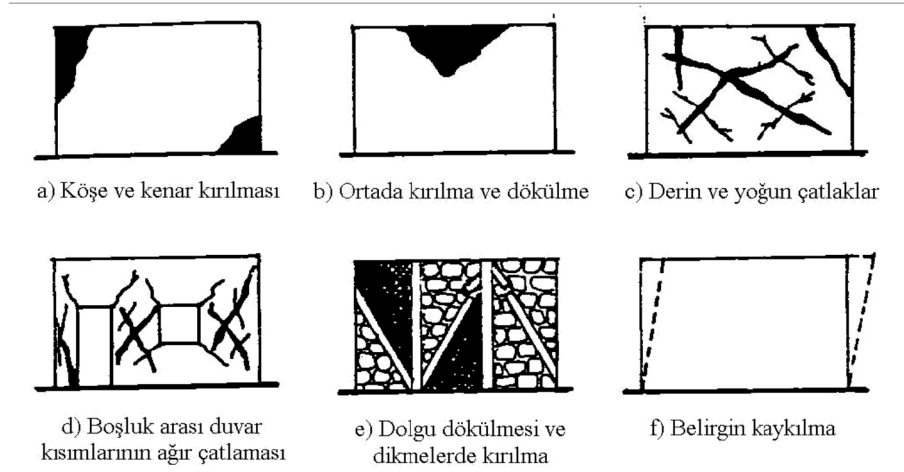
Yığma duvarlarda orta dereceli hasar, az hasarlı durumda tarif edilen ince çatlakların büyümesiyle veya artmasıyla meydana gelir. Depremin duvar düzlemine paralel olması durumunda eğik çatlak tüm duvar gövdesinde yaygın olarak gözlenecektir. Çamurla sıvalı ve kerpiç duvarlarda sıva dökülür. Tuğla ve briket duvarlarda eğik çatlaklar tuğla ve briket bloklarını da keser. Duvarda pencere ve kapı boşlukları varsa eğik çatlaklar boşluk aralarında kalan duvar kısımlarında yoğunlaşacaktır. Depremin duvar yüzüne dik etki etmesi durumunda, duvarın mesnetlendiği dik kenarlara yakın oluşan düşey eğilme çatlakları genişleyecektir. Duvarın düzlem dışı eğilmesi taş duvarlarda bazı özel hasar durumları meydana getirir. İç ve dış yüzleri iri taşlarla örülmüş moloz taş duvarlarda dış yüz dışarıya doğru sisebilir, veya ortasından bir kısmı dökülebilir. Hatilli duvarlarda hatil boyunca ayrılmalar ve hatil civarında duvar örgüsünün kısmen dökülmesi de mümkündür (Şekil 1.36).



Şekil 1.36 Orta hasarlı duvar davranışları (Gülkan, 1988)

3.1.1.3 Agir Hasarli Yigma Duvarlar

Agir derecede hasarli yigma duvarlarda çatlaklar genis ve duvar derinligindedir. Duvarin bazi kisimlarinda kismen dökülmeler ve yikilmalar da olur. 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 kirilacaktır. Duvarin ortasi ise fazlaca egileceginden duvar bu egilmeye ancak kirilerek uyum saglayabilecektir (Sekil 1.38).



Sekil 1.38 Agir hasarli duvar davranislari (Gülkan, 1988)

4. LİTERATÜR ÖZETİ

Yorulmaz ve ark., 1968: Yaptıkları çalışmada, gerilme altındaki dolgu duvarlarda meydana gelen hasarlar ve çatlak şekilleri belirtilmiş, ayrıca depremde daha iyi performans elde edilebilmesi amacıyla, tuğla ve harçlar arası aderansın iyileştirilmesi üzerinde durulmuştur.

Arioglu E., Anadol K., 1974: Malzeme ve işçilik yönünden zayıf yigma yapılarda deprem sonrası oluşan hasarlar ve bu yapıların deprem hareketi altındaki yetersizliği anlatılmıştır.

Bayülke N., 1978: Ülkemizdeki, yönetmelik ve sarnamelere göre, yigma yapı duvarları ile bunları oluşturan tuğlaların mekanik ve dinamik özellikleri ile deprem hareketi altında bu tür yigma yapılarda oluşan tepkiler ve bu tepkilerin iyileştirilmesi için yapılarda uygulanacak teknikler anlatılmış ayrıca yigma yapılarda hatıl atılmasının ve köse bağlantılarının önemi vurgulanmış, bu konu, malzemesi farklı türlerden seçilen 9 yigma yapı numunesi üzerinde sarsma tablasında incelenerek gösterilmiştir.

Bayülke N., 1984: Ülkemizde kırsal kesimde yapılan yigma yapılarda, bu coğrafyadaki insanların imkansızlıkları ve yeterli kalitedeki malzemelerin kullanılmaması sonucunda ortaya çıkan yapıların yetersizliği ile meydana gelen büyük sarsıntılarının ülkemizdeki kayıplarının büyüklüğü anlatılmış, hasar türleri verilmiş ve gerekli kalitedeki malzeme ve işçilik kullanılmaması sonucunda bundan sonraki kayıpların da büyük olacağı üzerinde durulmuştur.

Gencer Ö., 2000: Bu çalışmada, depremin oluşumu ve yigma yapılar anlatılmış, pomza ve pomzalı bims blokların özelliklerinden bahsedilmiş, deneyde kullanılan sarsma tablası ve ivme ölçerler hakkında bilgi verilmiştir. Isparta yöresi için önemli bir yapı malzemesi olan pomzalı bims bloklarla oluşturulan yigma yapı modeli kullanılarak sarsma tablası deneyi yapılmıştır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde deneylerden elde edilen sonuçlar verilecektir. Deney sistemi dinamik ve numunler ani bir göçme gösterdiği için deneyleri durdurarak hasari tespit etme imkanı yoktur. Bu nedenle deneyi durdurmadan hasarın görüntülenmesi gerekmektedir. Deneyler gerçekleştirilirken 3 değişik açıdan kamera ile tespiti çalışılmıştır. Ancak bazı deneylerde kameralarda oluşan problemler nedeniyle 2 değişik açıdan görüntü elde edilebilmiştir. Bir açıdan hasarın oluştuğu ilk karede itibaren önemli çatlama ve deformasyonlar alt alta sıralanmıştır. İlk sütundaki hasarın olduğu anda diğer kameranın yakaladığı görüntülerde mümkün olduğu kadar seçilerek ikinci ve üçüncü sütunlara yerleştirilmiştir. Böylelikle bir satırdaki üç farklı görüntü aynı anda oluşan farklı cepheleri gösteren resimler olarak tasarlanmıştır. Deneyler sırasında dijital kontrol ünitesi ile masanın frekansı, sabit bir hızda, sürekli artırılmıştır. Okunan frekans değeri yüksek sesle söylenerek göçme anındaki yaklaşık masa frekansı tespit edilmeye çalışılmıştır. Masada oluşan ivme değerleri frekansın karesi ile doğru orantılı olduğu için bu değerler numuneler arasında bir karşılaştırmaya imkân sağlamaktadır.

Numunelerin dayanımlarının karşılaştırılmasında göçme ivmesi, referans numunesinin göçme ivmesinin kati olarak ifade edilmiştir. 1/10 ölçekte meydana gelen dinamik hareketin 1/1 ölçekte değerlendirilmesinde boyut etkisi nedeniyle problemler çıkabilmektedir. Önemli olan numuneler arasında mutlak değer olarak bir karşılaştırma yapabilmektir.

5.1 Referans numune RN1

İlk denenen numune RN1 numunesinde hiç bir güçlendirme uygulanmamış ve normal şartlar altında numunenin yatay ivmelere karşı dayanımının ölçülmesi amaçlanmıştır. Numenin üretiminde harç olarak killi çamur ve siva olarak çok ince kilin sulandırılması ile elde edilen yağlı çamur kullanılmıştır. Böylelikle duvarda oluşacak çatlaklar da kolaylıkla izlenebilecektir. Sivanın üstü kuruduktan sonra kireç ile badana edilerek beyaza boyanmıştır. Deney 4 açıdan kamera ile kayıt edilmiş ve göçme sırası Şekil 4.1 de verilmiştir. Numunede oluşan ilk çatlak pencerenin üst köşesinden diyagonal olarak çatıya doğru uzanan eğik çatlaktır. Bu çatlak ilerleyen

çevrimlerde genişlemiş ve pencerin alt kösesinden tabana uzanan çatlakla beraber diyagonal bir çatlak halini almıştır. Hareketin yön degistirmesi ile ilk çatlaga dik ikinci bir çatlak daha olusmus ve bu haliyle X çatlagi meydana gelmiştir. Hasarin ilerlemesiyle pencere üstü hatilinin da üstünde kalan duvar parçasi düzlem disi devrilmistir. Pencere bulunan duvardakine benzer bir hasarda kapi boslugu bulunan duvarda gerçekleşmiştir. Burada da kapi üstünde çapraz, tavana doğru ilerleyen çatlak ve hasar olusmustur. Ayrica kapinin bulundugu duvarda, kapi boslugu nedeniyle tabanda duvaralani azaldigi için yatay kayma çatlagi görülmüştür. Numune son olarak 12 Hz degerinde bir yatay hareket frekansina kadar dayanmis ve daha sonra tamamen göçmüştür.



Sekil 4.1 Referans numune RN1 için hasar ve göçme sirasi

5.2. Güçlendirilmiş deney numunesi KEYGN1

Güçlendirme metodları arasında ele alınan ilk uygulama karbon lifli elyaf (Carbon Fiber Reinforced Polymer CFRP) uygulaması ile yigma duvarın güçlendirilmesidir. CFRP yaygıların epoksi ile duvar yüzeyine yapıştırılması ile duvarın düzlemdeki yatay yükleri taşıma kapasitesinin artacağı açıktır. Yigma duvar basınç gerilmelerini karşılayabilirken, CFRP malzemesi de çekme ve kesme gerilmelerini karşılayacak ve duvar elemanları arasında titreşimden dolayı oluşacak ayrışmaları ve bütünlüğün bozulmasını geciktirecektir. Ancak CFRP malzemesi pahalıdır. Duvarın tamamının bu malzeme ile kaplanması ekonomik değildir. Bu nedenle duvarda kritik olarak gerilme yığılmasının olduğu bölümler ve köselerin sarılması daha yararlı olacaktır. CFRP nin 1/10 ölçekte temsil edilip modellenmesi için bir kaç değişik alternatif denenmiştir. İlk olarak pencerelere takılan ve “sinek teli” olarak tanımlanan ince telli ve küçük örgülü tel ile sıva işleminde kullanılan ve petrol esaslı liflerden üretilen sıva filesi değerlendirilmiştir. Bu malzemelerin duvara epoksi ile yapışmasını temsil etmek içinde bir kaç değişik yapıştırıcı türü ile deneme yapılmıştır (Şekil 4.2). Bu denemeler sonucunda ince sıva filesinin ve yapıştırıcı olarak da çok ince bir tabaka halinde şeffaf silikonun kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.2 CFRP nin modellenmesi için yapılan denemeler

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



Sekil 4.3 CFRP yaygilar ile duvar kösesinin sa rılması

Duvarin dik iki kösesindeki yaygilar duvar tavanından, tabanından ve ortasından olmak üzere üç yerde yatay baska yaygilarin bindirme seklinde yap istirilmesi ile birbirine baglanmistir. Pencere üstünde ve çatinin hemen altında kalan duvar parçasinin güçlendirilmesi için bu bölgedede duvar üstü yatay olarak kaplanmistir (Sekil 4.4).



Sekil 4.4 Güçlendirme isleminde görüntüler

Duvar üstünün siva ile kapatılması düşünülmüştür. Siva olarak, çok ince kilin sulandırılması ile elde edilen yağlı çamur kullanılmıştır. Böylelikle duvarda oluşacak çatlaklar da kolaylıkla izlenebilecektir (Sekil 4.5). Sivanın üstü kuruduktan sonra kireç ile badana edilerek beyaza boyanmıştır.



Sekil 4.5 Duvarın sıvanması

KEYGN1 numunesi 3 değişik açıdan videoya alınmıştır. Çatlaklar ilk olarak pencere altlarında ve kapi üstünde başlamıştır. Boslukların üstünün de kaplanması nedeniyle bu çatlaklar X halini alamamış, sadece pencere altında ters V şeklinde kalmıştır. Bu çatlaklar ilerleyen hareket çevrimleri ile büyümüş, sıva kaplaması dökülmüş ve tuğlalar net bir şekilde açığa çıkmıştır. Köşelerin sarılması nedeniyle binada ayrışma olmamış ve özellikle kapi boşluğunun iki yanındaki duvar parçalarında büyük deformasyonlar olmuştur. Çatlaklar referans numuneye göre daha geniş bir alanda ve çok daha fazla sayıda olduğu için yapı daha fazla deprem enerjisi tüketmiştir. Büyük deformasyonlara rağmen numune tamamen yıkılmamış, ancak deney sonundaki görüntüsü itibarı ile kullanılamayacak bir yapı şeklini almıştır. Deney sonunda numuneye verilen en büyük yatay ivme değeri referans numunenin yıkılma ivme değerinin 2.5 katı kadardır.

5.3 Güçlendirilmiş deney numunesi KEYGN2

KEYGN2 numunesinde pencereler ve kapi üstündeki CFRP yaygısı kaldırılmıştır. Bunun yerine pencerelerin altından itibaren kapi hariç duvar altına CFRP uygulanmıştır (Sekil 4.7). KEYGN1 'e benzer şekilde yine köşelerde bina yüksekliği boyunca yapılan sargılama mevcuttur.



Sekil 4.7 KEYGN2 numunesinin hazirlanisi ve detaylari

Dinamik tabla hareketi sirasinda numunede olusan hasar sirasi Sekil 4.8 de verilmistir. İlk 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 önlandigi için, artan yük çevrimlerinde ilk olusan çatlaklar açilmis ve artik bu çatlaklar arasinda kalan duvar parçalari serbest olarak titresem elemanlara dönüşmüştür. Yapi son olarak RN1 numunesinin 2 kati kadar bir yatay ivme altında iken tamamen göçmüştür.



Sekil 4.8 KEYGN2 numunesi göçme sirasi

5.4 Güçlendirilmiş deney numunesi KEYGN3

KEYGN1 numunesinin yatay yük tasıma kapasitesinde elde edilen yüksek artıstan sonra CFRP malzemesinin daha azaltarak deneyin yenilenmesine karar verilmiştir. Böylelikle KEYGN1 e göre daha ekonomik ve RN1 'e göre daha dayanıklı bir numune elde etmek hedeflenmiştir. Pencere ve kapi alt ve üstündeki CFRP yaygısı kaldırılmıştır. Sadece köşelerde CFRP bina yüksekliği boyunca serilmiştir (Sekil 4.9).



Sekil 4.9 KEYGN3 numunesinin hazırlanışı ve detayları

KEYGN3 numunesinde çatlaklar düzleminde yüklemeye maruz duvarlardaki kapi ve pencere boşluklarının çevre esinde diyagonal olarak başlamış (Sekil 4.10), ilerleyen çevrimlerde kapi bulunan duvarda yatay çatlakların oluşmasıyla çatlaklar daha geniş bir alana düzensiz olarak yayılmış ve pencere altında da yayılarak devam etmiştir. Düzlemde yüklenen duvarda pencere yanındaki duvar parçasında oluşan çatlak ve düzlemine dik doğrultuda yüklenen duvarda meydana gelen hasardan sonra numune tamamen yıkılmıştır. Bu numunenin dayanabildiği maksimum yer hareketi, referans numunenin yaklaşık 1.5 kati kadardır.



Sekil 4.10 KEYGN3 numunesi göçme sirasi

5.5 Güçlendirilmiş deney numunesi ÇLGN1

Altin ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada dikey delikli tuğladan yapılmış üç boyutlu tek katlı yigma bir yapı sarsma tablasında test edilerek önce hasar verdirilmiş, ardından hasarlı yapı dört farklı türde düzenlenen çelik seritlerle güçlendirilerek tekrar test edilmiştir. Deney yapısında kullanılan çelik serit düzenlemeleri Sekil 4.11’de verilen fotoğraflardan görülmektedir. St-I çelik levhalardan kesilerek hazırlanan seritlerin kalınlığı 5 mm, genişliği 150 mm dir. Tüm çelik serit uygulamalarında 250x400 mm boyutunda ve 5 mm kalınlığında tasarlanan bayrak levhaları yardımıyla çelik seritler yapının üst ve alt hatlarına sabitlenmiştir. Çelik seritlere ve yapının duvarlarına açılan deliklere geçirilen çelik çubuklarla seritler yapının duvarına somunlarla sıkıca bağlanarak yapının duvarı sargılanmıştır. Güçlendirmeden sonra yapılan testler uygulanan rehabilitasyon yönteminin başarılı olduğunu göstermiş ve deney yapısında önemli sayılabilecek çatlak gelişimi gözlenmemiştir. ÇLGN1 numunesinde Altin (2005) çalışmasında önerilen güçlendirme tekniği denenmek istenmiştir. Çelik saç levhaları modellemek için çok ince alüminyum seritler hazırlanmış ve duvarlara sabitlenmiştir. 1/1 prototip deneyden farklı olarak mekan içine levha konulmamıştır (Sekil 4.12).

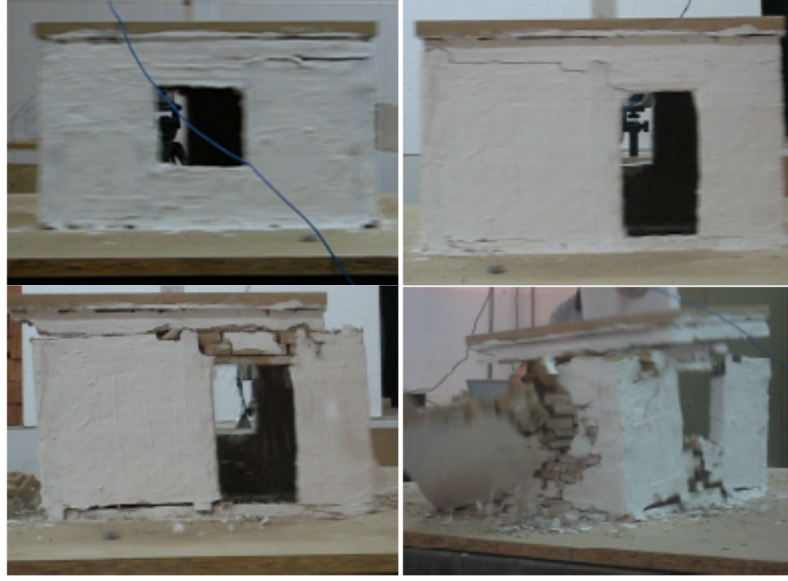


Sekil 4.11 Çelik serit düzenlemeleri (Altin, 2005)



Sekil 4.12 Saç levhalarla güçlendirme denemesi

ÇLGN1 numunesinin dinamik etkiler altında denenmesi sırasında tespit edilen göçme ve hasar sirası Sekil 4.13 de verilmiştir. İlk çatlak kapı üst kösesinden başlamış ve numune üst kösesine doğru ilerlerken, kapıya yakın levhayı asamadığı için levhanın üstünden ilerleyerek tavana ulaşmıştır. Benzer bir durum pencere sol üst kösesinde de görülmüş ancak çatlak levhanın üstünden yere paralel olarak devam etmiştir. İlerleyen yükleme durumlarında pencere altı ve kapı üstünde hasar yoğunlaşırken genel olarak duvarı kaplayan X çatlakları oluşmamıştır. Son olarak levhaların üzerindeki derzden çatı sistemi yatay olarak hareket etmiştir. Deney numunesi yıkılmadan önce en son olarak RN1 Numunesinin 1.4 kati kadar bir yatay ivmeye maruz kalmıştır.



Sekil 4.13 ÇLGN1 numunesi göçme sirasi

5.6 Hasir çelik uygulaması ile güçlendirilmiş Deney Numunesi HÇGN1

Yigma yapıların güçlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi de duvarın yüzünün hasir çelik ile kaplanıp üstüne siva ya da kalıp kurularak beton ile kaplanmasıdır. Püskürtme betonda alternatif olarak kullanılabilir. Sekil 4.14 de Konya'da yigma bir ilköğretim binasında hasir çeliklerin yerleştirilmesi ve duvarın delinerek sabitlenmesi görülmektedir.



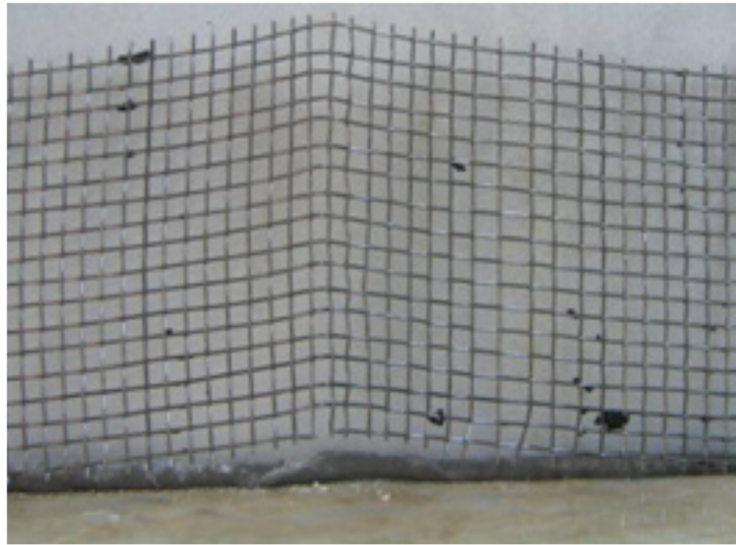
Sekil 4.14 Yigma binada hasir çelik ve siva ile güçlendirme örneği

Benzer bir güçlendirme uygulaması da Akşehir’de 2001 Sultandagi depremi sonrası kerpiç yapılarda uygulanmıştır (Sekil 4.15).



Sekil 4.15 Akşehir’de kerpiç yapıların hasır çelik ve siva ile güçlendirilmesi

Peru Katolik Üniversitesi’nde gerçekleştirilen çalışmalarda ise yığma yapıların hasır çelik veya kümes teli kaplanarak deprem dayanımındaki artış incelenmiştir. HÇGN1 numunesinde bu güçlendirme tekniğini denemesi amaçlanmıştır. Hasır çeliği modellemek üzere pencerelerde kullanılan çok ince sinek teli kullanılmıştır. Betonu modellemek üzere alçının kullanılması düşünülmüştür. Uygulama sadece duvar köşelerinde birer kolon şeklinde bölge oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. İlk olarak nununenin köşelerine siva alçısı sürülmüş, bunu üstüne önceden kesilerek hazırlanmış sinek teli yerleştirilmiş ve en üstüne tekrar alçı uygulanmıştır (Sekil 4.17- 19).



Sekil 4.17 Güçlendirmede kullanılan tel



Sekil 4.18 Numune köselerinin alçı ve sinek teli ile kaplanması aşamaları



Sekil 4.19 HÇGN1 numunesinin son hali

HÇGN1 numunesinde ilk çatlak kapı ve pencere boşluklarının köselerinden çapraz olarak başlamış ancak ilerleyen aşamalarda daha çok yatay bir hal alarak oluşan diğer çatlaklarla birleşerek dâğınlık bir hal almıştır. Kösede uygulanan güçlendirme sebebiyle son aşamaya kadar köse ayrılması gözlenmemiş ve yapı referans numunesinin 1.7 kati kadar bir yatay yüke dayanarak yıkılmıştır (Sekil 4.20).



Sekil 4.20 HÇGN1 numunesinde hasar durumu

5.7. Yatay sargili deney numunesi YSN2

YSN1 numunesinde elde edilen dayanım artisina daha ekonomik ve uygulanabilir sekilde ulasabilmek için, duvar boyunca uzanan hatillar kaldirilarak, çati altında ve temel üstünde kısa 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

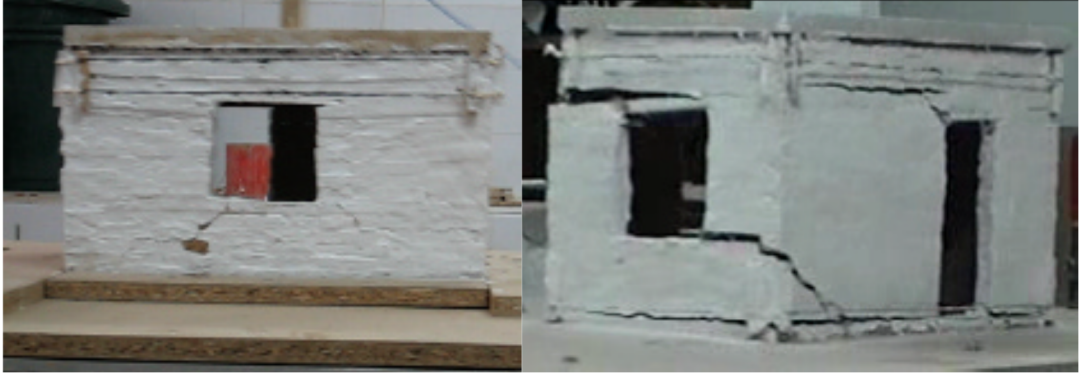
YSN2 numunesinde yatay ard germe nedeniyle egik çatlaklar yerine yatay çatlakların daha izlenir olduğu, üst ard germe seviyesinin hemen altından, çatinin yatay olarak kaydigi gözlenmistir (Sekil 4.24).



Sekil 4.24 YSN2 numunesi hasar siralamasi

5.8. Yatay sargili deney numunesi YSN3

Duvar altından, temel yada zemin seviyesinin hemen üstünden yatay sargilama yapmak, kapi bosluguyla kesistigi noktalarda problem olusturacagi ve pratikte uygulanmasinin zor olacagi düşünölmüştür. Kapi boslugunun daha altından yatay sargilama geçirilebilir. Ancak bu sefer yapı çevresince bir hafriyat yapilmasi gerekecektir. Bu nedenle YSN3 numunesinde sadece çatı seviyesinin hemen altından yatay sargilama geçirilmiştir. Mesnet olarak yine kısa kesilmiş ahsap parçalar kullanılmıştır. Yatay gerilmeye maruz olmayan pencere bosluklarının altındaki duvar parçalarında çapraz çatlaklarla başlayan bir hasar izlenirken, yatay gerilmeye maruz pencere ve kapi üstü duvar parçalarında 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

5.9. Dösey Donati ile Güçlendirilmiş Numune (DDGN)












Bu çalışmada da yigma yapinin depreme karsi güçlendirilmesi amaçlanmış ve bu amaçla 1/10 ölçekli numunede dösey donati vazifesi yapmasi amaciyla teller kullanılmıştır. Bu teller boyuna olarak yapı yüksekligince temelde n çatıya kadar devam ettirilmiş ve üç tuğla derzinde bir defa olmak üzere normal yapıda çiroz adini verebileceğimiz aynı tür tellerle birbirine bağlanmıştir. Burada amaçlanan dinamik yükleri bu donatılar yardimiyla çirozlardan boyuna uzanan tellere oradan da temele

aktarabilmek ve performansi artirabilmektir. Kullanilan dusey donatiları, açilan sondalarla temele kadar indirmek ve yine çiroz görevi göreceğ bağlanti demirlerini de duvarları delerek bu noktalardan geçirmek ve hem boyuna hem de çiroz demirlerini epoksi malzeme ile yuvalarına sabitlemek mümkün olduğu için sonradan yapılan yapılara da bu güçlendirme tekniğini uygulamak mümkündür (Sekil 4.28). Yapılan deneyde sarsma altındaki numunede kapi ve pencere üzerinde ilk olarak olusan çatlaklar çapraz olarak başlamis ve ilk boyuna donati ile karsilastigi yerde yatay olarak devam etmiş, ancak bu durum daha sonra olusan çatlaklarda görülmemistir. Yatay yüke maruz olmayan pencere altı duvarlarında diyagonal çatlaklar olusmuş ve güney yönündeki pencereyi bulunduran duvarın yine bu bölgesindeki bir noktada birbirine dik olarak iki diyagonal çatlak olusmuştur. Bu numunenin göçmeden önce maruz kaldığı en yüksek yatay ivme değeri, referans numunenin 1.8 kati kadardır (Sekil 4.29)



Sekil 4.28 DDGN numunesi hazirlanma asamasi

Tablo4.1Güçlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması

Numune Adı	Güçlendirme Yöntemi	Resmi	Göç. iv.
			Ref. iv.
RN1	Güçlendirme uygulanmamış referans numune		1
KEYGN1	CFRP uygulamasının modellendiği, kapı ve pencere boşluklarının üzerleri ile bina köselerinin sarıldığı numune.		2.5
KEYGN2	CFRP uygulamasının modellendiği, kapı ve pencere boşluklarının altları ile bina köselerinin sarıldığı numune.		2
KEYGN3	CFRP uygulamasının modellendiği ve sadece bina köselerinin sarıldığı numune.		1.5
ÇLGN1	Çelik saç levha uygulamasının modellendiği numune.		1.4
HÇGN1	Hasır çelik uygulamasının duvar köselerinden bölgesel olarak modellendiği numune.		1.7
YSN1	Bina yüksekliği boyunca köselerine konulan ahşap hatılların tellerle çatı altı ve temel üzerinden gerdirilmesi sonucu Art Germe uygulanan numune.		1.8
YSN2	Çatı altı ve temel üzerine konulan ve kısa kesilen ahşap hatılların tellerle gerdirilmesi sonucu Art Germe uygulanan numune.		1.7
YSN3	Sadece çatı altına konulan ve kısa kesilen ahşap hatılların tellerle gerdirilmesi sonucu Art Germe uygulanan numune.		1.5
PN1	Bina köselerinde yapım aşamasında payanda yapılarak güçlendirilmiş numune.		1.2
DDGN	Binada duvar içine ve dışına belirli aralıklarla konulan düşey tellerin üç derzde bir çiroz görevi gören yatay tellerle bağlanması sonucu güçlendirilmiş numune.		1.8

6. SONUÇLAR

Deprem hareketi sırasında yapılarda oluşan şekil değişikliği, çatlak, hasar ve gerilmeler ile bunların dağılımının incelenmesi akademik çalışmaların konusu olmuştur. Deprem sonrasında meydana gelen hasarların incelenmesi ise doğal bir laboratuvar ortamı oluşturduğu için değerlidir. Hasara neden olan tasarım ve imalat yanlışlarının tespiti ve aynı hataların tekrarlanmasının engellenmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından önemlidir. Bu nedenlerden dolayı çalışmanın ilk bölümünde kırsal yapılarda gözlenen hasar şekillerine yer verilmiştir.

Kırsal yapılar çoğunlukla yigma yapılardır. Yapı malzemesi olarak: taş, kerpiç, pisirilmiş kilden imal tuğlalar ve briketler kullanılmaktadır. Malzemesi ne olursa olsun yigma yapıların zayıf yönü, bu tuğlaların dayanımı daha düşük bir harçla üst üste istiflenmesidir. Böylelikle basınç dayanımı kısmen yüksek, çekme dayanımı olmayan ve kesme dayanımı zayıf yapı elemanları elde edilmektedir. Tuğla duvarlar gevrek olduğundan dolayı, bunlardan imal edilmiş yapının sünekliği de çok azdır. Ayrıca yapının doğal titreşim periyodu da çok küçük olduğundan deprem azaltma katsayısı $R=1$ dir. Bu da yapının deprem esnasında kendi ağırlığı kadar bir yatay yüke maruz kalacağını gösterir. Yapıda uygulanacak güçlendirme yöntemi sünekliği ve çekme gerilmelerine karşı direnci artırmalıdır. Bina dışından ve içinden duvarların hasır çelik ve çimento dozajı yüksek siva uygulaması ile kaplanması, tuğlaların birlikte hareketini sağlayacak ve yapıya dayanım kazandıracaktır. Ayrıca yapının duvarlarına dikey ve yatay ard germe uygulaması ile de tuğla elemanları arası sürtünme kuvveti artırılacak ve kesme dayanımında da kazanç neden olacaktır.

Bu çalışmada yigma yapılar üzerinde uygulanabilecek alternatif güçlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Deneysel çalışma oldukça masraflı olduğu için basitleştirilmiş model deneylerden çok sayıda gerçekleştirilerek davranış anlaşılmasına çalışılmıştır. Yapılan basitleştirilmiş model deneylerde, referans olarak denenen numune çok ani olarak ve depremler sonrası gözlenen hasar aşamalarını izleyerek göçmüştür. Bundan sonra denenen ve CFRP yaygılarla köşe noktaları ile kapı ve pencere boşlukları üzerinden sarılmış numune (KEYGN1), referans numuneye göre 2.5 kat daha fazla yatay kuvvete dayanmıştır. KEYGN2 numunesinde CFRP yaygılar köşe noktaları ile kapı ve pencere boşluklarının altlarından uygulanmış ve bu numune RN1 numunesinin 2 kati kadar bir yatay ivme

altında iken tamamen göçmüştür. KEYGN3 numunesinde ise CFRP yaygılar sadece köselerde kullanılmış ve referans numunenin yaklaşık 1.5 kati kadar yer hareketine dayanabilmistir.

CFRP uygulaması ile duvarın gerilme yığılması olan bölgelerinin ve köselerinin sarılması sonucu yapıyı oluşturan blokların bağlantısı sağlanarak birbirlerine yük aktarma kapasiteleri artmakta ve yapının düşük olan eğilme ve kesme kuvvetlerine karşı performansı artarak daha sünek bir davranış sergilemesi sağlanmaktadır. Ancak bu malzeme pahalı ve uygulaması özel iş gücü gerektirmektedir. Bu nedenle yapının sadece köselerinde uygulanması da tercih edilebilir. CFRP uygulamasının ekonomik değeri yüksek yığma yapılarda uygulanabileceği değerlendirilmiştir. ÇLGN1 numunesinde ise duvar yüzeyine ince çelik levha uygulaması denenmiştir. Bu numune yıkılmadan önce referans numunenin 1.4 kati kadar bir yatay ivmeye maruz kalmıştır. Çelik levha uygulamasında, duvarın içine ve dışına konulacak levhaların belirli aralıklarla duvarın delinmesiyle oluşacak boşluklardan birbirine kaynaklanması ile yapının eğilme ve kesmeye karşı dayanımı ve sünekliği artacaktır. Bu uygulama da özel işçilik gerektirmektedir. Ayrıca bina dış mimarisinin önemli olduğu tarihi ve kültürel yapılarda fazla tercih edilmemelidir.

HÇGN1 numunesinde köse birleşim noktalarında hasır çelik ve üstüne siva uygulaması modellenmiş ve referans numunenin 1.7 kati kadar bir yatay yüke dayanarak yıkılmıştır. Yığma yapılara hasır çelikte takviye uygulamasında bütün duvarlar içten ve dıştan hasır çelik ve betonla kaplanır ve hasır çelikler birbirlerine çiroz vazifesi gören donatılarla bağlanır. Bu suretle yapıyı oluşturan blokların ve bunlardan oluşan duvarların birlikte hareket ederek aynı deformasyonları yapmaları sağlanarak yapının dört duvarının kutu şeklinde davranması sağlanır. Yapının dört duvarının da senkronize bir şekilde hareket etmesi, yatay yüklere karşı dayanımı ve dolayısıyla rijitliğinin artırılmasını sağladığından oldukça tercih edilen bir sistemdir. Yine bu şekilde güçlendirilen yapıda daha fazla sayıda çatlak daha büyük bir alanda oluştuğu için yapının enerji tüketme kapasitesi de artmaktadır. Ayrıca bu uygulama duvarların kesme dayanımını da artıracığı için çatlakların oluşumunu geciktirmektedir. Sonuçta duvar yüksekliği boyunca ahsap hatil konularak çatı seviyesi altı ve tabanın hemen üzerinden tellerle sarılarak güçlendirilen numune referans numunenin 1.8 kati yatay ivmeye dayanmış ve daha sünek bir davranış

izlenmiştir. Çati seviyesi alti ve tabanın hemen üzerinden kısa kesilmiş hatil konularak bunların sarılması sonucu güçlendirilen YSN2 numunesinde de benzer %70 lik bir dayanım artışı izlenmiştir. YSN3 numunesinde ise yatay sargılama sadece çati altında kısa kesilmiş hatil çevresinde uygulanmış ve %50 lik bir dayanım artışı gözlenmiştir. Sonuçta burada da yatay sargılama uygulaması ile daha fazla sayıda çatlak, daha büyük bir alanda oluştuğu için enerji tüketme kapasitesinin arttığı ve davranışın iyileştiği yorumları yapılabilir. Yine bu yöntem de bina dış mimarisinin önemli olduğu tarihi ve kültürel yönden önemli yapılarda fazla tercih edilmemelidir. Duvarın içinden ve dışından geçen ve yere dik olarak temel seviyesinde zemine ankrajlanan donatıların duvar içinden çirozlarla birbirine bağlanması ile oluşturulan deney numunesinde %80 lik bir dayanım artışı gözlenmiştir. Bu uygulama yeni yapılacak bir yapıda tatbik edilebileceği gibi, mevcut yapıda da uygulanabilir. Öte yandan yeni yapılan bir yapıda duvarların örülmesi sırasında köselerde payanda bırakılması ile sadece %20 lik bir dayanım artışı elde edilebilmiştir. Belirmek gerekir ki aslında yigma yapıların depreme karşı davranışları sanıldığı kadar kötü değildir.

7. KAYNAKLAR

- Akgündüz N., 2004. “Deprem Bölgelerinde Yigma Yapı Yapı Tasarımının Mevcut Yönetmelige Göre İncelenmesi”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akincitürk N., 2003. “Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci”, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fak. Yayını, Cilt 8, Sayı 1.
- Aldınay B., 2002. “Donatili ve Donatısız Alker Duvarların Kayma Dayanımı Üzerine Deneysel Bir Arastırma”, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Altın S., Kuran F., Kara M. E., Anil Ö., 2005. “Yigma Yapıların Rehabilitasyonu İçin Bir Yöntem”, YDGA 2005 - Yigma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Dogu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Arioglu E., Anadol K., 1974. “Türkiye’de Kırsal Konutların Son Yıllardaki Tahripkar Depremlere Mukabelesi”, Deprem Arastırma Bülteni, Sayı:5, Ankara.
- Aytekin I., 2006. “Donatısız ve Sarılmış Yigma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adapazarı.
- Batur A., 1999. “Donatısız Yigma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Bazı Ülkelerin Sarnamelerinin İncelenmesi”, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bayraktar A., 2005. “Tarihi Yigma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi”, Yigma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Subat 2005, Orta Dogu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Dikmen N., Özkan S. T., 2004. “Türkiye’de Kırsal Alanlarda Kullanılan Yapı Malzemeleri, Yapım Sistemleri ve Bu Sistemlerin Deprem Karşısındaki Davranışları”,
- Dilsiz A., 2005. “Türkiye’de Yigma Binalar İçin Deprem Risk Haritası Olusturulması”, YDGA, Yigma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Subat 2005, ODTÜ, Ankara.
- Endem N., Boysan A., Yurdaçalıs T., 1984. “Deprem ve Türkiye’deki Kırsal Konutlarda Yarattığı Hasarlar”, Türkiye Rotary Kulüpleri, Ankara.

- Erçin A., 2003. “Bloklu Bir Yigma Yapinin Deprem Etkisi Altındaki Davranisi”, ITÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gölalmis M., 2005. “Kullanılmış Araba Lastikleri Kullanarak Yigma Bina Duvarlarının Depreme Karşı Güçlendirme Çalışmaları”, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İlki ve ark., 2000. “Karbon Lif Takviyeli Polimer Kompozitlerin Yapı elemanlarının Onarım ve Güçlendirilmesinde Kullanılması”, Tübitak.
- Kanit R., ve diğ., 2005. “Düzlem Disi Yüklenen Yigma Yapıların Deneysel Davranisi”, YDGA Yigma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı, ODTÜ, 17 Subat 2005, Ankara.
- Kanit ve ark., 2006. “Tuğla Kemer Performanslarının Sayısal ve Deneysel Yöntemlerle İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi, Tek. Egt. Fak. Yapı Egt. Böl. Ankara Turkey.
- Kaya ve ark., 2003. “Yigma Yapıların Çelik ve Betonarme Takviyesi Uygulanabilirliği ve Yapım Hataları”, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Sallio N., 2005. “Mevcut Yigma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi ve Güçlendirilmesi”, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.