



**TUĞLA DUVARLARIN ÇELİK LEVHA/ŞERİT KULLANILARAK KESME
DAVRANIŞININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Rüçhan Emir ÖZMEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2018

Rüçhan Emir ÖZMEN tarafından hazırlanan “TUĞLA DUVARLARIN ÇELİK LEVHA/ŞERİT KULLANILARAK KESME DAVRANIŞININ İYİLEŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Yağmur KOPRAMAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Nihat Sinan IŞIK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Alper BÜYÜKKARAGÖZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Eda AVANOĞLU SICACIK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Mahmut Cem YILMAZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 12/01/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Rüçhan Emir Özmen
12/01/2018

TUĞLA DUVARLARIN ÇELİK LEVHA/ŞERİT KULLANILARAK KESME DAVRANIŞININ İYİLEŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Rüçhan Emir ÖZMEN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2018

ÖZET

Türkiye yapı stoğunda, mimari gereksinimlerden dolayı farklı kalınlık ve boyutlarda boşluklu/boşluksuz tuğla duvarlar bulunmaktadır. Tuğla duvarlar, yığma yapılarda düşey statik yükleri taşımada yeterli olsa da çoğu zaman, yatay doğrultudaki deprem yüklerini taşımada yetersiz dayanım ve rijitlik sergilemektedir. Bu nedenle, hasar görme riskiyle karşı karşıyadırlar. Binalarda güçlendirme amacıyla, birçok yöntem denenmiş ve literatürde yerini almıştır. Yapılmış olan çalışma, literatürden farklı olarak mevcut duvarların yıkılmadan, güçlendirilmesi ve böylece, binada işlev kaybı, uzun yapım süresi, kesitlerin büyütülmesi ve yapıyı kullananların yapım süresi boyunca tahliye edilmesi gibi olumsuzlukların meydana gelmemesini amaçlamaktadır. Böylece, hızlı uygulanabilir ve kesitleri büyütmeyen yeni bir tekniğin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Deneysel çalışmada duvar malzemesi olarak, boşluklu yığma tuğla, dolu harman tuğla ve gazbeton kullanılarak 12 adedi referans numunesi olmak üzere, toplam 36 adet deney numunesi üretilmiştir. Güçlendirilen deney elemanları üzerinde 3 farklı çelik deseni uygulanmış ve kesme taşıma yükü üzerinde duvar malzemesi ve güçlendirme biçiminin etkisi araştırılmıştır. Deneyler sonucunda, önerilen güçlendirme yöntemi ile elde edilen kayma dayanım artışı, numunelerin deformasyon ve enerji tüketme kapasiteleri karşılaştırılmıştır.

Bilim Kodu : 91130
Anahtar Kelimeler : Tuğla duvar, kesme dayanımı, güçlendirme, çelik eleman
Sayfa Adedi : 49
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN

ENHANCING SHEAR BEHAVIOUR OF MASONRY WALLS WITH STEEL
SHEET/STRIPS
(M. Sc. Thesis)

Rüçhan Emir ÖZMEN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
January 2018

ABSTRACT

There are porous and full brick walls in different thicknesses and dimensions in building stock of Turkey due to architectural requirements. In masonry buildings although the strength of brick walls is sufficient for vertical loads, they exhibit inadequate strength and rigidity in horizontal direction. Therefore, they are exposed to risk of damage. Many studies have been carried out for the aim of strengthening and they have substituted in literature. The investigation made intends strengthening existing walls without destroying them and thus it intends that problems do not come true like loss of building function, long construction time, enlargement of cross sections and evacuation of users during the construction period. Thus it is intended to improve a technique that is fast applicable and does not enlarge cross sections. A total of 36 test elements that 12 of them are reference elements were produced by using porous masonry brick, full blend brick and aerated concrete. Three different steel patterns were applied to the specimens and the effect of wall material and type of strengthening on shear carrying load has been investigated. As the result of experiments, the shear strength increase, deformation and energy absorption capacities of the elements were compared.

Science Code : 91130

Key Words : Masonry wall, shear strength, strengthening, steel member

Page Number : 49

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Yağmur KOPRAMAN

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve alakasını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Yağmur KOPRAMAN'a ve hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vii
RESİMLERİN LİSTESİ	vii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. TÜRKİYE’DE YAPI STOKU VE DEPREM	3
2.1. Deprem.....	3
2.2. Türkiye’de Deprem	3
2.3. Türkiye’de Deprem Bölgeleri ve Risk Dereceleri.....	6
2.4. Türkiye’de Yapı Stoku.....	7
3. LİTERATÜR.....	15
4. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	21
4.1. Deney Elemanları.....	21
4.2. Malzemeler.....	21
4.2.1. Çelik şerit ve epoksi.....	21
4.2.2. Kâgir birimler ve bağlayıcı	23
4.3. Test Tekniği	26
4.3.1. Yükleme tekniği, ölçüm aletleri ve ölçüm düzeni	26
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	29

	Sayfa
5.1. Yük Deplasman Eğrisi	29
5.2. Taşıma Gücü ve Davranış	32
5.2.1. Boşluklu yığma tuğla	32
5.2.2. Dolu harman tuğla.....	33
5.2.3. Gazbeton	34
5.3. Deplasman ve Enerji Kapasitesi.....	34
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	39
EKLER.....	43
EK-1. Deney elemanlarına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar.....	44
ÖZGEÇMİŞ	48
DİZİN.....	49

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye deprem bölgelerinde mevcut halde gözlenen riskler	6
Çizelge 4.1. Deneysel çalışma kapsamında üretilen ve adlandırılan deney elemanları ve güçlendirme biçimleri	22
Çizelge 4.2. Çelik elemanları deney elemanına yapıştıran epoksi reçinenin mekanik özellikleri	23
Çizelge 4.3. Kâgir birimlerin prizmatik kırılma yükleri ve eksenel dayanımları	25
Çizelge 5.1. Yük-deplasman değerleri.....	30
Çizelge 5.2. Enerji tüketim değerleri	36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Yükleme düzeneğine ait basit çizim	15
Şekil 3.2. Yükleme düzeneğine ait basit çizim	17
Şekil 3.3. Yükleme düzeneğine ait basit çizim	17
Şekil 3.4. Yükleme düzeneğine ait basit çizim	18
Şekil 3.5. Yükleme düzeneğine ait basit çizim	19
Şekil 4.1. TS 704’de verildiği şekil ile harman tuğla basınç dayanımları	25
Şekil 4.2. Yükleme düzeneğine ait basit çizim	27
Şekil 4.3. Test elemanı üzerinde deplasman ölçerlerin yerleştirilişi	28
Şekil 5.1. İdeal yük-deplasman eğrisi	30
Şekil 5.2. Boşluklu yığma tuğla yük-deplasman grafiği.....	31
Şekil 5.3. Dolu harman tuğla yük-deplasman grafiği	31
Şekil 5.4. Gazbeton yük-deplasman grafiği.....	31
Şekil 5.5. Tepe noktası yük-deplasman grafikleri	32
Şekil 5.6. Göçme noktası yük-deplasman grafikleri.....	32
Şekil 5.7. Düşey ve yatay doğrultuda tüketilen enerji değerleri	36

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim		Sayfa
Resim 2.1.	X deseni şeklinde oluşan basınç çubukları	12
Resim 3.1.	Sarsma tablası üzerindeki tek katlı yapı.....	16
Resim 3.2.	Yükleme düzeneği	19
Resim 4.1.	Boşuklu yığma tuğla, dolu harman tuğla, gazbeton ile üretilen kâgir prizma numunelerin testleri	26
Resim 4.2.	Test çerçevesi içerisindeki deney elemanı	28
Resim 5.1.	Referans eleman ve güçlendirilmiş boşluklu yığma tuğla elemanları.....	33
Resim 5.2.	Referans eleman ve güçlendirilmiş dolu harman tuğla elemanları.....	34
Resim 5.3.	Referans eleman ve güçlendirilmiş gazbeton elemanları.....	35
Resim 5.4.	Referans elemanlar.....	35
Resim 5.5.	C tipi güçlendirilmiş elemanlar.....	35

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Türkiye diri fay hatları haritası	4
Harita 2.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası.....	6

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Δ	Deplasman
τ_s	Kayma Gerilmesi
σ_b	Yatak Gerilmesi

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
A	Alan
G	Gazbeton
h	Yükseklik
H	Dolu Harman Tuğla
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
JICA	Japan International Cooperation Agency
J	Joule
kN	Kilo Newton
mm	Milimetre
mm ²	Milimetrekare
MPa	Mega Paskal
P	Yük
t	Kalınlık
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
V	Yük
w	Genişlik
Y	Boşluklu Yığma Tuğla

1. GİRİŞ

Yığma taşıyıcı sistemli binalarda, bilindiği gibi, yapısal yükler tuğla duvarlar tarafından taşınmaktadır. Bu durum her ne kadar taşıyıcı sistemi betonarme olan binalardaki tuğla duvarlar için geçerli olmasa da, betonarme çerçeve içerisindeki dolgu duvarların çerçeve rijitliği ve taşıma gücüne yatay rijitlik ve taşıma gücü sağladığı da bilinmektedir. Dolayısıyla, taşıyıcı sistemi yığma ve betonarme olan binalarda tuğla duvarlar, statik ve/veya dinamik yükler altında gereken performansı göstermelidir. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 2000 yılında yaptığı bina sayımına göre ülkemiz yapı stokunun halen yarısından fazlasının yığma taşıyıcı sisteme sahip binalardan oluştuğu bilinmektedir. Ayrıca, ülkemiz yapı stokunun yarısından fazlasında tuğla malzemesi kullanılmıştır. Düşey taşıma kapasitesi bakımından genellikle yeterli olan kâgir elemanların, yatay doğrultudaki dayanımı için aynı şeyleri söylemek pek mümkün görünmemektedir. Bu nedenle yapısında tuğla duvar bulunduran binaların yatay deprem yüklerine karşı dayanımlarının araştırılması ve taşıma gücünün artırılması için yeni güçlendirme tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılmış olan çalışma, literatürden farklı olarak mevcut duvarların yıkılmadan, güçlendirilmesi ve böylece, binada işlev kaybı, uzun yapım süresi, kesitlerin büyütülmesi ve yapıyı kullananların yapım süresi boyunca tahliye edilmesi gibi olumsuzlukların meydana gelmemesini amaçlamaktadır. Böylece, hızlı uygulanabilir ve kesitleri büyütmeyen yeni bir tekniğin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Duvarı oluşturan birimin çekme dayanımı, örgü biçimi, birimleri bağlayan yapıştırıcı veya harcın dayanımı ve üretim sırasında gösterilen özen ve işçilik düzeyi kâgir duvarların özellikle yatay doğrultuda göstereceği performansı etkilemektedir. Çalışmada, Türkiye'deki yapıların duvarlarında çoğunlukla kullanılmakta olan boşluklu yığma tuğla, dolu harman tuğlası ve gazbeton gibi farklı 3 malzeme kullanılarak deney elemanları üretilmiştir. Böylece deneysel çalışma sonucunda, daha geniş kapsamlı değerlendirmeler yapılması düşünülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, ülke şartlarında standart işçilik kalitesiyle üretilmiş boşluklu yığma tuğla, dolu harman tuğla ve gazbeton kullanılarak üretilen yalın duvar dış yüzeyinden yapıştırılan çelik şeritlerle güçlendirilme potansiyelini araştırmaktır. Çelik şeritleri yalın duvar yüzeyine yapıştırmak için epoksi bazlı yapıştırıcı kullanılacaktır. Çalışmada diğer bir parametre ise, çelik şeritlerin yapıştırılmasında uygulanacak olan

desenlerdir. Deneysel çalışma kapsamında, 12 adet özgün deney elemanı bulunmaktadır. Her bir deney 3 adet tekrar edilerek daha kararlı deney sonuçlarının alınması sağlanmıştır. Ayrıca, deneysel sonuçların değerlendirilmesi sırasında malzeme ve üretim kalitesine bağlı değişkenlerin saf dışı bırakılması amaçlanmıştır.

Test edilen 36 adet deney elemanından alınan deneysel veriler incelenerek deneyin tümünde ölçüm alınabilen ve diğerleri ile uyum içindeki en güvenilir veri seçilerek, deneysel parametrelerin elde edilen sonuç üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Her bir kâgir birim malzemesi için 12 deney elemanı üretilmiş, bunların 9 adedi güçlendirilmiştir. Güçlendirilen deney elemanları üzerinde 3 farklı çelik deseni uygulanmış ve kesme taşıma yükü üzerinde duvar malzemesi ve güçlendirme biçiminin etkisi araştırılmıştır. Deneyler sonucunda, önerilen güçlendirme yöntemi ile elde edilen kayma dayanım artışı, numunelerin deformasyon ve enerji tüketme kapasiteleri karşılaştırılmıştır.

Böylelikle ülkemizdeki ve yurtdışındaki literatüre ve deprem yönetmeliğine önemli bir katkı yapılacağı düşünülmektedir. Çalışmada çelik elemanların kullanılma sebebi, ucuz olması, kolay elde edilebilir olması, kolay şekil verilebilmesi ve hızlı uygulanabilmesidir. Bu sayede ucuz ve kolay bir güçlendirme tekniği elde edilmiştir. Deneyler sonunda elde edilen verilerden güçlendirilen elemanların özelliklerinin ne oranda arttığı tespit edilmiştir.

2. TÜRKİYE’DE YAPI STOKU VE DEPREM

2.1. Deprem

Deprem, sertleşmiş yer kabuğu katmanlarının doğal kaynaklı hareketi neticesinde, meydana gelen bir doğa olayıdır. Yer kabuğu katmanlarının birbirleri ile etkileşim gösterdikleri, fay adı verilen birleşim bölgelerindeki davranışa göre farklı dinamik karakterli depremler gözlenir. Oluşma derinliği, etki süresi ve açığa çıkan enerji dünya üzerinde her deprem bölgesinde farklılık sergiler. Deprem yer kabuğu üstündeki yapılara, depremin merkez üssünden başlayarak ilerleyen dalga hareketleri ile taşınmakta olan yer ivmesi biçiminde etki eder.

Beklenmedik bir anda ortaya çıkan bu yer ivmesi, yapının sahip olduğu kütle ile doğru orantılı olarak, yapıda harekete ters yönde bir fiktif kuvvet oluşmasına neden olur. Yapı bu kuvveti karşılayabilirse, depreme dayanıklı, eğer kuvvet nedeniyle göçerse, depreme dayanıksız olarak adlandırılır. Yapı sahip olduğu kütle, rijitlik ve sönüm özelliklerine göre, kendine has periyoda ve titreşim genliğine maruz kalır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının amacı kütle ve rijitlik arasındaki hassas dengeyi kurmaktır. Yapının depremden daha az oranda etkilenmesi için düşük kütleli yapıların inşa edilmesi ve bu yapıların istenilen performans düzeyini garanti edebilecek kapasitede rijitliğe sahip olması gerekliliği daima çözülmesi gereken bir sorun olmaktadır.

Mevcut çalışma, ağır ve taşıyıcı unsur olarak düşünülmeyen duvarların, deprem davranışı bakımından yapıdaki olumsuz etkisini, duvarlara rijitlik ve deplasman yapabilme kapasitesi kazandırarak içinde bulundukları yapıya katkı sağlayan elemanlara dönüştürme çabası olması bakımından olumludur.

2.2. Türkiye’de Deprem

Türkiye etkin deprem hatlarından biri olan Akdeniz-Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu kuşakta dünyadaki toplam depremlerin beşte biri meydana gelmektedir. Akdeniz-Alp-Himalaya hattı Türkiye’yi kuzey, güney ve batıdan saran fay hatlarından oluşmaktadır. Bu ana fay hatlarına yerel kırıklar da eşlik etmektedir [1]. Harita 2.1.’de Türkiye’nin güncel aktif diri fay hattı gösterilmektedir.



Harita 2.1. Türkiye diri fay hatları haritası [2]

Harita 2.1.'den de görülebileceği gibi, Türkiye'de genel olarak 3 ana fay sistemi bulunmaktadır. Bunlar,

- Kuzey Anadolu Fayı
- Doğu Anadolu Fayı
- Batı Anadolu Fay Grubu

olarak adlandırılmaktadır.

Yıllar boyunca birçok yıkıcı depreme şahitlik eden Anadolu'da, yukarıda yer verilen aktif faylardan bahisle gelecekte de büyük depremlerin olması kaçınılmaz görünmektedir. Gerçekten de, Türkiye'nin kuzey kısmında ve doğudan batıya doğru olacak şekilde Kuzey Anadolu Fayı olarak adlandırılan 1000 kilometreden uzun, büyük bir fay hattı uzandığı ve bu fay hattında birçok şiddetli depremler meydana geldiği bilinmektedir.

1939 ve 1992 yıllarında, Erzincan ilinde çok büyük iki deprem yaşanmıştır. 1939 depreminde 30 000'den fazla vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. 1992'de ise kayıtlı can kaybı 700 kişi olmuştur. İstanbul'un sadece 110 kilometre doğusunda bulunan İzmit ve Adapazarı dolaylarında, 1999 tarihinde Kuzey Anadolu fay hattında sırasıyla 7,4 ve 7,2 büyüklüğünde, iki büyük deprem meydana gelmiş ve bu depremlerde çok sayıda insan ölmüş ya da yaralanmıştır [3]. Yerbilimciler, Kuzey Anadolu fay hattı boyunca bu şiddetli depremlerin merkezlerinin fayın batı tarafına doğru kaydığı görüşü üzerinde yoğunlaşmakta ve fayın batı tarafındaki İstanbul'u büyük bir depremin beklediğini belirtmektedirler.

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Türkiye nüfusunun %18,5'inin ikamet ettiği İstanbul'da nüfus 15 milyona yaklaşmıştır. Bu haliyle en çok nüfus barındıran il olan İstanbul, en kalabalık ikinci il Ankara'nın nüfusundan 3,5 kat ve takip eden İzmir'in nüfusundan 5 kat daha fazla nüfusa sahiptir [4]. Dolayısıyla yakın gelecekte İstanbul'da olması beklenen büyük bir depremin çok önemli can ve mal kaybına yol açması ciddi bir olasılık olarak değerlendirilmektedir.

Nitekim, İBB ve JICA arasında imzalanan ve 2000/1885 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile onaylanıp 22.01.2001 tarih ve 24295 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Afet Önleme Azaltma Temel Planı” anlaşması kapsamında; olası bir depremde, İstanbul'da mahalle bazlı çalışılmış ve hasar riski yüksek alanların belirlenmesi amacıyla hem binaların hem de alt yapının hasar görülebilirliği değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın orijinaline göre olası hasar listesi aşağıdaki gibi öngörülmüştür [5]:

- 50-60 bin aralığında ağır hasarlı bina
- 500-600 bin civarında evsiz aile
- 70-90 bin civarında can kaybı
- 120-130 bin ağır yaralı
- 400 bin hafif yaralı
- Bin-2 bin noktada su sızıntısı
- 30 bin doğalgaz kutusunda gaz çıkışı
- Elektrik kablolarının % 3'ünde kopma
- 50 milyon ton enkaz
- 40 milyar ABD doları civarında maddi kayıp
- 1 milyon kişi için kurtarma operasyonu

Bu durum, gerçekleşmesi halinde telafisi mümkün olmayan çok olumsuz sonuçlara işaret etmektedir.

İstanbul ölçeğinde değerlendirme yapan JICA'nın bir başka çalışmasında, Türkiye'nin doğal afetlerle ilgili verileri ayrıca değerlendirilmektedir. Buna göre Türkiye'de en yıkıcı doğal afet olarak depremler işaret edilmektedir. JICA'nın bahis konusu raporunda 1902 ila 2003 yılları arasında, 137 adet hasara yol açan deprem meydana geldiği vurgulanmakta ve söz konusu 137 deprem sonucunda 83 908 kişinin yaşamını yitirdiğini ve 171 283 kişinin yaralandığı ortaya konmaktadır. Yine söz konusu çalışma, 137 hasar yapan deprem sonucunda 493 824 konutun yıkıldığını veya ağır hasar aldığını belirtmektedir. Rapora göre konut sayısına ilişkin bu rakam 20. yüzyılda dünyada

gerçekleşen tüm doğal afetlerin sebep olduğu konut kaybının dörtte üçünü oluşturmaktadır [6].

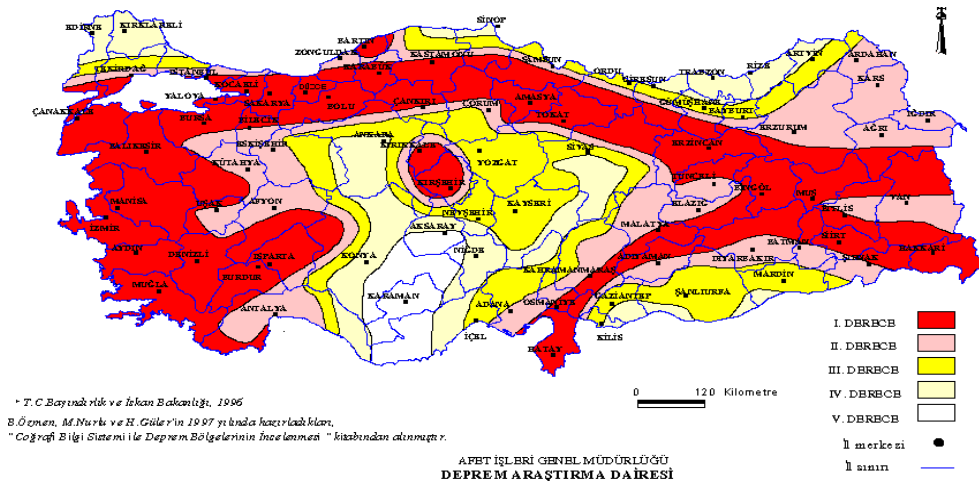
2.3. Türkiye’de Deprem Bölgeleri ve Risk Dereceleri

JICA çalışmasında [6] yer aldığı şekliyle 50 yıl içerisinde, %90 ihtimalle aşılmayacak ortalama pik yer ivmesi esas alınarak hazırlanmış olan risk altındaki unsurların, Harita 2.2.’de sunulan deprem bölgelerine göre dağılımı Çizelge 2.1.’de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Türkiye deprem bölgelerinde mevcut halde gözlenen riskler [6]

Deprem Bölgesi	Yüzey Alanı (%)	Nüfus (%)	Endüstri (%)	Barajlar (%)
Derece1 ($\text{pga} \geq 0.40\text{g}$)	42	45	51	46
Derece 2 ($\text{pga}=0.30\text{--}0.39\text{ g}$)	24	26	25	23
Derece 3 ($\text{pga}=0.20\text{--}0.29\text{ g}$)	18	14	11	14
Derece 4 ($\text{pga}=0.10\text{--}0.19\text{ g}$)	12	13	11	11
Derece 5 ($\text{pga} < 0.10\text{ g}$)	4	2	2	6
Toplam	100	100	100	100

Çizelge 2 ve Harita 2 yardımıyla, Türkiye sanayisinin %75’i ve barajlarının %69’u, ve 780 043 km² yüzölçüme sahip Türkiye’nin [7], 514 828 km²’lik kısmının deprem riski bakımından oldukça aktif bölgeler içerisinde kurulmuş olduğu somut bir biçimde ortaya konmaktadır. Nüfusun %98’i, sanayi yapılarının %98’i ve barajların %94’ü yüksek risk barındıran deprem bölgelerinde yer almaktadır.



Harita 2.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası [6]

2.4. Türkiye’de Yapı Stoku

Türkiye’deki mevcut yapı stokunun büyük bir bölümü, ilkel yöntemlerle üretilmiş yapılar içermektedir. İlkel yöntemlerle üretilmiş bu yapılar kırsal kesimde hatta büyük şehirlerde üretilen yığma binalardan oluşmaktadır.

TS 2510 Kâgir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları’nda kâgir duvar ve yığma yapı için şu tanım yapılmaktadır: Kâgir duvar, doğal taşların veya tuğla, beton briket, kireç kumtaşı, gazbeton blok vb. yapay taşların, kireç, çimento vb. bir mineral bağlayıcı ile yapılmış harç kullanılarak örülmesi yolu ile oluşturulan yapı elemanıdır. Yığma bina ise taşıyıcı duvarları kâgir duvarlardan yapılmış ve döşemeleri betonarme veya betonarme döşemenin verdiği kadar yatay bütünlük (rijitlik) sağlayan başka bir tip döşeme olan yapıdır.

Yığma binalar genellikle mühendislik hizmeti almadan üretilen ilkel yapılardır. Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde kırsal kesimde ve şehirlerin gecekondu bölgelerinde binalar, oturanları tarafından tuğla, taş, kerpiç veya briketten yığma yapı şeklinde imal edilmektedir [8]. Bu yapıların birim ağırlık-taşıma gücü oranı fazla olduğundan ve sünek olmayan inşaat materyallerinden üretildikleri için yatay deprem yükleri altında yeterli dayanım gösterememektedirler [9]. Ayrıca yatay deprem yükü etkidiğinde çekme gerilmelerini karşılayacak elemanlardan yoksun olduklarından depremde hasar görmektedirler [10]. Bu binaların yapımında kullanılan harcın çekme dayanımının düşük olması da yatay kesme kuvvetlerin karşılanamamasında bir etkindir [11].

İlkel yöntemlerle üretilen betonarme binalar da mevcuttur. Bu binalar hazır betonun olmadığı dönemlerde elle üretilen betonlardan imal edilmiştir. Dolayısıyla karışımları hazır betonda olduğu gibi denetimli ve yeterli değildir. Ayrıca inşa sırasında vibratör kullanıldığı da şüphelidir. Bu betonlar üretilirken kullanılan agreganın performansı da yetersizdir, çünkü çoğunda deniz kumu kullanılmıştır. Nitekim TÜİK verilerine göre 1975 yılından önce inşa edilen binaların beton basınç dayanımları 3 MPa ile 10 MPa arasında değişmektedir [12]. Bunun yanında bu binalar eski yönetmeliğe göre inşa edilmiş ve çeşitli donatı yetersizliklerine sahiptirler. Ayrıca bu binalar o zamanın şartlarında kullanılan nervürsüz düz demir içermektedirler.

Türkiye’deki yapıların bir bölümü, hatalı tasarım sonucu yapısal düzensizlikler içermektedir. Bu düzensizlikler, döşeme boşluğu düzensizliği, burulma düzensizliği, çıkıntı düzensizliği, zayıf kat düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği, kısa kolon durumu, kuvvetli giriş zayıf kolon durumu, yetersiz derz, düzensiz kütle dağılımı, gereksiz ağırlık yapan taşıyıcı olmayan elemanların bulunması gibi başlıklar altında yer almaktadır. Bunları kısaca açıklamak gerekirse; döşeme boşluğu düzensizliği döşemenin yatay deprem yükleri karşısında rijit bir şekilde davranmasını engelleyecek kadar boşluk içermesidir. Burulma düzensizliği kütle merkeziyle rijitlik merkezinin çakışmadığı bir binaya deprem yükü etkimesi durumunda burulma momenti oluşmasıdır. Çıkıntı düzensizliği binaya plan doğrultusunda bakıldığında binada çıkıntı olması durumudur ve bu çıkıntıların başladığı yerde deprem yükü etkidiği sırada aşırı zorlanmalar meydana gelmektedir. Zayıf kat düzensizliği binada herhangi bir kattaki kesme alanının bir üst kattaki kesme alanına oranının yönetmelikte öngörülen sınırların dışında olmasıdır. Yumuşak kat düzensizliği komşu katlar arasındaki rijitliklerin farklı olmasıdır. Kısa kolon durumu kolonun boyunun kısaldıkça üzerine gelen kesme kuvvetinin artmasıdır. Güçlü giriş zayıf kolon durumunda plastik mafsallar giriş yerine kolonlarda oluşur ve arzu edilen sünek davranış elde edilemez. Yetersiz derz durumu depremde çarpışma olmaması için komşu binaların ya da blokların arasında yönetmelikte öngörülen boşluğun bırakılmamasıdır. Düzensiz kütle dağılımı düşeyde binanın kütlelerinin düzensiz olmasıdır. Yapının ağırlığı üzerine gelen deprem yükünü arttırmaktadır bu nedenle yapıda gereksiz ağırlıklardan kaçınılmalıdır.

Üretim aşamasında yeterli özenin gösterilmemesi binaların depreme karşı performansını etkilemektedir. Betona su katılması, vibratör kullanılmaması ya da vibratörün yanlış kullanılması sebebiyle yeterli sıkışmanın sağlanamaması gibi nedenlerle, hazır beton kullanılmasına karşın projede öngörülen beton kalitesine ulaşamamaktadır.

Söz konusu nedenlerden ötürü bu binalar, meydana gelebilecek bir depreme karşı yeterli dayanım, süneklik ve rijitliğe sahip değildir. Yakın zamanda yaşanan depremle de bunu doğrulamışlardır.

2000 yılında T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından yapılan bina sayımına göre Türkiye’de 7 838 675 adet bina bulunmaktadır. Yine aynı çalışmaya göre Türkiye’nin yapı stoku içerisinde, binaların kullanım amaçlarına göre dağılımında toplam bina sayısı içinde en fazla payı %75 ile yalnızca konut amaçlı kullanılan binalar

almaktadır. İçinde hem konut hem de konut dışı kullanım amacı bulunan binalar ise %12'lik bir pay almaktadırlar. Bunları %6 ile ticari yapılar, %2 ile sanayi yapıları takip etmektedir.

2000 yılında T. C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından yapılan bina sayımına göre yığma ve iskelet olarak inşa edilen binalarda kullanılan dolgu maddesi cinslerine göre en fazla payı %60 ile tuğla almaktadır. Bunu %18 ile briket, %10 ile taş, %8 ile kerpiç izlemektedir.

Türkiye'de yapı stokuyla ilgili çok önemli bir risk daha bulunmaktadır. TÜİK'in 11 Mayıs 2016 tarihinde yayınladığı istatistiğe göre Türkiye'de hane halkı sayısı 21 662 260'tır [13]. Gerçekten de, yaşanan depremlerden sonra az hasar görmüş, fakat hala kullanılmakta olan binalar söz konusudur. Nitekim çaresi olmayan insanlar bu binalarda yaşamaya mecbur kalmışlardır. 24 saatlik süre diliminde zamanın yaklaşık 8 saatinin çalışma, 1 saatinin yol olduğu düşünülürse uyku, yemek ve barınma ihtiyaçları için bu insanlar en az 15 saatlerini bu evlerde geçirmektedirler. Yani bir günün %62,5'i bu evlerde geçmektedir. Bu da depreme bu binalarda yakalanma risklerinin ne kadar fazla olduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla, mevcut durumları ile depremlerde ayakta kalmaları imkansız olan bu binalarda yaşayan insanların hayatları risk altında bulunmaktadır. Bu nedenle, bu yapıların depreme karşı güçlendirilmesi/onarılması gerekmektedir. Kentsel dönüşümün zahmetli olması ve ekonomik olmaması sebebiyle söz konusu binaların ucuz ve etkin bir yöntemle güçlendirilmesi mantıklı bir seçenek olarak gözükmektedir.

Güçlendirmedeki amaç; yapı elemanlarında yük taşıma kapasitesi, rijitlik, süneklik gibi özellikleri arttırmak suretiyle iyileştirme yaparak, yapının deprem performansını yürürlükteki deprem yönetmeliğinin belirlediği düzeye ya da daha üzerine çıkarmak ve bu sayede toptan göçmesini ve hasar almasını engellemektir. Onarımdaki amaç ise depremde az hasar almış; fakat tamamen tükenmemiş yapı elemanlarını depremden önceki durumuna geri getirmektir.

Depreme dayanıklı bir yapı tasarlamak için dayanım, rijitlik ve süneklik gerekli unsurlardır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte de

bahsedilen bu üç özellik deprem esnasında yeterli oranda sağlandığı müddetçe binanın yapısal bütünlüğü korunmuş olur.

Bir materyal, bir kesit, bir eleman ya da bir sistemin taşıma gücünde kayda değer bir düşüş olmadan deplasman yapabilme ve tekrarlı yükler etkisinde enerji tüketme yeteneğine o materyalin, kesitin, elemanın ya da sistemin sünekliği denilmektedir [14]. Rijitlik ise yük altında kalan malzemenin boyutlarının değişimine verdiği tepkinin ölçüsüdür, yani rijitlik esnekliğin karşıtıdır denilebilir. Dayanım ise materyalin maksimum taşıma gücü olarak ifade edilmektedir.

Ülkemiz yapı stokundaki yetersiz yatay dayanıma sahip yapılar, ileride meydana gelebilecek depremlerde göçme veya hasar alma riski altında bulunmaktadır. Sonucunda meydana gelecek her türlü can kaybının önlenmesi amacıyla, deprem sırasında binaya etkiyen yatay deprem kuvvetlerine karşı yapıların yeterli bir performans seviyesine çıkarılması gerekmektedir. Bina taşıyıcı sisteminin yatay doğrultuda deprem kuvvetleri altında hareket etmeye zorlanması, sistemini oluşturan tuğla duvarların ve/veya betonarme elemanların eğilme/kesme hasarı almasına veya binanın tamamen göçmesine neden olmaktadır.

Taşıyıcı sistemi yığma olan binalarda tuğla duvarlar düşey statik yükler altında taşıyıcı görevi görmektedirler. Bu durum taşıyıcı sistemi betonarme olan binalardaki tuğla duvarlar için de geçerlidir. Taşıyıcı sistemi yığma ve betonarme olan binalarda tuğla duvarlar, düşey statik yükler altında gereken dayanımı göstermektedirler. Fakat yatay dayanım açısından aynı şeyleri söylemek pek mümkün görünmemektedir; çünkü deprem yükleri altında tuğla duvarların yatayda yeterli dayanım gösteremedikleri bilinmektedir. Bununla beraber bir binada tuğla duvarların varlığının depremde fayda sağladığı da bir gerçektir.

T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 2000 yılında yaptığı bina sayımına göre ülkemiz yapı stokunun yaklaşık olarak halen %60'ının yığma taşıyıcı sisteme sahip binalardan oluştuğu bilinmektedir. Ayrıca, önceden bahsedildiği üzere ülkemiz yapı stokunun %60'ında tuğla malzemesi kullanılmıştır. İster yığma ister betonarme olsun bünyesinde tuğla duvar bulunduran binaların deprem riski bakımından yatay yüklere karşı dayanımlarının arttırılması gerekmektedir. Daha önce bahsedilen yetersiz dayanıma sahip betonarme binaların taşıyıcı elemanlarının güçlendirilmesi ayrı bir

konudur. Fakat bu betonarme binaların çoğunda tuğla dolgu duvarlar bulunmaktadır. Bu binalardaki taşıyıcı betonarme elemanlar güçlendirilmese dahi yalnızca bu dolgu duvarlar güçlendirildiğinde binanın depreme karşı davranışında fayda sağlanabilecektir.

Yapının taşıyıcı elemanlarında sismik hareket dolayısıyla meydana gelen deformasyonlar, elemanın enerji tüketim kapasitesi oranında karşılanabilmektedir. Kapasite aşıldığında ise taşıyıcı eleman işlevini kaybedip sistem mekanizma haline gelebilmektedir. Betonarme çerçeveli binalarda tuğla duvarlar her ne kadar yatay dayanımları yeterli olmasa da tıpkı betonarme perde duvarlar gibi tükenene kadar deprem yüklerinin karşılar ve perde duvarlara bu sayede yardımcı olurlar. Güçlendirilmiş bir tuğla duvarın tükenme eşiği güçlendirme sayesinde daha da yukarı taşınarak binanın deprem karşısındaki direnci arttırılmış olur. Bunun yanında perde duvar oranı yetersiz olan binalarda tuğla dolgulu çerçeveler, tuğla duvarların güçlendirilmesiyle perde duvara dönüştürülebilirler.

Dolgu duvarlar sayesinde yatay deprem kuvvetlerinin etkisindeki betonarme çerçeveli bir binanın yatay doğrultudaki rijitliğinin ve yük taşıma kapasitesinin arttığı deneysel ve teorik çalışmalarla kanıtlanmıştır. Dolgu duvar, betonarme çerçeveli yapının rijitliğini arttırmakta, periyodunu azaltmakta ve yapının deprem esnasında dinamik olarak gösterdiği davranışını değiştirmektedir. Dolgu duvarların binanın enerji tüketebilme miktarını artırdığı ise bilinmektedir [15].

Yatay deprem yükü tuğla dolgulu betonarme çerçeve üzerine etkidiğinde, dolgu duvarlar, Resim 2.1.'de de gösterildiği gibi X deseni şeklinde oluşan basınç çubukları biçiminde yük taşıma mekanizması oluştururlar. Tuğla duvarlar taşıma güçlerini, duvar basınç çubuklarının taşıma gücü aşılnca kaybederler. Tuğla duvarın, diyagonal doğrultuda gelişen çekme ve basınç çubuklarına karşı dayanımını artırmanın, yapının enerji tüketimine ve göçme mekanizmasına yapacağı olumlu katkı, tezde önerilen deneysel yöntem ile başarılabacaktır.

Dolgulu çerçeveler üzerine yapılmış olan önceki deneysel çalışmalarda tuğla duvarların güçlendirilmesi ile, çerçeve taşıma gücü kapasitesi, enerji tüketme kapasitesi, rijitlik gibi deprem davranışını etkileyen faktörlerin geliştirilebildiği sonucuna varılmıştır.



Resim 2.1. X deseni şeklinde oluşan basınç çubukları [16]

Bilindiği üzere, depreme dayanıksız olduğu bilinen taşıyıcı elemanlar veya yapıların taşıma gücü veya enerji tüketim kapasitesi gibi farklı birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapısal rehabilitasyon veya yapısal güçlendirme üzerine deneysel çalışmalar uzun bir süredir, uluslararası ve ulusal ölçekte yapılmaktadır. Araştırmalar, yetersiz yatay dayanım ve rijitliğe sahip binaların birçok yöntem ile yeterli performans seviyesine çıkarılabileceğini göstermektedir. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılan ve pratikte en çok tercih edileni mantolama tekniğidir. Betonarme veya çelik elemanlar ile mevcut taşıyıcı elemanın kesitlerini arttırmaya ve yetersizliği giderme esasına dayalı olan bu yöntem ile, eğilme ve/veya kesme dayanımının artırılması mümkün olmaktadır. Sağlanan faydaya karşın, mantolama yönteminin; binada işlev kaybı, uzun yapım süresi, kesitlerin büyütülmesi ve yapıyı kullananların yapım süresi boyunca tahliye edilmesi gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Dolayısıyla hızlı uygulanabilir ve kesitleri büyütmeyen mantolama tekniklerinin araştırılması için çalışmalar yapılagelmektedir.

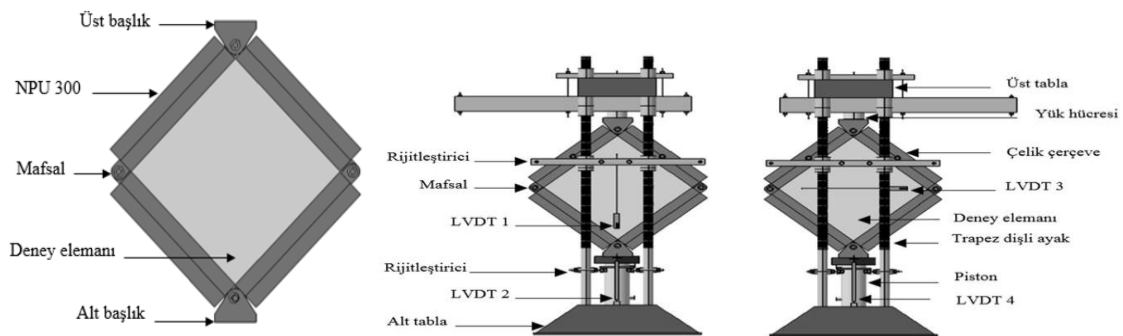
Bina taşıyıcı elemanlarının güçlendirilmesi üzerine, yurtiçinde ve yurtdışında birçok araştırma yapılmıştır. Birçok teknik geliştirilmiş olup, Türkiye’de birçok uygulaması yapılan yukarıda bahsedilen kesitleri büyütmeyen katman ekleme ya da mantolama tekniği oldukça yaygın olarak kullanılmıştır. Mevcut elemanın kesitini arttırmadan güçlendirmeye dayalı olan bu teknik, mimari veya yapısal zorunluluklar altında geometrinin değişmemesi gereken durumlarda mevcut elemanın kompozit bir yapıya dönüştürülmesi olarak da yorumlanabilmektedir. Oluşturulan kompozit kesitin mekanik kapasitesi, kesiti meydana getiren mevcut eleman, kullanılan yapıştırıcı ve eleman üzerine yapıştırılan malzemeye göre değişmektedir.

Taşıyıcı elemanın dış yüzeyine yapıştırılan kompozit veya çelik şeritler ile hem kesit boyutlarının fazla değişmemesi sağlanmakta hem de yapım süresi oldukça kısaltılabilmektedir.

3. LİTERATÜR

Cumhur ve diğerleri [17]

Bu çalışmada, genişletilmiş çelik levhaların dolgu duvarlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, biri referans, toplam 11 adet tam ölçekli güçlendirilmiş deney elemanı, köşegen boyunca tekdüze basınç yükleri altında test edilmiştir. Güçlendirme işleminde mevcut tuğla dolgu duvarların iki yüzüne genişletilmiş çelik levhalar eklenmiş ve bu levhalar birbirlerine bulonlar ile bağlanarak güçlendirilmiştir. Genişletilmiş çelik levha kalınlığı ve bulon aralıkları deney değişkenleri olarak seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, genişletilmiş çelik levhalar ile güçlendirilen duvarların çekme gerilmelerinin büyük bir kısmının karşılandığı, duvar üzerinde üç eksenli sayılabilecek bir sargılama basıncının oluştuğu ve bulonlarda akma oluşuncaya kadar duvarın kompozit bir malzeme gibi davrandığı görülmüştür. Deneyler süresince güçlendirilmiş deney elemanlarının taşıma kapasitelerinde ani yük kaybı oluşmamış ve deney sonuna kadar güçlendirilmiş tüm deney elemanları bütünlüklerini korumuşlardır. Böylece güçlendirilmiş tuğla dolgu duvarların yük taşıma kapasiteleri, rijitlik, süneklik ve enerji tüketme kapasitelerinde artış sağlanarak davranışları iyileştirilmiştir.



Şekil 3.1. Yükleme düzeneğine ait basit çizim

Altın ve diğerleri [18]

Bu çalışmada boşluklu tuğladan yapılmış tek katlı yığma bir yapı sarsma tablasında test edilerek önce binaya hasar verdirilmiş, ardından hasarlı yapı dört farklı türde düzenlenen çelik şeritlerle güçlendirilerek tekrar test edilmiştir. Çelik şeritler bulonlarla sabitlenmiştir. Güçlendirmeden sonra yapılan testler uygulanan güçlendirme yönteminin

başarılı olduğunu göstermiş ve binada önemli sayılabilecek çatlak gelişimi gözlenmemiştir.

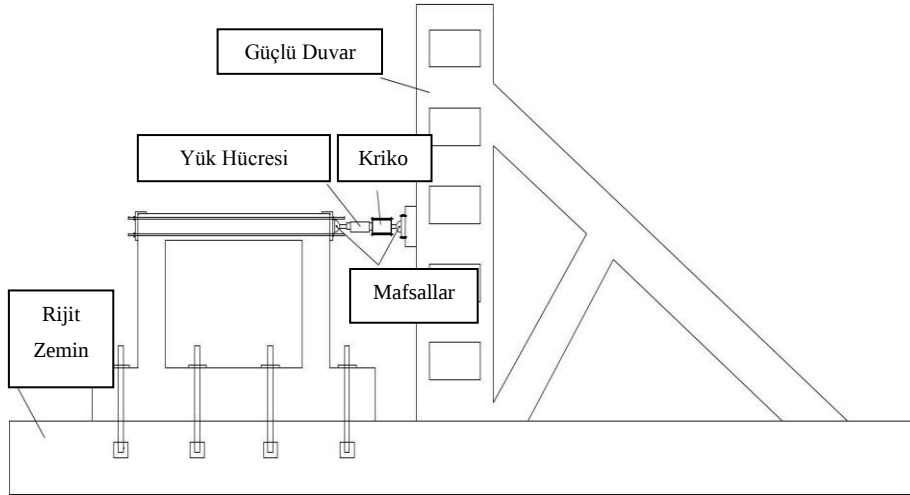


Resim 3.1. Sarsma tablası üzerindeki tek katlı yapı

Özdemir ve Eren [19]

Bu çalışma kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılara ait tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin, duvar yüzeyine uygulanan hasır donatı ve sıva ile güçlendirilmelerine yönelik deneysel çalışmayı içermektedir. Bu çalışmada 3 adet tek katlı tek açıklıklı 1/2 ölçekli betonarme çerçeve üretilmiştir. Numunelerden biri boş olarak deneye tabi tutulmuştur.

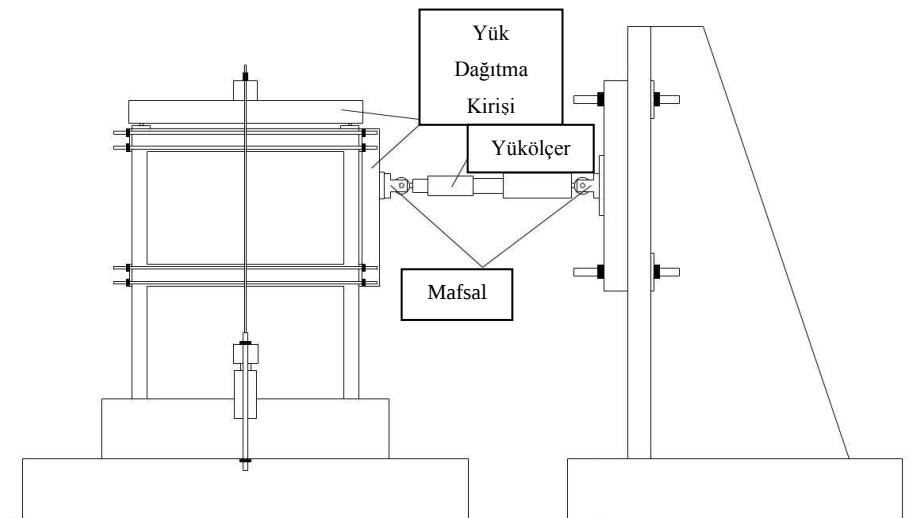
İkinci numuneye duvar örülerek deneye tabi tutulmuş ve bölme duvar etkisi araştırılmıştır. Diğer numune ise dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması yapılarak ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen parametreler esas alınarak güçlendirilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan üç adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük etkisi altında test edilmiştir. Bu imalatlarda ankastre mesnet şartını sağlamak için bir rijit temel ve bu temel üzerine, tek katlı, tek açıklıklı, beton basınç dayanımı düşük, güçlü kiriş ve zayıf kolondan oluşan çerçeveler imal edilmiştir. Bu deneysel çalışmada bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına etkisi araştırılmış ve test edilen elemanların yatay yük taşıma kapasiteleri, rijitlik ve enerji yutma kapasitelerindeki değişim incelenmiştir. Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin, çerçeve yatay yük taşıma kapasitesini, yanal rijitliğini, enerji yutma kapasitesini ciddi anlamda arttırdığı belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Yükleme düzeneğine ait basit çizim

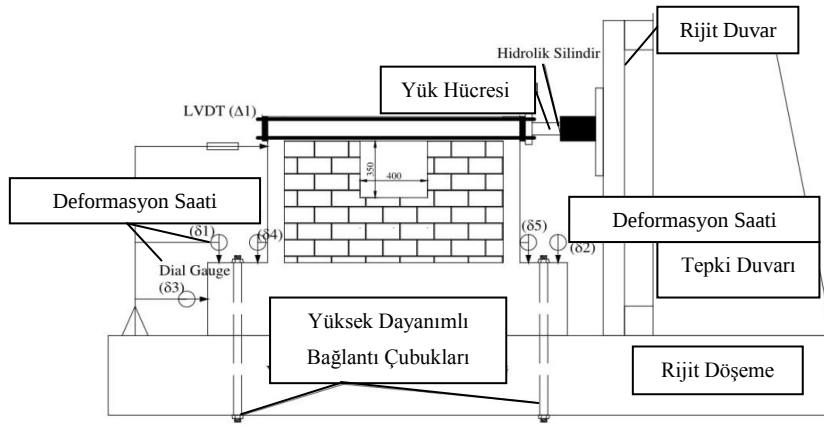
Sevil ve diğerleri [20]

Bu çalışmada düşük beton dayanımına sahip, düz demir kullanılmış, katlar arasında boyuna donatı eklerinde yetersiz bindirme boyu olan, yetersiz sargı donatısı ve zayıf kolon-güçlü kiriş birleşimine sahip, biri boş çerçeve, diğerleri çerçevelerin katları boşluklu tuğla ile örülüp her iki yüzden sıvanan ve sıvanmayan 1/3 ölçekli, tek açıklıklı, iki katlı çerçeveler yatay yük uygulanarak deneye tabi tutulmuşlardır. Deney sonuçlarına göre çerçeve içerisinde tuğla dolgu duvarın varlığı yanal yük taşıma kapasitesini boş çerçeveye oranla 3,5 kat arttırmıştır. Dolgu duvarın sıvanması ile bu kapasite 4,5 katına çıkmıştır.



Şekil 3.3. Yükleme düzeneğine ait basit çizim

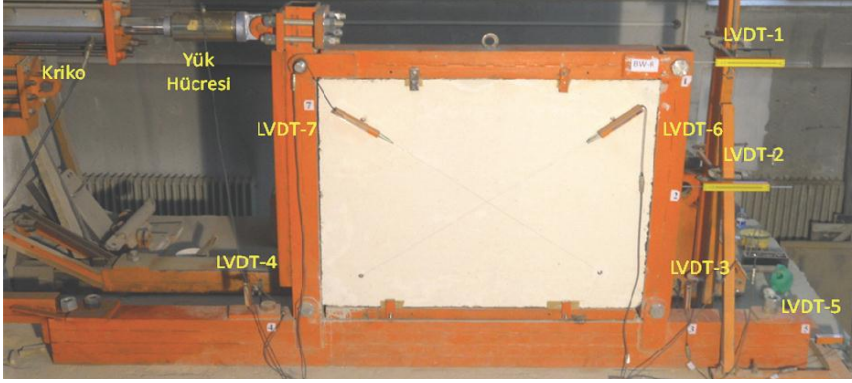
Bu çalışmada tek katlı tek açıklıklı 1/3 ölçekli ve çeşitli yetersizliklere sahip betonarme çerçeveler üretilmiştir. Üretilen betonarme çerçeveler içerisine bir pencere boşluğu bırakılarak tuğla duvar örülmüştür. Deney programında; sırasıyla tuğla dolgulu çerçeve, dıştan perde duvarla, çelik levhayla ve çelik çaprazlarla güçlendirilmiş çerçeveler tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisi altında denenmiştir. Deney sonuçlarına göre güçlendirilmiş numunelere ait yatay yük kapasitelerinde önemli artışlar olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4. Yükleme düzeneğine ait basit çizim

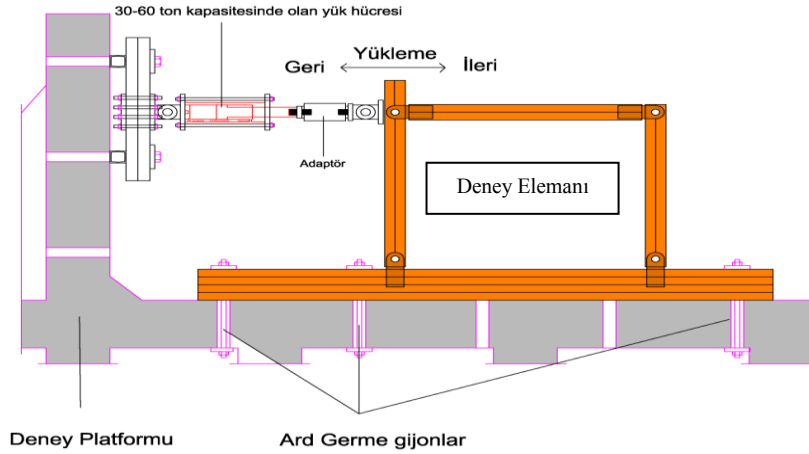
Bu çalışmada tuğla duvarlar bulonlar yardımıyla tutturulmuş çapraz çelik şeritlerle güçlendirilmiştir. Konu kapsamında 1/2 ölçekli biri referans olmak üzere altı adet tuğla duvar tersinir tekrarlanır yükler altında denenmiştir. Referans eleman güçlendirilmemiş, sıvanmış duvardır. Sonuçta güçlendirilmiş elemanların dayanımlarının yaklaşık 3,5 kat; rijitliklerinin ise yaklaşık 3 kat arttığı belirtilmiştir.

Bu tez çalışmasında önerilen tekniğin prensibi, yapıda bulunan boşluklu tuğla dolgu duvarların üzerlerine delikli sac levhalar eklenerek güçlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu sebeple, bir adet güçlendirilmemiş referans elemanı olmak üzere toplam on üç adet sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvar deprem yükünü benzeştirecek tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test edilmiştir.



Resim 3.2. Yükleme düzeneği

Deney elemanları üç değişik kalınlığa sahip delikli sac levhanın duvarlara bulonlarla sabitlenmesi şekliyle güçlendirilmişlerdir. Levha kalınlığı, bulon aralığı ve yetersiz boyuttan kaynaklanan levhalarda bindirmeli ek bulunması deney değişkenleridir. Ayrıca, dolgu duvarların köşeleri üç değişik teknikle, erken ezilmeye karşı güçlendirilmiştir. Test sonuçları analiz edilerek deney elemanlarının dayanım, rijitlik, enerji dağılımı ve süneklik özellikleri irdelenmiştir. Test sonuçlarına göre önerilen güçlendirme tekniğinin, sıvanmış tuğla dolgulu duvarların deprem performanslarının artırılmasında etkili olabileceği belirtilmiştir.



Şekil 3.5. Yükleme düzeneğine ait basit çizim

Tekeli ve diğerleri [24]

Bu çalışma kapsamında “Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi” yöntemi incelenmiştir. Bu amaçla, 4 adet aynı yapısal özelliklere sahip betonarme çerçeve üretilmiştir. Bu numunelerden bir tanesi yalın halde bırakılırken,

diğer üçünün açıklığı dolgu duvar ile örülmüştür. Tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerden iki tanesi, duvar yüzeyine tek taraflı olarak uygulanan hasır donatılı sıva ile güçlendirilmiştir. Güçlendirilen iki numunede ankraj aralığı ve işçiliği değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan yapılan güçlendirmenin elemanın yük taşıma kapasitesi yanında enerji tüketme kapasitesini de artırdığı görülmüştür. Yanal yük taşıma kapasitesi açısından dolgu duvarlı numunede %120, seyrek ankraj ile güçlendirmede %160 ve sık ankraj ile güçlendirmede %180 olmak üzere yalın numuneye göre artış sağlanmıştır. Ankraj işçiliği kötü olan numunede güçlendirme yüzeyinin deney sırasında dolgu duvardan ayrıldığı görülmüştür. Güçlendirmenin tek taraflı yapılması nedeniyle güçlendirme uygulanmayan yüzeyde hasar X şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu nedenle güçlendirmenin, duvarın tek tarafından ziyade her iki yüzünde de yapılmasının davranış açısından daha uygun olacağı belirtilmiştir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Deney Elemanları

Bu çalışmada üç farklı tipte kâgir yapı malzemesi kullanılarak, birbirinden farklı 12 tip deney elemanı üretilmiştir. Deneysel sonuçların, doğal bir malzeme olan kâgir birimin ve birimleri bir arada tutmak için kullanılan bağlayıcı harcın dayanımından ve üretimde büyük değişimler oluşturabilen işçilik faktöründen mümkün olduğu kadar az etkilenmesi amacıyla, her tip deney elemanından 3'er adet üretilmiştir. Üretilen 36 deney elemanından, 27 adedi Çizelge 4.1.'de gösterilen biçimde güçlendirilmiştir.

Deney elemanları, 900 mm yüksekliğe ve 900 mm genişliğe sahip olacak biçimde imal edilmiştir. Üretilen tüm duvar numunelerinin kalınlığı 200 mm'dir. Boşluklu yığma tuğla ve gazbeton birimler standart olarak 200 mm kalınlığa sahip olduğundan tek sıra olacak biçimde duvar örülmüştür. Fakat, göreceli olarak daha eski bir üretim olması nedeniyle, dolu harman tuğla birimin ölçüleri diğer malzemeler gibi standart olarak temin edilememiştir. Bu nedenle, dolu harman tuğla birim kullanılarak, diğer elemanlar ile benzer boyutta duvar üretebilme amacıyla, kilit örgü biçiminde imalat yapılmıştır. Deney elemanlarının tüm boyutları böylece yaklaşık olarak özdeş hale getirilmiştir. Tuğla birimler kullanılarak yapılan imalatlarda, kullanılan harç katmanının kalınlığının 10 mm olmasına dikkat edilmiştir. Gazbeton birimleri birbirine bağlamak için kullanılan harcın üretici tarafından tavsiye edildiği gibi üretimi yapılarak, mümkün olduğu kadar standart bir üretim yapılmıştır.

4.2. Malzemeler

4.2.1. Çelik şerit ve epoksi

Deney elemanları, akma ve kopma dayanımı sırasıyla 230 ve 504 MPa olan 2 mm kalınlığındaki St-37 kalitesinde çelik şerit veya levhanın üç farklı biçimde duvarın her iki yüzeyine epoksi reçine ile yapıştırılması ile güçlendirilmiştir. Deney elemanlarında kullanılan çelik şeritler tek bir levhadan kesilerek elde edilmiştir. Şeritlerin alındığı plakaların tümünden 40 mm genişliğinde numuneler alınarak Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarı'nda çekme deneyine tabi tutulmuşlardır.

Çizelge 4.1. Deneysel çalışma kapsamında üretilen ve adlandırılan deney elemanları ve güçlendirme biçimleri

<u>Malzeme</u>	<u>Deney Elemanı Tanımı</u>	<u>Güçlendirme Biçimi</u> <i>Açıklama</i>	<i>Resim</i>
Boşluklu yığma tuğla (Y)	Referans (Y REF)	<i>Güçlendirilmemiş duvar elemanı</i>	
	A. Tipi Güçlendirme (YA)	<i>Tüm yüzeyi çelik levha ile kaplanmış duvar elemanı</i>	
	B. Tipi Güçlendirme (YB)	<i>Çapraz doğrultuda çelik şerit ile güçlendirilen deney elemanı</i>	
	C. Tipi Güçlendirme (YC)	<i>Düşey ve yatay çelik şeritlerle güçlendirilen duvar elemanı</i>	
Dolu harman tuğla (H)	Referans (H REF)	<i>Güçlendirilmemiş duvar elemanı</i>	
	A. Tipi Güçlendirme (HA)	<i>Tüm yüzeyi çelik şerit ile kaplanmış duvar elemanı</i>	
	B. Tipi Güçlendirme (HB)	<i>Çapraz doğrultuda çelik şerit ile güçlendirilen deney elemanı</i>	
	C. Tipi Güçlendirme (HC)	<i>Düşey ve yatay çelik şeritlerle güçlendirilene duvar elemanı</i>	
Gazbeton blok (G)	Referans (G REF)	<i>Güçlendirilmemiş duvar elemanı</i>	
	A. Tipi Güçlendirme (GA)	<i>Tüm yüzeyi çelik şerit ile kaplanmış duvar elemanı</i>	
	B. Tipi Güçlendirme (GB)	<i>Çapraz doğrultuda çelik şerit ile güçlendirilen deney elemanı</i>	
	C. Tipi Güçlendirme (GC)	<i>Düşey ve yatay çelik şeritlerle güçlendirilene duvar elemanı</i>	

Kullanılan Sikadur-31, solvent içermeyen, neme toleranslı, tiksotropik, 2 bileşenli, epoksi reçineler ve özel dolgular içeren bir yapısal yapıştırma ve tamir harcıdır. Epoksi, üretici firma (SIKA) kullanım kılavuzundaki karışım oranına ve hazırlama adımlarına uygun olarak deney elemanlarına uygulanmıştır. Harcın tam dayanımına ulaşması için

10 gün beklenmiştir. Çizelge 4.2.'de iki bileşenli epoksi reçinesinin (Sikadur 31) üretici kataloğundan alınan dayanım özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Çelik elemanları deney elemanına yapıştıran epoksi reçinenin mekanik özellikleri

*Dayanım değerleri doğrudan üretici kataloğundan [25] alınmıştır. Kataloğa göre 10 gün sonunda ulaşılacak değeri gösterir

Mekanik Özellik	Dayanım* (MPa)
Eksenel basınç	65
Doğrudan çekme	20
Betona yapışma	3,5
Çeliğe yapışma	15

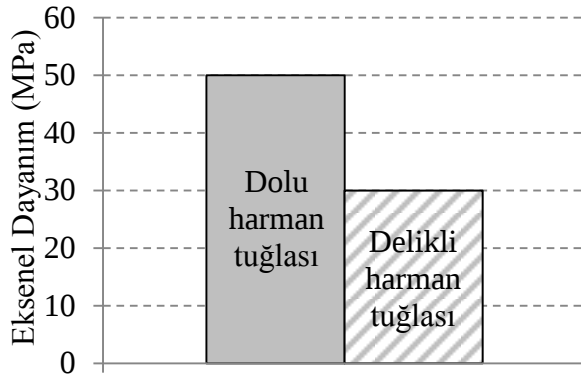
4.2.2. Kâgir birimler ve bağlayıcı

Daha önce belirtildiği üzere, deney elemanları boşluklu yığma fabrika tuğlası (Y), dolu harman tuğla (H) ve gazbeton (G) kullanılarak üretilmiştir.

Yığma fabrika tuğlası, hammaddenin suyla karıştırılması, kalıplanarak kurutulması ve akabinde fırınlarda pişirilmesiyle imal edilmektedir. Deneysel çalışmada kullanılan boşluklu yığma fabrika tuğlasının ortalama boyutları 135 x 190 x 290 mm'dir. Boşluklu tuğlanın dış ve iç duvarlarındaki et kalınlığı 7 mm olarak ölçülmüştür. Ancak, doğal bir malzeme kullanılarak üretilen boşluklu yığma tuğlanın kurutulması esnasında meydana gelen engellenemeyen değişikliklerden dolayı, laboratuvar envanterinde üretim amacıyla satın alınan tuğlaların boyutlarında ± 5 mm fark oluşabildiği tespit edilmiştir. Bu farkın hesaplamalarda ihmal edilebileceği ve ortalama değerlerin kullanılabileceği öngörülmektedir. Elde edilen boyutlar ışığında envanterdeki tuğlanın boşluk oranı, yaklaşık olarak %60'dır. Boşluklu tuğlanın basınç dayanımını elde etmek için, ASTM E447'de [26] önerilen standart test prosedürü uygulanmıştır. Bu test için, aralarına 10 mm harç konularak birleştirilmiş 4 adet tuğla birim ile 190 mm x 290 mm kesit alanına sahip yaklaşık olarak 570 mm yüksekliğinde 3 adet kâgir numune imal edilmiştir. Numunelerin eksenel basınç altında kırılması ile elde edilen sonuçlar, tuğla prizmanın standartta yer alan narinlik oranı ile çarpılarak düzeltilmiştir. Eksenel basınç altında kırılan numunelere ait ortalama kırılma yükü ve dayanım Çizelge 4.3.'de sunulmuştur.

Harman tuğlası, kilin, kum, öğütölmüş tuğla ve su ile karıştırılıp kalıplandıktan sonra kurutulup pişirilmesi ile elde edilen bir yapı malzemesidir. Güncel olarak üretilen dolu harman tuğlaları Şekil 4.1.'de de gösterildiğı gibi harman tuğlası için hazırlanan TS 704'e göre dayanımlarına ve biçimlerine göre ikiye ayrılmaktadırlar. Basınç dayanımlarına göre orta dayanımlı harman tuğlası ve az dayanımlı harman tuğlası; biçimlerine göre ise dolu harman tuğlası ve delikli harman tuğlası olmak üzere farklı tipte tuğlalar üreticiler tarafından arz edilmektedir. Mevcut çalışmada, Türkiye yapı stokundaki bir duvarı daha iyi temsil edebilmek amacıyla, yeni üretim bir dolu harman tuğlasının kullanılması tercih edilmemiştir. Bunun yerine yıkılan binalardan zarar görmeden çıkartılmış orijinal yapı malzemeleri piyasadan temin edilmiştir. Ancak bu eski malzeme, güncel üretimlerin aksine kalıplanmadan kurultuldukları için biçim ve boyut olarak bir standart ölçüye ve dayanıma sahip olmamaktadır. Bu nedenle tuğla birimler arasında sabit bir harç kalınlığı kullanmak mümkün değildir. Fakat üretim sırasında bu detaya azami özen gösterilerek harçsız bölge kalmamasına ve harç katmanının 20 mm'yi aşmamasına dikkat edilmiştir. Böylece harç kalınlığı bu tür tuğla birim kullanılarak örölen duvarlarda da ortalama 10 mm civarında olmuştur. Deneyler ile bu malzemeye dair daha detaylı bilgiye sahip olabilmek amacıyla, boşluklu yığma tuğla için uygulanan standart prizmatik basınç testi bu malzeme için de uygulanmıştır. Deney elemanlarının üretimi sırasında uygulanacak örgü tipi ile üretilen ve yaklaşık olarak 210 x 300 mm kesit alanına sahip ve yaklaşık olarak 760 mm yüksekliğindeki 3 adet prizma eksenel basınç altında test edilmiştir.

Gazbeton üretimi yapan firmalar özellik olarak farklı ürünler ortaya koymakta ise de, genel olarak gazbeton üretimi suyun, kuvarsit, alüminyum tozu ve çimento ile yoğrulup şekil verildikten sonra yüksek basınçlı buhar kürü altındadayanım kazandırılması yoluyla yapılmaktadır. Üreticiler farklı karışım oranları ile, birçok tipte özellik sergileyebilen gazbeton üretebilmektedirler. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre yığma yapılarda, en düşük 5 MPa eksenel basınç dayanımına sahip yapı malzemeleri kullanılabileceğı belirtilmektedir. Bu nedenle, deneysel çalışmada yığma yapılarda kullanılabilen G4 tipi birimler kullanılmıştır. Prizmatik basınç dayanımının tespit edilmesi amacıyla, 190 x 300 mm kesit alanına sahip 750 mm yüksekliğinde 3 adet numune hazırlanmış ve standart test prosedürü bu malzemeye de uygulanmıştır. Derlenen sonuçlar Çizelge 4.3.'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. TS704'te [27] verildiği şekil ile harman tuğla basınç dayanımları

Çizelge 4.3. Kâgir birimlerin prizmatik kırılma yükleri ve eksenel dayanımları

*Düzeltilme katsayıları ASTM E447'de [26] sunulduğu biçimi ile alınmıştır

	Prizmatik Kırılma Yüğü (kN)	Ortalama P. Kırılma Yüğü (kN)	Düzeltilmiş P. Kırılma Yüğü* (kN)	Kesit Alanı (mm ²)	Prizmatik Basınç Dayanımı (MPa)
Boşluklu yığma tuğla	194,16	177,99	156,63	55100	2,84
	173,23				
	166,57				
Dolu harman tuğlası	295,73	250,05	229,32	63000	3,64
	229,60				
	244,81				
Gazbeton blok	248,74	236,19	221,26	57000	3,88
	227,59				
	232,24				

Tuğla elemanlarda bağlayıcı harç olarak, ASTM C270'de [28] belirtilen N tipi iç ve dış mekanlarda kullanılabilen harcın kullanılması öngörülmüştür. N tipi harç içerisinde bulunan çimento, kireç, kum ve suyun hacimce oranları sırası ile 1-1-6-1,5'tir. İmal edilen tüm duvar harçlarından, standart silindirik numuneler alınmış ve 28 günlük küre tabii tutulmuştur. Daha sonra bu beton numuneler eksenel basınç altında test edilmiştir. Yapılan basınç testi sonucunda, ortalama basınç dayanımı yaklaşık 5,2 MPa olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan her harç karışımı 45 dakika kadar kullanılmış, daha sonrasında işlenebilirliği azaldığı için dökülerek yenisi ile imalata devam edilmiştir. Boşluklu yığma tuğla ve dolu harman tuğlası kullanılarak imal edilen duvar numunelerinde N tipi harç kullanılmıştır. Gazbeton ile örülen duvar elemanlarında ise, üretici tarafından kullanılması önerilen harç/yapıştırıcı kullanılarak imalat yapılmıştır. Yapıştırıcı, kullanma kılavuzundaki imalat detaylarına sadık kalınarak dakikada 600

devir ile sabit bir hızda dönen karıştırıcı ile 5 dakika karıştırılmış, ardından 5 dakika dinlendirilerek temizlenen gazbetona 3 mm kalınlığındaki tarak ile uygulanmıştır. Yapıştırıcı harcın üretici tarafından belirtilen minimum basınç dayanımı 5 MPa, ortalama basınç dayanımı 8 - 8,5 MPa'dır. Üretilen harcın basınç dayanımının yaklaşık 5,5 MPa olduğu tespit edilmiştir.



(a)

(b)

(c)

Resim 4. 1. a) Boşuklu yığma tuğla, b) Dolu harman tuğla, c) Gazbeton ile üretilen kâgir prizma numunelerin eksenel basınç testleri

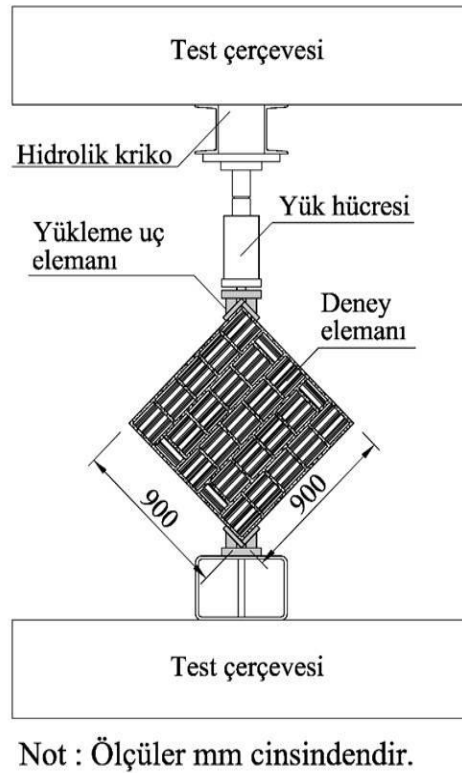
4.3. Test Tekniği

4.3.1. Yükleme tekniği, ölçüm aletleri ve ölçüm düzeni

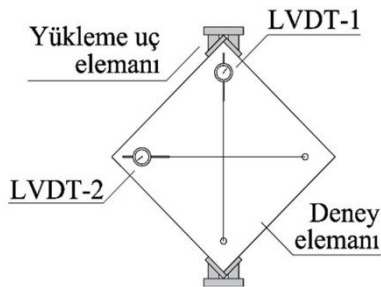
Basit çizimleri ve fotoğrafı sırasıyla, Şekil 4.2., Şekil 4.3., Resim 4.2'de görülen test çerçevesi içerisinde, deney elemanları eksenel basınç kuvveti altında test edilmişlerdir. Yükleme, 1000 kN eksenel yük kapasiteli çerçeve içerisinde yapılmıştır. Deney elemanlarına, çift etkili hidrolik kriko ve el ile kumanda edilen hidrolik pompa ile yükleme uygulanmıştır. 40 MPa basınç kapasitesi olan hidrolik yükleme sisteminin, kullanılan kriko ucunda uygulayabildiği en büyük basma yükü 1000 kN ve çekme yükü 400 kN'dur. Deney numuneleri çerçeve içine 45 derece eğik olarak yerleştirilmiştir. Böylece yüklü diyagonale dik doğrultuda meydana gelen çekme gerilmesi altında deney elemanının göçmesi amaçlanmıştır.

Deney elemanına yükün köşe noktada etki ettirilmesi ve yükün uygulandığı uç noktalarda bölgesel olarak ezilme gerçekleşmemesi için, detayları ASTM E591'de [29] verilmiş olan standart boyutlardaki yükleme uç elemanı kullanılmıştır. Yükleme aracı ile, uygulanan eksenel basınç yükünün ölçüm bölgesi dışında ezilme oluşturmada deney elemanlarını dolaylı olarak çekme göçmesi ile kırması sağlanmıştır. Yükleme yük kontrollü olarak yapılmış olup, yükleme hızının tüm testlerde özdeş olmasına gayret

edilmiştir. Elemanın taşıma gücüne ulaşır kırılmanın gerçekleşmesi ile yüklemeye son verilmiştir. Ancak deney elemanı, kendi ağırlığı altında kırılma sonrasında parçalandığından, deney sonrasında güçlendirilen deney elemanları hariç tek parça kalabilmiş bir deney elemanı gözlenmemiştir.



Şekil 4.2. Yükleme düzeneğine ait basit çizim



Şekil 4.3. Test elemanı üzerinde deplasman ölçerlerin yerleştirilişi

Deney elemanı üzerinden, eş zamanlı olarak çapraz doğrultularda iki adet deformasyon ölçümü ve eksenel yük ölçümü alınmıştır. Ani kırılma olacağı bilindiğinden, 1 saniyede de 8 adet okuma yapılarak, kırılma anında ölçüm alınması sağlanmıştır. Deplasman ve

yük ölçümlerindeki ölçüm kapasitesi ve hassasiyeti sırasıyla $50 \text{ mm} \pm 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$ ve $1000 \text{ kN} \pm 5 \times 10^{-1} \text{ kN}$ 'dur. Deney süresince alınan sayısal ölçümler, deney sonrasında bilgisayar ortamına aktarılarak, deney elemanlarının deneysel parametre değişimine karşı gösterdiği davranış yorumlanmıştır.



Resim 4.2. Test çerçevesi içerisindeki deney elemanı

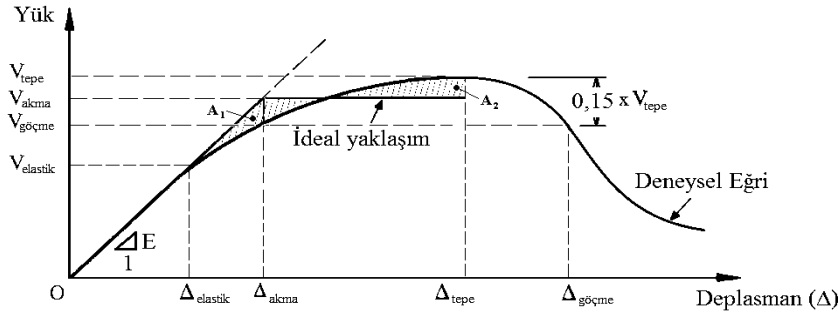
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Yük Deplasman Eğrisi

Yalın deney elemanlarının üretiminde sünek olmayan malzemeler kullanılmıştır. Dolayısıyla sünek olmayan güçlendirilmemiş deney elemanlarının, taşıma güçlerinde önemli bir kayıp olmadan, büyük plastik deformasyon kapasitesi sergileyeceği bir bölgenin tanımlanması, ya da kısaca akma noktasının belirlenmesi yapısal davranışa aykırı görünmektedir. Ancak, güçlendirme tekniği ile taşıma güçleri ve enerji tüketimleri arttırılan deney elemanlarının, yalın elemanlar ile yük-deplasman davranışı bakımından kıyası yapılırken, daha basit ve kolay bir karşılaştırılma kriteri oluşturulması benimsenmiştir. Bu bakımdan, sünek elemanların da deneysel kapsamda bulunmasından dolayı, tüm elemanların tek bir kriter ile değerlendirilmesi için, tüm deney elemanları için ortak bir akma noktası tanımlanması gerekmiştir. Yük-deplasman eğrileri üzerinde kolay ve açıklanabilir bir hesaplama rutinine sahip bir akma noktası tanımı için Maheri'ye ait [30] Şekil 5.1'de gösterilen deneysel yük-deplasman eğrisi tanımlaması benimsenmiştir. Bu yöntemle göre, deney numunesinin henüz daha doğrusal davranış sergilediği yükleme aşamasındaki verileri en iyi temsil eden eğik çizgi ile, akma kapasitesini ifade eden bir yatay çizgi, ilgili iki doğrulu ideal yük-deplasman grafiğini oluşturmaktadır. Burada akma kapasitesi, deneysel eğri ile ideal yaklaşım arasında kalan alanların eşitlenmesi prensibi ile belirlenmektedir. Bu bölümde, deney elemanlarının değerlendirilmesi, Maheri [30] yaklaşımı ile hesaplanan akma noktası, deneysel tepe noktası ve deneysel taşıma gücünün %15'inin kaybedildiği ve artık geri dönülemez bir biçimde deney elemanının hasar gördüğü kabul edilen göçme noktası olmak üzere üç farklı yük ve deplasman seviyesi ile yapılmıştır.

Deney numunelerinin alınan ölçümlere göre davranışı, yük-deplasman eğrileri ve grafikleri Çizelge 5.1. ve Şekil 5.2. ile Şekil 5.6. arasında gösterilmektedir.

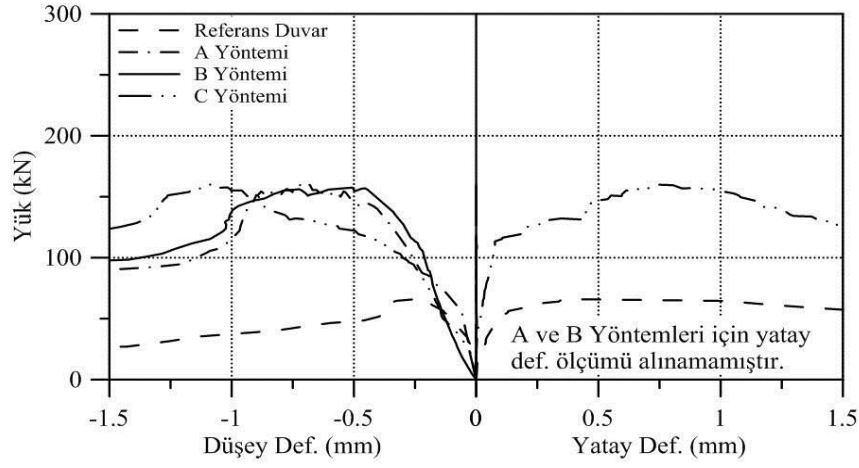
Ayrıca deney elemanlarına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar EK-1'de sunulmuştur.



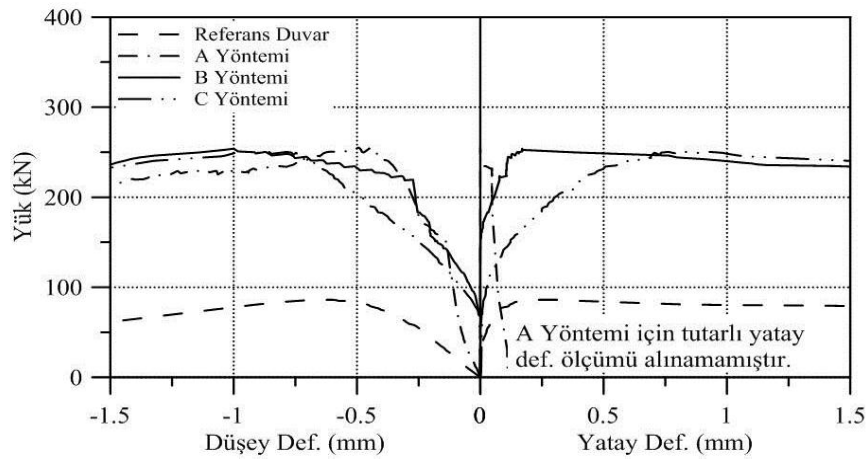
Şekil 5.1. İdeal yük-deplasman eğrisi

Çizelge 5.1. Yük-deplasman değerleri

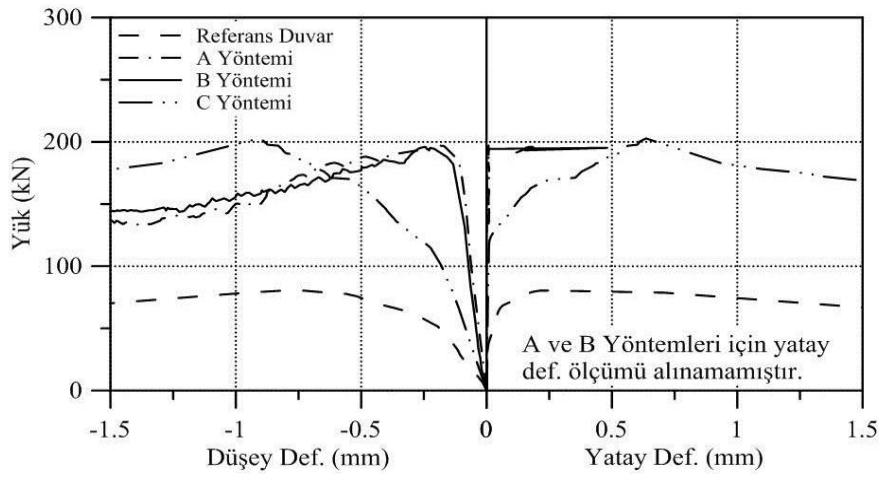
Deney Elemanı	Deplasman Doğrultusu	Akma Noktası		Tepe Noktası		Göçme Noktası	
		Deplasman (mm)	Yük (kN)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Deplasman (mm)	Yük (kN)
Y REF	Düşey	-0,10	61	-0,25	66	-0,38	56
	Yatay	0,10		0,43		1,64	
YA	Düşey	-0,15	133	-0,73	162	-0,94	137
	Yatay	*		*		*	
YB	Düşey	-0,38	154	-0,51	157	-1,01	134
	Yatay	*		*		*	
YC	Düşey	-0,27	132	-1,09	160	-1,32	136
	Yatay	0,08		0,74		1,28	
H REF	Düşey	-0,36	81	-0,49	86	-1,14	73
	Yatay	0,07		0,23		4,31	
HA	Düşey	-0,37	249	-0,53	255	-1,45	217
	Yatay	*		*		*	
HB	Düşey	-0,13	223	-1,00	254	-1,78	216
	Yatay	0,03		0,17		2,21	
HC	Düşey	-0,14	219	-0,86	251	-2,61	214
	Yatay	0,11		0,82		2,38	
G REF	Düşey	-0,25	72	-0,81	80	-1,50	68
	Yatay	0,02		0,26		1,40	
GA	Düşey	-0,11	193	-0,19	197	-0,79	167
	Yatay	*		*		*	
GB	Düşey	-0,15	193	-0,24	196	-0,71	167
	Yatay	*		*		*	
GC	Düşey	-0,30	177	-0,91	203	-1,74	172
	Yatay	0,02		0,64		1,33	



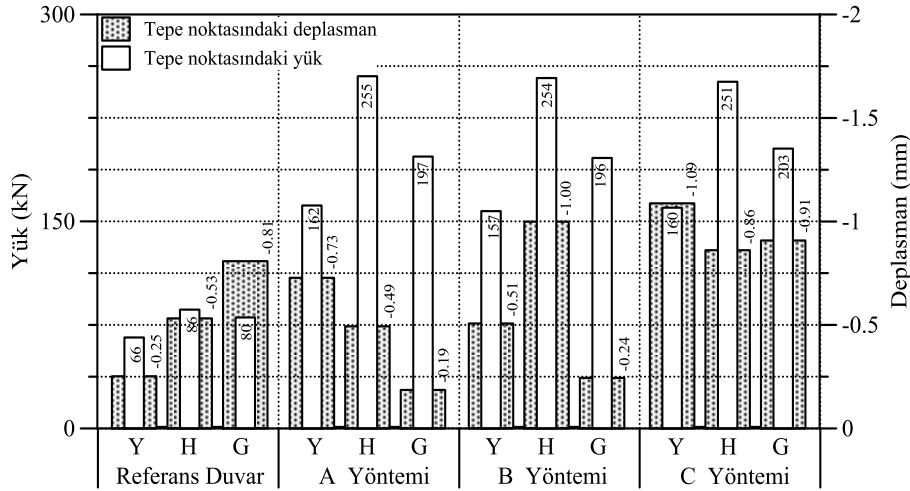
Şekil 5.2. Boşluklu yığma tuğla yük-deplasman grafiği



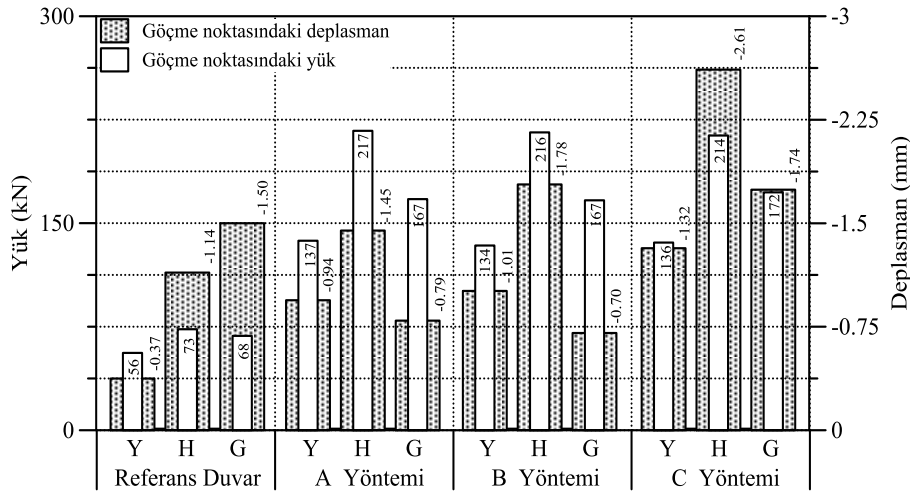
Şekil 5.3. Dolu harman tuğla yük-deplasman grafiği



Şekil 5.4. Gazbeton yük-deplasman grafiği



Şekil 5.5. Tepe noktası yük-deplasman grafikleri



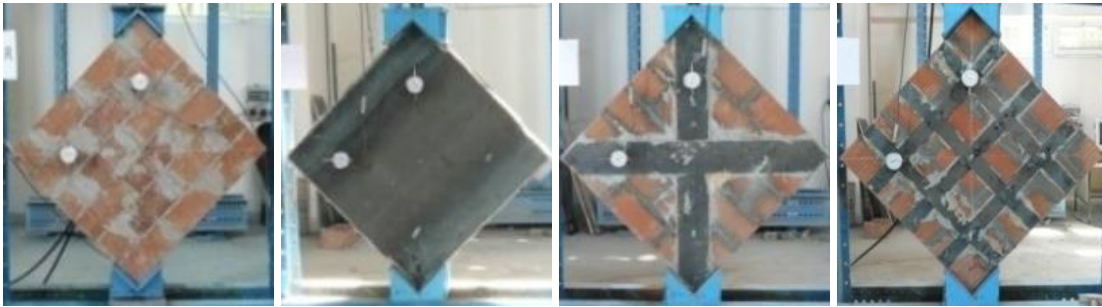
Şekil 5.6. Göçme noktası yük-deplasman grafikleri

5.2. Taşıma Gücü ve Davranış

5.2.1. Boşluklu yığma tuğla

Çizelge 5.1’de sunulan deney sonuçlarına göre, boşluklu yığma tuğla referans elemanı 66 kN diyagonal yük taşımıştır. Güçlendirilen deney numunelerinin üçünde de taşıma gücü seviyelerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. YA deney elemanı, 162 kN’luk yük düzeyi ile, en yüksek taşıma gücü sergileyen numunedir. YB ve YC desenlerinin taşıma gücü seviyeleri arasında %1,9 fark gözlenmiştir. Güçlendirilen deney elemanlarının ortalama taşıma gücü 159,7 kN’dur. B ve C güçlendirme desenleri, A desenine göre %59 daha az bir yüzey üzerinde uygulanmasına rağmen, YB ve YC

elemanlarının ortalama taşıma gücü kaybı YA deney elemanına göre ihmal edilebilir düzeyde kalarak %2,2 olmuştur. Güçlendirilen boşluklu yığma tuğla deney elemanları, referans numuneye (YT REF) göre %142 oranında daha yüksek bir taşıma gücüne ulaşmıştır. Deney numunelerinde göçme, yapıştırılan çelik plakaların tuğlalardan parça koparması suretiyle gerçekleşmiştir. B deseninde az bir alanda sık güçlendirme yapıldığı için bu durum diğerlerine oranla daha az gözlenmiştir. Artan deplasman seviyelerinde çelik elemanlar burkulmaya başlamıştır. Duvarlar deney sonuna kadar bütünlüklerini korumuşlardır.



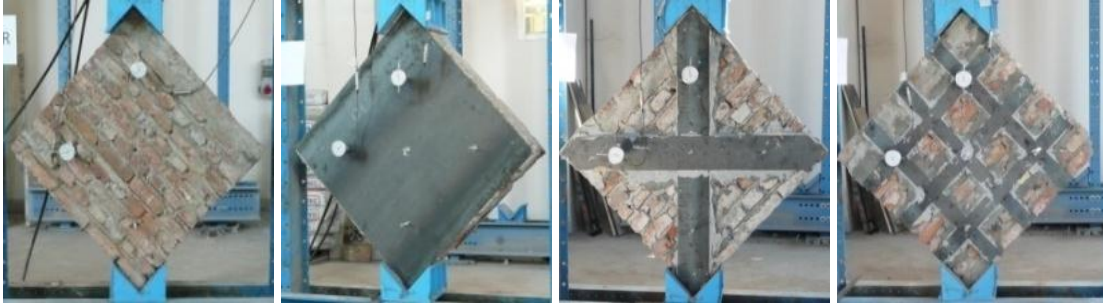
Resim 5.1. Referans eleman ve güçlendirilmiş boşluklu yığma tuğla elemanları

5.2.2. Dolu harman tuğla

Çizelge 5.1’de sunulan deney sonuçlarına göre, dolu harman tuğla referans elemanı 86 kN diyagonal yük taşımıştır. Güçlendirilen deney numunelerinin taşıma gücü seviyeleri birbirlerine yakındır ve ortalama 253,3 kN’dur. Güçlendirilen deney numunelerinin taşıma gücü, referans elemana göre yaklaşık %195 artmıştır. En çok yük taşıyan eleman A desenine sahip olan elemandır. Yapışan yüzey alanları oldukça farklı olmasına karşın, dolu harman tuğla kullanılarak örülen duvarlarda A ile B ve C desenleri arasında gözlenen ortalama yük kaybı %1,0 seviyesinde kalmıştır. Yüzey alanları eşit olan B ve C tipi desenlerinin taşıma gücü seviyeleri arasında %1,2 fark gözlenmiştir. Ki, bu farklar oldukça küçük düzeyde gerçekleştiğinden ihmal edilebilir bir düzeyde olduğu düşünülmektedir. Deney numunelerinde göçme, yük doğrultusundaki ana kesme çatlağının deney numunesini ikiye ayırması nedeniyle gerçekleşmiştir. Fakat, artan deplasman seviyelerinde referans elemanlarda gözlemlendiği gibi ayrılma olmamış, çelik elemanlar burkulmaya başlamıştır. Burkulma başlayınca deneylere son verilmiştir. Tuğlalarda ise kopma gözlenmemiştir.

5.2.3. Gazbeton

Çizelge 5.1.'de sunulan deney sonuçlarına göre, gazbeton referans numunesi 80 kN diyagonal yük taşımıştır. Güçlendirilen deney numunelerinin üçünde de taşıma gücü seviyeleri birbirine yakındır ve ortalama 198,7 kN yük seviyesine ulaşmıştır.



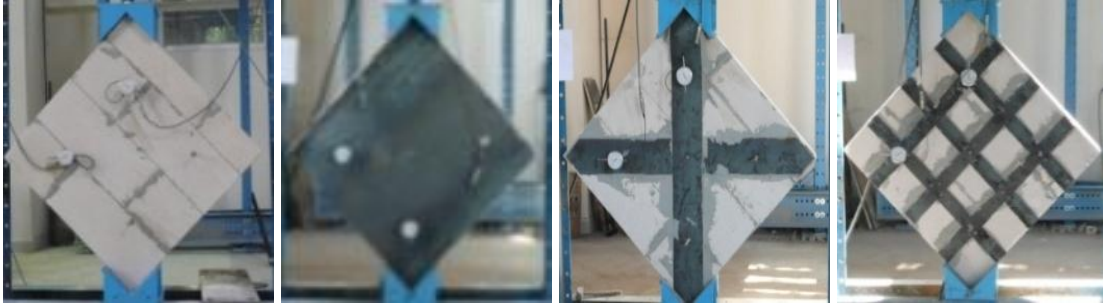
Resim 5.2. Referans eleman ve güçlendirilmiş dolu harman tuğla elemanları

Güçlendirilen deney elemanlarının taşıma gücü, referans elemene göre ortalama %150 artmıştır. Desen farkı, bu deney grubunda %1,3'lük yük artışına neden olmuştur. Deney sonrasında deney elemanları incelendiğinde gazbeton blokların doğal olarak bulundurdıkları yüzey tozu nedeniyle yapışmanın tüm yüzeyi kapalı olan GA elemanında yeterli olarak denetlenemediği tespit edilmiştir. Oysa ki nispeten daha küçük parçaların yapıştırıldığı B ve C desenlerinde daha etkin yapıştırma nedeniyle taşıma gücünde ortalama %1,3'lük artış sağlanabilmiştir. Deney elemanlarında göçme, yük doğrultusundaki ana kesme çatlağının deney numunesini ikiye ayırması nedeniyle gerçekleşmiştir. Artan deplasman seviyelerinde çelik elemanlar burkulmaya başlamıştır, fakat gazbetonlarda kopma gözlenmemiştir. Burkulma başlayınca deneylere son verilmiştir.

5.3. Deplasman ve Enerji Kapasitesi

Test edilen numunelerin çoğunda yatayda ölçüm alınamamıştır. Bunlar YA, HA, GA, YB, HB ve GB'dir. Bu nedenle bu bölümde sadece düşey yöndeki deplasman ölçümleri kullanılmıştır. Referans duvarlar ile karşılaştırıldığında güçlendirilmiş duvarların tepe noktası ve göçme noktası arasında %7 ile %89 arasında deplasman artışı tespit edilmiştir. Güçlendirilmiş deney numuneleri referans numunelere göre daha yavaş (daha ileri aşamada) güç kaybetmişlerdir. Gazbetonla üretilmiş elemanlarda çok belirgin olmamakla birlikte diğer güçlendirilmiş elemanların akma noktaları ile tepe noktaları

arasındaki deplasman farkı referans elemanlara göre daha belirgindir. Böylelikle deney numunelerinin ani kırılma olasılığı düşmüştür.



Resim 5.3. Referans eleman ve güçlendirilmiş gazbeton elemanları



Resim 5.4. Referans elemanlar



Resim 5.5. C tipi güçlendirilmiş elemanlar

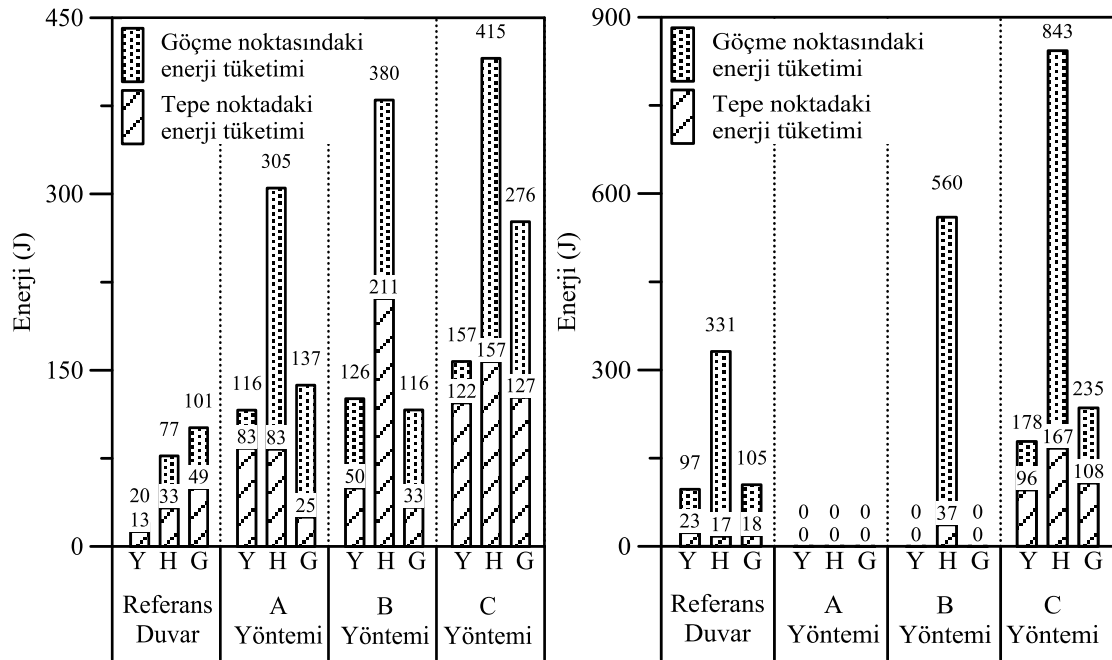
Gazbeton numunelerde güçlendirme, deplasman potansiyeli bakımından diğer malzemelerdeki kadar etki yapamamıştır.

Enerji tüketimi bakımından referans numunelere kıyasla boşluklu yığma tuğla ve dolu harman tuğladan imal edilen duvarlarda tepe ve göçme noktalarında artış görülmüştür. Bu artış gazbeton numunelerde yapışmada yaşanan problemler sebebiyle kısıtlı kalmıştır. Tepe ve göçme noktalarında en çok enerji tüketimi boşluklu tuğlada en az enerji tüketimi ise gazbetonda tespit edilmiştir. Boşluklu yığma tuğla ile imal edilen

duvarlarda, güçlendirilen deney elemanları, referans elemana kıyasla, tepe noktasına kadar ortalama %576; göçme noktasına kadar ise %552 daha fazla deformasyon enerjisi tüketmiştir. Referans elemanla karşılaştırıldığında dolu harman tuğla ile imal edilen duvarlarda tepe noktasına kadar tüketilen enerji %360; göçme noktasına kadar tüketilen enerji %376'dır. Gazbeton ile imal edilen duvarlarda ise güçlendirilen elemanlar, referans elemana göre, tepe noktasında %25; göçme noktasında %75 daha fazla enerji tüketmiştir. Hesaplanan enerji tüketim sonuçları Çizelge 5.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Enerji tüketim değerleri

		Yığma		Harman		Gazbeton	
		Tepe N. (J)	Göçme N. (J)	Tepe N. (J)	Göçme N. (J)	Tepe N. (J)	Göçme N. (J)
Referans D.	Düşey	12,6	20,4	32,7	77,0	49,3	101,0
	Yatay	23,2	97,0	17,1	331,5	18,2	104,8
A Yöntemi	Düşey	83,5	116,0	82,7	305,0	24,9	137,2
	Yatay	---	---	---	---	---	---
B Yöntemi	Düşey	49,7	125,8	211,0	380,0	33,3	116,2
	Yatay	---	---	36,5	559,9	---	---
C Yöntemi	Düşey	122,2	157,4	157,3	415,5	126,9	276,4
	Yatay	95,8	178,4	166,7	843,1	107,5	235,5



Şekil 5.7. Düşey ve yatay doğrultuda tüketilen enerji değerleri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılmış olan çalışmada, literatürden farklı olarak mevcut duvarların yıkılmadan güçlendirilmesi ve böylece, binada işlev kaybı, uzun yapım süresi, kesitlerin büyütülmesi ve yapıyı kullananların yapım süresi boyunca tahliye edilmesi gibi olumsuzlukların giderilmesini amaçlayan bir güçlendirme tekniği uygulanmıştır. Dış yüzünden her iki yüzüne yapıştırılan çelik şeritlerle güçlendirilen tuğla duvarlara ait deneysel sonuçların değerlendirilmesi sonucunda şu öneri ve sonuçlara varılmıştır.

-Referans deney numunelerinin tümü, yükleme doğrultusu ile paralel gelişen diyagonal ana kesme çatlağının deney elemanını ikiye ayırması nedeniyle göçmüştür. Prizmatik deney numunelerinin eksenel basınç gerilmeleri arttıkça, güçlendirilmemiş tuğla duvarların taşıma güçleri artmaktadır. Bir başka deyişle, birim basınç dayanımının diyagonal çekme kapasitesi ile orantılı olduğu sonucu gözlenmiştir.

-Tuğla malzemesinin birim basınç dayanımı arttıkça duvarın güçlendirme yöntemi ile erişilebilen taşıma gücünde de artma tespit edilmiştir. Boşluklu yığma tuğla ile üretilen deney elemanları bu yöntem ile en etkili biçimde güçlendirilebilen deney elemları olmuştur.

-Söz konusu güçlendirme yöntemi üretilen tüm duvarların deplasman kapasitesini, enerji tüketme kapasitesini ve taşıma gücünü referans numunelere kıyasla arttırmış ve başarılı olmuştur.

-Güçlendirilen elemanların ulaştığı taşıma güçleri kıyaslandığında, uygulanan desenlerin sonuç üzerinde önemli düzeyde bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir. Taşıma güçleri arasında %2 civarında bir fark olmasına karşın, B ve C desenleri ile tasarruf edilen malzeme ve işçilik miktarı %60 dolayında olmaktadır.

-A deseni ile B deseni arasında, tüm deney numuneleri arasında yaşanan yük kaybı %2 veya daha azdır. Tüm unsurlar göz önüne alındığında C tipi desenin daha etkili bir güçlendirme yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

-Çelik şeritlerin yapışma miktarı, üzerine yapıştırıldığı malzemenin gözenekliliği ile ilgilidir. Gözeneklilik azaldıkça yapışma performansı artmaktadır.

-Yüzey sorunları olan malzemelerde (tozlu, gevşek, gözenekli yüzey) söz konusu güçlendirme yöntemi uygulanırken ya yüzey iyileştirmesi yapılmalı ya da mekanik ankrajlar kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

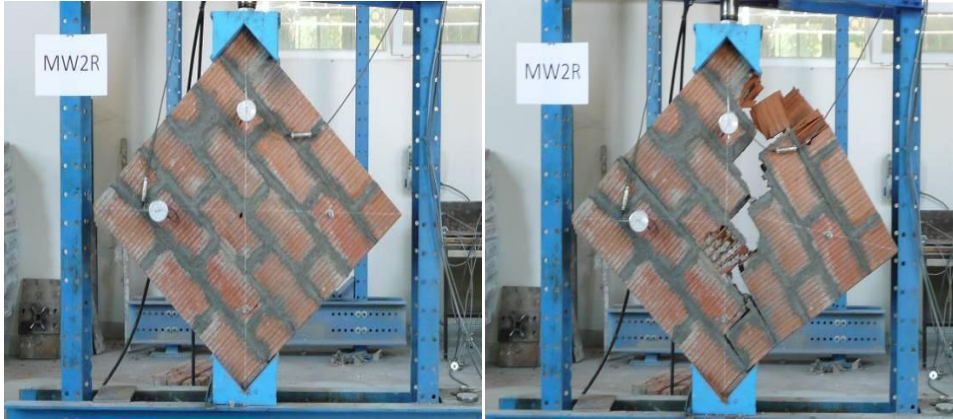
1. İnternet:1900 Sonrası Türkiye'deki Depremler, Türkiye'de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odasının Önerileri Oda Raporu.
URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww1.mmo.org.tr%2Fresimler%2Fdosya_ekler%2F8273773702779a0_ek.pdf&date=2017-10-30, Son Erişim Tarihi: 28. 10. 2017.
2. İnternet: Türkiye Diri Fay Haritası.
URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.jmo.org.tr%2Fresimler%2Fekler%2Faac58e46db1fcb2_ek.jpg&date=2017-10-30, Son Erişim Tarihi:28. 10. 2017.
3. İnternet: Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme Azaltma Temel Planı Çalışması Son Rapor Cilt V Eylül 2002.
URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ibb.gov.tr%2Ftr_TR%2FSubSites%2FDepremSite%2FPublishingImages%2FJICA-TUR.pdf&date=2017-10-30, Son Erişim Tarihi:28. 10. 2017.
4. İnternet: Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2016.
URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreHaberBultenleri.do?id=24638&date=2017-10-30>, Son Erişim Tarihi:28. 10. 2017.
5. İnternet: İstanbul Büyükşehir Belediyesi İstanbul Afet Önleme Azaltma Temel Planı.
URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ibb.gov.tr%2Ftr_TR%2FSubSites%2FDepremSite%2FPages%2FAfetOnlemeAzaltmaTemelPlani.aspx&date=2017-10-30, Son Erişim Tarihi:28. 10. 2017.
6. İnternet: JICA-Türkiye'de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu.
URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.spo.org.tr%2Fresimler%2Fekler%2F5d8ce590ad8981c_ek.pdf&date=2017-10-30, Son Erişim Tarihi:28. 10. 2017.
7. İnternet:İstatistiklerleTürkiye,TÜİK, 2014.
URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.turkstat.gov.tr%2FIcerikGetir.do?istab_id=5&date=2017-10-30, Son Erişim Tarihi:28. 10. 2017.
8. Koç V. (2016). Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (1), 36-57.
9. Demirel, I. O. , Erberik M. A. ve Sucuoğlu H. (2011, Ekim 11-14). *Tuğla Yığma Yapıların Performans Esaslı Değerlendirilmesi İçin Doğrusal Olmayan Çerçeve Modeli*, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ-ANKARA.

10. Bayraktar A. (2005, Şubat 17). *Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi*, YDGA 2005-Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
11. Batur A. (1999, Ocak). *Donatısız Yığma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Bazı Ülkelerin Şartnamelerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12.
12. Kaya S. , Kaya H. ve Yaman Ö. (2015, Nisan). Yapı Denetiminde Betonun Yeri, TMH-487-2015/4.
13. İnternet: Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni, İstatistiklerle Aile, 2015.
URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreHaberBultenleri.do%3Fid%3D21523&date=2017-10-28>, Son Erişim Tarihi: 28. 10. 2017.
14. Doğangün A. (2008). *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı (Dördüncü Baskı)*. Türkiye: Birsan Yayınevi, 100.
15. Kaltakçı M. Y., Arslan M. H. (2005, Mart 23-25). *Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi*, Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005.
16. İnternet: Tuğla ve Kiremit Raporu
URL:[http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ctso.org.tr%2Ffiles%2FTUĞLA VE KİREMİT RAPORU.pdf&date=2017-10-28](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ctso.org.tr%2Ffiles%2FTUĞLA%20VE%20KİREMİT%20RAPORU.pdf&date=2017-10-28), Son Erişim Tarihi: 28. 10. 2017.
17. Cumhur A., Altundal A., Kalkan İ. ve Aykaç S. (2015). *Genişletilmiş Çelik Levhalarla Güçlendirilmiş Yatay Boşluklu Tuğla Duvarların Davranışı*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 6. Çelik Yapılar Sempozyumu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir 2015.
18. Altın S. , Kuran F. , Kara M. E. ve Anıl Ö. (2005, Şubat 17). *Yığma Yapıların Rehabilitasyonu İçin Bir Yöntem*; YDGA 2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
19. Özdemir H., Eren İ. (2009, Aralık). Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin çerçeve davranışına etkisi, *İTÜ Dergisi, D Mühendislik*, 8 (6), 133-145.
20. Sevil T. , Baran M. ve Canbay E. (2010, Haziran). Tuğla Dolgulu Duvarların B/A Çerçevesi Yapıların Davranışına Etkilerinin İncelenmesi Deneysel ve Kuramsal Çalışmalar, *International Journal of Engineering Research and Development*, 2 (2), 35-42.
21. Kamanlı M. , Korkmaz H. H. , Balık F. S. Ve Bahadır F. (2011, Ekim 11-14). *Sünek Olmayan B/A Çerçevelerin, Çelik Çaprazlarla, B/A Dolgu Duvarlarla ve Çelik Levhalar ile Güçlendirilmesi*, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı-ODTÜ-ANKARA.

22. Özbek E., Can H. (2012). Dolgu Tuğla Duvarların Çelik Profillerle Güçlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (4), 921-929.
23. Babayani R. (2012, Kasım). *Delikli Çelik Levhalarla Güçlendirilmiş Tuğla Duvarların Tersinir Tekrarlanır Yükler Altındaki Davranış ve Dayanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
24. Tekeli H. , Akyürek O. , Deniz M. , Hersat E. , Kara N. , Tosun U. ve Kaya F. (2014). Betonarme Çerçeve de Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Sıva İle Güçlendirilmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 3(2), 179-191, 2014.
25. İnternet: Sika Yapı Kimyasalları A. Ş. , Epoksi Esaslı Harçlar-Sikadur 31. URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Ftur.sika.com%2Fdm%2Fgetredirect.get%2Ftr01.webdms.sika.com%2F143&date=2017-10-28>, Son Erişim Tarihi: 28. 10. 2017.
26. American Society for Testing and Materials. (1998). *Test Methods for Compressive Strength of Laboratory Constructed Masonry Prisms*. ASTM E447.
27. Türk Standartları Enstitüsü. (1979). *Harman Tuğlası (duvarlar için)*. TS 704.
28. American Society for Testing and Materials. (2012). *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. ASTM C270.
29. American Society for Testing and Materials. (1981). *Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages*. ASTM E591.
30. Maheri R., Akbari R. (2003, May). Seismic behaviour factor, R, for steel X-braced and knee-braced RC buildings. *Engineering Structures*, 25, 1505–1513.

EKLER

EK-1. Deney elemanlarına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.1. Y REF deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar.



Resim 1.2. YA deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.3. YB deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar

EK-1. (devam) Deney elemanlarına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.4. YC deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.5. H REF deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.6. HA deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar

EK-1. (devam) Deney elemanlarına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.7. HB deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.8. HC deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.9. G REF deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar

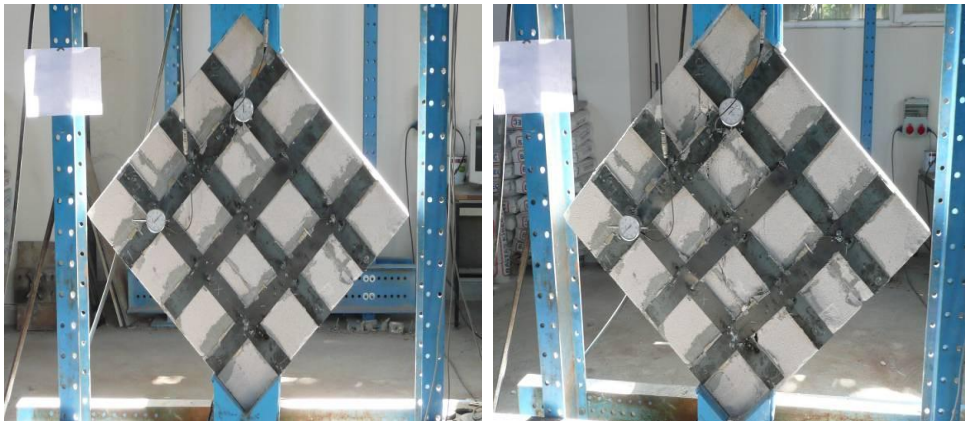
EK-1. (devam) Deney elemanlarına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.10. GA deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.11. GB deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar



Resim 1.12. GC deney elemanına ait test öncesi ve sonrası fotoğraflar

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÖZMEN, Rüçhan Emir
 Uyuğu : T.C.
 Doğum Tarihi ve Yeri : 09.03.1984, Ağrı
 Medeni Hali : Bekâr
 Telefon : 0(546) 486 71 15
 e-mail : emiroz2015@yandex.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gaziantep Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2009
Lise	Dr. Binnaz-Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
11/05/2015-30/07/2016	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı	İnşaat Mühendisi
01/03/2013-01/07/2014	Ağrı Bölgesi Muhtelif Konut ve Dükkân İnşaatı İş	Şantiye Şefi
01/07/2012-01/09/2012	Doğuş Oto Konya Yolu Plaza İnşaatı Metraj İş, Ankara	Metraj Mühendisi
01/01/2012-01/06/2012	A.O.Ç Süt Fabrikası Güçlendirme İş	Şantiye Şefi
26/03/2010-01/07/2011	Aselsan Akyurt Tesisleri Şantiyesi Depo Binası İnşaatı Ek Yemekhane Binası İnşaatı Eski Yemekhane Binası Tadilatı	Saha Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Karting, Basketbol

DİZİN

A

akma noktası · 25

B

basınç · 7, 11, 13, 14, 20, 21, 25, 30, 34

betonarme · 7, 10, 11, 13, 14, 15

boşluklu yığma fabrika tuğlası · 19

Ç

çekme · 7, 13, 25, 30, 34

çelik şerit · 17, 18

D

deplasman · 9, 25, 29, 30, 31, 34

deprem · 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15

dolu harman tuğla · 19

G

Gazbeton · 18, 20, 21, 29, 31

göçme · 10, 25, 28, 29, 30, 31

güçlendirme · 11, 12, 13, 15, 16, 18, 30,
31, 34

H

harç · 6, 21

İ

İstanbul · 4, 5, 39

K

kâgir · 17

R

referans elemanı · 15, 28, 29

T

taşıma gücü · 7, 9, 11, 28, 29, 30, 34

tuğla · 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 25,
28, 29, 31

Y

Yük Deplasman Eğrisi · 25



GAZİ GELECEKTİR...