

## Çerçeveye yapılan ankraj aralığının, bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi

Hidayet ÖZDEMİR\*, İlhan EREN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi 38030 Melikgazi, Kayseri  
İTÜ, İnşaat Fakültesi, 34469, Ayazağa, İstanbul

### ÖZET

Ülkemizde halen karşılaşılan önemli sorunlardan biri, hasar görmemiş ve kullanılmakta olan çok sayıda binanın öngörülen depremlere karşı yeterli güvenliğinin olmaması ve taşıyıcı sisteminin orta şiddetteki bir deprem karşısında bile, büyük oranda hasara uğrayacak, hatta göçebilecek durumda bulunması gerçeği aşkar dır. Deprem bölgesinde incelenen bir çok binada, binaların yatay deprem etkilerine karşı yetersiz olduğu görülmüştür. Bilindiği gibi perdeler, rijitlikleri nedeni ile yatay etkilerin önemli bir kısmını karşıladıkları gibi, çerçeve taşıyıcı sistemin yatay yer değiştirmelerini sınırlandırarak deprem etkisinde taşıyıcı olan ve olmayan elemanlarda hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar. Bu tür yapıların depreme karşı güçlendirilmesi amacıyla belli sayıda betonarme çerçevenin betonarme dolgu duvarlar ile doldurulması ekonomik bir çözüm olabilmektedir. Dolgulu çerçeve iyi analiz edilip, gerektiği gibi projelendirilir ve imal edilirse, perde duvar gibi davranarak yapının yanal rijitliğini ve dayanımı artırabilir ve böylece diğer taşıyıcı elemanların güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmayabilir. Bu çalışma kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılara ait tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin, duvar yüzeyine uygulanan hasır donatı ve siva ile güçlendirilmelerine yönelik deneysel çalışmayı içermektedir. Bu çalışmada 3 adet tek katlı tek açıklıklı ½ ölçekli betonarme çerçeve üretilmiştir. Numuneler dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması yapılarak imal edilmişlerdir. Bu numunelerden bir tanesi, çerçeve ve temele 30 cm arayla donatı ankraj yapılmış, duvar düzlemine dik olacak şekilde ve L şeklinde 12 adet ankraj uygulanmıştır. Hasır çelik üzerine deprem yönetmeliğindeki karışım oranlarına uygun siva ile 3 cm kalınlığında siva ve bu sıvaların kürü yapılmıştır. Bu numune I-FA30-WA12-P1 olarak isimlendirilmiştir. Diğer numuneler ise çerçeve ankraj aralığı hariç diğer parametreler sabit olmak üzere, ikinci numunede çerçeve ankraj aralığı 45cm (I-FA45-WA12-P1), üçüncü numunede ise 60 cm (I-FA60-WA12-P1) olarak üretilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan üç adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanıy yatay yük etkisi altında test edilmiştir. Bu deneysel çalışmada çerçeveye yapılan ankraj aralığının bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmış ve test edilen elemanların yatay yük taşıma kapasiteleri, rijitlik ve enerji yutma kapasitelerindeki değişimin incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**  
Dolgu Duvar,  
Betonarme Çerçeve,  
Güçlendirme,  
Çelik Hasır Donatı

## The effect of anchorage distance with frame on strengthening the infill walled frames

### ABSTRACT

One of the significant problems encountered in our country is that many buildings that have not damaged and have been currently in use do not have desirable safety against the credible earthquake loads. Also, there are other buildings with lateral load resisting system that are supposed to be sensitive to even moderate-intensity earthquake excitations. It has been observed that many buildings inspected aftermath of earthquake are not enough to resist earthquake effects. Due to their high stiffness, shear walls not only carry an important portion of horizontal effects but also limit lateral deformations of load-carrying and non-load-carrying elements of frame systems. Strengthening these systems through filling the spaces of frames with reinforced walls may come out to be an economic solution. If a frame system with filled walls is properly planned, analyzed and constructed, the filled walls can then behave as shear walls increasing the stiffness and strength. Consequently, no other load bearing elements need to be strengthened. This study consists of experimental works of reinforced concrete frames that are deemed as being constructed deficiently at first and strengthened later with mesh reinforcement and plaster on their walls. In this study, three ½ scaled reinforced concrete frames with one-bay, one-story have been produced. The specimens have been obtained by applying mesh reinforcement on infill wall. In one of the specimens, reinforcement has been anchored to the frame and foundation at 30 cm apart, 12 anchors with L shape have been made perpendicular to wall plane. 3 cm thick plaster consistent with national earthquake code has been applied on top surface of mesh reinforcement. The plaster has been cured. This specimen has been named as I-FA30-WA12-P1. The other specimens have been constructed such that in the second test, the anchorage distance with frame is 45 cm (I-FA45-WA12-P1), and in the third test specimen, it is 60 cm (I-FA60-WA12-P1). These frames have been tested under reversed cyclic lateral loading. In this study, the effect of anchorage distance with frame on strengthening the infill walled frames has been examined. The changes in load carrying capacity, stiffness and energy absorption properties of tested frames have been sought.

**Key Words:**  
Infill Walls,  
RC Frames,  
Reinforcement,  
Wire Mesh  
Reinforcement

## 1. Giriş

Günümüzde betonarme yapıların, yapı kullanım amacının değişmesi nedeniyle yapının daha büyük yüklemeler etkisinde kalması, gerek tasarım aşamasında gerekse yapım aşamasında meydana gelen kusurlar, yeni şartnamelerin getirdiği koşullara uyma zorunluluğu vb. nedenlerden dolayı güçlendirilmesi mecburiyeti ortaya çıkmaktadır. Bunlardan başka yapılarda onarım ve güçlendirmeyi gerektiren en önemli nedenler depremlerin yapılardaki etkileridir.

Ülkemizdeki betonarme yapılar genellikle yeterli yanal dayanım ve rijitliğe sahip olmayan, donatı detayları deprem davranışı açısından yetersiz, beton dayanımları düşük çerçevelerden oluşmaktadır. Bunun yanında bu yapılarda yumuşak kat, kısa kolon, kuvvetli kiriş zayıf kolon gibi sistem yetersizliklerinin de bulunması, deprem güvenlikleri yeterli olmayan büyük bir yapı stokunu gündeme getirmektedir. Bu zayıflıklara sahip yapıların kuvvetli bir depremde sağlıklı bir davranış sergilemesini beklemek mümkün değildir. Bu nedenle, bir öncelik sırası belirlenerek, mevcut yapı stokunun deprem güvenliğinin artırılması gerekmektedir.

Güçlendirilmesi gereken bina sayısı göz önüne alındığında, bu binaların hepsinin deprem sonrası kullanılabilirliğini koruyacak şekilde güçlendirilmelerinin ekonomik olarak mümkün olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan, can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için bu binaların büyük bir depremde göçmelerinin engellenmesi de gerekmektedir. Kullanımda olan konut ve endüstri binaların güçlendirilmesini mümkün kılmak üzere, onarılacak binanın boşaltılmasını gerektirmeyen, hızlı ve binanın kullanımını aksatmadan uygulanabilen, ekonomik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Yanal ötelenmeler belirli düzeyi geçmediği sürece, boşluklu tuğla duvarların betonarme çerçevelerin hem yanal rijitliğini hem de dayanımını önemli oranda artırdığı bilinmektedir. Ne var ki, yanal ötelenmeler belirli bir düzeyi aştığında söz konusu duvarlar ezilerek devre dışı kalmakta ve betonarme çerçevenin davranışına tüm deprem süresince katkıda bulunamamaktadır. Bölme duvarlardan depremde daha fazla faydalanmak, rijitliğini ve dayanımındaki kazanımdan depremde daha fazla istifade edebilmek için, bölme duvarların güçlendirilmesi çalışmaları yapılmaktadır.

Benjamin ve Williams (1958), tek katlı boşluklu dolgu çerçevelerin davranışını araştırmışlardır. Çalışmada, boşluklu dolgu çerçevelerin davranış ve deformasyon şekilleri incelenmiş, boşluk etrafındaki donatı detayının, boşluk büyüklük ve yerinin ve dolgu çerçeve arasındaki donatı detayının davranış etkisi araştırılmıştır.

Ersoy ve Uzsoy (1971), çalışmalarında, 9 adet tek katlı tek açıklıklı betonarme dolgu çerçeve deneyi yapmışlardır. Yazarlar, betonarme dolgunun iki ucu mafsallı basınç çubuğu ile modellenmesini önermiş ve bu çubuğa ait geometrik özellikleri belirlemişlerdir. Marjani (1997), tek açıklıklı 2 katlı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeveleri test etmiştir.

Celep ve Gencoğlu (2003), yaptıkları çalışmada, betonarme çerçeve sistem içinde bulunan bölme duvarlarının yatay yük taşıma kapasitesine olan etkisini incelemişlerdir. Canbay vd (2003), çalışmalarında 1/3 ölçekli, iki katlı üç açıklıklı çerçeve üzerinde deneyler yapmışlardır. Kaltakçı ve Köken (2003), bu

çalışmalarında, değişik dolgu özelliğine sahip, dört adet çelik çerçeve sisteminin yatay tersinir-tekrarlanır yüklemeye altındaki davranışı deneysel olarak incelemiştir. Özcebe vd (2003), yılında yayınladıkları raporda, betonarme tuğla dolgu çerçevelerin CFRP ile güçlendirilmesi konusunda yaptıkları deneylere ve analitik çalışmalara yer vermişlerdir.

Perera vd (2004), yığma dolgu betonarme çerçevelerde, dolgunun kaldırılarak çelik K çaprazlarla yapının güçlendirilmesini deneysel olarak araştırmışlardır. Sonuvar vd (2004) çalışmalarında orta hasarlı betonarme binaların iyileştirilmesinde betonarme dolgu kullanımını araştırmışlardır. Kesner ve Billington (2005), çelik çerçevelerin çimento esaslı kompozit malzemelerden yapılan panellerle güçlendirilmesi konusunda deneyler yapmışlardır.

Güney ve Boduroğlu (2006), yazarlar tasarım aşamasında, dolgu duvarların rijitliklerinin yapı davranışına katkısının dikkate alınmadığını, ancak bu elemanların sahip oldukları rijitliğin, yapıların gerek simetrik gerekse asimetrik plana sahip olması durumunda, deprem etkisi altında, yapı davranışını incelemişlerdir. Özdemir ve Eren (2009), bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Özdemir (2008) doktora çalışmasında 10 adet tek katlı tek açıklıklı 1/2 ölçekli betonarme çerçeve üretilmiş ve dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması ve sıva ile farklı parametrelerde güçlendirme deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Mevcut yapının yanal yük dayanımı yeni yapı elemanlarının eklenmesi ile artırılabilir. Bu elemanlar uygun projelendirildiğinde deprem etkisinin büyük bir kısmına karşı koyarak, mevcut sistemin yükünü önemli ölçüde azaltırlar. Kullanılacak yeni taşıyıcı eleman, mevcut binanın taşıyıcı sistemine ve hasar durumuna bağlıdır. Yeni elemanlarla tüm sistemin deprem davranışının değişebileceği unutulmamalıdır. Güçlendirme için yeni elemanlarla sistemin rijitliği artırılacağı için, genellikle deprem kuvvetleri de artar ve etkiler sistemde değişik bir dağılımında ortaya çıkarabilir. Yeni elemanların yapı içinde düzgün dağıtılmasıyla, etkilerin belirli bölgede yığılması ve istenmeyen burulma etkilerinin meydana gelmesi önlenmiş olur. (12)

Ülkemizde betonarme çerçeve taşıyıcı sistemine sahip binaların çoğunluğunun büyük hatta orta şiddette depreme dayanabilecek kalitede olmadığı bilinmektedir. Bu tip binaların deprem öncesi güçlendirilmeleri veya depremi az veya orta hasarlı atlattıktan sonra onarılması ve güçlendirilmesi pratikte oldukça yaygındır. Bu tür yapıların depreme karşı rehabilite edilmesi amacıyla belli sayıda betonarme çerçevenin betonarme dolgu duvarlar ile doldurulması ekonomik bir çözüm olabilmektedir. Dolgu çerçeve iyi analiz edilip, gerektiği gibi projelendirilir ve imal edilirse, perde duvar gibi davranarak yapının yanal rijitliğini ve dayanımı artırabilir ve böylece diğer taşıyıcı elemanların takviye edilmesi gereği ortadan kalkabilir. (12)

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. Numuneler dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması yapılarak imal edilmişlerdir. Bu numunelerden bir tanesi, çerçeve ve temele 30 cm arayla donatı ankraj yapılmış, duvar düzlemine dik olacak şekilde ve L şeklinde 12 adet ankraj yapılmıştır. Hasır çelik üzerine deprem yönetmeliğindeki karışım

oranlarına uygun sıva ile 3 cm kalınlığında sıva uygulanmıştır. Bu sıvaların kuru yapılmıştır. Bu numune I-FA30-WA12-P1 olarak isimlendirilmiştir. Diğer numuneler ise çerçeve ankraj aralığı hariç diğer parametreler sabit olmak üzere, ikinci numunede çerçeve ankraj aralığı 45cm (I-FA45-WA12-P1), üçüncü numunede ise çerçeve ankraj aralığı 60 cm (I-FA60-WA12-P1) olarak üretilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan üç adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük etkisi altında test edilmiştir.

Bu deneysel çalışmada çerçeveye yapılan ankraj aralığının bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmış ve test edilen elemanların yatay yük taşıma kapasiteleri, rijitlik ve enerji yutma kapasitelerindeki değişimin incelenmiştir.

Bu amaçla hazırlanan üç adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük etkisi altında test edilmiştir. Bu imalatlarda tam ankaştreliğı 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 rijitlik ve yatay yük taşıma kapasitelerindeki değişim incelenmiştir.

### Deneysel çalışma

Yapılan deneysel çalışmada 3 adet tek katlı, tek açıklıklı ½ ölçekli çerçeveler üretilmiştir. Bu numuneler uygulamada kusurlu olarak üretilen yapıları temsil etmektedir. Bu çalışmada da yapıların pratikte maruz kalabilecekleri yatay yüklere karşı, uygulaması basit, kolay ve ekonomik güçlendirme yöntemleri araştırılmaktadır.

Üretilcek 3 adet numunenin boyutları, donatı detayları, donatı fiziksel ve mekanik özellikleri, beton sınıfı, güçlendirme de kullanılacak malzeme özellikleri belirlenmiş ve bunların deneyleri yapılmıştır.

Bu numunelerin hepsinde aynı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip donatı ve beton kullanılmış, donatı detayları, çerçeve boyutları ve kesit detayları değişmeyerek sabit parametre olarak kalmıştır.

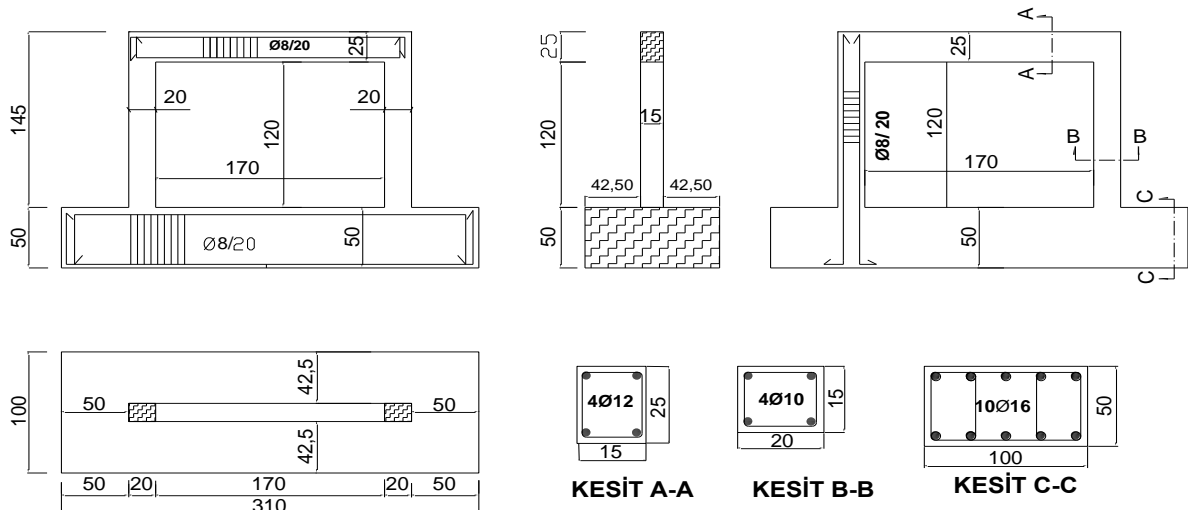
Çerçeve arasına örülecek tuğla dolgu duvar, duvar harcı, tuğla duvar yüzeyine uygulanan sıva özellikleri numunelerin tamamında aynı olacak ve yine sabit parametreleri oluşturacaktır.

Bu numuneler de kullanılan kesit ve donatı detayları ile, uygulamada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılar temsil edilmektedir. İmalatlarda tam ankaştreliğı sağlamak için rijit bir temel tasarlanmış ve temel üzerine tek katlı, tek açıklıklı, beton basınç dayanımı düşük, güçlü kiriş ve zayıf kolondan oluşan çerçeveler imal edilmiştir. Deneylerde nervürsüz düz donatılar kullanılmış ve etriyeler 90° ve kancasız olarak tasarlanmıştır. Etriye sıklaştırması yapılmamış ve kesitlerde minimum donatı kullanılmıştır.

Numunelerin temelleri 100x310 cm boyutunda ve 50 cm yüksekliğinde imal edilmiştir. Kolon boyutları 15x20 cm, kiriş boyutları 15x25 cm dir. Numunelerin donatı ve kesit detayları Şekil 1 de verilmiştir.(13).

Çerçeveler, Tablo 1 de verilen beton karışım oranlarıyla hazırlanan ve Tablo 2 de verilen beton numune özelliklerine sahip beton kullanılarak üretilmiştir. Tablo 3 te donatıların fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiş ve numuneler Şekil 1 de verilen donatı detaylarına uygun olarak üretilmişlerdir. Üretilen numunelerden bir tanesi boş çerçeve olarak deneye tabi tutulmuştur.

Diğer çerçeve umunelerinin içi, Tablo 4 de verilen tuğla ve Tablo 5 de verilen harç ile aynı şekil ve özellikteki duvarla örülmüştür. Bu numunelerin tamamı Tablo 6 da verilen özelliklere sahip sıva ile duvarın her iki yüzü sıvanmıştır. Üretilen numunelerden ikincisi dolgu duvarlı olarak deneye tabi tutulmuştur. Üretilen numunelerden üçüncüsü, deprem yönetmeliğine uygun olarak Şekil 2 de verilen güçlendirme detaylarına uygun güçlendirilmiş ve Tablo 7 de verilen güçlendirme sıvası ile sıvanmıştır. Çerçeve arasına örülen bölme duvarların yüzeylerinin sıvasında kullanılacak sıva karışımı, **6 hacim kum / 2 hacim çimento / 1 hacim kireç** karışımıyla sıva hazırlanmıştır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı Tablo 6 da verilmiştir.



Şekil 1: Deneysel elemanları ve donatı detayları (boyutlar cm birimindedir)

Tablo 1: Beton Karışım Oranları

	Çimento	0-7 Kum	0-6 Mıcır	6-16 Mıcır	Su	Toplam
Ağırlıkça(kg)	200	587	498	925	165	2375
%	8.42	24.71	20.97	38.95	6.95	100

Tablo 2: Beton Numune Özellikleri

	Numune Şekli	Numune Boyutları (cm)	Kırılma Yüğü (kgf)	Kırılma Yüğü (kN)	Numune Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Temel	Silindir	15*30	58277	<b>572</b>	<b>32</b>	-
Çerçeve (28 günlük)	Silindir	15*30	15962	<b>157</b>	<b>9</b>	<b>10710</b>

Tablo 3: Donatı Özellikleri

	Çap	Akma (Nt)	Çekme (Nt)	Akma (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme (N/mm <sup>2</sup> )	Kopma Uzun. %
Kolon (düz)	10	27300	39799	347	506	27
	8	17500	23899	348	475	26
Kiriş (düz)	12	36700	50000	324	442	31
	8	17500	23899	348	475	26
Temel (nervürlü)	16	99000	118500	494	589	22
	8	25590	25860	509	514	21
Ankraj Donatısı	8	21045	25165	419	500	33
Hasır Donatı	6	12500	13400	442	474	4

Tablo 4: Tuğla Basınç Dayanımı

	Numune Boyutları (cm)	Kırılma Yüğü (kgf)	Kırılma Yüğü (kN)	Numune Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Yatay Delikli Tuğla	19.5*19.5*8.5	3624	36	2.41	1000

Tablo 5: Duvar Yapımında Kullanılan Harç

	Kırılma Yüğü (kgf)	Kırılma Yüğü (kN)	Numune Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )
Sıva	4202	<b>41</b>	<b>2</b>

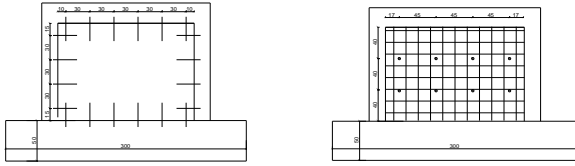
Tablo 6: Tuğla Yüzeyine Uygulanan Sıva

	Kırılma Yüğü (kgf)	Kırılma Yüğü (kN)	Numune Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Sıva	13010	<b>128</b>	<b>7</b>	<b>7598</b>

Sıva kalitesi yönetmelikte verilen karışım oranlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, **4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç** karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı Tablo 7 te verilmiştir.

Tablo 7: Deprem Yönetmeliğinde Verilen Karışım Oranına Göre Hazırlanmış Sıva

	Kırılma Yüğü (kgf)	Kırılma Yüğü (kN)	Numune Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Sıva	7642	<b>75</b>	<b>4</b>	<b>6816</b>



Şekil 2 : I-FA30-WA8-P1 (Çerçeve Ankrāj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankrāj sayısı 8 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (Deprem Yönetmeliğine uygun)

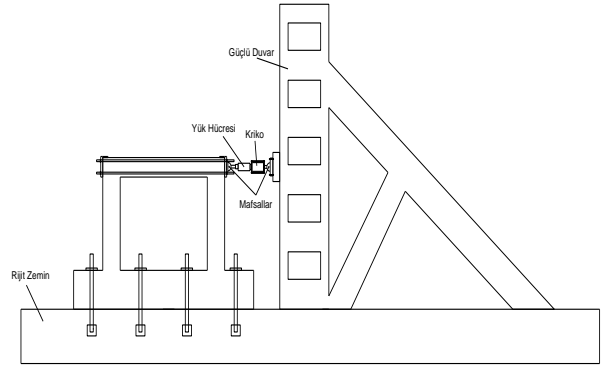
Numuneler dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması yapılarak imal edilmişlerdir. Bu numunelerden bir tanesi, çerçeve ve temele 30 cm arayla donatı ankrāj yapılmış, duvar düzlemine dik olacak şekilde ve L şeklinde 12 adet ankrāj yapılmıştır. Hasır çelik üzerine deprem yönetmeliğindeki karışım oranlarına uygun sıva ile 3 cm kalınlığında sıva uygulanmış ve bu sıvaları kürlenmiştir. Bu numune **I-FA30-WA12-P1** olarak isimlendirilmiştir. Diğer numuneler ise çerçeve ankrāj aralığı hariç diğer parametreler sabit olmak üzere, ikinci numunede çerçeve ankrāj aralığı 45cm (**I-FA45-WA12-P1**), üçüncü numunede ise çerçeve ankrāj aralığı 60 cm (**I-FA60-WA12-P1**) olarak üretilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir.

### Deney ve ölçüm düzeneği

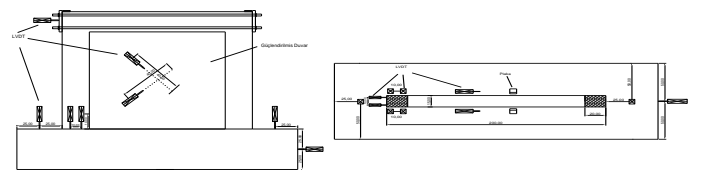
Deneylerin yapıldığı laboratuarda çelik konstrüksiyon dan yapılmış bir yükleme çerçevesi ve numunelerin sabitlendiği rijit bir platform mevcuttur (Şekil 3). Deneylerde deplasmanları ölçmek için LVDT ler kullanılmıştır. Yükleme krika ile yapılmış ve krika önünde bulunan yük hücresin den uygulanan yükler data logger' a aktarılmıştır. LVDT ye bağlanan kanallar yine data logger'a ve oradan da bilgisayara aktarılmıştır.

Deneylerde 14 adet LVDT ve bu LVDT ler den 3 tanesi tepe deplasmanları ölçmek için kullanılmıştır. Şekil 4 de görüldüğü üzere ön ve arka yüzdeki duvarlarda ikişer adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT monte edilerek ölçümler alınmıştır. Ölçümlerin alındığı kolonun alt ucuna her iki yüzde 2 adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT bağlanmış ve okumalar gerçekleştirilmiştir. Temel hareketi ve dönmeleri içinde aynı şekilde LVDT ler şekil 4 de görüldüğü gibi bağlanmış ve okumalar alınmıştır.

Deney elemanlarında iç yüzeyde girinti oluşturabilmek amacıyla dış yüzeye birebir hizalanarak örülen dolgu duvarların tersinir tekrarlarını yatay yük uygulanması sırasında elemanlarda düzlem dışı harekete sebep olabileceği düşünülmüş ve bu hareketin önlenmesi için çerçeve elemanlarının çevresine güçlü temele mesnetli çelik kafes sistemi imal edilmiştir. Bu sisteme deney elemanlarının kirişleri hizasına gelecek şekilde bağlanan kayıcı mesnetler yardımıyla yatay yükün, elemanların sadece düzlem içinde hareketine izin verecek şekilde uygulanması sağlanmıştır. Gerçekleştirilen deneyler deplasman kontrollü yürütülmüştür. Deney elemanları üzerine yerleştirilen veri toplama aletlerinden gelen veriler eş zamanlı olarak bilgisayarda toplanmış ve itme ve çekmeler çift çevrim(2 cycle) uygulanarak, 2. çevrimlerin sonunda deneylere kısa süre ara verilerek elemanlar üzerindeki çatlak ve hasarlar tespit edilmiştir.



Şekil 3: Deney düzeneği



Şekil 4: Deney veri toplama düzeneği

## Deney sonuçları

Yapılan bu 3 deneyde çerçeveye yapılan ankraj aralıkları değiştirilmiş ve bunun bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmıştır. Çerçeve ankraj aralıkları 30cm, 45cm ve 60cm olarak 3 adet numune güçlendirilmiştir. Diğer parametreler sabit tutulmuştur. Bu parametre kısaltması **FA30**, **FA45**, **FA60** (frame anchors) olarak kullanılmıştır. Sabit tutulan bu parametreler duvar düzlemine dik ankraj sayısı deprem yönetmeliğinde verilen değerden daha fazla seçilmiş ve 12 adet olarak uygulanmıştır. Bu parametre kısaltması **WA12** (wall anchors) olarak kullanılacaktır. Sabit tutulan diğer parametre sıva kalitesi olup, sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması **P1** (plaster 1) olarak kullanılacaktır. Kullanılan **I** kısaltması dolgu duvarlı çerçeveyi ifade etmektedir.

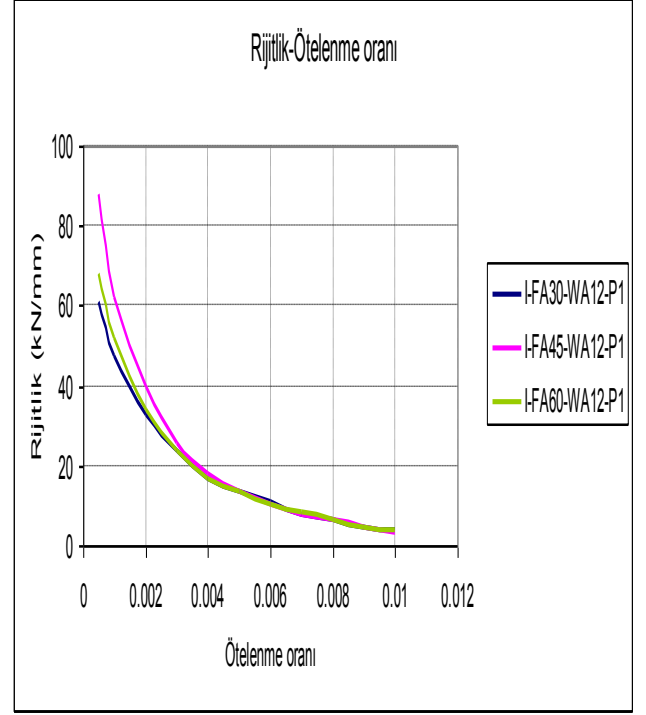
1.çerçeve I-FA30-WA12-P1

2. çerçeve I-FA45-WA12-P1

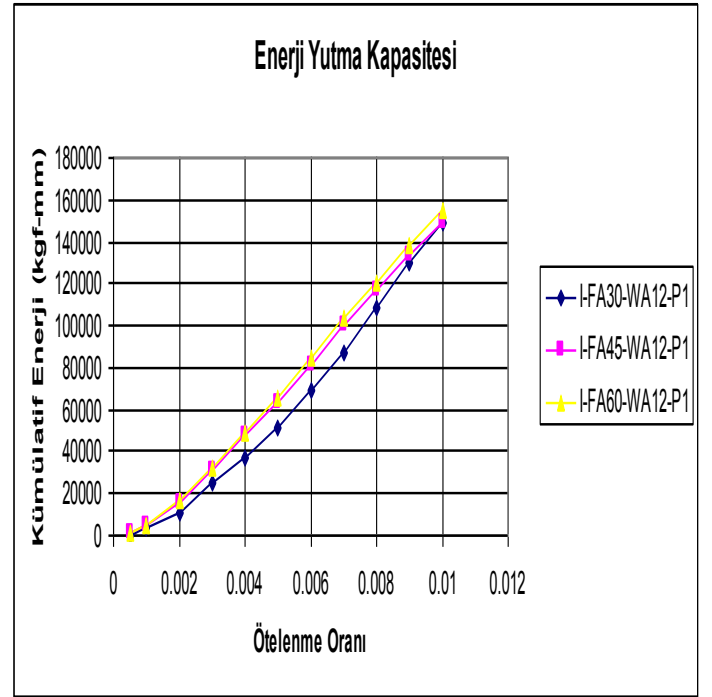
3.çerçeve I-FA60-WA12-P1 şeklinde isimlendirilmiştir. Bu üç numune taşıdıkları maksimum yük, rijitlik , enerji yutma kapasiteleri ve plastik deformasyon yönünden değerlendirilmiştir. Numunelerin taşıdığı maksimum yatay yük, açısından karşılaştırıldığında; I-FA30-WA12-P1, I-FA45-WA12-P1 I-FA60-WA12-P1, numunelerce taşınan maksimum yük sırasıyla 9.6 t,10.6 t ve 9.5 t elde edilmiştir. Bu değerler 0.002 ve 0.003 deplasman oranlarında elde edilmiştir. 0.005 deplasman oranında numunelerce taşınan yük 9.3 t, 9.0 t ve 8.9 t dur. Her üç numunede ankraj aralıklarının farklı olması, taşınan yük açısından farklı bir sonuç vermemektedir. Ancak olası bir deprem esnasında güçlendirilmemiş duvarın büyük olasılıkla düzlem dışına devrilebilecek ve bölme duvarın bu katkısı tam kullanılmayarak kaybedilecektir. Oysaki güçlendirme sonrasında ankrajlar sayesinde duvar yerinde kalacak ve böylece hem duvarın hem de güçlendirmenin yük taşımadaki katkısı korunacaktır. Yapılan deneylerde de çerçevenin düzlem dışı hareketi engellenmiş ve duvarın bu katkısı ciddi manada görülmüştür.

Numunelerin enerji yutma kapasiteleri, bu üç numunede karşılaştırıldığında; Grafikte de görüldüğü üzere bu üç numunenin enerji yutma kapasitelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çerçeve ankraj aralıkları değişiminin enerji yutma kapasitesine etkisi açısından değerlendirildiğinde, grafikte çok azda farklı olsa beklenenin tersine 30 cm çerçeve ankraj aralığına sahip çerçevenin enerji yutma kapasitesi daha az gibi görünmektedir.

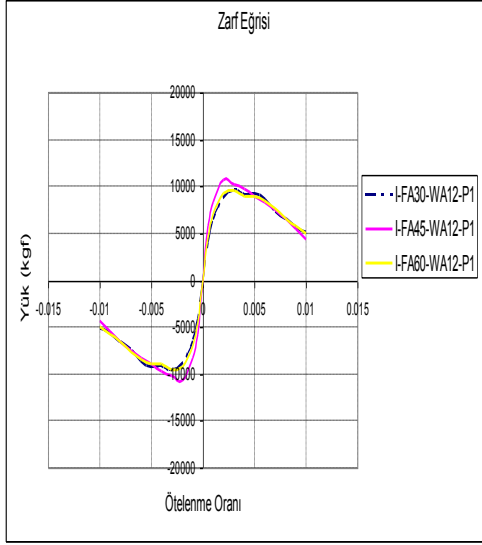
Sayısal olarak 0.01 ötelenme oranına kadar yutulan kümülatif enerji, I-FA30-WA12-P1 numunesin de 149115 kgfmm, I-FA45-WA12-P1 numunesin de 148925 kgfmm, I-FA60-WA12-P1 numunesin de 155428 kgfmm yutulan kümülatif enerji dir. Bu değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Çerçeve ankraj aralığı en fazla olan I-FA60-WA12-P1 numunesinin tükettiği enerji miktarı beklenenin tersine az da olsa diğerlerinden daha fazladır. Bu farklılık deneysel fark olarak yorumlanabilir.



Şekil 6: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Rijitlik Değişimi Grafiği



Şekil 7 : Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi



Şekil 5 : Farklı Ankrāj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Zarf Eğrisi

Numuneler rijitlikleri açısından karşılaştırıldığında; Rijitliklerin başlangıçta farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılık deneysel bir farktır. İlerleyen deplasman adımlarında rijitliklerin birbirine yaklaştığı görülmektedir. Deplasman oranı 0.004 lere ankrāj sıvaları çatlamaktadır. Deplasman oranı 0.006dan sonra ankrāj sıvaları dökülmekte ve ankrājlar tamamen devre dışı kalmaktadır. Bu aşamada sıvalar hasar görmekte ve ankrājlar da anlamını kaybetmektedir. Deplasman oranı 0.002 den sonra rijitlik değerleri her üç numunede 32-39 kN/ mm değerleri arasında kalmaktadır. Her üç numunede de çerçeve ankrāj aralıklarının, rijitlik noktasında fazla bir katkının olmadığı görülmektedir.

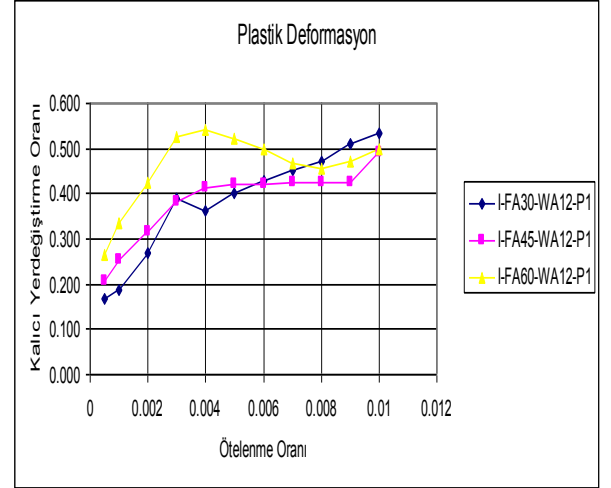
Numunelerin yaptığı plastik deformasyon, bu üç numunede karşılaştırıldığında; I-FA30-WA12-P1, I-FA45-WA12-P1, I-FA60-WA12-P1 numunelerinin kalıcı yer değiştirme oranları grafiğine bakıldığında , çerçeve ankrāj aralığı 30 cm ve 45 cm olan numunelerin plastik deformasyon oranı grafiklerinin birbirine yakın olduğu, çerçeve ankrāj aralığı 60 cm olan numunenin diğer iki numuneye göre daha fazla plastik deformasyon yaptığı görülmektedir.

Çerçeve ankrāj aralığı 30 cm ve 45 cm olan numunelerin plastik deformasyon oranı artan ötelenme oranıyla deney sonuna kadar artmaktadır. Çerçeve ankrāj aralığı 60 cm olan numunenin 0.004 ötelenme oranına kadar plastik deformasyon oranı artmakta ve bu orandan sonra azalmaktadır.

I-FA30-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı 0.268, I-FA45-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı 0.315, I-FA60-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı ise 0.425 olmaktadır. 0.004 ötelenme oranında ise, I-FA30-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı 0.361, I-FA45-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı 0.414, I-FA60-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı ise 0.542 olmaktadır. Sayısal olarak 0.01 ötelenme oranına kadar yutulan kümülatif enerji, I-FA30-WA12-P1 numunesin de 149115 kgfmm, I-FA45-WA12-P1 numunesin de 148925 kgfmm ,I-FA60-

Her üç numunede ankrāj aralıklarının farklı olması, taşınan yük açısından farklı bir sonuç vermemektedir.

Numunelerin rijitliklerinin değişimi açısından; Rijitliklerin başlangıçta farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılık deneysel Bu üç numunede çerçeve ankrāj aralıkları 30cm ve 45 cm de kalıcı yer değiştirme oranı birbirine yakın olmakta, aralığının daha da artmasıyla kalıcı yer değiştirme oranı daha fazla olmaktadır. Ankrāj aralığının artması plastik deformasyon oranını etkilemekte , ankrāj aralığının sıklığının olumlu etkisi gözlenmektedir.



Şekil 7: Farklı Ankrāj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı

## 2.Sonuçlar

Taşınan maksimum yatay yük açısından ; I-FA30-WA12-P1, I-FA45-WA12-P1 I-FA60-WA12-P1, numunelerce taşınan maksimum yük sırasıyla 9.6 t,10.6 t ve 9.5 t elde edilmiştir. Bu değerler 0.002 ve 0.003 deplasman oranlarında elde edilmiştir. 0.005 deplasman oranında numunelerce taşınan yük 9.3 t, 9.0 t ve 8.9 t dur. bir farktır. İlerleyen deplasman adımlarında rijitliklerin birbirine yaklaştığı görülmektedir.

Deplasman oranı 0.004 lere ankrāj sıvaları çatlamaktadır. Deplasman oranı 0.006dan sonra ankrāj sıvaları dökülmekte ve ankrājlar tamamen devre dışı kalmaktadır.Bu aşamada sıvalar hasar görmekte ve ankrājlar da anlamını kaybetmektedir. Deplasman oranı 0.002 den sonra rijitlik değerleri her üç numunede 32-39 kN/ mm değerleri arasında kalmaktadır. Her üç numunede de çerçeve ankrāj aralıklarının, rijitlik noktasında fazla bir katkının olmadığı görülmektedir.

Numunelerin enerji yutma kapasiteleri açısından, Grafikte de görüldüğü üzere bu üç numunenin enerji yutma kapasitelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çerçeve ankrāj aralıkları değişiminin enerji yutma kapasitesine etkisi açısından değerlendirildiğinde, grafikte çok azda farklı olsa beklenenin tersine 30 cm çerçeve ankrāj aralığına sahip çerçevenin enerji yutma kapasitesi daha az gibi görünmektedir.

Bu. konuda değişik ölçekte ve boyutlarda elemanların kullanıldığı daha fazla çalışma yapılarak, uygulamayı kolaylaştıracak ve daha ekonomik kuralların geliştirilebileceği

WA12-P1 numunesinin de 155428 yutulmuş kümülatif enerji kgfmm dir. Bu değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çerçeve ankraj aralığı en fazla olan I-FA60-WA12-P1 numunesinin tükettiği enerji miktarı beklenenin tersine az da olsa diğerlerinden daha fazladır. Bu farklılık deneysel fark olarak yorumlanabilir. Numunelerin yaptığı plastik deformasyon açısından; I-FA30-WA12-P1, I-FA45-WA12-P1, I-FA60-WA12-P1 numunelerinin kalıcı yer değiştirme oranları grafiğine bakıldığında , çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 45 cm olan numunelerin plastik deformasyon oranı grafiklerinin birbirine yakın olduğu, çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunenin diğer iki numuneye göre daha fazla plastik deformasyon yaptığı görülmektedir.

Çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 45 cm olan numunelerin plastik deformasyon oranı artan ötelenme oranıyla deney sonuna kadar artmaktadır. Çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunenin 0.004 ötelenme oranına kadar plastik deformasyon oranı artmakta ve bu orandan sonra azalmaktadır.

I-FA30-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı 0.268, I-FA45-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı 0.315, I-FA60-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı ise 0.425 olmaktadır. 0.004 ötelenme oranında ise, I-FA30-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı 0.361, I-FA45-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı 0.414, I-FA60-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı ise 0.542 olmaktadır.

Bu üç numunede çerçeve ankraj aralıkları 30cm ve 45 cm de kalıcı yer değiştirme oranı birbirine yakın olmakta, aralığının daha da artmasıyla kalıcı yer değiştirme oranı daha fazla olmaktadır. Ankraj aralığının artması plastik deformasyon oranını etkilemekte , ankraj aralığının sıklığının olumlu etkisi gözlenmektedir.

Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin, çerçeve yatay yük taşıma kapasitesini, yanal rijitliğini, enerji yutma kapasitesinde ciddi anlamda bir değişim oluşturmamaktadır. Fakat plastik deformasyonlar noktasında ankraj aralığının sıklığı olumlu etkisi gözlenmektedir.

Çerçeve ankraj aralığı deprem yönetmeliğinde en fazla 30 cm olarak verilmiştir. Çerçeve ankraj aralıkları 30 cm, 45 cm, 60 cm olarak yapılan deneylerde gerekli kıyaslamalar, uygulamada kolaylık ve ekonomik olması açısından değerlendirilmiştir. Çerçeve ankraj aralıklarının değişmesinin, yatay yük taşıma kapasitesi, rijitlik ve enerji yutma kapasitesinde ciddi bir farklılık görülmemiştir.

Kalıcı yerdeğiştirme oranı açısından değerlendirildiğinde, kalıcı deformasyonların aynı deplasman oranlarında çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunede daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla çerçeve ankraj aralığının 30 cm veya 45 cm olması durumunda, yatay yük etkisi altında çerçeve davranışların aynı olduğu yapılan deneyler neticesinde görülmektedir. Bu sonuç çerçeve ankraj aralığının yönetmelikte verilen ankraj aralığından daha fazla olabileceğini düşündürmektedir.

Bakanlığı, Ankara.

16. CSI, (2005) CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS and SAFE, Computers and

düşünülmektedir

Bu çalışmada yapılan tüm deneylerde düzlem içi yüklenme yapılmış, düzlem dışı hareket engellenmiş ve düzlem dışı bir etki dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla yapılan bu yorumlar düzlem içi yükler için geçerli olmaktadır. Bu konuda daha kesin sonuçlara ulaşabilmek için düzlem dışı yükler etkisi altında da davranışların incelenmesi gerekliliği düşünülmektedir.

#### Kaynaklar

1. Benjamin, J. R. and Williams, H. A. (1958) Blast and Earthquake Resistant Design Data: Behavior of One-
2. Story Reinforced Concrete Shear Walls Containing Openings. ACI Structural Journal, 30(5):605-618.
3. Ersoy, U. ve Uzsoy, Ş. (1971) The Behavior and Strength of Infilled Frames. TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu. Proje No: MAG-205. Ankara, Türkiye. 95 s.
4. Celep, Z. Gencoğlu, M. (2003) Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul Bildiri No: AT-121
5. Canbay, E., Ersoy, U. and Özcebe, G. (2003) Contribution of Reinforced Concrete Infills to Seismic Behavior of Structural Systems, ACI Structural Journal, 100(5): 637-643.
6. Kaltakçı, M. Y. Köken, A. (2003) Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul Bildiri No: AT-026
7. Özcebe, G., Ersoy, U., Tankut, T., Erduran, E., Keskin, R. S. O. ve Mertol, C. (2003) Strengthening of Brick-Infilled RC Frames with CFRP. Teknik Rapor, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 69 s.
8. Perera, R., Gómez, S. and Alarcón, E. (2004) Experimental and Analytical Study of Masonry Infill Reinforced Concrete Frames Retrofitted with Steel Braces, ASCE Journal of Structural Engineering, 130(12): 203 2-203 9.
9. Sonuvar, M. O., Özcebe, G. and Ersoy, U. (2004) Rehabilitation of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Infills, ACI Structural Journal, 101(4): 494-500.
10. Kesner, K. and Billington, S. L. (2005) Investigation of Infill Panels Made from Engineered Cementitious Composites for Seismic Strengthening and Retrofit, ASCE Journal of Structural Engineering, 131(11): 1712-1720.
11. İlki, A. 2000. Betonarme Elemanların Yön Değiştiren Tekrarlı Yükler Altında Doğrusal Olmayan Davranışı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
12. Özdemir, H. 2008 Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Hasır Çelik Donatılı Sıva İle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
13. Özdemir, H. ve Eren İ. (2009) Bölme Duvarının Ve Bölme Duvar Güçlendirmesinin Çerçeve Davranışına Etkisi İTÜ Dergisi/dmühendislik Cilt:8 sayı:6, 133-145 Aralık 2009.
14. Marjani, F., "Behavior of Brick-Infilled Reinforced Concrete Frames under Reversed Cyclic Loading", Ph.D Thesis in Civil Engineering, METU, December 1997
15. DBYYHY, (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân



Structures Inc, California, USA. 415 s.

17. FEMA 356 (2000) Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency. Washington DC, USA.
18. TS500, (2000) Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara