

DIŞTAN PERDE DUVARLA GÜÇLENDİRMEDE PERDE-HATIL BİRLEŞİM YERLERİNDE KULLANILAN BLON SAYISININ ARAŞTIRILMASI

Hanifi TOKGÖZ¹, Ömer CAN²

¹Gazi Üniv. Teknoloji Fakültesi İnş. Mühendisliği Bölümü Teknikokullar/ Beşevler/ Ankara

²Gazi Üniv. Teknoloji Fakültesi İnş. Mühendisliği Bölümü Teknikokullar/ Beşevler/ Ankara

hanifi@gazi.edu.tr, omercan@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 29.11.2010; Kabul/Accepted: 27.06.2011)

ÖZET

Depreme dayanıklı yapı tasarımları üzerine yapılan araştırmalar, deprem güvenliği açısından betonarme, çelik ve az da olsa ahşap yapılar üzerinde yoğunlaşmış bulunmaktadır. Depremler, betonarme ve çelik yapılar kadar yığma yapıları da etkilemektedir. Araştırmada; bir yığma binayı dıştan perde duvar güçlendirmelerinde perde-hatıl birleşim yerlerinde, blonlu birleşim yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemle yığma yapıların güçlendirilmesine kullanılan perde duvarın; döşeme hizasında yığma yapıya tespitinde kullanılacak en uygun blon sayısının bulunması amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda birleşimde kullanılan perde duvar boyutuna bağlı kalarak birleşim için 6 adet blonun yeterli olacağı düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Perde duvar, yığma yapı, güçlendirme

INVESTIGATION NUMBER OF BOLTS USED IN CONNECTION OF PLANK JOINTS IN STRENGTHENING SHEAR WALL EXTERNALLY

ABSTRACT

The researches made about design of earthquake resistant structures have been concentrated on reinforced concrete, steel and to some extent on wooden structures in terms of earthquake safety. Earthquakes not only affect reinforced concrete and steel structures but also masonry structures. In this research, the bolted connection will be used between shear wall and planks in the application of external shear wall strengthening of a masonry structure. The optimum number of bolts required to connect the plank and the shear wall used for the strengthening of the masonry structure in fixing to it on level of floor was aimed using this method. As a result of the experiments in this study, It was considered that six bolts would be enough for the connection due to dimensions of shear wall.

Key words: Shearwall, masonry structure, reinforcement

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye'nin % 95'inin deprem riski altında olduğu bilinmektedir. Ülkemizde meydana gelen depremler diğer ülkeler ile karşılaştırıldıklarında, büyüklüklerine oranla çok fazla hasara yol açtıkları belirlenmiştir. 8 mart 2010'da Elazığ'ın Karakoçan ilçesine bağlı Başyurt beldesinde meydana gelen 6.0 büyüklüğündeki depreminde çoğu yığma yapı olmak üzere yaklaşık 390 evin ağır hasarlandığı belirtilmiştir. Depremler nedeni ile meydana gelen can ve mal kayıpları yalnız kentsel alanları değil, kırsal alanları da olumsuz etkilemektedir. Kırsal kesimlerde de konutların büyük çoğunluğu yığma

yapıdan oluşmaktadır. Ülkemizde bulunan yığma yapılar, tuğla, çamur, briket ve taş, vb. malzemelerin harç ile bir araya gelmesi ile yapıldıklarında, taşıyıcı sistem açısından sürekli ortam oluşturmazlar. Mevcut yapılmış olan bu yığma yapıları depreme karşı daha dayanıklı hale getirmek için güçlendirmek gerekmektedir. Yığma yapıların yükler altındaki davranışlarının sayısal yöntemler ile ortaya konulması oldukça güçtür. Bu nedenle bu yapıların yükler altındaki davranışlarının deneysel yöntemler ile ortaya konulması daha uygun gözükmektedir. Güçlendirmenin hangi yöntem ile yapılacağı büyük önem taşımaktadır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar; Benedetti ve ark., çalışmalarında ½

ölçeğinde 12 adet taş ve tuğladan yığma sistemi 58 kez sarma tablasında deneye tabi tutmuşlar, örneklere orta şiddette deprem etkisi verdikten sonra güçlendirerek yeniden test etmişlerdir [1]. Corradi, çalışmasında yığma yapıların deprem davranışlarını deneysel olarak belirlemişler, deneyde taş ve tuğla örnekler kullanmışlardır. Farklı boyuttaki örneklere basınç testi, diogonal basınç testi ve makaslama testi uygulamış, örneklerin makaslama kuvvetini ve Young modülünü belirlemişlerdir [2]. Arun, çalışmasında kargir yapıda duvarların dolu ya da boşluklu olmasının, tek, iki ya da üç cidarlı oluşunun, duvarlara açılan boşluk biçiminin, çatı ve döşeme oluşturma şeklinin yapının davranışını etkilediğini, kargir yapı oluşturmadan ya da hasar görmüş yığma yapıda önlem almadan yapı malzemesinin özelliklerinin oluşturulması gerektiğini, yığma yapıların dış etkiler altındaki davranışların bilinmesi gerektiğini, yığma yapı üretiminde geleneksel yapım yöntemlerinin de kullanılmasını vurgulamıştır [3]. Tomazevic ve ark., çalışmalarında deprem kuvvetleri ile yüklenen yığma duvarların davranışlarının belirlenmesi için pek çok deneysel çalışma yapıldığını vurgulamışlardır. Bölgesel kırılma çatlakları oluştuğundan sonra duvarın diktülitesinin, sağlamlığının ve enerji tüketme kapasitesinin azaldığını, kırılma malzemelerle üretilen taşıyıcı duvarların deprem yüküne göre dizayn edilmiş olsalar bile, risk altında olabileceklerini, boşluklu elemanlar ile üretilen duvar malzemelerin, boşluk oranlarının fazlalığı nedeni ve ince kabukları ile deprem bölgelerinde kullanımının yeterli dayanımı ve sünekliği sağlayabileceğini belirtmişlerdir [4]. Kanit ve ark., çalışmalarında kırsal kesimlerdeki tipik konut yapısı olan yığma yapıların deprem göçme mekanizmasını belirlemek amacı ile deneyler yapmışlardır. Yığma yapıyı oluşturan yığma duvarlar bir deprem süresinde hem düzlem içi hem de düzlem dışı sismik kuvvetlere maruz kaldığını ve düzlem dışı ivmelerin düzlem içi ivmelerden daha kritik olabileceğini dikkate almışlardır. Bu şekilde, düzlem dışı yüklenen yığma duvarların Afet Yönetmeliği'nde (1998) belirlenen deprem yükü azaltma katsayısı olan $R_a(T1) = 2,5$ değerini sağlayacak yeterli sünekliğe sahip olmadığını gözlemlemişlerdir [5,6,20]. Batur, tez çalışmasında yığma yapıların depreme karşı gösterdiği reaksiyonlardan yola çıkarak yığma yapı elemanlarında meydana gelen gerilmeleri hesaplamıştır. Seçilen deprem bölgesine göre yapıyı modellemiştir. Belirlenen döşeme, hatlı ve duvar kalınlığına göre bina ağırlığı bulup eşdeğer deprem yükü metoduna göre binaya gelen deprem yüklerini bulmuştur. Gelen yüklere karşı duvarlarda oluşan gerilmeleri bularak emniyet gerilmeleriyle karşılaştırmıştır [7]. Carley ve Myers, çalışmalarında güçlendirilmemiş yığma duvarların düzlem dışı yüklenmeleri durumunda, kırılma olmaları ve düşük sünme kapasitelerinden dolayı fazla yük taşıyamadıklarını, TMS (The Masonry Society) ve FEMA (Federal Emergency Management Agency) tarafından da, güçlendirilmemiş yığma yapıların

deprem anında büyük mal kaybına ve insanların ölümüne neden olduğunu açıkladığını belirtmişlerdir. Yığma yapıların güçlendirilmesi için alternatif yöntemlerden birinin FRP (fiberle güçlendirilmiş polimer) duvarın dış yüzeyine uygulanması ve böylece yüksek sünme kapasitesinin sağlanması olduğunu vurgulamışlardır [8]. Zarnic ve ark., çalışmalarında betonarme çerçeve ile güçlendirilmiş iki model yığma yapıyı sarma tablası ile test etmişlerdir. Örnekleri tek katlı ve iki katlı kutu şeklinde 1/4 ölçeğinde aslına uygun olarak güçlü tuğla ve zayıf harçla üretilmiş, çatlak oluşumunu incelemişlerdir. Yığma yapıyı betonarme çerçeve ile güçlendirerek, test etmişler ve yığma duvarların düzlem içi ve düzlem dışı yüklenmelerindeki davranışlarını belirlemişlerdir. Nonlineer test yöntemleri ile analiz yapmışlar ve sonuçların geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [9]. Corradia ve ark., çalışmalarında, deprem sırasında tipik deprem zararları çok tabakalı duvarlarda sıralı dış tabakaların çökmesi sonucu bağlantı kaybı olduğunu, bu hasarların güçlendirilmesi veya tamir edilmesi çok zor bir iş olduğunu değinmişler. Birçok durumda harç enjeksiyonu veya duvar mantolama olarak duvarların inşa tekniği ile uyumsuzluğu nedeniyle başarısız olduğunu belirtmişler ve harç enjeksiyonu için tamamlayıcı bir teknik olarak önermişlerdir. Uygulamada deneysel sonuçlar ve uygulama tekniklerinin olumlu karakteristik deney sonuçları verdiğini, bazı durumlarda kayma dayanımının ve kerpiç duvarların dayanımının arttığını göstermiştir [10]. Franch ve ark., yığma binalar için İtalyan CNR-GNDT kırılabilirlik endeksini sınırlı yığma binalarda uygulamak ve birim kat başına düşen duvar yoğunluğu ile makul bir ilişki elde etmek için geliştirmiştir. Bu amaçla, sosyal konut programları için son yirmi beş yıl içinde inşa edilmiş üç ve dört katlı 24 Yığma Yapı ile çevrilmiş bir örnek kullanmışlardır. Her ikisi arasındaki ilişkiden ve Mart 1985 Şili merkezli deprem hasar değerlerinden faydalanarak bir kırılma indeksi değeri elde etmişlerdir ($M_s=7,8$) [11]. Sheded ve ark., çalışmalarında eğilmede başarısız betonarme kerpiç perde duvarlarda süneklik ve enerji kaybı özelliklerini değerlendirmek için deneysel çalışma ve analizini yapmışlardır. Çalışmalarında altı adet betonarme perde duvarın ters çevrimsel yanal sismik yükleme etkileri altında kırılmasını simüle edilerek test etmişlerdir. Perde duvarlar tarafından sürdürülen diktülite seviyesinin eğilmeye katkısının değerlendirilmesi ve kayma deformasyonlarının yatay duvar yerdeğiştirmelerinin üzerindeki etkisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ölçülen deplasman analizi, duvar yatay kayma dayanımı katkısının önemli olduğunu göstermiştir [19]. Dıştan perde duvar güçlendirmesi, diğer güçlendirme yöntemlerine göre; Uygulamasının daha kolay olması, Güçlendirme esnasında yapının boşaltılmaması, Binanın işlevini sürdürmesi, maliyetinin düşük olması, vb., avantajlara sahiptir. Bu çalışmada, deney sonuçlarına göre




belirlenecek boyutlardaki önceden üretilecek prekast panel halindeki perde duvarları uygulanacak yerde birbirlerine eklemek suretiyle, yapıya dıştan monte edilerek, depreme karşı koyabilecek ve yapıyı ayakta tutabilecek bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde; dışarıda prekast olarak üretilen perde duvarlar, bağlantı çubukları ile döşeme altı hatıllara ve ankraj çubukları ile temel hizasında sömellere bağlanması düşünülmüştür. Sistemin perde-döşeme birleşim yerinde kullanılan bağlantı çubuklarının en uygun sayısını tespit edebilmek için palnlanan perde duvar boyutu sabit tutularak 4, 5 ve 6'şar adet blonlar kullanılarak üç adet deney yapılmış, bağlantı ve birleşim yerlerinin performansları deneysel olarak belirlenmiştir.

2. MALZEME (MATERIAL)

2.1. Döşemede ve perde duvarda kullanılan betonun özellikleri (Properties of concrete used floor and shear wall)

Döşeme C16 sınıfında, perde duvarda ise C25 sınıfında betonlar kullanılmıştır [13,16]. Çizelge 2.1'de kullanılan betonun 28 günlük basınç dayanımları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Döşeme ve perde de kullanılan betonun 28 günlük basınç dayanımları(Compression strenghts of concrete of 28 days used in floor and shear wall)

	Kullanıldığı yer	Beton sınıfı	28 Günlük Silindirik Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
	4C16 Döşeme Betonu	C16	16,5
	4C16 Perde Betonu	C25	27,2
	5C16 Döşeme Betonu	C16	16,8
	5C16 Perde Betonu	C25	27,2
	6C16 Döşeme Betonu	C16	17,1
	6C16 Perde Betonu	C25	27,2

2.2. Döşemede ve perde duvarda kullanılan donatı özellikleri (Properties of reinforcement used in floor and shear wall)

Döşeme ve perde duvar üretilmesinde TS-4559'a uygun hasır donatı kullanılmıştır [14]. Hasır çelik cinsi Q188/188, açılımı ise 6d.6.150d.150'dir. Deneyde kullanılan hasır çelik Çetinel A.Ş. laboratuvarında yapılan deneyler sonucu belirlenmiş, özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Deney numunesinde; hatıl yüksekliği 200 mm ve döşeme kalınlığı 100 mm olarak belirlenmiştir. Döşemede $\phi 8$ 'lik, hatıllarda $\phi 14$ 'lük donatı kullanılmıştır. Hatıllarda kullanılan $\phi 8$ 'lik etriyeler 150 mm ara ile yerleştirilmiştir. Döşemede TS-708'de belirtilen özelliklere uygun nervürlü çelikler kullanılmıştır [15].

2.3. Birleşimde kullanılan çelik bağlantı çubuklarının özellikleri (Properties of blon used in construction joint)

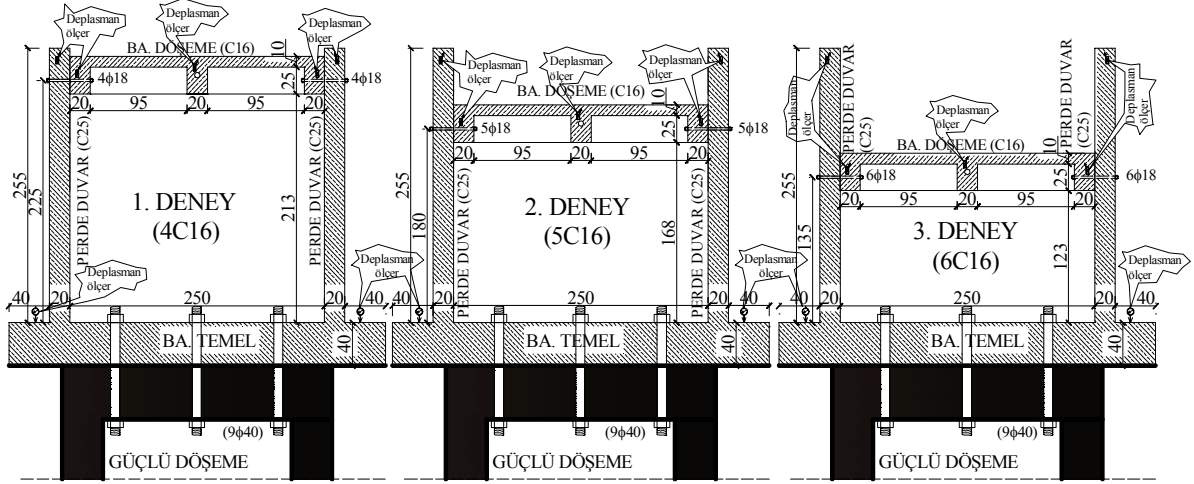
Deneyde perde duvar-hatıl bağlantısı için $\phi 18$ 'lik her iki tarafı da vidalı çelik çubuk kullanılmıştır (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Perde ve döşemede kullanılan donatıların özellikleri (Properties of reinforcement used in shear walls and floor)

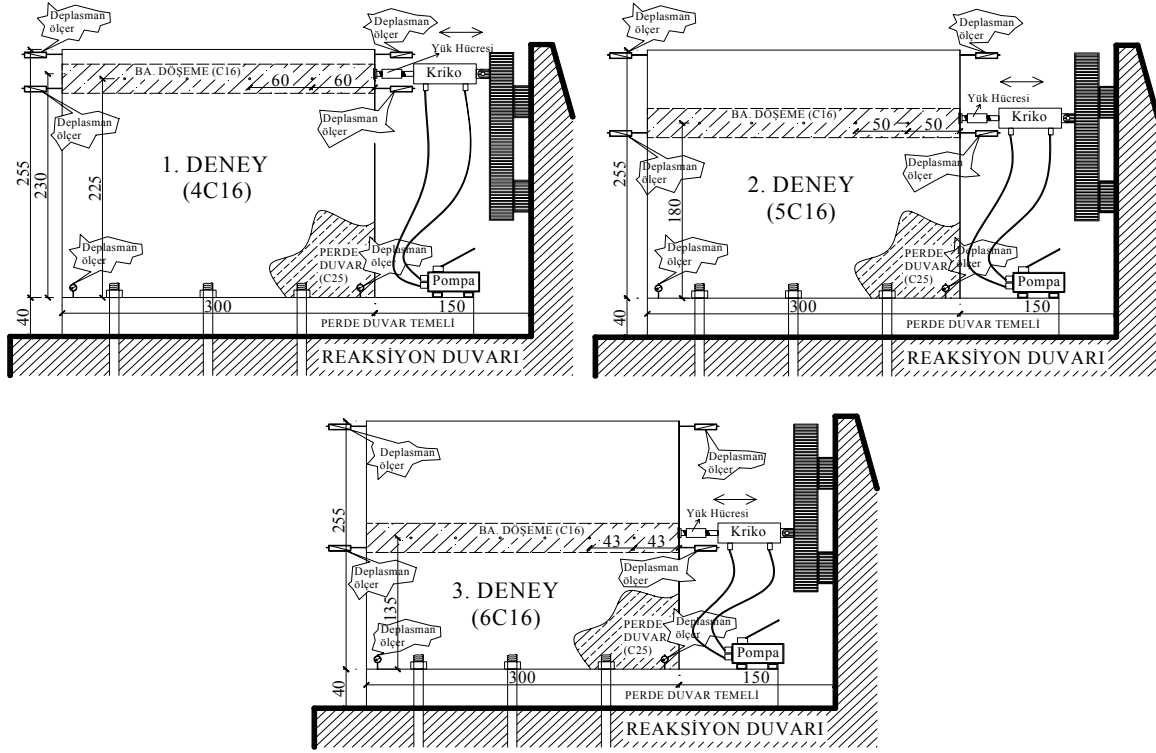
DONATI ÖZELLİKLERİ					
No	Anma Çapı (mm)	Çap (mm)	Akma (N/mm ²)	Çekme N/mm ²	Çekme /Akma Rm/Re
1	Ø8	8,1	548	764	1,39
2		8,1	533	766	1,44
1	Ø14	14	492	623	1,27
2		14	496	627	1,26
Bağlantı Çubuğu Dayanım Değerleri					
1	Ø18	18	453,22	551,32	1,22
2		18	460,38	552,6	1,2

Çizelge 2.2. Hasır çeliğin özellikleri (Properties of mesh steel)

HASIRIN		HASIR ÇUBUĞUN						AĞIRLIK			
TİPİ	Boy/Eni m	Aralığı		Çapı		Çıkıntısı		Alanı			
		Boy mm	En mm	Boy mm	En mm	Boy mm	En mm	Boy mm	En mm	m ²	Hasır
Q188/188	5,00/2,15	150	150	6	6	100/100	25/175	188	188	29,6	312,9
Çelik Hasır								ST1			
Min. akma sınırı						0,5 N/mm ²		0,220 N/mm ²			
Min. çekme mukavemeti						0,55 N/mm ²		0,340 N/mm ²			
Min. kopma uzaması						5%		18%			
Çubuk çapı						4-9 mm		8-28 mm			
Kaynak noktalarındaki makaslama kuvveti						30 Bs.Fe					



Şekil 2.2. Döşeme-perde birleşim yeri modeli (Model of joint place of floor –shear wall)



Şekil 2.2. Döşeme-perde birleşimi deney düzeneği (Experimental set up of floor-shear wall)

3. YÖNTEM (METHOD)

Deprem veya herhangi bir doğal afet esnasında yığma yapıda oluşacak yükleri yapıya dışarıdan eklenecek perde duvara taşıyabilmek için; döşeme hizasında yapılacak bağlantılarla perde duvarlara aktarılabilmesi düşünülmüş ve deney düzeneği de ona göre tasarlanmıştır. Dışarıda prefabrike olarak üretilmiş perde duvar ile dıştan güçlendirilmesi yapılmıştır. Bu yöntemde dıştan perde duvarı yığma yapıya katlar arasındaki taşıyıcı duvar üzerine gelen döşeme hatlarına Ø18 'lik blonlarla tesbiti düşünülmüştür. Araştırma tamamen deneysel gerçekleştirilmiştir [12]. Perde duvar ile katlar

arasındaki döşeme hatlı betonunun birleşimi Ø18'lik blonlarla yapılmıştır. Deney kurgulanırken perde duvarlar ve temel tek seferde üretilmiş, 3 adet döşeme perde duvarlar arasına ayrı ayrı üretilmiş ve 4 blonlu, 5 blonlu, 6 blonlu bağlantıları yapılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

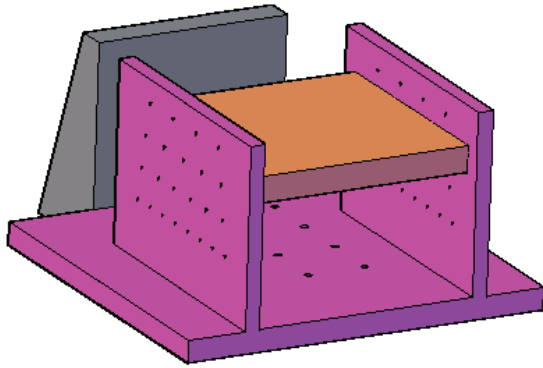
Deney elemanı boyutları ve yükleme düzeneği; Döşeme ve hatlıda; C16 betonu, Ø8'lik etriye, Ø6 çapında 150x150 mm açıklıkta hasır donatı, Ø14'lük boyuna donatı kullanılmıştır. Perde duvarda; C25 betonu, Ø8'lik etriye, Ø6 çapında 150x150 mm açıklıkta hasır donatı, Ø14'lük boyuna donatı kullanılmıştır.

1. deneyde 4 adet Ø18 bağlantı çubukları, 2. deneyde 5 adet Ø18 bağlantı çubukları 3. deneyde 6 adet Ø18 bağlantı çubukları kullanılmıştır. Üretilen perde duvar ve temel; Ø40 çapında 9 adet bağlantı çubuklarıyla güçlü döşemeye sabitlenmiştir. Perde duvarın döşeme hatılına bağlantı detayı Şekil 3.1'te gösterilmiştir. Deney elemanlarının numaralandırılması Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

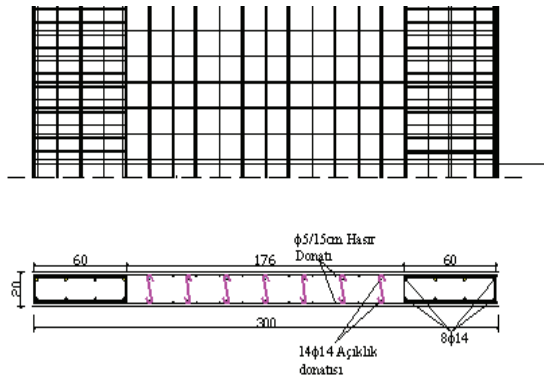
Çizelge 3.1. Deney Elemanı Numaralandırılması (Coding of testing element)

Kodlama	Açıklama
4C16	4 Blonlu C16 Beton Sınıfı
5C16	5 Blonlu C16 Beton Sınıfı
6C16	6 Blonlu C16 Beton Sınıfı

Döşeme-perde birleşimi deney düzeneği Şekil 3.2'de, Üç boyutlu görünümü Şekil 3.3'te, perde duvar donatı detayı Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Döşeme-perde birleşim yeri modeli 3D görünümü (Model of joint of floor-shear wall and view of three dimensions)



Şekil 3.4. Perde duvar donatı detayı (Details of shear wall reinforcement)

Perde duvarın kesmeye karşı dayanımı Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2 yardımı ile kesme kuvveti (V_r) hesaplanmıştır [17,18].

$$V_r = A_{ch} \times (0,65x f_{ctd} + \rho_{sh} \times f_{ywd}) \quad (3.1)$$

$$\rho_{sh} = \frac{2A_{\phi h}}{b_w \times s_h} \quad (3.2)$$

$$\rho_{sh} = \frac{2 \times (42 \times \frac{3,14 \times 6^2}{4})}{200 \times 3000} = 0,0039$$

$$V_r = (3000 \times 200) \times (0,65 \times 1,42 + 0,0039 \times 500)$$

$$V_r = 1723800 N = 1723,8 kN$$

Yukarıdaki eşitliklerde; V_r perde kesme dayanımını, f_{ctd} betonun tasarım çekme dayanımını, ρ_{sh} perde de yatay gövde donatılarının hacimsel oranını, f_{ywd} enine donatının tasarım akma dayanımını, A_{ch} boşluksuz perdenin en kesit alanını, s_h perde uzunluğunu ve b_w perde genişliğini göstermektedir. Bağlantı çubuklarının taşıma gücü kapasitesi Çizelge 3.2'de hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2. Perde ve döşemede kullanılan bağlantı çubuklarının kesit dayanımı (Cross section strenght of blon used in floor and shear wall)

Blon Sayısı	Kesit alanı (A_s) (mm^2)	Kesit dayanımı (F) (kN)
4 Blonlu	1017,36	371,33
5 Blonlu	1272,7	464,17
6 Blonlu	1526,04	557,00

Yukarıdaki eşitlikte F donatının kesit dayanımını, A_s donatikesit alanını, f_{yd} donatı akma dayanımını göstermektedir.

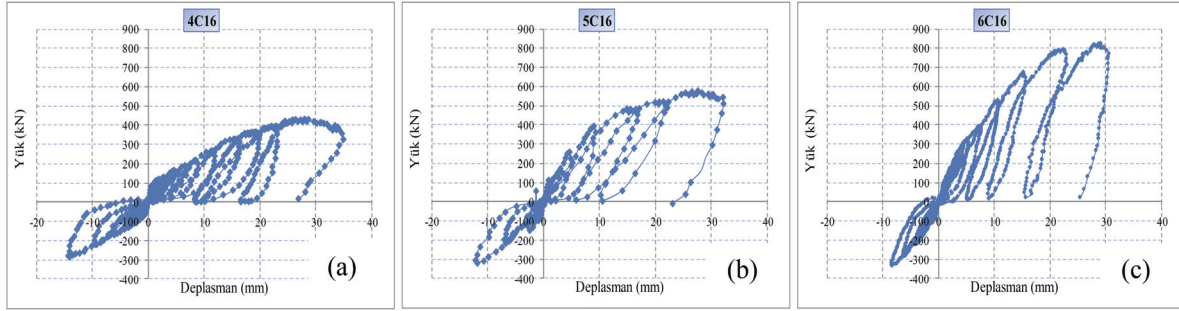
4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

4.1. Yük-Deplasman Ölçümlerinin

Değerlendirilmesi (Evaluation of measurements of load-displacement)

Modellenen birleşim deneylerinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Deney sırasında alınan yük ve deplasman ölçümlerinin genel değerlendirilmesi yapılmıştır.

4C16 Birleşim Deneyi: Yükleme yaklaşık 118 kN'a ulaştığında 2,50 mm'lik deplasman okunmuş ve ilk çatlaklar görülmüştür. Deney 200 kN'luk yüke kadar hem basma hemde çekme yönünde çift yönlü uygulanmıştır. 200 kN'dan sonra döşemede kılcal çatlakların arttığı görülmüş ancak hala birleşim yerleri yük almaya devam etmiştir. Yükleme basma yönünde devam edilmiş ve 428 kN'a kadar kademe kademe artırılarak yükleme yapılmıştır. Yük 428 kN'a geldiğinde numune artık yük almamış ve daha önce oluşan kılcal çatlaklar büyümeye başlamıştır. Yükleme 428 kN ulaştığında deplasman yaklaşık 28 mm'ye ulaşmıştır. Ayrıca bağlantı çubuklarının etrafındaki beton ezilmesinden dolayı bir miktar deplasmanın da arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.1(a)'daki grafikte görüldüğü üzere deney elemanında yük düşüşü olmuştur ve deney durdurulmuştur.



Şekil 4.1(a,b,c). Deneysel eleman yük-deplasman grafiği (Graphic of Load-displacement of experimental element)

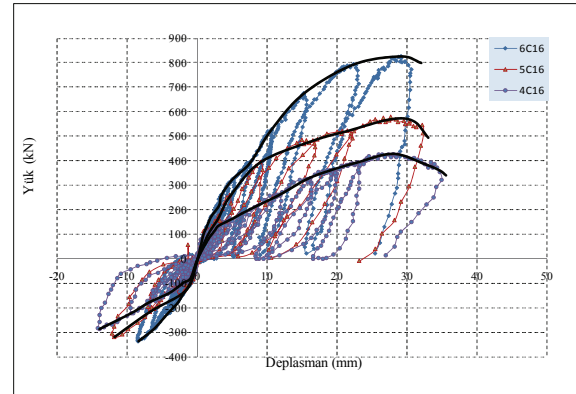
5C16 Birleşim Denevi: Yükleme yaklaşık 165 kN'a ulaştığında 3 mm'lik deplasman okunmuş ve ilk çatlaklar görülmüştür. Deneysel 320 kN'luk yüke kadar hem basma hemde çekme yönünde çift yönlü uygulanmıştır. 320 kN'dan sonra döşemede kılcal çatlakların arttığı görülmüş ancak hala birleşim yerleri yük almaya devam etmiştir. Yükleme basma yönünde devam edilmiş ve 570 kN'a kadar kademe kademe artırılarak yükleme yapılmıştır. Yük 570 kN'a geldiğinde numune artık yük almamış ve daha önce oluşan kılcal çatlaklar büyümeye başlamıştır. Yükleme 570 kN ulaştığında deplasman yaklaşık 27,63 mm'ye ulaşmıştır. Ayrıca bağlantı çubuklarının etrafındaki beton ezilmesinden dolayı bir miktar deplasmanın da arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.1(b)'deki grafikte görüldüğü üzere deneysel elemanda yük düşüşü olmuştur ve deneysel durdurulmuştur.

6C16 Birleşim Denevi: Yükleme yaklaşık 262 kN'a ulaştığında 3,50 mm'lik deplasman okunmuş ve ilk çatlaklar görülmüştür. Deneysel 320 kN'luk yüke kadar hem basma hemde çekme yönünde çift yönlü uygulanmıştır. 320 kN'dan sonra döşemede kılcal çatlakların arttığı görülmüş ancak hala birleşim yerleri yük almaya devam etmiştir. Yükleme basma yönünde devam edilmiş ve 827 kN'a kadar kademe kademe artırılarak yükleme yapılmıştır. Yük 827 kN'a geldiğinde numune artık yük almamış ve daha önce oluşan kılcal çatlaklar büyümeye başlamıştır. Yükleme 827 kN ulaştığında deplasman yaklaşık 30 mm'ye ulaşmıştır. Ayrıca bağlantı çubuklarında kopma uzaması oluşmasından ve bağlantı çubuklarının etrafındaki beton ezilmesinden dolayı bir miktar deplasmanın da arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.1(c)'deki grafikte görüldüğü üzere deneysel elemanda yük düşüşü olmuştur ve deneysel durdurulmuştur.

Perde-döşeme birleşim deneysel elemanlarının yük-deplasman grafiği toplu gösterimi Şekil 4.2'de verilmiştir.

Mevcut laboratuvar şartlarında yük ölçümü için deneysel kullanılan 1000 kN basma, 500 kN çekme kapasiteli yük hücresi kullanılmasına rağmen çekme uygulanırken yaklaşık 400 kN'dan yukarı

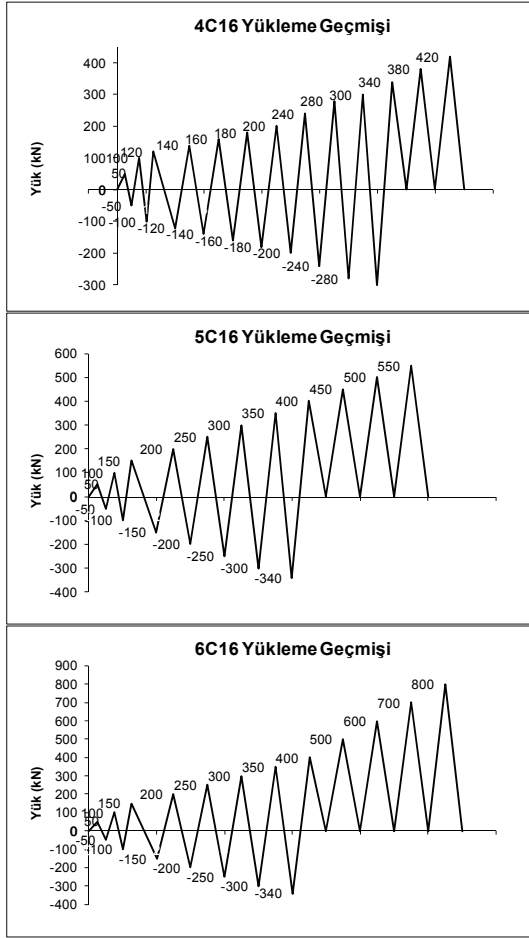
çıkamamıştır. Bu sebeple deneysel yükleme itme yönünde 900 kN'a kadar ulaşırken, Çekme yönünde 400 kN'u geçememiştir. Deneysel bu şekilde devam edilmiştir. Deneysel düzeneğinin yapılan deneysel uygulanan yüklerin yükleme geçmişi Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Perde-döşeme birleşimi yük-deplasman grafiği toplu gösterimi (Total view of Load-displacement graphic of joint of floor and shear wall)

4.2. Enerji tüketim Kapasitesinin Değerlendirilmesi (Evaluation of energy consumption capacity)

Deneysel elemanlarının enerji tüketim kapasiteleri, yük-deplasman eğrilerinin altında kalan alana eşit olduğu kabul edilmektedir. Ancak toplam enerjinin değişmediğine yalnız başka enerjilere dönüştüğü fiziğin bilinen temel esaslarından biridir. Bu nedenle böyle bir sistem üzerine gelen enerjinin bir kısmını deformasyon enerjisine dönüştürerek tüketir. Dönüşebilen enerji plastik bölgenin uzunluğu ile genelde doğru orantılıdır. Bu sebeple taşıyıcı sistem elemanlarının enerji tüketim kapasiteleri oldukça önemlidir. Enerji yapılan işe, iş ise kuvvet ile duruma göre alınan yolun çarpımına eşittir. Buradan yola çıkarak deneysel elemanlarının enerji tüketim kapasiteleri elemana ait yük-deplasman grafiğinin maksimum yükle kaplanmış olduğu alanda bulunmuştur. Çizelge 4.1'de perde-döşeme hatlı birleşim yeri enerji yutma kapasiteleri gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Deney elemanı yükleme geçmişi toplu gösterimi (Total view of experimental element loading background)

Çizelge 4.1. Perde-Döşeme hatılı birleşim yeri enerji yutma kapasitesi (Capacity of energy consumption of joint of floor and shear wall)

Deney Elemanı Adı	Max. P_u (kN)	Merkezi çökme (mm)	Enerji tüketme kapasitesi (kNmm)
4C16	427,75	35,5	1055,74
5C16	570	30,88	1373,28
6C16	826,31	32	1885,45

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre yük-deplasman ilişkisi ve enerji yutma kapasiteleri incelenmiştir. Modellenen perde-döşeme hatılı birleşim deneylerinde mevcut yapılarda çok sık karşılaşılan beton kalitesini temsili amacıyla beton sınıfı olarak C16 betonu kullanılmıştır. 4C16 deney elemanı üretilmiş ve deneyi yapılmıştır. Maksimum yük 428 kN olarak okunmuş buna karşılık yaklaşık 28 mm deplasman gerçekleşmiştir. 5C16 deney elemanı deneyi sonucunda; Maksimum yük 570 kN olarak okunmuş. Buna karşılık 27,63 mm deplasman gerçekleşmiştir. 6C16 deney elemanı deneyi sonucunda; Maksimum yük 827 kN olarak okunmuş, buna karşılık 30 mm deplasman gerçekleşmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda bağlantı çubuğunun 4, 5 ve 6 adet kullanıldığında yük taşıma kapasitesinin belirli oranlarda arttığı gözlenmiştir. Ancak ötelenmede belirgin farklılık olmamıştır.

Tüm deneylerde kullanılan bağlantı çubuklarının akma yükü dayanımına kadar ulaşılmadan döşeme hatılında gerçekleşen ezilmeler ve çatlaklar görülmüştür. Oluşan hasarlardan dolayı deney sonlandırılmıştır. Birleşimde kullanılan bağlantı çubuklarının sayısı arttıkça yük alma kapasitesi artmıştır. Ancak ötelenme de çok fazla değişiklik olmamıştır.

Yapılan deneyler sonucunda oluşturulan yük-deplasman grafiğinden faydalanılarak enerji yutma kapasitesi hesaplanmıştır. Birleşim yerinin bağlantı çubuğu sayısına bağlı olarak taşıdığı yük artsada deplasman 27 ile 30 mm arasında kalmıştır. Buna göre 6C16 deney modeli 1885,45 kNmm'lik kapasiteyle en yüksek değere ulaşmıştır. Birleşimde kullanılan perde duvar boyutuna bağlı kalarak birleşim için gerekli en uygun blon sayısının 6C16 deney modelindeki gibi 6 adet bağlantı çubuğu yeterli olmaktadır.

6. SEMBOLLER (SYMBOLS)

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

Simgeler

- ρ_{sh} : Perde de yatay gövde donatılmasının hacimsal oranı (min: 0,0025)
- bw : Perdenin gövde kalınlığı
- A_{ch} : Boşluksuz perdenin en kesit alanı
- Δ : Rölatif yer değiştirme
- f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
- f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
- f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
- f_{ywd} : Enine donatının tasarım akma dayanımı
- V_F : Perde kesitinin kesme dayanımı
- V_t : Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
- A_s : Çekme donatısı kesit alanı

7. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmada 07/2009-36 kodlu "Dıştan Perde Duvar Güçlendirmelerinde Blonlu Perde-Hatıl Birleşim Yerlerinde Blon Sayısının Araştırılması" konulu çalışmayı destekleyen Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Müdürlüğüne ve Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi tanıtım yayın personeline teşekkürlerimi sunarım.

8. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Benetti, D., Carydis, P., Limongelli M.P; "Evaluation of the seismic response of masonry buildings based on energy functions", **Earthquake Engineering and Structural Dynamics**, 30: 1061-1081, 2001.
2. Corradi, M. ve ark., "Experimental study on the determination of strength of masonry walls", **Science Direct, Construction and Building Materials**, 17(5): 325-337, 2003.
3. Arun, G., "Behaviour of masonry structures", **YDGA 2005-Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı**, Middle East Technical University, Ankara, 84-89, 2005.
4. Tomazevic, M., Lutman, M., Bosiljkov, V., "Robustness of hollow clay masonry units and seismic behavior of masonry walls" **Science Direct, Construction and Building Materials**, 20 (10): 1028-1039, 2006.
5. Kanit, R. ve ark., "Depreme maruz yığma duvarın kırılması ve deprem yönetmeliğinin irdelenmesi", **Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi**, Antalya, 232-240, 2005 (In Turkish).
6. Kanit, R., Atımtay, E., "Experimental Assessment of the Seismic Behavior of Load-Bearing Masonry Walls Loaded Out-of-Plane" **Turkish J. Eng. Env.Sci.**, 30: 101-113, 2006.
7. Batur, A., "Donatısız yığma binaların yatay yükler altındaki davranışı ve bazı ülkelerin şartnamelerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 57-66, 1999 (In Turkish).
8. Carley, P., Myers, J.J., "Shear and flexural strengthening of masonry infill walls with FRP for extreme out-of plane loading", **Proceedings of the Architectural Engineering 2003 Conference**, September, Austin, Texas 1-14, 2003.
9. Zarnic, R., Gostic, S., Crewe, A.J., Taylor, C.A., "Shaking table tests of 1/4 reduced-scale models of masonry unfilled concrete frame buildings", **Earthquake Engineering and Structural Dynamics**, 30: 819-834, 2001.
10. Corradi, M., Tedeschi, C., Binda, L., Borri, A., "Experimental evaluation of shear and compression strength of masonry wall before and after reinforcement: Deep repointing", **Construction and Building Materials**, 22: 463-472, 2008.
11. Franch, K., A., G., Morbelli, G., M., G., Inostroza, M., A., A., Gori, R., E., "A seismic vulnerability index for confined masonry shear wall buildings and a relationship with the damage", **Engineering Structures**, 30: 2605-2612, 2008
12. TS 7720-1, "Horizontal Joints Between Load - Bearing Walls and Concrete Floors - Laboratory Mechanical Tests - Effect of Vertical Loading and of Moments Transmitted By The Floors", **Turkish Standards Institute**, Ankara, 1-12, 1989.
13. TS EN 13139, "Aggregates for mortar", **Turkish Standards Institute**, Ankara, 10-39, 2005.
14. TS 4559/T3, "Steel Mesh for Concrete", **Turkish Standards Institute**, Ankara, 1-20, 2007.
15. TS 708/T "Steel for the reinforcement of concrete - Reinforcing steel", **Turkish Standards Institute**, Ankara, 1-19, 2007.
16. TS 1247, "Mixing, Placing and Curing of Concrete (Normal Weather Conditions)", **Turkish Standards Institute**, Ankara, 20-39, 1984.
17. "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", **T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi**, Ankara, 86-159, 2007.
18. TS 500/T2, "Requirements for design and construction of reinforced concrete structures", **Turkish Standards Institute**, Ankara, 1-50, 2002.
19. Shedid, M., T., Dakhkhni, W., W., E., Drysdale, R., G., "Behavior of fully grouted reinforced concrete masonry shear walls failing in flexure: Analysis", **Engineering Structures**, 31(9): 2032-2044, 2009.
20. Kanit, R., Analytical And Experimental Assessment Of Seismic Behavior Of Masonry Walls Subject To Out-Of-Plane Forces, **J. of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 22 (2): 441-449, 2007.