ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ
B- TEORİK BİLİMLER

Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B- Theoritical Sciences

2018, Cilt:6 - syf. 133 - 140, DOI: 10.20290/aubtdb.489940
4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı Özel Sayısı

DOLGU DUVARLARIN DÜZLEM DIŞI YÖNDE HAVA YASTIĞI İLE DENEYİ

İsmail Ozan DEMİREL [1,*], Ahmet YAKUT [1], Barış BİNİCİ [1]

[1] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Dolgulu betonarme çerçevelerin sismik yükler altında tepkileri, deprem mühendisliğinin ilgi konusu olmuştur. Düzlem içi tepkiyi ideal hale getirmek için basit basınç çubuk modelleri önerilmiş olmasına rağmen, dolgu duvarlarının düzlem içi katkısı ancak düzlem dışı stabilitesi olması durumunda mümkündür. Yanal yer değiştirmelerin göçme durumunu tayin ettiği düzlem içi davranışın aksine, düzlem dışı göçme durumu depreme bağlı atalet kuvvetleri tarafından tetiklenir ve yük kontrollüdür. Bu çalışmada, sıvalı ve sıvasız geleneksel tuğla dolgu duvarlarının düzlem dışı tepkileri araştırılmıştır. Buna ek olarak, bağ telleriyle dolgu duvarın her iki yüzüne çift taraflı olarak tutturulmuş hasır teller vasıtasıyla düzlem dışı davranışı iyileştirmek için yeni bir sistem önerilmiştir. Bu amaçla ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuarı' nda, betonarme çerçeve içerisinde ki dolgu duvara düzlem dışı yönde deprem yüklerini taklit edecek şekilde sabit basınç uygulamak üzere hava yastığı kullanılan bir deney düzeneği kurulmuştur. Yarı ölçekli betonarme çerçeveler imal edilerek yatay delikli tuğlalarla duvar örülmüştür. Malzeme ve duvar parçası deneyleri yapıldıktan sonra, duvarlar düzlem dışı doğrultuda göçene kadar hava yastığı ile itilmiştir. Artırılan düzlem dışı deplasmana karşılık duvarın yer değiştirme profili, çatlakların yayılımı ve düzlem dışı doğrultuda duvarın kapasitesi kayıt altına alınmıştır. İki taraflı hasır tel takviyesi düzlem dışı kapasiteyi %80 oranında arttırmış, göçmenin oldukça ani ve gevrek olduğu geleneksel duvar davranışını sünek bir hale getirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dolgu duvar, Betonarme çerçeve, Düzlem dışı test, Hava yastığı, Hasır tel

EXPERIMENTAL TESTING OF INFILL WALLS IN OUT-OF-PLANE DIRECTION WITH AIRBAG

ABSTRACT

Seismic response of infilled reinforced concrete (RC) frames has been a topic of interest for earthquake engineering community. Although simple compressive strut models were proposed to idealize in-plane (IP) response, IP contribution of infill walls is only possible if out-of-plane (OOP) stability is satisfied. Unlike IP response where lateral displacements control the failure, OOP failure is triggered by inertial forces induced by earthquake and failure is force controlled. In this study, OOP response of traditional brick masonry walls constructed with and without plaster has been investigated. Additionally, a new system is proposed to improve OOP response by means of light mesh reinforcement attached bilaterally at both sides of the wall via the tie wires. For this purpose, an experimental setup is constructed at METU Structural Mechanics Lab where airbag is utilized to apply constant pressure on the wall in the OOP direction. A half scale RC frame is constructed and infilled with horizontally perforated brick masonry. After material and prism tests were conducted, walls are pushed in OOP direction with airbag up to failure. Displacement profile, crack propagation and OOP force with respect to increasing OOP displacements were monitored. Bilateral mesh reinforcement not only increased OOP capacity by 80%, but also changed the traditional infill wall response from brittle to ductile.

Keywords: Infill wall, Reinforced concrete frame, Out of plane testing, Airbag, Wire mesh

1. GİRİŞ

Dolgu duvarlar dünyada ve ülkemizde betonarme binalarda sağlıklı iç mekanlar oluşturmak, ses ve ısı izolasyonu sağlamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Prizini almış betonarme çerçevelerin içine örüldüğü için dolgu duvarların düşey yükler altında taşıyıcı sisteme katkısı yoktur. Fakat deprem yükleri altında dolgu duvarlar düzlem içinde ve düzlem dışında oluşan yük ve deplasman taleplerine karşı direnç gösterirler. Düzlem içi yüklerde döngüsel yanal ötelenme sonucu betonarme çerçeveler sürekli şekil değiştir. Çapraz doğrultulardan biri uzarken diğeri kısalır. Dolgu duvarlar çekme yönünde

*Sorumlu Yazar: odemirel@metu.edu.tr
Geliş: 23.03.2018 Kabul:01.08.2018

kolayca çerçeveden ayrılırken basma yönünde basınç çubukları oluşur. Düşük ötelenme seviyelerinde basınç çubukları yanal yükleri karşılamada ve yanal rijitliği artırmada betonarme çerçeveye yardımcı olur. Düzlem içi ötelenme seviyesi arttıkça duvarlar çatlayarak dayanımını yitirir ve deprem talepleri betonarme elemanlar tarafından karşılanır. Dolgu duvarların yapının yanal rijitliğine ve taşıma gücüne katkı sağlayabilmesi için düzlem içi ötelenme seviyesinin düşük olmasının yanında düzlem dışı stabilitenin de korunması gerekir.

Dolgu duvarların düzlem içi hasarı dolgu duvarı çevreleyen betonarme çerçevenin yanal ötelenmesiyle alakalıdır, düzlem dışı kapasite ise duvarın maruz kaldığı ivme ve daha önce duvarda oluşan düzlem içi hasarla ilgilidir [1, 2]. Düzlem içi hasarın düzlem dışı kapasiteye olan etkisi güncel bir araştırma konusu olmakla birlikte [3, 4] bu çalışmada düzlem dışı davranış tek başına ele alınacaktır. Dolgu duvarların düzlem dışı yönde maruz kaldığı yükler düzlem içi yüklemenin aksine duvarın ataletine bağlıdır ve yük esaslıdır. Eğer duvarın kemerlenme etkisiyle oluşturduğu düzlem dışı dayanım, duvara etkiyen ivmenin oluşturduğu atalet kuvvetlerinden küçükse duvarın düzlem dışı stabilitesi kaybolmaktadır. Düzlem dışı göçmeler insan hayatını doğrudan tehdit etmesinin yanında duvarların düzlem içi katkılarından faydalanılamaması, binanın rijitlik merkezinin kaymasıyla dinamik özelliklerinin değişmesi, yumuşak kat ve zayıf kat göçmelerinin tetiklenmesi gibi dolaylı yollarla bina davranışını olumsuz yönde etkilemektedir. 2011 yılında gerçekleşen Van depreminde [5] dolgu duvarların düzlem dışı göçmesiyle ilgili birçok vaka saptanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Mw=7.2 Van depremi düzlem dışı dolgu duvar hasarları

Dolgu duvarlar Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde [6] yapısal olmayan elemanlar olarak düşünülerek bina davranışına olan olumlu ve olumsuz katkıları ihmal edilmiştir. Eurocode 8'de [7] ise dolgu duvarların düzlem dışı stabilitesinin kontrolü için düzlem dışı yük talebiyle duvarın düzlem dışı yük taşıma kapasitesinin karşılaştırıldığı basit bir yöntem önerilmiştir. Düzlem dışı doğrultuda depremin dolgu duvarların merkezinde oluşturduğu en yüksek sismik moment aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$M_a = 0.125 \times \frac{S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a \cdot h}{q_a} \quad (1)$$

Bu formülde W_a duvarın ağırlığı, γ_a önem katsayısı, q_a davranış katsayısı, h duvar yüksekliği, S_a yapısal olmayan elemanlar için duvar merkezinde oluşan ivmeyi gösteren sismik katsayıdır. Eurocode 8 bölüm 4.3.5.2`de S_a değerini bulmak için zemin doruk ivmesinin zemin ve dinamik büyütme katsayılarıyla çarpılarak bulunduğu basitleştirmiş bir formül daha tanımlanmıştır.

Duvarın düzlem dışı kapasitesi ise iki farklı yaklaşımla bulunabilir. İki yöntemde de düzlem dışı yükler altındaki dolgu duvar düzgün yayılı yüklü basit mesnetli kiriş olarak basitleştirilmiştir. Duvar

numunelerine eğilme deneyi yapılması durumunda Eurocede6' da [8] tanımlanan aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$M_r = f_x \cdot Z \tag{2}$$

Bu formülde f_x eğilme deneyine göre hesaplanan eğilme dayanımı, Z ise kesit modülüsüdür. Alternatif olarak dolgu duvarın düzlem dışı yönde sehim yaparak betonarme kirişler arasında kemer oluşturduğu ve kemerin kapasitesine merkezde oluşan mafsalla ulaşıldığı hipotezine dayanan kemerlenme dayanımı kullanılabilir:

$$M_r = 0.09 \cdot t^2 \cdot L \cdot f_m \tag{3}$$

Bu formülde t duvar kalınlığı, L duvar genişliği, f_m ise duvarın basınç dayanımıdır.

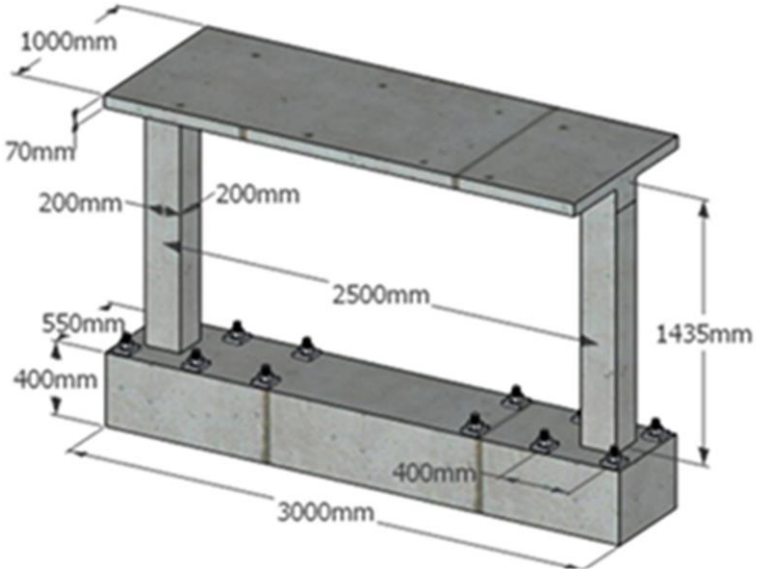
Düzlem dışı kapasite kontrolü yapılırken önce Denklem 1 kullanılarak kontrol edilecek duvarın sismik moment talebi bulunmalıdır. Daha sonra Denklem 2 veya Denklem 3 kullanılarak duvarın düzlem dışı moment kapasitesi bulunur. Moment kapasitesinin moment talebiyle karşılaştırılmasıyla duvarın düzlem dışı güvenliği tayin edilebilir.

Dolgu duvarların düzlem dışı stabilitesini derinlemesine incelemek için ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuarı' nda, betonarme çerçeve içerisindeki dolgu duvarlara düzlem dışı yönde deprem yüklerini taklit edecek şekilde sabit basınç uygulamak üzere hava yastığı kullanılan bir deney düzeneği kurulmuştur. Yarı ölçekli tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçeveler imal edilerek yatay delikli tuğlalarla örülen sıvasız ve sıvalı duvarlar düzlem dışında hava yastığıyla tek yönlü olarak kapasitelerine ulaşana kadar itilmiştir. Daha sonra düzlem dışı kapasiteyi artırmak üzere duvara delinen deliklerden geçirilen bağ telleriyle duvarın her iki yüzüne yerleştirilen hasır çit tellerin birbirine tutturulduğu bir yöntem önerilmiştir ve denenmiştir. Deneyler sırasında duvarların 15 farklı noktasından düzlem dışı deplasman kaydı alınmıştır.

2. DENEY NUMUNELERİ

Türkiye' de yapılan bir araştırma, betonarme binaların %90'ında dolgu malzemesi olarak tuğla kullanıldığını göstermektedir [9]. Yapı stoğumuzu yansıtması amacıyla Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yüksek süneklik seviyesine göre tasarlanan yarım ölçekli betonarme çerçevenin (Şekil 2) içine %60 boşluk oranına sahip yatay delikli tuğla ve kireçli çimento harcı kullanılarak duvar örülmüştür. Tuğlanın nominal basınç dayanımı düşey ve yatay doğrultularda sırasıyla 3 MPa ve 10 MPa olarak ölçülmüştür. Duvarda ve sıva olarak kullanılan harcın basınç dayanımı ise 5 MPa' dır.

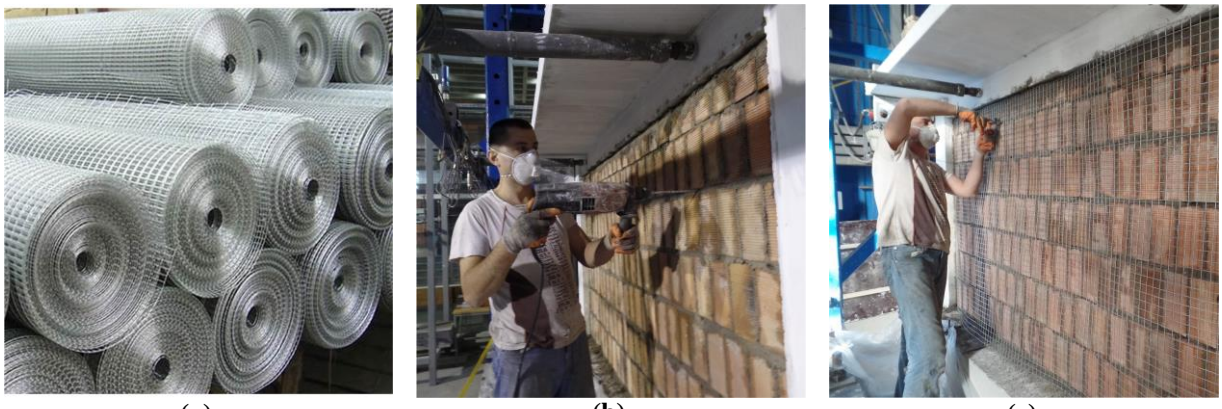
Birinci deney numunesi (DN-1) boşluklu yatay tuğla ve çimento harcıyla örülmüştür. Kiriş ile duvar arasında kalan boşluk harç ile kapatılmıştır. İkinci deney numunesi (DN-2) birinciyle aynı şekilde örüldükten sonra duvarın her iki yüzüne 1 cm kalınlığında sıva uygulanmıştır. Üçüncü numune (DN-3) dolgu duvarın düzlem dışı göçme dayanımını artırmak için hasır çelik tel ile güçlendirilmiştir. Dolgu duvarların düzlem dışı yüklere karşı güçlendirilmesiyle ilgili yapılan çalışmaları ElGawady beş başlıkta sınıflandırmıştır: Yüzey uygulamaları, çimento şerbeti ve epoksi enjeksiyonu, dışarıdan donatı takviyesi, betonarme düşey hatıllarla kuşatma ve ard germe [10]. Bu çalışmada uygulanan yöntem her ne kadar dışarıdan donatı takviyesi kategorisinde gözükse de tipik hasır donatıyla güçlendirme yöntemlerinin aksine hasır çelik tel betonarme çerçeveye tutturulmamış, duvarın iki yüzünden karşılıklı olarak bağ teli ile birbirine bağlanmıştır. Uygulamanın amacı dolgu duvarı ileri ötelenme seviyelerinde tek parça olarak tutarak duvarın düzlem içi ve düzlem dışı yatay yüklere karşı direncini artırmak ve ilerleyen ötelenme seviyelerinde gevrek kırılmayı önlemektir.



Şekil 2. Betonarme deney çerçevesi

Uygulaması oldukça basit olan yöntem için 25mm göz aralığına sahip, 2mm çapında hasır çit telleri kullanılmıştır. Betonarme çerçevenin içerisine duvar örüldükten sonra harç derzlerine matkapla delikler açılmıştır. Rulo halinde satılan çit telleri duvarın boyutlarına göre kesilip duvarın her iki yüzüne duvara delinen deliklerden geçen bağ telleriyle karşılıklı olarak tutturulmuştur (Şekil 3). Daha sonra duvarın her iki yüzüne 1 cm kalınlığında sıva uygulanmıştır.

Deney çerçevesinin içerisine duvarlar örülmeden önce döşeme yüklerini temsil eden ağırlık blokları yerleştirilmiş ve kirişin düşey yükler altında sehim yapmasına izin verilmiştir. Daha sonra duvar örülmüş ve harcın dayanım kazanması için beklenmiştir. Belirli aralıklarla kırılan harç numuneleri istenilen dayanıma ulaştığında duvar hava yastığıyla düzlem dışına itilerek gerekli ölçümler alınmıştır.



(**a**) (**b**) (**c**)

Şekil 3. Karşılıklı hasır tel takviyesi: (a) Galvanizli hasır tel; (b) Duvar örüldükten sonra matkapla delik açılması; (c) Duvarın iki yüzündeki hasır tellerin bağ telleriyle birbirine tutturulması.

3. DENEY DÜZENEĞİ

ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda dolgu duvarlara düzlem dışı deprem etkilerinin düzgün yayılı yüklerle uygulanması için hava yastığı kullanılan bir yükleme düzeneği inşa edilmiştir. Betonarme

deney çerçevesi zemine 12 adet bulon ile sabitlenmiş, düzlem dışı yüklerin etkisinde eğilmemesi için döşeme seviyesinden desteklenmiştir. Hava yastığı sırasıyla kaymayı önleyici kaplama, plywood, H20 ahşap kirişler ve kutu profillerden oluşan bir düzenekle desteklenmiştir. Bu düzenek hava yastığını deney öncesinde duvara yaklaştırmak için iki ucu mafsallı bir hidrolik piston ve toplam yatay yükün tayin edilmesi için bir adet yük hücresiyle destek çerçevesine bağlanmıştır. Düzeneğin stabilitesini sağlamak için altına kayar mesnet ve denge ağırlıkları yerleştirilmiştir (Şekil 4). Yükleme hava yastığının içindeki hava basıncının kontrollü olarak artırılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Düzlem dışı yüklere ek olarak düşey yükler kolonların üzerinde düşey doğrultuda yerleştirilen hidrolik pistonlarla ve döşeme üzerine yerleştirilen çelik ağırlık bloklarıyla temsil edilmiştir. Düzlem dışı yüklemeden önce düşey yönde kolonlar basınç kapasitelerinin %17.5' ine kadar yüklenmiştir. Deney düzeneği ve deney numuneleriyle ilgili detaylara ilgili yayınlardan ulaşılabilir [11, 12].



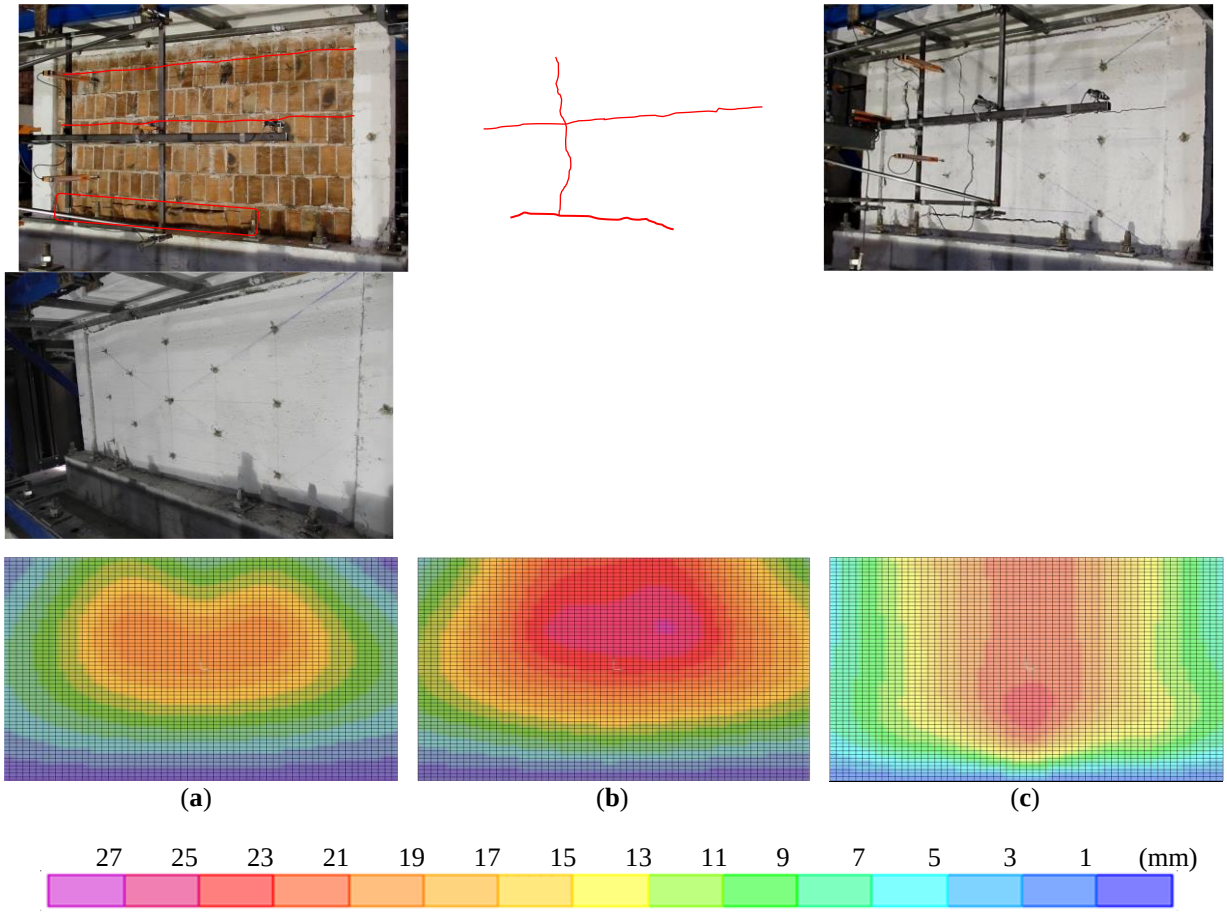
Şekil 4. Deney düzeneği

Deney süresince dolgu duvarın düzlem dışı hareketini takip etmek için 15 adet lineer cetvel kullanılmıştır. Düzlem dışı yükleme duvarlar göçene kadar devam ettirilmiş, göçme esnasında hasar vermemek için lineer cetveller deney numunesinden 1.5m uzağa yerleştirilen bir platforma sabitlenmiş, ölçüm alınacak noktalara epoksi ile ekilen tijlere piano telleriyle bağlanmıştır.

4. DENEY BULGULARI

Düzlem dışı yüklemeye duvarların ilk tepkisi yatayda ve düşeyde düzgün yayılı yüklü basit mesnetli kirişler gibi sehim yaparak iki yönde kemerlenme etkisiyle direnç göstermek olmuştur. Doğrusal olarak artan yük deplasman ilişkisi duvarların ortasında boydan boya uzanan yatay bir çatlağın oluşmasıyla bozulmuştur. İlk çatlağın oluşmasından sonra hızla artan deplasman taleplerine karşılık yükün artım hızı yavaşlamıştır. Bu aşamadan sonra numunelerin göçme mekanizmalarında farklılıklar gözlenmiştir. Sıvasız numune (DN-1) alt sıradaki tuğlaların basınç altında ezilmesiyle düşey yönde üç mafsallı kemer mekanizması oluşturarak yıkılmıştır. Sıvalı numunede (DN-2) ortada oluşan yatay çatlaktan sonra önce düşey yönde bir çatlak oluşmuş daha sonra sıvasız numuneye benzer şekilde alt sıra tuğlaların ezilmesiyle yıkılmıştır. Hasır tel ile güçlendirilen numune (DN-3) ise diğerlerinden farklı olarak yatay yönde oluşan kemerlenme ile göçme durumuna ulaşmıştır. DN-1 ve DN-2 ani ve yıkılarak göçerken, DN-3 artan deplasman talpleri altında yıkılmadan, güç tükenmesi yaşayarak göçmüştür. Göçme durumunda her üç numuneden alınan düzlem dışı deplasman kayıtları kullanılarak

çizilen deplasman konturları ve göçme durumunda çekilen fotoğraflar da bu gözlemleri doğrulamaktadır (Şekil 5).



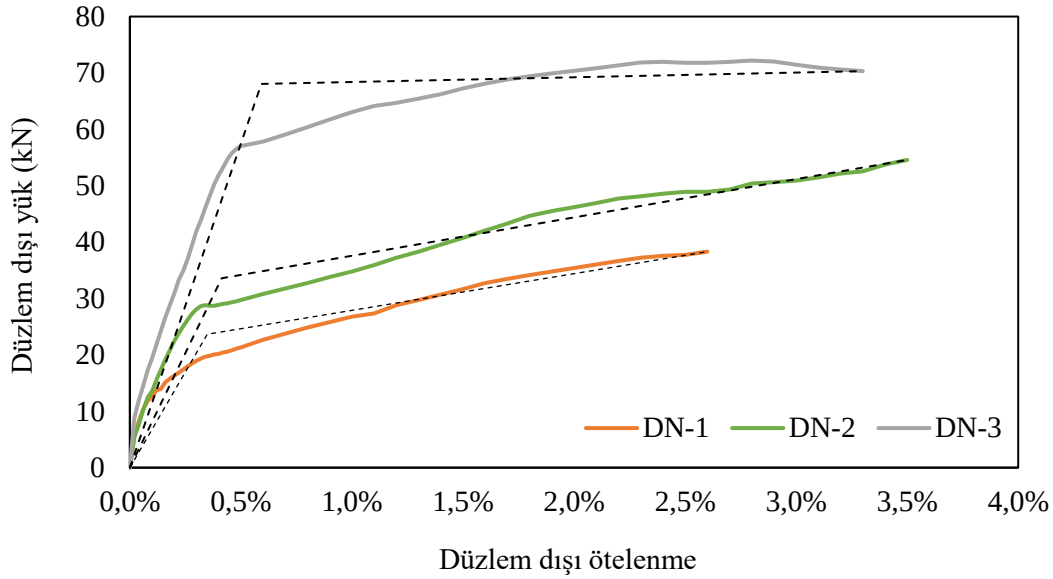
Şekil 5. Göçme durumu düzlem dışı hasarı ve yer değiştirme konturları: (a) DN-1; (b) DN-2; (c) DN-3

Dolgu duvarların düzlem dışı davranışını yük ötelenme eğrileriyle ifade edilmiştir. Yük değerleri hava yastığını destekleyen düzeneğe iki ucu mafsallı şekilde bağlanan yük hücresiyle ölçülmüştür. Ötelenme değeri ise dolgu duvarın merkezinden alınan deplasman ölçümünün duvarın merkezinin tabandan yüksekliğine bölünerek hesaplanmıştır. Yük – ötelenme eğrileri FEMA 356'ya [13] göre çift doğrusallaştırılmıştır (Şekil 6).

Deney numunelerinin çift doğrusallaştırılmış yük – deplasman parametreleri Tablo 1' de gösterilmiştir. Bu tabloda d_y ve d_u duvar merkezinde sırasıyla çatlama ve göçme deplasmanlarını, f_y ve f_u duvar çatlama ve göçme dayanımlarını göstermektedir.

Tablo 1. Çift doğrusallaştırılmış yük-deplasman davranış parametreleri

Deney Numunesi	d_y (mm)	d_u (mm)	f_y (kN)	f_u (kN)	du/dy	fu/fy
DN-1	2.5	16.9	24.2	38.3	6.7	1.6
DN-2	2.3	22.8	32.7	54.6	9.7	1.7
DN-3	4.1	21.5	68.9	70.3	5.2	1.0



Şekil 6. Düzlem dışı yük-ötelenme eğrileri

5. SONUÇ

Dolgu duvarların düzlem dışı davranışını incelemek amacıyla yarı ölçekli, tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçevenin içine boşluklu yatay tuğla ile örülen sıvasız (DN-1), sıvalı (DN-2) ve hasır çelik takviyeli (DN-3) dolgu duvarlar hava yastığı marifetiyle düzlem dışı doğrultuda itilmiştir. DN-1 ve DN-2 önce duvarın ortasından yatay doğrultuda boydan boya çatlamış, sonrasında alt sıra tuğlaların ezilmesiyle üç mafsallı kemer mekanizması oluşturarak yıkılmıştır. Hasır çelik takviyesi uygulanan DN-3' de ise göçme mekanizması değişmiş, yatay yönde kemerlenmeyle göçme durumuna ulaşılmıştır.

Sıvasız numune ile karşılaştırıldığında sıvalı numunenin kapasitesi %40, hasır çelik tavsiyesiyle güçlendirilen numunenin kapasitesi %80 oranında artmıştır. İki taraflı hasır tel takviyesi düzlem dışı kapasiteyi artırmanın yanında, göçmenin oldukça ani ve gevrek olduğu geleneksel duvar davranışını sünek bir hale getirmiştir. Yeni yapılan ve mevcut binalara uygulanabilecek hasır tel takviyesi düzlem-dışı doğrultuda düşük ötelenme taleplerinde çatlak oluşumunu engellemiş, ilerleyen ötelenme taleplerinde ise duvarın bütünlüğünü koruyarak kemerlenme davranışını sürdürmesini sağlamıştır.

Düzlem içi hasarın düzlem dışı davranışa olan olumsuz etkilerinin irdelenebileceği, düzlem içi ve düzlem dışı doğrultuda eş zamanlı yüklemelerin dikkate alındığı deneyler yapılarak sonuçların desteklenmesi düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Avrupa Komisyonu' nun INSYSME "Betonarme binalarda depreme dayanıklı yığma duvarlar için yaratıcı sistemler" araştırma projesi, 2013-2016 kapsamında, TUKDER tarafından finanse edilmiştir. ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarı personeli Hasan Metin, Osman Keskin, Murat Demirel, Barış Esen ve Salim Azak' ın değerli emekleri yazarlar tarafından saygıyla karşılanmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Gulkan P, Binici B, Sucuoğlu H, Taghipour A, Demirel I.O, Tanışer S, Güneş O, İsmail M, Fehling E, Nakano Y, Sanada Y, Choi H. An Innovative tie system for improving the monolithic behavior of masonry infilled reinforced concrete frames (INFILTIE). 3rd Turkish National Conference on Earthquake Engineering and Seismology; 14-16 October 2015; İzmir, Turkey.

[2] Misir IS, Ozcelik O, Girgin SC & Yucel U. (2016). The behavior of infill walls in RC frames under combined bidirectional loading. Journal of Earthquake Engineering, 20(4), 559-586.

[3] Mosalam KH and Günay S. Progressive collapse analysis of reinforced concrete frames with unreinforced masonry infill walls considering in-plane/out-of-plane interaction. Earthquake Spectra 2015; 31(2): 921–943.

[4] Najafgholipour MA, Maheri MR, Lourenço PB. Capacity interaction in brick masonry under simultaneous in-plane and out-of-plane loads. Construction and Building Materials 2013; 38: 619-626.

[5] METU EERC. 23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van depremi sismik ve yapısal hasara ilişkin saha gözlemleri. Rapor no: METU/EERC 2011-04; Ankara, Türkiye, 2011.

[6] Türkiye Deprem Yönetmeliği. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2007.

[7] CEN Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance – part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1:2004; Brussels, Belgium.

[8] CEN Eurocode 6. Design of masonry structures – part 1: General rules for reinforced and unreinforced masonry. EN 1996-1:2005; Brussels, Belgium.

[9] Ay BÖ, Eroğlu Azak T, Erberik MA. Evaluation of changing building characteristics in Turkey. 12th Advances in Civil Engineering Conference; 21-23 September 2016; İstanbul, Turkey.

[10] ElGawady M, Lestuzzi P and Badoux M. A review of conventional seismic retrofitting techniques for URM. 13th International Brick and Block Masonry Conference; 4-7 July 2004; Amsterdam, Netherlands.

[11] Demirel İO, Yakut A, Binici B. An experimental study on in-plane seismic performance of infilled RC frames. 11th fib International PhD Symposium in Civil Engineering; 29-31 August 2016; Tokyo, Japan.

[12] Demirel İO, Yakut A, Binici B. Seismic behaviour of RC frames infilled with different techniques. 16th World Conference on Earthquake Engineering; 9-13 January 2017; Santiago, Chile.

[13] FEMA 356. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, USA, 2000.