

DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLER ALTINDAKİ DAVRANIŞLARI ÜZERİNE DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Adnan KARADUMAN

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kampus/Konya

Geliş Tarihi : 20.05.2004

ÖZET

Bu çalışmada, değişik boyutlarda 7 adet çelik çerçeve sistemi denenmiştir. Çelik çerçeve sistemi tek gözlü, tek açıklıklı olup duvar numuneleri gazbeton yapı taşlarıyla oluşturulmuştur. Çelik çerçevelerin açıklık / yükseklik oranı ($L/H = 0.9, 1.2, 1.4$) muhtelif oranlarda seçilmiştir. Çelik çerçeveler dolgunsuz, gazbeton duvar dolgulu ve gaz beton duvar + siva dolgulu duvar olarak test edilmiştir. Deney numunelerine yatay yönde yük uygulanarak numunelere üzerinde meydana gelen yatay yer değiştirmeler, çatlama, göçme biçimleri ve süneklik araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Dolgulu çelik çerçeveler, Yatay yük, Yatay rijitlik, Gazbeton duvar

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE BEHAVIOR OF INFILLED FRAMES UNDER HORIZONTAL LOADING

ABSTRACT

In this study, seven steel frame systems which have different geometries were tested. One bay one story steel frame systems were filled with air-holed brick wall. The steel frames which were tested in the study have different span / height ($L/H = 0.9, 1.2, 1.4$) ratios. Each of the steel frames with different span/height ratio were tested under three different conditions, first the span was empty, in the second condition the span was filled with air holed brick wall and in the third condition the span was filled with air-holed brick wall with plaster. By applying lateral forces, lateral displacements, crack patterns, failure modes and ductility were investigated on the specimens.

Key Words : In filled steel frames, Lateral loads, Lateral stiffness, Air holed brick wall

1. GİRİŞ

Yapıların taşıyıcı sistemlerinin boşlukları, mimari tasarım gereği, farklı mekanlar oluşturmak, yapıyı dış etkilerden korumak gibi amaçlar için dolgu duvarları ile doldurulur. Mühendisler tarafından yapılan hesaplarda dolgu duvarlarının ağırlığı

çerçeveye yük olarak verildiği halde, dolgu duvarlarının yapıların ve düşey yükler altındaki davranışlarına etkileri, hesaplarda ihmal edilmektedir (Budak, 1997). Bu konuda yapılan deneysel ve analitik çalışmalarda dolgu duvarlarının rijitlik, yük taşıma kapasitesi, periyot, çatlama ve göçme biçimleri, enerji yutma kapasitesini büyük oranda değiştirdiğini göstermiştir (Yalçın, 1999).

Konu ile ilgili ilk deneysel çalışmalar Holmes (1961) ile başlamış, Smith (1962; 1963; 1967); Smith and Carter (1969), Ersoy ve ark. (1971), Altın (1990), Gülkan and Wasti (1974), Marjani (1997), Karaduman (1988), Köken (2003) in yaptığı çalışmalarla devam etmiştir; bu konudaki çalışmalar halen devam etmektedir.

Ne var ki, halen dolgu duvarların yapısal sistemin davranışını ne şekilde etkilediği ve ne ölçüde olumlu ve olumsuz katkıda bulunduğu açık bir şekilde ortaya konulabilmiş ve güvenilir bir hesap modeli geliştirilebilmiş değildir.

Bu çalışmada, açıklık / yükseklik (L/H) oranları değişen 7 adet çelik çerçeve içerisine hafif gaz beton yapı taşı doldurularak yatay yükler altındaki davranışları test edilmiştir. Çerçevenin boyut etkisi, yatay rijitlik, göçme biçimi belirlenmeye çalışılmış ve deney sonuçlarından elde edilen değerler ve gözlemler ortaya konulmuştur.

2. DENEYLER

2. 1. Deney Numuneleri

Değişik ölçülerde hazırlanmış boş, sıvalı ve sıvasız dolgu duvarlı çelik çerçeve serilerinde çerçeve elemanı olarak NPU 160 profilleri seçilmiş, (H) çerçeve yüksekliği sabit tutularak (L) çerçeve açıklıkları değiştirilmiştir. Dolgu duvar malzemesi olarak 60 x 25 x 10 cm boyutlarında hava boşluklu hafif Beton Blok (Çimentaş Gazbeton) kullanılmıştır. Gaz betonun hafif bir malzeme olması duvarların yapının ağırlığına katkısını sınırlayacağı için yapıya gelen deprem kuvvetinin azalması açısından olumludur. Duvarların örülmesinde yüksek dayanımlı özel örgü tutkalı ve sıvada ise melez harç kullanılmıştır. Sıva kalınlığının yatay rijitliğe etkisi de bu çalışmada kullanılan bir başka parametredir. Deneyde kullanılan NPU 160 profili ile imal edilmiş gazbeton dolgulu çerçeve boyutları ve özellikleri Tablo 1’de, Gazbetona ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. NPU 160 Profili ile İmal Edilmiş Gazbeton Dolgulu Çerçeve Gözü ve Boyutları

Deney elamanı No	Profil No (mm)	Dolgu Kalınlığı t (cm)	Dolgu Yüksekliği H (cm)	Dolgu Boyu L (cm)	Dolgu	Dolgu Sınıfı
N110	NPU 160	-	103	92	Boş	-
N111	NPU 160	10	103	92	Sıvasız	G2
N112	NPU 160	10	103	122	Sıvasız	G2
N113	NPU 160	10	103	142	Sıvasız	G4
N114	NPU 160	13	103	92	Sıvalı	G2
N115	NPU 160	13	103	122	Sıvalı	G2
N116	NPU 160	13	103	142	Sıvalı	G4

Tablo 2. Gazbetona Ait Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Malzeme sınıfı	G2	G4
Birim hacim ağırlığı (N/m ³)	5000	6000
Prizma basınç mukavemeti (N/mm ²)	2.5	5.0
Çekme dayanımı (N/mm ²)	0.25	0.50
Poisson oranı	0.25	0.25
Elastisite modülü (N/mm ²)	1500	2050
Boyutlar (cm)	60x25x10	60x25x10

2. 2. Harçların Özellikleri

Deneylerde duvar örgü harcı olarak özel örgü tutkalı, sıva harcı olarak ta melez harç kullanılmıştır. TS 24’e göre yapılan melez harcın hacimsel karışım oranları Tablo 3’de, yıkanmış kumun granülometrisi Tablo 4’te, melez harcın 28 gün sonunda tayin edilen mekanik özellikleri Tablo 5’ te verilmiştir.

Tablo 3. Melez harcın hacimsel karışım oranları

Harç Cinsi	Malzeme Miktarları		
	Kum	Çimento	Kireç hamuru
Melez harç	8	1	1.5

Tablo 4. Harç kumunun granülometrisi

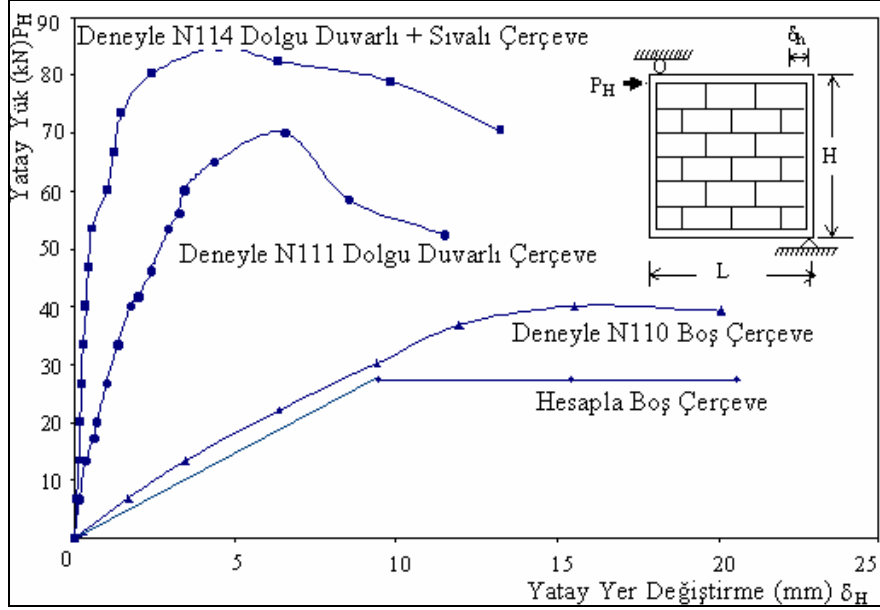
Elek çapları (mm)	0.25	0.5	1	2	4	8
Alta geçen %	9	23	58	79	95	100

Tablo 5. Melez Harca Ait Mekanik Özellikler

Basınç mukavemeti (N/mm ²)	11.40
Kırılma anındaki ortalama birim boy kısalma oranı	1.93x10 ⁻³
Elastisite modülü (N/mm ²)	5918.825
Numune boyutları (mm)	70x70x70
Eğilmede çekme dayanımı (N/mm ²)	3.416

2. 3. Deney Programı

Yükseklik sabit tutularak, açıklık boyutları değiştirilmek suretiyle oluşturulan çelik çerçevelerden 6 adedi gazbeton yapı taşı ile örülmüştür. Bu dolgulu çerçevelerden 3 adedi melez harçla sıvanmak suretiyle hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler yatay yükler altında zorlanarak göçme safhasına kadar oluşan davranış biçimleri tespit edilecektir.



Şekil 1. N110, N111, N114 nolu deney numunelerinin yatay yük-yatay yer değiştirme grafikleri (L/H=0.9)

Yüksekliğin sabit tutulması davranışa açıklığın, duvarın ve sıvanın etkilerini araştırmak amacıyla düşünülmüştür. Deneylerde bir boş çerçeve, 3 dolgu duvarlı çerçeve ve 3 dolgu duvarlı + sıvalı olmak üzere toplam 7 adet numune denenmiştir.

Deneylerde artan yük kademelerinde deplasmanlar ölçülmüş, çatlama yükü ve biçimi tespit edilmiş, Numune dolgu duvarı dağılıp kırılmaya kadar deney sürdürülmüştür. Bu değerlere ait Yatay yük – Yatay yer değiştirme grafikleri Şekil 1’de gösterilmiştir.

2. 4. Dolgulu Çerçevenin Çatlama Yükü, Göçme Yükü, Yatay Rijitliği ve Sünekliliği

Bu bölümde gazbeton yapı taşıyla oluşturulmuş dolgu duvarlarının çerçeve davranışına yaptığı katkılar ve sıvalı dolgu duvarlarının sıvasızlara oranla sergilediği farklılıklar ortaya konulmuştur. Şekil 1’de çizilen grafiklerin incelenmesinden eğrilerin lineer elastik bölge, çatlama bölgesi ve

göçme bölgesi olarak değerlendirilmiştir. Lineer elastik davranış bölgesinde yatay rijitlik (α_i), Dolgulu çerçevenin çatlama yükü (P_C), ve göçme yükü (P_K) aşağıdaki anlamda kullanılmış ve bu değerler Tablo 6, 7, 8 ve 9’da toplu halde verilmiştir.

$$\text{Yatay Rijitlik } \alpha_i = P_H / \delta_H$$

P_H : Uygulanan yatay yük

δ_H : Yatay deplasman

P_C : Dolgu duvarını çatlatan yük seviyesi

P_K : Dolgunun göçmesine sebep olan yük seviyesi

Süneklilik ise ulaşılabilecek toplam yer değiştirmenin (Δ_u), elastik sınıra erişildiği andaki yer değiştirmeye (Δ_y) oranı olarak tanımlanan süneklilik ($\mu = \Delta_u / \Delta_y$); taşıyıcı sistemin ,sistem elemanlarının yada kullanılan malzemelerin lineer olmayan davranışta da dayanımlarının önemli bir kısmını sürdürebilmesi şeklinde ifade edilmektedir. Sünekliliğin incelenmesi ile ilgili değerler Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 6. L/H = 0.9 olan Çerçevelerin, Boş Çerçevelere Oranını Gösteren Deneysel Sonuçları

Numune No	Çatlama Yüğü (kN)	Göçme Yüğü (kN)	Yatay Rijitlik (kN/mm)	Çatlama Yüğü/Boş	Göçme Yüğü/	Yatay Rijitlik/Boş
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N110 -Boş	-	40.15	28.37	-	1.00	1.00
N111-Sıvasız	17.33	70.11	393.53	-	1.74	13.87
N114-Sıvalı	40.14	85.10	1115.00	-	2.12	39.30

Tablo 7. L/H = 0.9 Olan Çerçevelerin Çatlama Yüğü, Göçme Yüğü ve Yatay Rijitlik Oranları

Numune No	Çatlama Yüğü (kN)	Göçme Yüğü (kN)	Yatay Rijitlik (kN/mm)	Çatlama Yüğü Sıvalı/Sıvasız	Göçme Yüğü Sıvalı/Sıvasız	Yatay Rijitlik Sıvalı/Sıvasız
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N111-Sıvasız	17.33	70.11	393.53	1.00	1.00	1.00
N114-Sıvalı	40.14	85.10	1115.00	2.31	1.21	2.83

Tablo 8. L/H = 1.2 Olan Çerçevelerin Çatlama Yüğü, Göçme Yüğü ve Yatay Rijitlik Oranları

Numune No	Çatlama Yüğü (kN)	Göçme Yüğü (kN)	Yatay Rijitlik (kN/mm)	Çatlama Yüğü Sıvalı/Sıvasız	Göçme Yüğü Sıvalı/Sıvasız	Yatay Rijitlik Sıvalı/Sıvasız
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N112-Sıvasız	38.30	76.60	319.17	1.00	1.00	1.00
N115-Sıvalı	43.10	91.20	851.11	1.13	1.22	2.67

Tablo 9. L/H = 1.4 Olan Çerçevelerin Çatlama Yüğü, Göçme Yüğü ve Yatay Rijitlik Oranları

Numune No	Çatlama Yüğü (kN)	Göçme Yüğü (kN)	Yatay Rijitlik (kN/mm)	Çatlama Yüğü Sıvalı/Sıvasız	Göçme Yüğü Sıvalı/Sıvasız	Yatay Rijitlik Sıvalı/Sıvasız
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N113-Sıvasız	32.36	86.56	577.86	1.00	1.00	1.00
N116-Sıvalı	38.50	105.17	898.89	1.19	1.21	1.56

Tablo 10. Deneysel Sonuçlardan Elde Edilen Süneklik Oranları

Numune No	Elastik Sınıra Erişildiği Andaki Yerdeğiştirme Δ_e (mm)	Toplam Yerdeğiştirme Δ_u (mm)	Süneklik Oranı $\mu = \Delta_u / \Delta_e$	Dolgu Çerçeve Sünekliği / Boş Çerçeve Sünekliği Oranı
N110	11.98	20.07	1.67	1.00
N111	3.37	11.50	3.41	2.04
N112	3.14	12.70	4.04	2.41
N113	2.48	13.59	5.47	3.27
N114	2.47	13.25	5.36	3.20
N115	2.84	14.48	5.09	3.47
N116	2.98	12.70	4.26	2.55

3. SONUÇLAR

- Değişik L/H oranları için gerçekleştirilen deney sonunda; Dolgu duvarlar çerçeve sisteminin yatay rijitliğini önemli ölçüde artırmaktadır. L/H = 0.9 olan numuneler için: N110 gaz beton dolgu duvarlı numune boş numuneye göre 13.87 kat, N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune boş numuneye göre 39.3 kat, N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 2.83 kat, L/H = 1.2 olan numuneler için ; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 2.67 kat, L/H = 1.4 olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 1.56 kat yatay rijitliğe sahiptir.
- Dolgu duvarlarında sıva kullanımı çatlama yükünü önemli ölçüde artırmaktadır. L/H = 0.9 olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 2.31 kat, L/H = 1.2 olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 1.13 kat, L/H = 1.4 olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 1.19 kat çatlama yüküne sahiptir.
- Dolgu duvarların kullanımı beklenildiği gibi çelik çerçeve sisteminin göçme yükünü

artırmaktadır. $L/H = 0.9$ olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gaz beton dolgu duvarlı numuneye göre 1.15 kat, $L/H = 1.2$ olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gazbeton dolgu duvarlı numuneye göre 1.22 kat, $L/H = 1.4$ olan numuneler için; N110 gaz beton dolgu duvarlı + sıvalı numune gazbeton dolgu duvarlı numuneye göre 1.21 kat göçme yüküne sahiptir.

4. Yapının maruz kaldığı yükler altında taşıyıcı sistem yatay yük dayanımının devam ettirilerek, büyük şekil değiştirmeler olsa bile göçmenin önlenmesinin süneklik sayesinde olduğudur. Dolgulu çerçeve ile boş çerçeve karşılaştırmalarında ise durum dolgulu çerçeve lehinedir. Tabloya baktığımızda dolgulu çerçevenin sünekliliğinin, boş çerçeveninkinden 2.04-3.47 kat daha büyük olduğu görülmüştür.
5. Dolgu duvarlı çerçevelerde ilk çatlakların genellikle çekme diyagonalı uç bölgelerinin çerçeve-duvar derzlerinde meydana geldiği gözlenmiştir. Ancak, bu bölgelerde oluşan çatlakların dolgulu çerçevenin rijitliğini hemen hiç değiştirmedeği, yüklemeye-deplasman eğrisinin duvarda gövde çatlakları ve/veya basınç diyagonalı ucunda kesme ya da ezilme çatlakları görülünceye kadar sürdüğü görülmüştür.
6. Çerçeve rijitliğinin bağıl olarak artması, çerçevenin yatay öteleme şekil değişimi esnasında dolgu duvar ile temasta kalan boyunu artırmaktadır. Dolgu duvarından beklenen faydanın sağlanabilmesi için, çerçeve rijitliğinin de yeterli olması ve çerçevede göçme, dolgudaki göçmeden önce oluşmaması gerekir.
7. Dolgu duvarların çerçevelerin davranışını büyük ölçüde değiştirdiği açık olduğuna göre duvarların rijitlik ve mukavemet katkısını ihmal eden yaklaşımlar ile yapılacak bina hesaplarının güvenilirliği en azından tartışılmalıdır.

4. KAYNAKLAR

Altın, S. 1990. "Strengthening of Reinforced Concrete Frames With Reinforced Concrete Infills", Ph. D. Thesis in ODTÜ.

Budak, A. 1997. "Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Hesabı", KTÜ, Yüksek Lisans Tezi.

Ersoy, U., Uzsoy, Ş., Aktan E. 1971. "Dolgulu Çerçevelerin Davranış ve Mukavemeti", Ankara, TÜBİTAK, PROGE MAG-205.

Gülkan, P., Wasti, S. T. 1993. "Çerçeve Dolgu Etkileşmesi: Lineer Olmayan Bir İrdeleme". XII. Tecnical Congress on Civil Engineering, Ankara.

Holmes, M. 1961. "Steel Frames with and Concrete Infilling", Proc. I.C.E., Vol. 19, pp. 473-478.

Karaduman, A. 1998. "Dolgu Duvarlarının Çerçevelerin Yatay Yükler Altındaki Davranışlarına Etkileri", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Köken, A. 2003. "Tersinir-Tekrarlanır Yatay Yükleme Altındaki Çok Katlı ve Çok Açıklıklı Dolgu Duvarlı Çelik Çerçevelerin Davranışının Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Marjani, F. 1997. "Behaviour of Brick Infilled Reinforced Concrete Frames Under Reversed Cyclic Loading", Ph. D. Thesis in ODTU.

Smith, B. S. 1962. "Lateral Stiffness of Infilled Frames", Procee. A.S.C.E., Cilt 88, No. S. T. 6, S. 183-99.

Smith, B. S. 1963. "Infilled Frames", Ph. D. Thesis, University of Bristol.

Smith, B. S., Carter, C. 1969. "A Method of Analysis for Infilled Frames", Proc. I. C. E., S. 31-41, Eylül.

Smith, B.S. 1967. "Composite Behavior of Infilled Frames", Conference of Tall Buildings, S. 481-482, London.

Yalçın, E. 1999. "Dolgu Duvarların ve Konularının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri", İTÜ, Lisans Tezi.