

## DOLGU DUVARLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN TERSİNİR-TEKRARLANIR YÜKLEME ALTINDAKİ DAVRANIŞI ÜZERİNE DENEYSSEL BİR ÇALIŞMA

Mevlüt Yaşar KALTAKCI, Ali KÖKEN, Hasan Hüsnü KORKMAZ, Mehmet KAMANLI  
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

Makalenin Geliş Tarihi: 02.01.2006

**ÖZET:** Bu çalışmada, değişik dolgu duvar özelliğine sahip, dokuz adet çelik çerçeve sisteminin tersinir-tekrarlanır yatay yükleme altındaki davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Çelik çerçeve sistemleri tek gözlü olup, çerçeve açıklığı/yüksekliği oranı (l/h) 1, 1/2 ve 2 olarak; dolgu özellikleri ise boş, tuğla duvar dolgulu ve tuğla duvar+sıva dolgulu seçilmiştir. Deney numunelerine deprem yükünü benzeştiren yatay yönde tersinir-tekrarlanır yük uygulanmış ve numuneler üzerinde meydana gelen yer değiştirmeler ölçülmüştür. Deneyler sonucunda, dolgulu çerçevelerin göçme şekilleri, dayanım zarfı, rijitlik azalımı ve enerji tüketme özellikleri elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dolgu duvarlı çelik çerçeveler, dolgu duvarlı çelik çerçevelerin deprem davranışı.

### An Experimental Study on the Behavior of Infilled Steel Frames under Reversed-Cycling Loading

**ABSTRACT:** In this study, experimental results of 9 steel frames infilled with brick masonry which are tested under reversed cyclic lateral load, are summarized. Test specimens has one bay and one story. Length to width ratios (L/H) are 1, 1/2 or 2. Properties of infills are; empty, brick masonry or plastered brick infill. Lateral load is applied on the top of the specimens and lateral displacement and applied reversed cyclic loading are measured. Failure modes of walls and frames, envelope curves of lateral load vs. displacement graphs and loss of rigidity, energy consumption properties are investigated

**Keywords:** Infilled steel frames, earthquake behavior of infilled steel frames.

## GİRİŞ

Dolgu duvarlarının, yatay yük altındaki çerçevelerin davranışını önemli ölçüde değiştirdiği bilinen bir gerçektir. Deprem sırasında binalarda oluşan hasarlar üzerine yapılan gözlem ve araştırmalarda, duvarlarda büyük kalıcı şekil değiştirmelerin olduğu saptanmıştır. Bu kalıcı şekil değiştirmelerin oluşumu ve çerçeve sistem ile olan etkileşimi merak uyandıran konular olmuştur. Bu konuda, yapılan deneysel ve analitik çalışmalar sonucunda, dolgu duvarların taşıyıcı sistem davranış özelliklerini (periyot, rijitlik, yük taşıma kapasitesi, süneklik, göçme mekanizması, enerji tüketme kapasitesi vb.) büyük ölçüde değiştirebildiği ispatlanmıştır (Yağın, 1999; Marjani, 1997). Deprem veya rüzgar gibi

herhangi bir yatay yükün yapıya etkimesi halinde, mevcut çerçeve dolguları yüklerin iletimini sağlayan kuşaklar olarak davranarak yapının davranışını göz ardı edilemeyecek kadar büyük bir oranda değiştirebilmektedirler (Başer, 1999; Türk, 1998; Kargı, 1999; Karabay, 1989). Ülkemizdeki uygulamada, dolgu duvarlar henüz hesaplarda pek dikkate alınmamakta, davranışları ve etkileri düşünülmemekte, onlara sadece yük gözüyle bakılmaktadır (Budak, 1997; Karaduman, 1998).

Erdem (1998)'e göre, yatay yükler altında boş çerçevelerin ve dolgu duvarların ayrı ayrı taşıma güçlerinin ve rijitliklerinin süperpozitesi, birleşik sisteme oranla daha düşük olmaktadır. Kolon ve kirişten oluşan basit çerçeve, yatay kuvvetler altında daha esnek bir davranış

göstermekte, düğüm noktalarında büyük dönme ve yer değiştirmeler görülmektedir (Bağcı, 1996).

Ayrıca, Bağcı (1996)'ya göre, boş çerçeve kabulünü içeren sistemlerdeki kritik gerilme yığılmalarının bulunduğu noktalar ile dolgu çerçeve kabulünü içeren sistemlerdeki kritik gerilme yığılmalarının bulunduğu noktalar aynı olmamaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistemin tasarımında dikkate alınmamış zayıf noktalar kalabilmektedir. Dolgu duvarlar, bilinçsizce düzenlenmeleri halinde yapının eksantrisitesinin artmasına ve burulma etkilerinin oluşmasına neden olabildikleri gibi, kısmi bir dolgu duvar çevresindeki kolonların daha büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmasına (kısa kolon) ya da yumuşak kat oluşmasına neden olabilir. Yatay yükler altında dolgu duvarlar, kesit etkilerinin yerlerini ve değerlerini değiştirir.

Dolgu duvarların davranışları da dikkate alınarak doğru düzenlenmeleri halinde, deprem yüklerinin karşılanmasında kullanılabilirler. Bu da ekonomik açıdan muhakkak ki kazanç sağlayacaktır (Aydoğdu, 1995; Gürses, 1998).

Yurdumuzun, dünyanın önemli deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunması, yapıların projelendirilmesi ve inşaatı sırasında deprem etkilerinin yapının kullanım ömrü boyunca maruz kalabileceği en etkili yüklemelerden biri olduğu düşünülürse, hesap metotlarında ve mekanik modellerde dolgu duvarların sağladığı etkilerin doğru yansıtılması gerektiği açıktır (Yalçın, 1999).

Dolgu duvarlarının, çerçevelerin özellikle dayanım, rijitlik, enerji tüketme vb. davranış özellikleri üzerine önemli etkisi vardır. Bu çalışmada, yapısal çözümlemede çoğunlukla dikkate alınmayan dolgu duvarlarının, çelik çerçeve sistemine olan etkisini araştırmak üzere deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. 9 adet değişik dolgu duvar özelliğine sahip tek gözlü çelik çerçeve sistemi, deprem yükünü benzeştiren yatay tersinir-tekrarlanır yük altında denenmiş ve sonuçlar irdelenip değerlendirilmiştir (Köken, 2003; Korkmaz, 2004).

## AMAÇ VE KAPSAM

Yapılan bu çalışmanın amacı;

1. Dolgu duvarlarının, yatay yük altındaki çelik çerçevelerin dayanım, yatay rijitlik ve enerji tüketme kapasitesine olan etkisini,
2. Dolgulu çelik çerçeve sistemleri göçme şekillerini ve
3. Değişik dolgu duvar özelliklerinin ve dolgu duvarın açıklık/yükseklik (l/h) oranının çelik çerçeve sisteminin deprem davranışına olan etkilerini araştırmak olarak belirlenmiştir.

Bu amaçla, çalışma kapsamında, yaklaşık olarak 1/3 ölçekli 9 adet çelik çerçeve sistemi, depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yük altında denenmiştir. Deneysel numunelerinin belirlenmesinde dikkate alınan değişkenler; dolgu duvarlarının açıklık/yükseklik (l/h) oranı ve dolgu duvar özelliğidir. Bu değişkenler göz önünde bulundurularak, aşağıda özellikleri belirtilen deneysel numuneleri hazırlanmış ve deneyler gerçekleştirilmiştir (Köken, 2003; Kaltakçı ve Köken, 2003a,b).

1. Dolgu duvar açıklık/yükseklik oranı (l/h)=1 olan çerçeve sistemleri
  - a. Boş çelik çerçeve sistemi - N110 (l/h=1)
  - b. Tuğla duvar dolgulu çelik çerçeve sistemi - N111 (l/h=1)
  - c. Tuğla duvar+sıva dolgulu çelik çerçeve sistemi - N112 (l/h=1)
2. Dolgu duvar açıklık/yükseklik oranı (l/h)=2 olan çerçeve sistemleri
  - a. Boş çelik çerçeve sistemi - N110 (l/h=2)
  - b. Tuğla duvar dolgulu çelik çerçeve sistemi - N111 (l/h=2)
  - c. Tuğla duvar+sıva dolgulu çelik çerçeve sistemi - N112 (l/h=2)
3. Dolgu duvar açıklık/yükseklik oranı (l/h)=1/2 olan çerçeve sistemleri
  - a. Boş çelik çerçeve sistemi - N110 (l/h=1/2)
  - b. Tuğla duvar dolgulu çelik çerçeve sistemi - N111 (l/h=1/2)
  - c. Tuğla duvar+sıva dolgulu çelik çerçeve sistemi - N112 (l/h=1/2)

## DENEY ELEMANLARININ TANITILMASI VE DENEY TEKNİĞİ

### Çelik çerçeve sistemlerinin hazırlanması

Çelik çerçevelerin hazırlanmasında, çelik levhaların soğuk olarak bükülmesi ile elde

edilen U şeklindeki profiller kullanılmıştır. Sözü edilen U profiller elektrik ark kaynağı ile kaynatılarak rijit düğüm noktalı çelik çerçeveler oluşturulmuş ve daha sonra içerisine değişik özelliklerdeki dolgu duvarlar yapılmıştır. Tuğla dolgu duvar için 190x185x85 mm ölçülerinde yatay delikli karkas blok tuğla kullanılmıştır. Tuğla duvar+sıvalı dolgulu numunelerde ise tuğla duvarın her iki yüzüne 17,5 mm kalınlığında kireç katkılı çimento harcı ile sıva yapılmıştır. Tuğla duvar örgüsünde ve sıvasında aynı özellikteki kireç katkılı çimento harcı kullanılmıştır. Hazırlanmış olan deney numunelerinin fiziksel ve geometrik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir (Kaltakçı ve Köken, 2003a,b).

### Deney Tekniği

Bu çalışmanın deneysel bölümü Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Hazırlanmış olan 9 adet değişik özellikteki çelik çerçeve numunesi, rijit yükleme çerçeve sistemi kullanılarak, depremi benzeştiren, tersinir-tekrarlanır yatay yük altında denenmiştir. Deney sırasında bilgisayar destekli veri okuma sistemi kullanılarak, gerekli yük ve yer değiştirme okumaları yapılmış ve kaydedilmiştir. Deneylerde kullanılan deney düzeneği ve örnek deney fotoğrafı sırasıyla Şekil 1 ve 2 de verilmiştir.

Rijit yükleme çerçevesi, farklı çelik profillerden imal edilmiş ve yatay yük uygulanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistem, denenen numunelerin ankastre olarak mesnetlenmesine imkan veren rijit bir taban plakasına sahiptir. Test edilecek numuneler, bu rijit taban plakasına bulonlar kullanılarak rijit bir şekilde mesnetlendirilebilmiştir. Böylelikle tabanda numunenin her hangi bir dönme ve ötelenme yapması engellenmiştir. Çelik çerçeve numuneye yatay yük, rijit yükleme çerçevesinin düşey kolonlarına mesnetlendirilmiş durumda olan, yükleme plakasının üzerinde sabitlenen hidrolik kriko ve çekme çubuğu yardımıyla uygulanmıştır. Hidrolik kriko sistemi, iki yönlü çalışabilmekte; numuneye hem çekme hem de

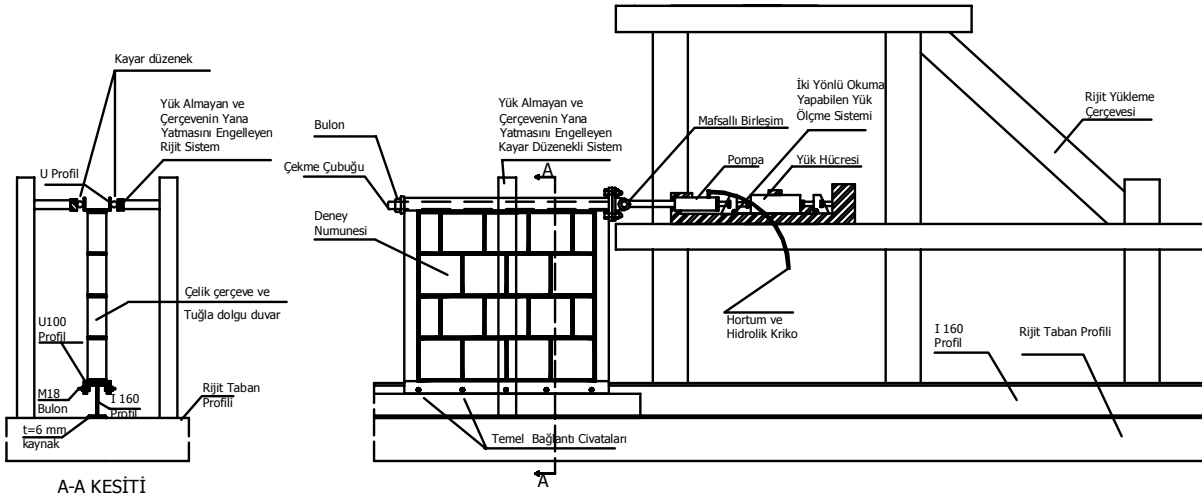
basınç kuvveti uygulayabilmektedir. Basınç durumunda hidrolik kriko sistemi bulon yardımıyla bağlı olduğu numuneyi itmekte iken, çekme durumunda numunenin üst başlığında, numunenin arka ucuna kadar uzanan  $\phi 40$  mm çapındaki çelik çekme çubuğu yardımıyla numuneyi çekmektedir. Böylelikle numuneye yatay tersinir-tekrarlanır yük uygulamak mümkün olabilmıştır. Bu çelik çubuk ile numunenin yana yatmasının engellemesi de amaçlanmıştır. Denenen numunelerin yana yatmasını engellemek üzere, rijit yükleme çerçevesinin yatay kollarına sabitlenmiş çelik profiller kullanılmıştır. Düşey konumdaki bu profillere kaynaklanmış olan deney çerçevesine dik kollar, kayma düzeneği sayesinde numunenin yük doğrultusundaki hareketine engel olmazken; yük almadan sadece numunenin yük tatbiki sırasında yana yatmasını engellemektedir. Rijit yükleme çerçevesinin düşey kollarına mesnetlenmiş olan yükleme plakası üzerine hidrolik kriko ile beraber yük okumalarını yapabilmek üzere yük hücresi de yerleştirilmiştir. Bu sistemde, yük hücresi ve hidrolik kriko birbirleri ile temas halinde olup; hidrolik kriko, her iki durumda (çekme ve basınç) da yük hücresine basınç kuvveti uygulamakta, böylece yük hücresi numuneye uygulanan yükü okuyabilmektedir. Yükleme çerçevesi, pompa ve yük hücresinden oluşan yükleme düzeneğinin yatay ve düşey yönde hareketini ve dönmesini sıfıra yakın değerlerde minimize edecek ve deneydeki ölçümlere tesir etmeyecek mertebede olacak şekilde ve rijit olarak tasarlanmıştır.

### Deneysel Kullanılan Ölçüm Düzeneği:

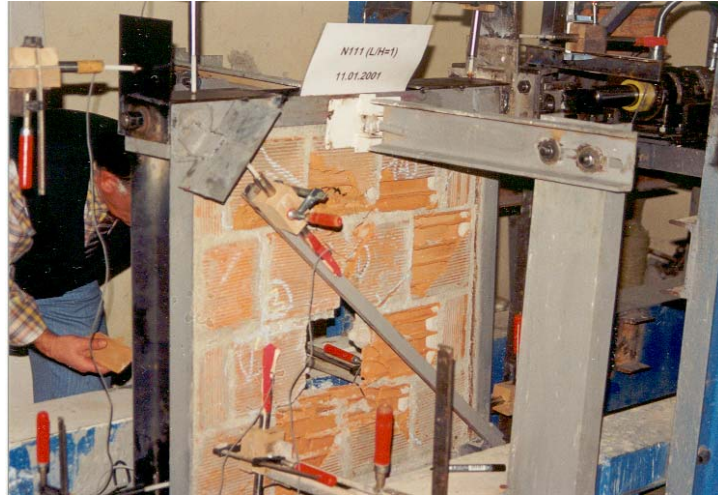
Deneysel denenen her bir çerçeve sistemi için, mümkün olduğunca aynı yerlerden olacak şekilde ölçüm sistemi kullanılmıştır. Yer değiştirme ölçümleri, çelik çerçeve sisteminin alt ve üst uçlarındaki yatay yer değiştirmeler ile tabanda ve üst başlıktaki dönmelerin tespiti amacıyla gerekli yerlerde ve gerekli sayıda LVDT kullanılarak yapılmıştır. Yük ölçümleri ise, hidrolik kriko ile bağlantılı olarak çalışan yük hücresi kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde kullanılan ölçüm düzeneği Şekil 3’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deney numunelerinin fiziksel ve geometrik özellikleri.  
**Table 1.** Physical and geometrical characteristics of test specimens.

Numune Adı	Dolgu Tipi	Çerçeve Boyu (l) (mm)	Çerçeve Yük. (h) (mm)	Dolgu Duvar Açıklığı (l <sub>p</sub> ) (mm)	Dolgu Duvar Yüksekliği (h <sub>p</sub> ) (mm)
N110 (l/h=1)	Boş	843,7	823,7	810	790
N111 (l/h=1)	Tuğla Dolgu	843,7	823,7	810	790
N112 (l/h=1)	Tuğla+Sıva Dolgu	843,7	823,7	810	790
N110 (l/h=2)	Boş	1643,7	823,7	1610	790
N111 (l/h=2)	Tuğla Dolgu	1643,7	823,7	1610	790
N112 (l/h=2)	Tuğla+Sıva Dolgu	1643,7	823,7	1610	790
N110 (l/h=1/2)	Boş	843,7	1603,7	810	1570
N111 (l/h=1/2)	Tuğla Dolgu	843,7	1603,7	810	1570
N112 (l/h=1/2)	Tuğla+Sıva Dolgu	843,7	1603,7	810	1570

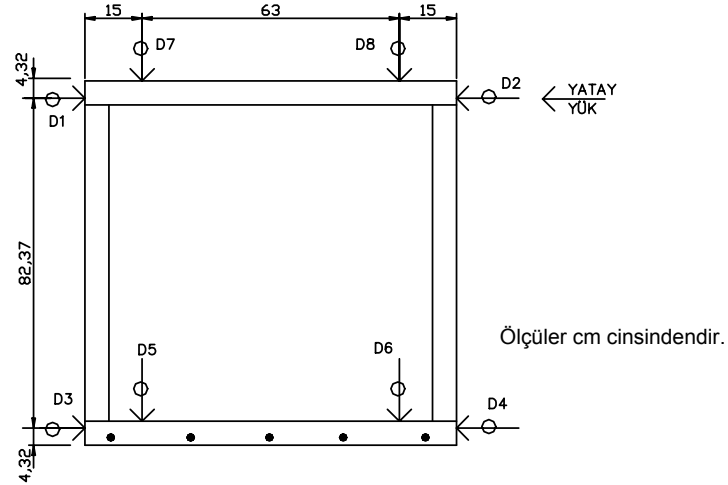


**Şekil 1.** Deneilerde kullanılan yükleme sistemi (Korkmaz, 2004).  
**Figure 1.** The loading system used in the tests (Korkmaz, 2004).



Şekil 2. Örnek deney fotoğrafı (Köken, 2003).

Figure 2. Sample photo for steel frame system with no infill (Köken, 2003).

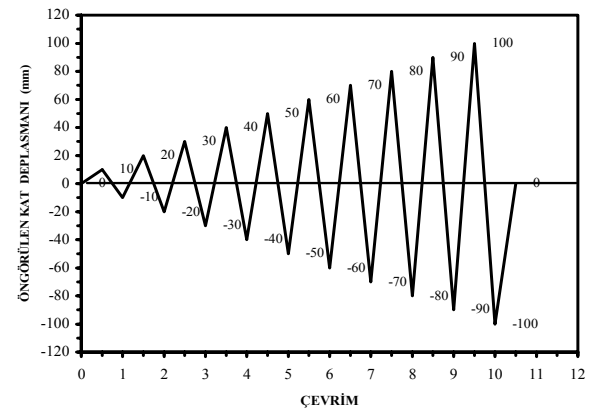


Şekil 3.  $l/h=1$  olan deneylerde kullanılan ölçüm düzeneği.

Figure 3. The measurement mechanism used for  $l/h=1$  tests.

### Yükleme Programı

Yapılan deneylerin tamamı deplasman kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Yükleme kontrolü Şekil 4'de verildiği gibi durağandan başlanıp, her çevrimde 10 mm artırılarak gerçekleştirilmiştir. Böyle bir yükleme programının seçilmesinin amacı, her bir çerçeve sisteminin farklı yapısal özellikte (boş, tuğla duvar dolgulu, tuğla duvar+sıva dolgulu) olması nedeniyle numuneler arasında sonuçların karşılaştırılmasında bir sistematığın (yöntemin) belirlenmesidir. Böylelikle her bir çerçeve sistemi, istenen davranış özelliklerinin yatay deplasman veya  $(\delta/h)$  oranı esas alınarak değerlendirilebileceği ve diğer numunelerle karşılaştırılabileceği düşünülmüştür.



Şekil 4. Deneylerde uygulanan yükleme programı.

Figure 4. The loading program applied in the tests.

## ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışma sonucunda, denenmiş olan her bir numune için;

- Dayanım zarfı,
- Rijitlik azalımı grafikleri,
- Enerji tüketme grafikleri elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

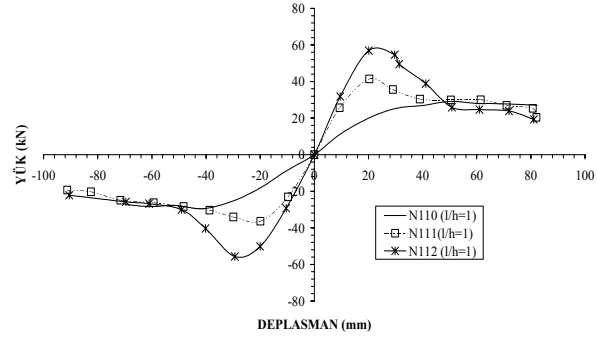
Dayanım zarfları, her çevrimde okunan en büyük yatay deplasman değerleri ve buna karşı gelen en büyük yatay yük değerlerinin grafiksel olarak çizdirilmesiyle; rijitlik azalımı grafikleri de her bir çevrim için yük-deplasman grafiğinin eğimi bulunarak elde edilmiştir. Enerji tüketme grafikleri ise, her çevrimde elde edilen tüketilen enerji değerleri toplanarak toplam tüketilen enerji grafiğinin çizdirilmesinin daha gerçekçi olacağı düşünüldüğünden, her bir numune için toplam tüketilen enerji grafiği şeklinde çizdirilmiştir. Bu amaçla, her çevrim için ileri ve geri yüklemelerde yük-deplasman eğrisinin altında kalan alanlar kullanılarak bu çevrim için toplam tüketilen enerji değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra her çevrim için elde edilen tüketilen enerji değerleri toplanarak toplam tüketilen enerji değerleri hesaplanmıştır. Deney numuneleri için elde edilen enerji tüketme grafiklerinin birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için kümülatif toplam tüketilen enerji değerinin ardışık olarak toplanan kümülatif toplam kat deplasmanı/kat yüksekliğine  $\Sigma(\delta/H)$  oranı ile değişiminin grafiksel olarak çizdirilmesi ile tüketilen enerji grafikleri elde edilmiştir. Tüketilen enerji grafikleri, deney sonuçları arasında daha iyi bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla; çevrim sayısına bağlı olarak değil, kümülatif toplam  $\Sigma(\delta/H)$  oranına bağlı olarak çizilmiştir.

## DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

**Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliğinin ( $l/h$ ) çerçeve sistemlerinin davranışına olan etkisi**

**Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan çerçeve sistemleri:** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan üç adet çerçeve sistemine ait deneysel sonuçlar, bu bölümde incelenmiştir. Söz konusu deney

numuneleri; boş çerçeve sistemi N110, tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemi N111 ve tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemi N112 şeklindedir. Söz konusu numunelerin dayanım zarfları Şekil 5’de verilmiştir.



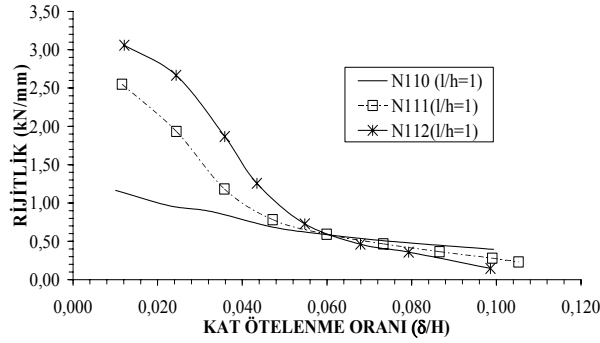
**Şekil 5.** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan çerçeve sistemlerine ait dayanım zarfları.

**Figure 5.** Strength envelopes of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1$ ).

Şekil 5’den görüleceği üzere, taşınan en büyük yatay yük değerleri sırasıyla 32,37 kN (N110), 41,42 kN (N111), 56,92 kN (N112) olarak bulunmuştur. Referans olarak boş çerçeve sistemi baz alındığında; taşınan yatay yükteki artış, tuğla duvar dolgulu sistemde %28, tuğla duvar+sıva dolgulu sistemde %76 dır. Tuğla duvar+sıva dolgulu sistem ise, tuğla duvar dolgulu sisteme göre %37 oranında daha fazla yatay yük taşımaktadır. Tuğla ve tuğla+sıva dolgulu sistemlerde taşınan yatay yüklerde genellikle 3. çevrimden sonra düşme olduğu gözlenmiştir.

Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen rijitlik azalımı grafikleri de Şekil 6’da verilmiştir. 1. çevrim rijitlikleri sırasıyla 1,17 kN/mm (N110), 2,55 kN/mm (N111) ve 3,06 kN/mm (N112) değerlerinde iken; ilerleyen çevrimlerde rijitlikler düşmektedir. Tuğla duvar ve tuğla duvar+sıvalı dolgulu sistemlerdeki rijitlik azalımı daha hızlı seyrederken, boş çerçeve sistemdeki rijitlik azalımı daha yavaştır. Genellikle 5. çevrim ( $\delta/H=0,0607$ ) esnasında tüm çerçeve sistemlerindeki rijitlik değerleri 0,5-0,7 kN/mm dolaylarına inmektedir. Deneylerden tespit edilen gözlemler sonucu, genellikle 5. çevrimlerde kolon alt uçlarında yanıl burkulma başlamıştır. Bu çevrimden sonra tüm sistemler boş çerçeve gibi davranış özelliği

göstermektedir. İlk çevrimden elde edilen rijitlikler açısından; referans olarak boş çerçeve sistemi baz alındığında, 1. çevrim rijitliklerindeki artış, tuğla dolgulu sistemde %118, tuğla+sıva dolgulu sistemde ise %160 dır.

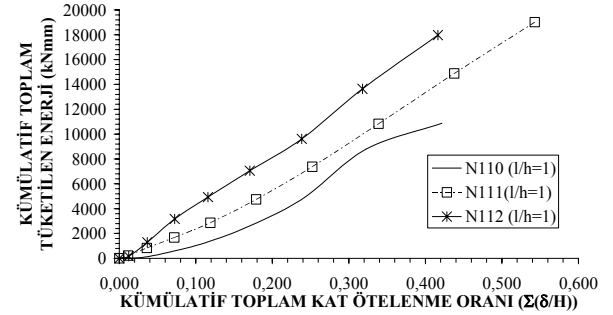


**Şekil 6.** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan çerçevelere rijitlik azalımı grafikleri.

*Figure 6. Rigidity decreasing graphics of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1$ ).*

Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen toplam tüketilen enerji grafikleri de Şekil 7'de verilmiştir. Toplam tüketilen enerji değerleri, 8. çevrim sonunda sırasıyla 10878 kNmm, 14877 kNmm ve 17978 kNmm olarak elde edilmiştir. Referans olan boş çerçeve sistemi baz alındığında, toplam tüketilen enerjideki artış, tuğla dolgulu sistemde %37, tuğla+sıva dolgulu sistemde %65 dir. Duvar açıklığı/duvar

yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan üç adet çerçeve sistemine ait deney sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.



**Şekil 7.** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan çerçevelere ait toplam tüketilen enerji grafikleri.

*Figure 7. Cumulative consumed energy graphics of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1$ ).*

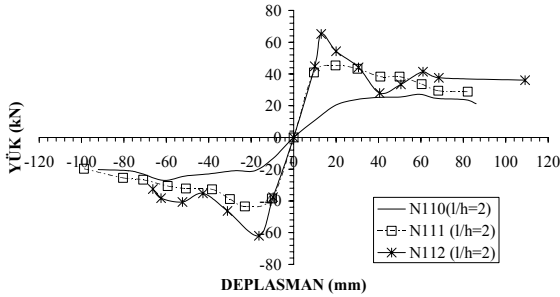
**Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan çerçeve sistemleri:** Dolgu duvar genişliği/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan üç adet çerçeve sistemine ait deneysel sonuçlar bu bölümde incelenmiştir. Söz konusu deney numuneleri; boş çerçeve sistemi N110, tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemi N111 ve tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemi N112 şeklindedir. İlgili numunelerin dayanım zarfları Şekil 8'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1$ ) olan çelik çerçevelere ait deneysel sonuçlar.

*Table 2. Test results of four steel frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1$ ).*

Numune	En Büyük Yatay Yük		En Büyük Yatay Yük Oranı (2)/N110	1. Çevrim Rijitliği (kN/mm)	Son Rijitlik		1. Çevrim Rijitlik Oranı (6)/N110	Tüketilen Enerji		Tüketilen Enerji Oranı (10)/N110
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )			Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )		Toplam Tüketilen Enerji (kNmm)	Toplam ( $\delta/H$ )	
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
N110	32,37	0,099	1,00	1,17	0,40	0,099	1,00	10878	0,422	1,00
N111	41,42	0,024	1,28	2,55	0,23	0,110	2,18	14877	0,437	1,37
N112	56,92	0,024	1,76	3,06	0,15	0,098	2,60	17978	0,416	1,65

Şekil 8'den görüleceği üzere, taşınan en büyük yatay yük değerleri sırasıyla 27,15 kN (N110), 45,40 kN (N111) ve 65,86 kN (N112) olarak bulunmuştur. Referans olan boş çerçeve sistemi baz alındığında, taşınan yatay yükteki artış tuğla dolgulu sistemde %67, tuğla+sıva dolgulu sistemde %142'dir. Tuğla ve tuğla+sıva dolgulu sistemlerde taşınan yatay yüklerde genellikle 2. çevrimden sonra düşme olduğu görülmektedir.



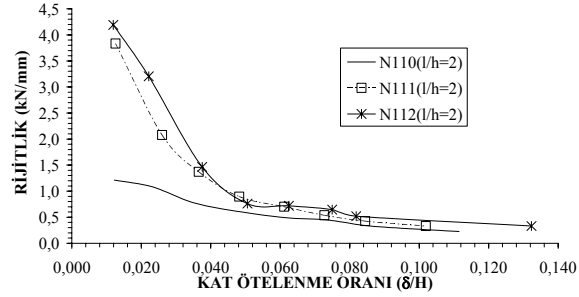
Şekil 8. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan çerçevelere ait dayanım zarfları.

Figure 8. Strength envelopes of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=2$ ).

Söz konusu numune deneylerinden elde edilen rijitlik azalımı grafikleri de Şekil 9'da verilmiştir. 1. çevrim rijitlikleri sırasıyla, 1,21 kN/mm (N110), 3,83 kN/mm (N111) ve 4,19 kN/mm (N112) değerlerinde iken; ilerleyen çevrimlerde rijitlikler düşmektedir. Tuğla ve tuğla+sıvalı dolgulu sistemlerdeki rijitlik azalımı daha hızlı iken, boş çerçeve sistemdeki rijitlik azalımı daha yavaştır. Genellikle 5. çevrim ( $\delta/H=0,0607$ ) esnasında tüm çerçeve sistemlerindeki rijitlik değerleri 0,5-0,7 kN/mm dolaylarına inmektedir. Deneylerden tespit edilen gözlemler sonucu, genellikle 5. çevrimlerde ( $\delta/H=0,0607$ ) kolon alt uçlarında yanıl burkulma başlamıştır. Bu çevrimden sonra tüm sistemler boş çerçeveye yakın davranış özelliği göstermektedir. İlk çevrimden elde edilen rijitlikler açısından referans olarak boş çerçeve sistemi baz alındığında, 1. çevrim rijitliklerindeki artış tuğla dolgulu sistemde %216, tuğla+sıva dolgulu sistemde ise %246'dır.

Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen toplam tüketilen enerji grafikleri de Şekil 10 da verilmiştir. Toplam tüketilen enerji değerleri 8. çevrim sonunda sırasıyla 13237 kNmm, 17406 kNmm ve 17886 kNmm'dir.

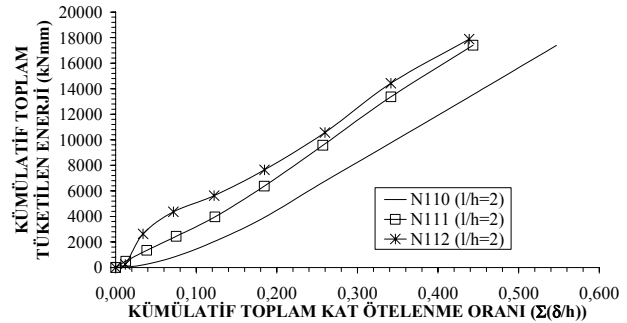
Referans olan boş çerçeve sistemi baz alındığında toplam tüketilen enerjideki artış tuğla dolgulu sistemde %31, tuğla+sıva dolgulu sistemde %35'dir. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan üç adet çelik çerçeve sistemine ait deney sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 9. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan çerçevelere ait rijitlik azalımı grafikleri.

Figure 9. Rigidity decreasing graphics of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=2$ ).

**Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan çerçeve sistemleri:** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan üç adet çerçeve sistemine ait deneysel sonuçlar bu bölümde incelenmiştir. Söz konusu deney numuneleri; boş çerçeve sistemi N110, tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemi N111 ve tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemi N112 şeklindedir. İlgili numunelerin dayanım zarfları Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan çerçevelere ait toplam tüketilen enerji grafikleri.

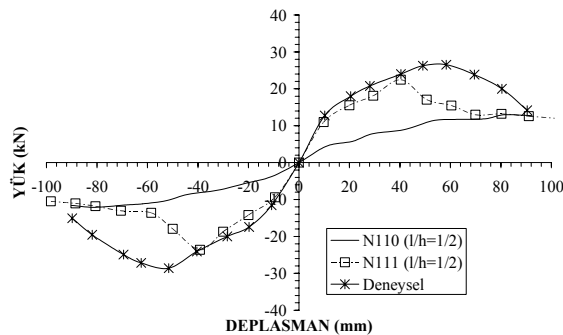
Figure 10. Cumulative consumed energy graphics of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=2$ ).



**Tablo 3.** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=2$ ) olan çelik çerçevelere ait deneysel sonuçlar.**Table 3.** Test results of three steel frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=2$ ).

Numune	En Büyük Yatay Yük		En Büyük Yatay Yük Oranı $(l)/N110$	1. Çevrim Rijitliği (kN/mm)	Son Rijitlik		1. Çevrim Rijitlik Oranı (6)/N110	Tüketilen Enerji		Tüketilen Enerji Oranı (10)/N110
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )			Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )		Toplam Tüketilen Enerji (kNmm)	Toplam ( $\delta/H$ )	
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
N110	27,15	0,0722	1,00	1,21	0,23	0,1115	1,00	13237	0,435	1,00
N111	45,50	0,0241	1,67	3,83	0,33	0,1019	3,16	17406	0,437	1,31
N112	65,23	0,0243	2,42	4,19	0,33	0,1323	3,46	17886	0,439	1,35

Şekil 11'den görüleceği üzere, taşınan en büyük yatay yük değerleri sırasıyla 12,97 kN (N110), 23,64 kN (N111) ve 28,60 kN (N112) olarak bulunmuştur. Referans olan boş çerçeve sistemi baz alındığında, taşınan yatay yükteki artış tuğla dolgululu sistemde %82, tuğla+sıva dolgululu sistemde %121'dir.



**Şekil 11.** Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan çerçevelere ait dayanım zarfları.

**Figure 11.** Strength envelopes of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1/2$ ).

Söz konusu numune deneylerinden elde edilen rijitlik azalımı grafikleri de Şekil 12'de verilmiştir. 1. çevrim rijitlikleri sırasıyla 0,38 kN/mm (N110), 1,05 kN/mm (N111) ve 1,18 kN/mm (N112) değerlerinde iken; ilerleyen çevrimlerde rijitlikler düşmektedir. Tuğla ve tuğla+sıvalı dolgululu sistemlerdeki rijitlik azalımı daha hızlı iken, boş çerçeve sistemdeki rijitlik azalımı daha yavaştır. 6. çevrimden ( $\delta/H=0,0374$ ) sonra tüm çerçeve sistemlerindeki rijitlik değerlerinde azalmanın yavaşladığı görülmekte olup bu çevrimden sonra rijitlik değerleri 0,15-0,40 kN/mm dolaylarına inmektedir. İlk

çevrimden elde edilen rijitlikler açısından; referans boş çerçeve sistemi baz alındığında, 1. çevrim rijitliklerindeki artış tuğla dolgululu sistemde %176, tuğla+sıva dolgululu sistemde %210 dur.

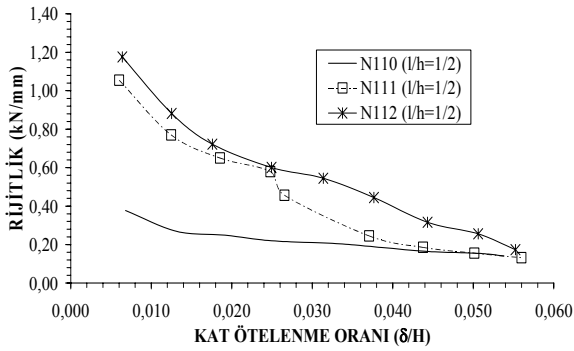
Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen toplam tüketilen enerji grafikleri de Şekil 13'de verilmiştir. Tüketilen enerji değerleri 9. çevrim sonunda sırasıyla 2991 kNmm (N110), 5871 kNmm (N111) ve 7429 kNmm (N112) dir. Referans olan boş çerçeve sistemi baz alındığında, toplam tüketilen enerjideki artış tuğla dolgululu sistemde %96, tuğla+sıva dolgululu sistemde %148dir. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan üç adet çelik çerçeve sistemine ait deney sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

## Dolgu Duvar Özelliğinin Çerçeve Sistemlerinin Davranışına Olan Etkisi

### Boş çerçeve sistemleri

Bu çalışmada test edilmiş olan 3 adet değişik ölçülerdeki boş çerçeve sistemine ait sonuçlar bu bölümde incelenmiştir. Söz konusu deney numuneleri; tek katlı-tek açıklıklı ve açıklık/yükseklik oranı sırasıyla 1, 2 ve 1/2 olan çerçeve sistemi N110( $l/h=1$ ), N110( $l/h=2$ ), N110( $l/h=1/2$ ), şeklindedir. Söz konusu numunelerin dayanım zarfları Şekil 14'de verilmiştir.

Şekil 14'den görüleceği üzere, taşınan en büyük yatay yük değerleri sırasıyla 32,37 kN, 27,15 kN ve 12,97 kN olarak bulunmuştur. Referans olan  $l/h=1$  çerçeve sisteminin;  $l/h=2$  olan çerçeve sistemi %84'ü,  $l/h=1/2$  olan çerçeve sistemi %40'ı, oranında yatay yük taşımaktadır.

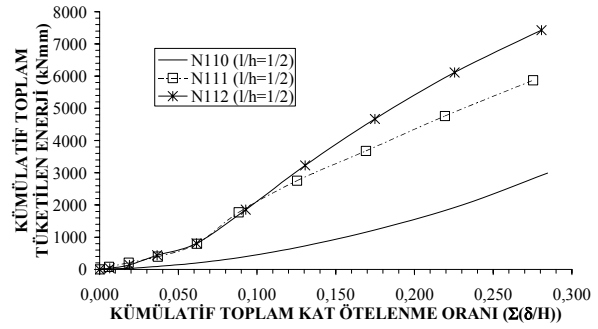


Şekil 12. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan çerçevelere ait rijitlik azalımı grafikleri.

Figure 12. Rigidity decreasing graphics of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1/2$ ).

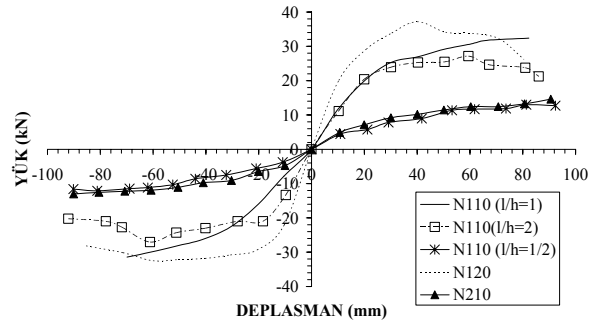
Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen rijitlik azalımı grafikleri de Şekil 15’de verilmiştir. Şekil 15’in incelenmesinden görüleceği üzere, 1. çevrim rijitlikleri sırasıyla 1,17 kN/mm, 1,21 kN/mm ve 0,38 kN/mm değerlerinde iken; ilerleyen çevrimlerde rijitlikler düşmektedir. İlk çevrimden elde edilen 1. çevrim rijitlikleri dikkate alındığında; referans olan  $l/h=1$  çerçeve sisteminin;  $l/h=2$  olan çerçeve sistemi %103’ü,  $l/h=1/2$  olan çerçeve sistemi %61’i oranında başlangıç rijitlik değerine sahiptir.

1. çevrim rijitlikleri ilerleyen çevrimlerde hızla azalmış,  $l/h=1$  ve  $l/h=2$  olan çerçeve sistemlerinde 8. çevrimde 0,40 kN/mm,  $l/h=1/2$  çerçeve sisteminde ise 9. çevrimde 0,15 kN/mm değerine kadar azalmıştır. Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen toplam tüketilen enerji grafikleri de Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 13. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan çerçevelere ait toplam tüketilen enerji grafikleri.

Figure 13. Cumulative consumed energy graphics of frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1/2$ ).



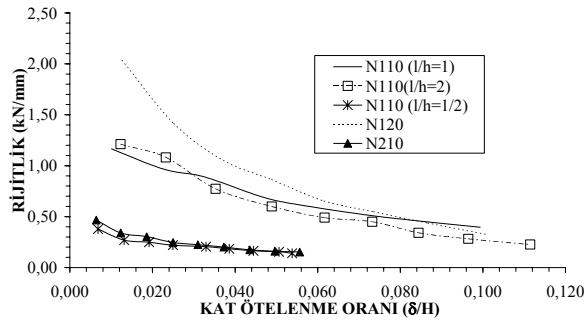
Şekil 14. Boş çerçeve sistemlerine ait dayanım zarfları.

Figure 14. Strength envelopes of frame systems having no-infill wall.

Tablo 4. Dolgu duvar açıklığı/dolgu duvar yüksekliği ( $l/h=1/2$ ) olan çerçevelere ait deneysel sonuçlar.

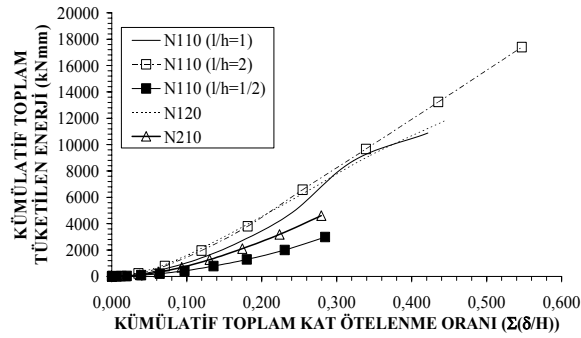
Table 4. Test results of three steel frame systems having infill wall length/infill wall height ( $l/h=1/2$ ).

Numune	En Büyük Yatay Yük		En Büyük Yatay Yük Oranı (2)/N110	1. Çevrim Rijitliği (kN/mm)	Son Rijitlik		1. Çevrim Rijitlik Oranı (6)/N110	Tüketilen Enerji		Tüketilen Enerji Oranı (10)/N110
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )			Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )		Toplam Tüketilen Enerji (kNmm)	Toplam ( $\delta/H$ )	
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
N110	12,97	0,051	1,00	0,38	0,14	0,0538	1,00	2991	0,285	1,00
N111	23,64	0,024	1,82	1,05	0,13	0,0560	2,76	5871	0,275	1,96
N112	28,60	0,032	2,21	1,18	0,17	0,0552	3,10	7429	0,281	2,48



Şekil 15. Boş çerçeve sistemlerine ait rijitlik azalımı grafikleri.

Figure 15. Rigidity decreasing graphics of frame systems having no-infill wall.



Şekil 16. Boş çerçeve sistemlerine ait toplam tüketilen enerji grafikleri.

Figure 16. Cumulative consumed energy graphics of frame systems having no-infill wall.

Şekil 16'dan görüleceği üzere, toplam tüketilen enerji değerleri ( $l/h=1$ ) ve ( $l/h=2$ )

çerçeve sistemleri için 8. çevrim sonunda sırasıyla 10878 kNmm ve 13237 kNmm olarak; ( $l/h=1/2$ ) çerçeve sistemi için 9. çevrim sonunda 2991 kNmm olarak elde edilmiştir. Toplam tüketilen enerji bakımından,  $l/h=1$  olan çerçeve sistemine göre  $l/h=2$  olan çerçeve sistemi %22 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Yine (Toplam  $\delta/H=0,0277$ ) seviyesinde,  $l/h=1/2$  olan çerçeve sistemi,  $l/h=1$  olan çerçeve sisteminin %63'ü oranında enerji tüketmiştir. Beş adet boş çelik çerçeve sistemine ait deney sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

### Tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemleri

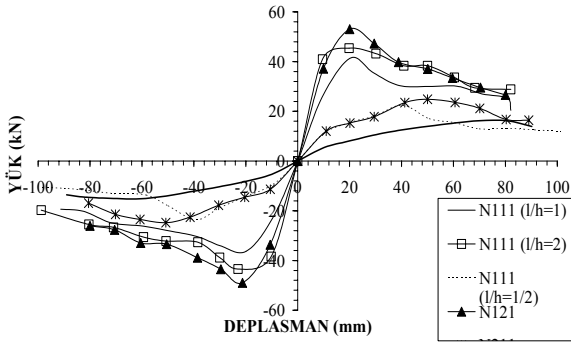
Bu çalışmada test edilmiş olan 3 adet değişik ölçülerdeki tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemine ait sonuçlar bu bölümde incelenmiştir. Söz konusu deney numuneleri; ( $l/h=1$ ), ( $l/h=2$ ) ve ( $l/h=1/2$ ) tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemi şeklindedir. Söz konusu numunelerin dayanım zarfları Şekil 17'de verilmiştir.

Şekil 17'den görüleceği üzere, taşınan en büyük yatay yük değerleri sırasıyla 41,42 kN, 45,40 kN ve 23,64 kN olarak bulunmuştur. Referans olan  $l/h=1$  çerçeve sisteminin;  $l/h=2$  olan çerçeve sistemi %110'u,  $l/h=1/2$  olan çerçeve sistemi %57'si oranında yatay yük taşımaktadır. Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen rijitlik azalımı grafikleri de Şekil 18'de verilmiştir.

Tablo 5. Boş çelik çerçeve sistemlerine ait deneysel sonuçlar.

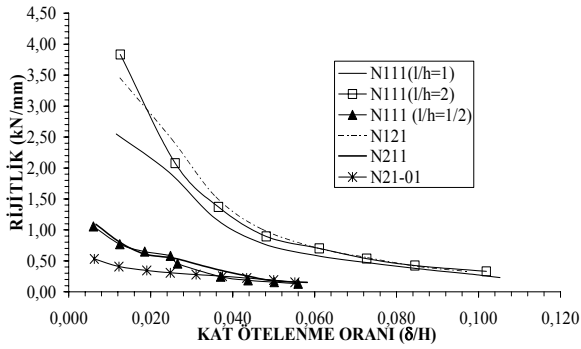
Table 5. Test results of empty steel frame systems.

Numune	En Büyük Yatay Yük		En Büyük Yatay Yük Oranı (2)/N110( $l/h=1$ )	1. Çevrim Rijitliği (kN/mm)	Son Rijitlik		1. Çevrim Rijitlik Oranı (6)/N110( $l/h=1$ )	Tüketilen Enerji		Tüketilen Enerji Oranı (10)/N110( $l/h=1$ )
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )			Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )		Toplam Tüketilen Enerji (kNmm)	Toplam ( $\delta/H$ )	
N110 ( $l/h=1$ )	32,37	0,0994	1,00	1,17	0,40	0,0994	1,00	10878	0,422	1,00
N110 ( $l/h=2$ )	27,15	0,7220	0,84	1,21	0,23	0,1115	1,03	13237	0,435	1,22
N110 ( $l/h=1/2$ )	12,97	0,0510	0,40	0,38	0,14	0,0538	0,61	2991	0,285	0,63



Şekil 17. Tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemlerine ait dayanım zarfları.

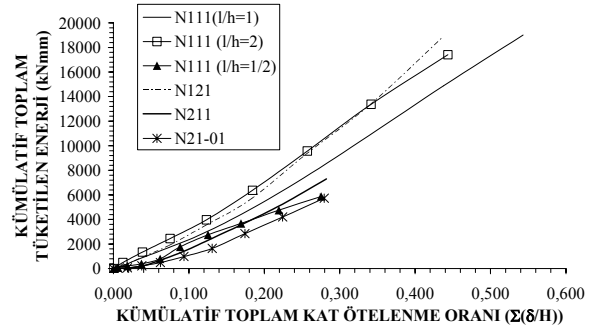
Figure 17. Strength envelopes of frame systems having infill brick-wall.



Şekil 18. Tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemlerine ait rijitlik azalımı grafikleri.

Figure 18. Rigidity decreasing graphics of frame systems having infill brick-wall.

Şekil 18'in incelenmesinden görüleceği üzere, 1. çevrim rijitlikleri sırasıyla 2,55 kN/mm, 3,83 kN/mm ve 1,05 kN/mm değerlerinde iken; ilerleyen çevrimlerde rijitlikler düşmektedir. Rijitlik değerlerindeki azalım (l/h=1) ve (l/h=2) numunelerinde daha hızlı iken, diğer numunelerde ise daha yavaştır. İlk çevrimden elde edilen 1. çevrim rijitlikleri dikkate alındığında; referans olan l/h=1 çerçeve sisteminin; l/h=2 olan çerçeve sistemi %150'si, l/h=1/2 olan çerçeve sistemi %41'i oranında başlangıç rijitlik değerine sahiptir. 1. çevrim rijitlikleri ilerleyen çevrimlerde hızla azalmış, tek katlı-tek açıklıklı l/h=1 ve l/h=2 olan çerçeve sistemlerinde 8. çevrimde 0,30 kN/mm, l/h=1/2 çerçeve sisteminde ise 9. çevrimde 0,15 kN/mm değerine kadar azalmıştır. Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen toplam tüketilen enerji grafikleri de Şekil 19'da verilmiştir.



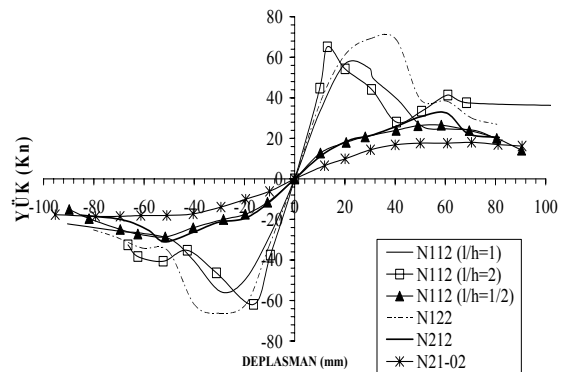
Şekil 19. Tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemlerine ait toplam tüketilen enerji grafikleri.

Figure 19. Cumulative consumed energy graphics of frame systems having infill brick-wall.

Şekil 19'dan görüleceği üzere, toplam tüketilen enerji değerleri (l/h=1) ve (l/h=2) çerçeve sistemleri için 8. çevrim sonunda sırasıyla 14877 kNmm ve 17406 kNmm olarak; (l/h=1/2) çerçeve sistemi için 9. çevrim sonunda 5871 kNmm olarak elde edilmiştir. Toplam tüketilen enerji bakımından, l/h=1 olan çerçeve sistemine göre l/h=2 olan çerçeve sistemi %17 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Yine (Toplam  $\delta/H=0,0277$ ) seviyesinde l/h=1/2 olan çerçeve sistemi, l/h=1 olan çerçeve sisteminin %70'i oranında enerji tüketmiştir. Altı adet tuğla duvar dolgulu çelik çerçeve sistemine ait deney sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

### Tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemleri

Bu çalışmada test edilmiş olan 3 adet değişik ölçülerdeki tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemine ait sonuçlar bu bölümde incelenmiştir. Söz konusu deney numuneleri; (l/h=1), (l/h=2) ve (l/h=1/2) tuğla duvar dolgulu çerçeve sistemi şeklindedir. Söz konusu numunelerin dayanım zarfları Şekil 20'de verilmiştir.



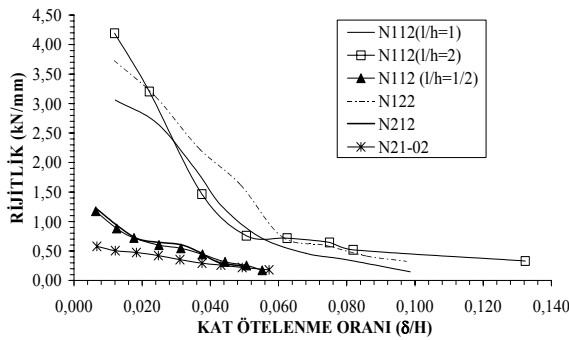
Şekil 20. Tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemlerine ait dayanım zarfları.

Figure 20. Strength envelopes of frame systems having brick wall+plaster infilled wall.

**Tablo 6.** Tuğla duvar dolgulu çelik çerçeve sistemlerine ait deneysel sonuçlar.*Table 6. Test results of brick-wall infilled steel frame systems.*

Numune	En Büyük Yatay Yük		En Büyük Yatay Yük Oranı (2)/N110(l/h=1)	1. Çevrim Rijitliği (kN/mm)	Son Rijitlik		1. Çevrim Rijitlik Oranı (6)/N110(l/h=1)	Tüketilen Enerji		Tüketilen Enerji Oranı (10)/N110(l/h=1)
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )			Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )		Toplam Tüketilen Enerji (kNmm)	Toplam ( $\delta/H$ )	
N111 (l/h=1)	41,42	0,0247	1,00	2,55	0,23	0,1108	1,00	14877	0,422	1,00
N111 (l/h=2)	45,40	0,0241	1,10	3,83	0,33	0,1019	1,50	17406	0,437	1,17
N111 (l/h=1/2)	23,64	0,0244	0,57	1,05	0,13	0,0560	0,41	5871	0,275	0,70
N121	53,04	0,0243	1,28	3,46	0,33	0,0971	1,36	18855	0,437	1,27
N211	24,85	0,0308	0,60	1,09	0,15	0,0582	0,43	7309	0,282	0,87
N21-01	16,27	0,0432	0,39	0,53	0,15	0,0552	0,21	5732	0,279	0,68

Şekil 20'den görüleceği üzere, taşınan en büyük yatay yük değerleri sırasıyla 56,92 kN, 65,86 kN ve 28,60 kN olarak bulunmuştur. Referans olan l/h=1 çerçeve sisteminin; l/h=2 olan çerçeve sistemi %116'sı, l/h=1/2 olan çerçeve sistemi %50'si oranında yatay yük taşımaktadır. Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen rijitlik azalımı grafikleri de Şekil 21'de verilmiştir.

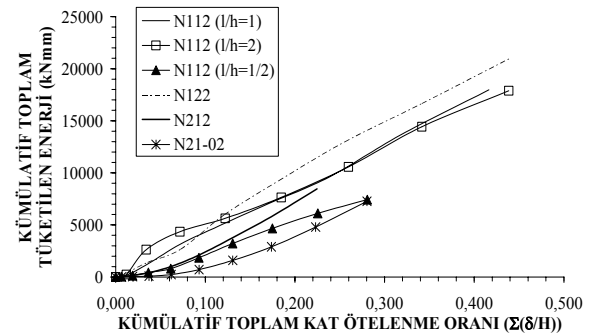
**Şekil 21.** Tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemlerine ait rijitlik azalımı grafikleri.*Figure 21. Rigidity decreasing graphics of frame systems having brick wall+plaster infilled wall.*

Şekil 21'in incelenmesinden görüleceği üzere, 1. çevrim rijitlikleri sırasıyla 3,06 kN/mm, 4,19 kN/mm ve 1,18 kN/mm değerlerinde iken; ilerleyen çevrimlerde rijitlikler düşmektedir. İlk çevrimden elde edilen 1. çevrim rijitlikleri dikkate alındığında; referans olan l/h=1 çerçeve sisteminin; l/h=2 olan çerçeve sistemi %136'sı, l/h=1/2 olan çerçeve sistemi %39'u oranında başlangıç rijitlik değerine sahiptir. 1. çevrim rijitlikleri ilerleyen çevrimlerde hızla azalmış,

l/h=1 ve l/h=2 olan çerçeve sistemlerinde 8. çevrimde 0,15-0,45 kN/mm, l/h=1/2 çerçeve sisteminde ise 9. çevrimde 0,18 kN/mm değerine kadar azalmıştır. Söz konusu numunelerin deneylerinden elde edilen toplam tüketilen enerji grafikleri de Şekil 22'de verilmiştir.

Şekil 22'den görüleceği üzere, toplam tüketilen enerji değerleri (l/h=1) ve (l/h=2) çerçeve sistemleri için 8. çevrim sonunda sırasıyla 17978 kNmm ve 17886 kNmm, (l/h=1/2) çerçeve sistemi için 9. çevrim sonunda 7429 kNmm olarak elde edilmiştir.

Toplam tüketilen enerji bakımından, l/h=1 olan çerçeve sistemine göre l/h=2 olan çerçeve sistemi %14 daha az enerji tüketmiştir. Yine (Toplam  $\delta/H=0,0277$ ) seviyesinde l/h=1/2 olan çerçeve sistemi, l/h=1 olan çerçeve sisteminin %70'i oranında enerji tüketmiştir.

**Şekil 22.** Tuğla duvar+sıva dolgulu çerçeve sistemlerine ait toplam tüketilen enerji grafikleri.*Figure 22. Cumulative consumed energy graphics of frame systems having brick wall+plaster infilled wall.*

Üç adet tuğla duvar+sıva dolgulu çelik çerçeve sistemine ait deney sonuçları Tablo 7’de

verilmiştir. Ayrıca, elde edilen deneysel sonuçlar toplu halde Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 7.** Tuğla duvar+sıva dolgulu çelik çerçeve sistemlerine ait deneysel sonuçlar.

*Table 7. Test results of brick-wall+plaster infilled steel frame systems.*

Numune	En Büyük Yatay Yük		En Büyük Yatay Yük Oranı (2)/N110(l/h=1)	1. Çevrim Rijitliği (kN/mm)	Son Rijitlik		1. Çevrim Rijitlik Oranı (6)/N110(l/h=1)	Tüketilen Enerji		Tüketilen Enerji Oranı (10)/N110(l/h=1)
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )			Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )		Toplam Tüketilen Enerji (kNmm)	Toplam ( $\delta/H$ )	
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
N112 (l/h=1)	56,92	0,0244	1,00	3,06	0,15	0,0986	1,00	17978	0,416	1,00
N112 (l/h=2)	65,23	0,0243	1,16	4,19	0,33	0,1323	1,36	17886	0,439	0,86
N112 (l/h=1/2)	28,60	0,0322	0,50	1,18	0,17	0,0552	0,39	7429	0,281	0,70
N122	69,15	0,0364	1,21	3,73	0,32	0,0976	1,22	20957	0,439	1,17
N212	32,56	0,0373	0,57	1,22	0,23	0,0513	0,40	8457	0,225	0,99
N21-02	18,48	0,0428	0,32	0,58	0,18	0,0573	0,20	7275	0,280	0,68

**Tablo 8.** Deneysel sonuçların değerlendirilmesi.

*Table 8. The tabulation of experimental results.*

Numune	Deneysel Maksimum Yük (Göçme) Durumu		Başlangıç Rijitliği (kN/mm)	Deney Sonuna İlişkin Değerler		Deney Sonunda Tüketilen Enerji Durumu		Göçme Şekli
	Yük (kN)	( $\delta/H$ )		Rijitlik (kN/mm)	( $\delta/H$ )	Küm.Top.Tük. Enerji (kNmm)	Küm. Toplam $\Sigma(\delta/H)$	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
N110 (l/h=1)	32,37	0,0994	1,46	0,40	0,0994	10878	0,422	ÇÇG
N111 (l/h=1)	41,42	0,0247	10,75	0,23	0,1108	14877	0,437	EÇÇ
N112 (l/h=1)	56,92	0,0247	19,30	0,15	0,0986	17978	0,416	EÇÇ
N110 (l/h=2)	27,15	0,0722	1,28	0,23	0,1115	13237	0,435	ÇÇG
N111 (l/h=2)	45,50	0,0241	13,20	0,33	0,1019	17406	0,437	EÇÇ-BE
N112 (l/h=2)	63,23	0,0243	25,80	0,33	0,1323	17886	0,439	BE
N110 (l/h=1/2)	12,97	0,0510	0,46	0,14	0,0538	2991	0,285	---
N111 (l/h=1/2)	23,64	0,0244	3,72	0,13	0,0560	5871	0,275	EÇÇ-BE
N112 (l/h=1/2)	28,60	0,0322	6,10	0,17	0,0552	7429	0,281	EÇÇ-BE

- (BE) Basınç ezilmesi şeklinde göçmeyi, (EÇÇ) eğik çekme çatlama şeklinde göçmeyi, ÇÇG ise çelik çerçevedeki göçmeyi ifade etmektedir.

## SONUÇLAR

Yapılan bu deneysel çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

1. Değişik yapısal özellikteki dolgu duvarları, yatay yükleme altındaki çelik çerçeve sisteminin yatay yük taşıma kapasitesini, yatay rijitliğini ve enerji tüketme kapasitesini önemli ölçüde artırmaktadır.
2. Dolgu duvarının açıklık/yükseklik ( $l/h$ ) oranı, yatay yükleme altındaki çerçeve sisteminin yatay yük taşıma kapasitesini,

yatay rijitliğini ve enerji tüketme kapasitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

3. Dolgu duvarının açıklık/yükseklik oranının ( $l/h$ )>1 olması, yatay yük taşıma kapasitesini artırırken; ( $l/h$ )<1 olması durumu ise önemli ölçüde azaltmaktadır.
4. Özellikle tuğla duvarlarda sıva kullanımının, dolgu çerçeve sisteminin yatay göçme yükünü, yatay rijitliğini ve enerji tüketme kapasitesini önemli ölçüde artırdığı açıkça görülmüştür. Bu nedenle, uygulamada sıva yapılmasına özel önem verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aydoğdu, İ., 1995, Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başer, A.F., 1999, Çerçeve Dolgularının Yapı Rijitliğine Etkilerinin Fiktif Diyagonallerle Açıklanması, Yüksek Lisans Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bağcı, M., 1996, Yatay Yüklere Maruz Dolgulu Çerçevelerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Budak, A., 1997, Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Hesabı, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erdem, C., 1998, Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yanal Yükler Altına Nümerik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürses, H., 1998, Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Onarımı, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karabay, M., 1989, Dolgu Duvarların Betonarme Çerçevelerin Davranışı ve Dayanımı Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karaduman, A., 1998, Dolgu Duvarların Çerçevelerin Yatay Yükler Altındaki Davranışına Etkileri, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kargı, Y., 1999, Perde Etkisi Oluşturan Bölme Duvarları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaltakçı, M.Y., Köken, A., 2003a, Tersinir Yükleme Altındaki Çok Katlı ve Çok Açıklıklı Dolgu Duvarlı Çelik Çerçevelerin Davranışının Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Konya.
- Kaltakçı, M.Y., Köken, A., 2003b, Tuğla Dolgu Duvarlı Çelik Çerçevelerin Tersinir-Tekrarlanır Yükler Altındaki Davranışı, TÜBİTAK Proje No: İntag569, Ankara.
- 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.
- Korkmaz, H.H., 2004, Bant Pencere Dolgu Duvarlı Çelik Çerçevelerin Tersinir Tekrarlanır Yükler Altındaki Davranışının İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Marjani, F., 1997, Behaviour of Brick Infilled Reinforced Concrete Frames Under Reversed Cycling Loading, Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Türk, A.M., 1998, Betonarme Çerçevelerin Dolgu Duvarlarla Rehabilitasyonu, Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yalçın, E., 1999, Dolgu Duvarların ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.