



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0222

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011  
Accepted: October 2011  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Rıfat Sezer**  
**Arife Akın**  
Selcuk University  
rsezer@selcuk.edu.tr  
Konya-Turkey

**DOLGU DUVARLARI ÖNÜRETİMLİ BETON PANELLERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ BETONARME ÇERÇEVELERİN DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

**ÖZET**

Betonarme binaların depreme karşı güçlendirme yöntemleri arasında dolgu duvarlarının güçlendirilmesi, özellikle yapıda tek tek onarılması gereken eleman sayısının çok fazla olması ve taşıyıcı sistemin yanal rijitliğinin düşük olması halinde etkili güçlendirme yöntemi olabilmektedir. Bu çalışmada, tek açıklıklı, iki katlı, 1/2 ölçekli, tuğla dolgu duvarlı, depreme karşı yeterli dayanımı olmayan 3 adet betonarme çerçeveden biri referans numune olarak güçlendirme yapılmadan, diğer 2 tanesinin tuğla dolgu duvarları ön üretilmiş yüksek dayanımlı beton paneller ile güçlendirilerek depremi benzeştiren yanal yükler altında davranışları incelenmiştir. Deney sonuçları, önerilen güçlendirme tekniğinin yanal rijitlik ve dayanımda dikkate değer artışlar sağladığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme Çerçeveler, Güçlendirme, Dolgu Duvarlar, Ön Üretilmiş Paneller, Deprem Yüğü

**INVESTIGATION ON SEISMIC BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE FRAMES WHOSE INFILL WALLS STRENGTHENED WITH PRECAST CONCRETE PANELS**

**ABSTRACT**

The strengthening of infill walls, a strengthening method for reinforced concrete buildings against earthquakes, can become an effective strengthening method when the number of members that should be repaired individually was high and the stiffness of the lateral load-carrying system was low. In this study, three reinforced concrete frames having single-bay, two floors, 1/2 scale, brick-infill walls but insufficient strength against earthquake were used for the tests. The brick infill walls of two frames were strengthened with precast high strength concrete panels and tested under lateral loads representing the seismic effect. The other frame was considered as the reference frame and tested without applying any strengthening process. The test results showed that the proposed strengthening method provided considerable increases in terms of lateral stiffness and strength.

**Keywords:** Reinforced Concrete Frames, Strengthening, Infill Walls, Precast Concrete Panels, Earthquake Load

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizde mevcut betonarme binaların çoğunluğunun büyük hatta orta şiddette depreme dayanabilecek kalitede olmadığı bilinmektedir. Bu binaların deprem öncesinde güçlendirilmeleri ya da depremi az veya orta hasarlı atlattıktan sonra güçlendirilmeleri oldukça yaygın bir uygulamadır. Depremlerde bu tip binalarda görülen hasar nedenleri; yanal rijitliğin düşük olması, yanal dayanımın yeterli olmaması, tasarımda öngörülen sünek davranışın sağlanamaması ve yapım aşamasında yapılan hatalar olarak sıralanabilir. Yerinde dökme betonarme perde duvarlar sistem davranışının iyileştirilmesinde oldukça etkili, güvenilir bir yöntemdir. Bu yöntem binaya yüksek dayanım ve yanal rijitlik sağlamaktadır [1]. Ancak bu yöntem oldukça zahmetli ve uzun sürmesi sebebiyle binanın boşaltılmasını gerektirmektedir. Bu sebeple uygulanması kolay, ekonomik ve yapısal açıdan etkili bir güçlendirme yöntemi geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarla, boşluklu tuğla dolgu duvarlı yapılara uygulanabilen, binanın boşaltılmasını gerektirmeyen bir yöntem olan tuğla dolgu duvarların ön üretimli beton panellerle güçlendirilmesi yönteminin etkinliği araştırılmıştır. Çalışmada, boşluklu tuğla dolgu duvarların üzerine yüksek dayanımlı ön üretimli paneller yapıştırılarak, bu duvarların yerinde dökme betonarme perde duvarlar gibi davranıp davranamayacağı araştırılmıştır. ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar [2, 3 ve 4] önerilen güçlendirme yönteminin, mevcut yapıların güçlendirilmesinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. Yapılan bu çalışmada deney numunelerinin ölçekleri ve dolayısıyla panel elemanların boyutları, panel üretiminde kullanılan malzemeler, ankraj şekilleri ve boyları gibi detaylar [2, 3 ve 4]'den farklı olarak tasarlanmıştır.

Dolgu duvarlarla ilgili kuramsal ve deneysel çalışmalar yaklaşık elli sene sürmektedir. Dolgu duvarlarla ilgili ilk çalışma Polyakov [5] tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Smith ve Carter [6], Mainstone ve Weeks [7], Klingner ve Bertero [8], Paulay ve Prestley [9] dolgu duvarlarla ilgili çalışmalar yapıp dolgulu çerçeve davranışının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuşlardır. Son yıllarda da pek çok araştırmacı betonarme binalarda dolgu duvarların deprem etkilerine karşı davranışlarının incelenmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır [10 ve 11].

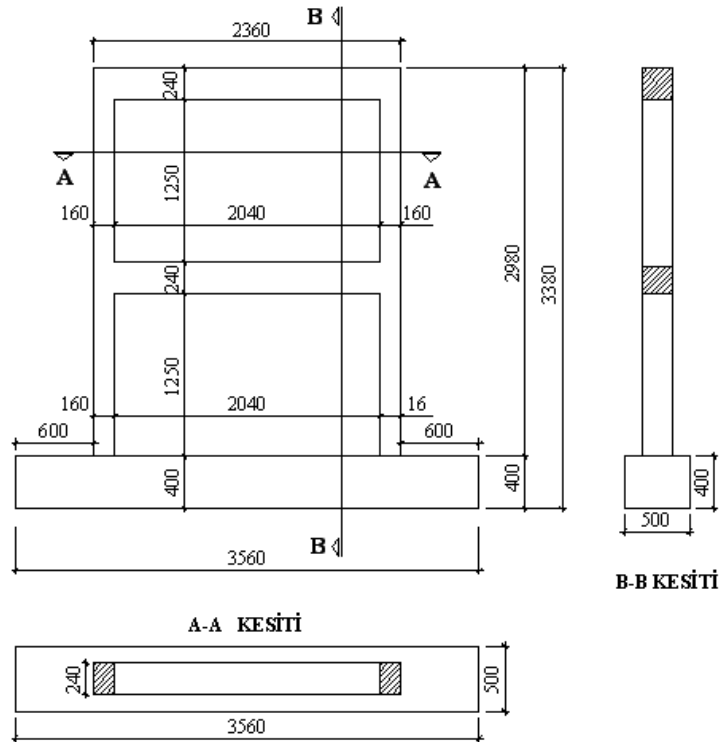
## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Günümüzdeki uygulamalar göstermektedir ki, çok katlı bir betonarme binanın depreme dayanıklı hale getirilmesi için iyileştirilmesi, çok uzun ve yorucu bir süreçtir. Özellikle, güçlendirilecek olan binanın etkin olarak kullanımına engel olabilecek güçlendirme yöntemleri yüzünden, çoğu zaman acil ve önemli olmasına rağmen bu binaların güçlendirilmesinden vazgeçilmektedir. Bu çalışmada, güçlendirilecek binaların miktarı, halen kullanılıyor olması ve güçlendirme işleminin bireyler ve ülke ekonomisine etkisi göz önüne alınarak, değişik bir yönteminin kullanılması önerilmekte ve araştırılmaktadır. Bu modelde, diğer güçlendirme yöntemlerinden farklı olarak, kullanıcıların imalat sırasında binayı terk etmeden ve önemli bir rahatsızlık vermeden, varolan boşluklu tuğla dolgu duvarlarının ön üretimli yüksek dayanımlı betondan, ince ve iki kişi tarafından taşınabilecek, kapılardan kolaylıkla geçebilecek panellerle güçlendirilmesi uygulamasının, Türkiye' de mevcut her tipte binada kullanılacak önemli bir güçlendirme alternatifi olabileceği düşünülmektedir. Bu şekilde yapılan bir güçlendirme, iyi bir analizle gerektiği gibi projelendirilir ve inşa edilirse dolgulu çerçeve perde duvarlı çerçeve gibi davranarak yapının yanal rijitliğini artırabilir

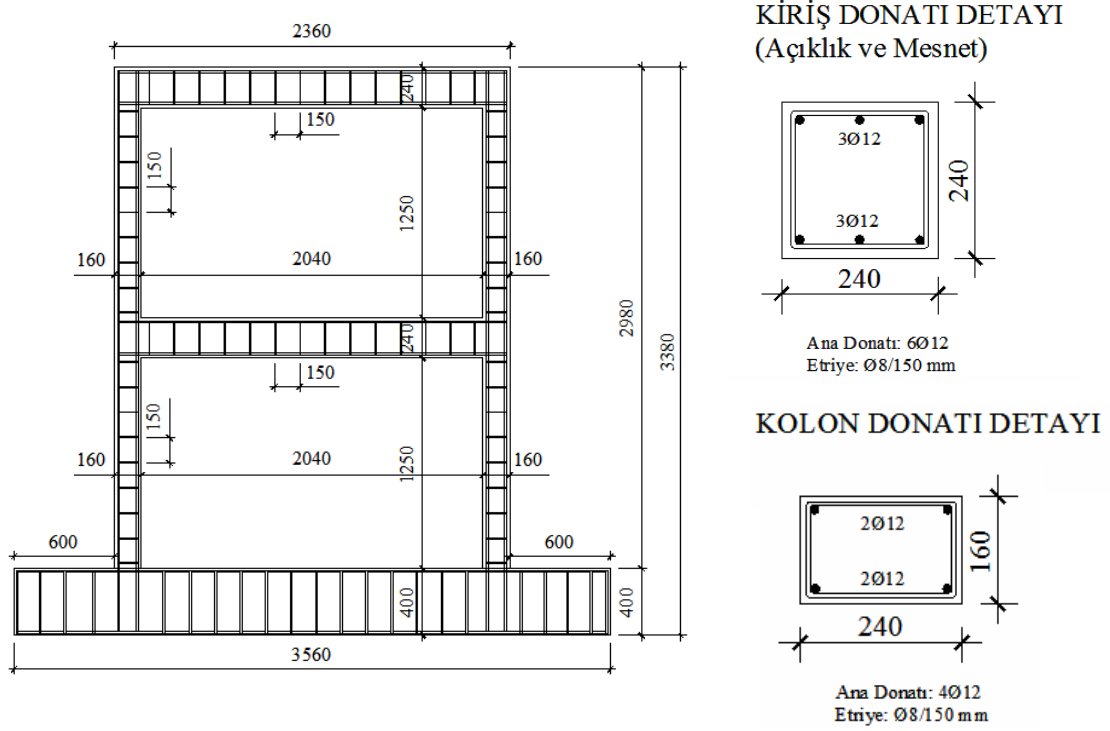
ve böylece diğer taşıyıcı elemanların takviye edilmesi gereği ortadan kalkabilir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

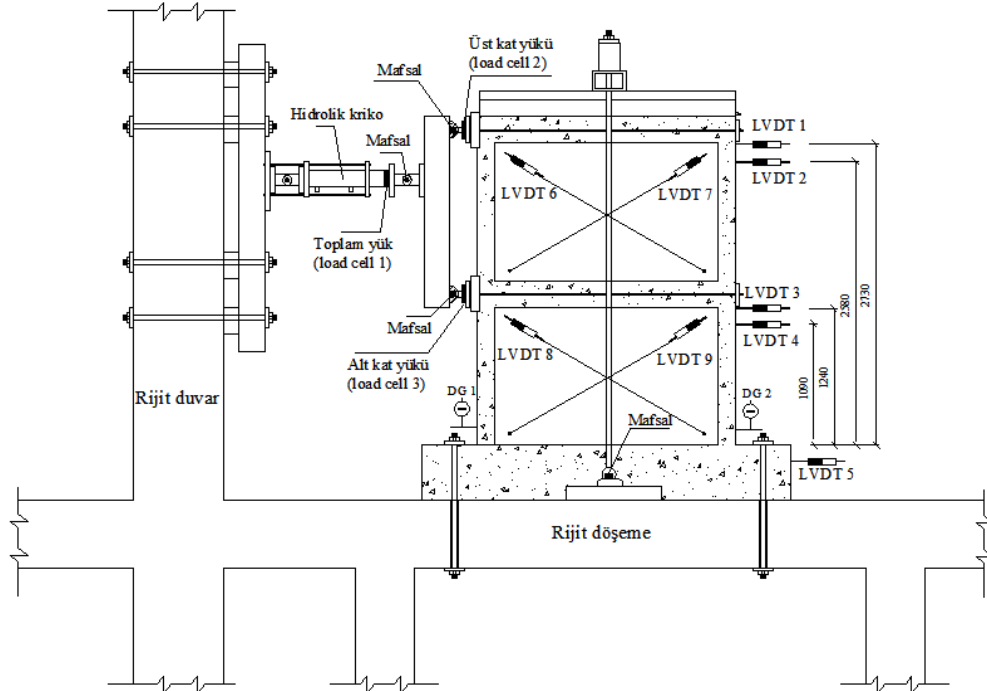
Çalışmada, mevcut betonarme binalarda sıklıkla görülen tasarım ve yapım kusurlarına (düşük beton kalitesi, kirişlerin kolonlardan güçlü olması, kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde etriye bulunmaması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmaması, yetersiz kenetlenme boyu gibi) sahip olarak üretilmiş, 1/2 ölçekli, iki katlı, tek açıklıklı, tuğla dolgu duvarlı toplam 3 adet betonarme çerçeve üretilmiştir. Bunlardan biri referans numune olarak, , diğer ikisinin ise dolgu duvarları ön üretimli panellerle güçlendirilerek depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yükler altındaki davranışı incelenmiştir. Bütün deney numunelerinde geometri ve donatı özellikleri aynıdır. Çerçeve sisteminin boyutları Şekil 1' de, boş çerçeveye ait donatı şeması Şekil 2'de, deneylerde kullanılan ölçüm düzeneği Şekil 3'de ve deney programında yer alan numunelere ait şekiller ve özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Deney sisteminde mevcut çerçeve kolonlarındaki aksel yük düzeyi, çekme kırılması oluşturacak seviyededir ( $N = 0.10 \times b \times h \times f_c$ ). Her kat seviyesinden uygulanan yatay deprem yükleri ise 1. kata 1 birim 2. kata 2 birim olacak şekilde üçgen dağılım olarak uygulanmıştır.



Şekil 1. Deney numunelerinin boyutları (ölçüler mm'dir.)  
(Figure 1. Dimensions of test specimens (dimensions are mm.))

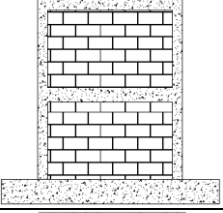
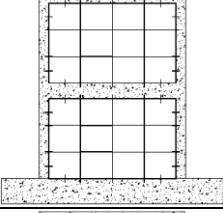
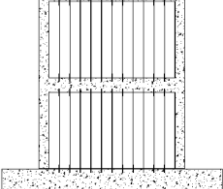


Şekil 2. Deney numunelerine ait donatı detayları ve boş çerçeve donatı şeması (ölçüler mm'dir.)  
(Figure 2. Reinforcement details and reinforcement layout of specimens for the bare frame (dimensions are mm.))



Şekil 3. Çerçeve numuneleri için deneylerde kullanılan ölçüm düzeneği  
(Load Cell ve LVDT'lerin yerleşimi)  
(Figure 3. Measuring apparatus used in tests for the frame specimens  
(Load Cell and LVDTs placement))

Tablo 1. Deney programında yer alan numuneler  
(Table 1. The specimens in the test program)

Deney Numunesi No	Çerçeve Türü	Özellikleri
Deney No: 1 RN (Referans Numune)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeve
Deney No: 2 A Tipi Panelli Numune (A-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + A Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve
Deney No: 3 B Tipi Panelli Numune (B-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + B Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve

Çalışma kapsamında iki farklı tipte ön üretimli beton panel üretilmiş ve deprem dayanımı zayıf betonarme çerçeve tuğla duvarları üretilen bu panellerle güçlendirilerek davranışa etkinliği gözlemlenmiştir. Panellerin üretilmesinde etkili olan faktörlerden biri panel ağırlıklarıdır. Uygulamada pratik bir şekilde kullanılabilir olması için ağırlık olarak en fazla iki kişinin rahatlıkla taşıyabileceği ağırlık sınırları içerisinde olması hedeflenmiştir. Panellerin üretilmesinde etkili olan diğer faktör ise panel kalınlıklarıdır. TDY-07'de panelin minimum kalınlığı 40 mm, maksimum kalınlığı ise 60 mm olarak öngörülmüştür [12]. Burada deney numuneleri 1/2 ölçekli olduğu için panel kalınlıkları da buna bağlı olarak 20 mm olarak seçilmiştir. Panel elemanların boyutları tasarlanırken yine uygulamaya göre 1/2 ölçekli boyutlar düşünülerek tasarlanmıştır. TDY-07'de ön üretimli panel betonu için minimum basınç dayanımı 40 MPa olarak önerilmiştir. Çalışmada panel betonu olarak ise Sika Grout-212 harcı kullanılmıştır. Bu harcın tercih edilmesindeki sebepler; yüksek mukavemetli olması, panel kalınlıkları az olduğu için betona göre daha homojen bir karışım elde edilebilmesi ve kolay uygulanabilir olmasıdır. TDY-07, panellerin çerçeve elemanlarına ankrajı için minimum ankraj çubuğu çapını 12 mm, ankraj derinliğini ise çubuk çapının 10 katı olarak önermiştir. Çalışmada ölçek 1/2 olduğu için çubuk çapı 6 mm, ankraj derinliği ise çubuk çapının on katı yani 60 mm olarak uygulanmıştır. Çerçeve elemanlarına ankraj filizleri için belirli aralıklarla  $\phi 8'$  lik delikler açılmış, açılan bu delikler öncelikle basınçlı hava püskürtülerek temizlenmiş ve ankraj filizleri Sika Anchor Fix-S malzemesi kullanılarak yerleştirilmiştir. Betonarme çerçeve tuğla duvarları her iki taraftan yaklaşık 8-10 mm kalınlığında kireç harçlı sıva ile sıvanmıştır. Her bir deney numunesinde panel elemanlarını birbirine, duvara ve çerçeveye yapıştırmak için Sikadur-31 epoksi esaslı yapıştırma harcı kullanılmıştır. Bu harcın betona yapışma dayanımı 3.5 MPa'dır (Sikadur-31 katalog değeri). Deney aşamasında panellerin duvar yüzeyinden sıvayla birlikte ayrılmasını önlemek için ise, panellerin

duvara bağlanılmasının iyi olacağı düşünülmüştür. Bunun için farklı tip panellerin muhtelif yerlerine  $\phi 6$  lık nervürlü donatının girebileceği boşluklar açılmış ve duvarın her iki tarafından bulanlar yardımıyla sıkılmıştır. Ayrıca her bir panel tipinde büzülme çatlakları ve taşıma sırasında oluşabilecek çatlakları önlemek için panel ortasına hasır donatı konulmuştur. Kullanılan bu hasır donatının çubuk çapı 1.5 mm, ızgara aralıkları ise her iki yönde 20 mm' dir. Deneylerde üretilen çerçeve numunelerinin betonlarına ait malzeme karışım değerleri Tablo 2' de, çerçevelere ve panel elemanlarına ait beton basınç dayanımı değerleri ise Tablo 3-4' te verilmiştir.

Tablo 2. Betonarme çerçevelerin betonlarına ait malzeme karışım oranları

(Table 2. Material mixing ratios of reinforced concrete frames)

	AĞIRLIK (KG)	1 M <sup>3</sup> BETONDAKİ HACİMSEL MİKTARI (%)
Çimento	240	10
0-16 mm arası agrega	1918	82
Su	192	8
Toplam	2350	100

Tablo 3. Deney numunelerinde ortalama beton basınç dayanımları  
(Table 3. The average concrete compressive strength of test specimens)

Numune No	$f_{c, 3gün}$ (MPa)	$f_{c, 3gün}$ (MPa)	$f_{c, 7gün}$ (MPa)	$f_{c, 7gün}$ Ortalama (MPa)	$f_{c, 28 gün}$ (MPa)	$f_{c, 28gün}$ Ortalama (MPa)
RN	8.33	8.31	10.32	10.95	13.24	13.82
A-TPÇ	8.76		12.56		14.73	
B-TPÇ	7.85		9.98		13.48	

Tablo 4. Ön üretimli beton panellerin basınç dayanımları  
(Table 4. The compressive strength of precast concrete panels)

Numune No	$f_{c, 28 gün}$ (MPa)
A-TP	55.53
B-TP	60.44

Deneylerde test edilmiş olan güçlendirilmiş betonarme çerçeveler Şekil 4'te gösterilmiştir.



(1) Referans Numune (RN)  
(Reference Specimen (RS))



(2) A Tipi Panelli Çerçeve (A-TPÇ)  
(A Type Panel Frame (A-TPF))



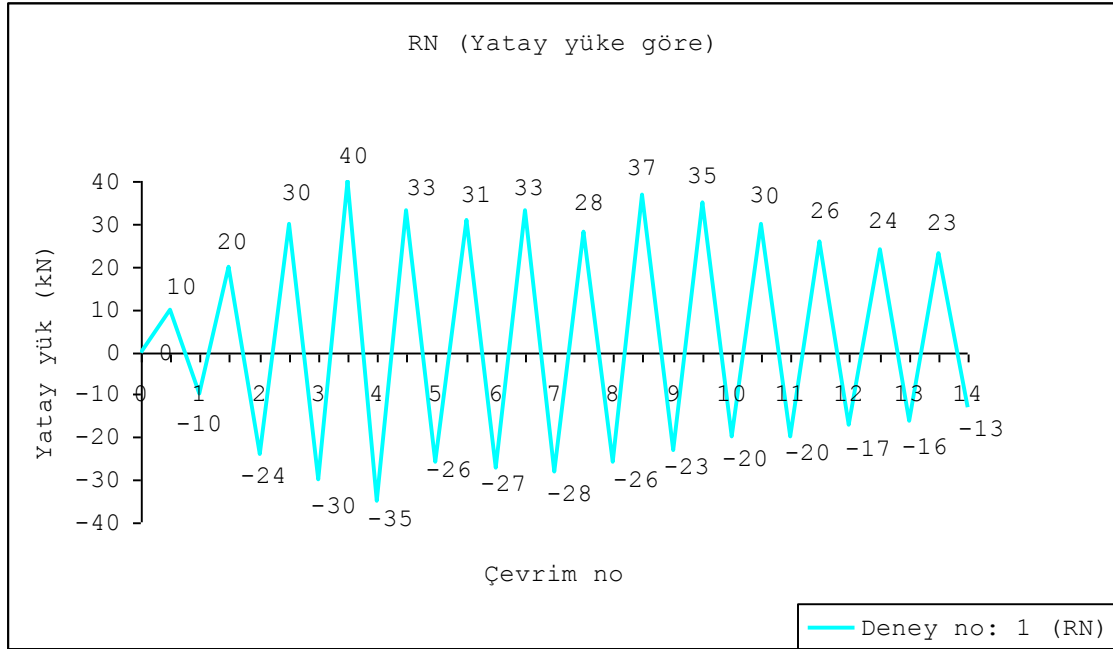
(3) B Tipi Panelli Çerçeve (B-TPÇ)  
(B Type Panel Frame (B-TPF))

Şekil 4. Betonarme çerçeve numuneleri  
(Figure 4. Reinforced concrete frame specimens)

1 nolu deney numunesinin deneyden önceki görünüşü Şekil 5' de gösterilmiştir. Deney elemanına uygulanan yükleme geçmişi ise Şekil 6-7' de verilmiştir. Yükleme geçmişi, çerçeveye üst kat kirişi hizasından uygulanan yatay yük ve üst kattan ölçülen deplasmana göre ayrı ayrı verilmiştir. Yükleme programından da anlaşılacağı üzere, çerçeve sisteminin akması ile beraber yükleme, yük kontrollüden deplasman kontrollüye geçmiştir. Yükleme programı, sistemin akmasını sağlayan 40 kN değerine kadar 10 kN'luk yük kontrollü artımlarla uygulanmış, bu noktadan sonra 20 mm deplasman değerine kadar gidilmiş, 20 mm' den sonra 100 mm'ye kadar 10'ar mm artımlarla deplasman kontrollü olarak geçmeye ulaşılmıştır.

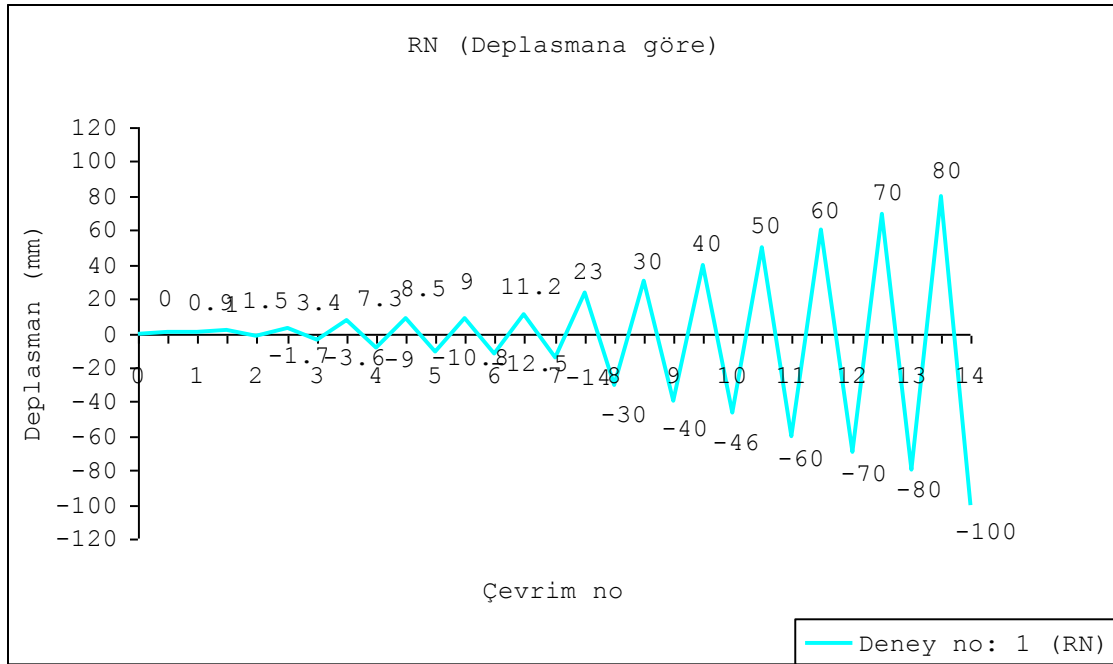


Şekil 5. 1 nolu deney numunesinin (RN) deneyden önceki görünüşü  
(Figure 5. The appearance of specimen 1 (RS) before the test)



Şekil 6. 1 nolu deney yükleme geçmişi (yatay yüke göre)  
(Figure 6. Test 1 loading history (according to the horizontal load))



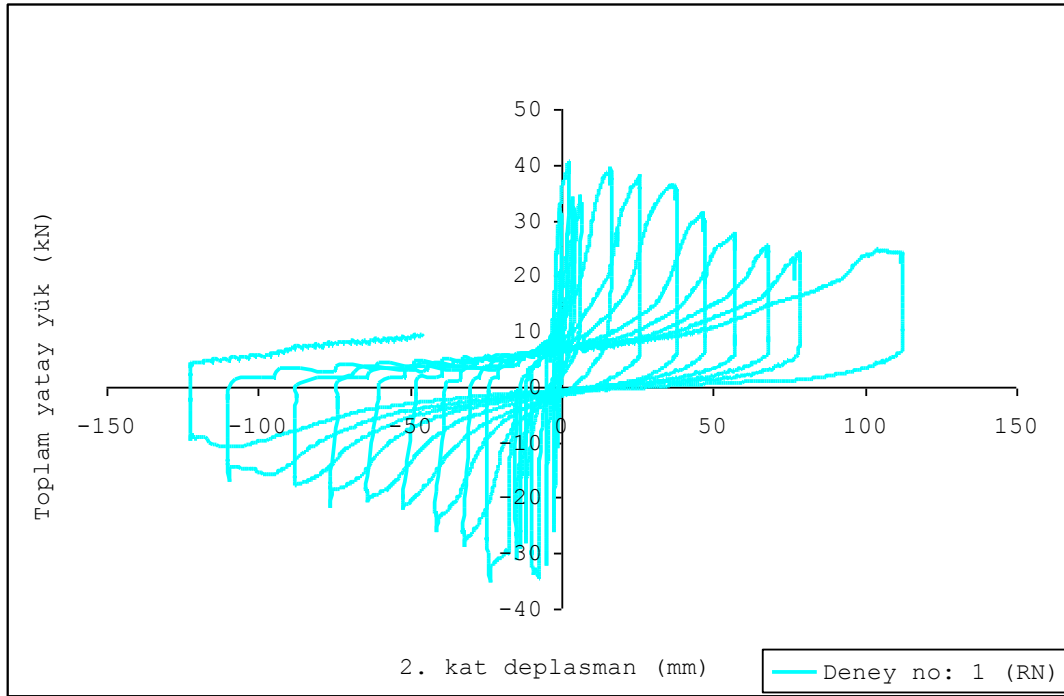


Şekil 7. 1 nolu deney yükleme geçmişi (deplasmana göre)  
(Figure 7. Test 1 loading history (according to the deplasman))

1 nolu deney numunesinin deneyden sonraki görünüşü Şekil 8' de, toplam yük-2. kat deplasman eğrisi ise Şekil 9' da verilmiştir. Şekil 8' den görüldüğü gibi 1 nolu deney numunesi olan referans numune (güçlendirmesiz) duvarları köşelerde ezilmeler şeklinde hasara uğramış ve çerçeve kolon-kiriş birleşim bölgesinde etriye sıklaştırmaları olmaması dolayısıyla bu bölgelerin ayrılması neticesinde yük taşıyamaz duruma gelmiştir.



Şekil 8. 1 nolu deney numunesinin (RN) deneyden sonraki görünüşü  
(Figure 8. The appearance of specimen 1 (RS) after the test)

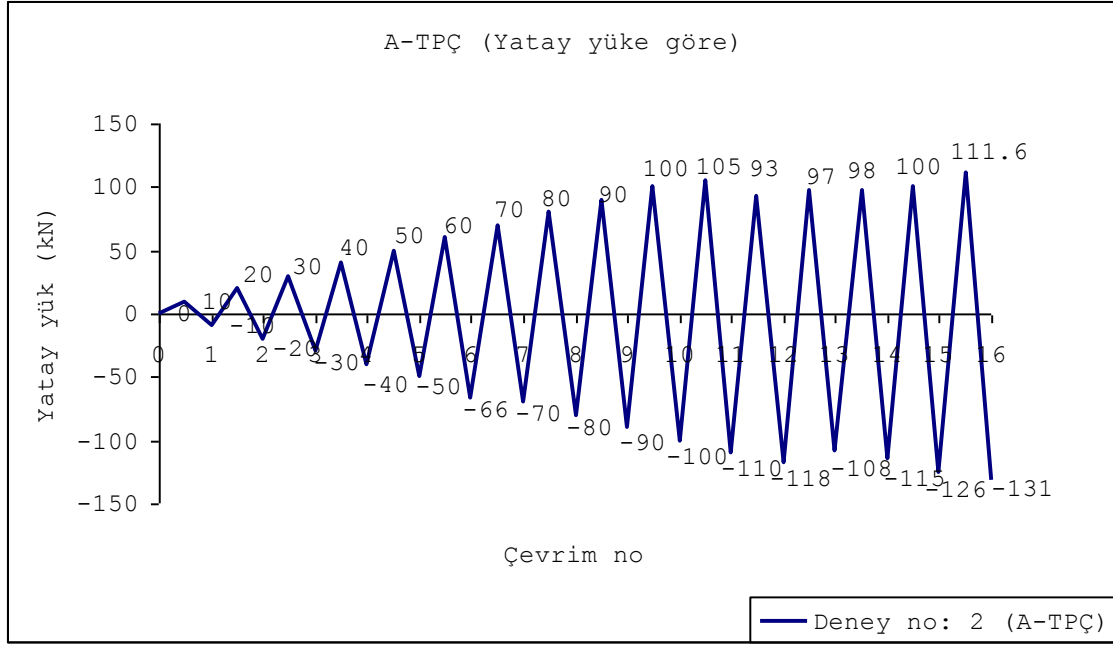


Şekil 9. 1 nolu deney numunesinin toplam yük- 2. kat deplasman eğrisi  
(Figure 9. The curve of total load-2.story deplasman of test 1)

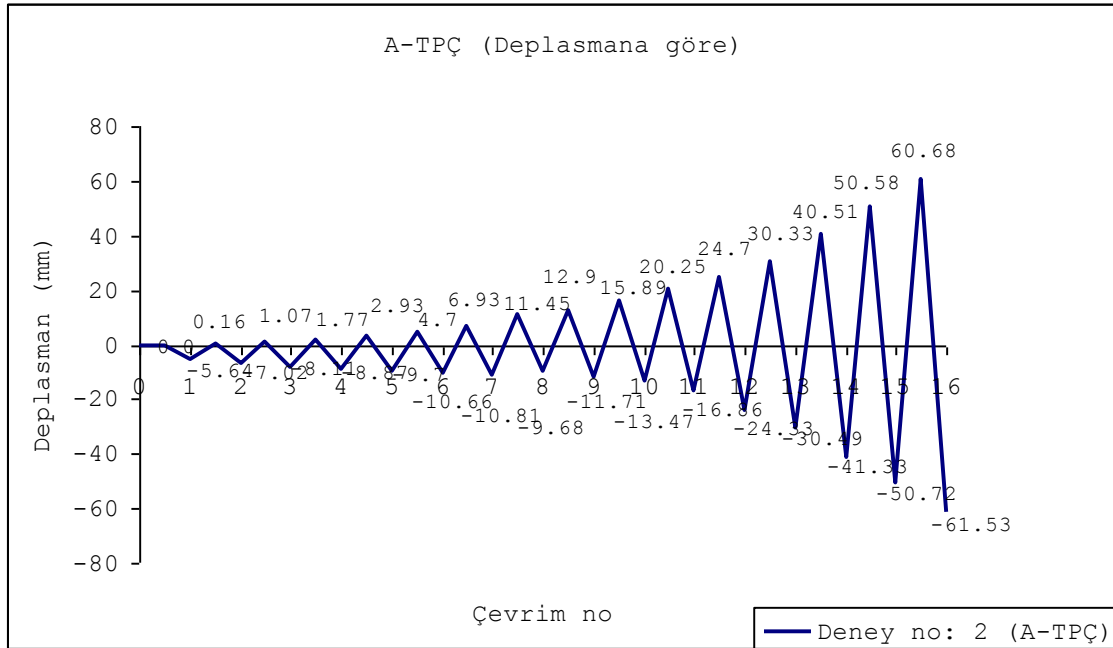
2 nolu deney numunesinin deneyden önceki görünüşü Şekil 10' da gösterilmiştir. Deney elemanına uygulanan yükleme geçmişi ise Şekil 11-12' de verilmiştir. Yükleme programından da görüldüğü üzere 10 kN artışlarla 100 kN' a kadar yük kontrollü olarak gidilmiş ve 60 mm deplasmana kadar 10 mm deplasman kontrollü artışlarla göçme konumuna ulaşılmıştır.



Şekil 10. 2 nolu deney numunesinin (A-TPÇ) deneyden önceki görünüşü  
(Figure 10. The appearance of specimen 2 (A-TPF) before the test)



Şekil 11. 2 nolu deney yükleme geçmişi (yatay yüke göre)  
(Figure 11. Test 2 loading history (according to the horizontal load))

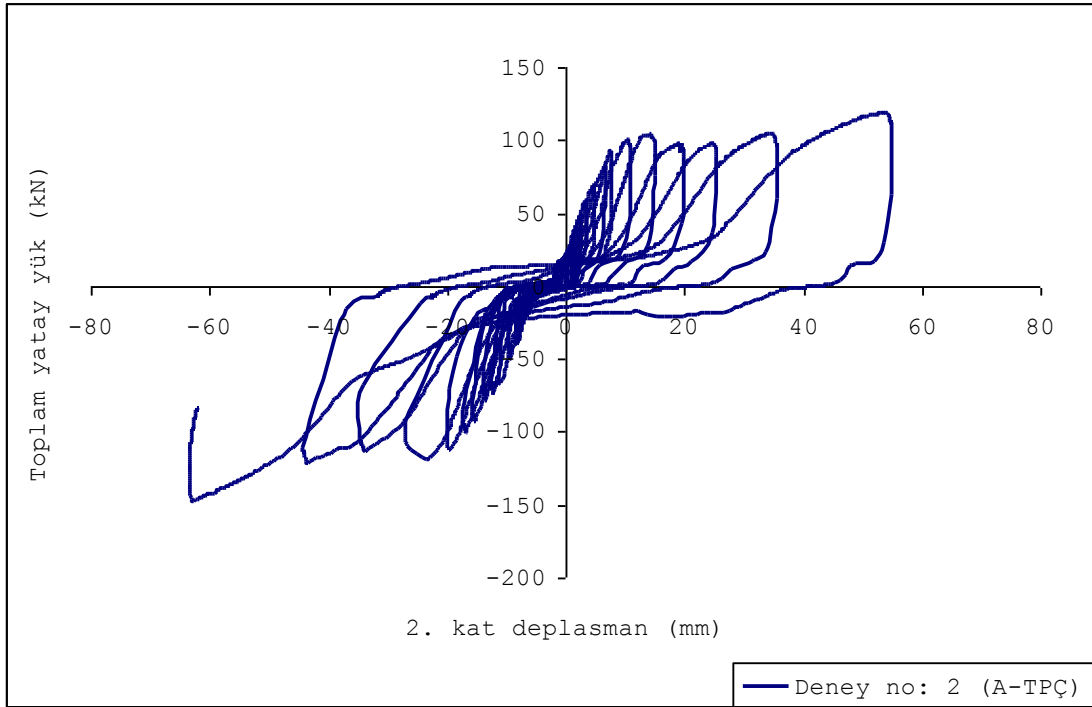


Şekil 12. 2 nolu deney yükleme geçmişi (deplasmana göre)  
(Figure 12. Test 2 loading history (according to the displacement))

2 nolu deney numunesinin deneyden sonraki görünüşü Şekil 13' de, toplam yük-2. kat deplasman eğrisi ise Şekil 14' de verilmiştir. Şekil 13' den görüldüğü gibi 2 nolu deneyde (A-TPÇ), 1 nolu deneye (RN) göre maksimum yük taşıma kapasitesinde oldukça büyük bir artış gözlenmiş, ancak paneller ve kolonlar arasında yapılan ankrajın ileri yük seviyelerinde sıyrılması sonucu ön üretimli beton panellerin sünekliliğe katkısı gözlemlenememiştir. Sonuç olarak göçme, çerçeve kolon-kiriş birleşim bölgesinde etriye sıklaştırması olmaması dolayısıyla bu bölgelerin ayrılması neticesinde gerçekleşmişti

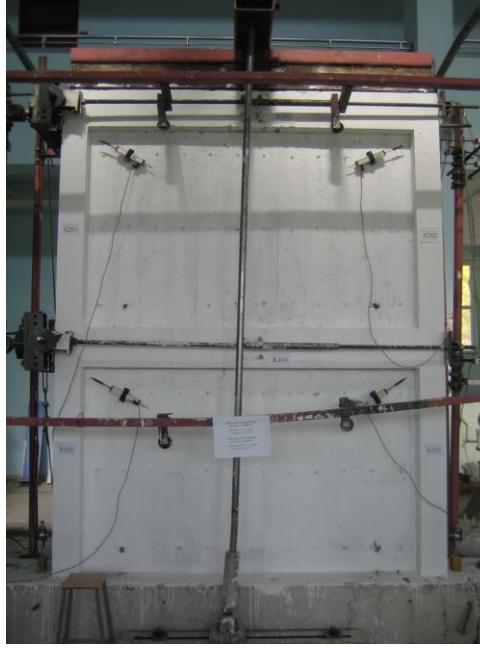


Şekil 13. 2 nolu deney numunesinin (A-TPÇ) deneyden sonraki görünüşü  
(Figure 13. The appearance of specimen 2 (A-TPF) after the test)

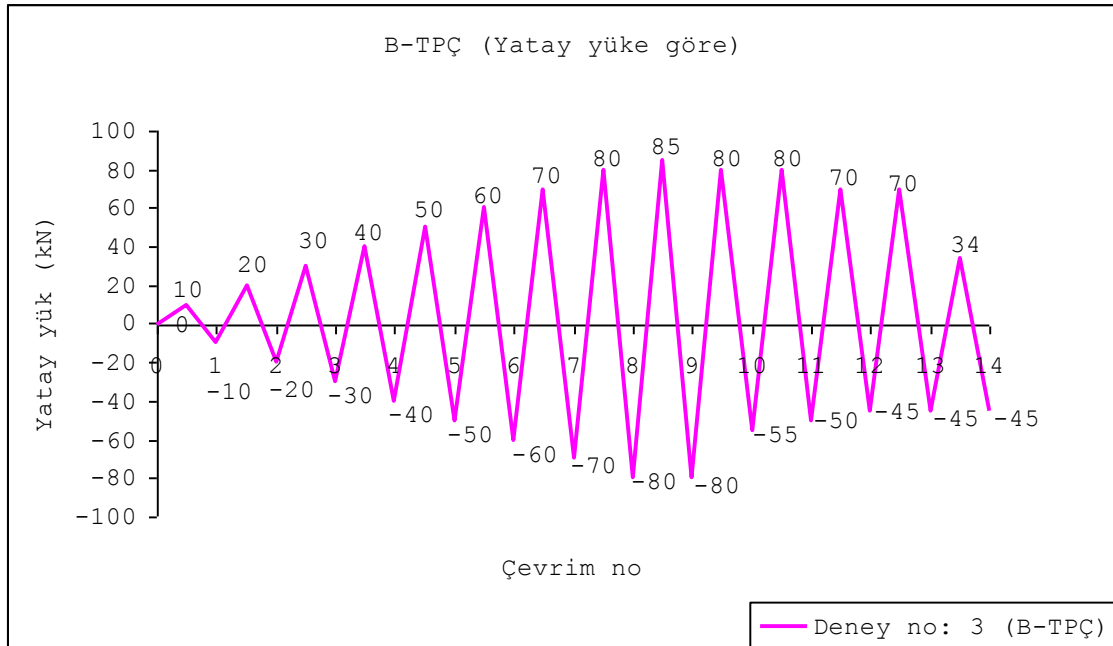


Şekil 14. 2 nolu deney numunesinin toplam yük- 2. kat deplasman eğrisi  
(Figure 14. The curve of total load-2.story deplasman of test 2)

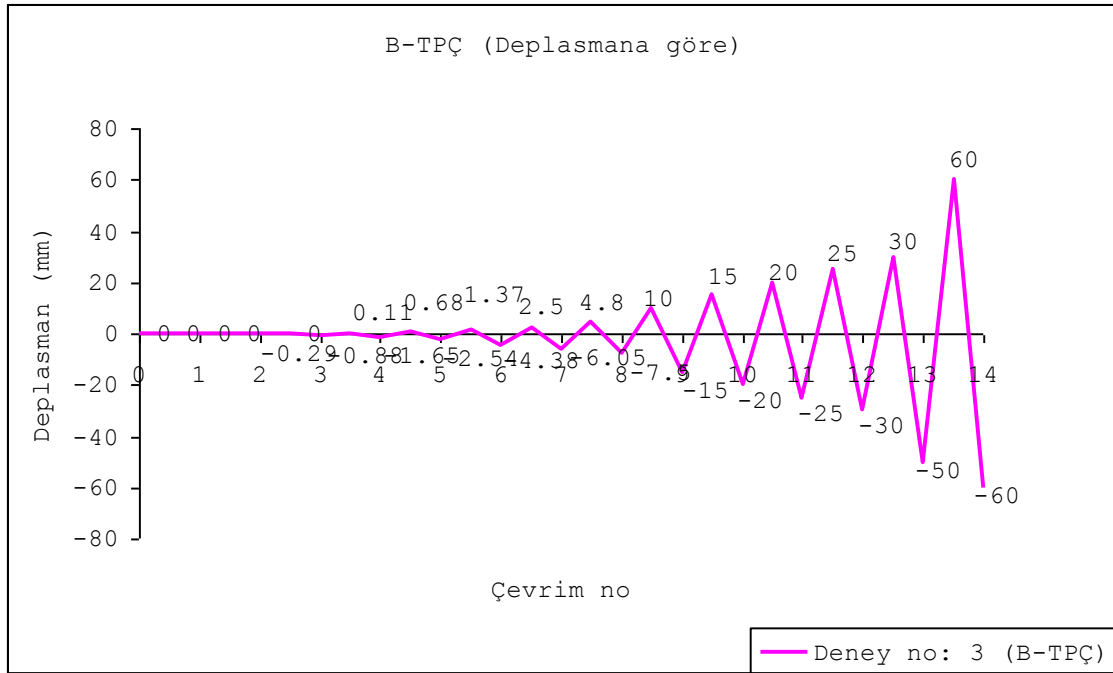
3 nolu deney numunesinin deneyden önceki görünüşü Şekil 15' de gösterilmiştir. Deney elemanına uygulanan yükleme geçmişi ise Şekil 16-17' de verilmiştir. Yükleme programında yatay yük değeri, 80 kN' a kadar 10 kN' luk artışlarla yük kontrollü olarak uygulanmış, 50 mm deplasmana kadar 5 mm artımlarla, 50 mm' den sonra 10 mm artımlarla geçmeye kadar deplasman kontrollü olarak uygulanmıştır.



Şekil 15. 3 nolu deney numunesinin (B-TPÇ) deneyden önceki görünüşü  
(Figure 15. The appearance of specimen 3 (B-TPF) before the test)



Şekil 16. 3 nolu deney yükleme geçmişi (yatay yüke göre)  
(Figure 16. Test 3 loading history (according to the horizontal load))

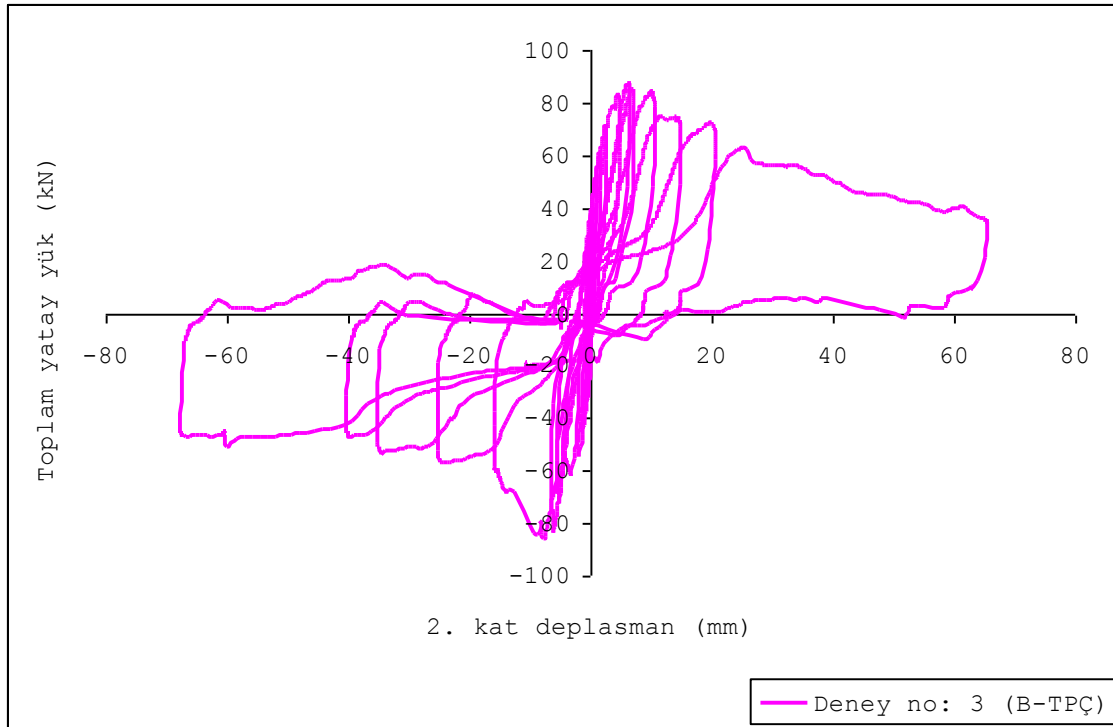


Şekil 17. 3 nolu deney yükleme geçmişi (deplasmana göre)  
(Figure 17. Test 3 loading history (according to the deplasman))

3 nolu deney numunesinin deneyden sonraki görünüşü Şekil 18' de, toplam yük-2. kat deplasman eğrisi ise Şekil 19' da verilmiştir. Şekil 18' den görüldüğü gibi 3 nolu deneyde de(B-TPÇ), 1 nolu deneye (RN) göre maksimum yük taşıma kapasitesinde oldukça büyük bir artış gözlenmiş, ancak paneller ve kolonlar arasında yapılan ankrajın ileri yük seviyelerinde sıyrılması sonucu ön üretimli beton panellerin sünekliliğe katkısı gözlemlenememiştir. 3 nolu deneyde (B-TPÇ) göçme ise, temelde kolon donatısının kopması neticesinde gerçekleşmiştir.



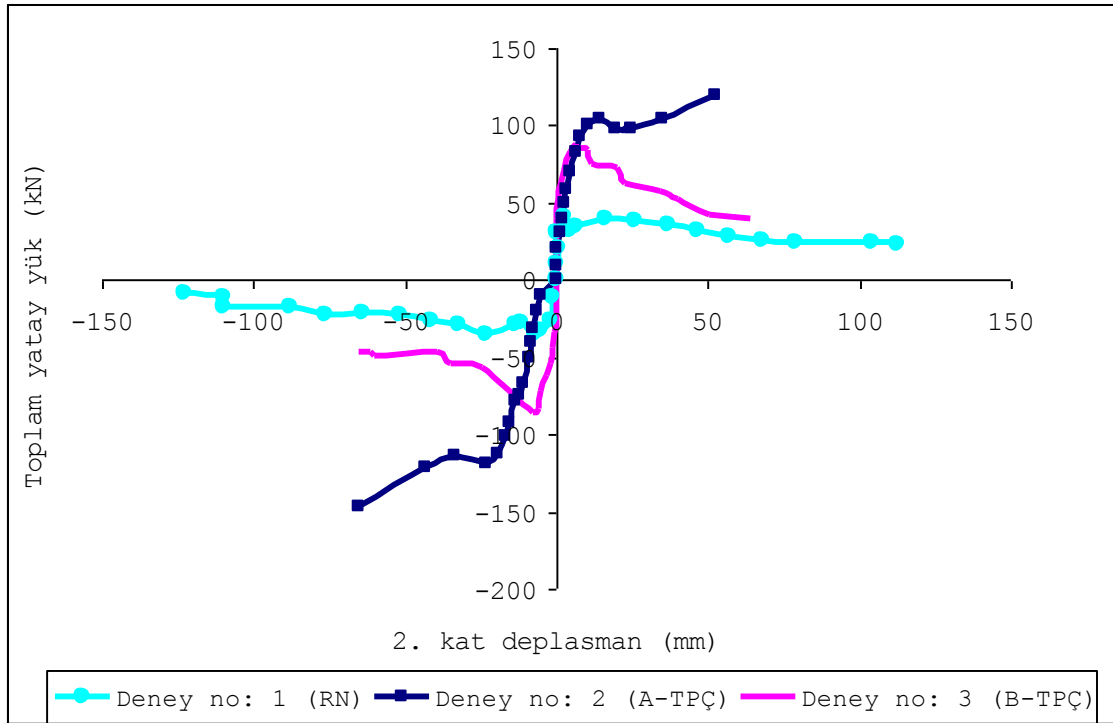
Şekil 18. 3 nolu deney numunesinin (B-TPÇ) deneyden sonraki görünüşü  
(Figure 18. The appearance of specimen 3 (B-TPF) after the test)



Şekil 19. 3 nolu deney numunesinin toplam yük- 2. kat deplasman eğrisi  
(Figure 19. The curve of total load-2.story deplasman of test 3)

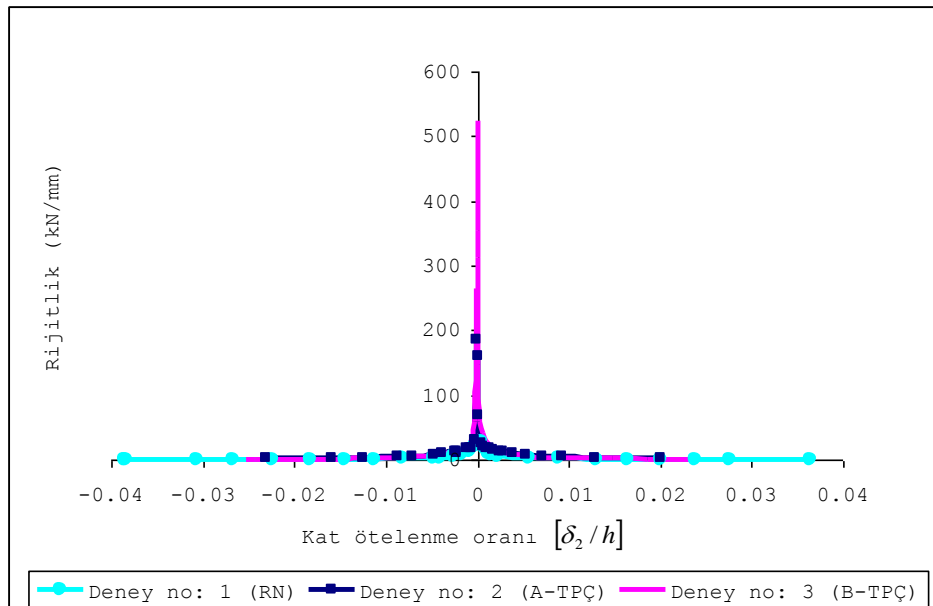
#### 4. DENEY SONUÇLARI (TEST RESULTS)

Bu çalışmada ön üretimli yüksek dayanımlı beton panellerle güçlendirilmiş boşluklu tuğla duvarlı betonarme çerçevelerin yatay yük etkisi altındaki davranışı araştırılmıştır. Numunelere ait toplam yatay yük - 2. kat deplasmanı dayanım zarfı grafikleri Şekil 20' de verilmiştir. Şekil 20'deki grafikten görüldüğü gibi, 2. deney numunesi maksimum yüke ulaşarak yatay yük kapasitesi en yüksek numune olmuştur. 2. deney numunesi ulaştığı maksimum yük bakımından ileri çevrimlerde 1. deney numunesinden %119, geri çevrimlerde %145; 2. deney numunesi 1. deney numunesinden ileri çevrimlerde %198, geri çevrimlerde %320 daha fazla yatay yük taşımıştır.



Şekil 20. 1., 2. ve 3. deney numunelerinin toplam yatay yük - 2. kat deplasman zarfı grafikleri  
(Figure 20. The total horizontal load - 2. story displacement envelope curves of test specimens 1., 2. and 3.)

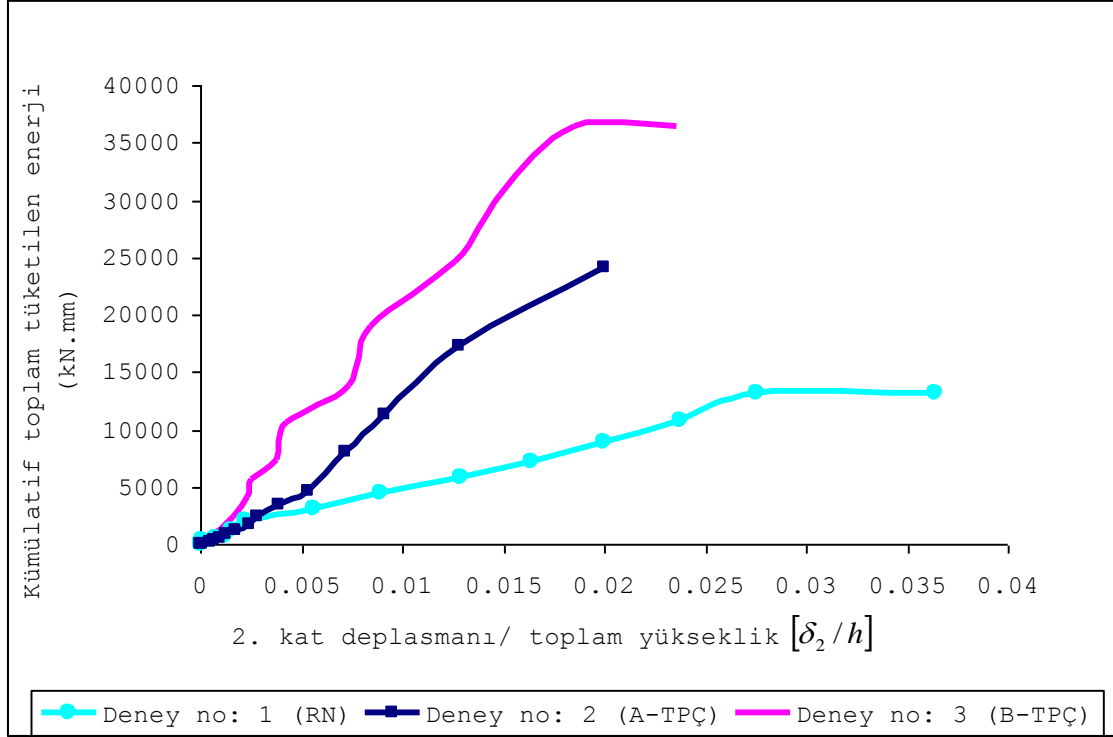
Şekil 21'de 3 numunenin toplam yatay yük - 2. kat deplasmanına bağlı rijitlik azalım grafikleri verilmiştir. Başlangıç rijitliği en yüksek numune 3 nolu numunedir. 3. deney numunesi 1. deney numunesine göre %1892, 2. deney numunesi 1. deney numunesine göre ise %600 daha fazla başlangıç rijitliğine sahiptir.



Şekil 21. 1. 2. ve 3. deney numunelerinin rijitlik azalım eğrileri  
(Figure 21. The stiffness decay curves of test specimens 1., 2. and 3)



Şekil 22’de ise 3 numunenin enerji grafikleri verilmiştir. Deney sonunda tükettikleri toplam (kümülatif) enerji bakımından da 2. deney numunesi, 1. deney numunesinden %82, 3. deney numunesi 1. deney numunesinden % 176 daha fazla enerji tüketmiştir. Dolayısıyla, 3 nolu numune hem deney sonunda tükettiği enerji bakımından, hem başlangıç rijitliği bakımından, hem de maksimum yükten sonra gösterdiği süneklik açısından en iyi davranışı sergilemiştir.



Şekil 22. 1. 2. ve 3. deney numunelerinin kümülatif toplam tüketilen enerji - ötelenme oranı grafikleri

(Figure 22. The cumulative total consumed energy - translational rate curves of test specimens 1., 2. and 3)

Deney sonuçlarının sayısal olarak karşılaştırılabilmesi için çeşitli tablolar hazırlanmıştır. Numunelerin taşıdıkları maksimum yatay yükler ve bu yüklerle karşılık gelen ötelenme oranları Tablo 5’de, deneylerdeki rijitlik özellikleri Tablo 6’da, numunelerin maksimum yükte ve deney sonunda tükettikleri enerji değerleri ise Tablo 7’de gösterilmiştir. Karşılaştırma yaparken 1. deney numunesi referans alınmıştır.

Tablo 5. Deney numunelerinin yatay yük taşıma kapasiteleri ile ilgili karşılaştırma

(Table 5. The comparison of horizontal load-carrying capacities of test specimens)

Deney Numunesi	En Büyük Yatay Yük Anında Yük ve Tepe Deplasmanı Oranı Değerleri		En Büyük Yatay Yükte Tepe Deplasmanı Oranı
	Yük (kN)	(□/Σh)	
Deney 1	40	0.0008	1.000
Deney 2	147	0.024	30
Deney 3	87.48	0.0023	2.87

Tablo 6. Deney numunelerinin rijitliklerinin karşılaştırılması  
(Table 6. The comparison of stiffness of test specimens)

Deney Numunesi	Rijitlik Değerleri (kN/mm)			Deplasman Oranları ( $\Delta/\Sigma h$ )		1. Çevrim Rijitlik Oranı	Maksimum Yük Rijitlik Oranı
	1. Çevrim	Maksimum Yük	Son Çevrim	Maksimum Yük	Son Çevrim		
Deney 1	26.32	17.36	0.237	0.0008	0.036	1.000	1.000
Deney 2	184.44	2.35	2.35	0.024	0.02	7	0.135
Deney 3	524.2	13.90	0.617	0.0023	0.0236	19.9	0.8

Tablo 7. Deney numunelerinin enerji tüketme kapasitelerinin karşılaştırılması  
(Table 7. The comparison of energy consuming capacities of test specimens)

Deney Numunesi	Tüketilen Enerji Değerleri (kN.mm)		Tüketilen Enerji Oranları	
	Maksimum Yükte	Deney Sonunda	Maksimum Yükte	Deney Sonunda
Deney 1	509.81	13220.58	1.000	1.000
Deney 2	24027.3	24027.3	47.13	1.82
Deney 3	4029.037	36448.39	7.9	2.76

##### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan deneysel çalışmalar, ön üretimli yüksek dayanımlı beton paneller ile yapılan güçlendirmenin çerçeveye, yatay yük, rijitlik ve enerji yutma kapasitesi olarak çok önemli katkıda bulunduğunu göstermiştir. Bu yöntemin uygulanmasında süneklik açısından bir katkının sağlanmasında ise, panel geometrisinden daha çok panellerin çerçeve elemanlarına ankrajının iyi yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, düşey yüklere göre herhangi bir sorun yok ise, ön üretimli beton paneller ile yapılan güçlendirmenin, panellerin çerçeveye ankrajının çok iyi yapılması durumunda güçlendirme için yeterli bir çözüm olabileceği düşünülmektedir. TDY-07'nin öngörmüş olduğu minimum ankraj boyu esas alınarak uygulanan ankrajların yukarıda verilen deneylerde yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle TDY-07'de önerilen minimum ankraj boyu uzunluğunun değiştirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

##### NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

##### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Baran, M., Canbay, E. ve Tankut, T., (2010), "Beton Panellerle Güçlendirme- Kuramsal Yaklaşım", İMO Teknik Dergi, 4959-4978, 324
2. Baran, M., (2005), "Precast Concrete Panel Reinforced Infill Walls For Seismic Strengthening of Reinforced Frame Structures" Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
3. Süsoy, M., (2004), "Seismic Strengthening of Masonary Infilled Reinforced Concrete Frames With Precast Concrete Panels", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

4. Duvarcı, M., (2003), "Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames With Precast Concrete Panels", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
5. Polyakov, S.V., (1957), "Masonry in Framed Buildings; An Investigation into the Strength and Stiffness of Masonry Infilling", Moscow.
6. Smith, B.S. ve Carter, C., (1969), "A Method of Analysis for Infilled Frames", Proc. ICE, Vol. 44, September, pp. 31-48.
7. Mainstone, R.J. and Weeks, G.S., (1970), "The Influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness and Strength of Brick Walls", 2<sup>nd</sup> International Brick Masonry Conference, Watford, England, 12-15 April, 165-171.
8. Klingner, R.E. and Bertero, V.V., (1976) "Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction", Earthquake Engineering Research Center, University of California, Report No. UCB/EERC-76/32, Berkeley, 26.
9. Paulay, T. ve Priestley, M.J.N., (1992), "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", New York, John Wiley.
10. Bayülke, N., (2003), "Betonarme Yapının Dolgu Duvarı", Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 426, 85-98.
11. Korkmaz, A. ve Uçar T., (2006), "Betonarme Binaların Deprem Davranışında Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi", DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, s.101-108.
12. DBYBHY, (2007). (TDY-07), Depren Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Mart 2007, Ankara.