

BETONARME ÇERÇEVELİ YAPILARIN ÖNÜRETİMLİ BETON PANELLERLE SİSMİK GÜÇLENDİRİLMESİ

(DeneySEL Çalışmalar)

Mehmet Baran⁽¹⁾, Dilek Okuyucu⁽²⁾ ve Tuğrul Tankut⁽²⁾

⁽¹⁾Baran İnşaat Tic. Ltd. Şti., Ankara, 06620 Türkiye

⁽²⁾İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 06531 Türkiye.

Telefon: +90 (312) 363 86 80; Faks: +90 (312) 363 86 80, memetbaran@gmail.com, okuyucu@metu.edu.tr, ttankut@metu.edu.tr

Özet — Türkiye'deki birçok bina heran olması olası büyük depremlere karşı yeterli dayanıma sahip değildir. Yakın zamanda meydana gelmiş büyük depremler hem ülke ekonomisine büyük zarar vermişler hem de birçok insanın hayatına mal olmuşlardır. Gelecekteki depremlerin bu kadar büyük zararlar vermemeleri için sismik güçlendirme yöntemleri olabildiğince çok miktarda zayıf binalara uygulanmalıdır. Genelde uygulanan güçlendirme yöntemleri binanın da boşaltılmasını öngören yorucu ve zaman alan inşaat işlerine yol açmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'deki binaların büyük bir kısmını oluşturan betonarme çerçeveli yapılara uygulanabilecek ve yapı boşaltmayı gerektirmeyen bir sismik güçlendirme yöntemi geliştirilmektedir. Bu çalışmada önerilen tekniğin prensibi, yapıda bulunan boşluklu tuğla dolgu duvarların yüksek dayanımlı önüretimli beton paneller kullanılarak güçlendirilmesi esasına dayanır. Bu amaçla, Türkiye'deki binaların büyük çoğunluğunda rastlanan kusurlara sahip dört adet 1/3 ölçekli iki katlı tek açıklıklı çerçeve, deprem yükünü benzeştirecek tersinir-tekrarlanır yatay yükler ve sabit düşey yükler altında test edilmiştir. Deneylerde iki değişik panel tipi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Dayanım, sismik güçlendirme, betonarme çerçeveli yapı, boşluklu tuğla dolgu, yüksek dayanımlı önüretimli beton panel, tersinir-tekrarlanır yatay yük, sabit düşey yük.

Abstract- Seismic Strengthening of R/C Framed Structures by Precast Concrete Panels (Experimental Studies)

Many buildings in Turkey do not have sufficient capacity to stand against a major earthquake, which is expected to occur anytime. Major earthquakes in the previous years have caused enormous damage to the economy of the country as well as human lives. In order to prevent such a loss due to a future earthquake, seismic strengthening measures should be applied to as many vulnerable buildings as possible. Commonly used strengthening techniques require great and lengthy construction work which also necessitates

evacuation of buildings. In this study, an innovative non-evacuation retrofitting technique is being developed for reinforced concrete building structures which constitute the major portion of the existing building stock in Turkey. The idea behind the proposed technique is to transform the existing hollow masonry infill walls into strong and rigid infill walls by reinforcing them with relatively high strength precast concrete panels. Four one-third scale, one-bay, two-storey reinforced concrete frames having the deficiencies commonly observed in residential buildings in Turkey were tested under reverse-cyclic lateral loading as well as constant vertical loading until failure. Two different types of panels were used to strengthen the frames.

Keywords - Capacity, seismic strengthening, reinforced concrete framed structure, hollow masonry infill wall, high strength precast concrete panels, reverse-cyclic lateral loading, constant vertical loading.

I. GİRİŞ

Türkiye'deki birçok betonarme bina depreme karşı yeterli dayanıma sahip değildir. Bu yüzden, çok sayıda bina deprem güvenliklerinin tespitinin ardından sismik güçlendirmeye tabi tutulmayı beklemektedirler. Yerinde dökme betonarme perde duvarlar sistem davranışı iyileştirmesinde çokca kullanılan güvenilir bir yöntemdir. Türkiye'deki birçok bina özellikle büyük depremlerden sonra bu yöntemlerle onarılmış ve güçlendirilmişlerdir. Fakat bu yöntemin önemli bir eksiği bulunmaktadır. Bu yöntemdeki inşaat işinin ağır ve uzun olması binanın boşaltılmasını gerektirmektedir. Bu yüzden, uygulanması ekonomik, yapısal olarak etkili ve pratik bir güçlendirme yöntemi geliştirmek zaruri olmuştur. Bu çalışmada, boşluklu tuğla duvarlarla örülmüş betonarme çerçeveli yapılara uygun, binanın boşaltılmasını gerektirmeyen bir yöntem geliştirilmektedir.

Bu çalışmada önerilen tekniğin prensibi yapıda bulunan boşluklu tuğla dolgu duvarların, üzerine yüksek dayanımlı önüretimli beton panellerin yapıştirılarak ve bu panellerin

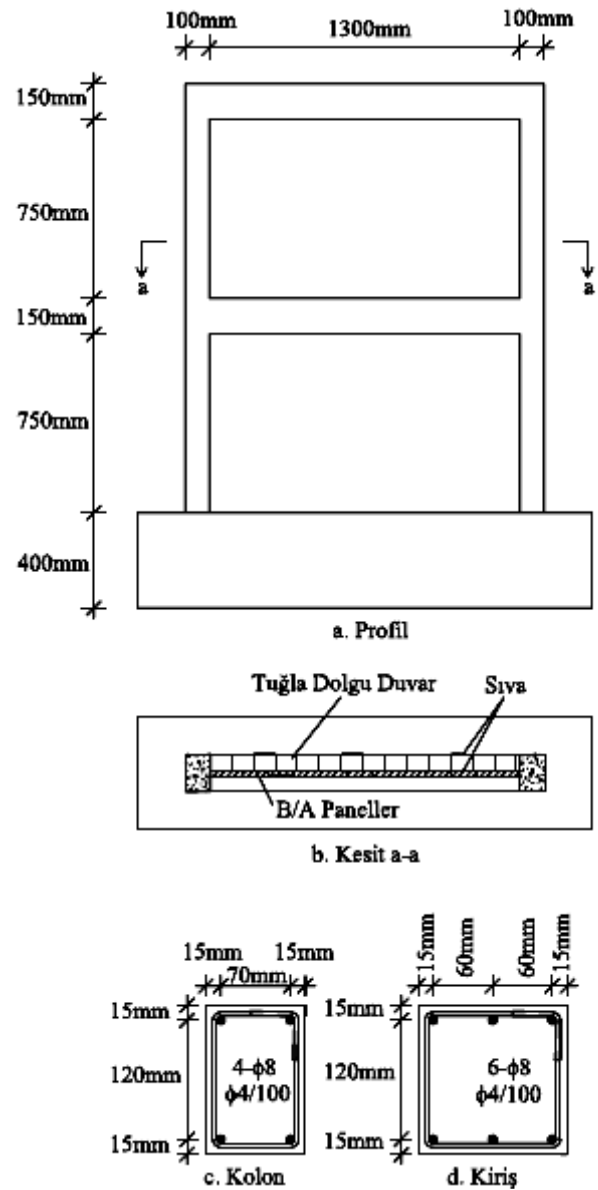
çerçeveye tutturularak güçlendirilmesi esasına dayanır; öyle ki bu duvarlar yanal rijitliği artıran yerinde dökme betonarme dolgular gibi davranabilsinler. Tek parça panelle güçlendirme, paneli kapıların arasından geçirmesi ve elde taşınması zor olduğundan uygun olmamaktadır. Bu yüzden paneller uygun sayıda ve ağırlıkta parçalardan oluşmalıdır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deney Çerçeveleri

Bu çalışmada kullanılan deney çerçeveleri, boşluklu tuğla duvarları olan 1/3 ölçekli, tek açıklıklı iki katlı betonarme çerçevelerdir. Türkiye’de yapılarda sık karşılaşılan eksiklikler bu çerçevelere bilinçli olarak yansıtılmışlardır. Bu eksiklikler arasında düşük beton dayanımı, düz demir kullanımı, yetersiz sargı donatısı ve zayıf kolon-güçlü kiriş kombinasyonu bulunmaktadır. Bu çerçeveler boşluklu tuğla dolgu malzemesi kullanılarak doldurulup her iki yüzden sıvanmışlardır. Deney çerçevelerinin boyutları ve demir donatısı Şekil 1’de verilmiştir.

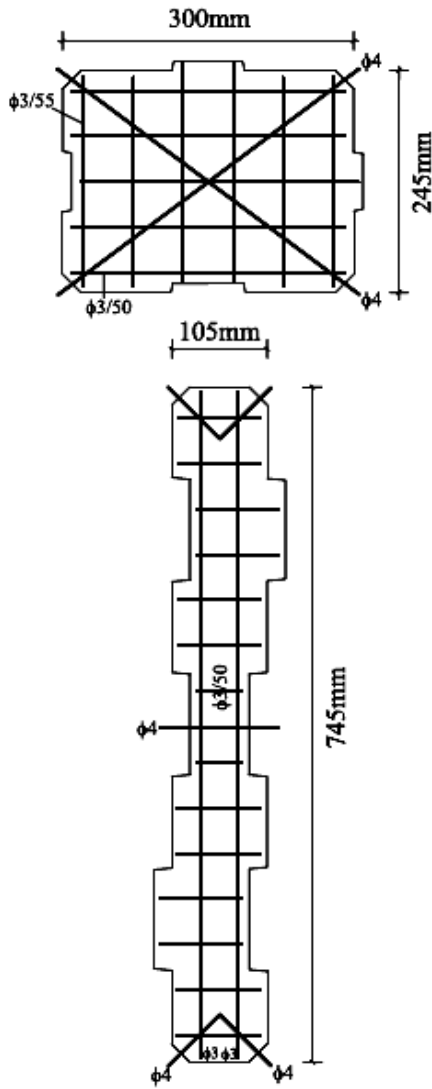
Gerçeği yansıtması açısından çerçevelerde boşluklu tuğla dolgu olarak kullanılmış ve bu dolgu her iki tarafından sıvanmıştır. İşçilik kalitesinin deney çerçevelerinin davranışı üzerindeki olası olumlu etkisi düşünülerek deney çerçeveleri sıradan bir işçilikle sıvanmıştır.



Şekil 1 Deney çerçevelerinin boyutları ve demir donatısı

Önüretimli Beton Paneller

Bu çalışmada iki tip panel dizayn edilip üretilmiş ve dolgu güçlendirici olarak test edilmişlerdir. Her bir panelin dizaynındaki etkili faktör ağırlık olmuştur. Bu çalışmadaki paneller 1/3 ölçeklidir. Panellerde, hem kayma kamaları hem de kaynaklı bağlantılar kullanılmıştır. Her iki tip panelin detayları Şekil 2’ de, panel düzenlemeleri Şekil 3 ve 4’de gösterilmişlerdir.

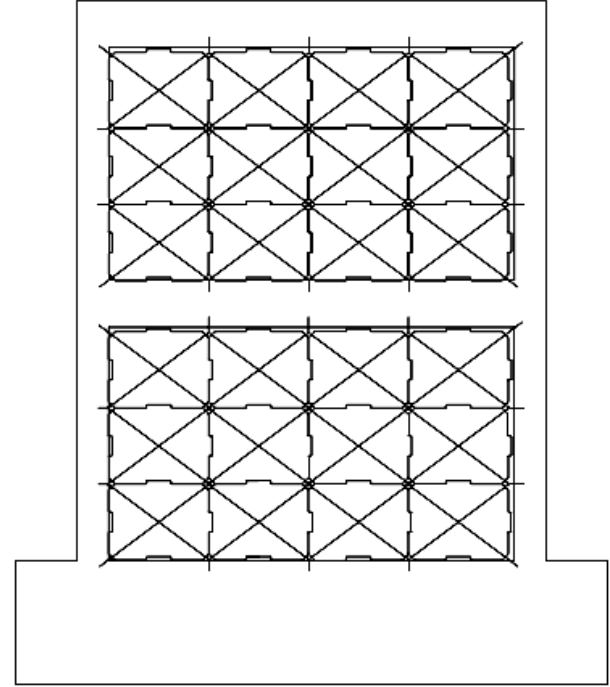


Şekil 2 Tip A ve Tip B panellerin detayları

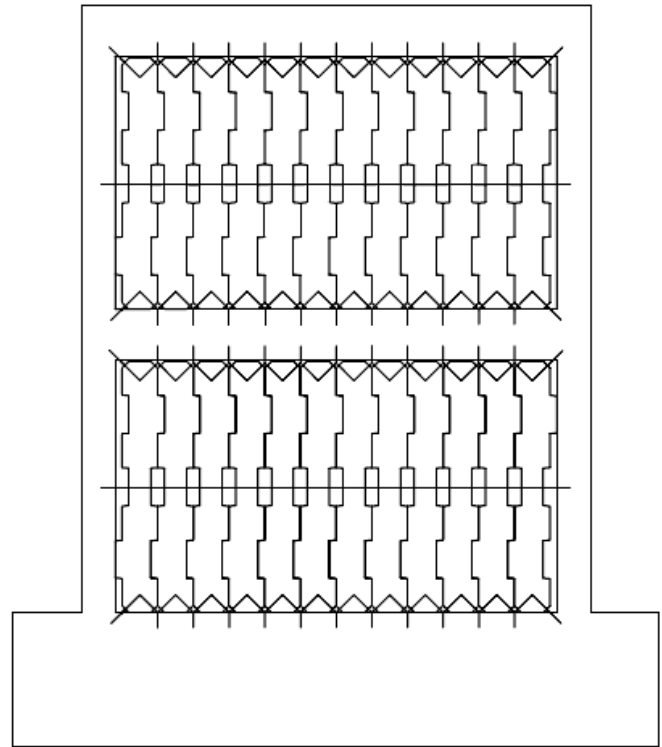
Malzeme

Türkiye'deki gerçek uygulamayı yansıtmaması açısından deney çerçevelerinde düşük mukavemetli beton, kalınlığı en aza indirgeyebilmek için de panellerde yüksek mukavemetli beton kullanılmıştır. Sıradan çimento-kireç karışımı ile dolgu duvarlar sıvanmışlardır. Bu sayılan sebeplerden dolayı deney çerçevelerinde düz donatı kullanılmıştır. Deney günündeki çerçeve ve panel beton dayanımları Tablo 1'de verilmiştir.

SİKADUR 31 epoksi harcı paneller arasında ve panel-çerçeve birleşimlerinde kullanılmıştır. Beton onarım işleri için tavsiye edilen, iki komponentten oluşan ucuz bir epoksi harcıdır ve koyu akışkan yapısı düz yüzeylerde pratik bir şekilde kullanılmasına imkan tanımaktadır. Üretici firmanın katalog değerlerine göre oda sıcaklığında sertleşme süresi 45 dakika ve çekme dayanımı 20 MPa'dır.



Şekil 3 Tip A panellerin düzenlenmesi (Deney elemanı CIA)



Şekil 4 Tip B panellerin düzenlenmesi (Deney elemanı CIB)

TABLE 1
DENEY GÜNÜNDEKİ ÇERÇEVE VE PANEL BETON DAYANIMLARI

Deneysel Eleman	Çerçeve Betonu (MPa)	Panel Betonu (MPa)
CR	16.6	-
CW	15.0	23.1
CIA	18.2	32.5
CIB	13.0	38.1

Yükleme Düzeni

Yük uygulama düzeni Şekil 5’de gösterilmiştir. Deneysel elemanın rijit temel kirişi çok amaçlı temel bloğuna, bu blok da laboratuvar döşemesine öngerilme ile bağlanmıştır. Kolon aksel yük taşıma güçlerinin yaklaşık %10 veya %20’sine karşılık olan 60 kN veya 120 kN aksel yük, iki hidrolik krikoyla gerdirilen öngerilme halatlarıyla uygulanmış ve deney boyunca sabit tutulmuştur. Deprem etkisini benzeştiren tersinir yatay yük ise birinci ve ikinci kat düzeylerinde 1/2 oranında uygulanmıştır.

Ölçüm düzeni Şekil 6’da gösterilmiştir. Her iki kat düzeyindeki yanal ötelenme LVDT’ler ile ölçülürken, dolgu duvarlarının kayma deformasyonları ve deneysel elemanın rijit cisim olarak yaptığı dönme ve ötelenmeler komparatörlerle ölçülmüştür. Elektronik olarak yapılan tüm ölçümler bir bilgisayarda depolanmış ve deneyin gelişimi monitörde oluşturulan yük-ötelenme eğrisi izlenerek yönlendirilmiştir.

III. DENEY SONUÇLARI

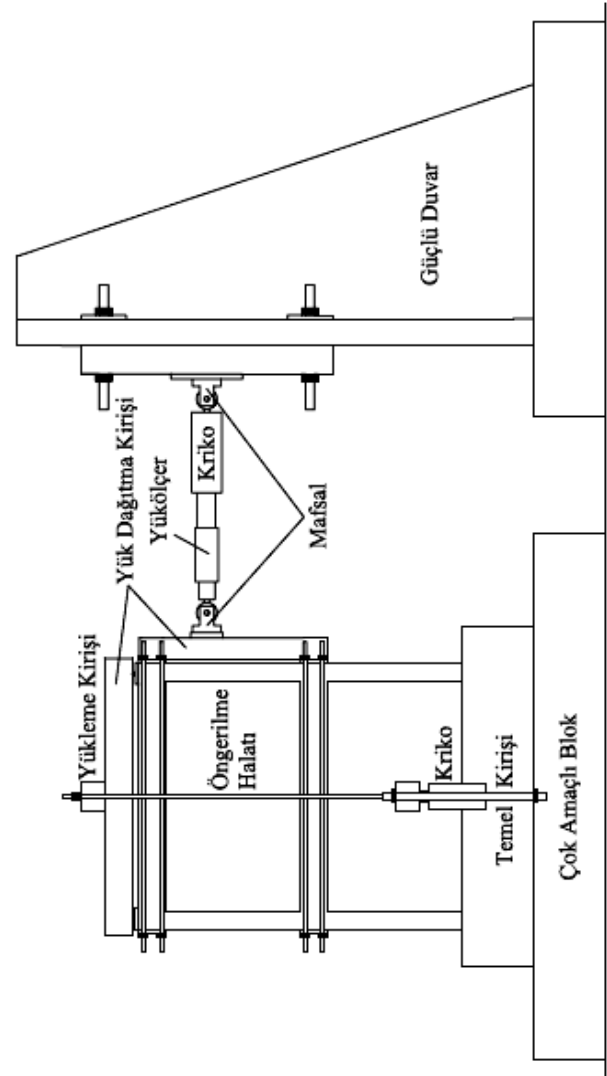
Genel

Deneysel sonuçları Tablo 2’de özetlenmiştir. Ülkemizde yaygın olan tasarım ve imalat kusurlarını içeren referans deneysel elemanı CR, sabit aksel ve tersinir-tekrarlanır yükler altında bildiğimiz dolgu çerçeve davranışı sergilemiştir. İlk turlarda dayanıma etkin katkı sağlayan dolgu duvarlar, belli bir yük seviyesinden sonra ezilmeye başlamış ve sonrasında dolgunsuz çerçeve davranışı gözlemlenmiş, düşük yük seviyelerinde yüksek kat ötelenme değerleri ölçülmüştür.

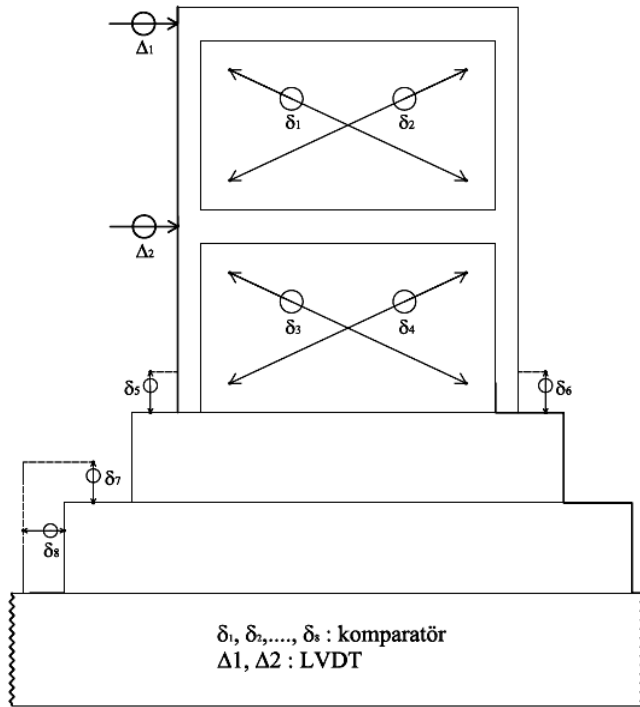
Sıradan boşluklu tuğla dolgu duvarların üzerine epoksi kullanılarak yapıştırılan, kayma kamalarının kullanıldığı, kenarlarından dışarı çıkartılmış donatıların da birbirine kaynaklandığı panellerin kullanılması esasına dayanan güçlendirme yöntemi deneysel elemanları CIA ve CIB’de çok etkili olmuştur. Yanal dayanım, rijitlik ve enerji tüketimini önemli oranda artırmasının yanında, davranışta da önemli bir iyileşme gözlemlenmiştir. Güçlendirilmiş deneysel elemanları, betonarme dolgu duvarlı referans elemanın davranışına benzer,

monolitik konsol kiriş benzeri davranış sergilemişlerdir. Enerji tüketimi temel seviyesinde, basınç kolonunda ezilme, çekme tarafındaki kolonda donatı akması şeklinde gerçekleşmiştir. Deneysel elemanları CR, CW, CIA ve CIB’nin deney sonrası fotoğrafları sırasıyla Şekil 7, 8, 9 ve 10’da gösterilmektedir.

Güçlendirmenin davranış üzerindeki olumlu etkisi Tablo 3’de özetlenmiştir. Güçlendirme yönteminin etkinliğinin rahatça görülebildiği tüm elemanların zarf yük eğrileri Şekil 11’de verilmektedir.



Şekil 5 Yüklemeye düzeni



Şekil 6 Ölçüm düzeni

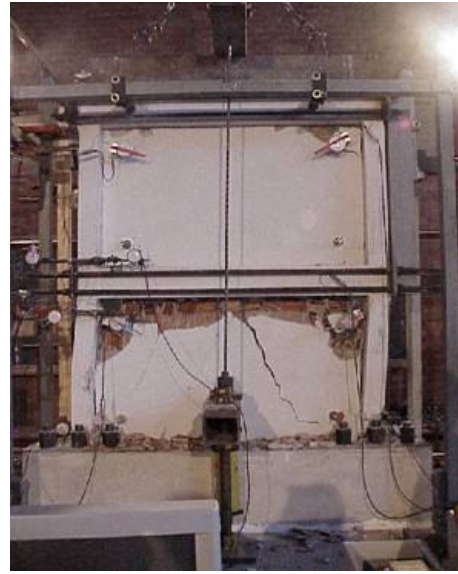
TABLO 2
DENEY SONUÇLARININ ÖZETLERİ

Deney Elemanı	Eksenel yük seviyesi N/N_0 ⁽¹⁾	Max. Yatay Yük (kN)	Ötelenme oranı δ/h	İlk sertlik (kN/mm)	Toplam tüketilen enerji (Joule)
CR	0.19	78.8	0.0041	43.5	6.4
CW	0.10	189.7	0.0079	125.3	21.5
CIA	0.17	192.5	0.0056	123.5	15.3
CIB	0.21	201.3	0.0089	123.4	21.8

$$^{(1)} N_0 = 0.85 f_c' A_c + f_y A_{st}$$

TABLO 3
GÜÇLENDİRMEİN DAVRANIŞ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Artış Oran	Yatay yük kapasitesi	İlk sertlik	Toplam enerji tüketimi
CIA/CR	2.4	2.8	2.4
CIB/CR	2.6	2.8	3.4
CIA/CW	1.0	1.0	0.7
CIB/CW	1.1	1.0	1.0



Şekil 7 Deney elemanı CR (deney sonu)



Şekil 8 Deney elemanı CW (deney sonu)

IV. SONUÇ

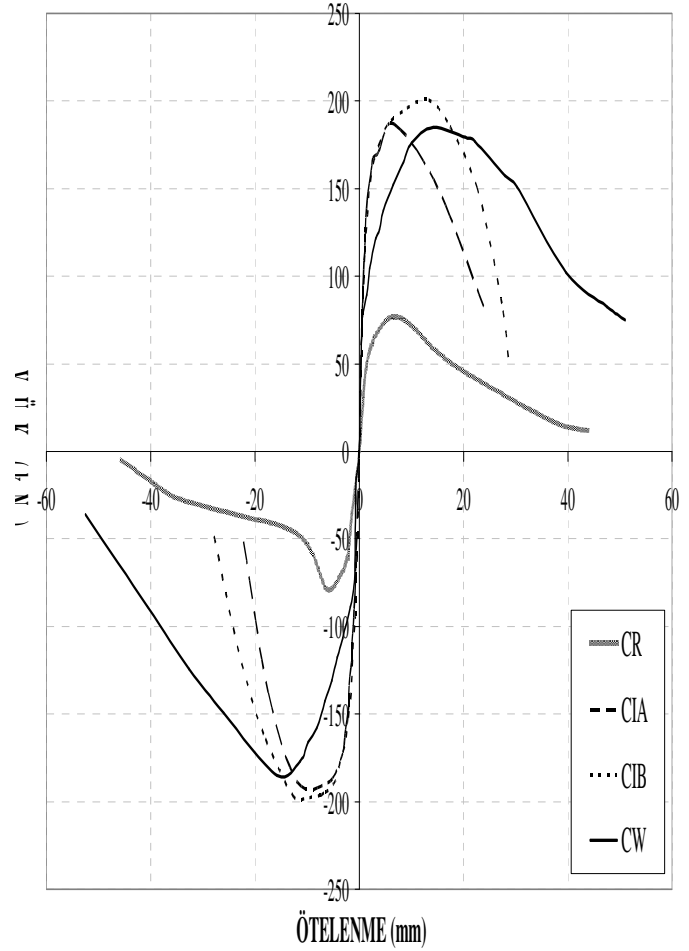
Bu çalışmadaki deneylerle, boşluklu tuğla dolgu duvarlarının önüretimli yüksek dayanımlı beton panellerle güçlendirilmesi ilkesine dayalı olarak geliştirilen bu güçlendirme tekniğinin, varolan yapıların depreme karşı güçlendirilmesinde etkin, ekonomik ve uygulanması kolay bir yöntem olabileceği ortaya konulmuştur. Deney sonuçları, önüretimli yüksek dayanımlı beton panellerle güçlendirilen elemanların sismik performanslarının, yerinde dökme betonarme dolgu elemanların performanslarının seviyesine yakın hatta eşdeğer oranda iyileştirilebileceğini göstermiştir.



Şekil 9 Deney elemanı CIA (deney sonu)



Şekil 10 Deney elemanı CIB (deney sonu)



Şekil 11 Deney elemanlarının zarf yük eğrileri

V. REFERANSLAR

- [1] Duvarci, M., "Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames with Precast Concrete Panels", MSc thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2003.
- [2] Baran, M., "Precast Concrete Panel Reinforced Infill Walls for Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Framed Structures", PhD thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2005.
- [3] Susoy, M., "Seismic Strengthening of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames with Precast Concrete Panels", MSc thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2005.
- [4] Okuyucu, D., PhD thesis in progress, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.