SÜNEK OLMAYAN B/A ÇERÇEVELERİN, ÇELİK ÇAPRAZLARLA, B/A DOLGU DUVARLARLA ve ÇELİK LEVHALAR ile GÜÇLENDİRİLMESİ

Mehmet KAMANLI[1], Hasan Hüsnü KORKMAZ[1], Fatih Süleyman BALIK [2], Fatih BAHADIR [2]

[1] Yrd.Doç.Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Kampüs/KONYA
[1] Doç.Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Kampüs/KONYA
[2] Öğretim Görevlisi, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Ereğli/KONYA
Email: fsbalik@selcuk.edu.tr

ÖZET:

Bilindiği gibi ülkemiz, dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Deprem bölgesi haritasına göre ülkemizin % 92'si deprem riski altındadır. Ayrıca, Adana- Ceyhan, Marmara ve daha sonra meydana gelen Bolu, Bingöl depremlerinin ortaya çıkardığı sonuçlara göre deprem bölgelerinde inşa edilmiş yapıların büyük bir kısmında tasarım ve yapım kusurlarının olduğu da ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada; tek katlı, tek açıklıklı, 1/3 ölçekli ve çeşitli yetersizliklere sahip B/A çerçeveler üretilmiştir. Üretilen betonarme çerçeve içlerine, tuğla duvar örülmüş ve duvarlarda (400x350mm) boyutunda pencere boşluğu bırakılmıştır. Daha sonra numuneler pencere boşluğu dikkate alınarak dıştan perde duvar, çelik levha ve çelik çaprazlarla güçlendirilmiştir.

Deney programında; sırasıyla tuğla dolgulu çerçeve, dıştan perde duvarla, çelik levhayla ve çelik çaprazlarla güçlendirilmiş çerçeveler tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisi altında denenmiştir. Deney sonuçlarına göre güçlendirilmiş numunelere ait yatay yük kapasitelerinde önemli artışlar olduğu görülmüştür. Ayrıca bu tür güçlendirme yöntemleri ile yapının kullanımı ve fonksiyonu çok az etkilenmekte ve güçlendirme çalışmaları hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, onarım, sismik güçlendirme, sünek olmayan B/A çerçeve

1. GİRİŞ

Ülkemizde, geçmişte birçok yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Yapılan araştırmalar, gelecekte de ülkemizde sık sık depremlerin oluşacağı gerçeğini ortaya koymaktadır [1, 2, 4, 7]. Dolayısıyla meydana gelebilecek bu depremlere karşı, inşa edilecek yapıların, insan hayatını ve malını tehdit etmeyecek şekilde en uygun inşaat teknikleri kullanılarak yapılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde bugüne kadar yapılmış olan araştırmalar, Türkiye'deki birçok betonarme binanın depreme karşı yeterli dayanıma sahip olmadığı gerçeğini ortaya koymaktadır. Bu yüzden, çok sayıda bina deprem güvenliklerinin tespitinin ardından sismik güçlendirmeye tabi tutulmayı beklemektedirler [3].

Yapıların güçlendirilmesinde hangi güçlendirme yönteminin tercih edileceği de önemli bir husustur. Dolaysıyla güçlendirme yöntemlerinin, yapıların yatay yük taşıma kapasitelerine, süneklik ve enerji sönüm özelliklerine katkılarının nasıl olduğunu bilmek gerekmektedir. Bunların yanı sıra yapının güçlendirilmesinde uygulanacak yöntemin tercihinde şu hususlarda göz önünde tutulmalıdır;

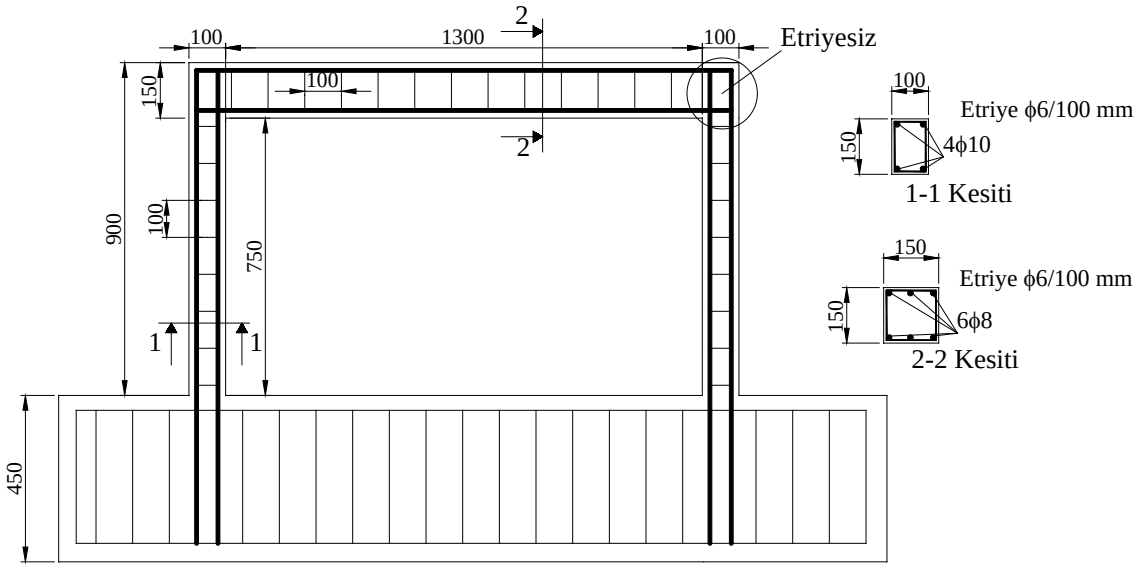
a) Güçlendirmenin, yapım ve bakım maliyeti,
b) Güçlendirme işleminin tamamlanma süresi,
c) Güçlendirmenin, yapıların fonksiyonelliğine etkisi ve
d) Güçlendirmenin, yapı ölü yükünü ne kadar artırdığıdır.

Yapı güçlendirme yöntemlerinin birçoğunda inşaat işinin ağır, uzun olması ve yapının boşaltılması gerekli olduğundan. Uygulanması hızlı, ekonomik, yapısal olarak etkili ve pratik güçlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi ihtiyaç haline gelmiştir. Bu çalışmada da, tuğla duvarlarında pencere boşluğu bulunan betonarme çerçeveli yapılara uygun, yapının kullanımı, fonksiyonu çok az etkileyecek, hızlı ve depreme karşı etkili yeni güçlendirme yöntemlerinin deneysel olarak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL ve METOT

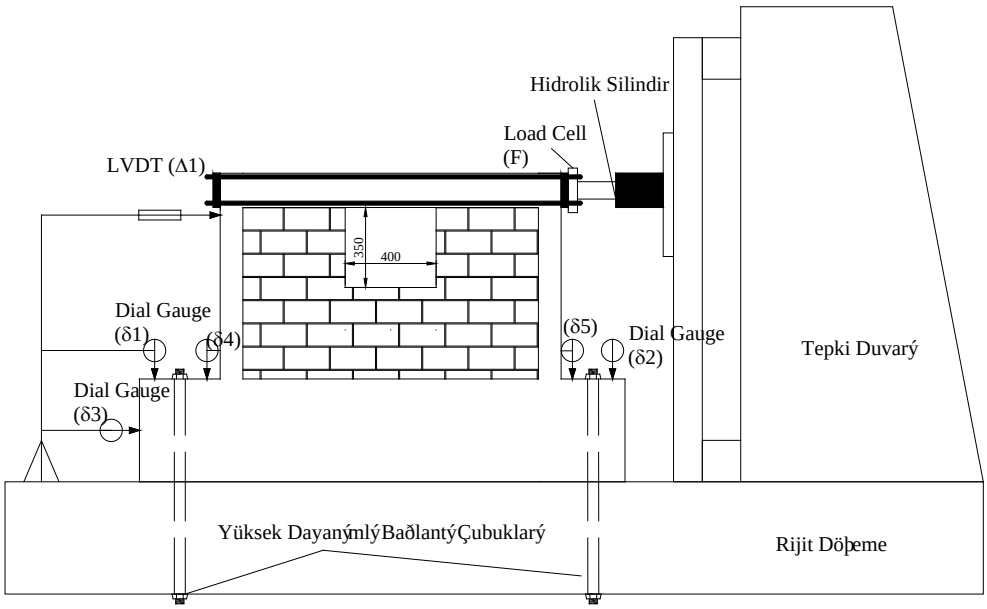
Bu çalışmada, dıştan çelik levhalı, çelik sargı+çaprazlı ve düzlem dışı B/A perde duvarla güçlendirme yöntemlerinin, yapılara sismik açıdan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler için 1/3 ölçekli, 4 adet numune laboratuvar ortamında yatay olarak üretilmiş ve tersinir-tekrarlanır yatay yük etkisi altında denenmiştir. Tüm deney numunelerinde betonarme çerçevelerin, geometrisi, beton kalitesi (15 Mpa) ve donatı özellikleri (S420) aynıdır. Ayrıca tüm numunelerde, betonarme çerçeve içerisine, çerçevenin dış yüzeyinde olacak şekilde 70mm kalınlığında tuğla duvar örülmüştür. Duvar örmede harç olarak kireç+kum karışımı kullanılmış ve duvar yüzeyi alçı ile sıvanmıştır. Duvarda 400mm yatayda, 350mm düşeyde olmak üzere pencere boşluğu bırakılmıştır. Deney numunelerinin detayları Şekil 1'de verilmiştir. Deney numunelerinde, ülkemizdeki yapılarda sıkça rastlanan ve aşağıda belirtilen kusur ve zayıflıkların olmasına özen gösterilmiştir [8, 9, 10];

a) Beton dayanımının düşük olması,
b) Zayıf kolon güçlü kiriş uygulaması,
c) Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırmasının olmaması,
d) Kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde etriye bulunmaması,
e) Kolon boyuna donatısında kanca kullanılmaması,
f) Etriye kancalarının 90^o olması.



Şekil 1. Deney numunelerinin donatı ve boyut detayları

Deneyler Selçuk Üniversitesi İnşaat Müh. Bölümü Deprem Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney elemanlarına yatay yükleme, hidrolik kriko yardımıyla çekme veya basınç olarak uygulanmıştır. Deneylerde yatay yük ölçümleri yük ölçerler ile çerçeve sistemindeki yer değiştirmeler LVDT'ler ile dönmeler ise Dial-gage'ler kullanılarak yapılmıştır. Bu aletlerden okunan değerler, veri toplama sistemi vasıtasıyla bilgisayara aktarılmış ve kayıt altına alınmıştır.

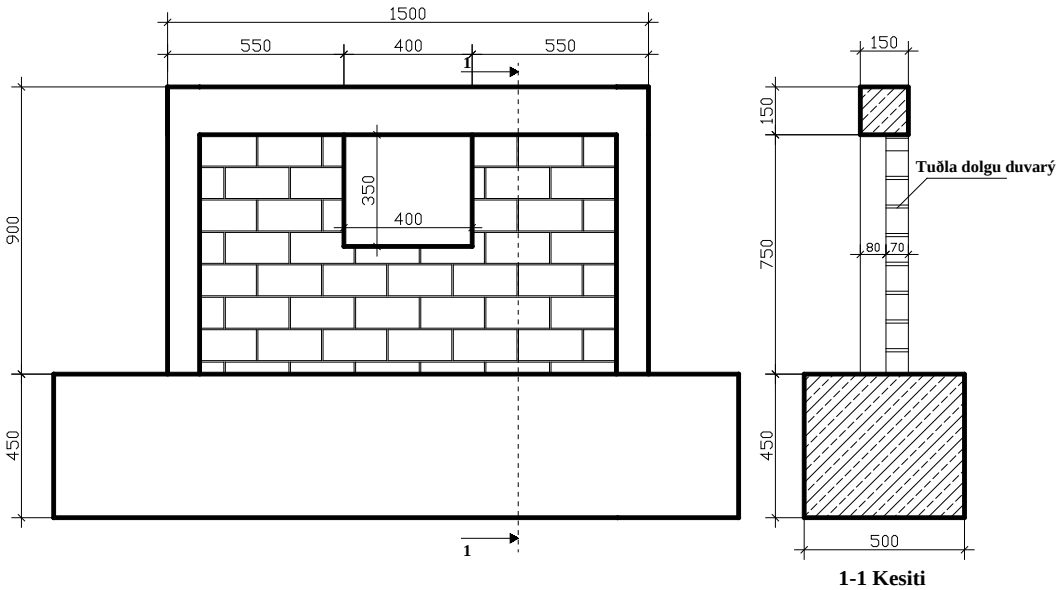


Şekil 2. Deney modeli, yükleme sistemi ve ölçüm düzeneği

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Tuğla dolgulu betonarme çerçeve (RF)

Tuğla dolgulu betonarme çerçeveye ait sistem detayı Şekil 3'de verilmiştir. Bu numunede yatay yük etkisi altında ilk olarak pencere boşluğu alt hizasında ve duvar çerçeve birleşim bölgesinde çatlakların oluştuğu görülmüştür. Daha sonraki yüklemelerde, oluşan bu çatlakların duvarın temel kolon birleşim yönünde ilerlediği ve kolon kiriş birleşim yönünde yeni çatlakların oluştuğu gözlemlenmiştir. Numunenin kolonlarında, yüklemeler sırasında eğilme çatlakları oluşmuştur. Kolon ve kiriş birleşim bölgeleri önemli derecede hasar görmüştür. Deney numunesinde gözlemlenen bu hasarlar Şekil 4'de verilmiştir.

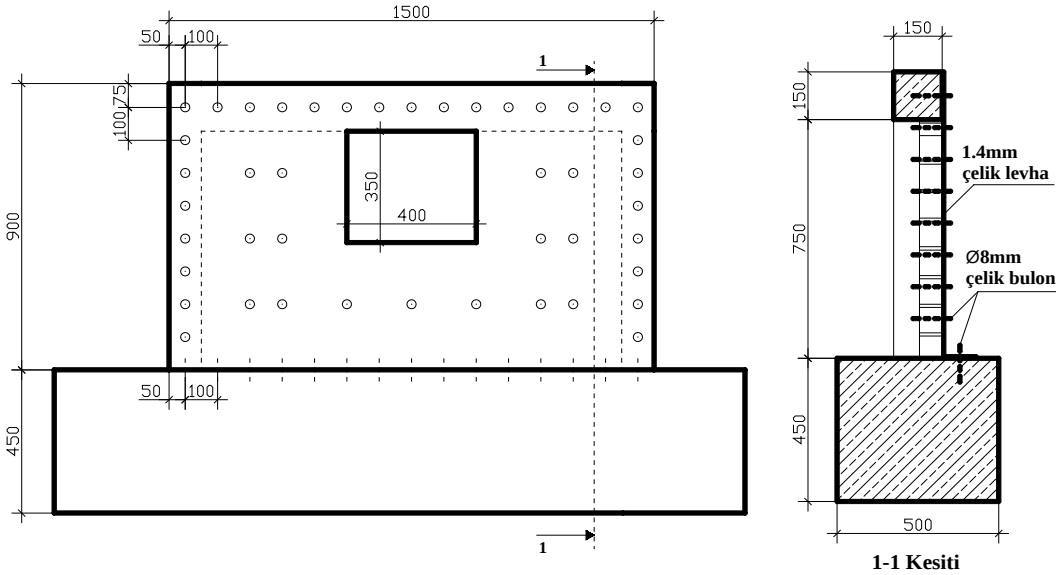


Şekil 3. Tuğla dolgulu betonarme çerçeve numune (RF)

Şekil 4. Deney sonrasında betonarme çerçevedeki çatlakların görünümü (ön ve arka yüz) (RF)

3.2. Dıştan çelik levhalı güçlendirme (SS)

Bu numunede, 1.4mm kalınlığındaki çelik levha, tuğla dolgulu betonarme çerçeveye dıştan 100mm aralıklarla, 8mm çapında bulonlar kullanılarak ankrajlanmıştır. Çerçevede açılan ankraj delikleri (9mm çapında), kolon ve kiriş orta aks hizasında ve temelde 10Ø derinliğinde olacak şekilde açılmıştır. Açılan bu delikler basınçlı hava ile içinde toz kalmayacak şekilde temizlenmiştir. Ankraj bulonlarının çerçeveye ve temele sabitlenmesinde epoksi kullanılmıştır. Aynı zamanda çelik levhanın, 8mm çapında bulonların L şeklinde bükülmesi ile tuğla dolgu duvara da bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 5. Dıştan çelik levhalı güçlendirilmiş numune (SS)

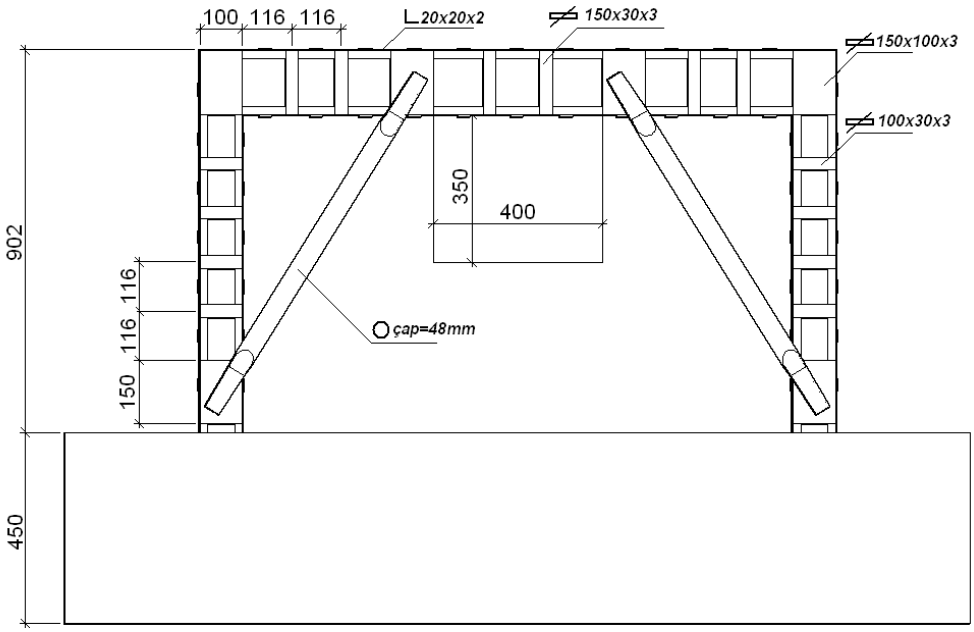
Bu numunenin başlangıç rijitliği referans numuneye göre oldukça fazla olmuştur. Bu numune beklenen davranışı göstererek düktil bir davranış göstermiştir. Deney sırasında ilk olarak pencere boşluğu alt hizasında ve duvar çerçeve birleşim bölgesinde çatlakların oluştuğu görülmüştür. Daha sonraki yüklemelerde, oluşan bu çatlakların duvarın temel kolon birleşim yönünde ilerlediği ve kolon kiriş birleşim yönünde yeni çatlakların oluştuğu gözlemlenmiştir. Numunenin kolonlarında ve kirişinde, tersinir-tekrarlanır yatay yüklemeler sırasında eğilme çatlakları oluşmuştur. Deney sonrası numunede gözlemlenen bu hasarlar Şekil 6'da verilmiştir. Deneyin ilk yüklemelerinde çelik levhada gözle görülür kalıcı şekil değiştirmeler oluşmamıştır. Ancak son yüklemelere yaklaşılırken çelik levhada önemli derecede burkulmaların oluştuğu görülmüştür. Ayrıca temel kolon birleşim bölgesine yakın ankraj bulonlarının düzleminin değiştiği ve bazı bulonların çelik levhadan sıyrıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 7).

Şekil 6. Deney sonrasında numunenin görünümü (SS)

Şekil 7. Deney sonrasında çelik levha ve ankraj bulonlarında oluşan hasarlar

3.3. Çelik sargı+çaprazlı güçlendirme (SB)

Bugüne kadar yapılan deneysel çalışmalar bu tür güçlendirme yöntemlerinin, yapının dayanımı arttırdığı, süneklik ve enerji sönüm özelliklerini yükselttiğini göstermiştir [5, 6]. Bu numunede, betonarme çerçevenin kolon ve kiriş köşelerine dört adet boyuna köşebent (20x20x2mm) yerleştirilmiş ve bu köşebentler üstten belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanmıştır. Daha sonra 48mm çapında çelik çapraz Şekil 8'deki gibi, kolon ve kirişlerde bulunan plakalara kaynaklanmıştır.



Şekil 8. Çelik sargı+çaprazlı güçlendirilmiş numune (SB)

Deney sırasında ilk olarak pencere boşluğu alt hizasında ve duvar çerçeve birleşim bölgesinde çatlakların oluştuğu görülmüştür. Daha sonraki yüklemelerde, duvarda oluşan bu çatlaklar pencere alt hizasında kayma çatlakları olarak ilerlemiştir. İlerleyen yüklemelerde duvardaki çatlakların temel kolon birleşim yönünde ilerlediği ve kolon kiriş birleşim yönünde yeni çatlakların oluştuğu gözlemlenmiştir. Genel olarak duvarda tuğla derzlerinin hizasında kayma çatlaklarının oluştuğu görülmüştür. Betonarme çerçevede ilk çatlaklar kolon temel birleşim bölgesinde olmuştur. İlerleyen yüklemelerde numunenin kolonlarında ve kirişinde, birçok eğilme çatlaklarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Deney numunesinde gözlemlenen bu hasarlar Şekil 9'da verilmiştir.

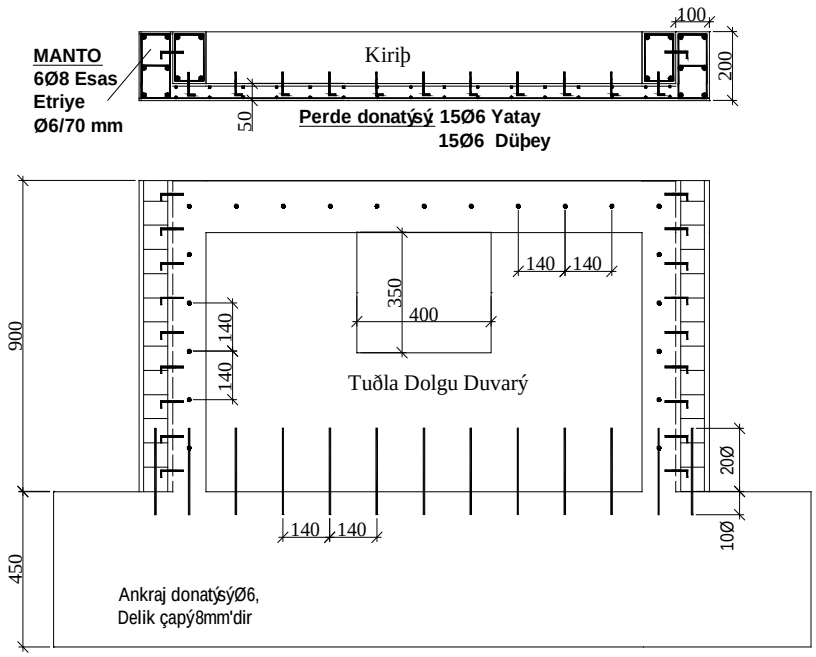
Şekil 9. Deney sonrasında numuneye ait görüntüler (SB)

Deney sırasında ilk yüklemelerde çelik sargılarda ve çelik çaprazda gözle görülür önemli şekil değiştirmeler gözlenmemiştir. Son yüklemelere yaklaşılırken kiriş köşebentlerinde ve plakalarının bazılarında burkulmaların oluştuğu görülmüştür. Ayrıca soldaki çelik çaprazın da kiriş bağlantı bölgesinde burkulduğu görülmüştür. Deney sonuna doğru her iki çelik çaprazın kiriş plakasının, bazı köşebent ve küçük çelik plakaların kaynakları kopmuştur (Şekil 10).

Şekil 10. Çelik çaprazda-kiriş köşebentlerindeki burkulma ve kopan kaynaklar (SB)

3.4. Düzlem dışı B/A perdeli ve kolon mantolu güçlendirme (ESW)

Bu numunede düzlem dışı B/A perde duvar ve kolonların mantolanması ile güçlendirme yapılmıştır. Betonarme çerçevede ankraj delikleri kiriş ve kolon aks hizasında 140mm aralıkta açılmıştır. Aynı zamanda temelde de ankraj delikleri 140mm aralıklarla açılmış ve Ø6 nervürlü donatı ile ankraj boyu 20Ø ve ankraj derinliği 10Ø olacak şekilde ankrajlama yapılmıştır. Ankraj çubuklarının betonarme çerçeveye ve temele sabitlenmesinde epoksi kullanılmıştır.



Şekil 11. Düzlem dışı B/A perde duvar ve kolonların mantolanması ile güçlendirme (ESW)

Yapılan deney sonucunda; dıştan perde duvar ile güçlendirmenin, mevcut çerçeve sistemin yatay yük taşıma kapasitesini, rijitliğini ve enerji tüketme kapasitesini önemli derede artırdığı görülmüştür. Deney sırasında ilk olarak pencere boşluğu alt hizasında ve duvar çerçeve birleşim bölgesinde çatlakların oluştuğu görülmüştür. Daha sonraki yüklemelerde oluşan bu çatlakların duvarın temel kolon birleşim yönünde ilerlediği ve perde duvarda da çatlak oluşumunun başladığı gözlemlenmiştir. Tuğla duvarda meydana gelen bu çatlaklar genel kesme çatlağı şeklindedir. Numunenin kolonlarında ve kirişinde, tersinir-tekrarlanır yatay yüklemeler sırasında eğilme çatlakları oluşmuştur. Kolon ve kiriş birleşim bölgeleri önemli derecede hasar görmüştür. Kiriş ile perdenin birleştiği yerde derz çatlaklarında oluştuğu görülmüştür. Deneyin sonlarına doğru tuğla duvar daha az rijit olan pencere boşluk hizasında yük taşıyamadığı için parçalanmıştır. Betonarme perde duvarda yükün verildiği kısımlar ezilmiş ve kolonda kısa kolon davranışı gözlenmiştir. Deneyde gözlemlenen bu hasarlar Şekil 12'de verilmiştir.

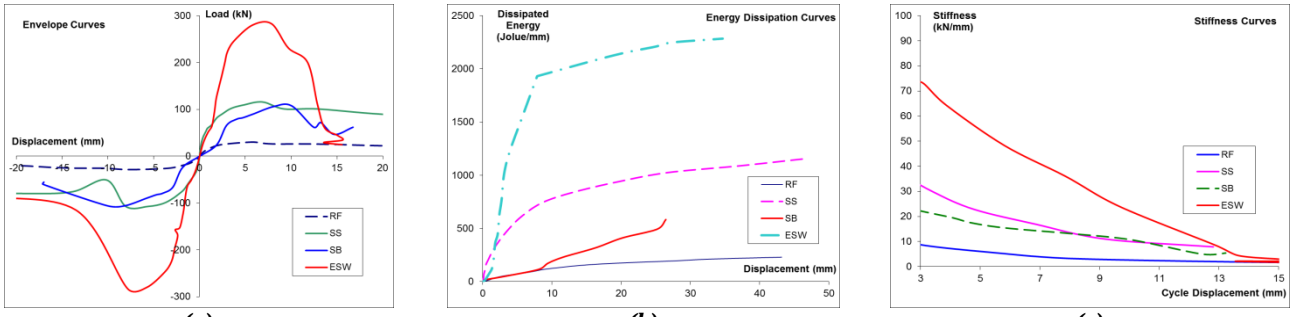
Şekil 12. Deney sonrasında numuneye ait görüntüler (ESW)

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında elde edilen deney sonuçlarına göre uygulanan bu güçlendirme yöntemlerinin, var olan yapıların depreme karsı güçlendirilmesinde etkin, ekonomik ve uygulanması kolay yöntemler olabileceği ortaya koymuştur. Deneylerden elde edilen sayısal sonuçlar, tablo halinde ve grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 1. Deney sonuçlarının özetleri

Deney numunesi	Max. Yatay Yük (V Max)		Akma Yükü (75%xVmax)		Göçme Yükü (80%xVmax)		Toplam tüketilen enerji
	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	kNmm
RF	5,76	30,21	5,76	22,66	17,02	24,17	229.70
SS	10,04	107,74	4,40	80,80	11,18	86,19	1153.12
SB	6,85	115,99	6,85	86,99	17,85	92,79	583.83
ESW	7,86	282,9	2,91	212,18	10,03	226,32	2284.91



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

Şekil 13. (a) Dayanım zarfı eğrileri, (b) Tüketilen enerji-ötelenme grafiği, (c) Rijitlik azalımı grafikleri

Deneyleri yapılan bu güçlendirme yöntemlerinin, gerçek bir yapı siteminin güçlendirilmesinde tercih edilmesi durumunda şu avantajları da ortaya çıkmaktadır;

1) Dıştan çelik levhalı ve düzlem dışı perde duvar ile güçlendirme yöntemlerinde, bütün uygulama çalışmaları yapı dışında yapılacağı için, yapının kullanımı ve fonksiyonu çok az etkilenmekte, uygulama hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

2) Çelik sargı+çaprazlı ve dıştan çelik levhalı güçlendirme yöntemleri, betonarme perde uygulaması gibi diğer güçlendirme yöntemlerine göre, yapının kütlesini çok daha az arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak ta, yapı üzerine gelen deprem yükleri diğer güçlendirme yöntemlerinden çok daha az olacak, temellerin takviye maliyetleri daha düşük olacaktır.

Çelik sargı+çaprazlı ve dıştan çelik levhalı güçlendirme yöntemlerinin dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir;

1) İşçilik için uygulamada kalifiye elemana ihtiyaç duyulması,
2) Çeliğin paslanmaması için ek önlemlerin alınmasının gerekliliği,
3) Isı değişiminden dolayı çelikte meydana gelebilecek olan şekil değiştirme sorunları.

KAYNAKLAR

[1] Adalıer, K., Aydıngün, O. (2001). Structural Engineering Aspects of the June 27, 1998 Adana–Ceyhan (Turkey) Earthquake. Engineering Structures (Elsevier) 23, 343–355.

[2] Aydan, Ö. (1997). The Seismic Characteristics and the Occurance Pattern of Turkish Earthquakes. TDV/TR 97-007.

[3] Baran, M., Okuyucu, D., Tankut, T. (2009). Betonarme Çerçeveli Yapıların Önüretimli Beton Panellerle Sismik Güçlendirilmesi. Int. J. Eng. Research & Development Vol.1, No.1.

[4] Doğangün, A.(2004). Performance of Reinforced Concrete Buildings During the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. Engineering Structures (Elsevier) 26, 841–856.

[5] Ghobarah, A., Abou Elfath, H. (2001). Rehabilitation of a Reinforced Concrete Frame Using Eccentric Steel Bracing. Engineering Structures (Elsevier) 23, 745–755.

[6] Görgülü, A.T. (2008). Mevcut Yapıların Güçlendirilmesinde Dış Çelik Konstrüksiyon Perde Uygulaması. Doktora Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

[7] İnel, M., Bilgin, H., Özmen, H.B. (2008). Orta Yükseklikli Betonarme Binaların Türkiye'de Yaşanan Son Depremlerdeki Performansı. İMO Teknik Dergi 4319-4331, Yazı 284.

[8] Türk Standartları Enstitüsü TS500 (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Ankara.

[9] TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Ankara.

[10] Yılmaz, Ü.S., Arslan, M.H., Kaltakcı, M.Y. (2010). Betonarme Dış Perde Duvarla Güçlendirilmiş Çerçevelerin Dayanım Parametrelerinin Deneysel ve Analitik Yöntemlerle İrdelenmesi. TÜBAV Bilim Dergisi Cilt:3, Sayı:1, Sayfa:11-22.