

Kesmeye Karşı Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Deprem Davranışı

S. Altın

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
06570 - Maltepe/Ankara Türkiye

Ö. Anıl

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
06570 - Maltepe/Ankara Türkiye

ÖZET: Kesme dayanımı yetersiz betonarme kirişlerin eleman dışından yerleştirilen kelepçelerle kesmeye karşı güçlendirilmesi etkin bir yöntemdir. Çalışmada bu güçlendirme yönteminin tersinen ve tekrarlanan yükler altındaki etkinliği incelenmiştir. Düzenlenen deney programında toplam 5 adet konsol kiriş elemanı test edilmiştir. Çeşitli düzeylerde kesme dayanımı yetersiz deney elemanları kelepçelerle güçlendirilmiştir. Güçlendirilen tüm elemanların deneylerinde sünek eğilme davranışı gözlenmiştir. Kelepçeler göçmeye kadar işlevlerini kaybetmemişlerdir.

Anahtar Kelimeler : Kesme, betonarme kiriş, güçlendirme, tekrarlı yük, kelepçe

ABSTRACT:

Attaching external clamps on to the reinforced concrete beams with shear strength deficiency was an effective technique for strengthening against shear failure. In this study, the effectiveness of this method is researched when the reversal cyclic load is applied on to the reinforced concrete beams. In experimental program totally five cantilever beam were tested. Specimens with different level of shear strength deficiency were strengthened with external clamps. Flexural ductile behavior was dominated during experiments for all of the strengthened specimens. External clamps were functioned until the failures were occurred.

Key Words : Shear, reinforced concrete beam, strengthening, cyclic load, clamp

Giriş

Ülkemizde betonarme uygulamalarında, çeşitli nedenlerden dolayı bir çok yapıda etriye projeye uygun yapılmamakta aksine büyük oranlarda azaltılmaktadır. Dolayısıyla etriye yetersizliğinden kaynaklanan çok önemli kesme problemleri ile uygulamada sıkça karşılaşılmaktadır. Bu gibi durumlarda etriye işlevini görecekt kelepeçelerin eleman dışından çeşitli biçimlerde yerleştirilerek güçlendirilmesi yöntemi etkili bir güçlendirme tekniğidir [1,2,3]. Oluşturulan kelepeçelerin deprem yükleri altında ne düzeyde etkin oldukları, kullanılan bağlama yönteminin eleman davranış ve dayanımını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Düzenlenen deney programında, beş adet deney elemanı depremi benzeştiren tersinen tekrarlanan yükler altında test edilmiştir. Deney elemanlarında kesme açıklığının etkili kesit yüksekliğine oranı (a/d) 6'dır. Eleman düzeyinde yapılan bu deneysel çalışmada, çeşitli düzeylerde güçlendirilen elemanların davranış ve dayanımlarına ait test sonuçları kontrol elemanı ve yetersiz kesme donatılı eleman ile karşılaştırılarak irdelenmiştir.

Deney Elemanları

Deney elemanlarının özellikleri Çizelge 1'de özetlenerek sunulmuştur. Deney programında yer alan dikdörtgen kesitli kiriş elemanlarının geometri ve boyuna donatıları özdeştir. Elemanların boyuna donatıları kısa kenarlarına simetrik olarak yerleştirilmiştir. Konsol kiriş olarak planlanan deney elemanları rijit bir kütleye mesnetlendirilmiştir. Deney elemanlarının donatı şemaları Şekil 1'de sunulmuştur.

Deney programında beş adet deney elemanı yer almaktadır. Bu elemanlardan biri kontrol elemanı (C040) olup diğerleri çeşitli düzeylerde yetersiz kesme donatılı elemanlardır. C040 kontrol elemanının kesme donatısı olması gerektiği gibi tasarlanmış ideal bir eleman olup, $\phi 6/90$ mm aralıklı etriyelerle donatılmıştır. C020 deney elemanı, gereken kesme donatısının yarısına sahip ($\phi 6/180$ mm) bir eleman olarak tasarlanmıştır. Güçlendirilecek C220 ve C310 deney elemanlarında etriye donatısı kontrol elemanında bulunan etriyenin sırası ile %50'si ve %25'si kadardır. Etriyeleler C220 elemanında $\phi 6/180$ mm, C310 elemanında ise $\phi 6/270$ mm aralıklı olacak biçimde yerleştirilmiştir. C400 elemanı deney programında bir uç örneği temsil etmekte olup içinde etriye donatısı bulunmamaktadır.

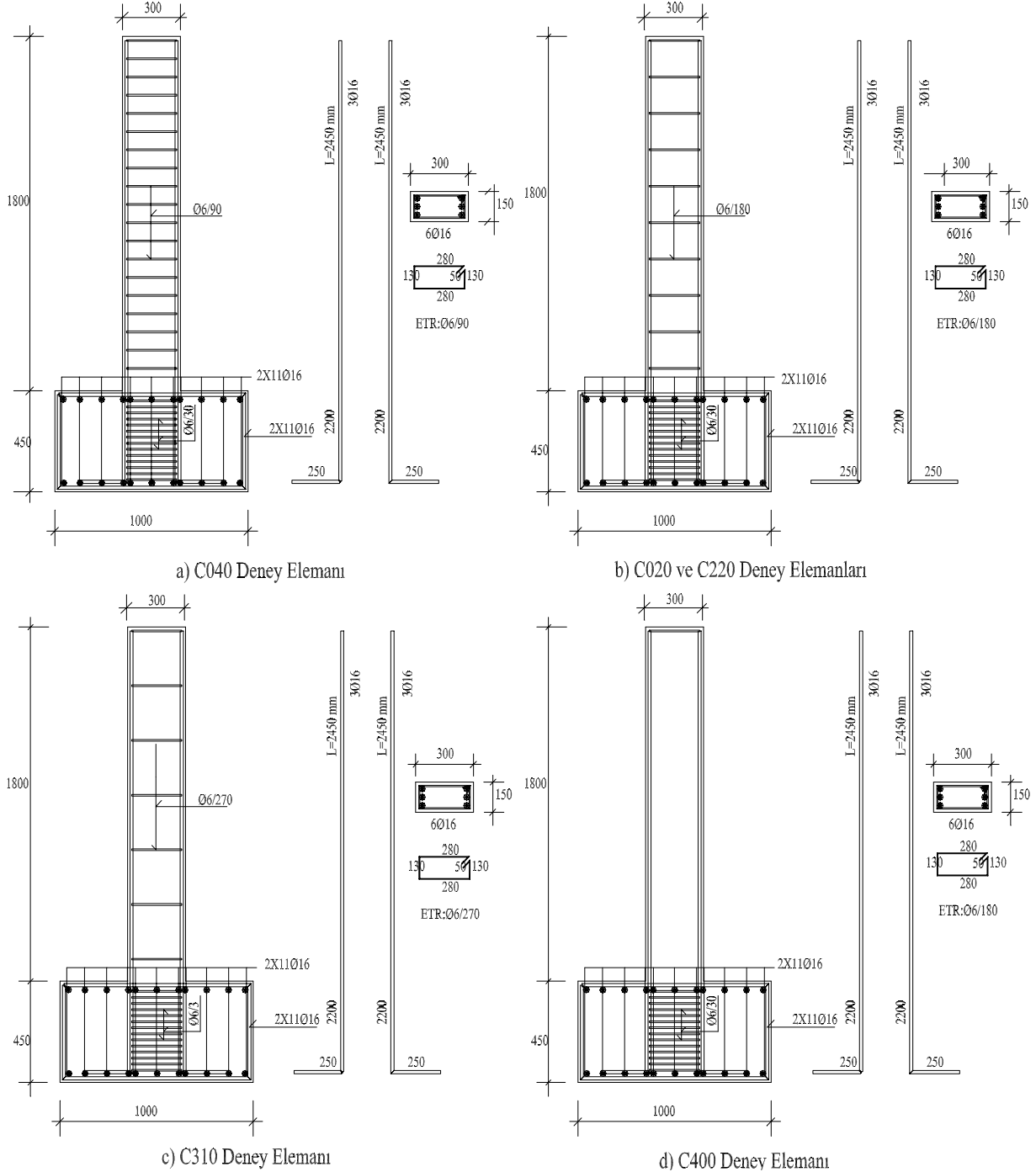
Çizelge 1. Deney Elemanlarının Özellikleri

El. No	İşlem Türü	Boyuna Donatı		Etriye Donatısı		Kelepeçe Donatısı		Beton Basınç Dayanımı f_{ck} (MPa)
		Çapı ϕ (mm)	f_{sy} (MPa)	Çapı ϕ (mm)	f_{sy} (MPa)	Çapı ϕ (mm)	f_{sy} (MPa)	
C040	Kontrol	6 ϕ 16	463,0	$\phi 6/90$	300	-----	320	24,0
C020	-----	6 ϕ 16	463,0	$\phi 6/180$	300	-----	320	23,0
C220	Güçlendirme	6 ϕ 16	463,0	$\phi 6/180$	300	$\phi 8/90$	320	22,5
C310	Güçlendirme	6 ϕ 16	463,0	$\phi 6/270$	300	$\phi 8/90$	320	21,7
C400	Güçlendirme	6 ϕ 16	463,0	-----	300	$\phi 8/90$	320	23,2

Güçlendirme Tekniği

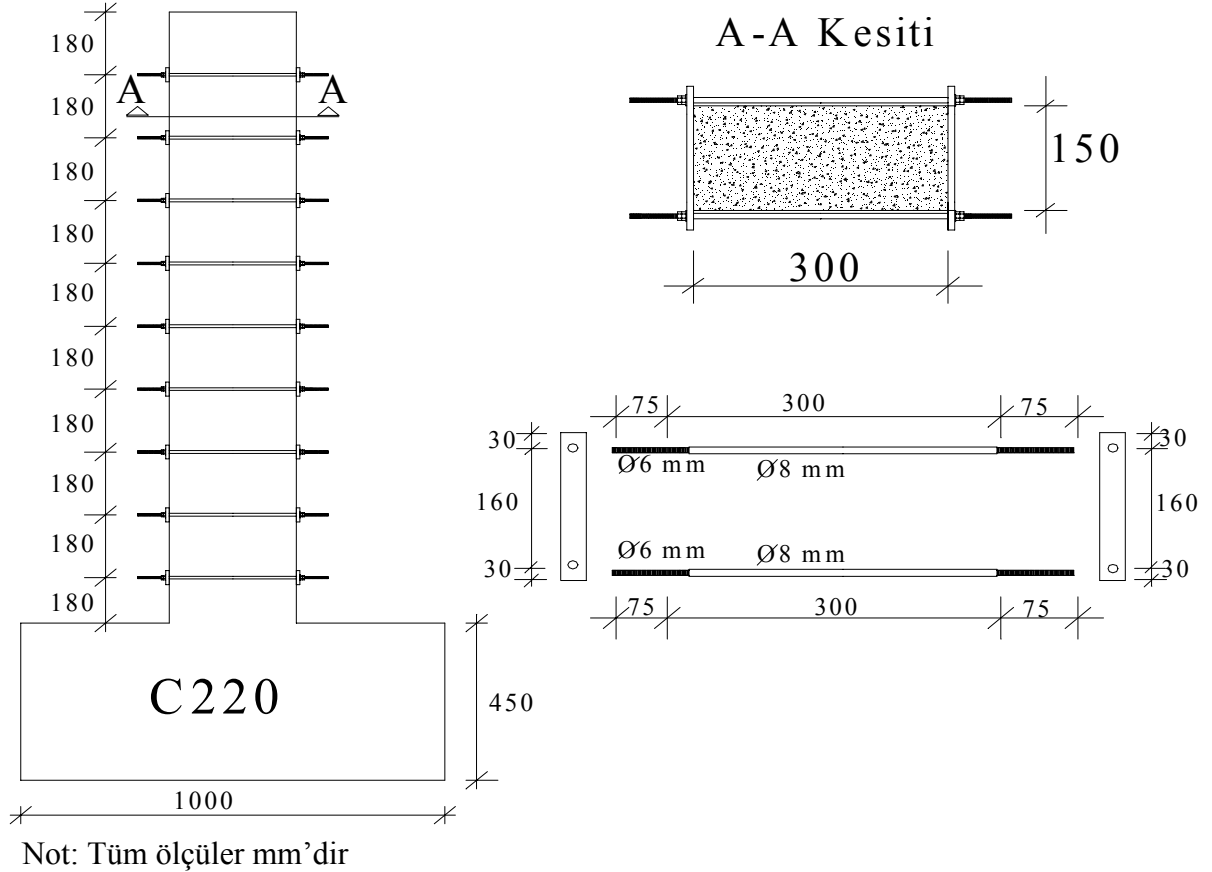
Yetersiz kesme donatılı elemanlar için gerekli kesme donatısı, elemanlara dışarıdan yerleştirilen kelepeçelerle giderilmiştir. Güçlendirilen deney elemanlarının etriyeleri ile dışarıdan yerleştirilen kelepeçe donatılarının oranlarının toplamı kontrol elemanının etriye oranına eşittir. Kelepeçe; $\phi 8$ mm çapında uçlarında ince dişler açılmış (diş dibi çapı $\phi 6,13$

mm) iki donatı çubuğu, 220x40x10 mm boyutlarında iki çelik lama ve sabitleme amacıyla kullanılan somun elemanlarından oluşmaktadır. Donatıların lamalara bağlanabilmesi için çelik lamalara $\phi 10$ mm çapında iki delik açılmıştır. Çelik lamalara açılan deliklerden donatı çubukları geçirilip her iki uçtan somunlarla vidalanarak sabitlenmiştir. Güçlendirme tekniği ve kelepçe detayı tipik bir eleman için Şekil 2’de verilmiştir.



Not: Tüm ölçüler mm’dir

Şekil 1. Deney Elemanlarının Donatı Detayları

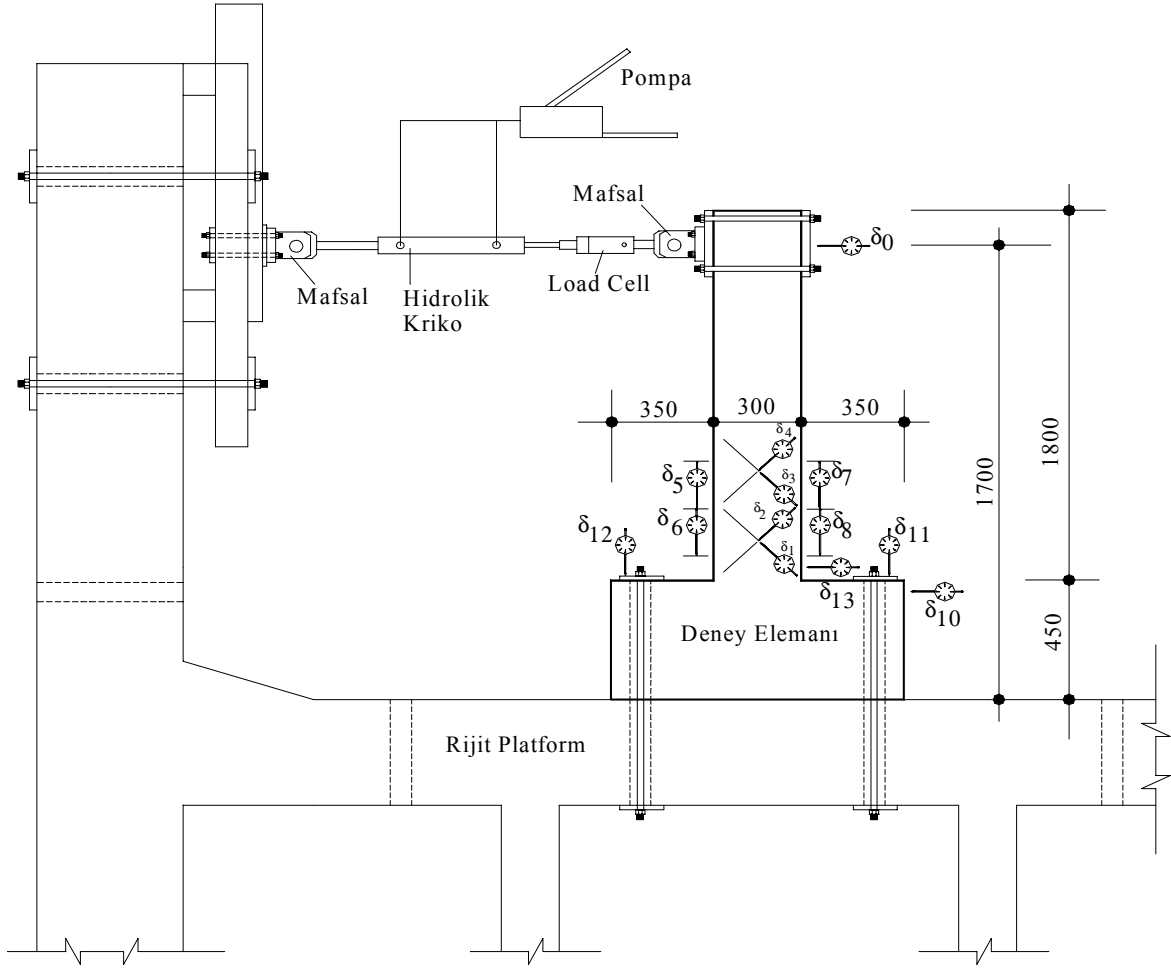


Şekil 2. Kelepçe Detayı

DENEY DÜZENİ

Deneysel bilgisayar denetimli yükleme sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney ve ölçüm düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 3'de sunulmuştur. Deney elemanları $\phi 40$ mm çapında bulonlarla test platformuna sıkıca bağlanmıştır. Yükleme, elemanın ucuna yanıl doğrultuda ve rijit duvara mesnetlenen bir yükleme düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Yükleme hidrolik kriko ile yapılab uygulanan yük 400 kN kapasiteli yük ölçme hücresi ile ölçülmüştür.

Test sırasında deney elemanlarının deplasmanları ve dönmeleri ölçülmüştür. Deplasmanların ve dönmelerin ölçülebilmesi amacıyla 13 adet "elektronik doğrusal deplasman ölçer" (LVDT) kullanılmıştır. Kirişin mesnete yakın bir bölgesine yerleştirilen LVDT'ler ile eğrilik ve yine aynı bölgeye iki sıra halinde yerleştirilen diyagonal LVDT'ler ile o bölgenin yaklaşık kesme deplasmanları hesaplanmıştır. Test sırasında bilgisayar ekranından elemanın yük-deplasman eğrisi izlenmiştir. Yükleme deprem yüklerini benzeştiren tersinen ve tekrarlanan yüklemeler biçiminde yapılmıştır. Tüm deney elemanlarında yük kontrollü yükleme programı yalnızca ilk iki çevrimde kullanılmıştır. Daha sonraki çevrimlerde deplasman kontrollü yük programı kullanılmıştır.



Not :Tüm Ölçüler mm'dir.

Şekil 3. Deney ve Ölçüm Düzenegi

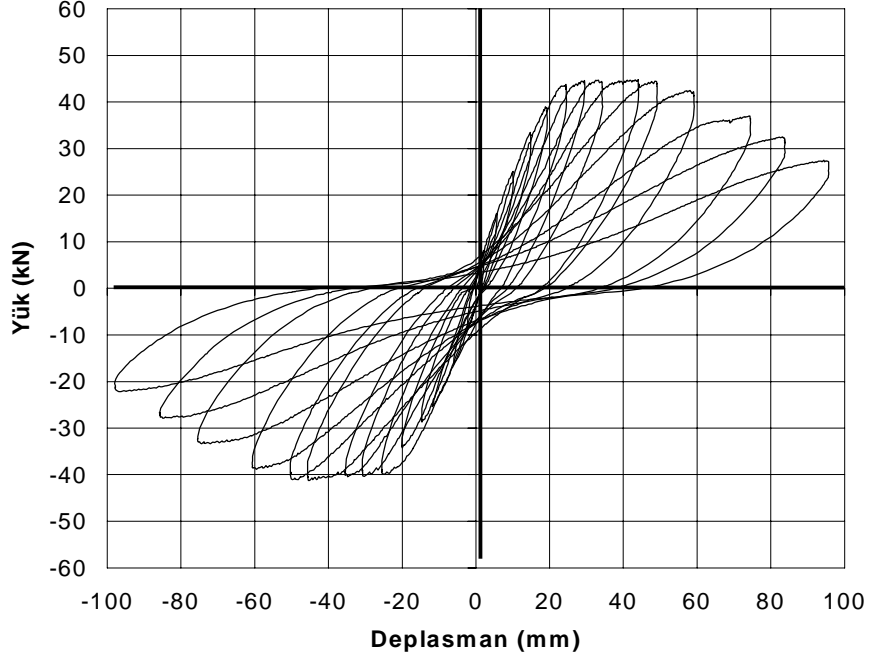
Deney Sonuçları ve Yorumlar

Gözlenen Genel Davranış

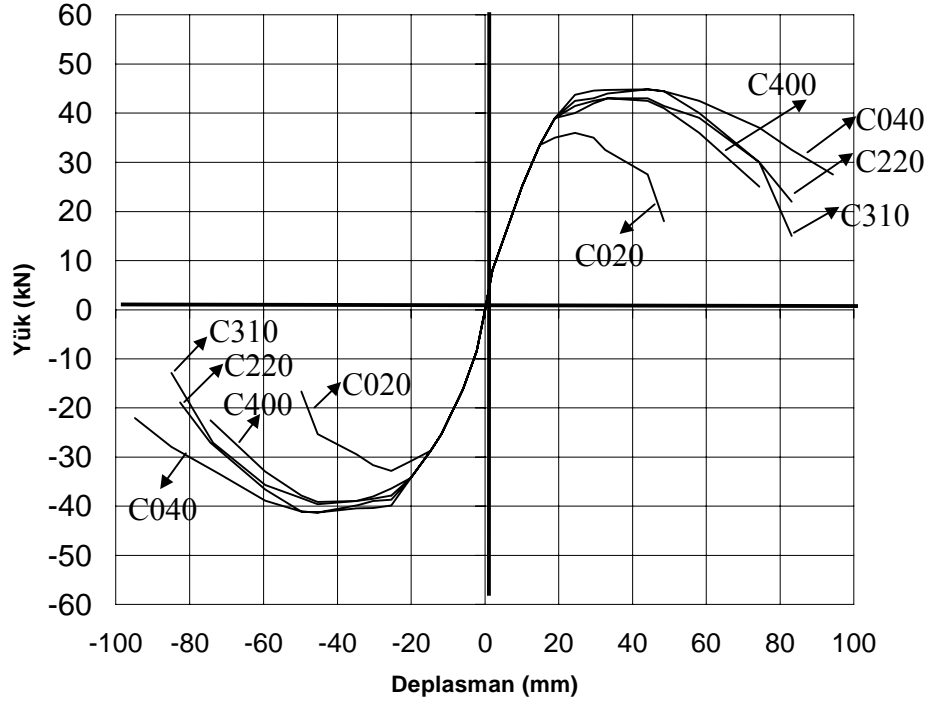
Test sırasında tüm deney elemanlarında ilk çatlak eğilme çatlakları olarak elemanın maksimum moment bölgesinde gelişmiştir. Artırılan yük adımlarında eğilme çatlaklarının bu bölgede yoğunlaştığı ve bazı eğilme çatlaklarının eğikleşmeye başladığı gözlenmiştir. Elemanların akma yükü seviyesinin yaklaşık %60 düzeylerinde kesme çatlaklarının her iki yönde geliştiği ve elemana dağılım gösterdikleri ancak kılcal düzeylerde kaldıkları gözlemlenmiştir. Kelepçeler kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol etmişlerdir. Tüm deney elemanlarında ileri yükleme adımları sırasında çekme donatıları akmıştır. Aynı çevrimin geri yüklemesi sırasında diğer yönde kalan çekme donatıları da akmıştır. Bu yük düzeylerinde, güçlendirilen elemanlarda kelepçe donatılarının arasında kalan kabuk betonunda ezilme ve kabarma görülmüştür. Akmadan sonra elemanlar sünek bir davranış sergilemişlerdir. Akmadan sonra dört tam çevrimden sonra yükte bir miktar azalma görülmüştür. Maksimum moment bölgesinde betondaki çatlaklar ve ezilmeler nedeniyle elemanın rijitliği önemli ölçüde azalmıştır. Elemanlar yük taşıyamaz duruma gelince deneylere son verilmiştir. Güçlendirilen tüm deney elemanlarında kelepçe donatılarının bulonlarında herhangi bir gevşeme gelişmemiştir.

Deney Elemanlarının Yük-Deplasman Davranışları

Kontrol elemanına ait yük-deplasman grafiği Şekil 4’de sunulmuştur. Deney elemanlarının sergiledikleri davranışlarının karşılaştırılabilmesi amacıyla yük-deplasman grafiklerinin zarf eğrileri Şekil 5’de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde tüm deney elemanlarının elastik bölge içerisinde yaklaşık aynı davranışı sergiledikleri görülmektedir. Tüm elemanlar yaklaşık aynı rijitlikle akmaya kadar benzer davranış sergilemişlerdir.



Şekil 4. C040 Deney Elemanı Yük-Deplasman Grafiği

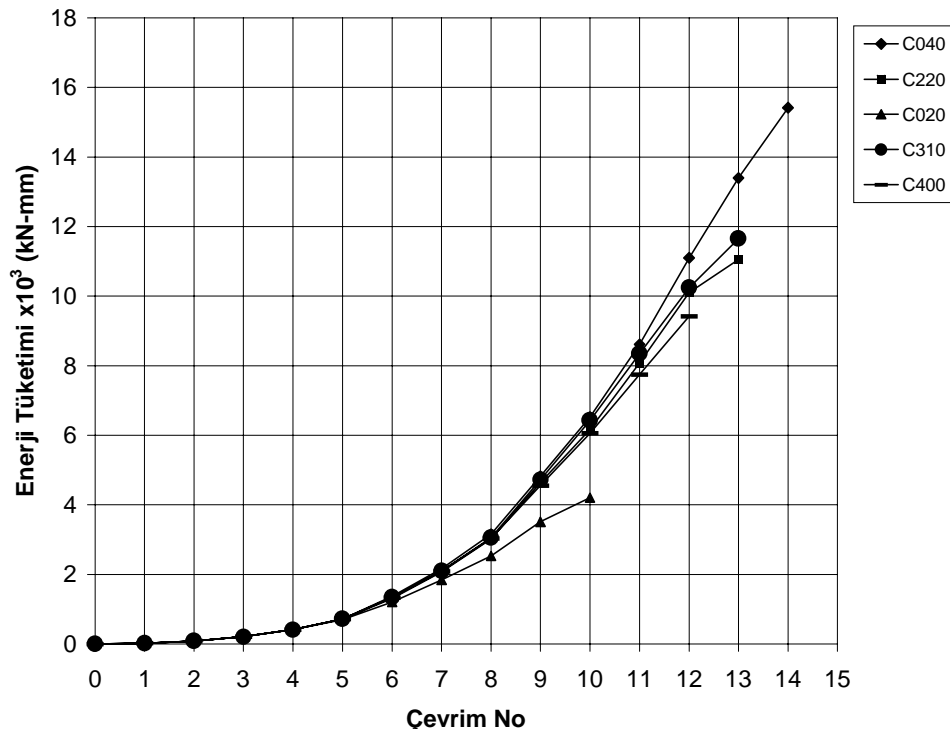


Şekil 5. Zarf Eğrileri

Güçlendirilen elemanlar dayanım ve davranış bakımından kontrol elemanı ile çok yakındırlar. İçerisinde hiç kesme donatısı olmayan C400 deney elemanı da oldukça başarılı davranış sergilemiştir

Enerji Tüketimi

Deney elemanlarının enerji tüketim değerleri kümülatif olarak her bir çevrim için hesaplanarak Şekil 6'da verilen grafikte sunulmuştur. Elemanların enerji tüketim kapasiteleri testlerden elde edilen yük –deplasman eğrilerinin her bir çevrimde içinde kalan alanların hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Güçlendirilen tüm deney elemanları onikinci çevrime kadar kontrol elemanı ile hemen hemen aynı miktarda enerji tüketmiştir.



Şekil 6. Deney Elemanlarının Enerji Tüketim Kapasiteleri

Süneklik Oranları

Deney elemanlarının maksimum yük taşıma kapasitesinin %85'ine düşüldüğü anda elemanın göçtüğü kabul edilmiştir. O noktadaki deplasman göçme deplasmanı olarak alınıp süneklik oranları hesaplanmıştır. Deney elemanlarının ileri ve geri çevrimleri için hesaplanan süneklik oranları Çizelge 2'de sunulmuştur. Güçlendirilen C220 elemanı hem ileri hem de geri çevrimlerde en büyük deplasman süneklik oranına sahiptir. Tüm güçlendirilen elemanlar kontrol elemanına yakın süneklik oranlarına sahiptir.

Çizelge 2. Deney Elemanlarının Süneklik Oranları

Deney Elemanı	İleri Çevrim			Geri Çevrim		
	d_v (mm)	d_{85} (mm)	Oran	d_v (mm)	d_{85} (mm)	Oran
C040	24,41	72,50	2,97	-25,33	-67,50	2,67
C020	14,84	37,50	2,53	-14,67	-38,00	2,59
C220	18,91	62,50	3,31	-20,08	-66,00	3,29
C310	18,91	60,00	3,17	-25,33	-62,50	2,47
C400	18,91	55,00	2,91	-25,33	-60,00	2,37

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kısıtlı sayıdaki deneylerden elde edilen genel sonuçlar aşağıda kısaca sunulacaktır.

- Kesmeye karşı güçlendirme amacıyla eleman dışından kelepçeleme yönteminin tersinir tekrarlanır yüklemeler altında başarılı bir davranış sergilediği görülmüştür.
- Tüm güçlendirilen deney elemanları akmaya kadar kontrol elemanı ile çok benzer rijitlik sergilemiştir. Güçlendirilen elemanların ilerleyen çevrimlerde de rijitlik yönünde kontrol elemanına yakın bir davranış sergilediği görülmüştür.
- Güçlendirilen deney elemanları kontrol elemanına çok yakın bir davranış sergilemiş sünek eğilme davranışı göstermişlerdir. İçinde kesme donatısı olmayan C400 deney elemanı güçlendirilen diğer elemanlar kadar başarılı olmasa da sünek sayılabilecek bir davranış göstermiştir.
- C220 ve C310 güçlendirilen deney elemanları kontrol deney elemanı kadar enerji tüketmiştir. C400 deney elemanı da oldukça iyi bir davranış sergilediği söylenebilir.

Referanslar

- [1] Altın S., Tankut, T., Demirel, Y., 1996, " Betonarme Kirişlerin Kesme İçin Onarım /Güçlendirilmesi " *Rapor No: INTAG-536, TÜBİTAK*, Ankara, Haziran, 127 Sf.
- [2] Elstner, R. C., Hognestad, E., 1957, "Laboratory Investigation of Rigid Frame Failure", *ACI Structural Journal*, V.28, ST 7, pp. 637-667.
- [3] Raghuprasad, B.K., Ramakrishna, B., 1986, "Rehabilitation of R.C. Structural Elements Under Repeated Monotonic Cyclic Loading With External Clamping", *Proceeding, 2. International Conference on Concrete Technology for Developing Countries*, Tripoli - Libya, pp. 45-59.