

# BETONARME KİRİŞLERİN KESMEYE KARŞI GÜÇLENDİRİLMESİNDE BİR KELEPÇE UYGULAMASI

**Sinan ALTIN, Özgür ANIL ve Yeliz GÖKTEN**

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi Maltepe 06570, Ankara,  
[saltin@gazi.edu.tr](mailto:saltin@gazi.edu.tr), [onanil@gazi.edu.tr](mailto:onanil@gazi.edu.tr)

## ÖZET

Kesme dayanımı yetersiz betonarme kirişlerin eleman dışından çeşitli düzenlerde yerleştirilen kelepçelerle kesmeye karşı güçlendirilmesi pratik bir yöntemdir. Literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan kelepçeler yüksek dayanımlı çok sayıda parçanın özel olarak üretilip bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Bu çalışmanın amacı sahada kolaylıkla uygulanabilen etkin bir kelepçe türü geliştirilmesidir. Beş adet dikdörtgen kesitli kiriş geliştirilen kelepçelerle güçlendirilip tek düze yükler altında test edilmiştir. Deneylerden elde edilen veriler değerlendirilerek, güçlendirme yönteminin deney elemanlarının dayanım, rijitlik, süneklik ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Geliştirilen kelepçeler kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol ederek çatlakların genişlemesini engellemiş ve elemanda sünek eğilme davranışının gelişmesini sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme kiriş, güçlendirme, kesme, kelepçe.

## AN APPLICATION OF EXTERNAL CLAMPS FOR SHEAR STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

### ABSTRACT

External clamps are practical tools for strengthening slender beams with low shear strength capacity. The clamps that are utilized at past studies consist of specially produced many high strength parts. The objective of this study is to investigate a new type of external clamp which can be easily and economically implemented on site. For this purpose, five specimens strengthened by the proposed type of external clamps are tested under monotonic loading. It is apparent from the analysis of tests that the use of external clamps in slender beams results in ductile flexural behavior; shear cracks are successfully controlled and further propagation of cracks is prevented. The proposed method also results in an increase in the shear strength capacity of specimens tested. The authors are of the opinion that the proposed method is reliable and can be recommended for application in construction industry.

**Keywords:** Reinforced concrete beams, strengthening, shear, external clamps.

### 1. GİRİŞ

Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan birçok betonarme yapı çeşitli nedenlerden kaynaklanan önemli kesme problemleri ile karşı karşıyadır. Genelde bu yapıların kirişlerinde moment kapasiteleri yeterli olmasına karşın kesme dayanımındaki yetersizlik eleman davranışını gevrek kesme kırılmasına yönlendirmektedir. Bu da yapının enerji tüketim mekanizmalarının sağlıklı bir şekilde işlevini yerine getirmesini önlemekte, sünekliğini önemli oranlarda azaltmaktadır. Bu gibi kesme dayanımı yetersiz betonarme kirişlerin güçlendiril-

mesi için elemanda mantolama, eleman dışından çeşitli biçim ve düzenlemelerde kelepçeleme, çelik veya karbon lifli elyaflar ile dokunmuş kumaşların epoksi ile yapıştırılması gibi teknikler önerilmekte ve uygulamada da kullanılmaktadır. Konuyla ilgili geçmişte yapılmış deneysel çalışmalarda kiriş dışından yerleştirilen kelepçelerin elemanın kesme dayanımını artırdığı ve eleman davranışını kesme göçmesinden sünek eğilme davranışına taşıdığı ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda kullanılan kelepçeler etkinliği tartışılan çelik şeritlerden, genelde de yüksek dayanımlı çok sayıda çelik elemanın bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Kullanılan kelepçe

türlerinin hepsi özel üretimi gerektirmekte ve eleman üzerinde yerleştirilmesi de bazen sorunlu olabilmektedir. Elstner, 1957 tarafından yürütülen çalışmada çerçeve elemanları üzerinde kolon ve kirişlerde kelepçeleme yapılmıştır. Geliştirilen kelepçede dikdörtgen kesitli elemanı dışardan sargılayan sürekli tek bir parça çelik şeritin özel bir mekanizma ile tek noktadan sıkıştırılması denenmiştir [1]. Raghuprasad, 1986 tarafından yürütülen araştırmada farklı donatı oranlarında etriyeli ve etriyesiz dikdörtgen kesitli 36 kiriş elemanı tekdüze tekrarlı yükler altında test edilmiştir. Geliştirilen kelepçe dikdörtgen kesitli kirişlere dıştan iki parça olarak yerleştirilen U şeklinde bükülmüş iki yüksek dayanımlı çelik elemanın kiriş üst ve altında somunla birleştirilmesi ile oluşturulmuştur [2]. Teng ve diğerleri, 1996 tarafından yürütülen araştırmada 18 hasar görmüş yüksek kiriş tekdüze yükler altında test edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen kelepçe detayında yüksek dayanımlı çelikten üretilmiş levhalar ve bağlantı çubukları kullanılmıştır. Her iki ucuna dış açılmış çelik çubuklar kiriş üst ve altına yerleştirilen çelik levhalara somunlar ile birleştirilmiştir [3]. Altın ve diğerleri, 2003 tarafından yürütülen çalışmada 13 adet T kesitli betonarme kiriş tekdüze yükler altında test edilmiştir. Çalışmada farklı oranlarda kesme donatısı oranına sahip iki farklı a/d oranındaki kirişler dışardan kelepçeler ile güçlendirilmiştir. Kelepçelere öngerme kuvveti uygulanması ise çalışmada incelenen diğer bir değişkendir. Kelepçeler inşaat demirinden üretilen bağlantı çubuklarının kiriş üst ve altına yerleştirilen çelik lamalara somunla bağlanması ile oluşturulmuştur [4].

Çalışmanın amacı, kesme dayanımı yetersiz betonarme kirişlerin kesme gereksinimini karşılayabilen, sahada üretilebilen ve uygulaması kolay bir kelepçe türünün geliştirilmesidir.

Bu çalışmada geliştirilen kelepçe normal bir donatının "U" biçiminde bükülüp açık olan uçlarından çelik bir lama ile kirişe sabitlenmesiyle oluşturulmuştur. Düzenlenen deneysel çalışmada farklı düzeylerde yetersiz etriyeli dikdörtgen kesitli kirişler bu tür kelepçeler kullanılarak güçlendirilmiştir [5-7]. Deney elemanları kesme açıklığının kiriş etkili yüksekliğine oranı (a/d) dört olacak bir biçimde simetrik iki tekil yük altında test edilerek dayanımları ve sergiledikleri davranışlar incelenmiştir. Deney programında kesme dayanımları birbirinden farklı beş adet deney elemanı üretilerek test edilmiştir. Deney

elemanlarının gözlenen davranışları ve testlerden elde edilen veriler ışığında dayanım, rijitlik, süneklik ve göçme mekanizmaları irdelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Deney Elemanları

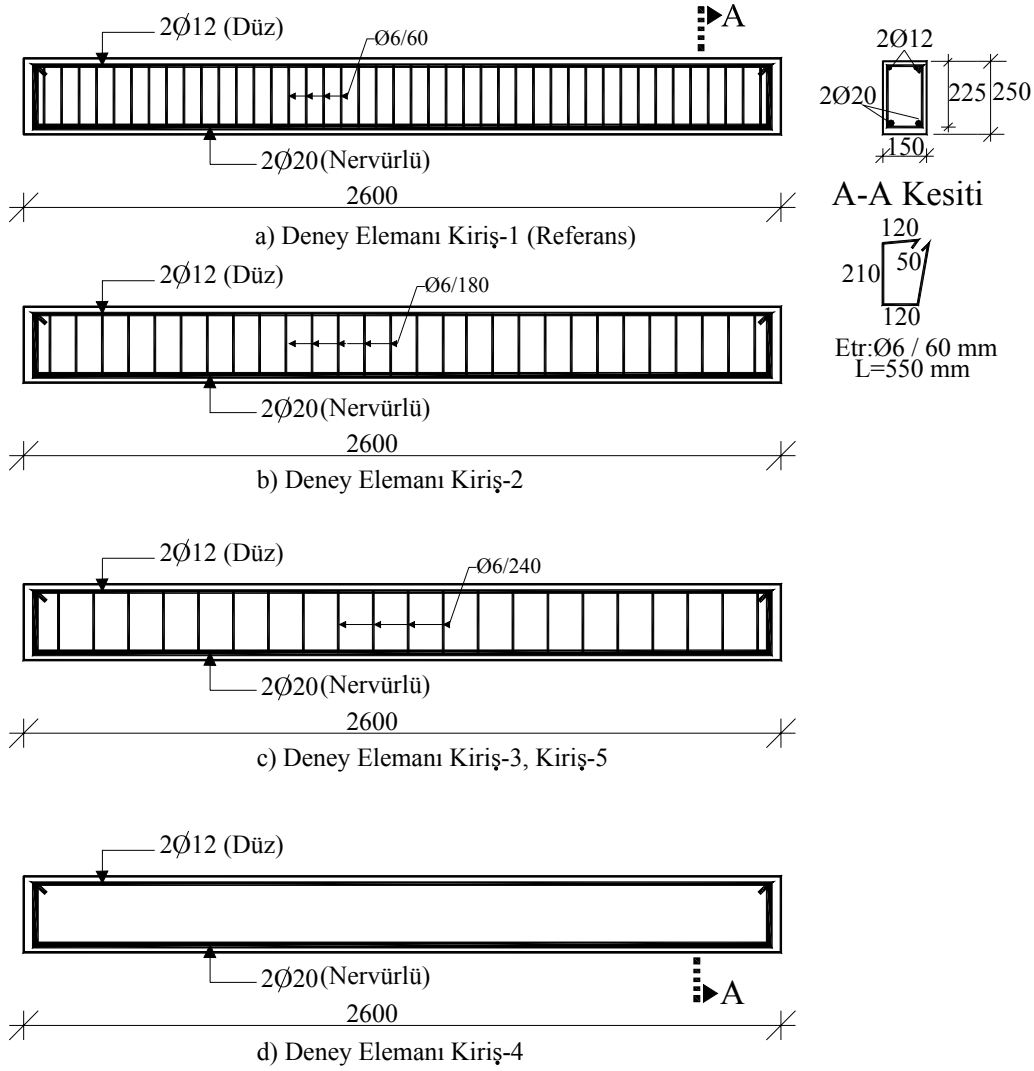
Deney elemanlarının boyuna donatıları aynı olup, çekme donatısı için 2φ20 mm nervürlü donatı, basınç donatısı olarak 2φ12 mm düz inşaat demiri kullanılmıştır. Deney elemanlarında kapalı etriyeler φ6 mm çapında donatılardan üretilmiştir. Deney programında beş adet kiriş test edilmiştir. Elemanlardan biri referans elemanı olup diğerleri güçlendirme amacıyla üretilen yetersiz etriye donatılı elemanlardır. Referans deney elemanı Kiriş-1 φ6/60 mm aralıklı etriyelerle donatılmıştır. Etriye donatıları Kiriş-2 deney elemanında φ6/180 mm aralıkla, Kiriş-3 deney elemanında φ6/240 mm aralıkla yerleştirilmiştir. Kiriş-2 ve Kiriş-3 deney elemanlarının etriye donatısı oranı, referans elemanın etriye donatısına oranları sırasıyla 0.34 ve 0.25'dir. Kiriş-4 deney elemanı deney programında uç bir örnek olup içinde etriye bulunmamaktadır. Kiriş-5 deney elemanı önceden hasar görmüş bir kiriş elemanıdır. Kiriş-5 deney elemanının etriye donatısı Kiriş-3 elemanı ile özdeştir. Kiriş 2, Kiriş 3, Kiriş, 4 ve Kiriş 5 deney elemanları kesme dayanımı yetersiz deney elemanlarıdır. Bu elemanlar gevrek kesme kırılması potansiyeline sahiptirler. Bu elemanlarda kesme dayanımı gereksinimi dışardan yerleştirilen kelepçelerle sağlanmıştır. Deney elemanlarının donatı şemaları Şekil 1'de sunulmuştur.

Kiriş-2, Kiriş-3, Kiriş-4 ve Kiriş-5 deney elemanlarında kesme dayanımı gereksinimi eleman dışından yerleştirilen kelepçeler ile sağlanmıştır. Bu elemanlara yerleştirilen kelepçe donatısı oranlarının Kiriş-1 deney elemanının etriye donatısına oranı ( $\rho_{CL}/\rho_{S(Kiriş-1)}$ ) Kiriş-2 için 0.66, Kiriş-3 için 0.75, Kiriş-4 için 1.00 ve Kiriş-5 için 0.75'dir. Deney programında yer alan elemanların özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Güçlendirilen deney elemanlarının etriyeleri ile dışarıdan yerleştirilen kelepçe donatılarının oranlarının toplamı referans kirişin etriye oranına eşittir. Kelepçe donatıları deney elemanlarının kesme açıklıklarına yerleştirilmiştir. Deney elemanlarında

Çizelge 1. Deney elemanlarının özellikleri

Deney Elemanı	Etriye Oranı ( $\rho_S$ )	Kelepçe Oranı ( $\rho_{CL}$ )	$\frac{\rho_S}{\rho_{S(Kiriş-1)}}$	$\frac{\rho_{CL}}{\rho_{S(Kiriş-1)}}$	$f_c$ (MPa)	a/d
Kiriş-1 (Referans)	0.0062	-----	1.00	-----	18.3	4
Kiriş-2	0.0021	0.0041	0.34	0.66	19.0	4
Kiriş-3	0.0016	0.0046	0.25	0.75	20.0	4
Kiriş-4	-----	0.0062	-----	1.00	18.6	4
Kiriş-5	0.0016	0.0046	0.25	0.75	19.2	4



Not : Ölçüler mm'dir

Şekil 1. Deney elemanı donatı şemaları

kelepçelerin yerleşimi ve kelepçe detayı Şekil 2'de sunulmuştur.

## 2.2. Güçlendirme Tekniği

Deney elemanlarında güçlendirme işlemi kelepçelerin kiriş dışından ve belirlenen kesitlere yerleştirilmesiyle uygulanmıştır. Kelepçeler uçlarında ince dişler açılmış (diş dibi çapı  $\phi 7.9$  mm)  $\phi 10$  mm çapta düz bir donatıdan imal edilmiştir. "U" biçiminde bükülerek hazırlanan kelepçeler kiriş üstünden yerleştirilen  $45 \times 200 \times 10$  mm boyutlarında çelik lamalara açılan deliklerden geçirilip somunlar yardımıyla kiriş üst yüzeyinden sıkıca bağlanmışlardır. Kelepçelerin kirişin kabuk betonunu ezmesini önlemek için kiriş

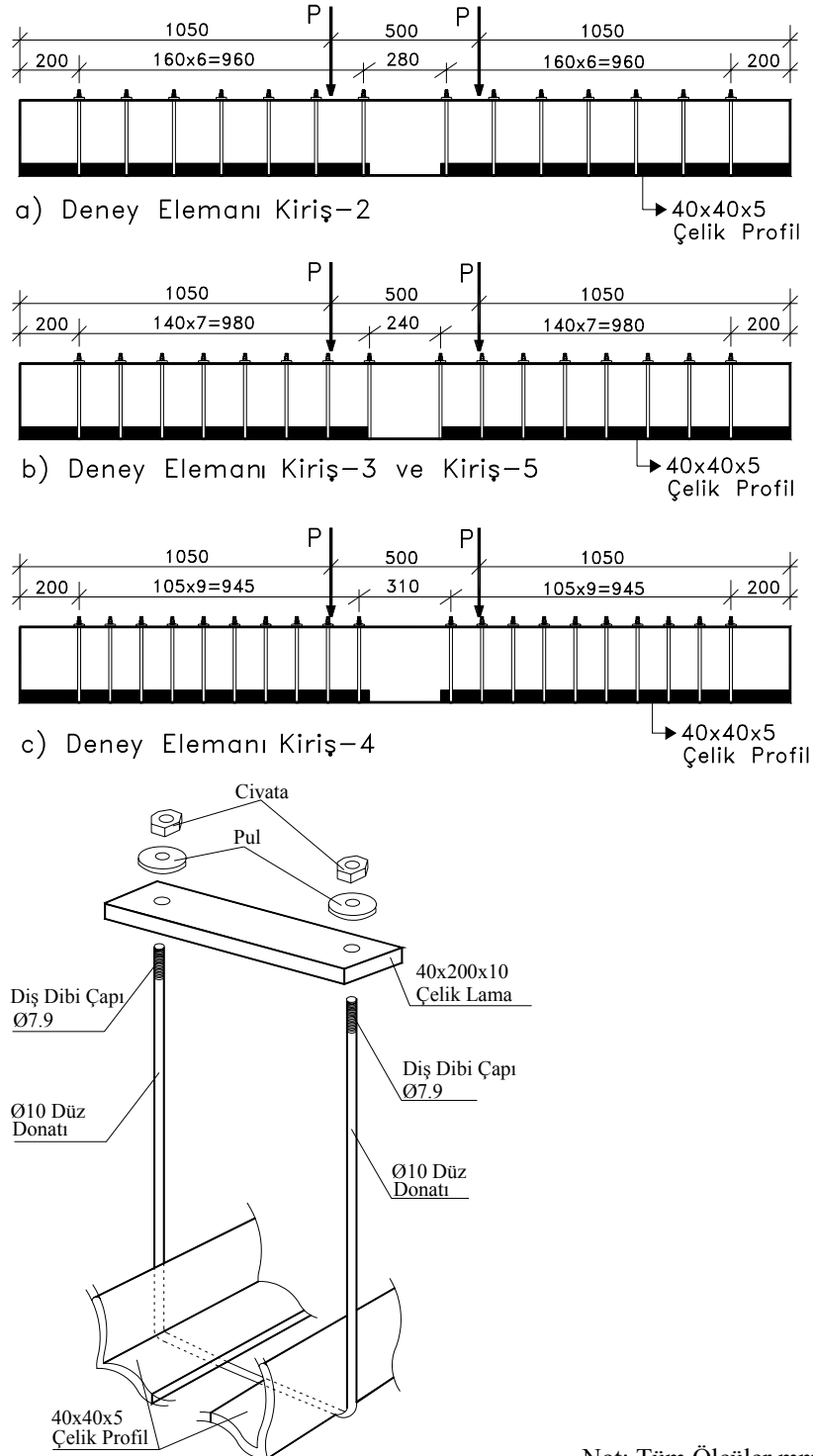
altında köşelere  $40 \times 40 \times 5$  mm kesitli çelik korniyerler yerleştirilmiştir. Kirişin yüklenmesiyle kelepçede oluşan çekme kuvvetlerinin kiriş alt köşelerinde kabuk betonunu kırarak kelepçelerin etkinliğinin kaybolması bu çelik korniyerlerin yerleştirilmesiyle önlenmiştir.

## 2.3. Malzeme Dayanımları

Deney elemanlarının beton dökümlerinde aynı karışım oranı kullanılmıştır. Deney elemanlarının beton basınç dayanımları  $f_c = 18.3-20.0$  MPa değerleri arasında elde edilmiştir. Deney elemanlarında kullanılan donatıların özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Donatıların mekanik özellikleri

Donatı Çapı $\phi$ (mm)	$f_{sy}$ (MPa)	$f_{su}$ (MPa)	$\epsilon_{su}$	$E_s$ (MPa)
6 (Düz)	276.9	391.7	0.2367	$2.1 \times 10^5$
12 (Düz)	367.0	426.0	0.2482	$2.1 \times 10^5$
10 (Düz)	299.8	448.5	0.3250	$1.9 \times 10^5$
20 (Nervürlü)	517.3	843.1	0.1692	$2.1 \times 10^5$



Şekil 2. Kelepçe detayı ve yerleşim şeması

## 2.4. Deney ve Ölçüm Düzeni

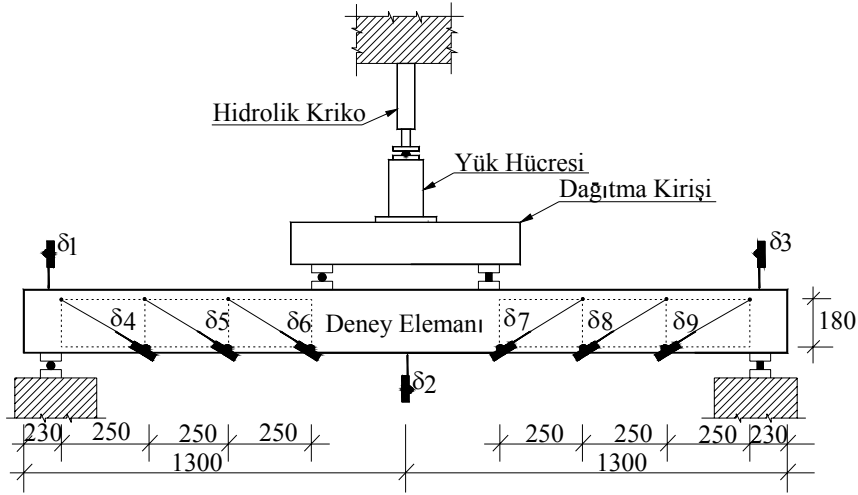
Deney elemanları bilgisayar denetimli yükleme ve ölçüm sistemi kullanılarak test edilmiştir. Deney düzeneği ve ölçüm aletlerinin şematik görünüşü Şekil 3'de verilmiştir. Deneyler yükleme çerçevesi yardımıyla yapılmıştır. Yükleme 200 kN kapasiteli bir hidrolik kriko ile uygulanıp, 300 kN kapasiteli bir yük hücresi ile kontrol edilmiştir. Deney elemanlarında orta nokta deplasmanı ve kesme çatlakları LVDT'ler

(Linear Variable Displacement Transducer) yardımıyla elektronik olarak ölçülmüştür.

## 3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

### 3.1 Deney Elemanlarının Davranışları

Deney elemanlarında ilk çatlak eğilme çatlakları olarak ve sabit moment bölgesinde gelişmiştir. İlerleyen yük



Not: Tüm ölçüler mm'dir

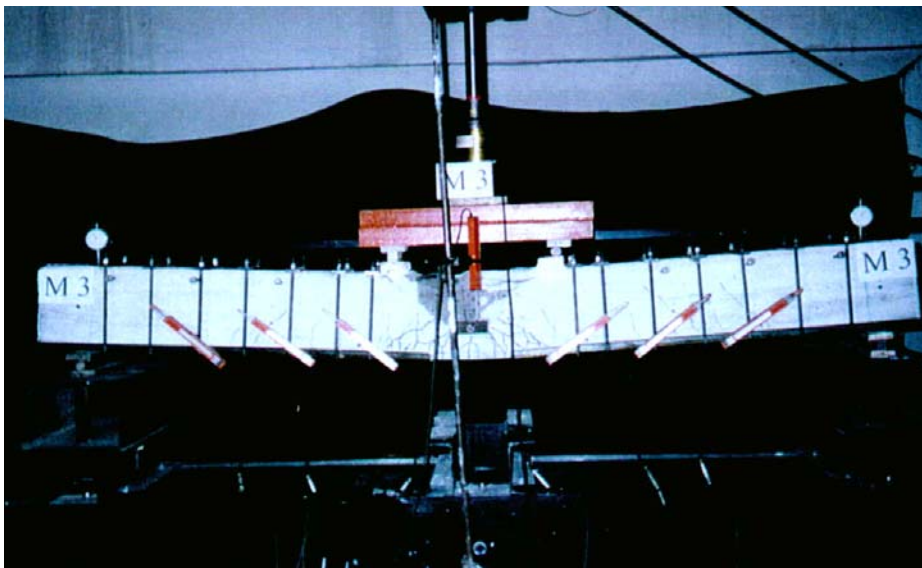
Şekil 3. Deney düzeni ve ölçüm aletlerinin yerleşimi

düzeylerinde, kesme açıklıklarında oluşan eğilme çatlaklarının eğikleşerek yön değiştirdikleri gözlenmiştir. Güçlendirilen deney elemanlarında dıştan yerleştirilen kelepçeler kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol etmişler ve çatlakların kılcal düzeyde kalmasını ve davranışa sünek eğilimin hakim olmasını sağlamışlardır. Kiriş-3 deney elemanının deney sonundaki görünüşü Şekil 4'de verilmiştir.

Çekme donatısının akmasından sonra kirişler önemli oranda deplasman yaparak sünek bir davranış göstermişlerdir. Güçlendirilen Kiriş-2, Kiriş-3 ve Kiriş-4 deney elemanları referans elemanı gibi eğilme bölgesinde beton basınç dayanımı aşılarak kiriş betonu ezilerek göçmüşlerdir. Kiriş-5 elemanı önce akma yükünün yaklaşık %70 düzeyindeki bir yüke kadar yüklenerek elemanda önemli kesme çatlaklarının oluşması sağlanmış ve bu durumda yük boşaltılarak deneyin ilk aşaması sonuçlandırılmıştır. Deney elemanı aynı yöntemle güçlendirilerek tekrar test

edilmiştir. Kiriş-5 deney elemanı da güçlendirilen diğer kirişlere benzer olarak sünek eğilme davranışı sergilemiştir. Kirişin alt köşelerinde bulunan çelik profiller betonun ezilmesini önlemiştir. Böylece kelepçeler gevşemeden elemanların sünek bir davranış sergileyerek taşıma gücüne ulaşana kadar etkili olmuştur. Deney sonuçları Çizelge 3'de özetlenmiştir.

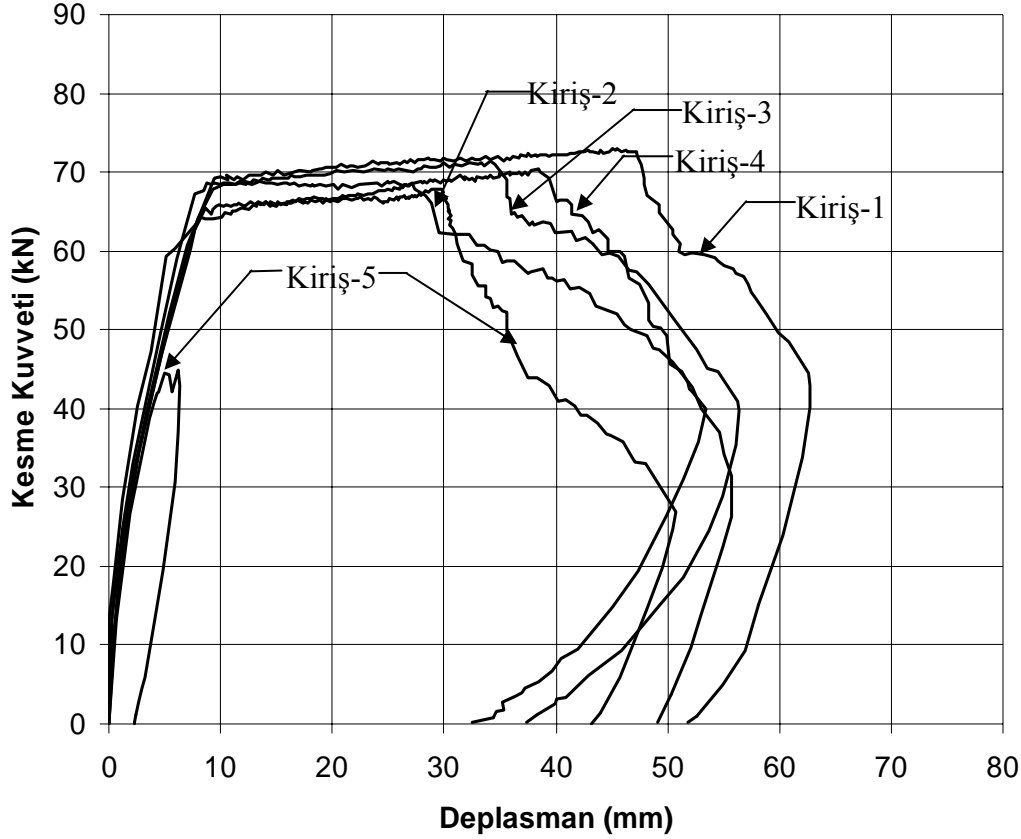
Deney elemanlarının yük - deplasman ilişkileri Şekil 5'de topluca sunulmuştur. Kirişlerin yük-deplasman ilişkilerinden görüleceği gibi güçlendirilen bütün kirişler akma yük düzeyine kadar Kiriş-1 referans elemanına çok yakın bir davranış sergilemişlerdir. Deney elemanlarının çekme donatıları yaklaşık aynı yük düzeyinde akmıştır. Kiriş-2 ve Kiriş-5 deney elemanları diğer elemanlara göre daha az süneklik sergilemiştir. Kiriş-3 ve Kiriş-4 elemanları daha sünek bir davranış sergileyerek göçmeye yaklaşık aynı yük ve deplasman düzeylerinde ulaşmıştır.



Şekil 4. Göçmeden sonra kiriş-3 deney elemanı

Çizelge 3. Deney sonuçları

Deney Elemanı	Akma Yüğü (kN)	Göçme Yüğü (kN)	Akma da Deplasman $\delta_v$ (mm)	Göçme de Deplasman $\delta_u$ (mm)	Ölçülen Rijitlikler (kN/mm)		Süneklik Oranı $\delta_v / \delta_u$
					Akma da	Göçme de	
Kiriş-1	67	72	9.2	48.2	7.28	1.49	5.24
Kiriş-2	68	69	9.8	26.0	6.94	2.65	2.65
Kiriş-3	68	72	8.1	34.6	8.40	2.08	4.27
Kiriş-4	64	70	9.0	39.2	7.11	1.79	4.36
Kiriş-5	66	68	9.1	29.8	7.25	2.28	3.28



Şekil 5. Deney elemanlarının yük - deplasman ilişkileri

### 3.2. Dayanım

Deney elemanlarının hesaplanan eğilme ve kesme dayanımları analitik değerlerle karşılaştırmalı bir biçimde Çizelge 4'de sunulmuştur. Hesaplanan eğilme dayanımları ölçülen dayanım değerleri ile iyi bir uyum göstermektedir.

Güçlendirilen elemanların kesme dayanımları

Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama da 3 farklı yönetmelik kullanılmıştır [8, 9, 10].

$$V_U = V_C + V_S + V_{CL} \quad (1)$$

$V_U$  : Hesaplanan kesme kuvveti

$V_C$  : Betonun taşıdığı kesme kuvveti

$V_S$  : Etriyelerin taşıdığı kesme kuvveti

$V_{CL}$  : Kelepçelerin taşıdığı kesme kuvveti

Çizelge 4. Ölçülen ve hesaplanan maksimum dayanımlar

Deney Elemanı	Eğilme Dayanımı		Kesme Dayanımı			Ölçülen Moment / Hesaplanan Moment	
	Ölçülen Moment (kN-m)	Hesaplanan Moment (kN-m)	Ölçülen Kesme Kuvveti (kN)	Hesaplanan Kesme Kuvveti (kN)			
				TS500	ACI 318	Eurocode 2	
Kiriş-1	64.8	58.8	72	83	79	75	1.10
Kiriş-2	62.1	59.3	69	83	79	75	1.05
Kiriş-3	64.8	59.9	72	84	80	76	1.08
Kiriş-4	63.0	59.1	70	83	79	75	1.06
Kiriş-5	61.2	59.5	68	83	79	76	1.06

TS 500 yönetmeliği kullanılarak hesaplanan kesme dayanımları tüm deney elemanlarında ölçülen değerlerden ortalama %16 daha büyük elde edilmiştir. Ölçülen ve hesaplanan değerler arasındaki en büyük fark %19 ile Kiriş-5 elemanındadır. Eurocode 2 yönetmeliği kullanılarak hesaplanan değerler deney sonuçları ile daha iyi uyum göstermiştir. Yönetmelikle hesaplanan kesme kuvveti değerleri ölçülen değerlerden ortalama %7 daha büyük elde edilmiştir. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasında en büyük fark %11 ile Kiriş-5 deney elemanındadır. Deney sonuçları, güçlendirme amacıyla kullanılan bu kelepçe türünün kiriş davranışı ve dayanımı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Elemanlarda kesme göçmesi biçiminde beklenen davranış kelepçelerle eğilme davranışına dönüştürülmüştür.

### 3.3. Rijitlik

Deney elemanlarının rijitlik değerleri yük deplasman eğrilerinden hesaplanmıştır. Akma ve göçme yükü düzeylerinde hesaplanan rijitlikler Çizelge 3’de verilmiştir. Deney elemanlarının akma yükleri ve bu yükteki deplasmanları birbirlerine yakındır. Elemanların göçme yükü düzeyinde hesaplanan rijitlik değerleri birbirinden farklıdır. Kiriş-1 referans elemanının göçmede ölçülen rijitlik değeri akmada ölçülen değerden %80 küçüktür. Rijitlik azalımı güçlendirilen Kiriş-3 ve Kiriş-4 elemanlarında %75, Kiriş-2 elemanında %62 ve Kiriş-5 elemanlarında %69 olarak elde edilmiştir.

### 3.4. Deplasman Süneklik Oranları

Deney elemanlarının deplasman süneklik oranları Çizelge 3 verilmiştir. Kiriş-2 elemanı 2.65 süneklik oranı ile deneysel programın en düşük süneklik değerine sahiptir. Bu elemanda betonun bölgesel zayıflığının düşük süneklik oranına neden olduğu düşünülmektedir. Kiriş-3 ile Kiriş-4 deney elemanları süneklik oranları 4.27 ve 4.36 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Kiriş-1 referans elemanı süneklik oranından %19 ve %17 daha düşük olmasına rağmen Kiriş-3 ve Kiriş-4 deney elemanları oldukça sünek bir davranış sergilemişlerdir. Kiriş-5 deney elemanı Kiriş-1 referans elemanından %37 daha az süneklik oranına sahiptir.

### 3.5. Enerji Tüketimi

Deney elemanlarının enerji tüketim kapasiteleri yük-deplasman eğrilerinin altında kalan alanların hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Güçlendirilen Kiriş-3 ve Kiriş-4 elemanları referans elemanından sırasıyla %33 ve %31 daha az enerji tüketirken, Kiriş-2 elemanı güçlendirilen modeller içerisinde en az enerji tüketen elemandır. Kiriş-2 elemanı, referans elemanına göre %41 daha az enerji tüketmiştir. Kiriş-5 elemanının tükettiği enerji yaklaşık Kiriş-2 elemanına eşittir.

## 4. SONUÇLAR

Sınırlı sayıda deneylerden elde edilen veriler ışığında oluşan sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- Kesme dayanımı yetersiz kirişlerin eleman dışından yerleştirilen kelepçelerle kesme dayanımı yetersizliğinin giderilmesi yöntemi başarılı bir tekniktir.
- Kesme dayanımı yetersiz kirişlerin kesme kırılması biçiminde beklenen davranışı, kirişin güçlendirilmesiyle birlikte değişim göstererek eleman davranışına sünek eğilme davranışının hakim olması sağlanmaktadır. Kelepçeler kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol ederek çatlakların genişlemesini sınırlamışlardır.
- Güçlendirilen kirişlerin maksimum kesme dayanımları, referans kirişin dayanıma yaklaşmıştır. Kelepçeler kesme gereksinimini başarıyla sağlamıştır.
- Kesme dayanımı yetersizliği nedeniyle hasar almış kirişlerde de kelepçeleme yöntemi başarı göstermiştir.

## KAYNAKLAR

1. Elstner, R.C., Hognestad, E., "Laboratory Investigation of Rigid Frame Failure", **ACI Structural Journal**, V.28, ST.7, pp. 637-667, 1957.
2. Raghuprasad, B.K., Ramakrishna, B., "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, 1986.
3. Teng, S., Kong, F.K., Poh, S.P., Guan, L.W, Tan, K.H., "Performance of Strengthened Concrete Deep Beams Predamaged in Shear", **ACI Structural Journal**, V. 93, No.2, pp. 159-171, March-April 1996.
4. Altın, S., Tankut, T., Anıl, Ö., Demirel, Y., "Response of Reinforced Concrete Beams with Clamps Applied Externally: An Experimental Study", **Elsevier Science, Engineering Structures**, Vol. 25, No. 6, pp. 1217-1229, July 2003.
5. Altın, S., Tankut, T., Demirel, Y., "Betonarme Kirişlerin Kesmeye Karşı Onarımı/Güçlendirilmesi", **Araştırma Projesi**, INTAG-536, TUBİTAK, Ankara 1996.
6. Altın, S., Demirel, Y., "Kesmeye Karşı Güçlendirilen Betonarme Kirişlerin Davranış-a/d=3", **İMO Teknik Dergi**, Cilt 8, No. 3, sf. 1471-1489, 1997.

7. Gökten, Y., “**Kesmeye Karşı Güçlendirilmiş/ Onarılmış Kirişlerin Davranışı**”, Y. Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998.
8. **American Concrete Institute, Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary**, ACI 318-99/R-99, ACI Committee 318, Farmington Hills, MI, USA, 1999.
9. **European Committee for Standardization, Eurocode 2: Design of Concrete Structures Part 1: General Rules and Rules for Buildings prEN 1992-1 (1<sup>st</sup> draft)**, CEN, 1999.
10. **TS500, Türkiyede Yapılan Betonarme Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 2000.

### SEMBOLLER

a	: Yükleme uygulama noktası ile mesnet arasındaki mesafe
$b_w$	: Kiriş genişliği
d	: Kiriş faydalı yüksekliği
$E_s$	: Donatının elastisite modülü
$f_c$	: Beton basınç dayanımı
$f_{sy}$	: Donatının akma dayanımı
$f_{su}$	: Donatının kopma dayanımı
M	: Kirişe uygulanan moment
V	: Kirişe uygulanan kesme kuvveti
$V_U$	: Kesme kuvveti kapasitesi
$V_{U(Kiriş-1)}$	: Kiriş-1 elemanı kesme kuvveti kapasitesi
$\delta_y$	: Akmada deplasman
$\delta_U$	: Göçmede deplasman
$\epsilon_{su}$	: Donatının kopma birim şekil değiştirmesi
$\rho$	: Kiriş boyuna donatı oranı
$\rho_S$	: Etriye donatı oranı
$\rho_{CL}$	: Kelepçe donatı oranı