



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 4, Article Number: 1A0116

ENGINEERING SCIENCES

Received: August 2010

Accepted: Semtember 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Melda Alkan Çakıroğlu

Serdal Terzi

Suleyman Demirel University

serdalt@gmail.com

Isparta-Turkey

BETONARME KİRİŞLERİN MANTOLAMA SİSTEMİ İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

ÖZET

Hasar gören taşıyıcı sistem elemanların onarım/güçlendirilmesinde çeşitli yöntem ve teknikler uygulanmaktadır. Taşıyıcı sistemin bir parçası olan betonarme kirişler çeşitli sebeplerden dolayı onarım veya güçlendirmeye gereksinim duyarlar. Bu makale onarım ve güçlendirme çalışmalarında sıkça kullanılan mantolama tekniğinin kiriş elemanların dayanım ve davranış performanslarına yönelik etkilerinin değerlendirilmesi üzerine deneysel bir çalışmayı kapsamaktadır. Bu amaçla; 300 cm uzunluğunda 10 x 20 cm kesitlerinde, iki seri halinde ve her bir seri de üç adet olmak üzere toplam altı adet kiriş modeli üretilmiştir. Üretilen bu kirişler 28 gün kür şartlarında bekletilmiştir. Her bir serideki kirişlerin birer adedi referans olarak alınmıştır. Geri kalan kirişlerin bir adedi 5 cm ve 1 adedi de 7 cm kalınlığında dört tarafından manto betonu ile güçlendirilmiştir. Güçlendirilmiş kirişlerin davranış ve dayanım üzerindeki etkileri incelenerek yük-deplasman, moment-eğrilik ilişkisi, sünekliği ve enerji yutma kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kirişlerde mantolamanın etkili olduğu statik yükleme altında başarılı bir davranış ve süneklik sergilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mantolama, Güçlendirme, Betonarme Kiriş, Yük-Yer Değiştirme, Moment-Eğrilik

STRENGTHENING WITH JACKETED SYSTEM OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

ABSTRACT

Various methods and techniques are applied during conveyor system components are repaired/ strengthened. Reinforced concrete beams which are parts of the conveyor system need renovation or strengthening for various reasons. This article is comprised a experimental work which evaluates the impacts of the performances of beam elements' resistance and attitude while we use jacketing tecnique which is often used in renovation and strengthening. By his aim, 10 x 20 cm section of 300 cm in length, in two series and each series have three models in total six beams are produced. These beams are produced has been waited for 28 days in curing conditions. Each one of the beams in this series were taken as reference number. The rest of the beams and a quantity of 5 cm by 1 the number of four 7 cm thick with a reinforced concrete jacket. By review impact on the effects on behavior and resistance of reinforced beams was examined, were compared load-displacement and moment-curvature relationship, ductility, energy absorption capacity. as a result of experiments on beams to be effective jacket under static loading has been observed to exhibit good behavior and ductility.

Keywords: Jacketing, Strengthening, Reinforced Concrete Beams, Load-Displacement, Moment-Curve

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Betonarme kiriş elemanların onarım/güçlendirilmesinde farklı yöntemler uygulanmaktadır. Taşıyıcı sistemin güçlendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de mantolama tekniğidir. Bu yöntem kısaca; mevcut elemanın çevresine, içinde yeni boyuna ve enine donatı bulunan betonarme bir tabaka eklenerek eleman kesitinin büyütülmesi olarak ifade edilebilir.

Mantolama yöntemi ile ilgili bugüne kadar birçok araştırma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, kiriş kesitinin alt ve üst yüzüne boyuna donatı ve beton ilavesi ile yeni bir beton katmanı oluşturulmuş ve yeni beton katmanına yerleştirilen boyuna donatılar mevcutlarına Z şekilli çubuklar ile bağlanmıştır. Kirişler tersinir yükler altında deneye tabi tutulmuştur. Deneysel kirişlerin davranış ve dayanımları, onarım sonrası kesite benzer monolitik kirişlerin aynı yükler altındaki davranış ve dayanımları ile karşılaştırmıştır [1]. Diğer bir çalışmada ise, 1995'deki Hyogoken-Nanbu Depreminde ağır hasar görmüş büyük bir mağazanın kirişlerinin güçlendirilmesinde kat döşemelerindeki delinmiş deliklerden etriyeler sokularak yeni bir beton tabakasıyla mantolama yapılmıştır [2].

Deprem sonrası güçlendirilmiş betonarme kiriş elemanların taşıma gücü performanslarının deneysel olarak incelenmesine yönelik bir çalışmada, kiriş elemanları 200 cm uzunluğunda 15 x 15 cm, 20 x 15 cm ve 20 x 20 cm kesitlerinde toplam 9 adet imal edilmiştir. Bu kirişler maksimum hasar seviyesine kadar yüklenerek hasar verilmiştir. Hasarlı betonarme kirişler pas payları alındıktan sonra çekme kırılması oluşacak şekilde dizayn edilerek mantolanmıştır. Çalışmada mevcut donatılar ile mantolu kesit donatıları Z demirleri ile birbirine bağlanmıştır. Betonarme kirişler için 10 cm kalınlığında manto betonu imal edilmiştir. Mevcut ve mantolu betonarme kirişlerin deneysel taşıma gücü değerleri ile teorik taşıma gücü değerleri arasında artı bir kapasite bulunmuştur [3].

Bu çalışmada ise mevcut kiriş numunenin çevresine ilave boyuna donatı ve enine sargı donatısı konularak kiriş kesitinin büyütülmesi esasına dayanan mantolama yönteminin; kirişlerde davranış ve dayanımı nasıl etkilediği ve aynı boyut ve donatıya sahip fakat mantolama ile güçlendirilmemiş kirişlerle arasındaki farkların kıyaslanmasına çalışılmıştır. Doktora çalışmasından yararlanılarak yapılan deneysel çalışma da bu amaç doğrultusunda iki seri halinde olmak üzere toplam da altı adet betonarme kiriş numune üretilmiştir [4]. Deneysel çalışma ikisi referans, ikisi 5 cm, ikisi 7 cm dört taraftan manto betonu ile güçlendirilmiş toplam altı adet kiriş numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamındaki tüm kiriş elemanları eğilme deneyine tabi tutulmuş ve elde edilen deneysel veriler doğrultusunda kiriş elemanların yük taşıma kapasiteleri, yük-deplasman eğrileri, moment-eğrilik, enerji yutma kapasitesi gibi davranış belirleyici değişkenleri incelenmiştir. Bulunan sonuçlar, kiriş elemanların yalın ve mantolama uygulaması yapılmış haldeki davranış ve sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

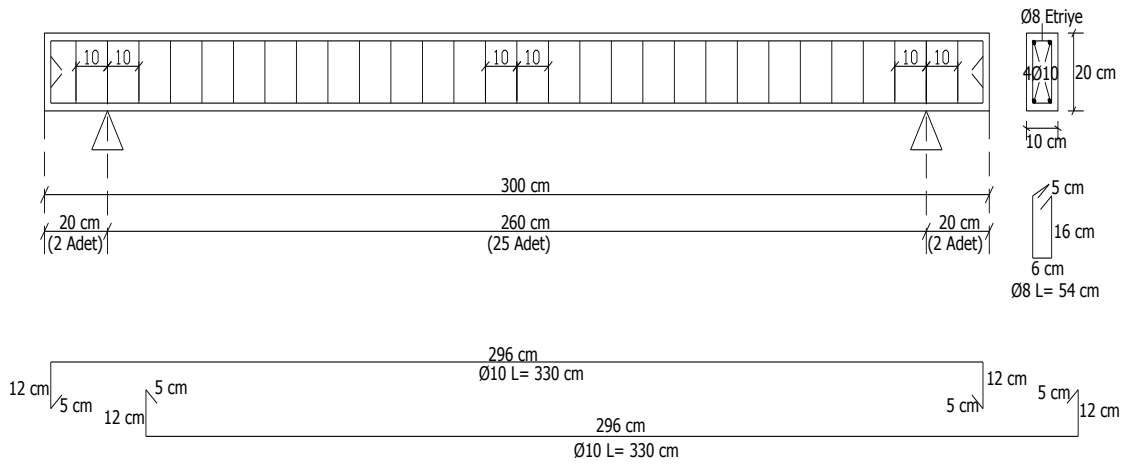
Onarım/güçlendirme konusunda yeni yöntemler geliştirilmekte ve yeni yaklaşımlar ortaya konmakta olup, bunlarda sürekli gelişme göstermektedir. Yapıların güvenli bir şekilde güçlendirilmesi için malzeme ve yapı elemanı davranışı üzerine mümkün olduğunca çok bilgiye ihtiyaç vardır. Bu bilgilerde yapılarda hesap ve yapım hatalarının deprem etkileri altında ortaya çıkan davranışlarından veya malzeme, yapı elemanı modellerinin laboratuvar koşullarında deneysel olarak araştırılmasından elde edilebilmektedir. Bu nedenle deneysel çalışmalardan elde edilecek davranış belirleyici bilgiler oldukça önemlidir. Bu çalışmada da kiriş numuneler mantolama yöntemi ile güçlendirilmiş ve aynı boyut ve donatıya

sahip fakat mantolama ile güçlendirilmemiş kirişler karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda kiriş elemanların dayanım ve davranışları belirlenmeye çalışılmıştır.

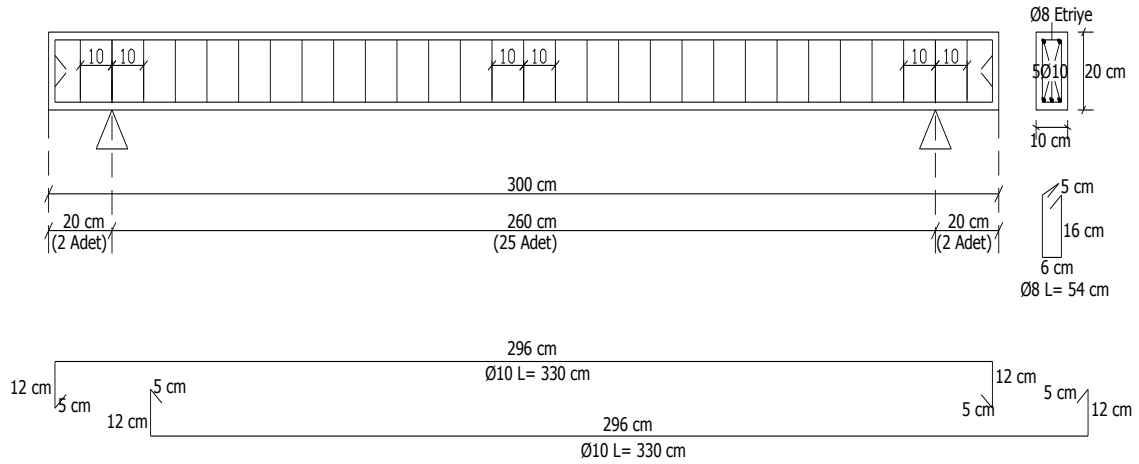
3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

3.1. Deneysel Kirişleri (Test Beams)

Çalışmada kullanılan her iki serideki kiriş numuneleri laboratuvar ortamına uygun olacak şekilde yaklaşık 1/2 oranında küçültülmüş olup denge altı donatı olacak şekilde tasarlanmıştır. Birinci serideki kirişler 10 x 20 cm dikdörtgen kesitinde olup üstte ve altta 2 $\phi 10$ boyuna donatı ve $\phi 8/10$ luk etriye ile donatılmıştır (Şekil 1). İkinci serideki kirişler; yine 10 x 20 cm dikdörtgen kesitinde olup üstte 2 $\phi 10$ altta 3 $\phi 10$ boyuna donatı ve $\phi 8/10$ luk etriye ile üretilmiştir (Şekil 2). Her serideki kiriş numunelerinin birer adedi referans kiriş olarak alınmıştır.



Şekil 1. Kiriş numunesinin genel görünümü (2 $\phi 10$)
(Figure 1. View general of the sample beams (2 $\phi 10$))



Şekil 2. Kiriş numunesinin genel görünümü (3 $\phi 10$)
(Figure 2. View general of the sample beams (3 $\phi 10$))

Deneysel çalışmada kiriş numunelerine verilen isimler ve numunelerin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Kirişlerin üretilmesinde hazır beton C 20 betonu kullanılmış ve bir seferde dökülmüştür.

Tablo 1. Çalışma kapsamındaki kiriş numunelerin özellikleri
(Table 1. Properties beam of samples in scope of study)

Numune Adı	Açıklama	Donatı			Kesit (cm)	Boy (cm)	Beton Sınıfı	ρ'	ρ
4K0	Yalın kiriş numunesi	2	ϕ	10	10 x 20	300	28	0,00872	0,00872
4K1M1-5	5 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi				20 x 30		28	0,00571	0,00571
4K2M2-7	7 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi				24 x 34		28	0,00415	0,00415
5K0	Yalın kiriş numunesi	3	ϕ	10	10 x 20	300	28	0,00872	0,01308
5K1M1-5	5 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi				20 x 30		28	0,00571	0,00856
5K2M2-7	7 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi				24 x 34		28	0,00415	0,00623

3.2. Kiriş Numunelerin Mantolanması (Sample of beams jacketed)

Mantolama tekniğinde en önemli nokta eski ve yeni betonun birlikte çalışmasının sağlanmasıdır. Bu nedenle kiriş numunelerinde mantolama işlemine geçmeden önce kiriş yüzeyleri boyuna donatıların sınırladığı yüzeye kadar kazınmış ve yüzeyler su ile yıkanmış her türlü toz ve taş parçacıkları temizlenerek ve mantolamaya hazır hale getirilmiştir. Yalın ve mantolu kiriş numunelerinin kesitleri ile ilgili parametreler Tablo 2'de sunulmuştur. Genel görünümü Şekil 3'de verilen betonarme kiriş numuneleri dört tarafından 5 cm ve 7 cm kalınlıkta manto betonu ile kaplanmıştır.

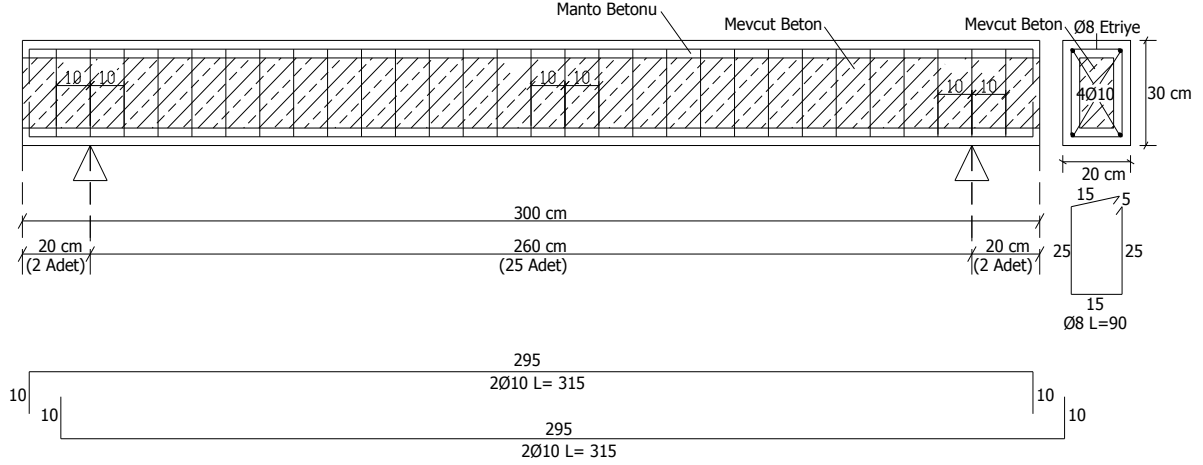
Tablo 2. Mantolanan kiriş numunelerinin özellikleri
(Table 2. Sample of beam jacketed of the properties)

Numune No	Yalın Kesit (mm)	Yalın b/a	Manto Kesit (mm)	Manto b/a	Kesit Şekli	A_j (mm ²)	A_c (mm ²)	A_{sc}	A_{sj}	A_{wc}	A_{wj}
1	100x200	2	200x300	1.5	Dikdörtgen	60000	20000	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8/10	ϕ 8/10
2	100x200	2	200x300	1.5	Dikdörtgen	60000	20000	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8/10	ϕ 8/10
3	100x200	2	240x340	1.42	Dikdörtgen	81600	20000	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8/10	ϕ 8/10
4	100x200	2	240x340	1.42	Dikdörtgen	81600	20000	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8/10	ϕ 8/10

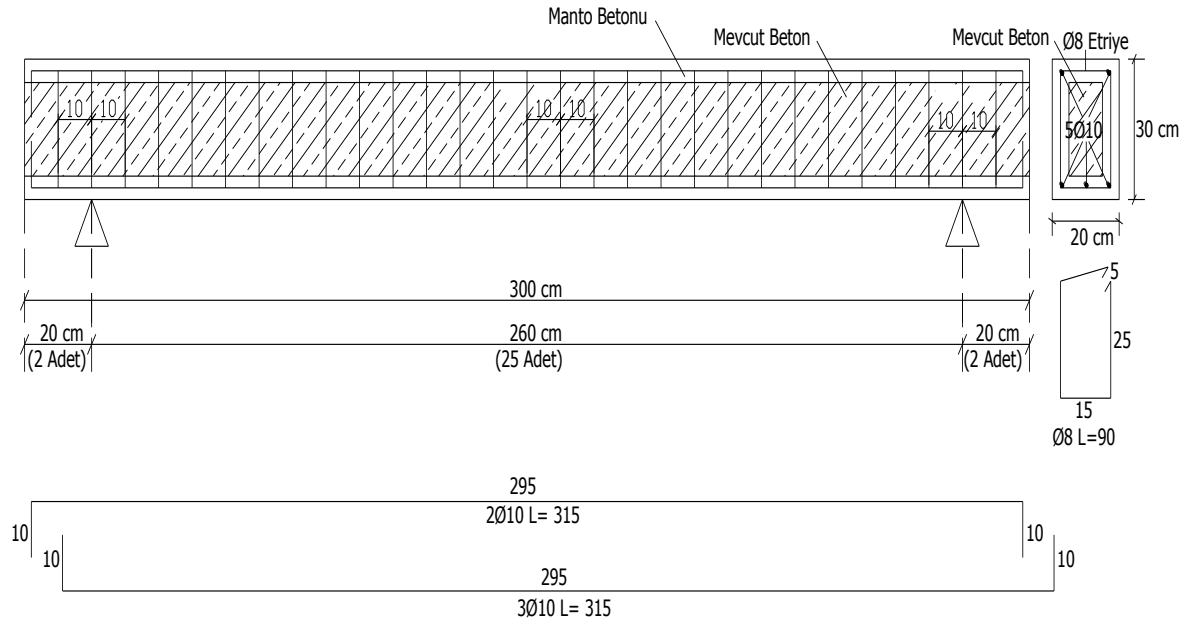


Şekil 3. Mantolanan kiriş numunesinin genel görünümü (2 ϕ 10 - 3 ϕ 10)
(Figure 3. View general of the beam samples jacketed (2 ϕ 10 - 3 ϕ 10))

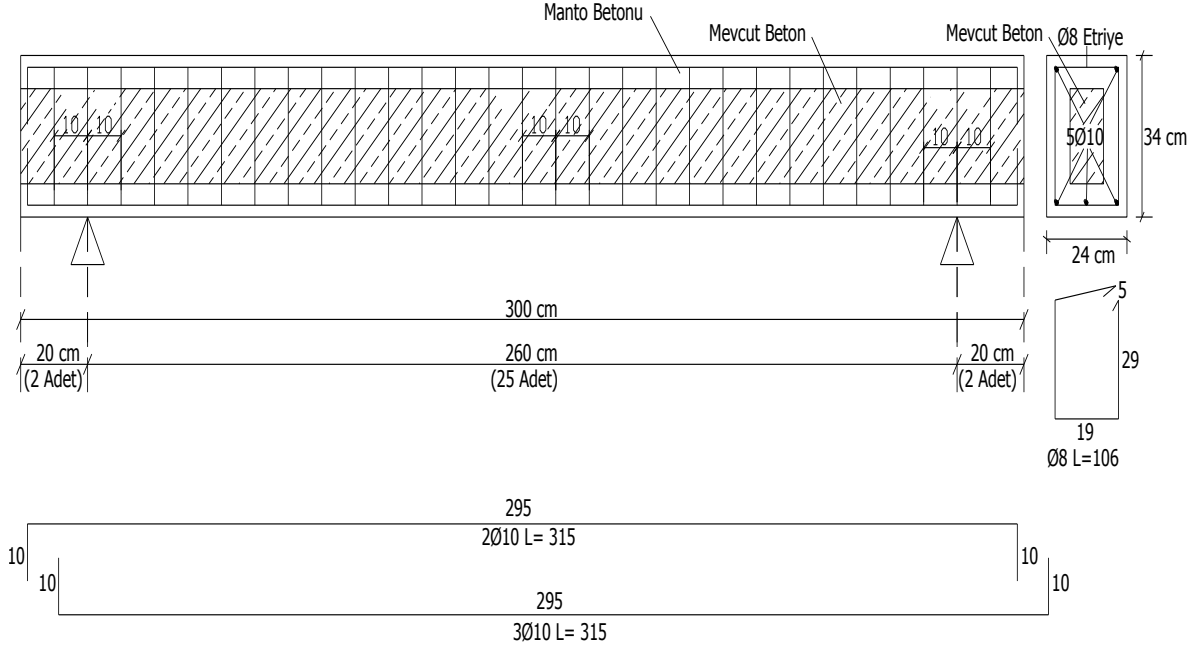
Yalın kiriş numunelerinde olduğu gibi manto donatısının da dengeli donatı altında kalacak şekilde hesaplanarak sünek davranışın elde edilmesi sağlanmıştır. Mantolanmış kiriş numunelerinin donatıları ve etriye açılımları Şekil 4 ve Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterildiği gibidir.



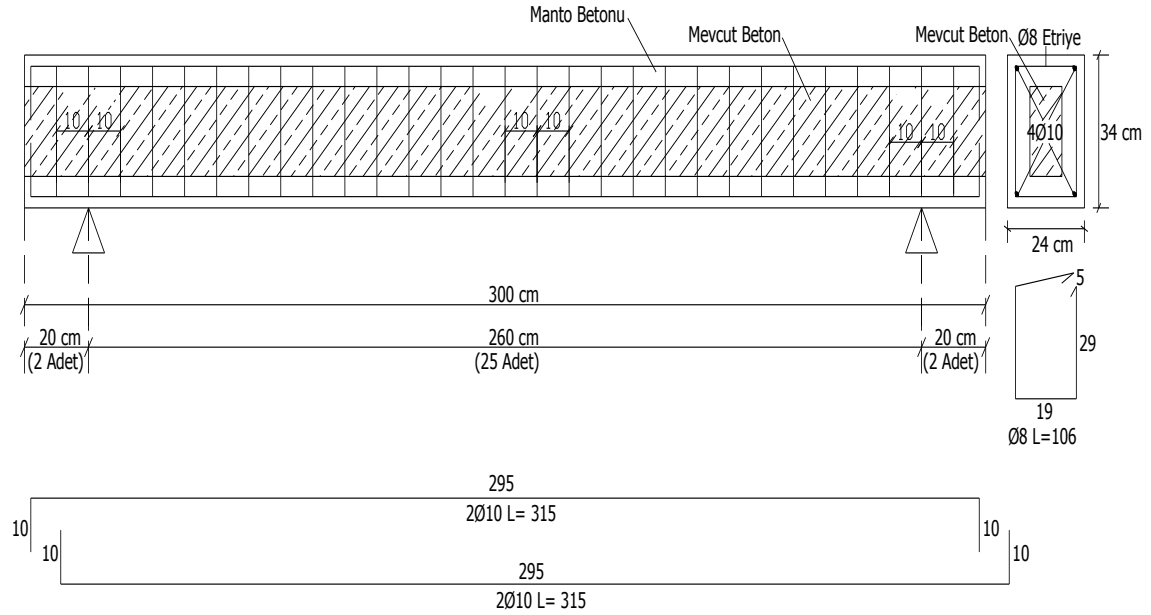
Şekil 4. 5 cm Mantolanan kiriş numunesinin donatısı ve etriye açılımı
($2\phi 10$)
(Figure 4. 5 cm Expansion binder and reinforcement of the sample of beam
jacketed ($2\phi 10$))



Şekil 5. 5 cm Mantolanan kiriş numunesinin donatı ve etriye açılımı
($3\phi 10$)
(Figure 5. 5 cm Expansion binder and reinforcement of the sample of beam
jacketed ($3\phi 10$))



Şekil 6. 7 cm Mantolanan kiriş numunesinin donatısı ve etriye açılımı (2φ10)
(Figure 6. 7 cm Expansion binder and reinforcement of the sample of beam jacketed (2φ10))



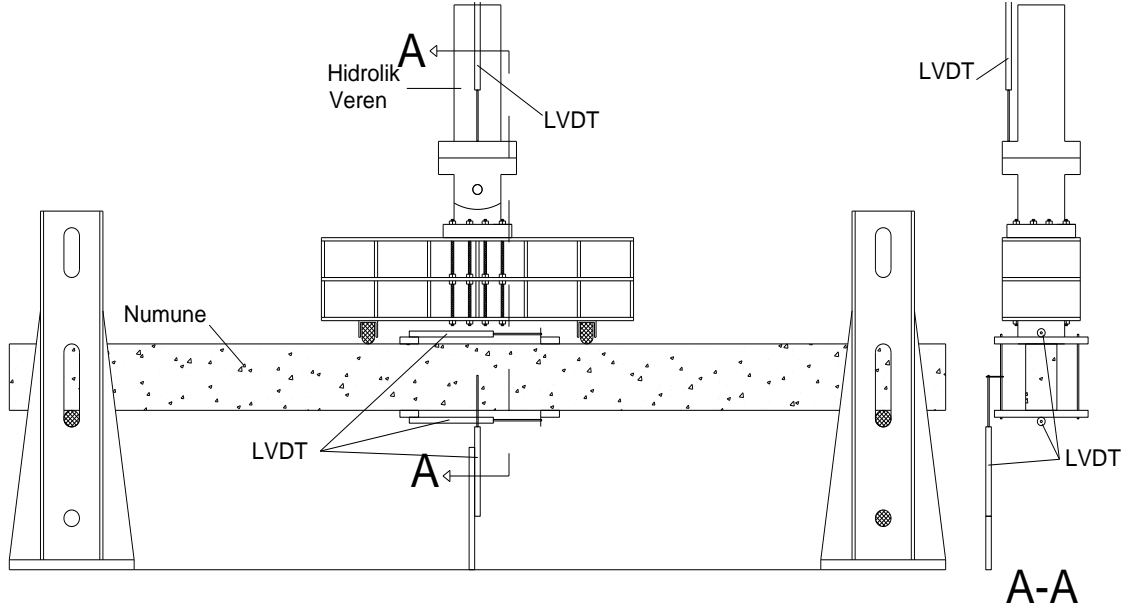
Şekil 7. 7 cm Mantolanan kiriş numunesinin donatısı ve etriye açılımı (3φ10)
(Figure 7. 7 cm Expansion binder and reinforcement of the sample of beam jacketed (3φ10))

Kiriş numunelerinin manto betonunun hazırlanmasında hazır beton kullanılmış ve bir seferde dökülmüştür. Numunelerde kullanılan beton sınıfı C 25 dir. Boşluksuz bir yerleşim sağlamak amacıyla maksimum agrega dane çapı 16 mm olarak düşünülmüştür. Kiriş numuneler laboratuvar ortamında kalıplarında bekletilmişler ve 28 gün boyunca günde 3 defa ıslak küre tabii tutulmuştur.

3.3. Yükleme ve Ölçüm Düzenliği (Loading and measurement setup)

Deneilerin tamamı laboratuvar ortamında, bilgisayar kontrollü yükleme sistemi ile yapılmıştır. Yüklemenin yapıldığı deney düzeni kapalı bir çerçeveden oluşmaktadır. Deneyde kiriş numuneler iki kenarından deney düzenine basit mesnetli olarak bağlanarak, yatay konumda statik yükleme şeklinde yapılmıştır.

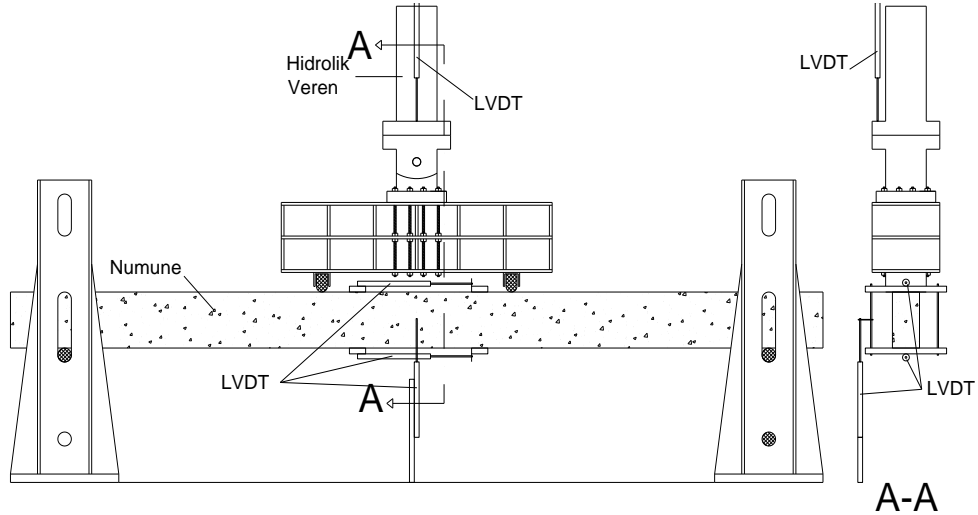
Kiriş numunelerinin eğilme etkisi altındaki davranışını inceleyebilmek için kesme kuvvetlerinin sıfır ve yüklemenin her adımında sabit moment bölgesine sahip bir ölçüm bölgesi oluşturulmuştur. Tüm kiriş numunelerin deney bölgesi olan orta bölgesinde yerleştirme ölçümlerin yapılacağı bir yükleme açıklığı bırakılmıştır. Tüm kiriş numunelerine deney boyunca bir yükleme kirişi vasıtasıyla iki noktadan tekil yük olarak yük etkilenmiş ve bu yükleme altında düşey konumdaki hidrolik verenerle kiriş numunelere yerdeştirmeler uygulanmıştır. Yalın kiriş numunelerin deney düzeninde iki tekil yük noktası arasında elde edilen sabit moment bölgesine çeşitli yön ve doğrultudaki yerdeştirme ölçümleri için LVDT yerleştirilmiş ve her LVDT'ye numara verilmiştir. Şekil 8'de yalın kiriş numunesine yerleştirilen yerdeştirmelerin bağlantı şekilleri görülmektedir.



Şekil 8. Yalın kiriş numunesine yerleştirilen yerdeştirme ölçerlerin bağlantı durumları

(Figure 8. Sample beams on placed of the link state of displacement)

Mantolama yapılan kiriş numunelerine ise çeşitli yön ve doğrultuda LVDT ve "Displacement Transducer" (Potansiyometrik pozisyon algılayıcı) kullanılmış ve hem yük hem de yerdeştirme ölçümleri bilgisayara aktarılarak numunelerdeki yerdeştirme ve yükün değişimi bilgisayar ekranından grafik olarak izlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Mantolanan kiriş numunesine yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerlerin bağlantı şekli
(Figure 9. Sample beams Jacketed on placed of the link state of displacement)

Şekil 10'da ise mantolanmış kiriş numunelerinin deneye başlamadan önce bağlantıları tamamlanmış olan yerdeğiştirme ölçüm cihazlarını gösteren deney fotoğrafı verilmiştir.

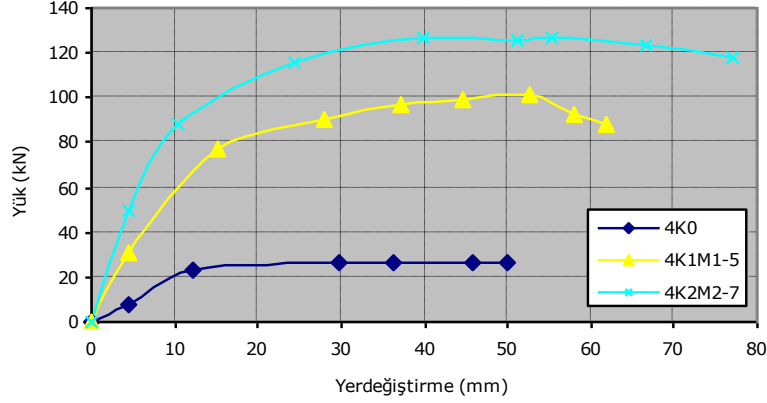


Şekil 10. Mantolanan kiriş numunelerinin deney başlamadan önceki son hali
(Figure 10. Manipulative final before the start of the experiment of the jacketed beam sample)

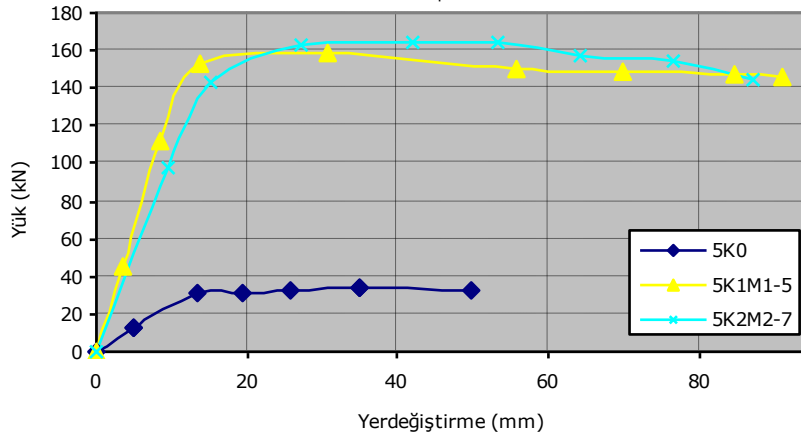
Yalın kiriş numunelerde veri toplama işlemi iki ayrı ünite üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi yükleme ve yerdeğiştirmeleri toplayan DARTEC cihazına bağlı veri toplama ünitesi, ikincisi de numune üzerinde meydana gelen anlık yerdeğiştirmelerin değişimlerini kaydeden ADU ünitesidir. Alınan verileri eş zamanlı hale getirebilmek, deneyden sonra numune üzerindeki hangi yerdeğiştirmenin hangi yük değerine karşılık geldiğini belirleyebilmek için, ADU cihazına bağlanan yerdeğiştirme ölçerlerden bir tanesi deney sırasında hidrolik veren başlığına monte edilmiştir. Manto uygulamasıyla güçlendirilen kiriş numunelerde %0.1 doğrulukla ölçen her biri sekiz kanallı iki adet veri toplama şasesi kullanılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF TEST RESULTS)

Yalın ve mantolanan kirişlerin numunelerin deneysel verilerinden elde edilerek çizilen yük-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmiştir. Eğrilerin akma noktası, tepe noktası ve göçme noktaları Tablo 3 ve 4’de sunulmuştur.

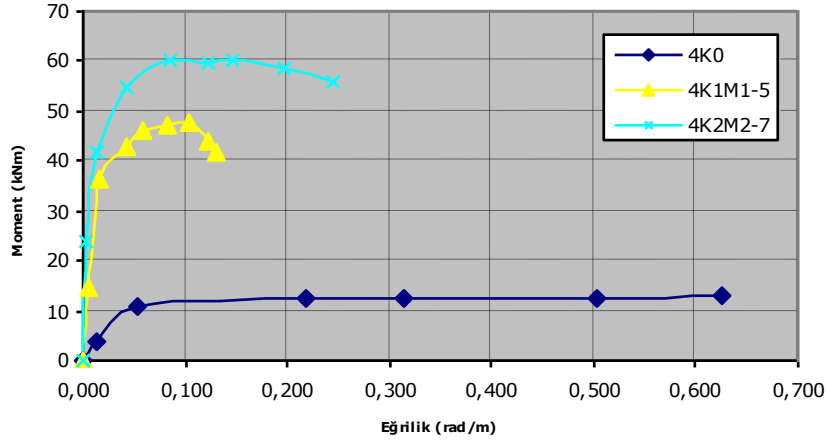


Şekil 11. Yalın- mantolanan kirişlerin yük-yer değiştirme eğrisi (2φ10)
(Figure 11. Simple- jacketed beams sample is load-displacement of curve (2φ10))

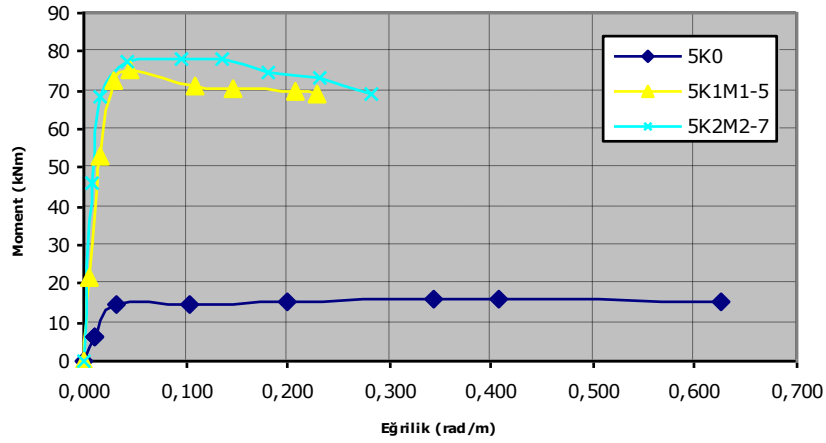


Şekil 12. Yalın- mantolanan kirişlerin yük-yer değiştirme eğrisi (3φ10)
(Figure 12. Simple- jacketed beams sample is load-displacement of curve (3φ10))

Mantolanan kiriş numunelerinin yük-yerdeğiştirme eğrileri incelendiğinde manto kalınlığı ve donatı miktarı arttıkça yük taşıma kapasitesinin arttığı gözlenmiştir. Kiriş numunelerinin moment-eğrilik ilişkileri incelendiğinde; çekme donatısı arttığında taşıma gücü momenti artmaktadır. Ancak çekme donatısının artması ile güç tükenmesi eğriliği ve sünekliği azalmaktadır (Şekil 13 ve 14).



Şekil 13. Yalın- mantolanmış kirişlerin moment-eğrilik eğrisi (2φ10)
(Figure 13. Simple- jacketed beams sample is moment-curvature of curve (2φ10))



Şekil 14. Yalın- mantolanmış kirişlerin moment-eğrilik eğrisi (3φ10)
(Figure 14. Simple- jacketed beams sample is moment-curvature of curve (3φ10))

Tablo 3. Kiriş numunelerin dayanım ve yerdeğiştirme özellikleri (2φ10)
(Table 3. Strength and displacement characteristics of the sample beams (2φ10))

Kiriş numunesi	Dayanım ve Yerdeğiştirme						Oranlama	
	Akma noktası		Tepe noktası		Göçme Noktası		P _u /P _y	δ _u /δ _{c_y}
	P _y (kN)	δ _{c_y} (mm)	P _o (kN)	δ _{c_o} (mm)	P _u (kN)	δ _u (mm)		
4K0	23,148	12,245	26,951	49,942	26,951	49,942	1,164	4,079
4K1M1-5	76,669	15,299	100,933	52,519	88,415	61,737	1,153	4,035
4K2M2-7	88,115	10,515	126,578	39,761	117,626	77,109	1,335	7,333

Tablo 4. Kiriş numunelerin dayanım ve yerdeğiştirme özellikleri (3φ10)
(Table 4. Strength and displacement characteristics of the sample beams (3φ10))

Kiriş numunesi	Dayanım ve Yerdeğiştirme						Oranlama	
	Akma noktası		Tepe noktası		Göçme Noktası		P _u / P _y	δ _u /δ _{c_y}
	P _y (kN)	δ _{c_y} (mm)	P _o (kN)	δ _{c_o} (mm)	P _u (kN)	δ _u (mm)		
5K0	30,733	13,571	33,550	34,949	32,877	49,918	1,070	3,678
5K1M1-5	153,156	13,820	158,064	30,563	145,789	91,045	0,952	6,588
5K2M2-7	143,256	15,264	163,795	41,871	145,263	87,282	1,010	5,718

Yalın, 5 cm ve 7 cm mantolama ile güçlendirilmiş kiriş numunelerin kuramsal olarak hesaplanmış taşıma güçleri ($P_{kuramsal}$) ile deneysel olarak elde edilen taşıma güçleri (P_{deney}) Tablo 5. ve 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Kiriş numunelerin kuramsal ve deneysel olarak elde edilen yükü
($2\phi 10$)

(Table 5. Load theoretical and experimental obtained samples as beams
($2\phi 10$))

Numune	$P_{kuramsal}$ (kN)	$P_{deneysel}$ (kN)	$P_{deneysel} / P_{kuramsal}$
4K0	29,187	26,951	0,923
4K1M1-5	79,948	100,933	1,262
4K2M2-7	86,850	126,578	1,583

Tablo 6. Kiriş numunelerin kuramsal ve deneysel olarak elde edilen yükü
($3\phi 10$)

(Table 6. Load theoretical and experimental obtained samples as beams
($3\phi 10$))

Numune	$P_{kuramsal}$ (kN)	$P_{deneysel}$ (kN)	$P_{deneysel} / P_{kuramsal}$
5K0	37,586	33,550	0,893
5K1M1-5	121,100	158,064	1,305
5K2M2-7	144,521	163,795	1,133

Kiriş numunelerin dayanım, enerji tüketimi ve süneklik parametreleri göz önüne alınarak elde edilen değerler Tablo 7 ve Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 7. Yalın ve mantolanmış kiriş numunelerin karşılaştırılması ($2\phi 10$)
(Table 7. Sample of beam jacketed and simple is comparison ($2\phi 10$))

Deney Elemanı	Karşılaştırma (%)		
	Dayanım	Enerji Tüketimi	Süneklik
4K0	21	18	23
4K1M1-5	80	100	45
4K2M2-7	100	81	100

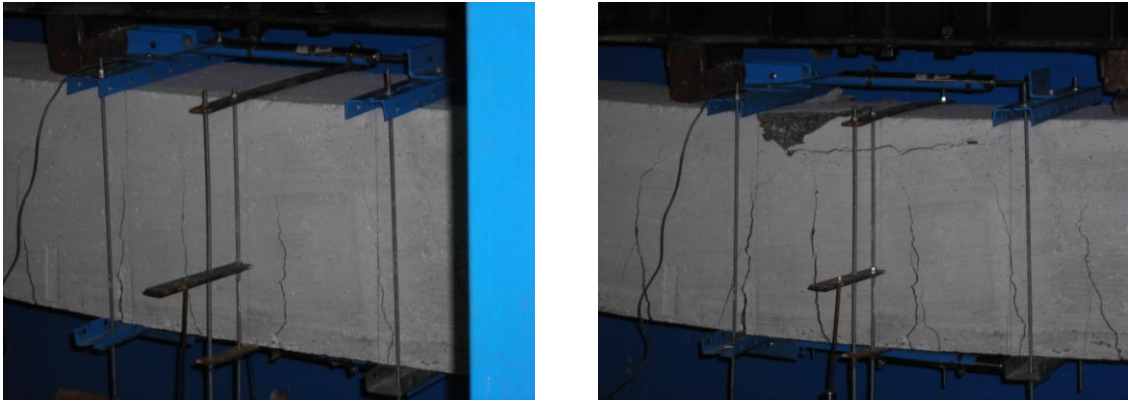
Tablo 8. Yalın ve mantolanmış kiriş numunelerin karşılaştırılması ($3\phi 10$)
(Table 8. Sample of beam jacketed and simple is comparison ($3\phi 10$))

Deney Elemanı	Karşılaştırma (%)		
	Dayanım	Enerji Tüketimi	Süneklik
5K0	20	12	24
5K1M1-5	97	89	45
5K2M2-7	100	100	100

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde; 5 cm mantolama uygulaması ile güçlendirilmiş kiriş numunenin (4K1M1-5), 7 cm mantolama uygulamasıyla güçlendirilmiş kiriş numune (4K2M2-7) dayanımının %80'ine ulaştığı görülmektedir. Tablo 8'e bakıldığında ise 5 cm mantolama uygulaması ile güçlendirilmiş kiriş numunesinin (5K1M1-5), 7 cm mantolama uygulamasıyla güçlendirilmiş kiriş numune (5K2M2-7) dayanımının %97'sine ulaştığı gözlenmektedir.

Yalın ve mantolanmış kiriş numuneler enerji tüketimi bakımından karşılaştırıldığında; yalın kiriş numunesi (4K0) enerji tüketme kapasitesi, 5 cm mantolama uygulanmış kiriş numunesinin (4K1M1-5) ancak %18'ine ulaştığı görülmektedir. Diğer deney grubunda ise yalın kiriş numunesinin (5K0) enerji tüketme kapasitesi, 7 cm mantolama uygulanmış kiriş numunesinin (4K2M2-7) %12'sine ulaşabildiği görülmektedir. 7 cm Mantolanan kiriş numunesi (4K2M2-7) enerji tüketme kapasitesi, 5 cm mantolanan kiriş numunesinin (4 K1M1-5) %81'ine ulaştığı görülmektedir. Diğer deney grubunda ise bu durum 5 cm mantolanan kiriş numunesi (5K1M1-5), 7 cm mantolanan kiriş numunesi (5K2M2-7) enerji tüketme kapasitesinin

%89'u olarak görülmektedir. Tablolardan de görüldüğü gibi mantolanan kiriş numunelerinin enerji tüketme kapasiteleri ile süneklikleri beklenildiği gibi yalın kiriş numunelerden oldukça yüksek çıkmıştır. Yalın kiriş numunesi (4K0) sünekliği, 7 cm mantolama uygulanmış kiriş numunesinin (4K2M2-7) %23'üne ulaşırken, yalın kiriş numunesi (5K0) sünekliği, 7 cm mantolanmış kiriş numunesinin (5K2M2-7) %24'üne ulaştığı görülmektedir. Deneysel çalışmadaki kirişlerin hasar durumuna bakıldığında; kirişlerde oluşan çatlakların sayısı fazla ve genişliği az olmuştur. Ayrıca kiriş numunelerinin ölçüm bölgesinde eğilme çatlakları meydana geldiği sadece iki numunede deney bölgesi dışında, oldukça ince ve zayıf bir çatlak oluşmuş bunun aşırı eğilme yüklemesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Mesnetlere yakın bölgelerde ise çatlak oluşumu görülmemiştir. Bu durumda sabit moment bölgesinin sağlıklı bir biçimde oluşturulduğu ve bu bölgede kesme kuvvetlerinin ve buna bağlı olarak kesme çatlaklarının oluşmadığını göstermektedir. Basit eğilme etkisi altında yüklenen mantolanmış kiriş numuneleri üzerinde oluşan çatlak şekillerinin görünümü Şekil 15'de sunulmuştur.



Şekil 15. Mantolanmış kiriş numunesinde oluşan çatlakların görünümü
(Figure 15. Create the appearance of cracks in the jacketed of the beam samples)

5. SONUÇ (RESULT)

Hasarsız betonarme kiriş elemanların uygun yüzey hazırlığından sonra ilave donatı ve dört tarafından manto betonu ile kaplanması olan mantolama yöntemiyle güçlendirilmesini inceleyen bu çalışmada başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir. Aşağıda sunulan sonuçların sınırlı sayıda deneysel veriye dayandığı unutulmamalıdır. Mantolama yöntemi ile güçlendirilmiş kiriş numunelerinin davranış özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi amacıyla yapılan çalışmadan elde edilen verilerin ışığı altında ve yukarıda yapılan karşılaştırmalar sonucunda şu ana sonuçlara varılmıştır.

- 5 cm ve 7 cm mantolama uygulanan kiriş numunelerinin dayanımlarına bakıldığında yalın kirişlerin dayanımına nazaran belirgin bir fark göze çarpmaktadır.
- Enerji tüketimi açısından bakıldığında; mantolama yapılmış kiriş numunelerinin enerji tüketimlerinin çalışma kapsamındaki yalın kiriş numunelere göre yüksek çıktığı görülmektedir. Yalın kirişlerin beklenildiği gibi düşük süneklik ve enerji yuttuğu görülmüştür. Manto uygulaması yapılmış kiriş numunelerinde ise manto kalınlığı arttıkça sünekliğin arttığı, çekme donatısı miktarı arttığında da enerji yutma kapasitesinin arttığı ancak sünekliğin bir miktar azaldığı görülmüştür.
- Deneysel çalışmadaki kirişlerin hasar durumuna bakıldığında; kirişlerde oluşan çatlakların sayısı fazla ve genişliği az olmuştur. Mesnetlere yakın bölgelerde ise çatlak oluşumu görülmemiştir. Bu durumda sabit moment bölgesinin sağlıklı bir

biçimde oluşturulduğu ve bu bölgede kesme kuvvetlerinin ve buna bağlı olarak kesme çatlaklarının oluşmadığını göstermektedir.

- Kiriş numunelerine dört taraftan uygulanan manto betonu ile mevcut beton arasındaki aderansın mükemmel olduğu ve yüzey hazırlığının başarılı olduğu gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR (THANKS)

Bu çalışmayı 0968-D-04 No'lu Proje ile maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz. Ayrıca çalışmaya katkılarından dolayı Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem ve Yapı Teknolojileri Araştırma Laboratuvarı çalışanlarına ve öğretim elemanlarına tüm içtenliğimizle teşekkür ederiz.

SEMBOLLER (SYMBOLS)

A_c	Yalın kiriş kesit alanı
A_j	Manto alanı
A_{sj}	Manto boyuna donatısı
A_{sc}	Yalın kiriş kesit boyuna donatısı
A_{wj}	Manto etriyesi
A_{wc}	Yalın kiriş kesit etriyesi
A_{sw}	Kesme donatısı -etriye- toplam kesit alanı
P_k	Kırılma kuvveti
P_y	Akma anındaki yük
P_o	Deney elemanının göçmeden önceki yükü
P_u	Göçme yükü
δ	Birim deformasyon
δ_{cy}	Akma anında betondaki birim deformasyon
δ_{co}	Tepe noktasında betondaki birim deformasyon
δ_u	Göçme noktasında betondaki birim deformasyon
ϕ	Donatı çapı
4K0	Yalın kiriş numunesi (2 ϕ 10)
5K0	Yalın kiriş numunesi (3 ϕ 10)
4K1M1-5	5 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi (2 ϕ 10)
4K2M2-7	7 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi (2 ϕ 10)
5K1M1-5	5 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi (3 ϕ 10)
5K2M2-7	7 cm Mantolama yapılmış kiriş numunesi (3 ϕ 10)

KAYNAKLAR (RESOURCES)

1. Can, H., (1994). Deprem Etkisindeki Betonarme Kirişlerin Onarılması. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası. Teknik Dergi, 5, 2, 771-782.
2. Altun, F., Vekli, M., Özcan, D.M., ve Haktanır, T., (2002). "Mantolu Betonarme Kirişlerin Taşıma Gücünün Deneysel İncelenmesi", ECAS 2002 Prof.Dr. Ergin ÇITIPITIOĞLU Anma Sempozyumu/Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 197-204, Türkiye, 2002.
3. Watanabe, S., Saito, S., Kobayashi, K., Hiramatsu, M., and Kawamura, S., (1998). Repair of a Severely Damaged Department Store in 1995 Hyogoken- Nanbu Earthquake. Repair & Strengthening of Existing Buildings, Şubat, 1998; 371-382 pp. İstanbul.
4. Çakıroğlu A.M., (2007). Doktora Tezi. Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesinde Püskürtme Betonun Alternatif Bir Yöntem Olarak Kullanılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.