

BETONARME KİRİŞLERİN AÇIKLIK ORTASINA KOLON EKLEME YÖNTEMİYLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Hüsnü CAN*, **M.Haluk GÖĞÜŞ** ve **Yusuf DEMİREL****

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi
06570 Maltepe Ankara, *husnu@mmf.gazi.edu.tr, **ydemirel@mmf.gazi.edu.tr

ÖZET

Kiriş açıklığına kolon yerleştirilmesi taşıma gücü yetersiz veya hasarlı kirişlerin onarım ve güçlendirilmesi amacıyla pratikte yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin kiriş davranış/dayanımına etkisini incelemek üzere, bir referans kirişi, iki güçlendirme kirişi ve iki onarım kirişi olmak üzere, beş deney elemanı hazırlanmıştır. Güçlendirme, deneyden önce kolon ilavesi yapılan, birincisi monotonik yükleme, ikincisi tek yönlü tekrarlanır yükleme altında denenen iki kiriş ile modellenmiştir. Onarım ise, kirişte çökme oluştuktan sonra kolon ilavesi yapılan ve monotonik yükler altında denenen iki kiriş ile modellenmiştir. Referans kiriş, onarım ve güçlendirme kirişlerinin rehabilitasyon öncesi davranış/dayanımını yansıtmaktadır. Güçlendirme kirişleri de, onarım kirişlerinin referansı olarak düşünülmüştür. Deney verileri kullanılarak çizilen Yük-Deplasman ve Moment-Eğrilik ilişkileri yardımıyla kirişlerin dayanım artışları, enerji tüketimi, rijitlik ve süneklik faktörleri incelenmiştir. Bu çalışmada kiriş açıklık ortasına kolon yerleştirme yöntemi ile yapılan onarım ve güçlendirmede, davranış/dayanım açısından başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kiriş rehabilitasyonuna yönelik diğer çalışmalara kıyasla pratikte daha rahat kullanılması açısından da başarılı bir yöntemdir. Gerek onarım gerekse güçlendirme deney elemanları, kiriş taşıma gücü açısından beklenenin çok üzerinde bir performans sergilemişlerdir. Rehabilitasyon edilen kirişler, ortalama olarak, yalnız kirişe kıyasla yaklaşık %180 daha fazla yük taşımışlardır.

Anahtar Kelimeler: Kiriş açıklık ortası, onarım, güçlendirme, kolon yerleştirilmesi.

REINFORCED BEAM REPAIRING/STRENGTHENING BY MIDSPAN COLUMN ADDITION METHOD

ABSTRACT

Adding a new column midspan of the beam is a commonly used technique for the

repairing/strengthening of structurally inadequate or damaged reinforced concrete beams. In order to investigate the impacts of the technique on the beam behaviour and strength, an experimental study was made. One reference, two strengthened and two repaired beams were assembled. Strengthening was modeled by two beams which were supported before they were prepared. The first beam was loaded monotonically and the second beam was loaded by repeated loading. The repairing was simulated by supporting the beams after the specified deflection limits were imposed by monotonic loading. The reference beam reflects the pre-strengthening and pre-repairing behaviour/strength of the strengthened and repaired beams. Also the strengthened beams were considered as reference beams for repaired beams. The increase in strength, energy dissipation, rigidity and ductility were investigated by analyzing the Load-Deflection and Momet-Curvature plots obtained from the experiments. Adding a column midspan of the beam proved successful in terms of behaviour and strength in this study. The technique is also favourable due to the ease of application when compared to the other beam rehabilitation methods. The structural performance of both strengthened and repaired beams were beyond the prior expectations. On an average basis, the reinforced beams carried 180 % more load than the untreated beams of the same size.

Keywords: Midspan, repairing, strengthening, column placement.

1. GİRİŞ

Kiriş açıklığına kolon yerleştirilmesi taşıma gücü yetersiz veya hasarlı kirişlerin onarım ve güçlendirilmesi amacıyla pratikte yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ülkemizde sıklıkla uygulanmasına rağmen bu konuda hiçbir deneysel çalışma yapılmamıştır.

Bu yöntemde gidilmesinin başlıca nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir ;

- Yapı tasarımının uygun olmaması sonucu yapıya etkiliyecek yükler altında hasar meydana gelebilecek olması,
- Tasarımının uygun olmasına rağmen yapım aşamasında donatının detaylandırılmasında proje ile farklılık göstermesi ve/veya yapı malzemelerinin dayanımlarının (özellikle beton dayanımının) belirtilen değerden düşük olması,
- Yapı imalatından sonra tasarım gereksinimlerinin kullanıcı isteklerine bağlı olarak değişmesidir.

Bu araştırmanın içeriğinde, yapı kullanım süresi içerisinde meydana gelebilecek projelendirme veya imalattan kaynaklanan yetersizliklerden çok yapı kullanım süresi içerisinde kullanıcı isteklerinin değişmesinden kaynaklanan yapı taşıyıcı sistem yetersizliklerinin giderilmesi dikkate alınmıştır.

Onarım ve Güçlendirme kavramları: Hasar görmüş bir yapıyı veya elemanını, hasar öncesinde sahip olduğu güvenlik düzeyine getirmek veya daha yüksek bir

güvenlik düzeyine çıkartmak için yapılan işleme onarım adı verilir. Hasar görmemiş bir yapıyı veya elemanını, öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkartmak için yapılan işlemede güçlendirme adı verilir. Tanımlardan anlaşılacağı üzere yapılan işlemlerin onarım veya güçlendirme olarak tanımlanmasında esas kriter “hasar”dır [1].

Yapı elemanlarının, bu çalışmada kiriş elemanlarının mevcut yüklerinden arındırılmış veya bu yüklerin etkilerinin büyük ölçüde azaltılmış olarak onarılmasına veya güçlendirilmesine yüksüz onarım/güçlendirme adı verilir. Mevcut yükler altındayken yapılan onarım/güçlendirme işlemine ise yük altında onarım/güçlendirme adı verilir.

Diğer taşıyıcı yapı elemanlarında olduğu gibi betonarme kirişlerinin onarımı ve güçlendirilmesinde de uygulanacak işlemin amacının ve buna bağlı olarak da yönteminin açığa belirlenmesi gerekir.

Bir kiriş eğilme, kesme veya burulma kuvvetlerinden doğan sorunlara karşı onarılır/güçlendirilir. Amacına bağlı olarak, sorunun çözümü maksadıyla geliştirilecek yöntemler tümüyle birbirinden farklı özellikler içerebilir.

Betonarme kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinin yöntemsel yaklaşımları: Betonarme kirişlerinin onarım ve güçlendirmesinde çoğunlukla iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci ve en yaygın olarak kullanılan yöntem, betonarme kirişlerin eğilme ve kesme dayanımlarını artırmaktır. Bunun için, mevcut kirişe eğilme kapasitesini artırıcı boyuna donatı veya levha yerleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu uygulamaya esas onarım ve güçlendirme yönteminin, eleman ve yapı bazında geçerliliği ile dayanım ve davranışını araştırmak amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır [2-6].

Bu yöntemin ele aldığı çalışmalarda, donatı açısından yetersiz olan betonarme kirişlerin kesme dayanımlarını artırıcı teorik ve deneysel yöntemler incelenmiştir. Bu araştırmalarda genellikle, etriye yerine geçebilecek firketeler veya epoksi ile beton yüzeye yapıştırılan levhalar kullanılmıştır [7].

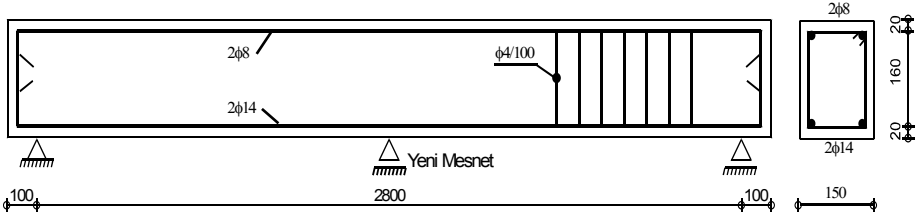
Betonarme kirişlerin güçlendirilmesi aşamasında kullanılan ikinci yöntem ise, genellikle mevcut yapının kullanım amacı değiştiği için eğilme ve kesme kapasiteleri yetersiz kalan elemanlarda kullanılan, kiriş açıklığına mesnet yerleştirilmesi yöntemidir. Bu yöntemin amacı, kiriş açıklığını yarıya indirerek, elemanın ilave yüklerden dolayı eğilme ve kesme dayanımlarının yeterli hale getirilmesidir. Ancak, bu yöntem yaygın olarak kullanılıyor olmasına rağmen, dayanım ve davranış performansı henüz yeterli seviyede araştırılmamıştır. Bu araştırmanın ana konusu da, bu yöntemin incelenmesidir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Elemanlar

Taşıma gücü yetersiz betonarme kirişlerin onarımında ve güçlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bu yöntemin incelenmesi amacıyla daha önceki çalışmalarda da kullanılmış olan kiriş elemanlarının boyut özellikleri alınmıştır. Bu sayede, bu çalışmanın daha önceki çalışmalar ile karşılaştırılması mümkün olacaktır. $\lambda=1/2$ ölçekli beş adet deney elemanı üretilmiştir. Bu elemanların kesiti 150 mm x 200 mm, boyu 3000 mm.'dir. Deney elemanlarında boyuna donatı olarak 2Ø14(BÇI) çekme donatısı, 2Ø8(BÇI) basınç donatısı kullanılmıştır (Şekil 1). Kayma donatısı olarak Ø4/100 (BÇI) kullanılmıştır. Kullanılan donatıların akma gerilmeleri ise Ø14 için $f_y=253$ N/mm², Ø8 için $f_y=253$ N/mm² ve Ø4 için $f_y=253$ N/mm² bulunmuştur.

Tüm deney elemanlarının, üretimi ve kür aşamasında beton özelliklerinde ve dayanımlarında elemandan elemana farklılık oluşmaması için her deney elemanı için ayrı kalıp hazırlanarak beş deney elemanı aynı zamanda dökülmüştür. Söz konusu elemanların deney günündeki basınç dayanımları 53,54 N/mm² olarak bulunmuştur.



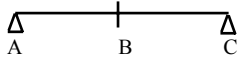
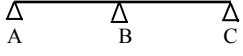
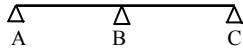
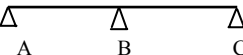
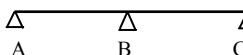
Şekil 1. Deney elemanlarının boyutu ve donatısı

Betonarme kirişlerin, açıklık ortasına kolon yerleştirilerek onarılması ve güçlendirilmesini araştırmak amacıyla beş adet deney elemanı üretiminde farklılık olmamasına rağmen, elemanların orta açıklığın mesnetlenme zamanı ve yükleme tipi ve yönteminden kaynaklanan bir davranış değişikliği yaratılarak incelenmesi planlanmıştır. Bu deney programları Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

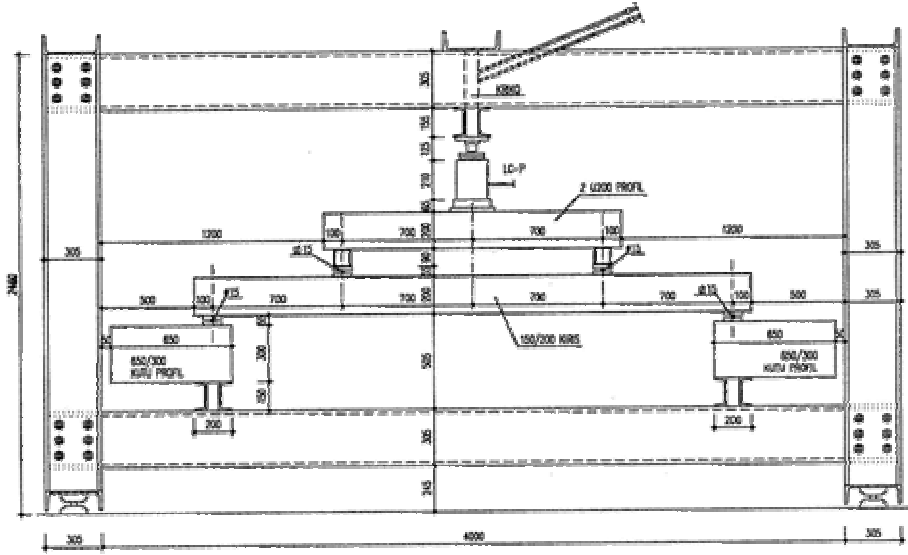
2.2. Deney ve Ölçüm Düzenneği

Deney elemanları, biri sabit diğeri kayıcı olmak üzere basit kiriş olarak mesnetlenmiştir. Onarım/güçlendirme elemanlarında, açıklık ortasına yerleştirilen kolonu temsil etmek üzere açıklık ortasına bir yük ölçerin üzerine kayıcı mesnet yerleştirilmiştir. Tüm deney kirişleri, Şekil 2'de verilen deney çerçevesi içinde deney tabii tutulmuşlardır.

Tablo 1. Deney programı

DENEY ELEMANI	DENEY	ELEMAN TÜRÜ	MESNETLENME ŞEMASI	ORTA MESN ÇÖKMESİ	YÜKLEME
1	BB	REFERANS KİRİŞİ (BASIC BEAM)		---	MONOTONİK YÜKLEME
2	SB1	GÜÇLENDİRME KİRİŞİ (STRENGTHENING BEAM)		$\delta_B=0$	MONOTONİK YÜKLEME
3	SB2	GÜÇLENDİRME KİRİŞİ (STRENGTHENING BEAM)		$\delta_B=0$	TEK YÖNLÜ TEKRARLANIR YÜKLEME
4	RB1	ONARIM KİRİŞİ (REPAIRING BEAM)		$\delta_B=2\delta_y$	MONOTONİK YÜKLEME
5	RB2	ONARIM KİRİŞİ (REPAIRING BEAM)		$\delta_B=3\delta_y^*$	MONOTONİK YÜKLEME

* RB2 Kirişi orta noktası mesnetsiz olarak deneye tabi tutulup, akmanın 3 katı kadar çökme deformasyonu verildikten sonra, yük boşaltılarak kalıcı deformasyon sıfırlanmış ve orta noktaya mesnet yerleştirilerek eleman yeniden deneye tabi tutulmuştur.



Şekil 2. Deney düzeneği (Tüm ölçüler mm'dir)

Deney elemanlarının deney çerçevesine yerleştirilişi, yük ve deplasman ölçümü için kullanılan yük ölçerler ve elektronik deplasman ölçerler (LVDT) Şekil 3'de verilmiştir.

Yük ölçümü amacıyla iki adet yük-ölçer (load-cell) kullanılmıştır. Biri deney kirişlerinin yüklenmesi amacıyla kullanılmıştır. Diğeri ise açıklık ortasına yerleştirilen kolon fonksiyonu görece kayıcı mesnetin reaksiyonunu okumak amacıyla kullanılmıştır.

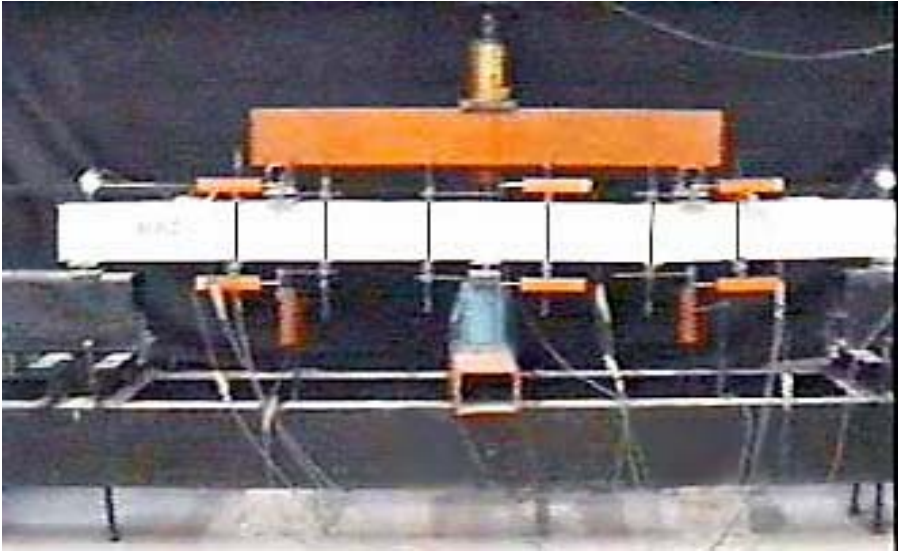
Deplasman ölçümleri ise iki grupta okunmuştur. İlk olarak δ_0 , δ_{11} ve δ_{12} deplasman ölçerleri (LVDT) yardımıyla kiriş rijit cisim hareketi ve açıklık ortası net çökme deformasyon okumaları için kullanılmıştır. δ_1 ve δ_2 LVDT'leri yardımıyla kiriş ortasına mesnet yerleştirilmesiyle oluşan iki açıklıktaki açıklık ortası çökme deformasyonları tesbit edilmiştir. δ_3 , δ_4 , δ_5 , δ_6 , δ_7 ve δ_8 LVDT'leri ile orta mesnet yerleştirilen bölgede ve mesnet yerleştirildikten sonra oluşacak açıklıkların ortasındaki dönmelerin ve eğriliklerin okunarak kaydedilmesi sağlanmıştır (Şekil 3).

Deney elemanlarının deney çerçevesine yerleştirilişi, yük ve deplasman ölçümü için kullanılan yük ölçerler ve elektronik deplasman ölçerler (LVDT) Şekil 3'de verilmiştir.

2.3. Gözlemlenen Davranış

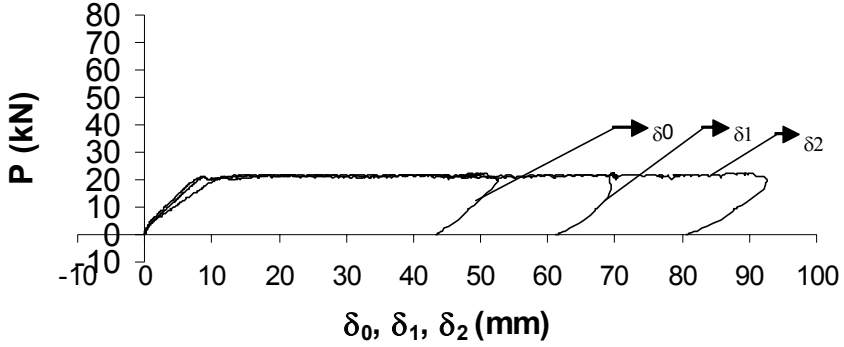
2.3.1. BB Referans Kirişinin Monotonik Yükleme Altında Deney Sonuçları

BB deney elemanı, referans olarak kullanılan, yalın bir kiriştir. Diğeri deney

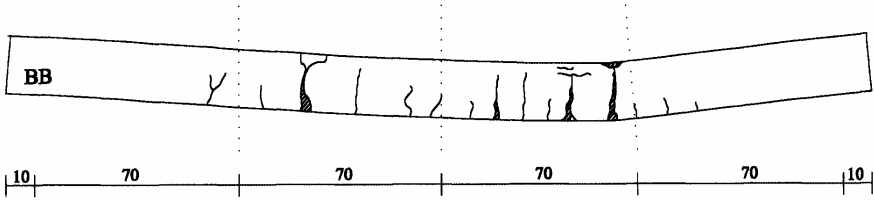


Şekil 3. Deney elemanının ölçüm düzeneği

elemanlarının onarım ve güçlendirme sonundaki davranış ve dayanım performanslarını incelemek ve yalın kiriş davranışı ile karşılaştırmak amacıyla tasarlanmıştır. BB Referans Kirişinin deney sonucunda elde edilen yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri Şekil 4'de verilmiştir. BB elemanının deney sonrası çatlak haritası Şekil 5'de verilmiştir.



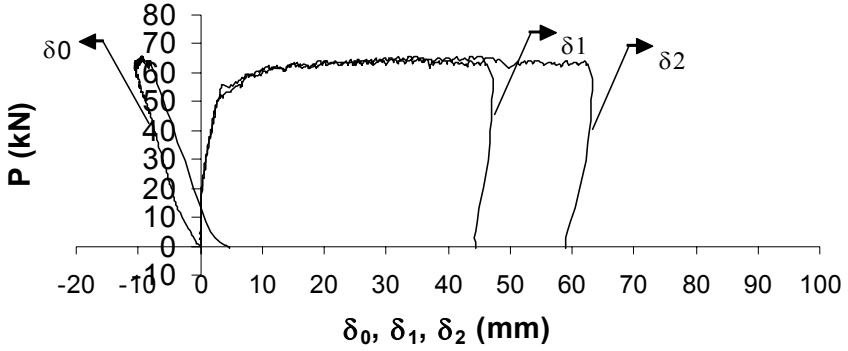
Şekil 4. BB deney elemanının yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri



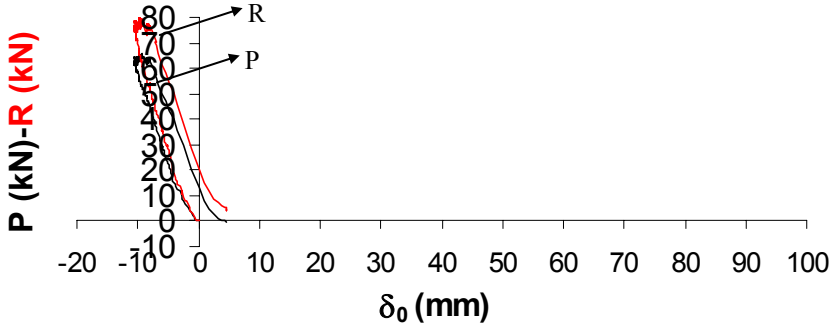
Şekil 5. BB deney elemanının deney sonrası çatlak haritası (cm.)

2.3.2. SB1 Güçlendirme Kirişinin Monotonik Yükleme Altında Deney Sonuçları

SB1 deney elemanı, hasara uğramadan önce, açıklık ortasına kolon yerleştirmek suretiyle güçlendirilen bir kiriştir. BB deney elemanı, açıklık ortasına mesnet yerleştirilmediği duruma, SB1 deney elemanı ise, açıklık ortasına mesnet yerleştirildiği duruma referans olarak tasarlanmıştır. SB1 Güçlendirme kirişinin monotonik yükleme altında yapılan deneyi sonucunda elde edilen yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri Şekil 6'da verilmiştir. Açıklık ortasına yerleştirilen mesnet altındaki yük ölçerden alınan reaksiyonlar (R) ve kirişte iki açıklığında ortasına etkitilen yük (P) değerlerinin δ_0 deplasmanı ile ilişkileri Şekil 7'de verilmiştir. SB1 elemanının deney sonrası çatlak haritası Şekil 8'de verilmiştir.

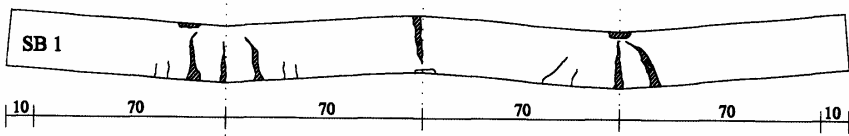


Şekil 6. SB1 deney elemanının yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri



Şekil 7. SB1 deney elemanının Yük-Deplasman ($P-\delta_0$) ve Reaksiyon-Deplasman ($R-\delta_0$) grafiği

2.3.3. SB2 Güçlendirme Kirişinin Tek Yönlü, Tekrarlanır Yük Altında Deney

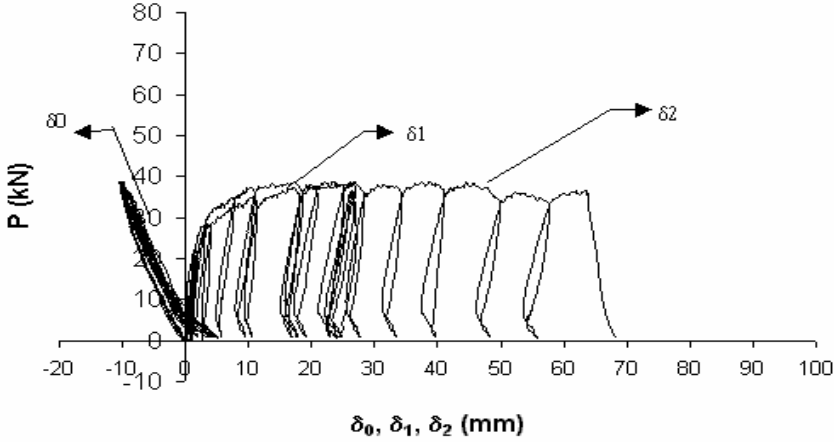


Şekil 8. SB1 deney elemanının deney sonrası çatlak haritası (cm.)

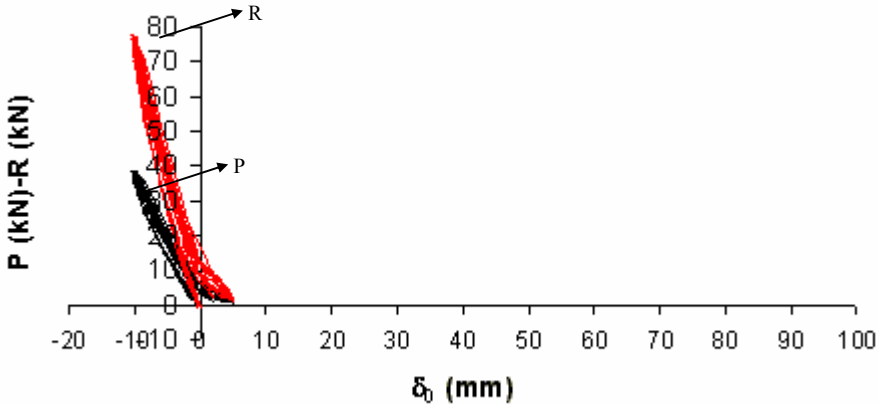
Sonuçları

SB2 deney elemanı, SB1 deney elemanı ile mesnetleme açısından benzer özellik gösteren bir kiriştir. SB1 deney elemanından tek farkı, SB1 deney elemanı gibi monotonik yük altında değil, tek yönlü tekrarlanır yük altında deneye tabi tutulmuştur. SB2 Güçlendirme kirişinin tek yönlü, tekrarlanır yük altında yapılan deneyi sonucunda elde edilen yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri Şekil 9'da verilmiştir. Ayrıca açıklık ortasına yerleştirilen mesnet altındaki yük ölçerden alınan reaksiyonlar (R) ve kirişte iki açıklığında ortasına etkililen yük (P)

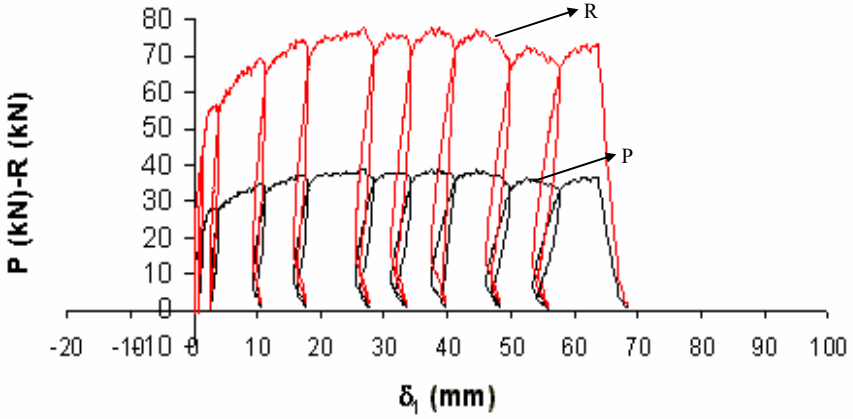
değerlerinin δ_0 deplasmanı ile ilişkileri Şekil 10'da verilmiştir. Aynı yük ve reaksiyonun δ_1 deplasmanı ile ilişkisi tek yönlü tersinir yüklemenin daha rahat görülebilmesi amacıyla Şekil 11'de verilmiştir. SB2 elemanının deney sonrası çatlak haritası Şekil 12'de verilmiştir.



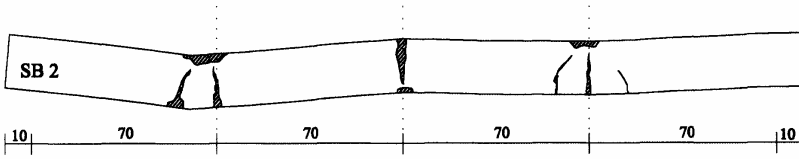
Şekil 9. SB2 deney elemanının yük-deplasman (P- δ_0 , P- δ_1 ve P- δ_2) grafikleri



Şekil 10. SB2 deney elemanının Yük-Deplasman (P- δ_0) ve Reaksiyon-Deplasman (R- δ_0) grafiği



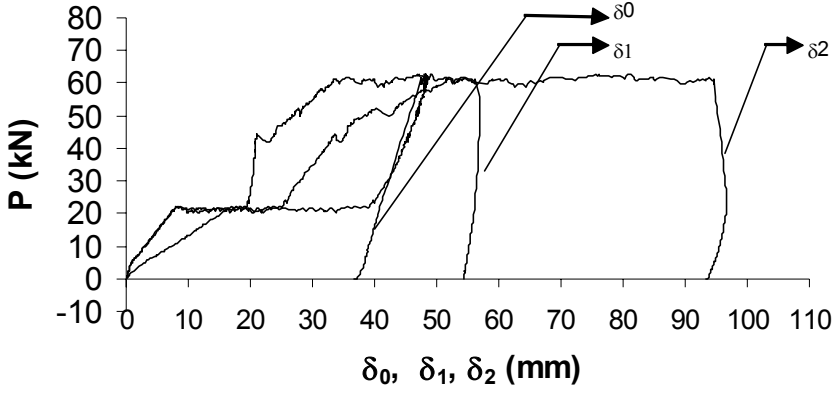
Şekil 11. SB2 deney elemanının Yük-Deplasman ($P-\delta_1$) ve Reaksiyon-Deplasman ($R-\delta_1$) grafiği



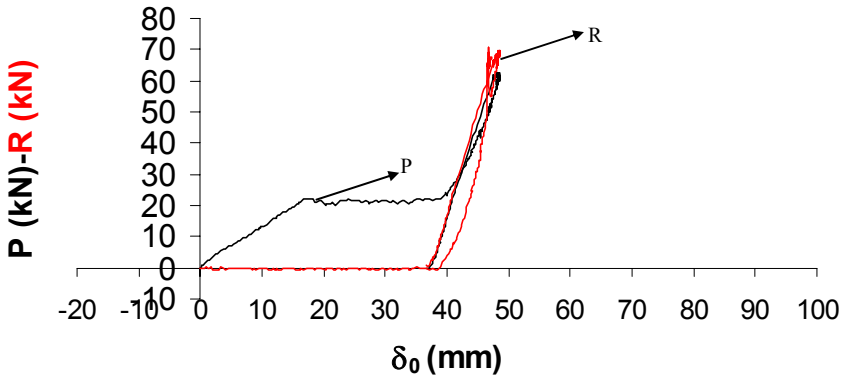
Şekil 12. SB2 deney elemanının deney sonrası çatlak haritası (cm.)

2.3.4. RB1 Onarılmış Kirişinin Monotonik Yükleme Altında Deney Sonuçları

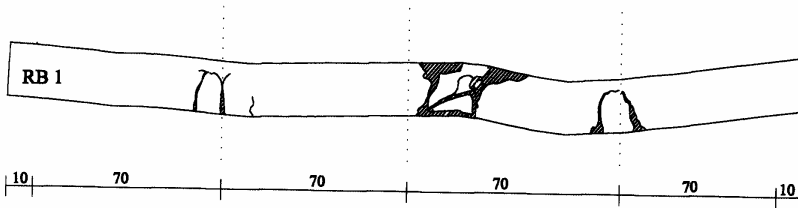
RB1 deney elemanı, önceden hasara uğrayan ve yapmış olduğu çökme deformasyonu kaldırılmadan açıklık ortasına kolon yerleştirilen, onarılmış bir kiriştir. Bu deney elemanına akma anındaki sehimin iki katı deformasyon uyguladıktan sonra, üzerindeki yük ve oluşan deformasyon kaldırılmadan, açıklık ortasına mesnet yerleştirilerek taşıma kapasitesinin artırılması düşünülen bir onarım kirişidir. Bu sayede, uygulamaya daha yatkın bir kiriş davranışı elde edilmiştir. RB1 Onarım kirişinin monotonik yük altında yapılan deneyi sonucunda elde edilen yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri Şekil 13'de verilmiştir. Ayrıca açıklık ortasına yerleştirilen mesnet altındaki yük ölçerden alınan reaksiyonlar (R) ve kirişte iki açıklığında ortasına etkitilen yük (P) değerlerinin δ_0 deplasmanı ile ilişkileri Şekil 14'de verilmiştir. RB1 elemanının deney sonrası çatlak haritası Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 13. RB1 deney elemanının yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri



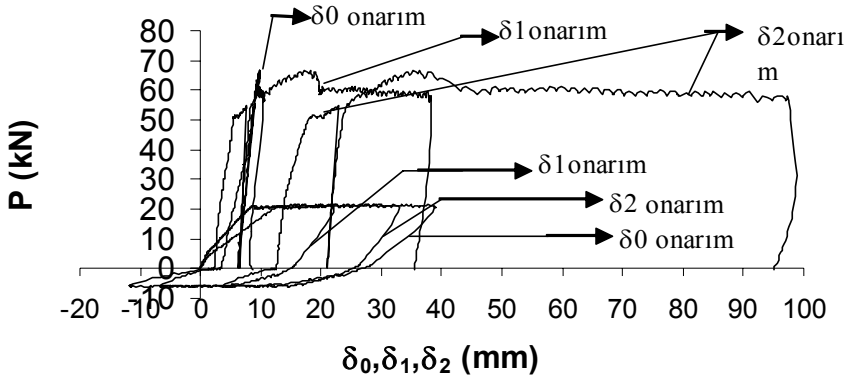
Şekil 14. RB1 deney elemanının Yük-Deplasman ($P-\delta_0$) ve Reaksiyon-Deplasman ($R-\delta_0$) grafiği



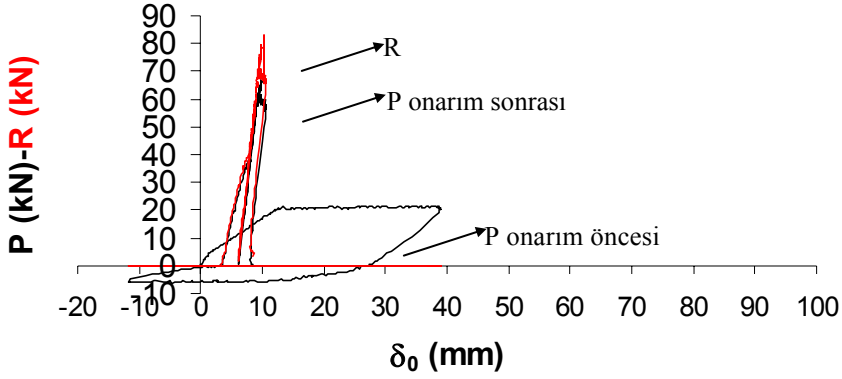
Şekil 15. RB1 deney elemanının deney sonrası çatlak haritası (cm)

2.3.5. RB2 Onarılmış Kirişinin Monotonik Yükleme Altında Deney Sonuçları

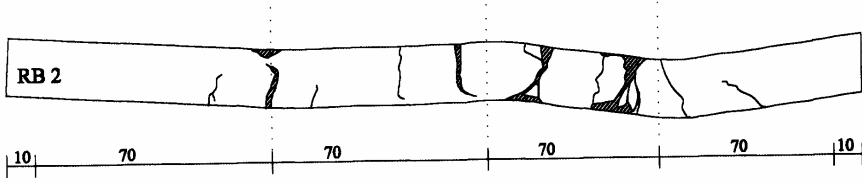
RB2 deney elemanı, önceden hasara uğramış ve bu yolla oluşan kalıcı çökme deformasyonunu kaldırarak açıklık ortasına kolon yerleştirilmiş bir onarım kirişidir. Bu amaçla, deney elemanına akma anındaki deformasyonu üç katı defermasyon uygulandıktan sonra yükü boşaltılarak, kalıcı deformasyonun sıfırlandırılması amacıyla ters yükleme yapılmıştır. Bu işlemden sonra deney elemanının açıklık ortasına kolon yerleştirilmiştir. RB2 Onarım Kirişinin monotonik yük altında yapılan iki aşamalı deneyi sonucunda elde edilen onarım öncesi ve onarım sonrası yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri birleştirilerek Şekil 16'da verilmiştir. Ayrıca açıklık ortasına yerleştirilen mesnet altındaki yük ölçerden alınan reaksiyonlar (R) ve kirişte iki açıklığında ortasına etkilenen yük (P) değerlerinin δ_0 deplasmanı ile ilişkileri Şekil 17'de verilmiştir. SB2 elemanının deney sonrası çatlak haritası Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 16. RB1 deney elemanının yük-deplasman ($P-\delta_0$, $P-\delta_1$ ve $P-\delta_2$) grafikleri



Şekil 17. RB1 deney elemanının Yük-Deplasman ($P-\delta_0$) ve Reaksiyon-Deplasman ($R-\delta_0$) grafiği



Şekil 18. RB2 deney elemanının deney sonrası çatlak haritası

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tüm elemanlar için deney aşamasında elde edilen veriler doğrultusunda dayanım ve dayanım artışı, eğilme rijitliği, süneklik, enerji tüketimi ve orta kolonda oluşan reaksiyon performansı incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada ele alınan onarım ve güçlendirme yöntemi, mevcut kirişe açıklık ortasından kolon yerleştirmek suretiyle rehabilite edilmesidir. Yöntemin incelenmesinde, sınırlı sayıda deneyden elde edilen verilerden yola çıkarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Bu çalışmada ele alınan rehabilitasyon yöntemi, davranış ve dayanım açısından başarılı sonuçlar vermiştir. Kiriş rehabilitasyonuna yönelik diğer çalışmalara kıyasla pratikte daha rahat kullanılması açısından da başarılı bir yöntemdir.
- Gerek onarım gerekse güçlendirme deney elemanları, kiriş taşıma gücü açısından beklenenin çok üzerinde bir performans sergilemişlerdir. Rehabilite edilen kirişler, ortalama olarak, yalın kirişe kıyasla %185 daha fazla yük

taşımışlardır. Bu değer analiz sonucu elde edilen kapasiteden %40 daha fazladır.

- Hasar gören kirişin onarılması neticesinde, hasar görmeden önce güçlendirilen kirişin yük taşıma kapasitesine çok yakın taşıma gücüne sahip olduğu görülmüştür.
- Bu yöntemle rehabilite edilen kirişlerin, büyük deplasmanlara ulaşıncaya kadar taşıma güçlerinde önemli bir kayıp oluşmadığı görülmüştür. Bu açıdan rehabilitasyon yöntemi süneklik konusunda da iyi bir davranış sergilemiştir. Ancak, hasar görmemiş kiriş, hasar görmüş kirişe kıyasla daha sünek bir davranış sergilemiştir.
- Rehabilitasyon türüne bağlı olmasına rağmen, uygulanan yöntem sayesinde kirişlerin enerji tüketim kapasitelerinde, yalın kirişe kıyasla %50'nin üzerinde artış sağlamıştır.
- Kirişlerin hasar gördükten sonra üzerindeki yükü ve deformasyonu kaldırarak açıklık ortasına kolon konulması, yük ve deformasyon sıfırlamadan açıklık ortasına kolon konulmasına kıyasla kirişin enerji tüketme kapasitesinde %20'lik ilave artış sağlamıştır.
- Kiriş yükü kaldırılması ve deformasyonunun sıfırlanması, kolon yerleştirilecek bölgedeki kiriş kesitinin montaj donatısının akma konumuna ulaşmasına ve bu bölgenin moment taşıma kapasitesinin %45 civarında azalmasına neden olmaktadır.
- Rehabilitasyon yöntemi sonucunda, gerek onarım gerekse güçlendirme işleminde, kirişlerin eğilme rijitliklerinde yalın kirişe kıyasla gözle görünür bir artış sağlanmaktadır.

Açıklık ortasına kolon yerleştirmek suretiyle onarılan ve(-ya) güçlendirilen kirişlerin bu şekilde rehabilite edilmesi başarılı sonuçlar vermesine rağmen, aşağıdaki önerilere dikkat edilmelidir.

- Rehabilite amacıyla kirişin açıklık ortasına yerleştirilecek kolon kesinlikle serbestçe yerleştirilmemelidir. Aksi takdirde stabilite sorunlarıyla karşı karşıya kalınabilir. Kirişin açıklık ortasına yerleştirilen kolon betonarme ise, donatıları alt ve üst ucundan kirişlere uygun bir yöntemle ankre edildikten sonra kolon imal edilmelidir.
- Kolon ile takviye edilen kirişin takviye bölgesindeki montaj donatıları çekmeye, çekme donatıları da basınca çalışacaktır. Bu nedenle, rehabilitasyondan önceki montaj donatısı yeni durumu karşılayamayacak miktarda ise takviye edilmelidir. Bu sayede kirişte basınç kırılmasının önlenmesi sağlanmış olacaktır.
- Bu çalışmanın sonuçları, kirişin simetri eksenine kolon ilavesi ve simetrik tekil yükleme uygulamasına dayalıdır. Mimari engeller nedeniyle açıklık ortasından farklı bir noktaya kolon yerleştirilmesi durumunun sonuçları bu çalışmadan farklı davranış sergilemesi muhtemeldir.

Bu deneysel çalışmanın sınırlı bir çalışma olduğu göz önüne alınarak, çalışmada ele alınan yöntemin daha detaylı incelenmesi ve bunu yaparken farklı parametrelerin dikkate alınmasında yarar olduğu açıktır.

4. KAYNAKLAR

1. Ersoy, U., Tankut, A.T., Çıtıptıoğlu, E., ve Gülkan, P., “Betonarme Yapıların Onarım/Güçlendirilmesi”, **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası XII. Teknik Kongre Kurs Kitabı**, Ankara, Türkiye, Mayıs 1993.
2. Ünsal, T.Ç., “Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Davranış ve Dayanımı”, **Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi**, Ankara, Türkiye, 1991.
3. Can,H.,Tankut,T., “Flexural Behaviour of Strengthened Reinforced Concrete Beams” **Proceedings of the Ninth European Conference on Earthquake Engineering, Vol.3, Moscow,USSR,1991.**
4. Can,H.,Tankut,T., “ Ağır Hasar Görmüş Betonarme Kirişlerin Eğilme için Onarımı” **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, Cilt 2, Sayı 2 Sayfa 309-317, 1991**
5. Can,H.,Tankut,T., “Deprem Etkisindeki Betonarme Kirişlerin Onarımı” **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, Cilt 5, Sayı 2, Sayfa 771-778, 1994**
6. Göğüş,H.,H. “Açıklık Ortasına Kolon Ekleme Yöntemiyle Betonarme Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi”, **Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi**, Ankara, Türkiye, 2000.
7. Altın,S., Tankut,T., Demirel,Y.,”Betonarme Kirişlerin Kesme İçin Onarımı / Güçlendirilmesi” **INTAG-536, TÜBİTAK**, Ankara, 1996.