

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOLON KİRİŞ BİRLEŞİM BÖLGESİNDE**  
**FİBER BETONUN**  
**TAŞIMA KAPASİTESİNE ETKİLERİ**  
**SÜLEYMAN KAMİL AKIN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İNŞAAT ANABİLİM DALI**  
**KONYA 1999**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI**  
**DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

84575

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOLON KİRİŞ BİRLEŞİM BÖLGESİNDE  
FİBER BETONUN  
TAŞIMA KAPASİTESİNE ETKİLERİ**

**SÜLEYMAN KAMİL AKIN**

84575

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT ANABİLİM DALI**

**Bu tez 15.07.1999 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu  
ile kabul edilmiştir.**

**Prof.Dr.Ergin ATIMTAY  
(Üye)**

**Doç.Dr.M.Yaşar KALTAKCI  
(Üye)**

**Yrd.Doç.Dr. Nail KARA  
(Danışman)**

**ÖZET****Yüksek Lisans Tezi  
KOLON KİRİŞ BİRLEŞİM BÖLGESİNDE FİBER BETONUN  
TAŞIMA KAPASİTESİNE ETKİLERİ**

**Süleyman Kamil AKIN**  
**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İnşaat Anabilim Dalı**  
**Danışman : Yrd.Doç.Dr. Nail KARA**  
**1999 , 75 Sayfa**

**Jüri: Prof. Dr. Ergin ATIMTAY**  
**Doç.Dr.M.Yaşar KALTAKCI**  
**Yrd.Doç.Dr. Nail KARA**

Bu tezde sunulan çalışma betonarme karkas binalarda kolon kiriş birleşimlerinde deprem sırasında ortaya çıkan hasarları minimize etmek amacıyla yapılmıştır.

Projenin amacı, deprem sırasında hasar görmesi muhtemel betonarme kolon kiriş birleşim bölgesinde alternatif olarak çelik tel (fiber) kullanılması ile ilgili deneysel sonuçların elde edilmesidir.

Bu çalışma kapsamında iki farklı enine donatı düzenine sahip kolon kiriş birleşim bölgesinde yön değiştiren kontrollü yükleme altında, birleşim bölgesinde etriye bulunması, bulunmaması ve etriye yerine sırasıyla 20 kg/m<sup>3</sup>, 30 kg/m<sup>3</sup>, 40 kg/m<sup>3</sup> çelik tel (fiber) kullanılması durumuna ait numuneler deneye tabi tutulmuştur. Kolona 15 ton eksenel yük verilmiş ve kiriş numunesi yön değiştiren yükleme altında teste tabi tutulmuştur . Deneylerin sonucunda, hasar görme mekanizmaları, yer değiştirme ve moment eğrilik karakteristikleri ve enerji yutma kapasiteleri irdelenmiştir . İrdelenme sonunda etriyesiz numunede kırışta oluşması istenen plastik mafsallın hem kiriş hemde kolonda meydana geldiği gözlenmiştir . Etriyeli ve değişen oranlarda fiber ihtiva eden numunelerde ise kolonda mafsallaşma görülmemiştir . Etriye yerine alternatif olarak kullanılan fiberlerin birleşim bölgesinde betonun parçalanmasını ve dağılmasını engellediği, enerji emme kapasitesini artırdığı görülmüştür .

Anahtar Kelimeler: Çelik telli beton - Kolon-Kiriş Birleşimi – Enerji Yutma Kapasitesi – Etriye – Moment-Eğrilik – Yük-Deplasman

**ABSTRACT****Post Graduate Thesis****THE AFFECT OF FIBER CONCRETE ON BEARING CAPACITY OF  
BEAM COLUMN CONNECTION****Süleyman Kamil AKIN****Selcuk University****Graduate School of Natural And Applied Sciences****Department of Civil Engineering****Supervisor: Asist.Prof.Dr. Nail KARA-****1999, 75 page****Jury: Prof.Dr. Ergin ATIMTAY****Assoc.Prof.Dr. M.Yasar KALTAKCI****Asist.Prof.Dr. Nail KARA**

This Study is conducted to minimize the effect of earthquakes in reinforced beam-column connections.

The aim is to prevent beam-column joints from the effect of earthquakes which have high risk of damage . Five samples are tested . The joints designed in two ways with stirrups according to the code ( TS 500 ) and without stirrups From the view of lateral reinforcement . Instead of stirrups varying amount ( 20 kg/m<sup>3</sup> , 30 kg/m<sup>3</sup> , 40 kg/m<sup>3</sup> ) of steel fibers are added to the joint . The study determines the Load- Displacement , Moment – Rotation capacity and energy absorption capacity of the joints . At the end fibers increased the energy absorption capacity , displacement capacity and rotation capacity of the joints.

Keywords: Fiber concrete , Hookeed fibers , Beam – column connection

## ÖNSÖZ

Çalışmalarımın her aşamasında yakın ilgisini ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Nail KARA 'ya , eşim ile aileme , başta İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Doç.Dr.M.Yaşar KALTAKCI , Öğr.Gör.Mehmet KAMANLI , Arş.Gör. Hasan Hüsnü KORKMAZ ve Arş. Gör.Serdar ECEMİŞ olmak üzere İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına , laboratuvar teknisyenleri Doğan BALDAN ve Naci ALATLI 'ya, çalışma sırasında kullanılan çelik telleri ve gerekli yardımı sağlayan BEKSA yetkilisi sayın Mehmet YERLİKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın deprem etkilerini azaltma konusunda yeni pencereler açacağını umar saygılar sunarım .

Haziran 1999

S.Kamil AKIN

İnşaat Mühendisi

**İÇİNDEKİLER**

<b>ÖZET</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>II</b>
<b>ÖNSÖZ</b>	<b>III</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>VI</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>IX</b>
<b>1.GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2.KAYNAK ARAŞTIRMASI</b>	<b>7</b>
<b>3.MALZEMELER</b>	<b>9</b>
<b>3.1.Lifli Beton</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1.Lif Türleri</b>	<b>9</b>
<b>3.1.2.Lifli Betonun Üstünlükleri</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Beton Karışımları</b>	<b>14</b>
<b>3.2.1.Agrega Özellikleri</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2.Çimento Özellikleri</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3.Karma Suyu</b>	<b>16</b>
<b>3.2.4.Beton Karışım Hesabı</b>	<b>17</b>
<b>3.2.5.Beton Üretimi ve Bakımı</b>	<b>18</b>
<b>3.3.Donatı</b>	<b>22</b>
<b>4.DENEY DÜZENEGİ</b>	<b>25</b>
<b>4.1.Ana Çerçeve</b>	<b>26</b>
<b>4.2.Mesnetler</b>	<b>28</b>
<b>4.3.15 Ton Eksenel Yük Veren Sistem</b>	<b>30</b>
<b>4.4.Yatay Yük Veren ve Okuma Sağlayan Sistem</b>	<b>31</b>
<b>4.5.Kiriş Başlığı</b>	<b>35</b>

<b>5.DENEYSEL PROGRAM</b>	<b>38</b>
5.1.Düğüm Noktaları	38
5.2.Test Modelleri	39
5.3. Numuneler İçin Hesap	42
5.3.1.Kiriş Hesabı	42
5.3.2.Kolon Hesabı	43
5.3.Deney Programı	44
<b>6.DENEY SONUÇLARI</b>	<b>49</b>
6.1.Deneyler	49
6.1.1.Deney 1	49
6.1.2.Deney 2	51
6.1.3.Deney 3	52
6.1.4.Deney 4	54
6.1.5.Deney 5	55
6.1.6.Çatlakların Oluşumu	57
6.2.Ölçümlerin Değerlendirilmesi	57
6.2.1.Yük Deplasman Grafiklerinin Elde Edilmesi	57
6.2.2.Enerji Yutma Kapasitelerinin Belirlenmesi	64
6.2.3.Moment-Eğrilik Grafiklerinin Elde Edilmesi	65
<b>7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>72</b>
<b>8.KAYNAKLAR</b>	<b>74</b>

**ŞEKİL LİSTESİ****SAYFA NO**

Şekil 1.1.Yük Taşıma Üçgeni	2
Şekil 1.2.Kolon –kiriş birleşim bölgesi hasarı(Erzincan 1992)	3
Şekil 1.3.Kolon kiriş birleşim bölgesinde etriye süreksizliği(Erzincan 1992)	3
Şekil 1.4.Depremde hasar görmüş kolon-kiriş birleşim bölgesi(Erzincan 1992)	4
Şekil 1.5.Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı sonucu yıkılmış bina(Adana 1998)	4
Şekil 1.6.Depremde hasar görmüş kolon-kiriş birleşim bölgesi(Adana 1998)	5
Şekil 1.7.Depremde hasar görmüş kolon-kiriş birleşim bölgesi(Adana 1998)	6
Şekil 3.1.Çelik teller (Fiberler)	13
Şekil 3.2.Çelik tel (Fiber) karıştırılmış taze beton	14
Şekil 3.3.TS130 ile Göçü Kumunun karşılaştırılması	15
Şekil 3.4.Kolon-kiriş birleşim bölgesinin betonlanması ve ayırıcılar	20
Şekil 3.5.Kolon-kiriş birleşim numunelerinin kalıpları	20
Şekil 3.6.Silindirik numunelerin kür havuzundaki görüntüleri	21
Şekil 3.7.Kolon-kiriş numunelerinin kürü	21
Şekil 3.8.Dijital pres	22
Şekil 3.9.Üniversal test aleti	23
Şekil 3.10.Akmaya başlamış numune	24
Şekil 3.11.Çekilmiş numuneler	24
Şekil 4.1.Deney düzeneği (yandan)	25
Şekil 4.2.Deney düzeneği (perspektif)	26
Şekil 4.3.Eksenel yükün ana çerçeveye aktarılması	27
Şekil 4.4.Sistem görünüşü	27
Şekil 4.5.Ana çerçeve kesitleri	28
Şekil 4.6.Mesnetler	29



Şekil 4.7.Mesnetlerin bağlanmış hali	29
Şekil 4.8.Elle kumandalı hidrolik pompa	30
Şekil 4.9.Hidrolik liftin sistemdeki konumu	31
Şekil 4.10.Yatay yük veren sistemin şematik görünüşü	32
Şekil 4.11.Yatay yük veren sistem (yandan)	33
Şekil 4.12.Yatay yük veren sistemden detay görünüşü	33
Şekil 4.13.Yatay yük veren sistemin perspektif görünüşü	34
Şekil 4.14.Elektrikli pompa ve vanalar	34
Şekil 4.15.Data-logger	35
Şekil 4.16.Kiriş Başlığı	36
Şekil 4.17.Kiriş başlığı	36
Şekil 4.18.Kiriş başlığı	37
Şekil 5.1.Kolon-Kiriş birleşim bölgesi	38
Şekil 5.2.Etriyeli birleşim	39
Şekil 5.3.Etriyesiz birleşim	40
Şekil 5.4.Fiberli birleşim	40
Şekil 5.5.Başlık levhaları	41
Şekil 5.6.Kiriş kırılma yüküne göre( $M^{tm}$ )	43
Şekil 5.7.Yerdeğiştirme ölçerler(LVDT)	45
Şekil 5.8.Yerdeğiştirme ölçerlerin yerleşim planı	45
Şekil 5.9.Kolon başlığı üzerine yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerler	46
Şekil 5.10.Kiriş üzerine yerleştirilen yer değiştirme ölçerler	46
Şekil 5.11.Gövdeye yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerler	47
Şekil 5.12.Yerdeğiştirme ölçerler(numuneye bağlanmış hali)	47
Şekil 5.13.Yerdeğiştirme ölçerlerin bağlanmış hali	48

Şekil 6.1.Deney No1 'de oluşan çatlaklar	50
Şekil 6.2.Birleşimin parçalanmış hali	50
Şekil 6.3.Deney No2 'de oluşan çatlaklar	51
Şekil 6.4.Deney No2 'de oluşan çatlaklar	52
Şekil 6.5.Deney No3 'de oluşan çatlaklar	53
Şekil 6.6.Deney No3 'e ait çatlak görüntüleri	53
Şekil 6.7.Deney No4 'te oluşan çatlaklar	54
Şekil 6.8.Deney No4 'de oluşan çatlaklar	55
Şekil 6.9.Deney No5 'e ait görüntüler	56
Şekil 6.10.Deney No5 'de oluşan çatlaklar	56
Şekil 6.11.Yük-Deplasman Grafiklerinin modellenmesi	58
Şekil 6.12.Deney No1 için Yük-Deplasman Grafiği	59
Şekil 6.13.Deney No2 için Yük-Deplasman Grafiği	60
Şekil 6.14.Deney No3 için Yük-Deplasman Grafiği	61
Şekil 6.15.Deney No4 için Yük-Deplasman Grafiği	62
Şekil 6.16.Deney No5 için Yük-Deplasman Grafiği	63
Şekil 6.17.Enerji yutma kapasitelerinin modellenmesi	64
Şekil 6.18.Moment – Dönme Grafiğinin modellenmesi	66
Şekil 6.19.Deney No 1 için Moment-Dönme Grafiği	67
Şekil 6.20.Deney No2 için Moment-Dönme Grafiği	68
Şekil 6.21.Deney No3 için Moment-Dönme Grafiği	69
Şekil 6.22.Deney No4 için Moment-Dönme Grafiği	70
Şekil 6.23.Deney No5 için Moment-Dönme Grafiği	71

TABLO LİSTESİ	SAYFA NO
Tablo 3.1. Beton hazırlanmasında kullanılan malzeme miktarı	14
Tablo 3.2.Çimento Özellikleri	16
Tablo 3.3.Beton basınç mukavemetleri	19
Tablo 3.4.Çalışmada kullanılan çeliklerin ortalama mekanik özellikleri	23
Tablo 6.1.Enerji yutma kapasiteleri	65

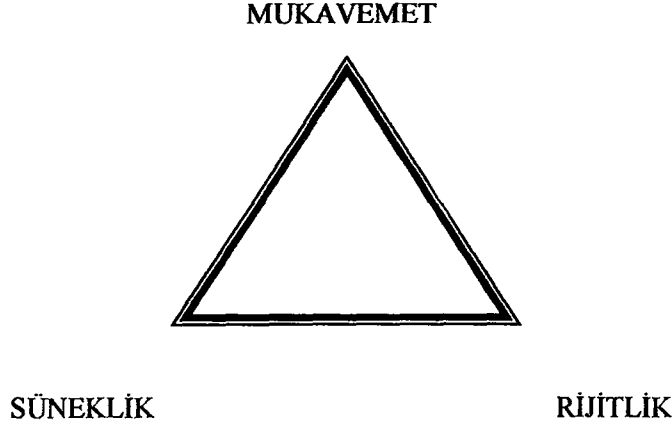


## 1. GİRİŞ

Ülkemiz iki aktif deprem kuşağından biri olan Alp deprem kuşağında yer almaktadır. Doğal olarak sık ve sonuçları bakımından son derece üzücü depremlere sahne olmaktadır. Son 10 yılda Erzincan (1992) , Dinar (1995) ve Adana (1998) depremleri üzücü sonuçlara sebep olmuştur.

Büyük depremlerle ilgili deneyimler, büyük sarsıntılara maruz kalan betonarme yapıların çeşitli ölçülerde hasara uğradıklarını yada göçtüğünü göstermiştir. Betonarme karkas yapılarda sonuçları yapının göçmesine kadar uzanan hatalar kimi zaman proje , kimi zaman malzeme ve çoğunlukla projeye uygun olarak yapılmayan donatı detaylarından kaynaklanmaktadır . Betonarme karkas yapılarda sık sık yapılan hataların başında kolon kiriş birleşim bölgesinde kolon yada kirişte devam etmesi gereken etriyelerin birleşim bölgesine yerleştirilememesidir . Yapı denetiminin başlı başına bir sorun olduğu ülkemizde şartnameler çoğunlukla gözardı edilmekte, hatta bir çok bina herhangi bir dış etki olmaksızın kendiliğinden göçebilmekte veya hasar görmektedir .

Şartnamelere göre betonarme hesapları yapılırken genel olarak Şekil 1.1` deki prensiplere uyulur. Yapı elemanının ya sünek, ya mukavemetli yada rijit olması istenir . Mukavemetin ön plana çıkması sıkı şekilde malzeme denetimi gerektirdiği için ülkemizde uygulanması oldukça güçtür . Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (ABYYHY 1997) genel yaklaşımı bakımından yapının sünekliğini artırarak deprem sırasında binanın göçmesini engellemeyi amaçlar . Her aşamada süneklik kontrolü yapılarak olumsuz sonuçlanırsa rijitliğin artırılması yoluna gidilir . Betonarme karkas yapılar için bu yaklaşım kritik kolon kiriş birleşim bölgelerinde donatı detayları ile sünekliğin sağlanmasını gerektirmektedir . Genellikle sünekliği artırmak için yeteri kadar donatı kullanılarak, plastik mafsallın kirişlerde kolon yüzüne yakın bölgede oluşması sağlanmaya çalışılır . Kısaca kolonun taşıma kapasitesinin kirişin taşıma kapasitesinden fazla olması istenir, böylece hasar kirişte meydana gelecektir



Şekil 1.1 Yük Taşıma Üçgeni(Şartnamelerin Hazırlanma Mantığı)

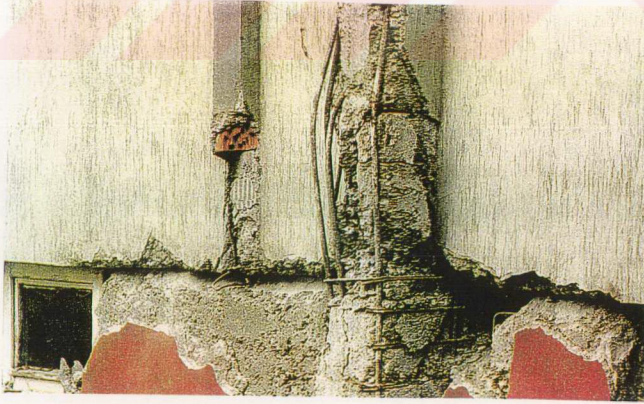
Büyük depremler sırasında yön değiştiren şiddetli yüklemelere maruz kalan bir yapının dayanma gücüne ve performansına , iyi tasarlanmamış kolon kiriş birleşimleri önemli ölçüde etki etmektedir . Düğümlerdeki hasar binanın ayakta kalmasına veya yıkılmasına önemli ölçüde etki eder .

Şartname her ne kadar kolon yada kirişte etriyelerin birleşim bölgesinde devam etmesini ve sıklaştırılmasını istese de pratik uygulamalarda donatının bu bölgelere yerleştirilmesi işçilik açısından oldukça zor kimi zaman ise imkansızdır . Kolon ve kiriş donatılarının aynı yerde yoğunlaşması etriye yerleştirilmesini, sağlıklı bir denetim mekanizmasının bulunmamasından dolayı, sırasıyla işçi, taşeron veya müteahhidin inisiyatifine bırakmaktadır . Donatı detayı uygulansa bile kimi zaman, birleşim bölgesindeki betonun yerleştirilmesinde problem yaşanmaktadır . Sonuçları ise yakın tarihimizde Erzincan(1992), Dinar(1995) ve son olarak Adana (1998) depremlerinde açıkça görülmektedir .

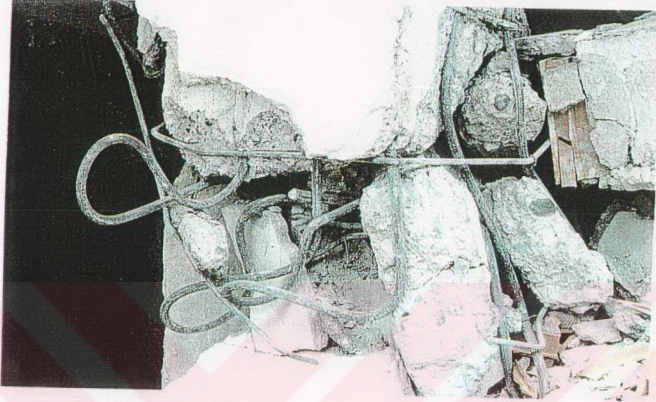
Bu çalışmada donatı yerleştirme zorluğu, maliyeti ile işçilik hatalarının minimize edilmesi gözönünde tutularak etriyeli ve etriyesiz birleşim bölgesine sahip birebir modellerin taşıma kapasiteleri karşılaştırılmış ve alternatif olarak birleşim bölgesindeki betona sırasıyla 20 kg/m<sup>3</sup>, 30kg/m<sup>3</sup> ve 40 kg/m<sup>3</sup> çelik tel (fiber) ilave edilerek gerekli olan sünekliliğin ve mukavemetin sağlanabilmesi amaçlanmış ve çelik tellerin etriye yerine kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır .



Şekil 1.2. Kolon kiriş birleşim bölgesi hasarı(Erzincan 1992)



Şekil 1.3. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde etriye süreksizliği (Erzincan 1992)



Şekil 1.4. Depremde hasar görmüş kolon-kiriş birleşim bölgesi(Erzincan 1992)

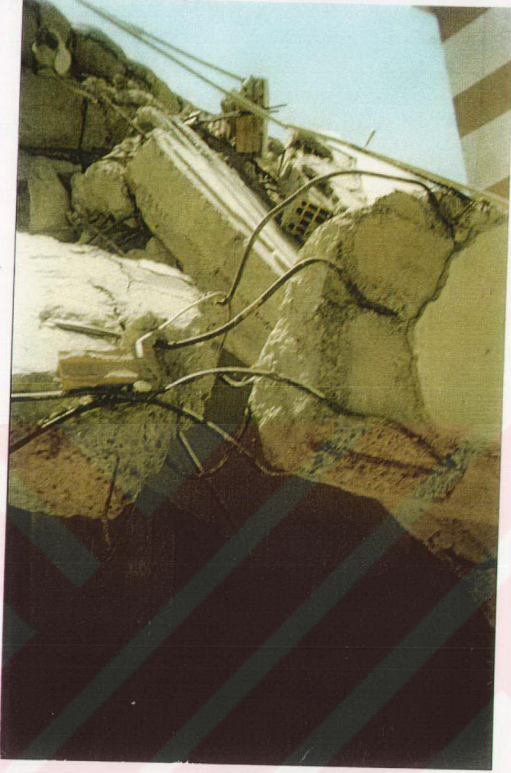


Şekil 1.5. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı sonucu yıkılmış bina(Adana 1998)



Şekil 1.6. Depremde hasar görmüş kolon-kiriş birleşim bölgesi (Adana 1998)





Şekil 1.7. Depremde hasar görmüş kolon-kiriş birleşim bölgesi (Adana 1998)

## 2 . KAYNAK ARAŞTIRMASI

1-Khaled S. Soubra, James K. Wight ve Antonie E. Naaman (ACI March –April 1991) yaptıkları çalışmada 6 adet Prefabrik kiriş numunesini fiberli beton kullanarak eklemişler ve sonuçta normal beton kullanılarak yapılan düğümlerden daha sünek ve enerji emme kapasitesi yönünden daha iyi olduklarını bulmuşlardır.

2- Andree Filialtrault ve ark. (ACI September- October 1995) yaptıkları çalışmada 3 adet 1/1 ölçeğinde i kolon kiriş numunesini teste tabi tutmuşlardır. Çalışmadaki ilk örnekte deprem şartnameleri gözardı edilmiş , ikinci örnekte deprem şartnamelerine uyulmuş , üçüncüsünde ise ilk örnekteki birleşim bölgesine kancalı fiber eklenmiştir . Sonuçta elik fiberlerin köprü vazifesi görerek betonun dağılmasını önlediğini , kayma mukavemetini artırdığını görmüşlerdir.

3- Andree Filialtrault ve ark. (ACI September-October 1994) yaptıkları çalışmada 4 adet numuneyi teste tabi tutmuşlardır. Deprem şartnamesine göre hazırlanan numuneye eşdeğer mukavemeti birleşim bölgesinde fiber kullandıkları numunelerde görmüşlerdir. Sonuçta fiberlerin birleşim bölgesinde sarılma donatısı yerine geçebileceği sonucuna varmışlardır.

4-Roop L.Jindal ve Kamal A Hassan ( SP 81-5) Çalışmalarında 6 adet 2 açıklıklı sürekli kirişlerde birleşim bölgelerinde fiber kullanarak bunu standart numunelerle karşılaştırmışlar ve sonuçta fiberlerin sünekliğe faydalarını ifade etmişlerdir.

5-Craig R.John ve Ark. (SP 81-6) 10 adet kolon kiriş birleşimini şartnameye uygun ve şartnamenin istediği etriye sayısından daha düşük etriye sayısı ile imal etmişler ve sonuçta çelik lifli betonun kesme kapasitesini artırdığını , daha az hasar gördüğünü , daha rijid olduğunu , kritik bölgelerde sade betondan daha iyi olduğunu gördüler.



### 3 . MALZEMELER

#### 3.1. Lifli Beton

Hidrolik çimento , agrega ve çoğunlukla süreksiz dağılmış liflerden oluşan betona “lifli beton” denilmektedir .(ACI 1973),(Fiber Concrete M.S. 1978)

Yüzyıllardır güneşte pişmiş toprakta ardından asbestli borularda ve çağımızda birçok endüstriyel malzemede kullanılan liflerin betonarmede kullanılması ise son 20 yılda başlamıştır.

Lifin kesin tanımı yapılamamaktadır. Amerikan Beton Enstitüsü (ACI), lifi tanımlayan en uygun nümerik parametrenin “boy/çap” oranı olduğunu ileri sürmektedir. “boy/çap” oranı lif uzunluğunun eşdeğer lif çapına bölünmesiyle elde edilen orandır. “Eşdeğer lif çapı” ise, alanı lifin kesit alanına eşit bir dairenin çapı olarak tarif edilir. Bazı liflerin uzunlukları arttıkça, çaplarının farklılaşması, bazı liflerin demet şeklinde olması sınıflamayı yalnızca “boy-çap oranına” göre yapmayı mümkün kılmaktadır. (ACI 1973)

Lifli beton malzemelerde matriksin fonksiyonu lifleri bir arada tutmak , onları korumak ve liflere veya liflerden gerilme transferini sağlamaktır. (Fiber Concrete M.S. 1978)

##### 3.1.1. Lif Türleri

Lifin, asbest, karbon, polipropilen, naylon, keten, kenevir, cam yünü ve çelik gibi çeşitleri mevcuttur . Çapları 0.1’den 500 mikrona kadar değişebilmektedir . (ACI 1973),( Fiber Concrete M.S. 1978),(Atan ve Uyan 1979).

### 3.1.2. Lifli Betonun Üstünlükleri

Günümüze kadar lifli normal betonlar üzerinde çok araştırmalar yapılmış ve lifin beton özellikleri üzerinde çok olumlu sonuçlar verdiği deneylerle tespit edilmiştir. Özellikle liflerin betonun eğilme mukavemeti ile enerji yutma kapasitesinde artış sağladığı deneylerle tespit edilmiştir .

Ayrıca çekme mukavemetinde de dikkate değer bir artış sağlanabilmektedir. Bunlara nazaran kullanılan lifin miktarına bağlı olmakla birlikte liflerin betonun basınç mukavemetine fazla etki etmediği gözlenmiştir.

Craig (1986) betona lif ilave etmekle :

- Eğer yeterince aderansı sağlayacak lif varsa ani kırılmaların önüne geçileceğini,
- Elemanın kesme kapasitesini artıracığını,
- Sünekliğini artıracığını,
- Betonarmede aderansı artıracığını,
- Oluşan gerilmeleri dağıtarak çatlakları küçülteceği ve kontrol altında tutacağını,
- Ani patlama ve kırılmaların önüne geçeceğini,
- Betonun darbe dayanımını artıracığını,

belirtmektedir.

Craig (1984) başka bir makalesinde lifli betonlarla ilgili aşağıdaki açıklamalarda da bulunmuştur:

- Lif eğilme momenti kapasitesini artırmaktadır,
- Malzemenin çekme gerilme dayanımını artırmaktadır,
- Rijitliği sağlamaktadır,

- Kirişin yapısal bütünlüğünü koruyarak, normal betonarme betonu ile yapılmış kirişteki hesaplanan kırılma yüklerini artırmaktadır.

Donatılı veya donatısız lifli beton kirişlere uygulanan burulma testleri göstermiştir ki : (Craig 1984)

- Lif kirişin burulma rijitliğini arttırmakta,
- Hesaplanan burulma kapasitesini arttırmakta,
- Çatlak genişliklerini azaltarak çatlak miktarını arttırmakta,
- Betonu bir arada tutarak beton kesitin parçalanmaya karşı direncini arttırmakta,
- Çatlama süresini arttırmakta,
- Sünekliği arttırmakta,
- Elemanın dönme kapasitesini arttırmaktadır .

Yapılan araştırmalardan da görüleceği gibi normal bir beton kirişe eklenen lif kirişin kesme kapasitesini %30 ile %100 arasında artırabilmektedir, diğer yandan çelik lif, düşey kayma donatılarına göre daha çok üstünlüklere sahiptirler .Bunlar (Craig 1984):

- Çelik lifler beton hacim içerisinde çok daha iyi bir yayılma yapabilir,
- Kirişlerin eğilmede çekme gerilmesi kapasitesi çelik lif tarafından artırılabilir,
- Kayma sürtünme mukavemeti artırılabilir.

Çelik lifli betonların kullanılabilceği alanlar için ise Craig (1984) aşağıdaki uygulama alanlarını önermekte ve kullanıldığını ifade etmektedir :

- Sıcaklığa karşı dayanım istenen alanlarda (refraktör betonu vb.),
- Kaldırım betonlarında,
- Kaplama betonlarında (tünel vb.),

- Yama betonlarında,
- Su yapılarında,
- İnce kabuklarda,
- Kaya sevi stabilizasyon problemlerinde,
- Tünel inşaatında,
- Bazı prekast imalatlarında,
- Ayrıca havaalanlarında , beton boru imalatında,
- Normal donatının kullanılarak problemin çözülemediği yerler olarak

sıralanabilir .

Bunun gibi birçok kullanım alanı bulunan fiberler zaman geçtikçe betonarme yapı elemanlarında daha sık ve geniş bir yelpazede kullanılacaktır .

Saroushian ve Bayasi (1991) yaptıkları deneysel bir çalışmada lif tipinin çelik lifli betonarme betonla olan etkileşimini incelemişlerdir . Bu çalışma çok değişik lif tipleriyle yapılmış olup elde edilen sonuçlara göre lif tipinin betonun genel yapısına ne gibi etkiler getirdiğini ortaya çıkaran bir çalışmadır . Bu çalışmada kullanılan lif tipleri; düz-yuvarlak , dalgalı-yuvarlak , dalgalı-dikdörtgen,çengelli-tekli , çengelli-birleşik liflerdir . Uzunluğun çapa oranı ise düz yuvarlak lifte %75 , çengelli birleşik lifte ise %60 olarak kullanılmış ve bütün üretimlerde lif yüzdesi hacmin %2'si olarak sabitlenmiştir .

Taze lifli karışımlar çökme testine , vebe testine ve genel halde işlenebilirliğine bakarak bir sonuca gidilmiştir . Diğer yandan sertleşmiş betonda ise basınç ve deformasyon ilişkileri incelenerek bir sonuca gidilmiştir.

Lifli taze betonda genel işlenebilirliğin genel lif tipinden bağımsız olduğu saptanmış , betonun çengelli liflerle diğer lif tiplerine göre eğilme ve basınç davranışlarındaki olumlu artışlarda çok daha fazla etkili olduğu gözlenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmanın sonucunda şu sonuçlar çıkartılmıştır:

- Taze betona lif ilave etmek betonun işlenebilirliğini azaltmaktadır . Bu etki

yüksek uzunluk/çap oranında daha belirgin olarak ortaya çıkmakta, taze betonda işlenebilirlik lif tipinden bağımsız olmakla farklı bir etki yapmamaktadır . Fakat yalnızca dalgalı liflerin çökme değerleri diğer liflerden biraz yüksek görünmektedir .

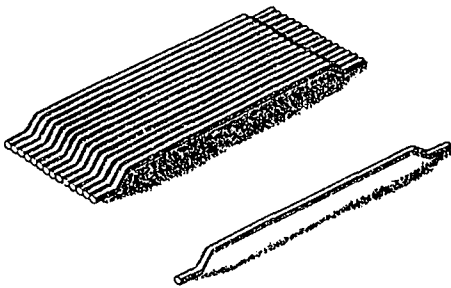
- Uzunluk/çap oranı 60 ve hacimce %2 fiber ihtiva eden bir karışımda

çengelli liflerin eğilme mukavemeti ve enerji depolama kapasitelerinin diğer liflere göre daha fazla olduğu saptanmıştır .

- Çengelli lifler diğer düz ve dalgalı liflere göre betonun basınç altındaki

post-peak enerji depolama kapasitesindeki yükselişe çok daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır . Lifin betonun basınç mukavemetine etkisinin oldukça çok az olduğu gözlenmiş ve değişik liflerde de bu değişmemiştir .

Bu yüzden bu çalışmada birleşim bölgesinde etriye yerine 3 farklı oranda (20 kg/m<sup>3</sup> , 30 kg/m<sup>3</sup> , 40 kg/m<sup>3</sup>) kancalı çelik tel (fiber) ihtiva eden beton kullanılmıştır . Türkiye’de BEKSA tarafından pazarlanan 60mm uzunluğunda , 0,8 mm çapında BEKAERT tarafından üretilen ZC 60/80 kodlu DRAMİX çelik tel (Fiber) kullanılmıştır . Tellerin boy/çap (l/d) oranı 60 olup çekme mukavemeti 1700N/mm<sup>2</sup>’den küçüktür . Üretim esnasında bu lif kümeleri su ile karıştırılınca yapıştırıcı kısımların çözülmesi ile tel lif halinde üretimin her tarafına dağılabilmektedir. Çelik telli beton Şekil 3.1’ de ve çelik teller Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çelik teller (fiberler)





Şekil 3.2. Çelik tel (fiber) karıştırılmış taze beton

### 3.2. Beton Karışımları

Bu 5 deneyde kullanılan betonun amaç mukavemeti  $200 \text{ kgf/cm}^2$  'dir . Karışım oranları Tablo 3.1'de verilmiştir.

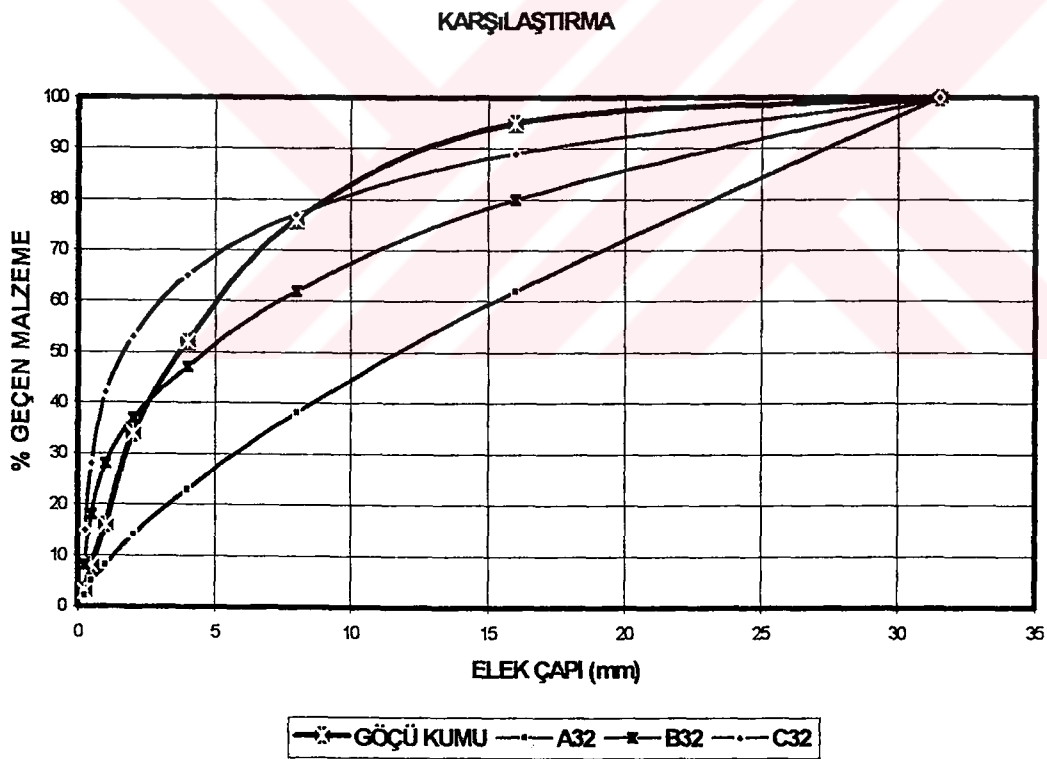
Tablo 3.1. Beton hazırlanmasında kullanılan malzeme miktarları

Malzeme	Miktar (kg/m <sup>3</sup> )
Çelik tel (fiber)	0 , 20 , 30 , 40
Doğal Kum	1773
Çimento	350
Su	187

### 3.2.1. Agregâ Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan agregâ Konya civarında bulunan Göçü kum ocağından temin edilmiştir . Konya yöresinde yapılan ve yapılmakta olan birçok inşaatta beton kumu olarak kullanılmaktadır .

Göçü kum ocağı , Konya' ya 30 km uzaklıkta Adana yolu istikametindeki Göçü Köyünde bulunan tabii bir kum ocağıdır . Buradan elde edilen beton agregasının TS 3529'a göre bulunan sıkışık birim ağırlığı  $1720 \text{ kg/m}^3$ , gevşek birim ağırlığı  $1450 \text{ kg/m}^3$ , su emme oranı %1'dir . Granülometri eğrisi Şekil 3.3'de TS 130 ile verilen değerlerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir . Beton kumu olarak kullanılmasında mahsur olmadığı görülür.



Şekil 3.3. TS 130 ile Göçü Kumunun Karşılaştırılması

### 3.2.2. Çimento Özellikleri

Kullanılan çimento Konya Çimento Fabrikası tarafından üretilen KPÇ 32,5 tipi Katkılı Portland Çimentosu olup 50'şer kg.lık torbalar halinde getirilmiştir.

Tablo 3.2'de TS 19' la karşılaştırmalı olarak çimentoya ait değerler verilmiş olup çimento TS.19'a uygundur.

### 3.2.3. Karma suyu

Kullanılan karma suyu Yükselen kasabasından elde edilen S.Ü. Alaaddin Keykubat Kampüsü şebeke suyu olup içilebilir özellikte ve Fr.18 sertliğindedir.

Tablo 3.2. Çimento Özellikleri

İstenen Özellik	TS19 Değerleri	Araştırmada Kullanılan Çimento Değerleri
Kükürtdioksit(SO <sub>3</sub> ) En çok %	3,50	3,45
Magnezyumoksit(Mgo) En çok %	5,00	2,07
Sızdırma Kaybı En çok %	4,00	1,99
Çözünmeyen Kalıntı En çok %	10,00	8,64
Priz Başlama Süresi	≥ 1 saat	1 saat 16 dakika
Priz Sona Erme Süresi	≤ 10 saat	4 saat 26 dakika
Hacim Genişlemesi	≤ 10 mm	4mm
200 mikron elek üzerinde kalan	≤ % 1,0	%0,4
90 mikron elek üzerinde kalan	≤ % 14,0	%9,1
Özgül Yüzey	≥ % 2400 cm <sup>2</sup> /g	2900 cm <sup>2</sup> /g
Basınç Dayanımları(kg/cm <sup>2</sup> ) 7 gün	210	228
Basınç Dayanımları 28 gün	325	348
Eğilmede Çekme Day. (kg/cm <sup>2</sup> ) 7 Gün	40	49
Eğilmede Çekme Day. (kg/cm <sup>2</sup> ) 28 Gün	55	65

### 3.2.4. Beton Karışımı Hesabı

Bu çalışmadaki beton bileşim hesaplarında da temel yöntemlerden olan mutlak hacim yöntemi kullanılmıştır. Burada;

C: 1m<sup>3</sup> yerleşmiş betondaki çimento miktarı (kg)

E: 1m<sup>3</sup> yerleşmiş betondaki suyun hacmi (dm<sup>3</sup>)

$\delta_c$ : Çimentonun özgül ağırlığı ( 3,15 kg/dm<sup>3</sup>)

$\delta_a$ : ( i ) agregasının birim hacim ağırlığı, ( 2,6 kg/dm<sup>3</sup>) -

P<sub>i</sub>: ( i ) agreganın karışım yüzdesi

E/C: Etkin su / çimento oranı (ağırlıkça)

h: 1m<sup>3</sup> yerleşmiş betondaki hava hacmi (20 dm<sup>3</sup>)

olduğuna göre,

$$\text{İncelik Modülü } k = \frac{97 + 92 + 84 + 66 + 48 + 24 + 5 + 0}{100} = \frac{416}{100}$$

$$k=4,16$$

Su Miktarı

$$E = \alpha (10 - k_k) \quad 31 < \alpha < 33 \rightarrow \alpha = 32$$

$$E = 32 (10 - 4,16) = 187 \text{ kg}$$

Hedef Mukavemet BS20 (26 N/mm<sup>2</sup>) ise ;

$$f_c = (f_{cc}/K_G) * (C/E)^2$$

$$26 = (32,5/4) * (C/E)^2 \rightarrow (C/E) = 1,79$$

$$E=187 \text{ kg} \rightarrow C=334 \text{ kg/m}^3 \quad C = 350 \text{ kg/m}^3 \quad \text{seçelim}$$

$$V_a = 1000 - (C / \delta_c + E + h) \rightarrow$$

$$V_a = 1000 - (350/3,15 + 187 + 20)$$

$V_a = 682$  kg bulunur.

$G_i=(i)$  agregasının ağırlığı ise, karışım şöyle elde edilebilir.

$$G_i = V_a * P_i * \delta_{ai}$$

$$G_i = 682 * 1,0 * 2,6$$

$$G_i = 1773 \text{ kg/m}^3 =$$

Sonuç Olarak

1773 kg/m<sup>3</sup> Agregat

350 kg/m<sup>3</sup> Çimento

187 kg/m<sup>3</sup> Su

### 3.2.5. Beton Üretimi ve Bakımı

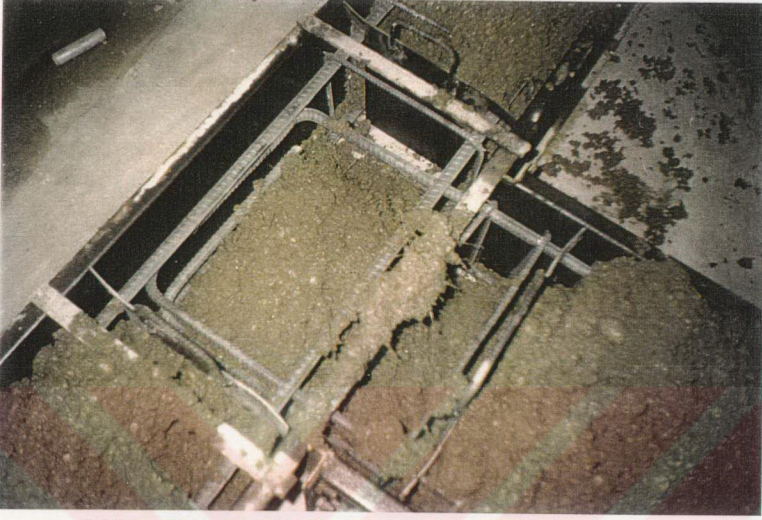
Deneilerde kullanılan bütün betonlar, laboratuvar şartlarında ve elle karıştırılarak üretilmiştir . Beton dökümü yatayda yapılmış olup normal uygulamayla aynı yönde olmamıştır . Bundan doğacak sorunlar gözardı edilmiştir . Fiberli beton yerleştirilirken ayırıcı yerleştirilmiş ve daha sonra bu ayırıcılar çekilerek vibratör yardımıyla da betonun kaynaşması sağlanmıştır (Şekil 3.4 ) . Bütün malzemeler karıştırılarak üç defa kuru harman yapılmış ardından yavaşça su eklenerek üç defa daha harmanlanmıştır. Beton kalıplara vibratör yardımıyla yerleştirilmiştir . Çökme değerleri 5-8 cm arasında değişmektedir. Herhangi bir akışkanlaştırıcı katkı kullanılmamıştır. Şekil 3.5’de kolon-kiriş birleşim numunelerinin kalıpları görülmektedir . Her dökümden dört adet  $\phi 15/30$  silindirik numune alınarak ikisi 7 günlük , ikisi 28 günlük iken kırılmıştır . Numuneler 7 gün kür havuzunda bekletildikten sonra 21. güne kadar ıslak çuvallara sarılmıştır . Şekil 3.6’da alınan beton numunelerin kür havuzundaki görüntüleri verilmektedir. Birleşim numuneleri ise ıslak çuvallar yardımıyla kürlenmiştir (Şekil 3.7).

Fiberler ise taze harca ayrı bir kaptaki eklenmiştir. Fiberlerin betona karışması için matkap ve ucuna takılan bir aparat kullanılmıştır. Çökme değerleri 3-6 cm arasındadır. Fiberlerin beton içerisindeki miktarı arttıkça işlenebilirliğin azaldığı gözlenmiştir. Özellikle 40 kg/m<sup>3</sup> fiber oranında işlenebilirlik oldukça azalmış olup daha yüksek fiber oranları kullanıldığında akışkanlaştırıcı kullanılması betonun yerleştirilmesini kolay hale getirecektir.

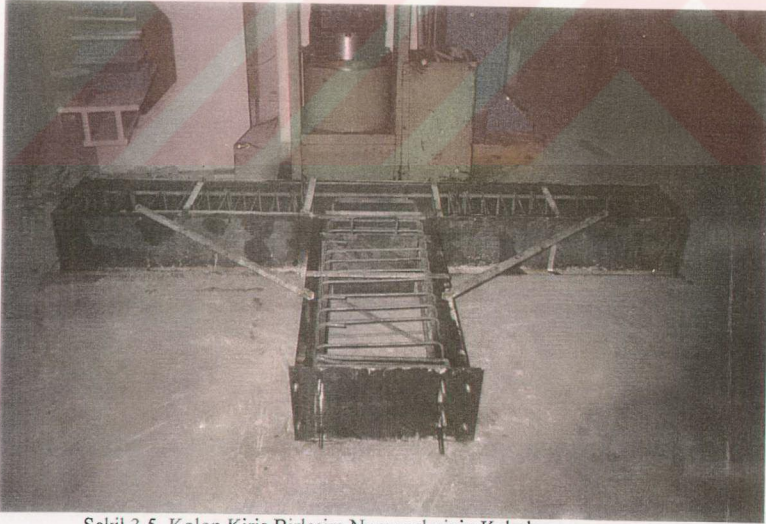
Üretilen betonların basınç mukavemetleri Şekil 3.8'de görülen dijital basınç presi yardımıyla bulunmuştur. Bulunan basınç mukavemeti değerleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Beton Basınç Mukavemetleri

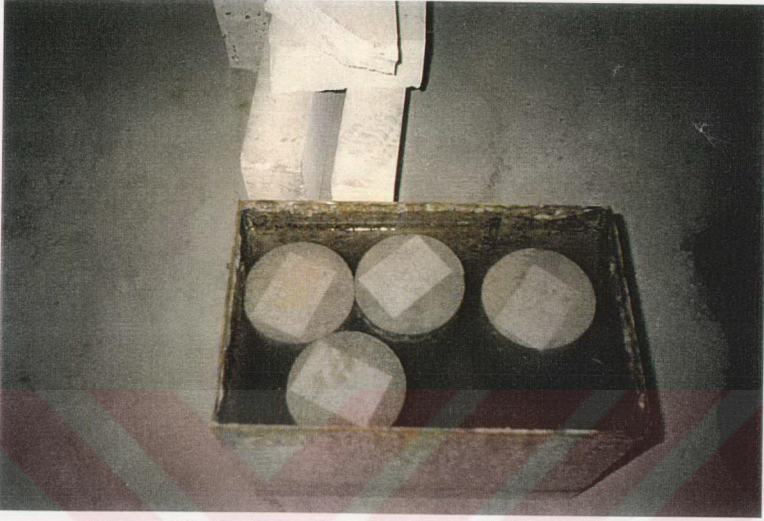
Numune No	7 Günlük Ortalama Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 Günlük Ortalama Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	143,6	215
2	145	218
3	144	212
4	144,5	220
5	144	210
Ortalama	144	215



Şekil 3.4. Kolon-Kiriş birleşim bölgesinin betonlanması ve ayırıcılar



Şekil 3.5. Kolon Kiriş Birleşim Numunelerinin Karkası

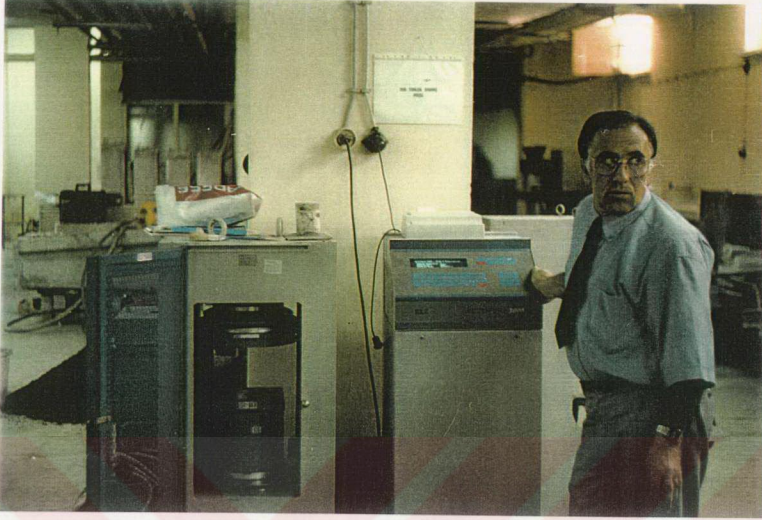


Şekil 3.6. Silindirik Numunelerin Kür Havuzundaki Görüntüleri



Şekil 3.7. Kolon-Kiriş Birleşim Numunelerinin Kürü





Şekil 3.8.Dijital Pres

### 3.3. Donatı

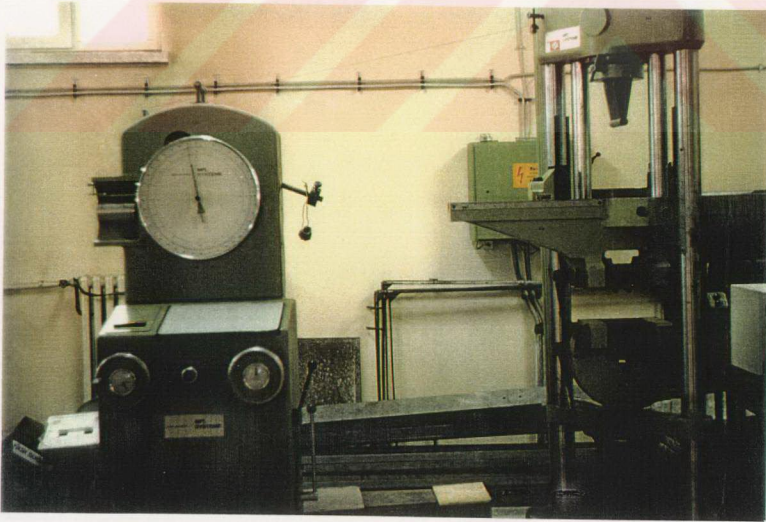
Bu modelde kullanılan amaç beton sınıfı BS20'dir . İmal edilen kolon giriş birleşim numunelerinde boyuna ve enine donatı olarak TS 500'de verilen ve TS 708'e uygun nervürlü çelik çubuklar kullanılmıştır . BÇIII çelik çubuklarının çapları etriyelerde 8 mm boyuna donatılarda 12,14 ve 16 mm olarak seçilmiştir . Kullanılan donatılardan etriyelerde dahil olmak üzere her bir çap için 3'er adet numune Üniversal çekme aletinde TS 138 Yönetmeliğine uygun olarak çelik çekme testlerine tabi tutulmuştur . Elde edilen sonuçlar Tablo 3.4'de verilmiştir .

Şekil 3.9'da universal çekme deneyi aleti görülmektedir . Şekil 3.10'de çekilen numune akma sırasında görülmektedir . Şekil 3.11'de çekilen numunelerin bir kısmı verilmiştir.

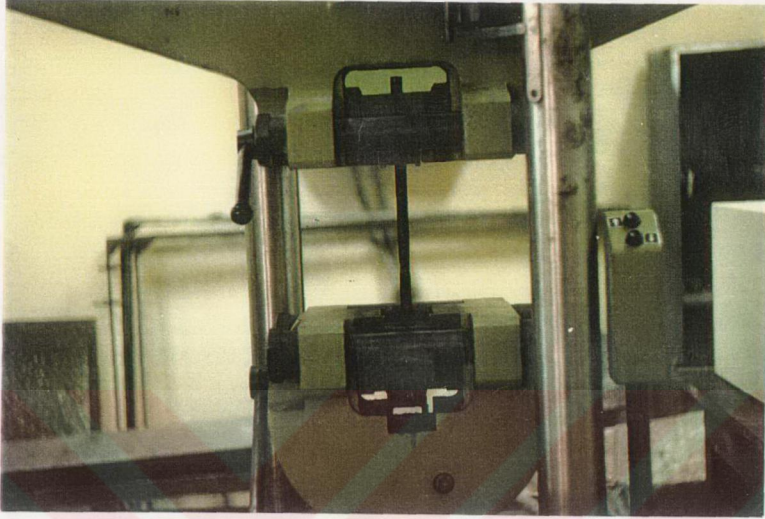
BÇIII tipi donatı kullanılmasının sebebi çelik kalitesi ve aderansının yüksek olmasının yanı sıra beton kalitesiyle birlikte değerlendirildiğinde ekonomik oluşudur.

Tablo 3.4. Çalışmada Kullanılan Çeliklerin Ortalama Mekanik Özellikleri

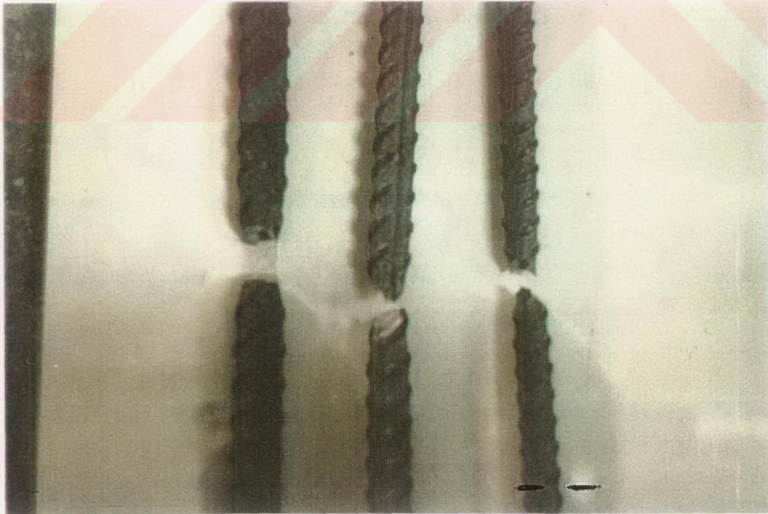
Numune No	Anma Çapı(mm)	Ölçüm Çapı(mm)	Kesit Alanı(mm <sup>2</sup> )	Akma Gerilmesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Çekme Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	Toplam Kopma Uzama Oranı(%)
1	12,0	12,1	114,93	4232	5374	25
2	14,0	14,1	156,07	4327	5417	23
3	16,0	16,2	206,02	4524	5545	21
Ortalama				4361	5445	23



Şekil 3.9. Universal Test Aleti



Şekil 3.10. Akmaya Başlamış Numune



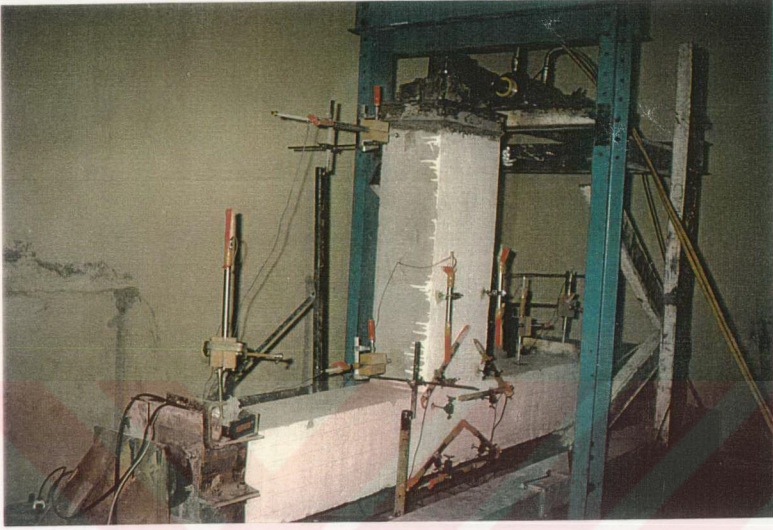
Şekil 3.11. Çekilmiş Numuneler

#### 4. DENEY DÜZENEGİ

Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarlarında yatay yük çerçevesi bulunmadığı için bir adet eğilme çerçevesi yatay yük verebilecek şekilde yeniden düzenlenmiştir. Sistem ana çerçeve, mesnetler, kolonlara 15 ton eksenel kuvvet veren sistem, kirişe yatay yük verebilen ve verilen yükü okumaya imkan veren sistem ve kiriş başlığı olarak altı ana kısımda incelenebilir. Düzenek Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 'de verilmiştir.



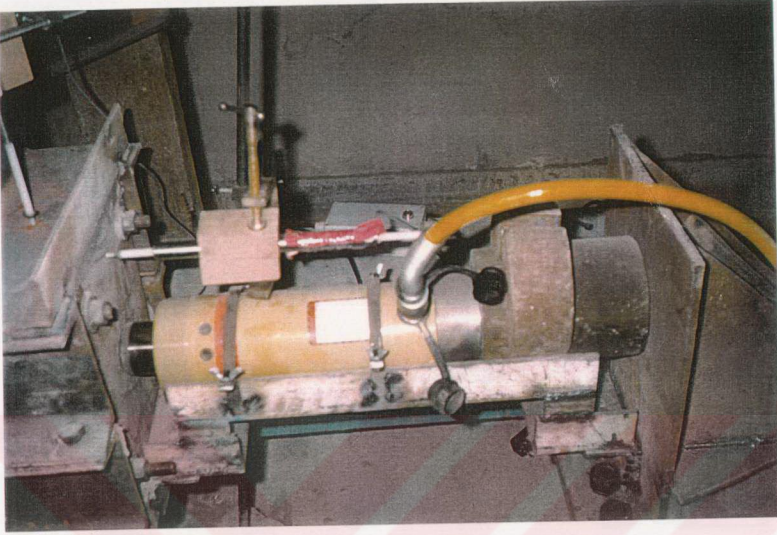
Şekil 4.1 DeneY Düzenegİ ( Yandan görünüş)



Şekil 4.2 Deney Düzenegi (Perspektif görünüşü)

#### 4.1. Ana Çerçeve

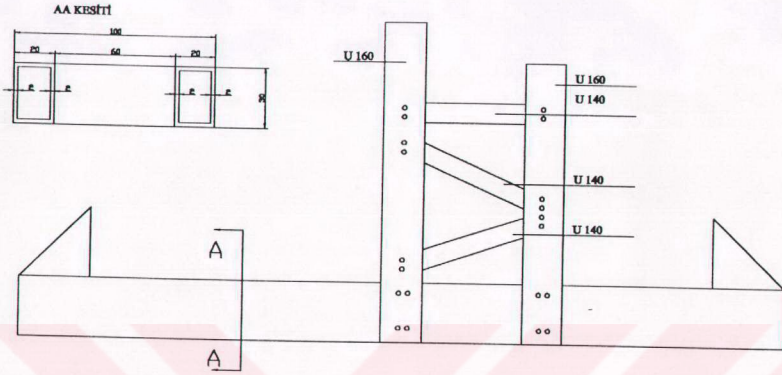
Ana çerçeve kutu kesitli ana taşıyıcı ve yatay yükü ana taşıyıcıya aktaran kafes sistem ile aksel yükü ana taşıyıcıya aktaran sistemden oluşur (Şekil 4.3) . Kafes sistemin ana gövdeye bağlantıları ve kafes çubuk bağlantıları bulonlar vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir . Çerçeve Şekil 4.4 'te verilmiş olup sistem kesitleri Şekil 4.5' te verilmiştir .



Şekil 4.3 Eksenel yükün ana çerçeveye aktarılması



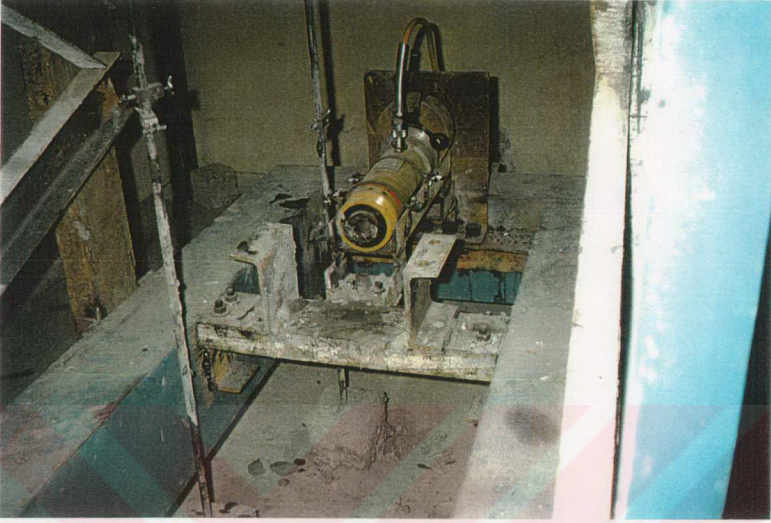
Şekil 4.4. Sistem görünüşü



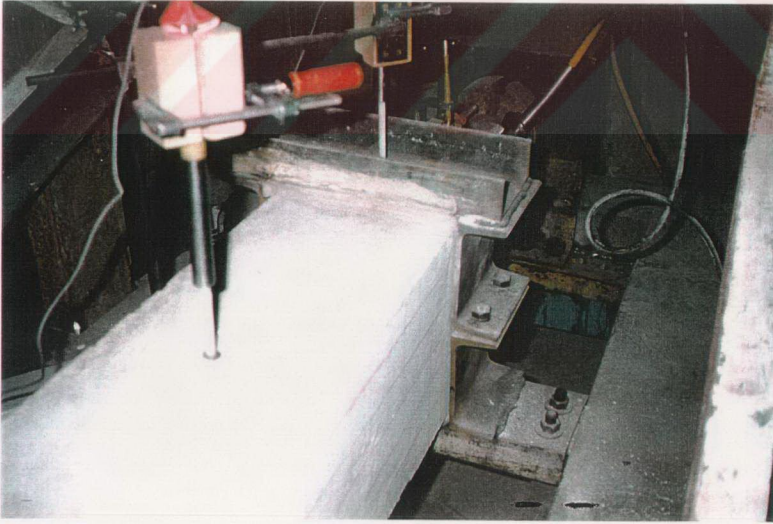
Şekil 4.5. Ana Çerçeve Kesitleri

#### 4.2. Mesnetler

Mesnetler ana taşıyıcının her iki tarafına yerleştirilmiştir . Mesnetin altında ve üstünde U140' lık profil kullanılmıştır, dolayısıyla genişliği 14 cm dir. Bu profillere uzunlamasına 0.5 cm kalınlığında ve boyu boyunca lamalar kaynakılmıştır. Mesnet yüksekliği 32 cm olup U160'lık profillerin sırsıra bir yüzlerinden M 16 bulonlarla birleştirilmesinden oluşur. Bu profiller diğer yüzlerinden U140'lık profillere kaynakılmıştır. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 daha açıklayıcı olacaktır.



Şekil 4.6 Mesnetler (Numune yerleştirilmeden önce)

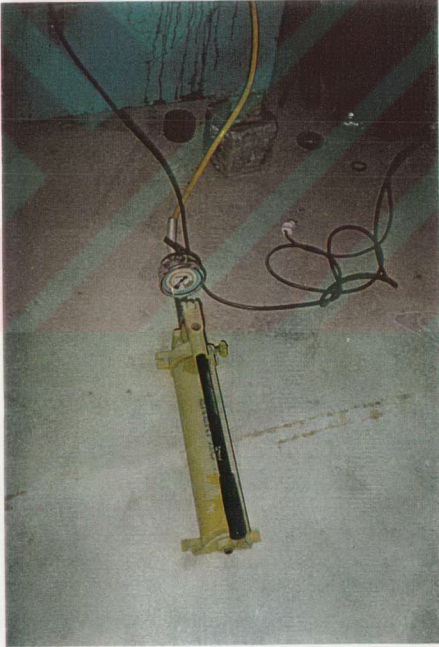


Şekil 4.7 Mesnetlerin bağlanmış hali



#### 4.3. 15 Ton Eksenel Yük Veren Sistem

Kolonlara 15 ton eksenel yük veren sistem bir adet pompa ve hidrolik liftten oluşur. Elle idare edilen pompa (Şekil 4.8) üzerindeki göstergeden verilen yük miktarı ton cinsinden okunabilmekte ve vanalar yardımıyla yük sabitlenebilmektedir. Hidrolik pompa ise 30 ton kapasiteli olup U 140 profilden oluşturulmuş yatağa sabitlenmiştir (Şekil 4.9). Verilen yük ana gövdeye Şekil 4.3 ' de görülen sistem yardımıyla aktarılır



Şekil 4.8 Elle kumandalı hidrolik pompa



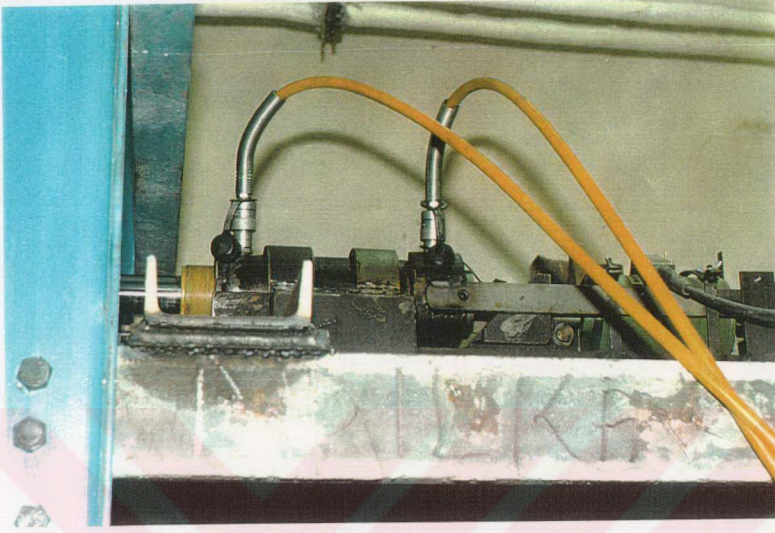
Şekil 4.9. Hidrolik liftin sistemdeki konumu

#### 4.4. Yatay Yük Veren ve Okuma Sağlayan Sistem

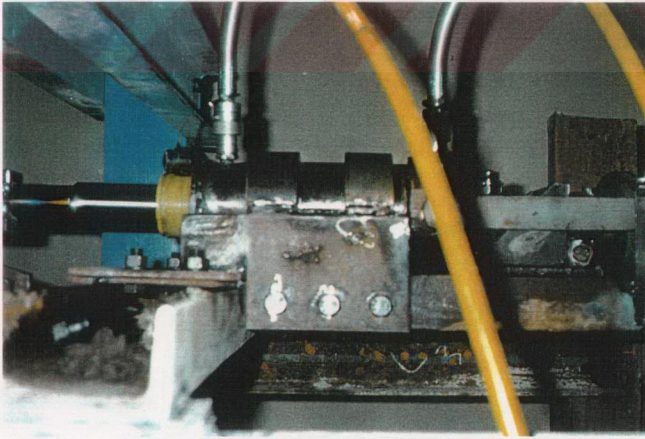
Sistem hidrolik verenin ileri ve geri hareket etmesini sağlayan elektrikli pompa ve basınç düşürme vanalarından (Şekil 4.14) , 10 ton kapasiteli çift yönlü hidrolik lift , load-cell ve basınç veya çekme kuvvetini load-cell'e sadece basınç kuvveti olarak aktaran mekanik sistemden oluşur (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ,Şekil 4.13.) . Laboratuvarımızda çekme kuvvetini gösterebilen bir load-cell bulunmadığı için çekme kuvvetini load-cell'e basınç kuvveti olarak aktaran bir düzenek kurulmuştur . Sistemde hidrolik lift dairesel bir yuva içinde serbestçe hareket edebilecek şekilde yerleştirilmiştir . Verilen kuvvet iki menteşe arasındaki load-cell ' e basınç kuvveti olarak aktarılır . Sistemin çalışma prensibi ise şu şekilde anlatılabilir.

Sistem A yönünde yük verirken 2 nolu hidrolik lift 4 nolu dairesel yuva içinde serbestçe hareket edebilmekte ve B yönünde 4 nolu dairesel kesitli yuva 1 ve 3 nolu

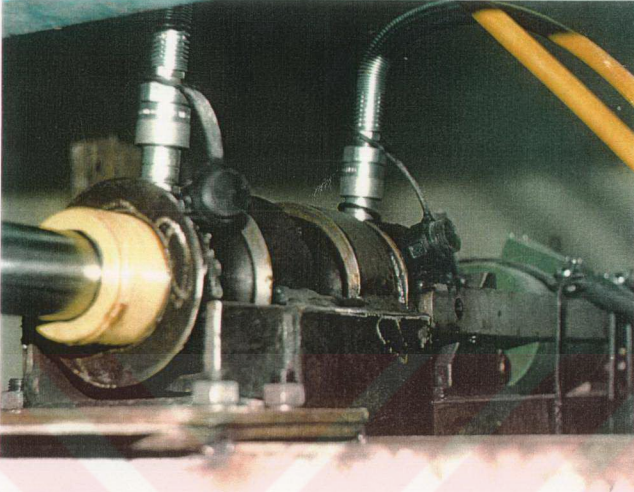




Şekil 4.11. Yatay yük veren sistem (Yandan)



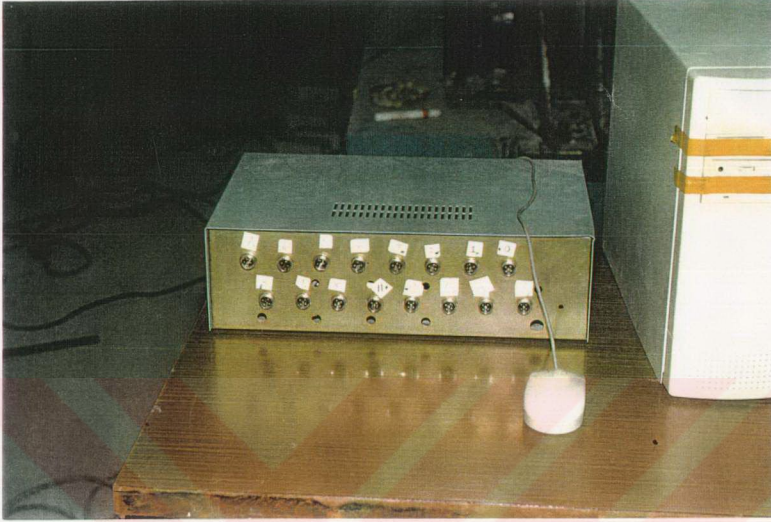
Şekil 4.12. Yatay yük veren sistemden detay görünüşü



Şekil 4.13. Yatay Yük Veren Sistem (Perspektif görünüş)



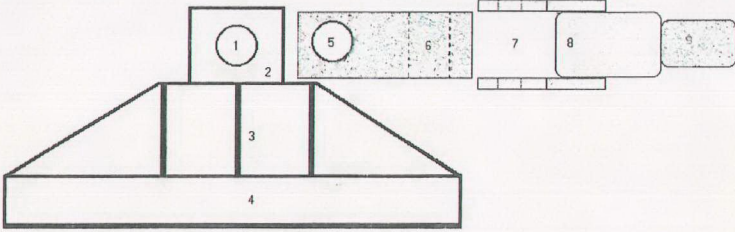
Şekil 4.14. Elektrikli pompa ve vanalar



Şekil 4.15. Data Logger

#### 4.5. Kiriş Başlığı

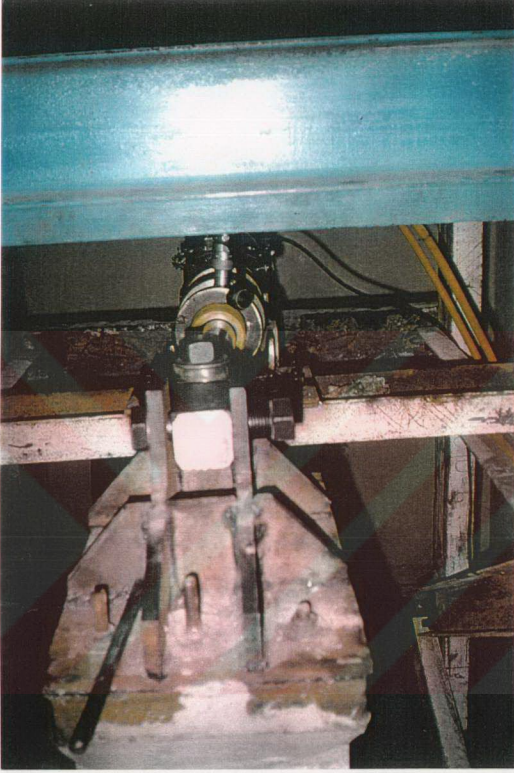
Yükün hidrolik liften kirişe aktarılmasını sağlayan giriş başlığı tam mafsallı olarak teşkil edilmiştir . 4 nolu başlık giriş başlığına donatıya açılan metrik dişler yardımıyla (Şekil 4.18) harç konularak sabitlenir . 3 numaralı bayrak levhaları 2 nolu levhaları desteklemek üzere teşkil edilmiştir. 1 numaralı bağlantı aşağı ve yukarı hareketi engellemezken 6 nolu bağlantı sağa ve sola harekete engel teşkil etmez. Böylece mafsallaşma sağlanmış olur .Şekil 4.16 , 4.17' de sistem görülmektedir.



Şekil 4.16. Kiriş başlığı (Şematik)



Şekil 4.17. Kiriş başlığı(ön görünüş)



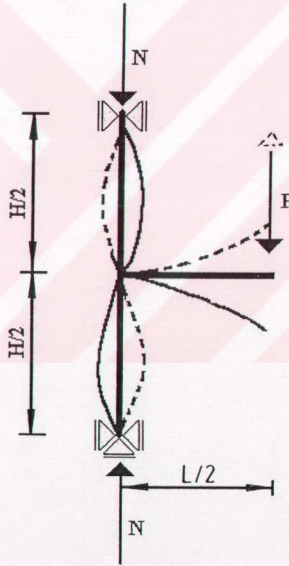
Şekil 4.18. Kiriş başlığı (Yan görünüş)



## 5. DENEYSEL PROGRAM

### 5.1 Dügüm Noktaları

Kolon-Kiriş düğüm noktalarının davranışı yanal etki altındaki yapı iskeletinin davranışını belirler. Bunu sağlamak için tasarlanan model Şekil 5.1 ' de verilmiştir.



Şekil 5.1 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi





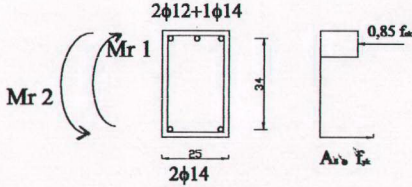
Yükleme esnasında herhangi bir hasara maruz kalmamaları için , serbest uçları donatıya açılan metrik dişler ve harç yardımıyla sabitlenmiştir . (Şekil 5.5)



Şekil 5.5. Başlık Levhaları

### 5.3. Betonarme Hesaplar

#### 5.3.1. Kiriş Kesit Hesabı



$$f_{ck}=215 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{yk}=4261 \text{ kgf/cm}^2 \text{ ( } A_{s1}= 3,08 \text{ cm}^2 \text{ , } A_{s2}= 3,80 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$F_{s1}=A_{s1} \cdot f_{yk}=3,08 \cdot 4261=13123 \text{ kgf}$$

$$F_c=0,85 \cdot f_{ck} \cdot b_w \cdot a=0,85 \cdot 215 \cdot 25 \cdot a=13090 \text{ kgf}$$

$$a_1=2,87 \text{ cm}$$

$$M_{r1}=13123 \cdot (37-2,87/2)=466703 \text{ kgcm}=466,7 \text{ tcm}$$

$$F_{s2}=3,8 \cdot 4261=16191,8 \text{ kgf}$$

$$A_2=3,54 \text{ cm}$$

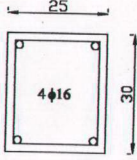
$$M_{r2}=16191,8 \cdot (37-3,54/2)=570404 \text{ kgcm}=570,4 \text{ tcm}$$

Kırılmada Yatay Yük

$$P_1=466,67/117=3,989 \text{ t}$$

$$P_1=570,40/117=4,875 \text{ t}$$

### 5.3.2. Kolon Kesit Hesabı



$$\rho_t = (2 \cdot 4,02) / (25 \cdot 30)$$

$$m = f_{yd} / f_{cd}$$

$$m = f_{yk} / f_{ck} = 4361 / 215 = 20$$

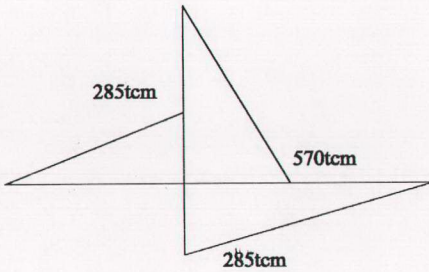
$$\rho_t \cdot m = 20 \cdot 0,010 = 0,2$$

$$n = N / (b \cdot h \cdot f_{ck}) = 15000 / (25 \cdot 30 \cdot 210) = 0,093$$

abaktan  $m = 0,125$

$$M = 0,125 \cdot 25 \cdot 30^2 \cdot 215 = 604687 \text{ kgcm}$$

$$M = 605 \text{ tcm}$$



Şekil 5.6. Kiriş kırılma yüküne göre ( $M^m$ )

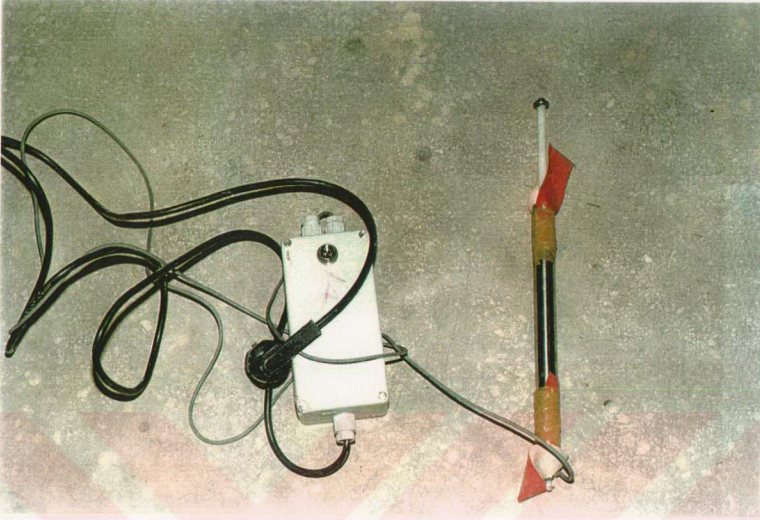
#### 5.4. Deney Programı

Deney programında 5 adet örnek test edilmiştir . Bütün test boyunca aynı doğrultu ve akslar , aynı montaj ölçüleri ve aynı test metodu uygulanmıştır.

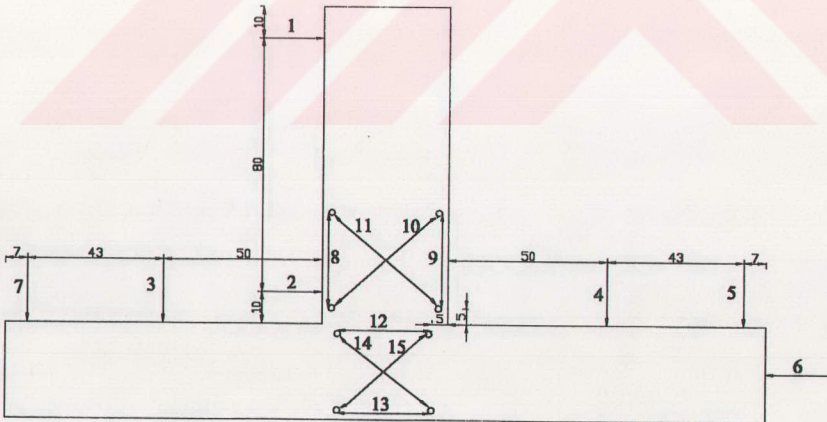
Deneyler sırasında ; kolon-kiriş birleşim bölgesinde önemli noktalara yerleştirme ölçerler (LVDT) yerleştirilmiş ve yükleme esnasında oluşan yer değiştirme değerleri data-logger yardımıyla bilgisayara aktarılmıştır.

Şekil 5.7'de yer değiştirme ölçerler(LVDT) görülmektedir . Şekil 5.8'de ise yer değiştirme ölçerlerin yerleştirildiği noktalar şematik olarak verilmektedir. Şekil 5.9'da. kolon başlığı üzerine yerleştirilen yer değiştirme ölçerler , Şekil 5.10'da kiriş kenarına yerleştirilen yer değiştirme ölçerler görülmektedir . Tezde kullanılmamış olan ve ana donatı doğrultusunda ve çapraz olarak yerleştirilen yer değiştirme ölçerler Şekil 5.11'de verilmektedir . Bu yer değiştirme ölçerler kolon ve kirişe delinen deliklere sabitlenmiş metrik 6 dişlere sahip olan civatalara kelepçelenmiş olup bir taraflarından bağlanan misinalar yardımıyla (Şekil 5.12) bu bölgede meydana gelen göreceli yer değiştirme değerlerini ölçmektedir .

Yerdeğiştirme ölçerlerin kayıt alırken rahatça hareket edebilmeleri için kiriş üzerine cam yapııştırılarak yüzeydeki sürtünme azaltılmaya çalışılmıştır . Diğer taraftan yer değiştirme ölçerlerin her iki yönde de hareketini sağlamak için bir tarafına lastik bantlar bağlanmıştır (Şekil 5.13) .



Şekil 5.7. Yerdeğiştirme Ölçerler. (LVDT)

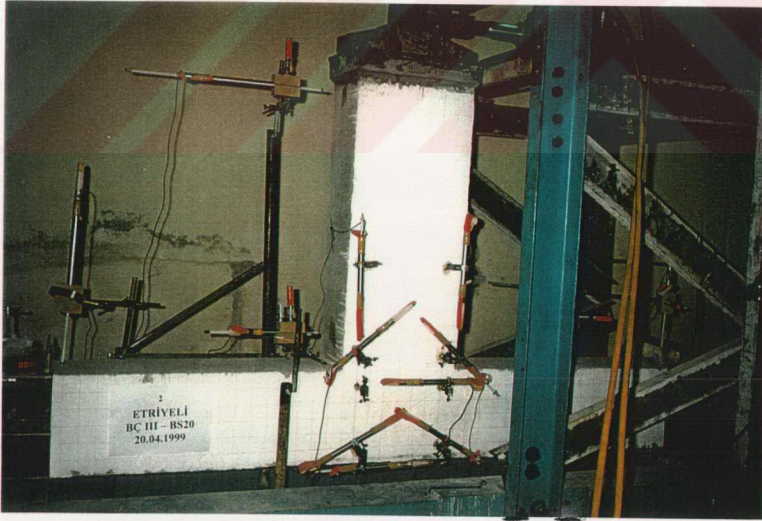


Şekil 5.8. Yerdeğiştirme Ölçerlerin Yerleşim Planı

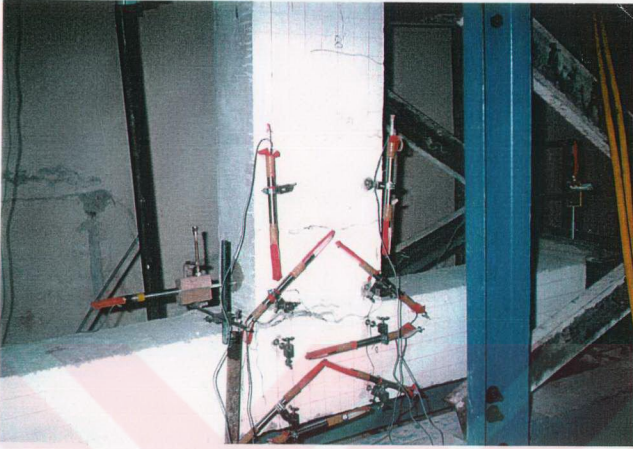




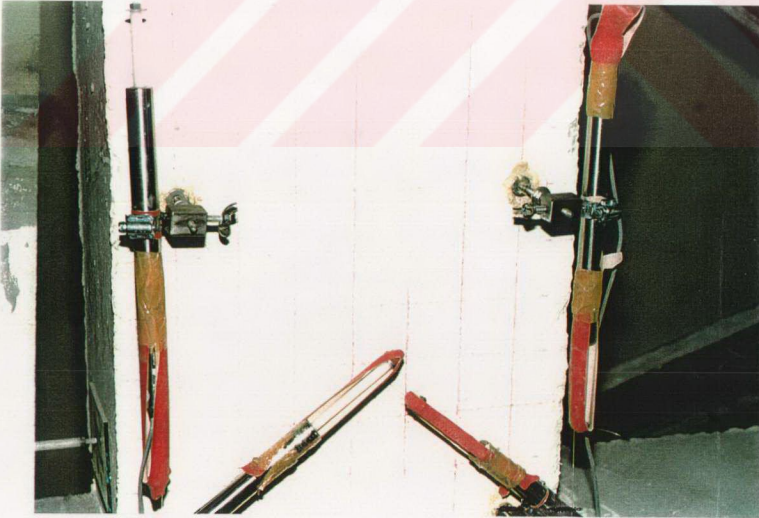
Şekil 5.9. Kolon başlığı üzerine yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerler



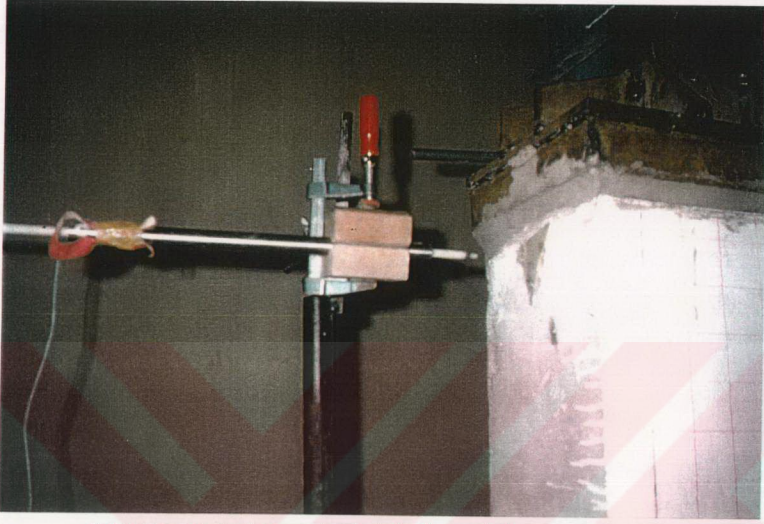
Şekil 5.10. Kiriş üzerine yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerler



Şekil 5.11. Gövdeye yerleştirilen yerdeğiştirme ölçerler .



Şekil 5.12. Yerdeğiştirme Ölçerler (Numuneye Bağlanmış Hali)



Şekil 5.13. Yerdeğiştirme ölçerlerin bağlanmış hali

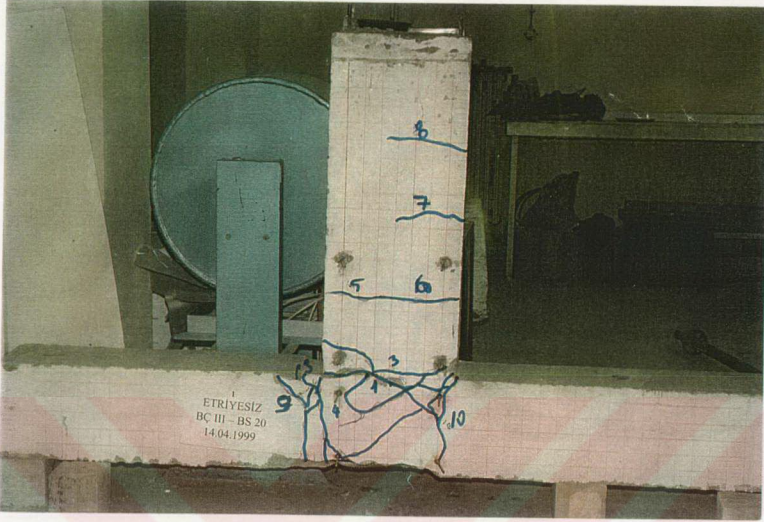
## 6 . DENEY SONUÇLARI

### 6.1. Deneyler

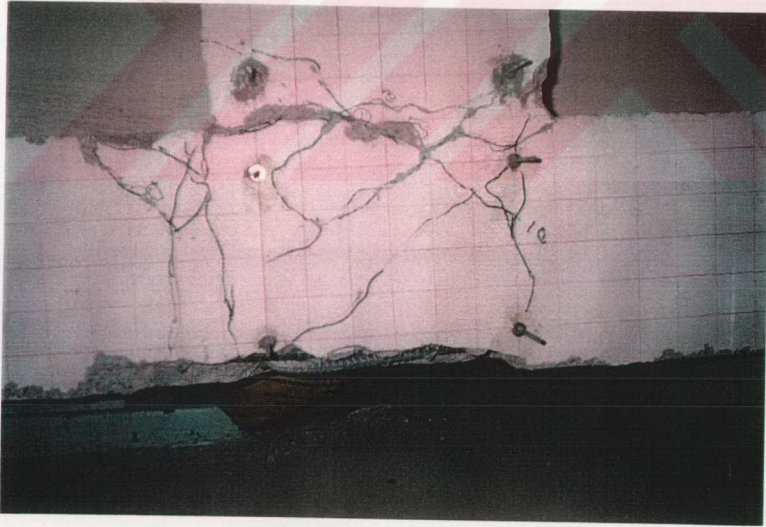
#### 6.1.1. Deney 1

Bu deneyde içerisinde etriye bulunmayan kolon kiriş birleşimi test edilmiştir. Birleşimde 1 numaralı çatlak kirişin kolona bağlandığı bölgede kolon dış yüzüne paralel olarak 1000 kg'lık yükte meydana geldi . Bu çatlak büyürken diğer taraftan kirişte eğilme çatlakları oluşmaya başladı(5,6,7,8). Kolonda 1800 kg'lık yükte 4 numaralı ve kiriş dış yüzüne paralel olan çatlak oluştu . Her döngüde çatlak kolon içinde ilerlemeye devam etti ve yük arttıkça bu çatlağa paralel çatlaklar oluşmaya başladı (9) . Eğilme çatlakları ise ilerlemeye , genişlemeye ve farklı bölgelerde oluşmaya devam etti . 2200 kg'lık yükte ise kirişin diğer yüzüne paralel olan ve kolon boyunca oluşan 10 numaralı çatlak oluştu . 3600kg'lık yükte birleşimin basınçta maruz kalan bölgeleri basınç ezilmesine maruz kaldı (13) . 3650 kg'lık yükte ise birleşim bölgesinde X çatlakları oluştu ve birleşim bölgesindeki beton parçalanarak dökülmeye başladı.

Şekil 6.1'de birleşim bölgesinin deney sonundaki durumu verilmiş olup birleşim tamamen parçalanmıştır . Şekil 6.5'de ise kolon ve kirişte oluşan çatlakların deney sonundaki durumu farklı bir biçimde verilmiştir.



Şekil 6.1. Deney No1 'de oluşan çatlaklar



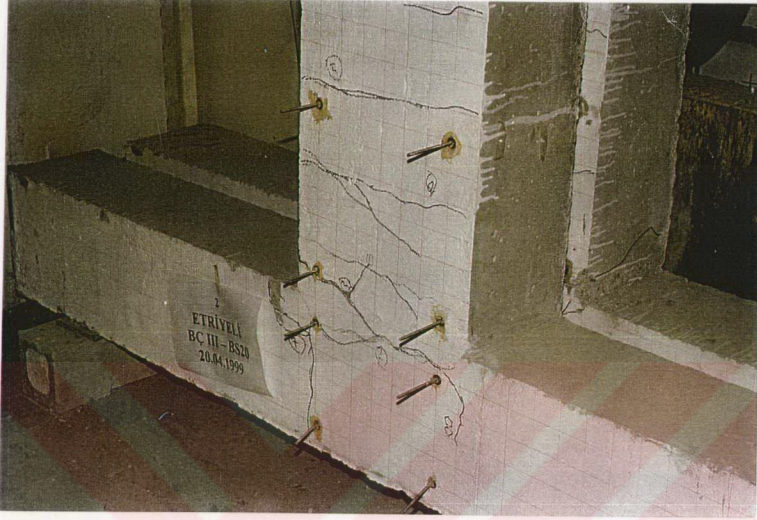
Şekil 6.2. Birleşimin parçalanmış hali (Deney No 1)

### 6.1.2. Deneý 2

Bu deneýde birleşim bölgesinde etriye bulunan numune test edilmiştir . Birleşimde ilk olarak 1800 kg'lık yükte 1 nolu çatlak oluşmuş ve kiriş boyunca ilerlemiştir . Ardından birleşimin kolon içinde kalan kısmında 2 nolu çatlak 2750kg'lık yükte oluşmuş ve bu iki çatlak 3150 kg'da 3 nolu çatlakla birleşmiştir . 3000kg ile 3400kg'lık yükler arasında ise 4,5,6 nolu çatlaklar oluşmuştur. Kiriş yüzünden kolon boyunca oluşan 7 nolu çatlak 3600 kg'lık yükte oluşmuş olup ardından 3800 kg'lık yükte 8 nolu çatlak oluşmuş ve 4000 kg'lık yükte kiriş donatısı bir yönde akmaya başlamıştır . Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 oluşan çatlakları farklı açılardan göstermektedir.



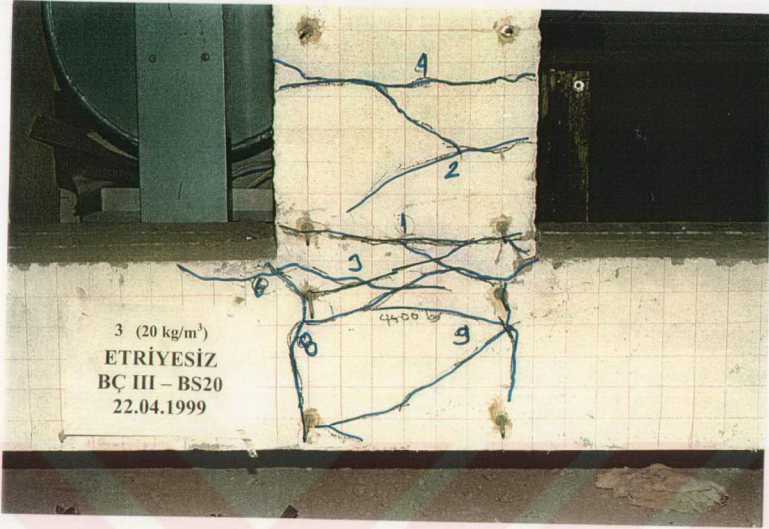
Şekil 6.3. Deneý No2'de oluşan çatlaklar



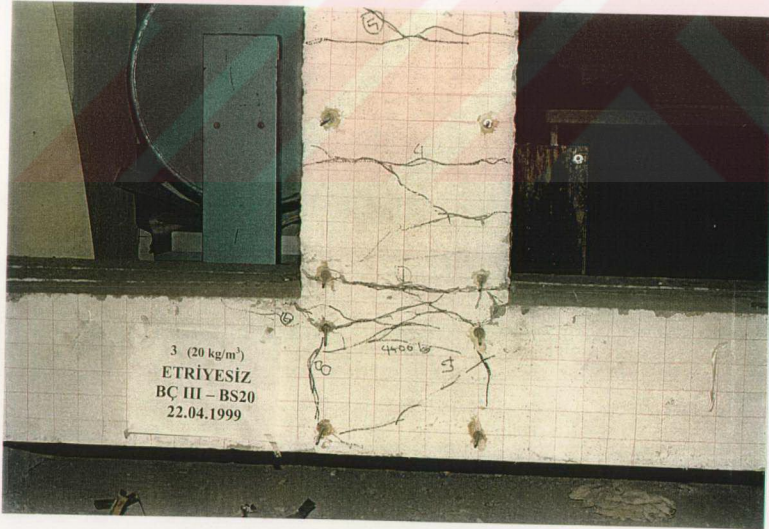
Şekil 6.4. Deney No 2'de oluşan çatlaklar.

### 6.1.3. Deney 3

Bu deneyde etriye yerine birleşim bölgesine 20kg/m<sup>3</sup> çelik tel ihtiva eden beton yerleştirilmiştir. İlk olarak 1055 kg'lık yükte 1 nolu çatlak oluşmuştur . 2000kg'da 2 numaralı çatlak oluşmuş ardından 2500 kg'da 3 numaralı çatlak ortaya çıkmıştır. Yük 3000 kg iken kirişte eğilme çatlakları oluşmaya başlamış ve ardından aynı yükte 8 nolu çatlak oluşmaya başlamıştır.3500 kg'da birleşimde çatlaklar oluşmaya başlamış ardından 4600 kg'da kolonda eğik çatlak oluşmuştur . Şekil 6.5 ve 6.6'da birleşimdeki çatlaklar görülmektedir.



Şekil 6.5. Deney No3 sırasında oluşan çatlaklar

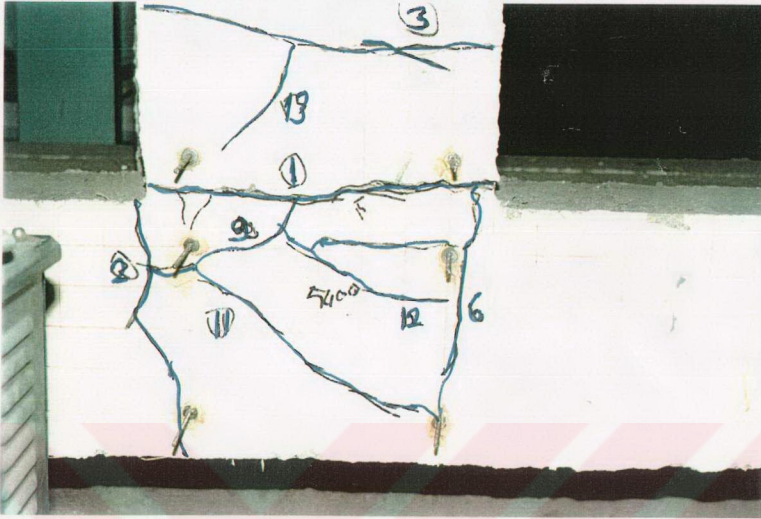


Şekil 6.6. Deney No3 'e ait çatlak görüntüleri (genel)

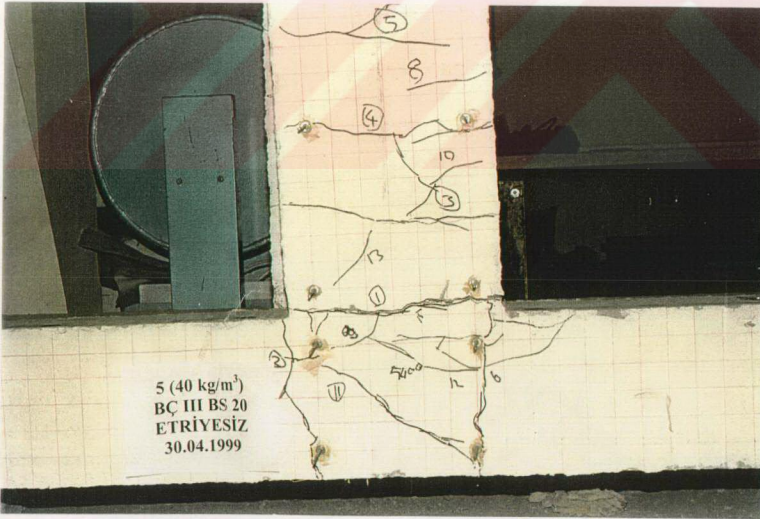








Şekil 6.9. Deney No 5' e ait görüntüler



Şekil 6.10. Deney No 5 'de çatlak oluşumu

### 6.1.6. Çatlakların oluşumu

Numunelerde ilk önce kolon yüzüne paralel ve kiriş yüzündeki çatlak oluşmaktadır. Numunelerde deney No1 hariç diğer numunelerde kirişin ardısira kolon mafsallaşması olmamıştır. Oluşan bu çatlağın ardından kirişte eğilme çatlakları ve kolonda düşey çatlaklar oluşmakta ve son olarak birleşim bölgesi ezilerek X çatlakları oluşturmakta ve parçalanmaktadır.

## 6.2. Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Alınan ölçümler Yük-Deplasman Grafiklerinin ve Moment-Eğrilik grafiklerinin elde edilebilmesi amacıyla değerlendirilerek sonuçta Yük-Deplasman grafikleri yardımıyla enerji yutma kapasiteleri elde edilmeye çalışılmıştır.

### 6.2.1. Yük- Deplasman Grafiklerinin Elde Edilmesi

Yük Deplasman Grafiklerinin elde edilmesi için ise Şekil 6.11'deki benzer üçgenlerden faydalanılmıştır .

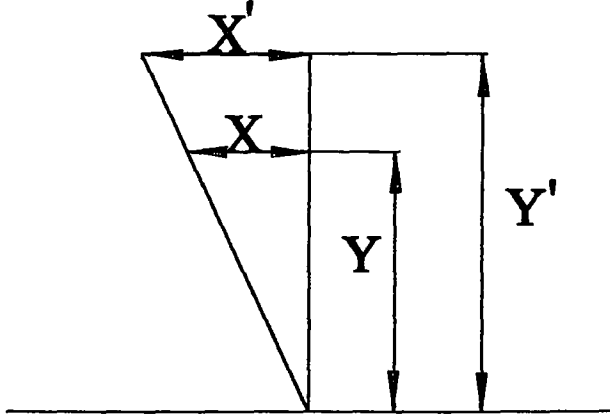
$X$  = LVDT 1'in numuneden yüksekliği

$X'$  = Yük verilen noktanın yüksekliği

$Y$  = LVDT 1'de okunan değer-

$Y'$  = Düzeltilmiş değer

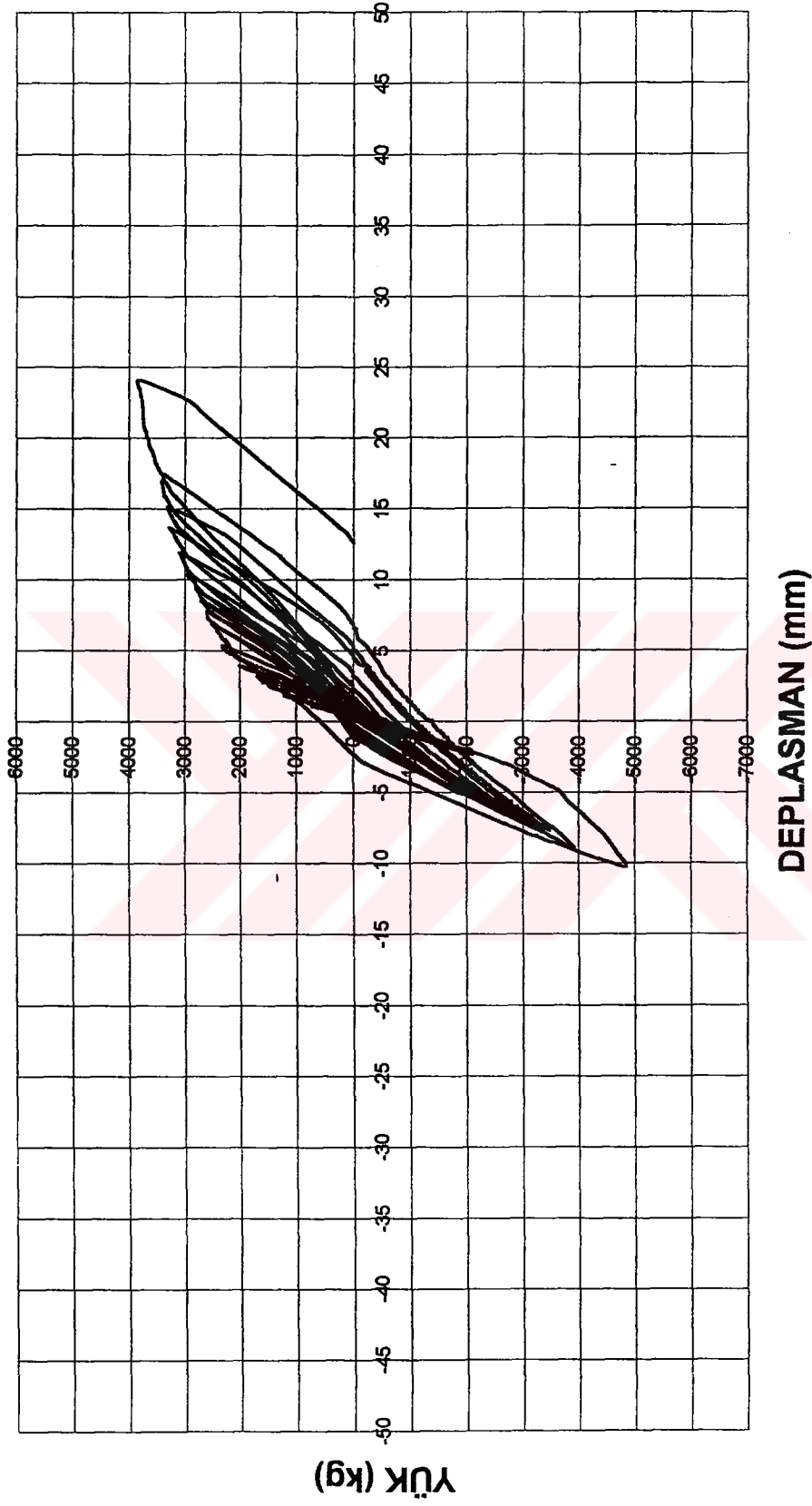
$X/X' = Y/Y'$  eşitliğinde  $X'$  bulunur ardından bu değerle 6 numaralı LVDT değerleri beraber değerlendirilerek kiriş başlığının yatay hareketi bulunur .



Şekil 6.11. Yük-Deplasman grafiklerinin modellenmesi

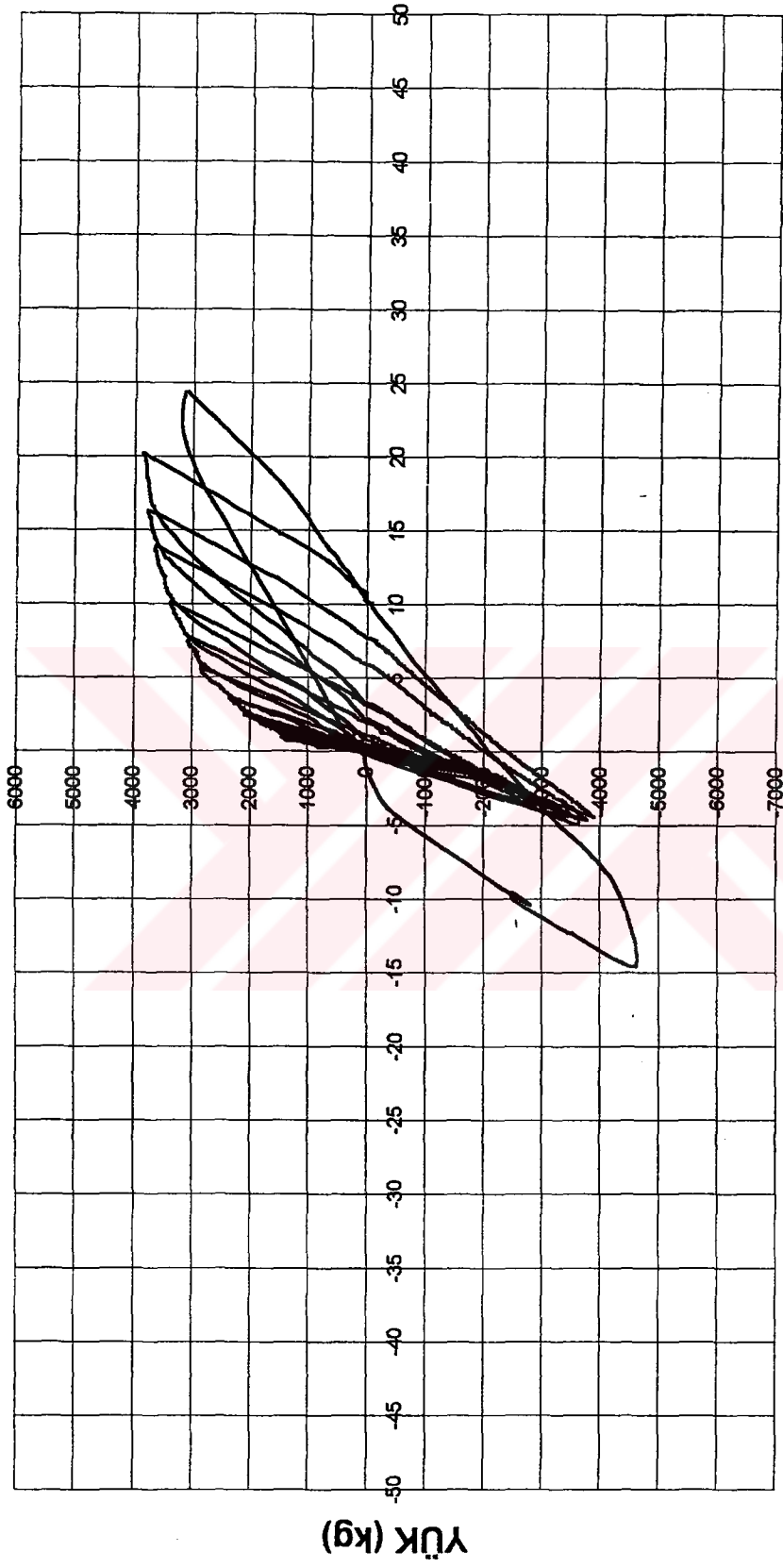
Şekil 6.12, Şekil 6.13 , Şekil 6.14 ,Şekil 6.15 ve Şekil 6.16 'da deneylere ait Yük-Deplasman grafikleri verilmiştir . Grafikler incelendiğinde etriyeli numunenin etriyesiz numuneye göre daha fazla yük ve deplasman kapasitesine sahip olduğu ve  $20 \text{ kg/m}^3$  fiber ihtiva eden numunenin hemen hemen etriyeli numune ile aynı Yük - Deplasman eğrisine sahip olduğu ve  $30 \text{ kg/m}^3$  ile  $40 \text{ kg/m}^3$  fiber ihtiva eden birleşimlerin deplasman ve yük taşıma kapasitelerinin arttığı görülür .

## DENEY NO 1 (Etriyesiz)



Şekil 6.12. Deneysel No 1 için Yük-Deplasman Grafiği

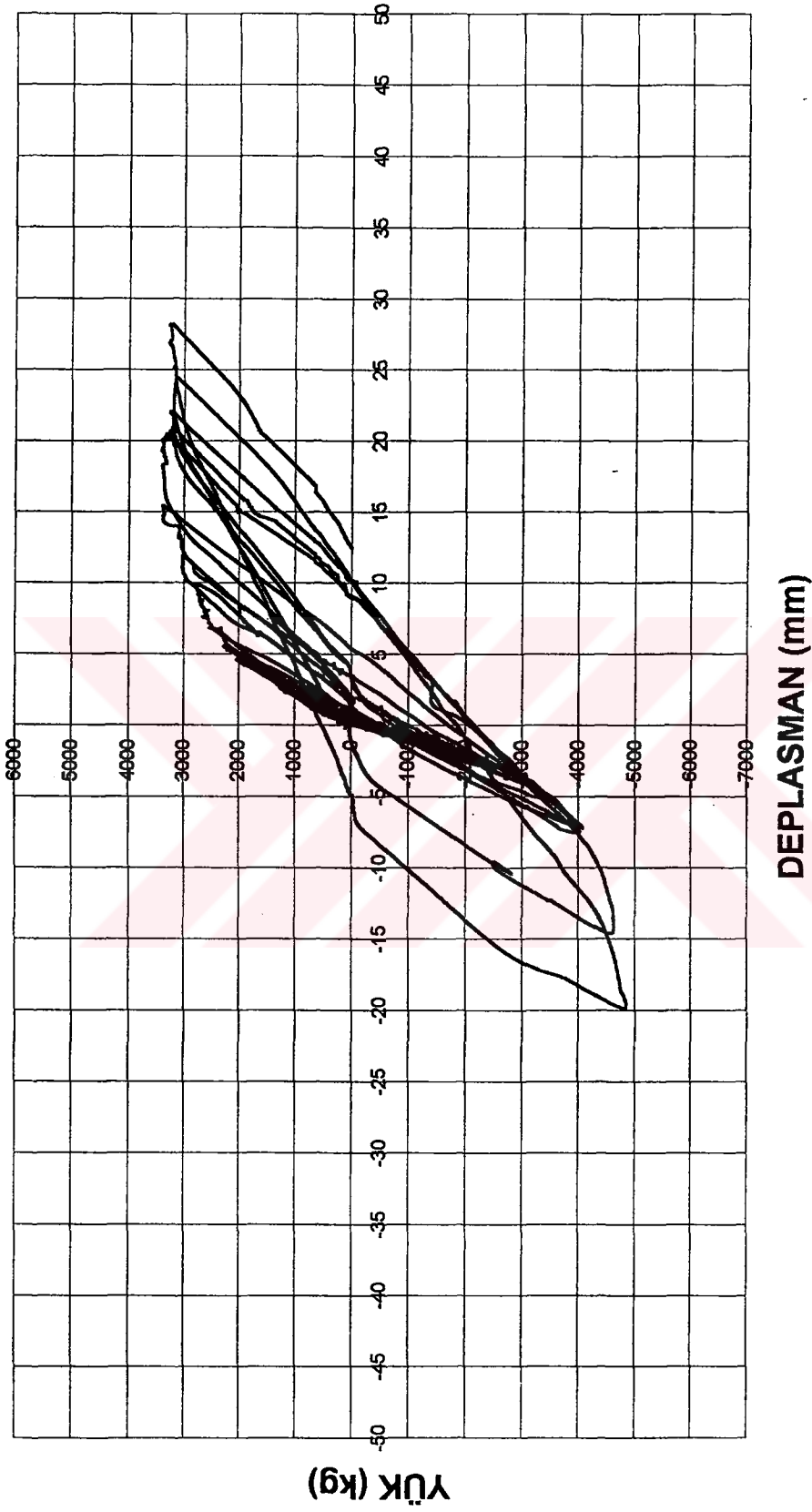
## DENEY NO 2 (Etriyeli)



DEPLASMAN (mm)

Şekil 6.13. Deneysel No 2 İçin Yük-Deplasman Grafiği

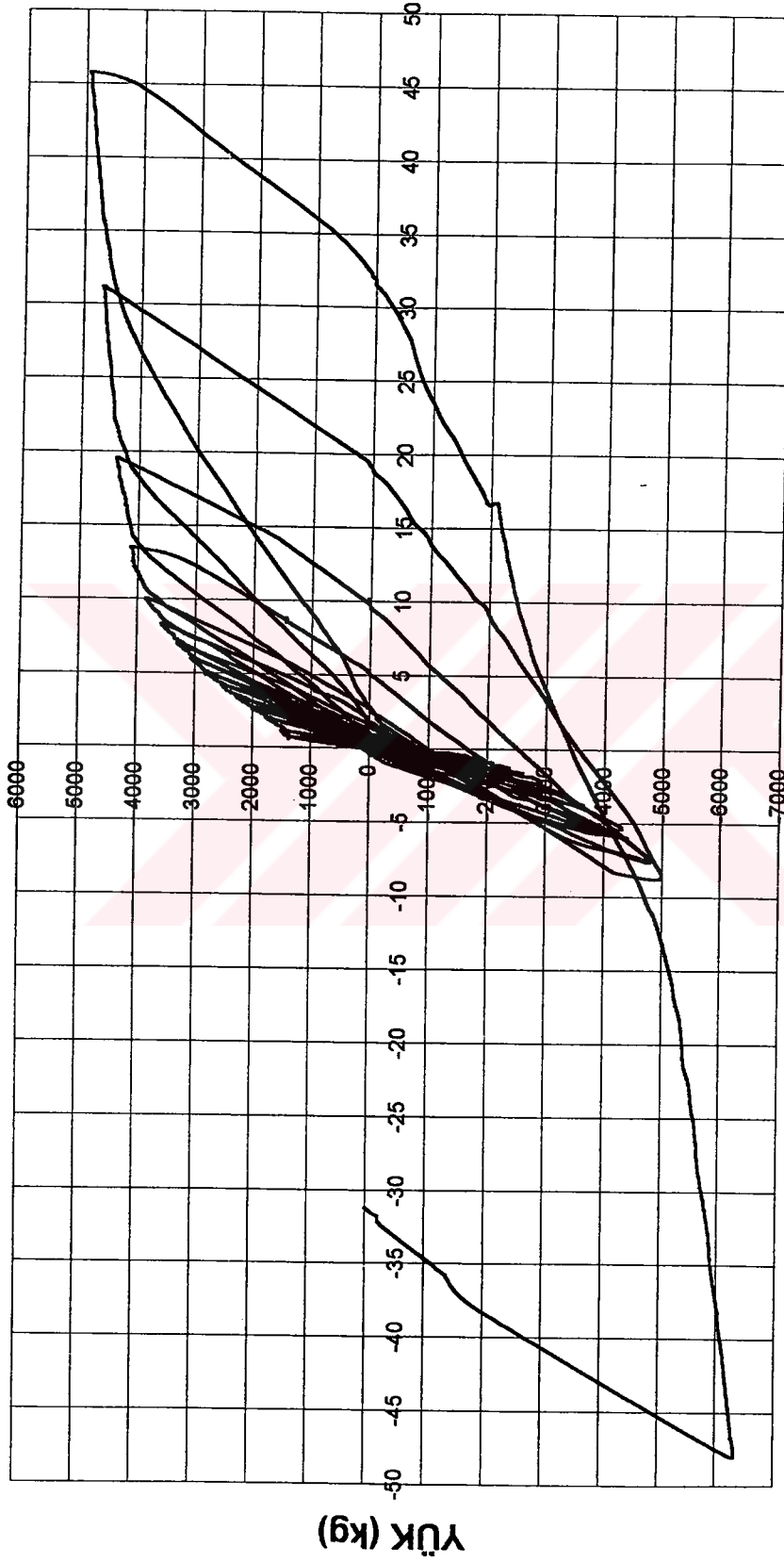
### DENEY NO 3 (20 kg/m<sup>3</sup> Fiberli)



Şekil 6.14. Deneý No 3 için Yük-Deplasman Grafiđi



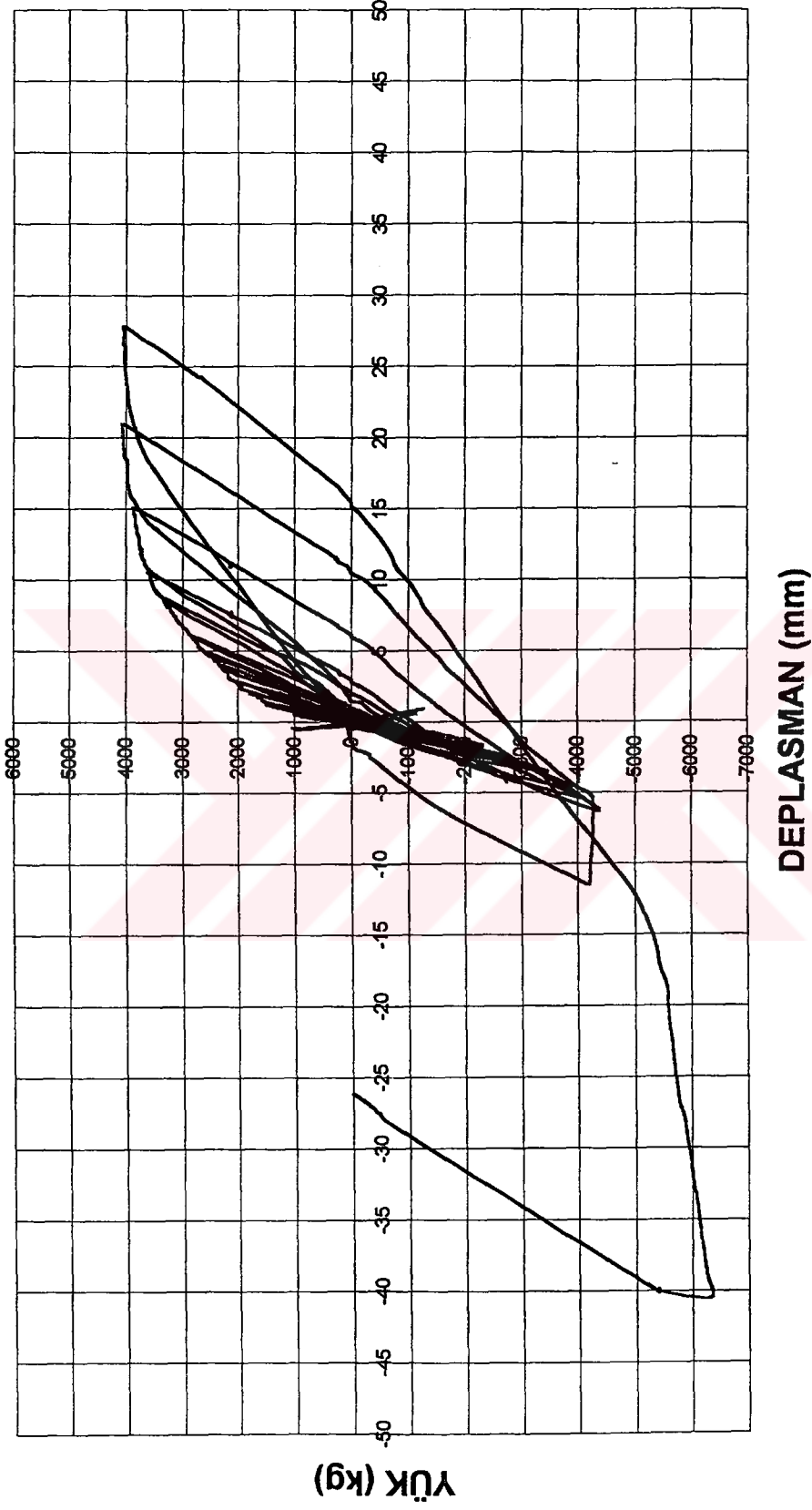
## DENEY NO 4 (30 kg/m<sup>3</sup> Fiberli)



DEPLASMAN (mm)

Şekil 6.15. Deneysel No 4 İçin Yük-Deplasman Grafiği

## DENEY NO 5 (40 kg/m<sup>3</sup> Fiberli)



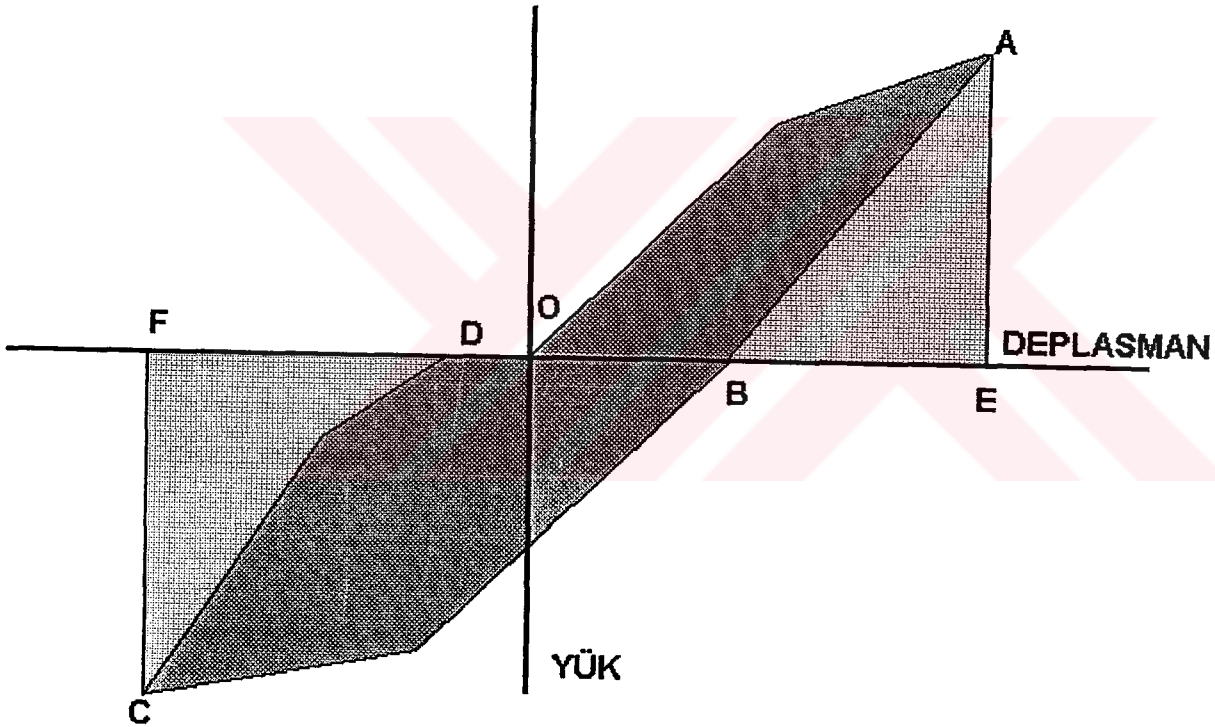
Şekil 6.16. Deneysel No 5 için Yük-Deplasman Grafiği

### 6.2.2. Enerji Yutma Kapasitelerinin Belirlenmesi

Enerji Yutma Kapasitelerinin belirlenmesi ise yük deplasman grafiklerinde elde edilen eğrilerin altında kalan alanların irdelenmesi ile bulunmuştur.

Şekil 6.17' ye göre:

**Yutulan enerji = A(OAE) – A(BAE) + A(BCF) – A(DCF) olur.**



Şekil 6.17. Enerji Yutma Kapasitelerinin Belirlenmesi

Yukarıdaki modele göre oluşturulan enerji yutma kapasiteleri etriyeli birleşim 100 birim kabul edilerek Tablo 6.1’de verilmiştir . Buna göre 20 kg/m<sup>3</sup> fiber ihtiva eden numune etriyeli numunede %30 daha fazla enerji yutma kapasitesine sahipken , 30kg/m<sup>3</sup> fiber ihtiva eden numunede enerji yutma kapasitesi %100 ve 40 kg/m<sup>3</sup> fiber ihtiva eden numunede ise % 150 artmıştır . Enerji yutma kapasitesindeki artış düğüm noktasının sünekliğinin arttığını açıkça ortaya koyar.

### Denej Numuneleri

Tablo 6.1. Enerji Yutma Kapasiteleri

Deney No	Enerji Yutma Kapasitesi
Deney 1 (Etriyesiz)	79
Deney 2 (Etriyeli)	100
Deney 3 (20 kg/m <sup>3</sup> Fiberli)	130
Deney 4 (30 kg/m <sup>3</sup> Fiberli)	200
Deney 5 (40 kg/m <sup>3</sup> Fiberli)	150

**NOT: Etriyeli Birleşim 100 birim kabul edilmiştir.**

### 6.2.3. Moment-Dönme Grafiklerinin Elde Edilmesi

Moment-Dönme grafiklerinin elde edilmesi amacıyla Şekil 6.18’den faydalanılmıştır . Hesaplama aşağıdaki düzen çerçevesinde yapılmıştır .

$$\text{Moment} = P \cdot L$$

$$\text{Dönme} = \tan A - \tan B$$

$$\tan A' - \tan B' \text{ bulunmuştur .}$$

$$x = \text{LVDT 1'de okunan değer (düzeltilmiş)}$$

$x'$  =LVDT 1'de okunan değer (düzeltilmiş)

$y$  =LVDT 3'de okunan değer

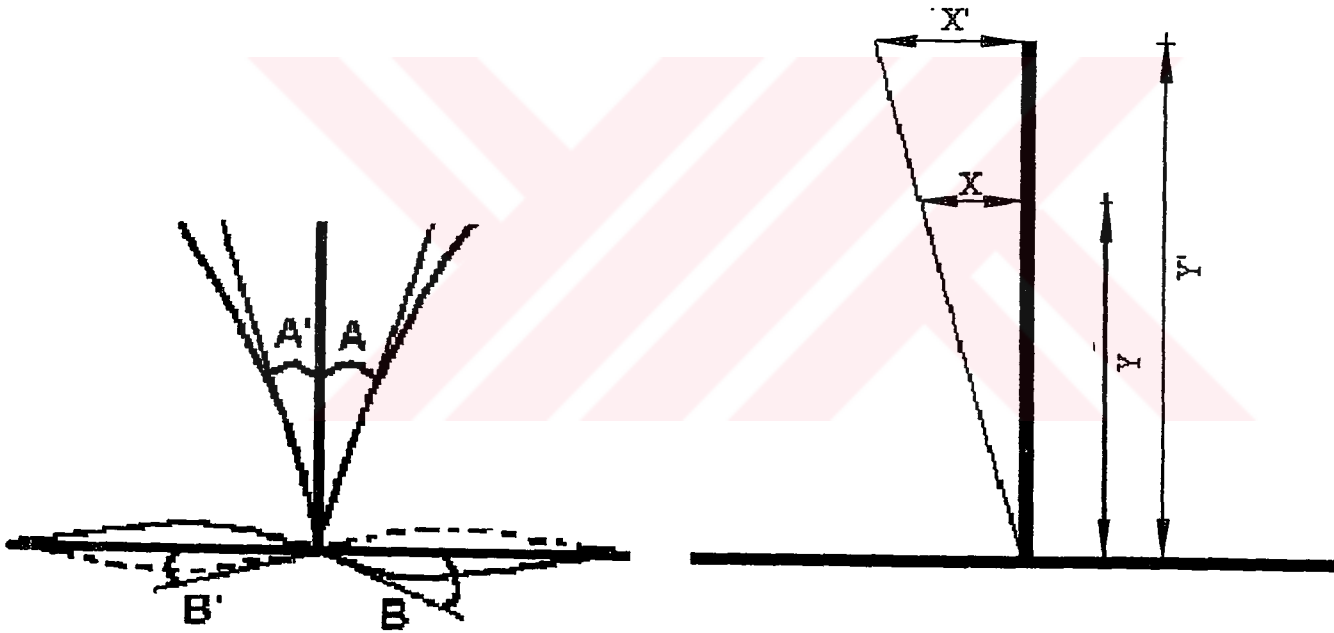
$y'$  =LVDT 4'de okunan değer

$\tan A = x/1170$

$\tan A' = x'/1170$

$\tan B = y/500$

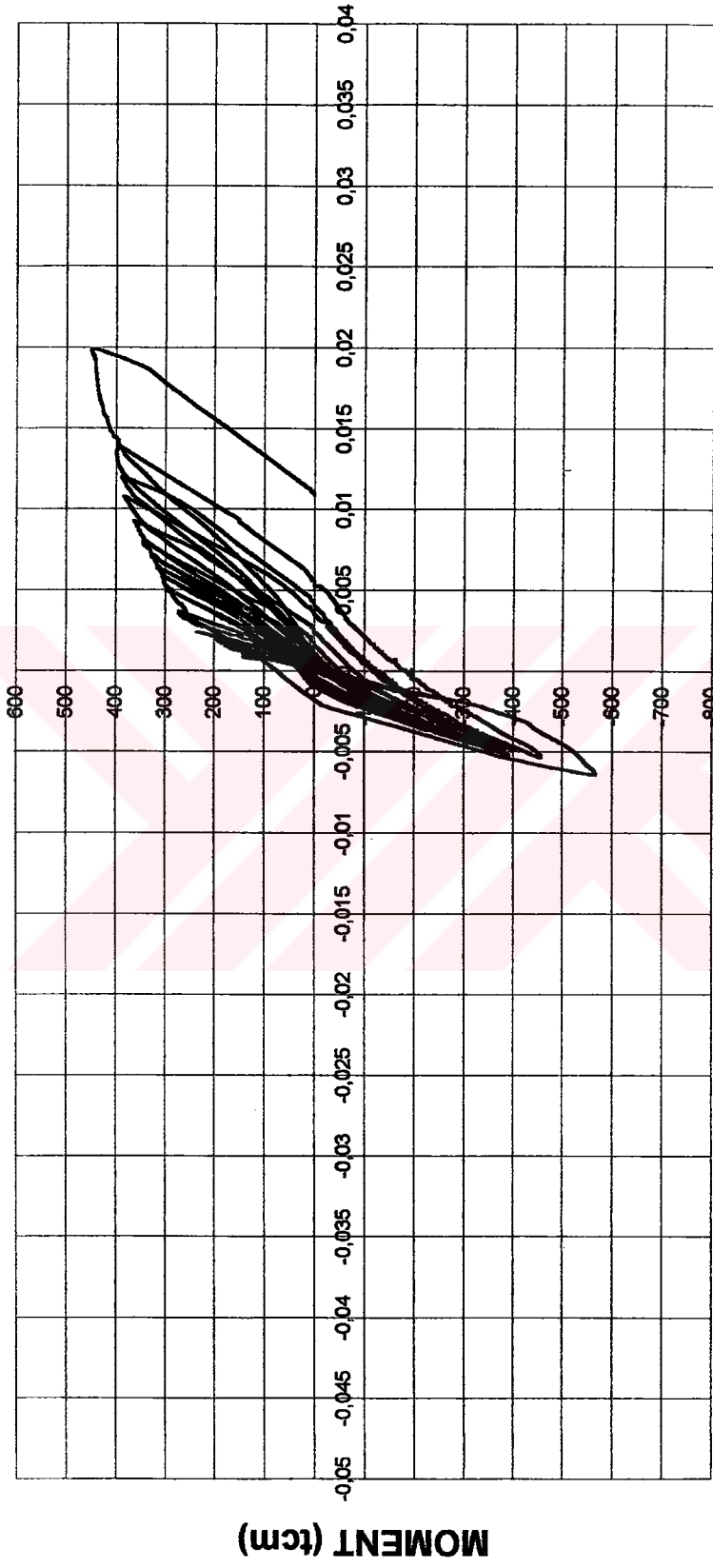
$\tan B' = y'/500$



Şekil 6.18. Moment – Dönme Grafiklerinin Modellenmesi

Elde edilen grafikler göstermiştir ki fiberler moment ve dönme kapasitesini artırmaktadır. Birleşim sünek hale gelmektedir. Elde edilen grafikler Şekil 6.18, Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21, Şekil 6.22 'de verilmiştir.

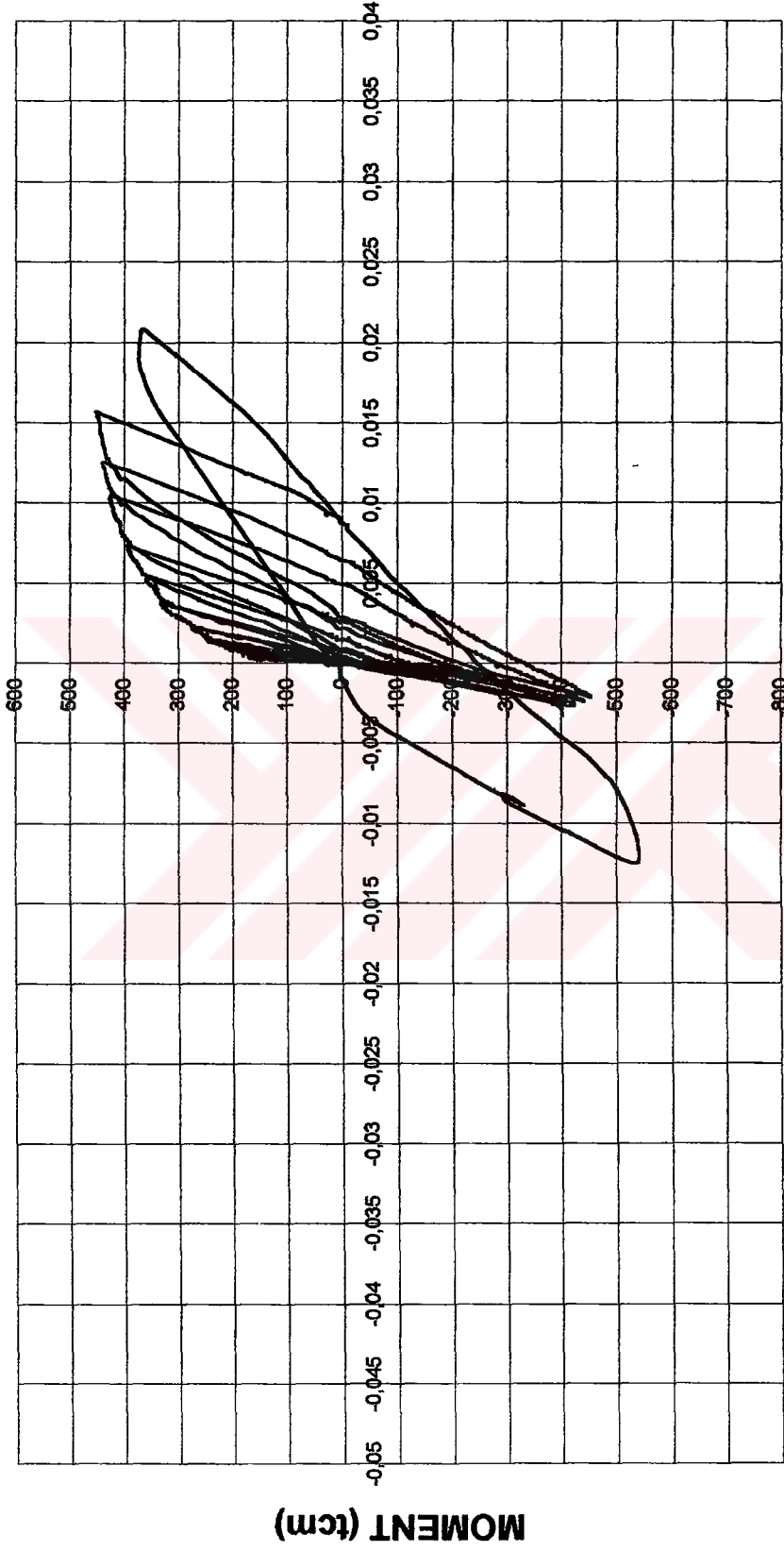
## DENEY NO 1 (Etriyesiz)



DÖNME (Rad)

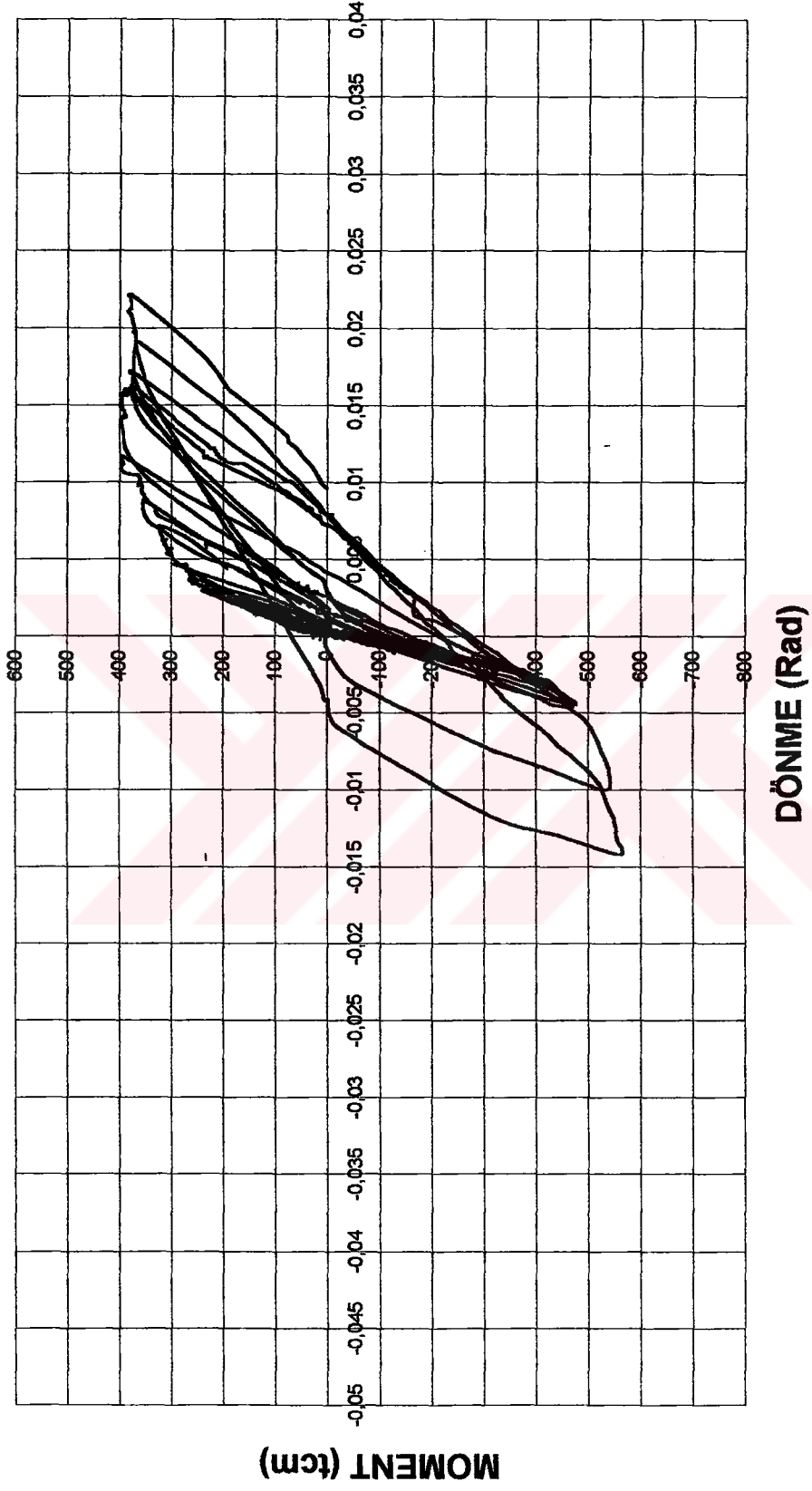
Şekil 6.19. Deneysel No 1 için Moment-Dönme Grafiği

## DENEY NO 2 (Etriyeli)



Şekil 6.20. Deneysel No 2 İçin Moment-Dönme Grafiği

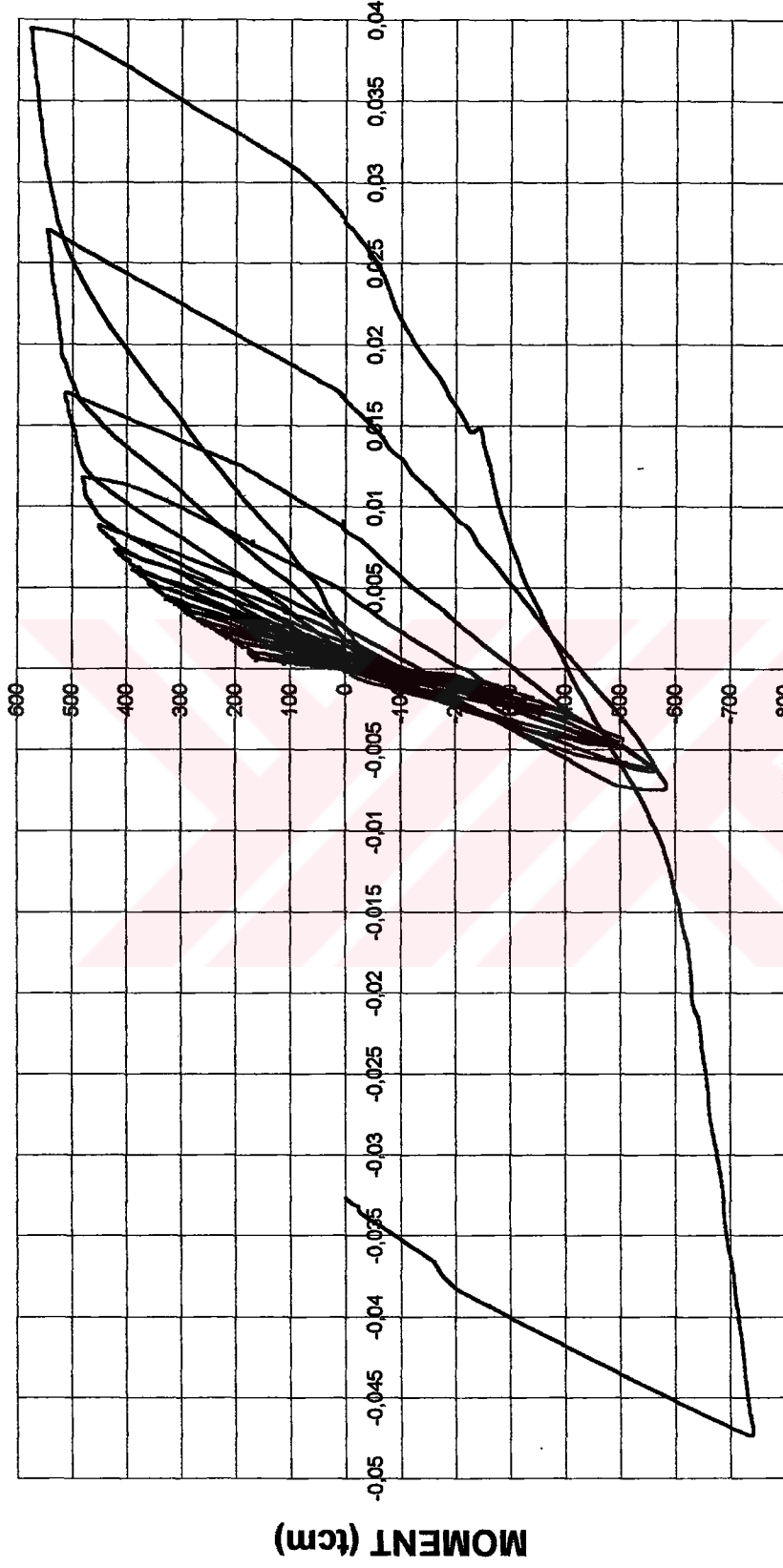
**DENEY NO 3 (20kg/m<sup>3</sup> Fiberli)**



Şekil 6.21. Deneysel No 3 için Moment-Dönme Grafiği

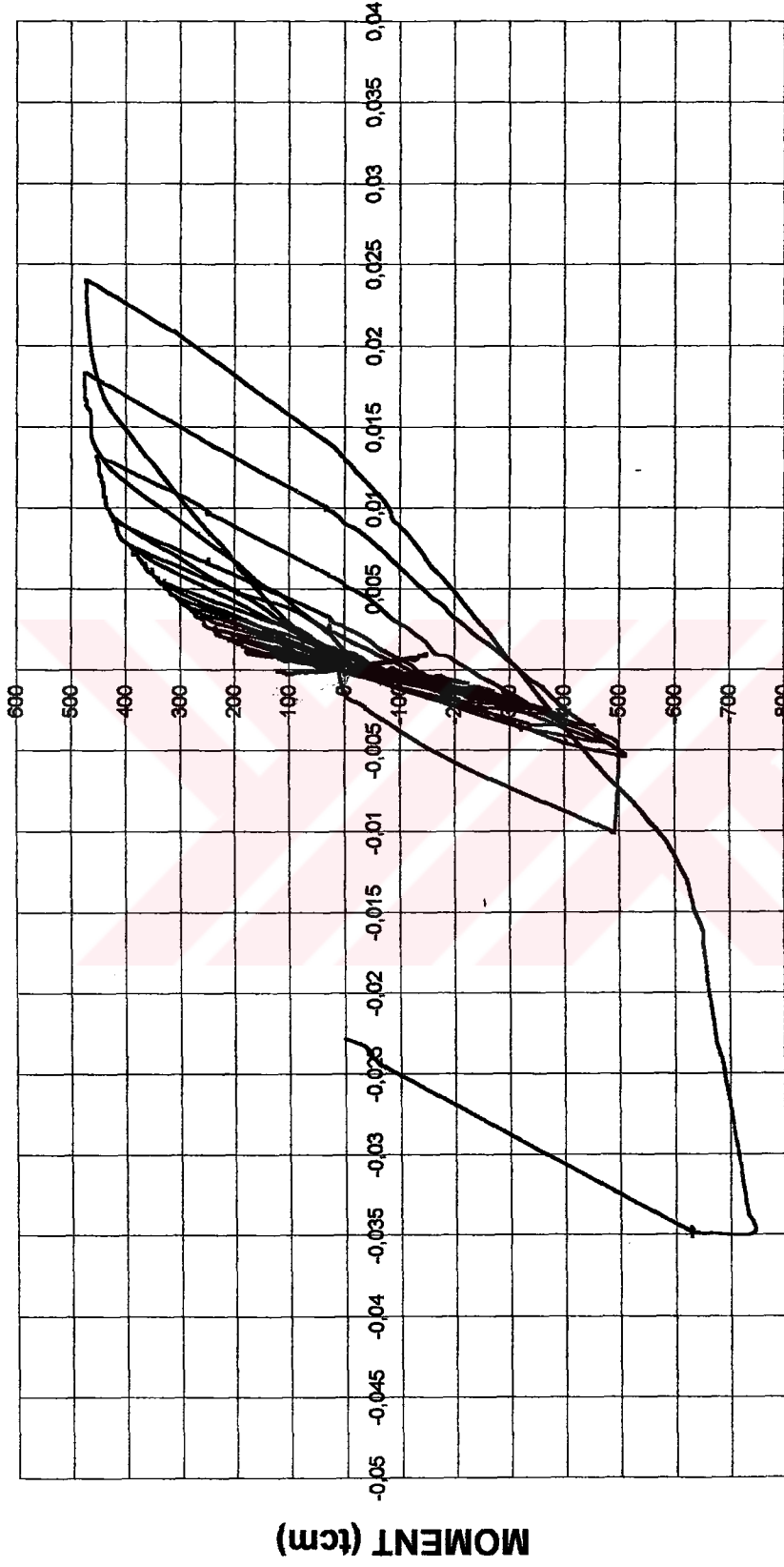


**DENEY NO 4 (30kg/m<sup>3</sup> Fiberli)**



Şekil 6.22. Deneysel No 4 İçin Moment-Dönme Grafiği

**DENEY NO 5 (40kg/m<sup>3</sup> Fiberli)**



Şekil 6.23. Deneysel No 5 İçin Moment-Dönme Grafiği

Yapılan 5 deney sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır .

Kolon –kiriş birleşim bölgesi şartnelere uygun olarak etriyeli olan numune baz alındığında ve enerji yutma kapasiteleri karşılaştırıldığında etriyesiz numune %20 daha az enerji yutmakta fakat plastik mafsal hem kolonda hemde kirişte meydana geldiği için sistem gmektedir . 20 kg/m<sup>3</sup> fiber oranına sahip 3. Numune ile etriyeli numune karşılaştırıldığında enerji yutma kapasiteleri yaklaşık aynı olmakta ve yük deplasman grafikleri de yaklaşık olarak çakışmaktadır . 30 kg/m<sup>3</sup> fiber oranına sahip 4 nolu numune ile etriyeli numune karşılaştırıldığında enerji yutma kapasitesi 2 katına çıkmakta ve süneklikte artmaktadır . 40 kg/m<sup>3</sup> fiber oranına sahip 5 nolu numune etriyeli numune ile karşılaştırıldığında enerji yutma kapasitesi 1,5 kat artmaktadır . Burada dikkatimizi çeken fiber oranı arttığı halde 5 nolu numunede 4 nolu numuneye göre enerji yutma kapasitesi azalmaktadır . Bu durumu net bir şekilde ortaya çıkartmak için yeni numuneler hazırlanarak araştırma yapılabilir . Çalışmanın ana amacı fiberlerin kolon-kiriş birleşim bölgesindeki etriye yerine kullanılıp kullanılmayacağıdır . Enerji yutma kapasiteleri , Yük-Deplasman ve Moment-Dönme grafikleri gözönüne alınarak , deneyler sonucunda 20 kg/m<sup>3</sup> fiber oranına sahip fiber betonun davranışı yaklaşık olarak kolon-kiriş birleşim bölgesi etriyeli numune davranışına karşılık gelmekte ve fiberler etriyenin görevini yerine getirmektedir.

Bu sonuçtan hareketle kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yerleştirilmesi g veya kimi zamanda imkansız olan etriye yerine betonlama sırasında bu bölge ve civarı lifli betonla imal edilerek yapının deprem etkileri altında yeterli dayanıma ulaşması sağlanabilir. Pratik uygulama açısından fiberli beton birleşim bölgesinde etriye yerleştirilmesinden daha kolay ve ekonomik olabilir.

Sonuçlardan hareketle kolon-kiriş birleşim bölgesinde 20 kg/m<sup>3</sup> fiber oranına sahip beton etriye yerine rahatlıkla kullanılabilir.

İleriki aşamalarda ;ABYYHY (1997) 'ye göre yapılan hesaplarda kiriş ve kolonlardaki –özellikle birleşim bölgesi yakınında- etriye aralıkları oldukça azalmaktadır . Kirişin ve kolonun tüm bölgelerinde , sıklaştırma yapmaksızın optimum bir etriye aralığı ve farklı oranlarda fiber ihtiva eden beton kullanılarak , fiberlerin eksik olan etriyelerin görevini yerine getirip getirmediği araştırılabilir.



## 8. KAYNAKLAR

ABYYHY (1997) 'Afet bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' T.C.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü , 1997. Ankara

ACI Committee 544 (1973), State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete ,

ACI Journal, November ,PP.729-744

ALSAYED, S.H., (March 1993) 'Flexural Deflection of Reinforced Fibrous

Concrete Beams' ACI

ASHOUR,S.;WAFI,F., (May 1993) 'Flexural Behaviour of High Strenght Fiber R/C

Beams' ACI,

ATAN,Y.,UYAN ,M., (Nisan 1979 )'Cam Liflerle Pekiştirilmiş Çimentolu ve Alçılı

Malzemelerin Tek ve İki Eksenli Yükleme Halindeki Davranışları' Teknik Rapor

No.35 İTÜ İnşaat Fakültesi ,

CHEM, J.,YANG,H.J.,CHEN, H.,W. (January 1992) 'Behaviour of Steel Fiber R/C

in Multiaxial Loading' ACI ,

CRAIG,R.John, (1986), 'Lightweight Reinforced Concrete Behaviour And Uses'

New Jersey Institute of Technology (USA) , Rilem Technical Committee 49-TFR ,

13-17 July Volume 2,pp 505-513

CRAIG ,R.John, (1984) 'Structural appliciation of Reinforced Fibrous Concrete'

Concrete International December, , pp 28-32

ERSOY U., (1985 )' Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Hesabı' İMO

Fibre Concrete Materials ( April 1978),A Report Prepeared by ,Rilem Technical  
Committee 19.FRC ,International Symposium on Testing and Testing Methods.  
Sheffield, England,

KARADUMAN , M., ÇENESİZ,S., (1992) (S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek  
Lisans Tezi) 'Polipropilen Liflerin Betona Etkisi'

NAAMAN , A., NAJM,H., (March) 1991 'Bond-Slip Mechanism in Steel Fibers in  
Concrete' ACI

SAROUSHIAN , P.,BAYASI, Z., (March 1991) 'Fiber Type Effect on Steel Fire  
Reinforced Concrete' ACI,

SAROUSHIAN ,P.,BAYASI Ziad , ACI (March- April 1991) 'Fiber Type Effects on  
The Performance of Steel Fiber Reinforced Concrete',pp.129-134

TS 500 , (1984) 'Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları' Türk Standartları  
Enstitüsü,

YILDIRIM M.A. (1994) 'Hafif ve Yarı Hafif Betonlarda Çelik Lif Kullanılmasının  
Etkisi' İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü