

EĞİLME ÇUBUKLARININ EPOKSİ İLE YAPIŞTIRILMIŞ BİNDİRME LEVHALI EKLERİNİN YAPISAL DAVRANIŞI

Ahmet Necati YELGİN* Hüseyin YELGİN**

* Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi - SAKARYA

** Sakarya Üniversitesi Sapanca M.Y.O - SAKARYA

ÖZET : Ülkemizde, çelik taşıyıcı sistemli inşaat ile, genel olarak endüstri yapılarında karşılaşılmaktadır. Çok katlı çelik iskeletli yapı uygulamaları ise yok denilebilecek kadar az bulunmaktadır. Uygulamadaki bu durumu, çoğu kez çelik iskeletli yapıların betonarme iskeletli yapılara göre daha pahalı bir maliyet göstermesiyle açıklanmaya çalışılmaktadır.

Çelik konstrüksiyonlarda önemli problem kiriş ve kolon eklerinin hesaplarının doğru ve imalatının iyi yapılması gerekmektedir. Çoğu zaman bu tür ekler bazen perçin ve bulonlu olarak, bazen de kaynaklı olarak yapılmaktadır. Çelik konstrüksiyonlarda genelde kaynaklı birleşimler çok sıklıkla kullanılmaktadır.

Son zamanlarda ülkemizde de araştırılmasına başlanan epoksi reçineleri, günümüzde giderek yaygınlaşan bir birleşim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, birleşimdeki bindirme levha boyutları değiştirilerek deneyler tekrarlanıp, böylelikle bağlantı bindirme elemanlarının taşıma yükleri ve taşıma davranışları araştırılmaktadır. Bu tür birleşimlerle ilgili öneriler yapılacaktır.

I.GİRİŞ

Ülkemizde, çelik taşıyıcı sistemli inşaat ile, genel olarak endüstri yapılarında karşılaşılmaktadır. Çok katlı çelik iskeletli yapı uygulamaları ise yok denilebilecek kadar az bulunmaktadır. Deprem kuşağı içinde yer alan ve büyük kentlerin neredeyse tamamı depremden aşırı derecede etkilenen memleketimizde, deprem etkilerine en duyarlı bir şekilde cevap veren

çelik yapılarla ilgili bu gözlem gerçekten şaşırtıcı olup bir açıklamaya ihtiyaç gösterir.

Uygulamadaki bu durum, çoğu kez çelik iskeletli yapıların betonarme iskeletli yapılara göre pahalı bir maliyet göstermesiyle açıklanmaya çalışılmaktadır. Özellikle 20 ~ 25 kattan daha yüksek binalarda, çelik konstrüksiyonlu inşaatın betonarme inşaata nazaran önemli bir oranda hafifliği, deprem yüklerinin de bu hafifliğe bağlı olarak azalması nedeniyle, taşıyıcı sistem boyutlarında önemli ölçüde maliyet azalttığından, bu gerekçe her zaman geçerli olmamaktadır. Hatta daha önemli neden, çelik konstrüksiyon olarak yapılan çok katlı yapılar hakkında, gerek proje safhası tasarım ve hesaplamada, mühendislerin ve inşaat firmalarının yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmamalarıdır. Bu nedenle çelik inşaatların sağlayabileceği inşaat süresinin kısaltılması, betonarme sistemlerde alışılmış taşıyıcı sistemlerin dışında yeni taşıyıcı sistemlerin kullanılabilmesi gibi önemli avantajlardan haberdar olunduğu da bilinmemektedir.

Çelik konstrüksiyonlarda önemli problem kiriş ve kolon eklerinin hesaplarının doğru ve imalatının iyi yapılması gerekmektedir. Çoğu zaman bu tür ekler bazen perçin ve bulonlu, bazen de kaynaklı olarak yapılmaktadır.

Çelik konstrüksiyonlarda genelde kaynaklı birleşimler çok sıklıkla kullanılmaktadır. Kaynaklama işleminin kalifiye işçilik ve kaynaklama sonrasında ışın kontrolü yapılması gerektiğinden hem maliyeti arttırmakta ve hem de inşaat süresini uzatmaktadır.

Bu nedenle 20. yüzyıl sonlarında ülkemizde de araştırılmasına başlanan epoksi reçineleri, günümüzde giderek yaygınlaşan bir birleşim malzemesidir.

Epoksi reçinelerinin araştırılmasına Amerika ve Avrupa ülkelerinde bu yüzyılın ilk yarısında başlanmış ve kısa süre içinde kaplama, tamir ve birleşim malzemesi olarak kullanılmaya başlanılmıştır.

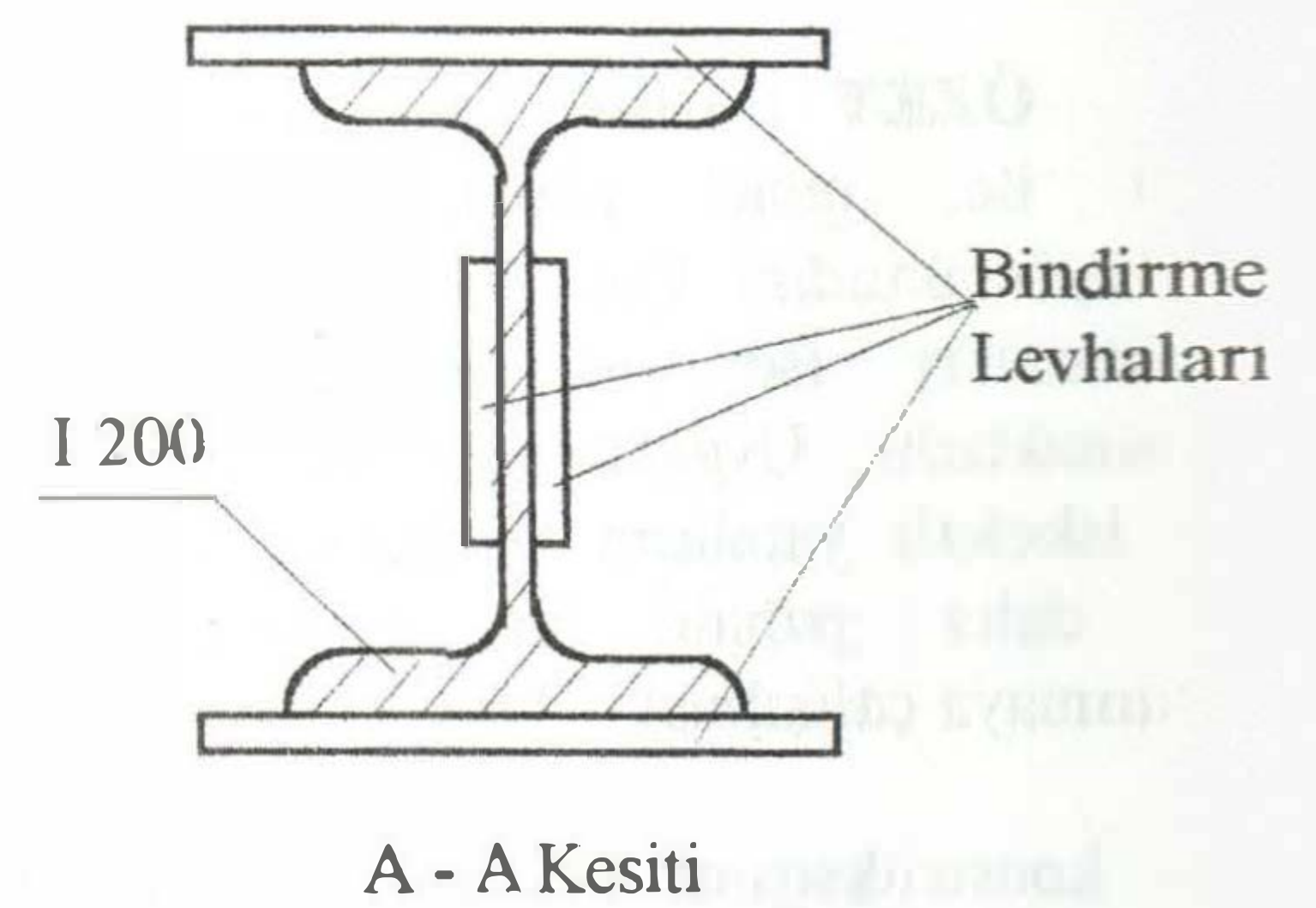
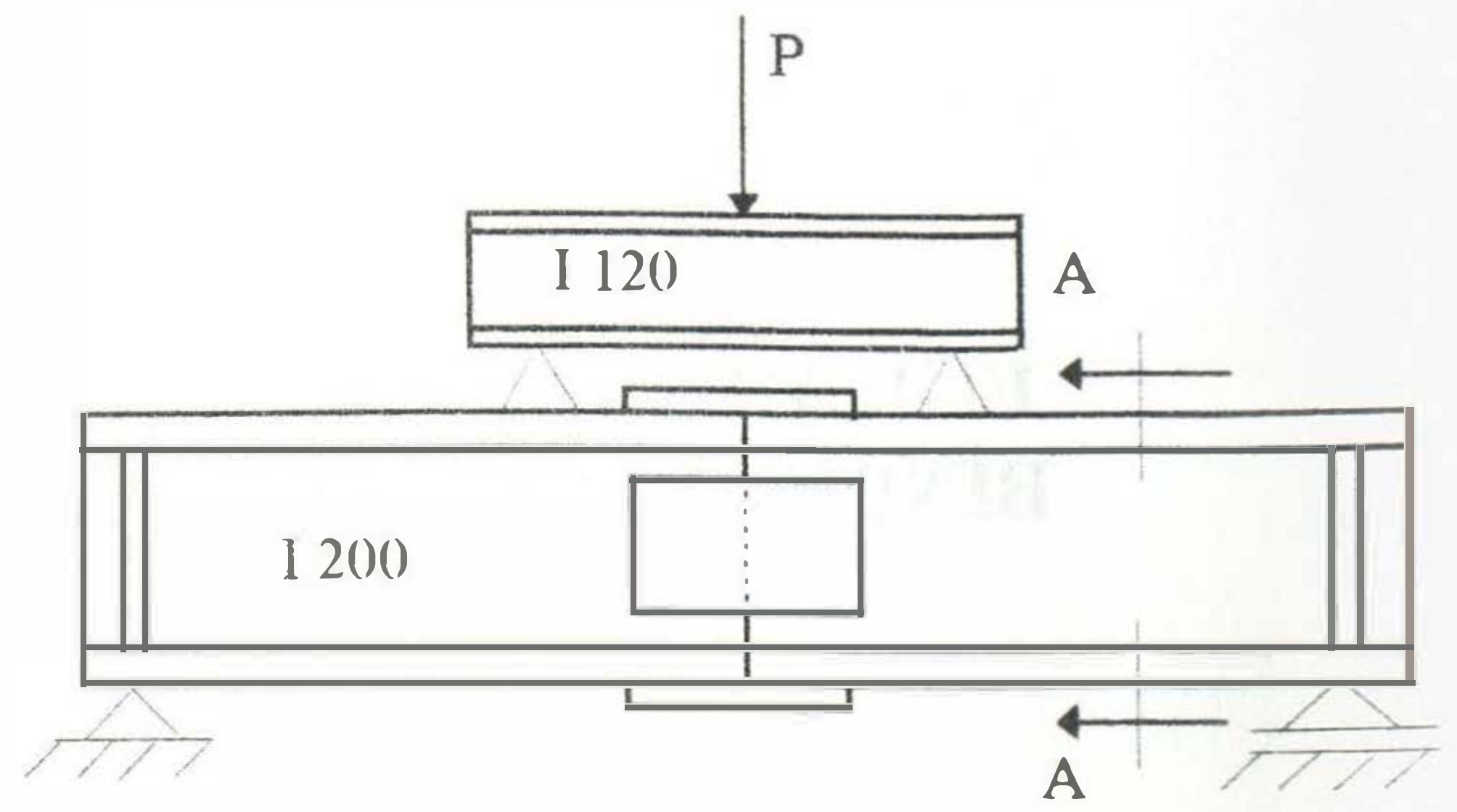
Son yıllarda yapıştırma ile yapılan birleşimlerin gerilme analizi üzerine çok sayıda teorik ve deneysel çalışmaya yapılmaktadır. Bu çalışmalar, daha çok, tek ve çift levha bindirmeli yapıştırma bağlantısının aksel kuvvet ve/veya eğilme momenti etkisi altında gerilme analizi üzerinde yoğunlaşan kapalı ve nümerik çözümlerdir.

Bu yapılan çalışmalardan birkaçı; F. Erdoğan ve M. Ratwani (1971); G.R. Wooley ve D.R. Carver (1971); J.B.S. Carter (1973); U. Yüceoğlu ve D.P. Updike (1980), (1981); D. Chen ve S. Cheng (1983); F.V. Chang (1990); Durmuş Günay ve Muzaffer Elmas (1991); S.Cheng, D. Chen ve Y. Shi (1991); O.C. Jawad ve H. Nayeab-Hashemi (1995); A. Bogdanovich ve I. Kizhakkethara (1997); J.F. Ganghoffer, A. Brillard ve J. Schultz (1997); Y.G. Kim, S.J. Lee, D.G. Lee ve K.S. Jeong (1997) dir.

Bu deneysel çalışmada ele alınan ve eğilmeye çalışan kiriş olarak hadde profilleri kullanılmaktadır. Söz konusu bu hadde profilleri I 200 kesitine sahip bulunmaktadır. Bu hadde profilleri ortasından kesilerek ek yapılmaktadır. Söz konusu bu ek profilin gövde ve başlıklarına konan bindirme levhaları ile gerçekleştirilmektedir. Bu bindirme levhaları epoksi reçineleri kullanılarak I profilinin gövde ve başlıklarına yapıştırılmaktadır. Böylelikle bindirme levhaları ek gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Deneylerde kullanılan hadde profil kesiti I 200 dür. Söz konusu profil Şekil 1' de görülen dört adet bindirme levhası ile birleştirilerek bir ek teşkil edilmektedir. Birleşim ekinde kullanılan bindirme levhalarının boyutları başlıklarda 120x250x10, 120x300x10, 120x350x10 mm ebatlarındadır. Gövdede ise 150x250x10, 150x300x10 ve 150x350x10 mm ebatlarındadır.

Söz konusu bu dört adet bindirme levhaları ve epoksi reçinesi ile birleştirilmiş eğilme çubuğu eki iki noktadan tekil yük verilerek deneye tabi tutulmaktadır.



Şekil 1. Epoksi İle Yapıştırılmış Bindirme Levhaları Eğilme Kirişi Eki

II. YAPIŞTIRICI OLARAK KULLANILAN EPOKSİ REÇİNELER

Epoksi reçineler, uygulamalarındaki kolaylıklar ve yüksek mekanik özelliklerinden dolayı çok kullanışlı bağlama malzemesidir. Epoksiler, göstermiş olduğu yüksek adezyon, sertleşirken az büzülmesi, büyük sıcaklık değişimlerinde çabuk sertleşebilmesi, uygulandıktan kısa bir süre sonunda hizmet verebilmeleri gibi önemli avantajlara sahiptir. Epoksi reçineleri bu gibi birçok avantajlara sahip olmasına karşılık, bazı dezavantajlara da sahiptir. Özellikle teknik üstünlükleri ve kullanımındaki kolaylık ile hızlı oluşuna karşılık, pahalı ve fleksibilitesinin düşük olması dezavantajlarıdır. Malzemenin pahalı olmasından dolayı çalışırken çok dikkatli olunmalı, teknik açıdan yeterli ve deneyimli kişilerce gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Epoksi reçinesi, uygulamadan önce gerekli hazırlık ve temizlik yapılarak, kaplamaya ve birleştirmeye (yapıştırma) hazır hale getirilmelidir. Yüzeyin durumu oldukça önemlidir. Şayet yeterince temiz değilse çabuk kırılır ve yumuşak bir tabaka ise yapışkanlık azalır.

Ayrıca yüzey pürüzlendirilerek birleşimin daha başarılı ve iyi olması sağlanabilir.

Epoksiler reçine türleri içinde en çok tercih edilendir. Avantaj ve dezavantajları Tablo 1' de verilmektedir.

Tablo 1. Epoksi Reçineleri

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Aşınmaya karşı dirençli	Fleksibilitesi kötü (Rijit)
Darbeğe karşı iyi dirençli	Işınlara karşı dirençsiz
Sıkışmaya karşı dirençli	Maliyeti yüksek
Kimyasal etkilere dirençli	
İyi renk uyumuna sahip	

Epoksi reçinelerinin temel özellikleri:

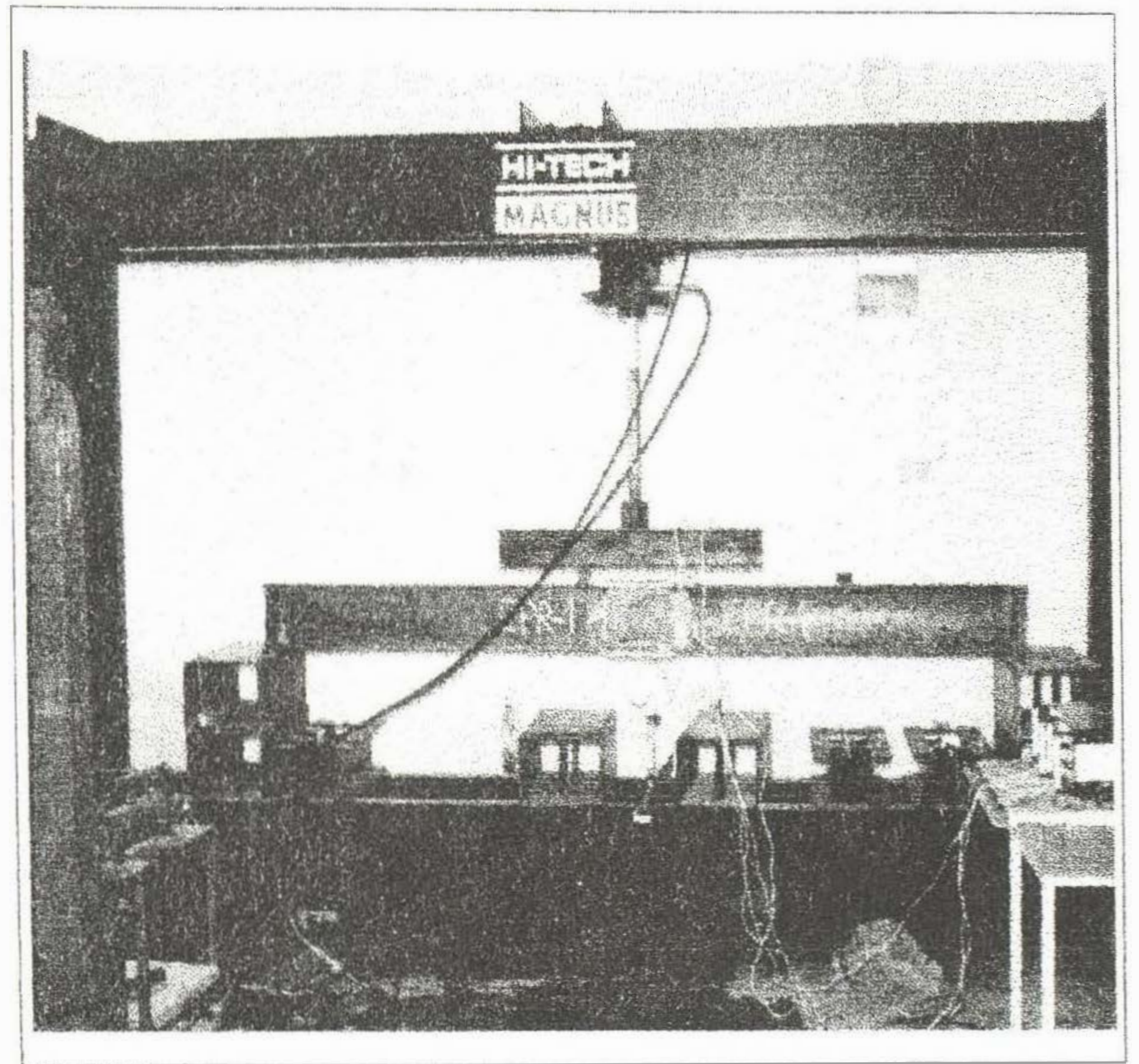
- Düşük vizkoziteli sıvılar olup uygun bir karşıt bağlama bileşiği ile karıştırılmasıyla termoset hale dönüştürülebilir. Ayrıca sertleştirici düşük vizkoziteli ve uygulamaları kolay olup, modifiye edilebilirler.
- Kolay sertleşebilme özelliğine sahiptirler. Seçilen sertleştiriciye bağlı olarak epoksi reçineleri kolay ve hızlı bir şekilde 5 ~ 150°C arasındaki sıcaklıklarda sertleşebilirler.
- En önemli özelliklerinden biri de sertleşme sırasında az büzülmesidir.
- Kimyasal yapılarında özellikle polar hidroksil ve eter gruplarını içermelerinden dolayı epoksi reçineleri çok iyi yapıştırıcıdır. Sertleşme sırasında çok az bir büzülme gerçekleştirdikleri için yüzeyler arasındaki adezyon kuvvetinde azalma gözlenmez. Bu yüzden de adezyon kuvvetleri, herhangi bir basınç ve bekleme istemeksizin elde edilebilecek en iyi değerlerdir.
- Mekanik özellikleri oldukça yüksektir. Doğru formülasyona sahip epoksi reçinelerinin mukavemeti genellikle diğer döküm reçinelerinkini geçer. Bu epoksilerin düşük büzülme özelliklerinin sonucudur. Böylelikle mekanik yapı zayıflatan gerilmeler azaltılmış olur.
- Yüksek elektrik yalıtkanlığına sahiptir.
- Mukavemetini kazanmış epoksi reçinelerinin kimyasal dirençleri, kullanılan sertleştiricinin türüne bağlıdır. Şayet uygun sertleştirici kullanılırsa çok yüksek direnç elde edilebilir. Epoksi reçineleri çoğu kostiğe karşı çok üstün dirençlidir. Ayrıca aside karşıda iyi dirençlidirler.
- Epoksi reçineleri çok kullanışlı plastiklerdir. Temel özellikleri birçok yolla modifiye edilebilir.

Bu nedenlerden dolayı, olağan birleşim araçları yerine (Perçin, Bulon ve Kaynak) bu çalışmada epoksi reçineleri kullanılmıştır.

Yapıştırıcı olarak kullanılan epoksi reçinelerinin yapılan deneyler sonucu elde edilen karakteristik özellikler: Basınç mukavemeti 65 N/mm², Çekme mukavemeti 20 N/mm², çeliğe yapışma mukavemeti 20 N/mm² olarak elde edilmiştir.

III. DENEY DÜZENİ VE DENEYİN YAPILIŞI

Deneyler Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerin gerçekleştirilmesi için "HI - TECH MAGNUS" marka deney makinası kullanılmaktadır. Bu makina hidrolik presle donatılmış ve 200 kN basınç yükü verebilme kapasitesine sahip bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Deney Çerçevesi

Bu çalışmada, Şekil 1' de verilen epoksi reçinesi ile yapıştırılmış bindirme levhalı ekli deney epruvetleri Şekil 2' de görülen deney çerçevesine konulup deneye tabi tutulmaktadır.

Bu deneysel çalışmada ele alınan ve eğilmeye zorlanan kiriş olarak dar başlıklı hadde profili kullanılmaktadır. Söz konusu bu dar başlıklı hadde profilleri I 200 kesitine sahiptir.

Bu hadde profilleri başlangıçta 3 metre olarak kesilmiş, daha sonra deney çerçevesini açıklığı dikkate alınarak bu profil ortasında bir defa daha kesilerek 1,5 metrelik iki parçaya ayrılmıştır. Daha sonra bu ayrılan iki parça karşılıklı uç uca getirilerek birleştirilmektedir. Birleşim aracı olarak epoksi reçineleri kullanılmaktadır.

Deneylerde kullanılan hadde profili Şekil 1’de görülen 4 adet bindirme levhası ile birleştirilerek bir ek teşkil edilmektedir. Bu ekin teşkili esnasında epoksi reçinesi uygulama kurallarına özenle dikkat edilmiştir. Yapıştırma yapmadan önce profilin ve eklenecek bindirme levhalarının epoksi ile yapıştırılacak yüzeyleri zımpara ile temizlenmiş ve üzerinde zımpara tozu kalmayacak şekilde elektrikli süpürge ile zımparalanan yüzeyler tozdan arındırılmıştır. Daha sonra Epoksi reçinesi hazırlama kurallarına uygun olarak A ve B komponentinden meydana gelen iki bileşen 1/3 oranı gözetilerek temiz bir kaba konup, homojen bir karışım (Gri renk alıncaya kadar) elde edilinceye kadar mikser yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışım (Epoksi Reçinesi) spatula yardımıyla daha önce temizlemiş yüzeylere sürülmüştür. Epoksi reçinesi sertleşinceye kadar (Oda sıcaklığında yaklaşık 8 gün) bindirme levhaları işkençe ile profile tutturulmuştur.

Birleşim ekinde kullanılan bindirme levhalarının boyutları başlıklarda 120x250x10, 120x300x10 ve 120x350x10 mm ebatlarındadır. Gövde ekinde kullanılan levhaların boyutları ise 150x250x10, 150x300x10 ve 150x350x10 mm ebatlarındadır.

Söz konusu bu 4 adet bindirme levhalı ve epoksi reçinesi ile birleştirilmiş eğilme çubuğu eki Şekil 2’ de görülen deney düzeneğine konulmuş ve iki noktadan eşit tekil yük verilerek deneye tabi tutulmaktadır. Her bir tür epruvetten deneylerdeki muhtemel aksaklıkları da dikkate alarak 2 adet olarak hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılan epruvetlerin kesit değerleri Tablo 2’ de verilmektedir.

Tablo 2. Epruvet Enkesit Değerleri

Epr. No	Prof. No	Başlık Levha Boyutu. (mm)	Gövde Levha Boyutu (mm)	Bindirme Levhası kalınlığı (mm)
EPR-1	I 200	120.250.10	150.250.10	10
EPR-2	I 200	120.250.10	150.250.10	10
EPR-3	I 200	120.300.10	150.300.10	10
EPR-4	I 200	120.300.10	150.300.10	10
EPR-5	I 200	120.350.10	150.350.10	10
EPR-6	I 200	120.350.10	150.350.10	10

Deneylerde kullanılan malzemeler (I 200 Profili ve bindirme levhaları) St 37 çeliğidir. Çeliğin deneylerde kullanılacak akma gerilmesi $\sigma_F = 24 \text{ kN / cm}^2$ olarak çekme deneyi yapılarak belirlenmiştir.

IV. DENEY SONUÇLARI

Bu çalışmanın amacı, birleşimdeki bindirme levha boyutları değiştirilerek deneyler yapmak, böylelikle bağlantı bindirme elemanlarının ve epoksi reçinesinin taşıma davranışını ve bindirme levhalı (epoksi reçinesi ile yapıştırılmış) çelik profil ekinin taşıma kapasitesinin bindirme levhası boyutları değiştirilerek taşıma kapasitesinin nasıl ve ne kadar değiştiğinin tespitidir. Şekil 3 ve Şekil 4’ de deney esnasında çekilmiş fotoğraflar görülmektedir

Bu amaçla Tablo 2’ de boyutları verilen deney epruvetleri deneye tabi tutulmaktadır. Bu yapılan deneyler sonucu elde edilen taşıma yükü değerleri ise Tablo 3’ de toplu olarak verilmektedir.

Tablo 3. Kiriş Enkesit Değerleri ve Deney Sonuçları

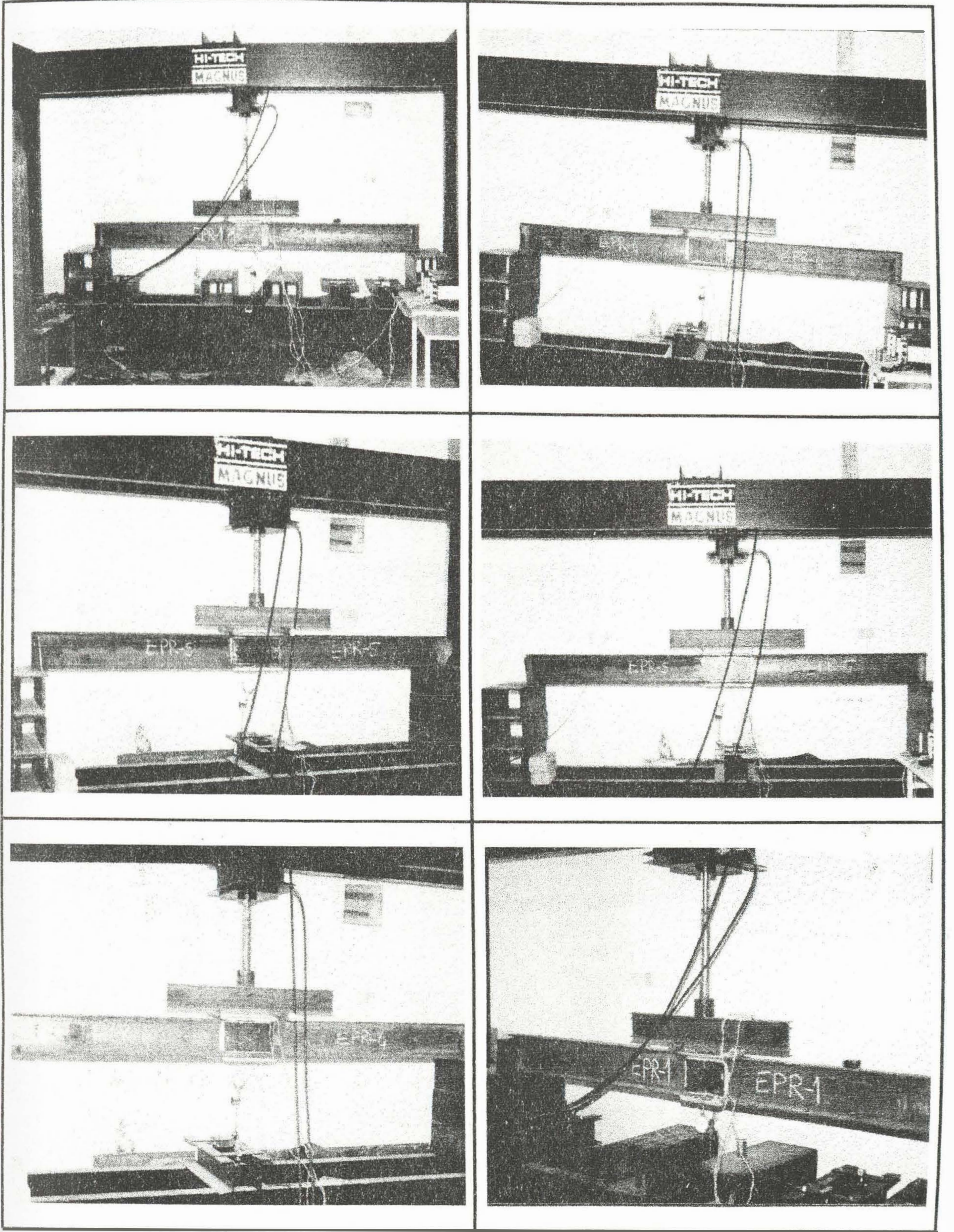
Epr. No	Profil No	Epoksi Reçine Kalın. (mm)	Başlık Epoksi Alanı (cm ²)	Gövde Epoksi Alanı (cm ²)	Taşıma Yükü (kN)
EPR-1	I 200	1,5	600	750	7,5
EPR-2	I 200	1,5	600	750	7,3
EPR-3	I 200	1,5	720	900	8,0
EPR-4	I 200	1,5	720	900	8,2
EPR-5	I 200	1,5	840	1050	9,0
EPR-6	I 200	1,5	840	1050	9,2

Deney esnasında epruvetlerin taşıyacağı yükler yanında, deformasyonlar da ölçülmüştür. Deformasyonların ölçülmesinde Strain Gauge’ ler ve bu ölçme elemanının bağlı olduğu Data Logger cihazı kullanılmıştır. Deneylerde ölçme elemanı olarak kullanılan Strain Gauge’ lerin özellikleri:

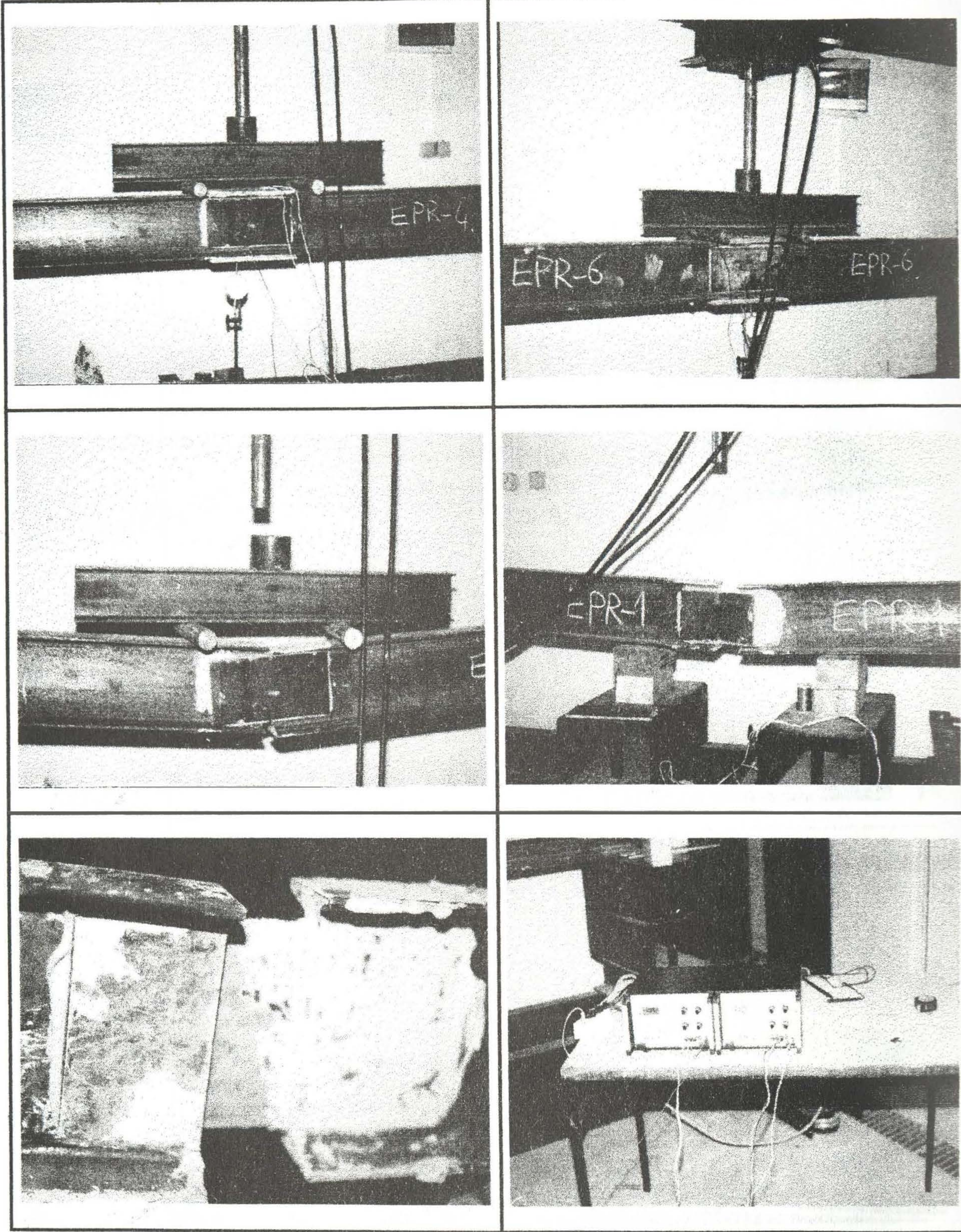
Tipi	:	FLA-3-11
Ölçme Boyu	:	3 mm
Ölçme Rezistansı:		120 ± 0,3 Ohm
Ölçme Faktörü	:	2,13

Strain Gauge’ ler epoksi reçinesi ile yapıştırılmış bindirme levhalı kirişin, üst başlığındaki bindirme levhasının ortasına ve alt başlıktaki bindirme levhasının ortasına tespit edilmiştir. Üst başlıktaki bindirme levhası üzerine monte edilen Strain Gauge yardımıyla kısalma miktarları, alt başlıktaki bindirme levhası üzerine monte edilen Strain Gauge’ ler ile de uzama miktarları tespit edilmektedir.

Strain Gauge’ ler yardımıyla ölçülen kısalma ve uzama deformasyonları ile birlikte, kiriş ortasının yük altında yapmış olduğu çökme miktarları da 1/100 hassasiyetli komparatörler yardımıyla ölçülmüştür.

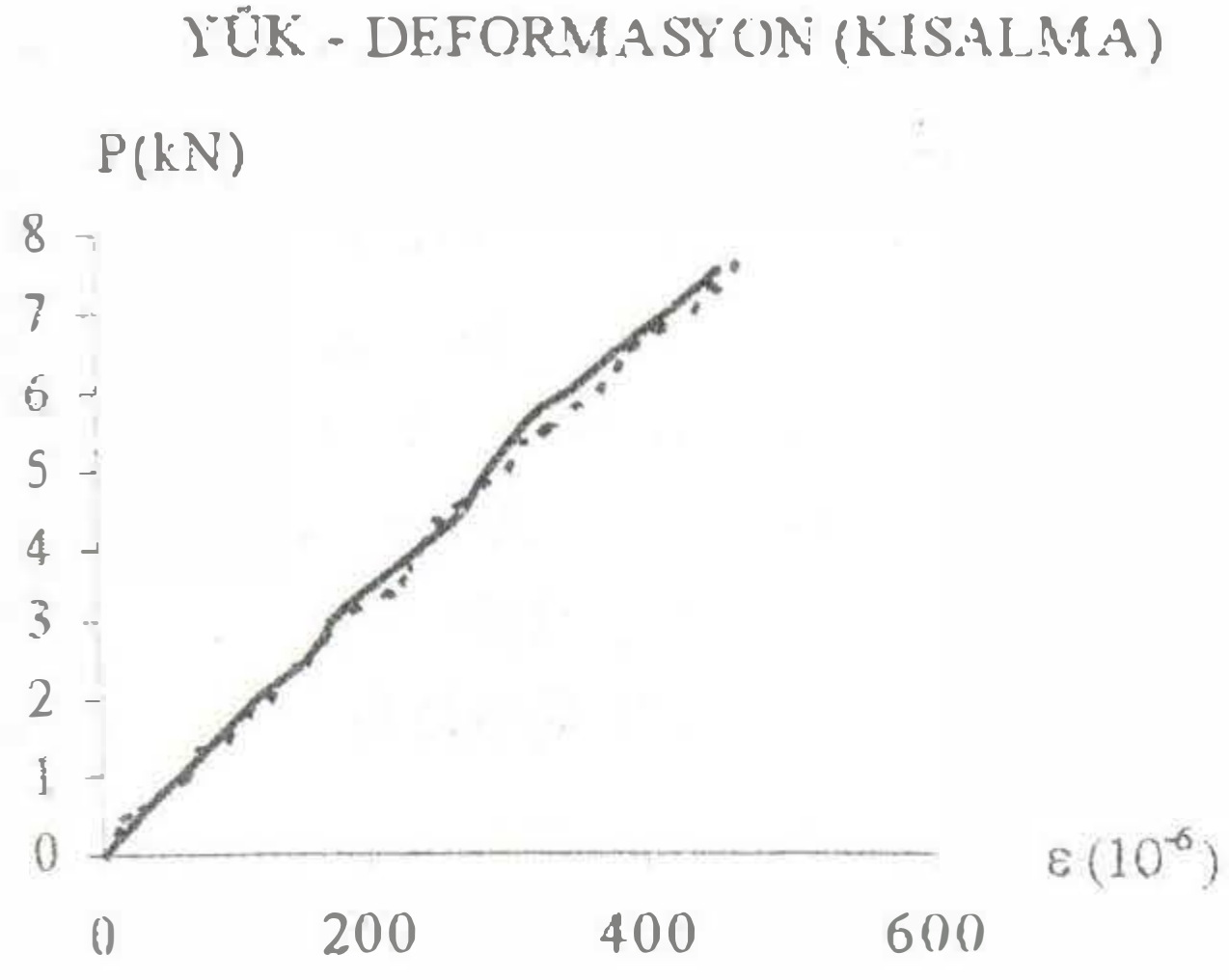


Şekil 3. Deney Esnasında Çekilmiş Fotoğraflar

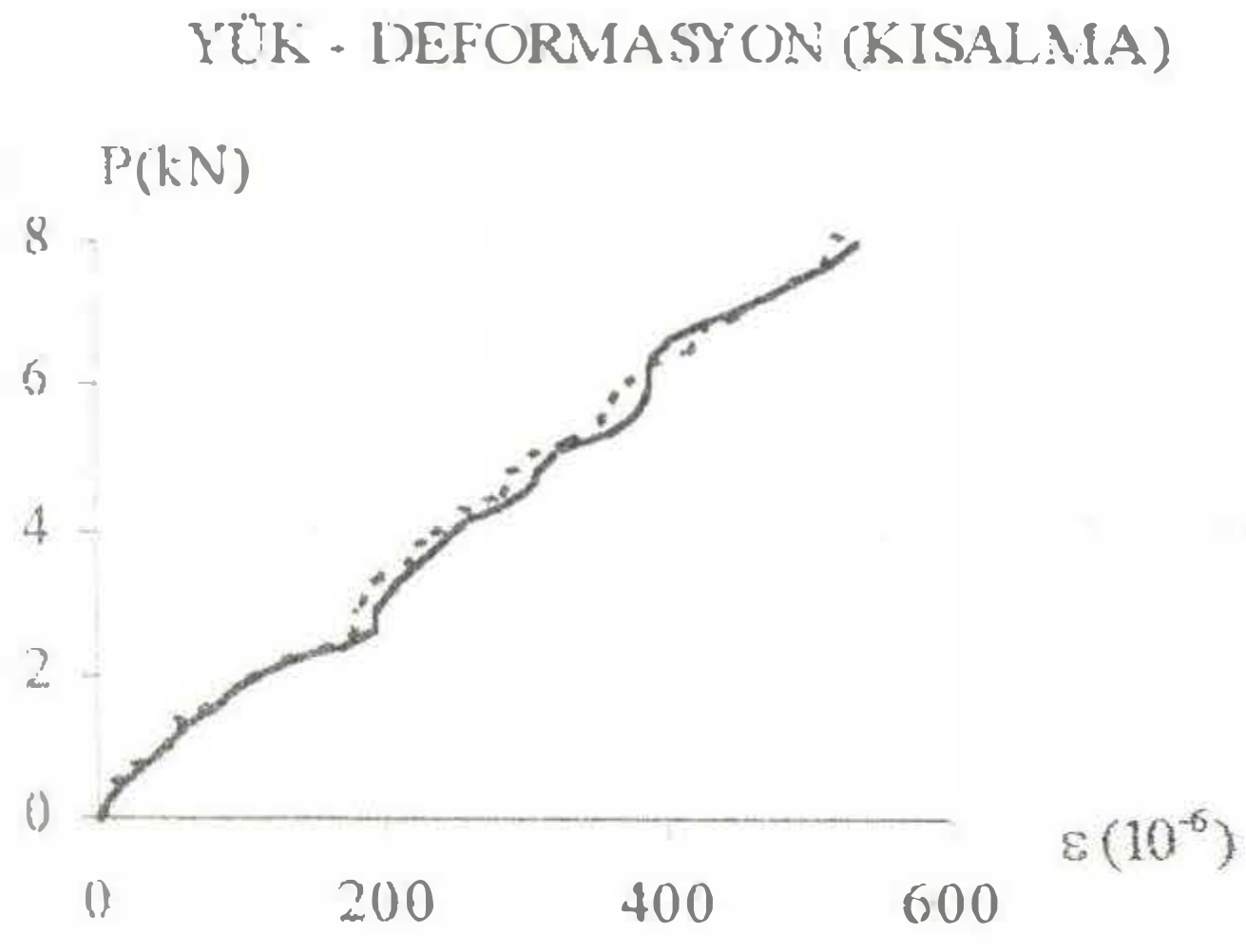


Şekil 4. Deney Esnasında Çekilmiş Fotoğraflar

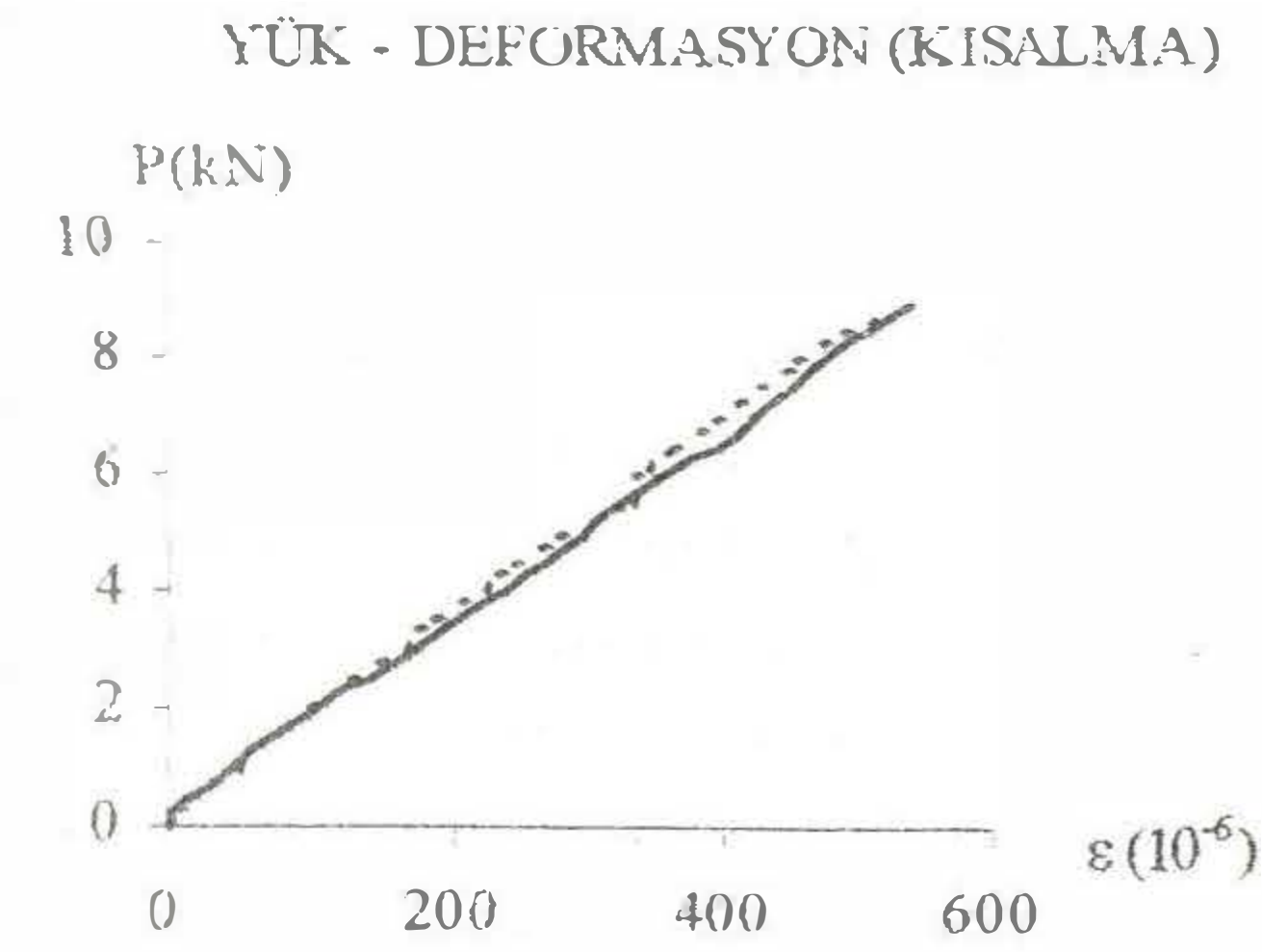
Yapılan çalışmada elde edilen deney sonuçları diyagramlar halinde verilmektedir. Bu diyagramlarda yük altında alt ve üst başlıkta bulunan bindirme levhalarındaki uzama ve kısalmalar ile çökme türü deplasmanlar gösterilmektedir (Şekil 5 ~ Şekil 13).



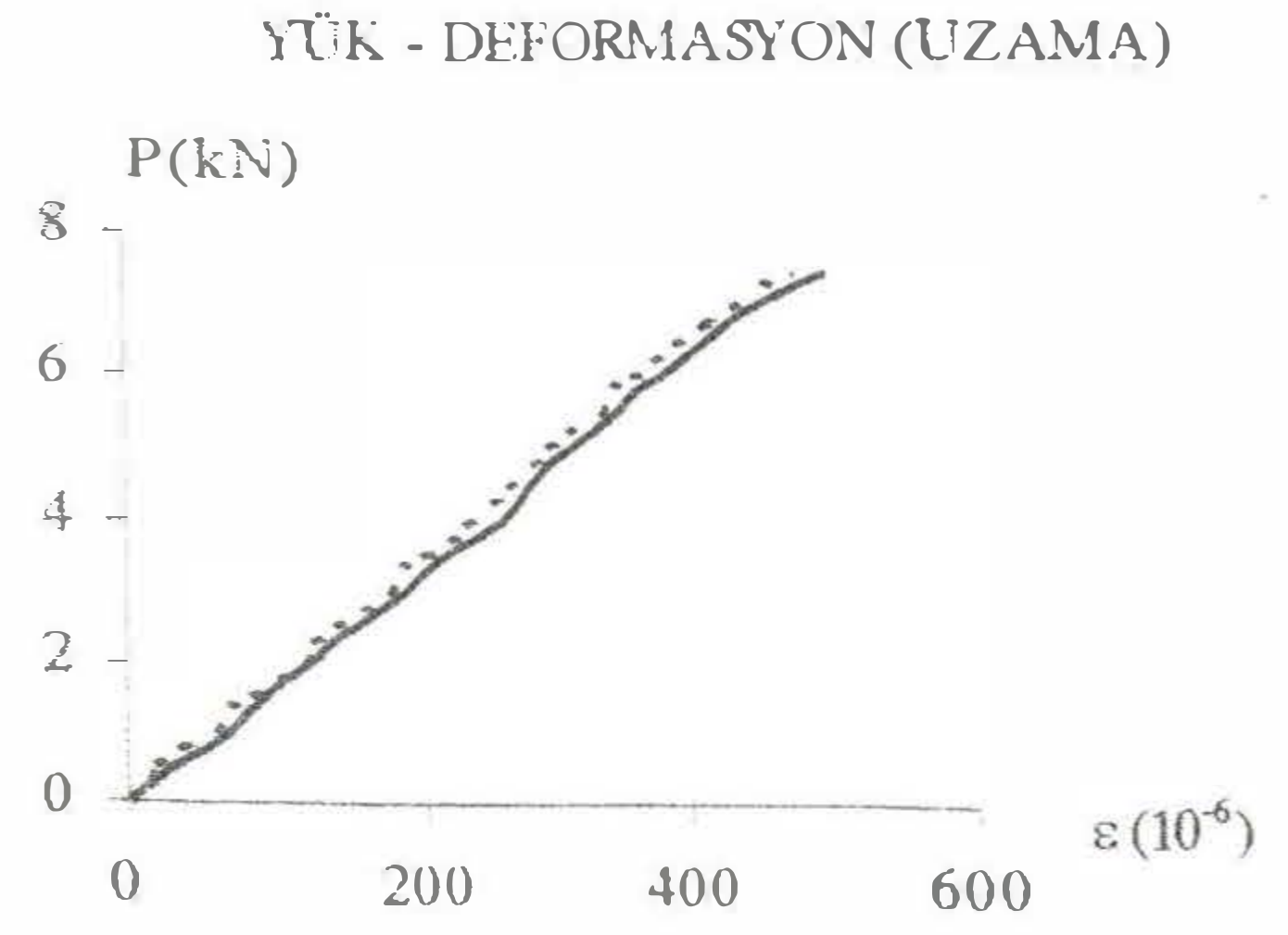
Şekil 5. Yük - Deformasyon (EPR-1 ve EPR-2)



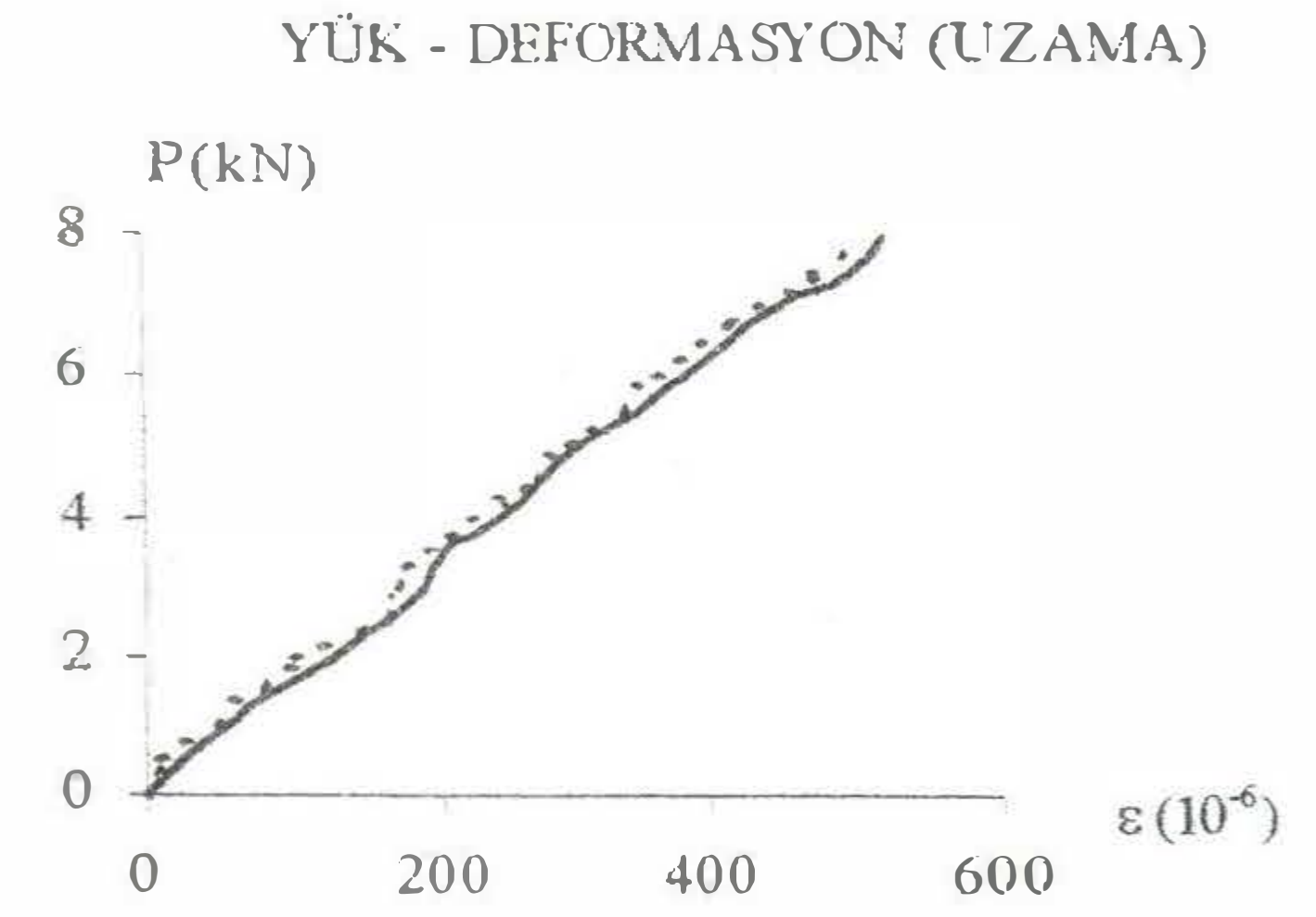
Şekil 6. Yük - Deformasyon (EPR-3 ve EPR-4)



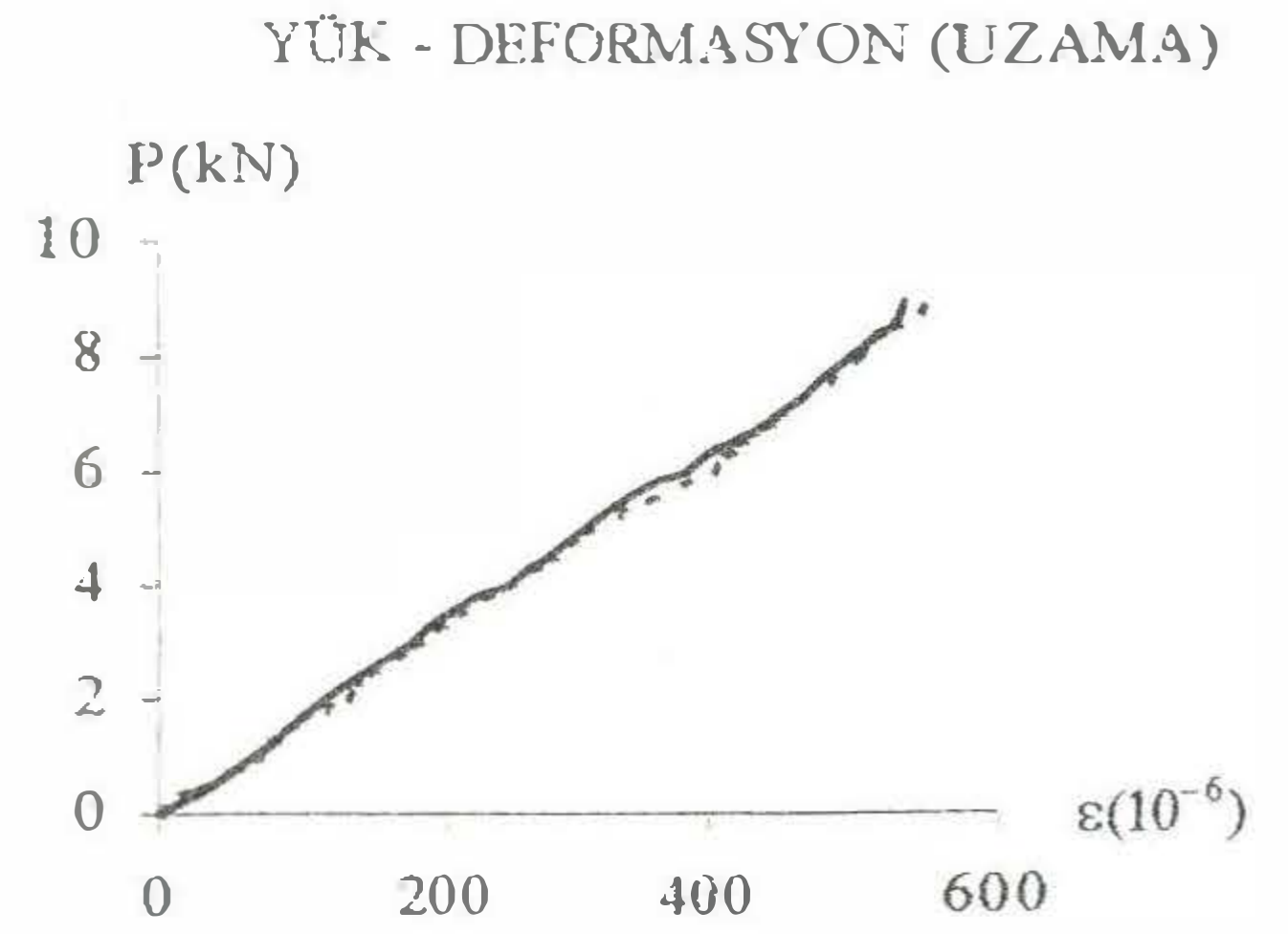
Şekil 7. Yük - Deformasyon (EPR-5 ve EPR-6)



Şekil 8. Yük - Deformasyon (EPR-1 ve EPR-2)



Şekil 9. Yük - Deformasyon (EPR-3 ve EPR-4)



Şekil 10. Yük - Deformasyon (EPR-5 ve EPR-6)

V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

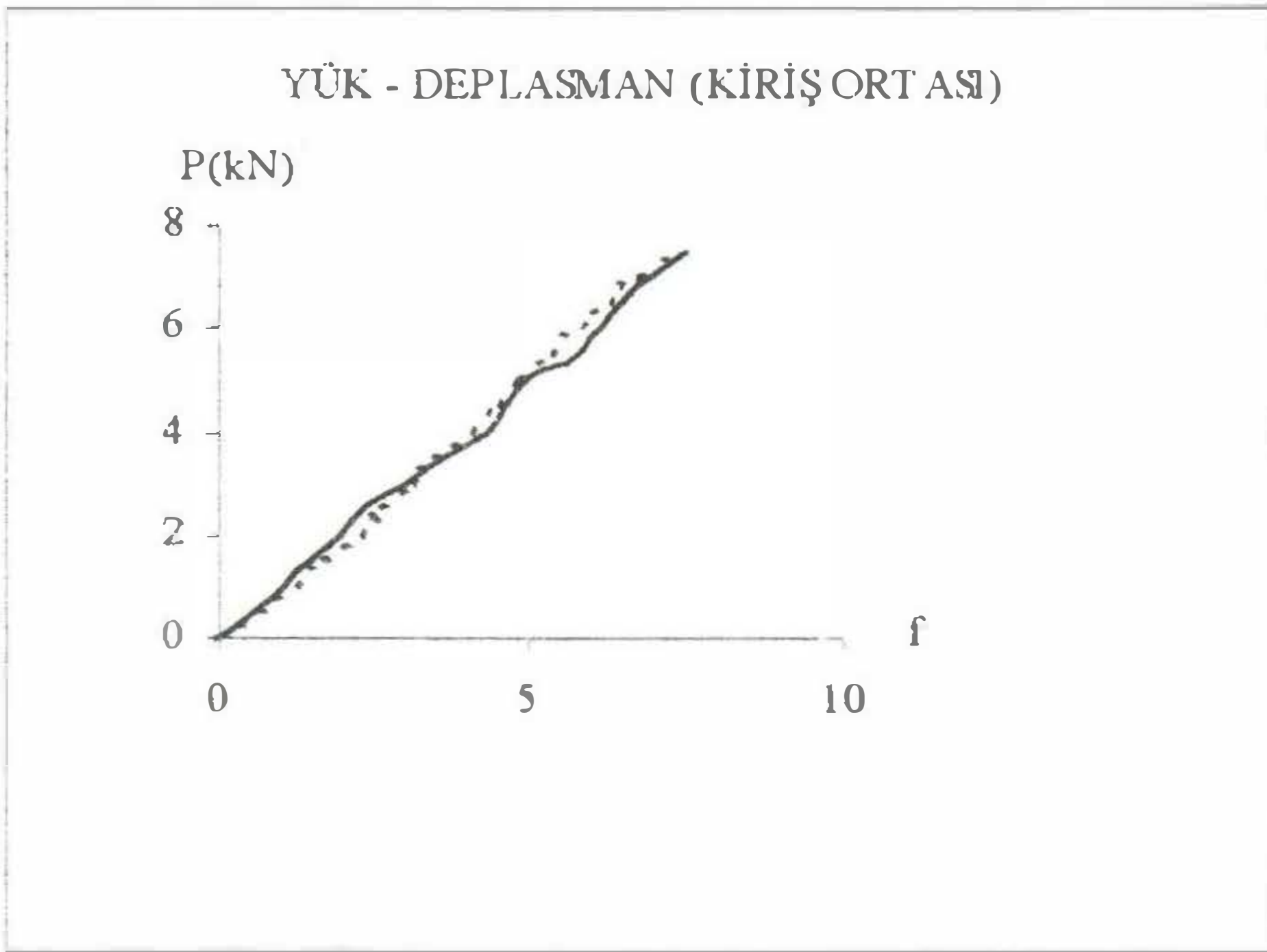
Yapılan deneysel çalışma neticesi elde edilen sonuçlar grafikler halinde Şekil 5 ~ Şekil 13' de toplu olarak verilmektedir. Bu grafiklerin incelenmesi sonucu:

- Şekil 5 ve Şekil 10 ' da görülen diyagramlar EPR-1 ~ EPR-6 deney numunelerine ait epoksi reçinesi ile yapıştırılmış bindirme levhalı kiriş ekinin taşıma davranışına ait bulunmaktadır. Söz konusu bu diyagramların incelenmesi sonucu Yük - Deformasyon (Uzama ve Kısalma) diyagramlarının lineer gittiği görülmektedir. Yani gerilme yayılımı elastik bölgede bulunmaktadır.

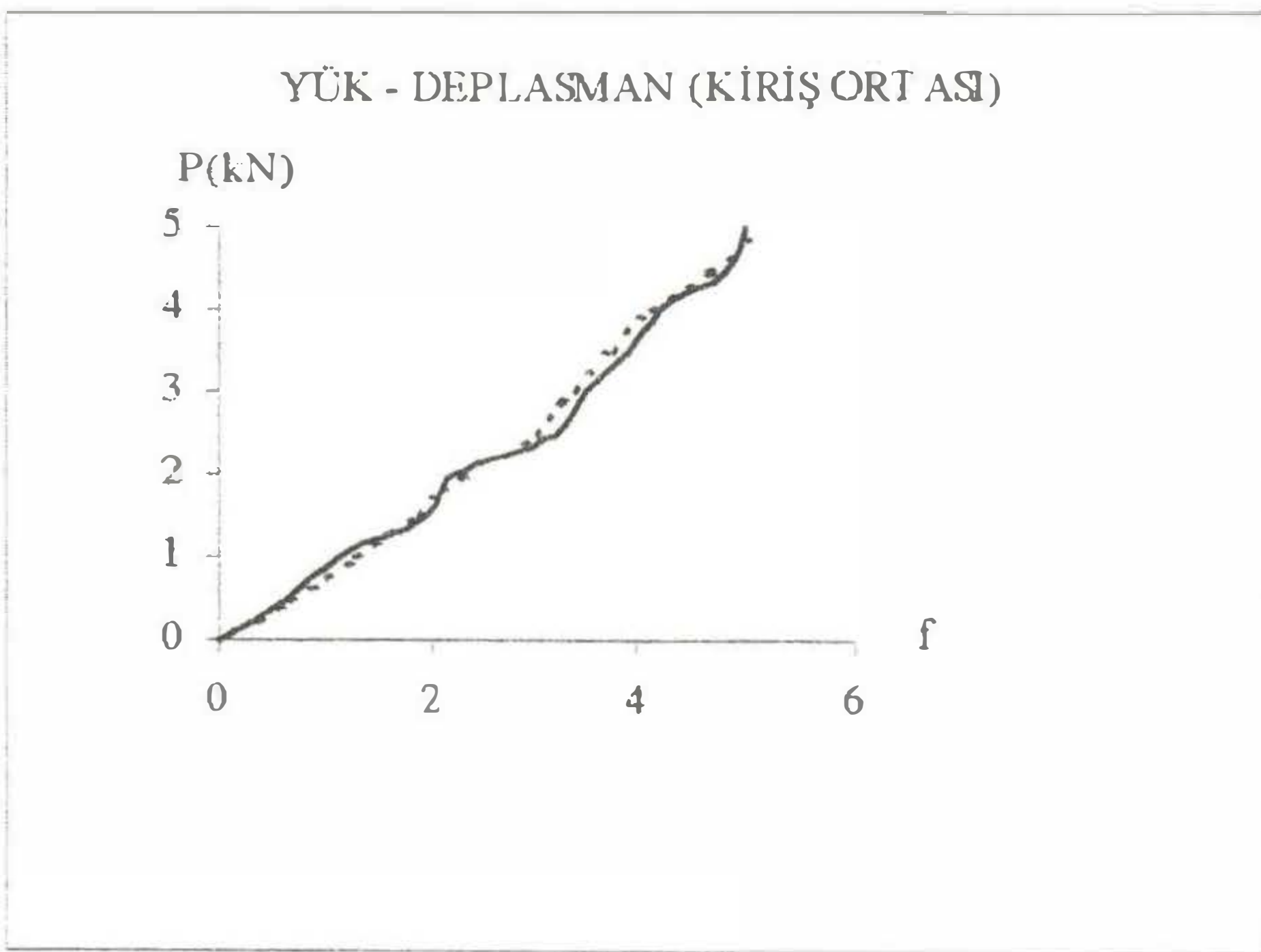
- Bu deneylerde yüklemeye devam edilmiş fakat belirli bir değere gelince ani göçmeler meydana geldiği görülmüştür. Çelik malzemesinde bilinmektedir ki, yüklemeye devam edildiğinde çeliğin belirli bir değere kadar davranışının lineer kaldığı, bu değerden sonra çeliğin akmaya başladığı görülmektedir. Yani çelikte bir akma sahanlığı bulunmaktadır. Bu akma sahanlığının bulunması çelik malzemesi için önemli bir sonuçtur. Bu akma sahanlığı vasıtasıyla çelik sistemlerde ani göçmeler meydana gelmemektedir. Aynı durumu epoksi reçineleri için söylemek pek mümkün değildir. Yapılan deneylerde çelik malzemesi akmaya başlamadan epoksi reçinelerinde atmalar (göçme) başlamıştır.

- Epoksi reçineleri için söylenebilecek en önemli dezavantaj olarak söz konusu bu durum gösterilebilir. Daha önce deneylerde kullanılan malzemelerin karakteristik özellikleri belirlenmesi sırasında epoksi reçinesinin de karakteristik özellikleri tespit edilmiştir. Bu durum orada da tespit edilmiştir. Söz konusu bu durum diğer birleşim araçlarında görülmemektedir. Bu nedenle epoksi reçineleri plastik hesaplama için uygun bir malzeme olarak görülmemelidir.

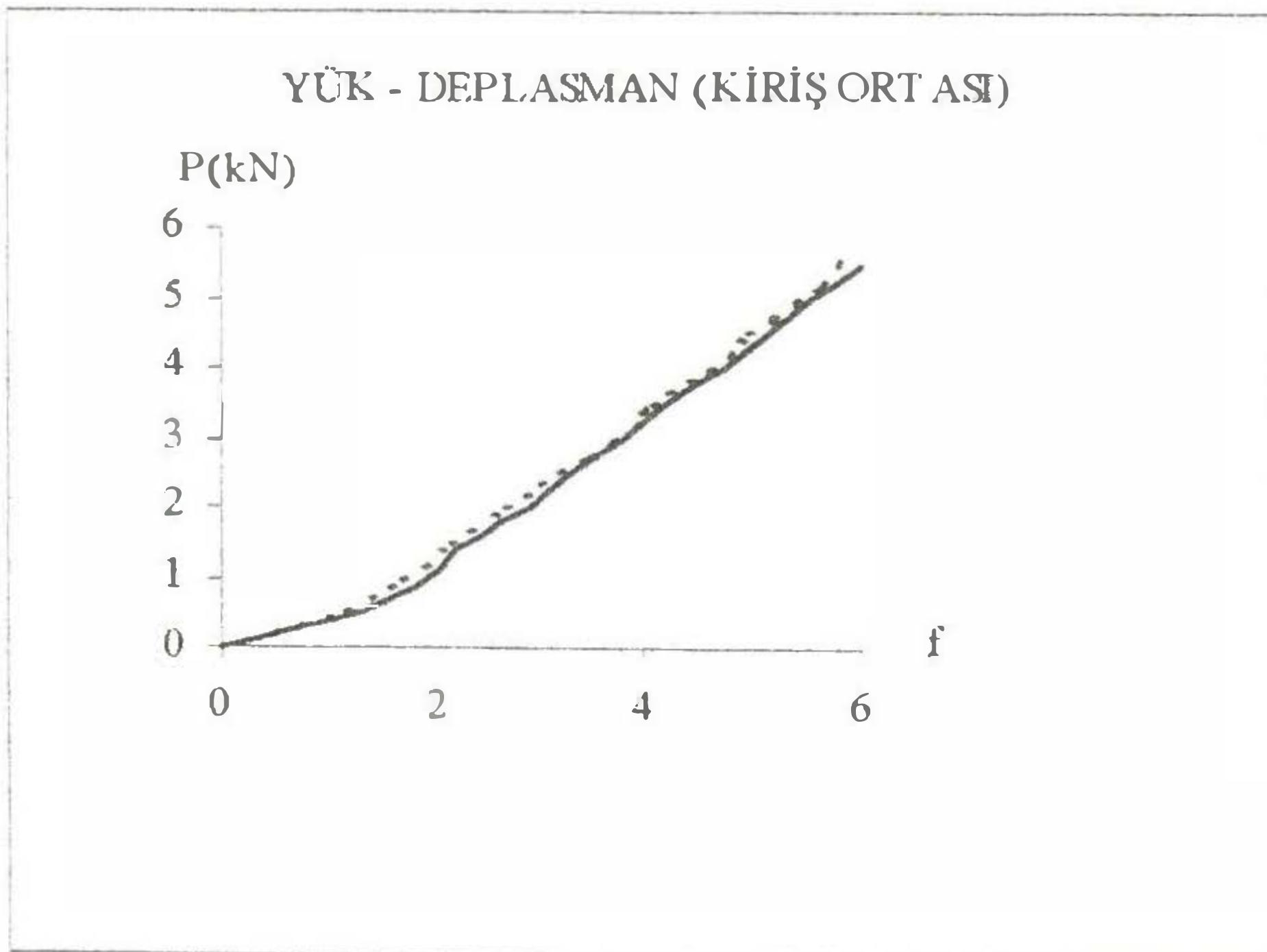
- Şekil 11 ve Şekil 13 ' de görülen diyagramlar EPR-1 ~ EPR-6 deney numunelerine ait epoksi reçinesi ile yapıştırılmış bindirme levhalı kiriş ekinin Yük - Deplasman (çökme) davranışına ait bulunmaktadır. Söz konusu bu diyagramların da incelenmesi sonucu Yük - Deplasman diyagramlarının lineer gittiği görülmektedir. Yani burada da bir elastik durum söz konusudur. Deneyler esnasında epruvetler de meydana gelen deplasmanlar belirli bir değere kadar orantılı gitmektedir. Göçme durumu birden olmaktadır.



Şekil 11. Yük - Deplasman (EPR-1 ve EPR-2)



Şekil 12. Yük - Deplasman (EPR-3 ve EPR-4)



Şekil 13. Yük - Deplasman (EPR-5 ve EPR-6)

- Bu çalışmada epoksi reçinesi ile yapıştırılmış bindirme levhali eke açıklığının ortasında 20 cm sola ve 20 cm sağa olmak üzere iki adet tekil yük verilmektedir. Yani eklemenin yapıldığı bölgede kesme kuvvetinin sıfır olması istenilmektedir. Ek sadece eğilme momenti almaktadır. Yapılan deneylerde elde edilen taşıma kapasiteleri Tablo 3' de görülmektedir. Bu tablonun dikkatlice incelenmesi sonucu, epoksi reçinesi yapışma yüzeyi alanı ne kadar büyük ise taşıma kapasitesi o oranda artmaktadır. EPR-1 ve EPR-2 ' de gövde ve başlıklardaki epoksi reçinesi yapışma yüzeyi alanı 1350 cm², EPR-3 ve EPR-4' de gövde ve başlıklardaki epoksi reçinesi yapışma yüzeyi alanı 1520 cm², EPR-5 ve EPR-6' da gövde ve başlıklardaki epoksi reçinesi yapışma yüzeyi alanı ise 1890 cm² dir. Taşıma kapasiteleri ise EPR-1 ve EPR-2 ' de ortalama 7,4 kN, EPR-3 ve EPR-4' de ortalama 8,1 kN, EPR-5 ve EPR-6' da ise ortalama 9,1 kN olarak elde edilmektedir. Bu değerlerden de görülmektedir ki, epoksi reçinesi yapışma yüzeyi alanındaki % 12,56' lık oranda, taşıma kapasitesi % 14,08 artmaktadır. Epoksi reçinesi yapışma yüzeyi oranındaki artış % 40 artarsa taşıma kapasitesindeki artış % 28,16 olmaktadır. Yaklaşık iki katına çıkmaktadır. Buradan da görülmüyor ki, epoksi reçinesi yapışma yüzeyi alanını arttırmakla ekin taşıma kapasitesini de arttırmak mümkündür.
- Yapılan deneysel çalışmada elde edilen deney sonuçlarının teorik çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlarla aynı olduğu karşılaştırmalar sonucu tespit edilmiştir.

Öneri olarak şunu söyleyebiliriz. Epoksi reçineleri çok iyi bir yapıştırma malzemesidir. Özellikle çeliği çeliğe yapıştırmada çok etkili olmaktadır. Fakat önemli bir sakıncası çelik malzemesi gibi akma sahanlığı bulunmadığı için göçmeler ani ve habersiz olmaktadır. İyi bir işçilik ve titiz bir çalışma ile epoksi reçineler tatbik edilirse çok iyi sonuçlar almak mümkün olmaktadır.

VI. KAYNAKLAR

- [1] Erdoğan, F., Batwani, M., "Stress Distribution in Bonded Joints", Journal Composite Materials, Vol.5, p.378-393, 1984.
- [2] Wooley, G.R., Carver, D.R., "Stress Concentration Factors for Bonded Lap Joints", Journal Aircraft, Vol. 8, n. 10, p. 817- 820, 1971.
- [3] Carter, J.B.S., "Automated Desing of Bonded Joints", Journal Engineering for Industry, ASME, S. 919 - 924, 1973.
- [4] Yüceoğlu, U., Updike, D.P., "Stress Analysis of Bonded Plates and Joints", Journal the Engineering Mechanics, Vol. 106, ASCE, p. 37-56, 1980.
- [5] Yüceoğlu, U., Updike, D.P., "Bending and Shear Deformation Effects in Lap Joints ", Journal Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 107, n. EM1, p. 55 - 76, 1981.
- [6] Chen, D., Cheng, S., "An Analysis of Adhesive-Bonded Single-Lap Joints", Journal Applied Mechanics, Vol.50,p.109-115, 1983.
- [7] Chang, F.V., "Interlaminar Stresses of Laminated Composite Joints With Double Cover Plates ", Int. Journal Solid Structures, Vol. 26, n. 2, p. 165 - 174, 1990.
- [8] Cheng, S., Chen, D., Shi, Y., "Analysis of Adhesive - Bonded Joints With Nonidentical Adherends", Journal Engineering Mechanics, Vol. 117, n. 3, p. 605 - 623, 1991.
- [9] Günay, D., Elmas, M., "Dairesl İki Çubuğun Bir Ek Parça İle Yapılan Bağlantısında Çubuklar İle Ek Parça Arasındaki Gerilmelerin Belirlenmesi", VII. Ulusal Mekanik Kongresi, S. 261 - 270, 1991.
- [10] Günay, D., Elmas, M., "Yapıştırıcı İle Birleştirilmiş Çubukların Bağlantısında Geriline Analizi", VIII. Ulusal Mekanik Kongresi, S. 304 - 312, 1993.
- [11] Bagdanovich, A., Kizhakkethara, I., "Three -Dimensional Finite Element Analysis of Adhesively Bonded Plates", Structural Dynamics and Materials Conference v3, 1997

- [12] Jawad, O.C., Nayeb - Hashemi, H., "Theoretical and Experimental Evaluation of the Bond Strength under Peeling Loads", Recent Advances in Solids and Structures American Society of Mechanical Engineers, Vol. 321, p. 89-101, 1995.
- [13] Ganghoffer, J.F., Brillard, A., Schutz, J., "Modelling of the Mechanical Behaviour of Joints Bonded by a Nonlinear Incompressible Elastic Adhesive", European Journal of Mechanics, Vol. 16, n.2, p. 255-276, 1997.
- [14] Kim, Y.G., Lee, S.J., Lee, D.G., Jeong, K.S., "Strength Analysis of Adhesively - Bonded Tubular Single Lap Steel - Steel Joints under Axial Loads Considering Residual Thermal Stresses", Journal of Adhesion, Vol. 60, n. 1-4, p. 125 - 140, 1997.
- [15] Wang, C.H., Rose, L.R.F., "Determination of Triaxial Stresses in Bonded Joints", International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 17, n. 1, p. 17 - 25, 1997.
- [16] Tong, L., "Bond Strength for Adhesive - Bonded Single - Lap Joints", Acta Mechanica, Vol. 117, n. 1 - 4, p. 101-113, 1996.
- [17] Kleinert, H., Krueger, G., "Adhesive Bonding", Schweissen und Schneiden - Welding and Cutting, Vol. 48, n. 6, p. E128-E130, 1996.
- [18] Ganghoffer, J.F., Schultz, J., "Analytical Model of the Mechanical Behaviour of Elastic Adhesively Bonded Joint", Journal of Adhesion, Vol. 55, n. 3-4, p. 285-302, 1996.
- [19] Hills, D.R., Parker, J.D., Williams, N.T., "Effect of Increasing Sample Width on the Strength of Weld Bonded Lap Shear Joints", Key Engineering Materials, Vol. 99-100, p.119-126, 1995.
- [20] Prakash, V., Chen, C.M., Engelhard, A., Powell, G. "Torsional Fatigue Test for Adhesive Bonded Butt Joints", Journal of Testing and Evaluation, Vol. 23, n. 3, p. 228-230, 1995.
- [21] Apalak, M.K., Davies, R., Apalak, Z.G., "Analysis and Design of Adhesively - Bonded Double - Containment Corner Joints", Journal of Adhesion Science and Technology, Vol. 9, n. 2, p. 267-293, 1995.

