

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELASTİK ZEMİNE OTURAN ÇELİK TEL VE ÇELİK
HASIR DONATILI BETON PLAKLARIN TEKİL YÜK
ALTINDAKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Emrah ALDOĞAN**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

TEMMUZ 2005

**ELASTİK ZEMİNE OTURAN ÇELİK TEL VE ÇELİK
HASIR DONATILI BETON PLAKLARIN TEKİL YÜK
ALTINDAKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Emrah ALDOĞAN
(501021052)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Temmuz 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Temmuz 2005**

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Metin AYDOĞAN

Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Mehmet Ali TAŞDEMİR

Yrd.Doç.Dr. Nilgün AKTAN (YTÜ)

TEMMUZ 2005

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada donatı tipi, çelik tel içeriği, ve zemin yatak katsayısı değişiminin, tekil yük altındaki çelik tel ve çelik hasır donatılı beton plakların davranışına etkisi incelenmiştir.

Sunulan bu çalışma İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması ve deneyleri boyunca yardım ve desteğini hiç esirgemeyen, çalışmalarımızda bizleri aydınlatan ve yönlendiren, engin tecrübelerinden yararlanma fırsatı veren ve her türlü zorlukta çözüm bulup bize destek olan değerli hocam Prof. Dr. Metin AYDOĞAN'a,

Tez çalışması süresince başından sonuna kadar ilgilenip yardımını esirgemeyen ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğumuz sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Ali TAŞDEMİR'e,

Deneylerin gerçekleştirilmesi sırasındaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Alper İLKİ'ye,

Her konuda yardımcı olmaya çalışan, bize her zaman kıymetli vakitlerini ayıran Araş. Gör. Murat YILMAZ'a ve Araş. Gör. Cengiz ŞENGÜL'e,

Deneylerin gerçekleştirilmesi sırasındaki yardımlarından dolayı İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı personeline ve çalışmalarımızda kullandığımız malzemeleri sağlayarak maddi desteklerini sunan Beksa Çelik Kord Sanayi ve Ticaret AŞ, Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret AŞ, Betonsa Beton Sanayi ve Ticaret AŞ, Çesan Yüksek Kaliteli Çelik Sanayi AŞ, Zafer Vinç Hizmetleri Ltd Şti, Mardav Yalıtım ve İnşaat Malzemeleri Sanayi ve Ticaret AŞ' ye ,

Özellikle yakın ilgileri dolayısı ile Beksa Çelik Kord Sanayi ve Ticaret AŞ'den Mehmet YERLİKAYA'ya, Mardav Yalıtım ve İnşaat Malzemeleri Sanayi ve Ticaret AŞ' den Eda RUBACI'ya ve Betonsa Beton Sanayi ve Ticaret AŞ'den Cihan KIN'a ,

Ayrıca öğrencilik hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her an ilgi, anlayış ve bana duydukları güven ile yanımda olan aileme,

Teşekkür ederim.

Temmuz 2005

Emrah ALDOĞAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ÇELİK TEL DONATILI BETONLAR	3
2.1 Çelik Tel Donatılı Betonların Tanımı ve Temel Kavramları	3
2.1.1 Çelik tel donatılı betonların uygulama alanları	4
2.2 Çelik Tel Türleri	6
2.3 Çelik Tel Donatılı Betonların Özellikleri	8
2.3.1 Kancalı uçlu çelik tellerin üstünlükleri ve betona sağladığı yararlar	9
2.4 Çelik Tellerin Betona Karıştırılması	11
2.5 Çelik Tellerin Betonun İşlenebilirliği	13
2.6 Çelik Tel Donatılı Betonun Pompalanması	14
2.7 Çelik Tel Donatılı Betonun Yerleştirilmesi ve Yüzeyinin Düzeltilmesi	15
3. ÇELİK HASIR DONATILI BETONLAR	18
3.1 Çelik Hasır Donatılı Beton Kavramı	18
3.1.1 Çelik hasır donatılı betonların uygulama alanları	20
3.2 Çelik Hasır Türleri	20
3.3 Çelik Hasır Donatılı Betonların Özellikleri ve Üstünlükleri	24
3.4 Çelik Hasırların Kalıplara Yerleştirilmesi ve ÇHDB'nin Yüzeyinin Düzeltilmesi	26
4. BETONUN KÜR'Ü	28
4.1 Betonun Islak Durumda Kalabilmesini Sağlayan Yöntem (Islak Kür)	30
4.2 Betonun Yüzeyini Bir Membran ile Örterek Buharlaşmayı Sağlayan Yöntem (Su Geçirimsiz Örtü Malzemeleri)	31
4.3 Beton Yüzeyine Sıvı Kimyasal Maddeler Uygulanması Yöntemi (Kür Malzemeleri)	32

4.4 Kür Yönteminin Seçimi	33
4.5 Minimum Kür Süresi	33
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	34
5.1 Giriş	34
5.2 DeneySEL Çalışmanın Programı	34
5.3 Deneyde Kullanılan Temel Ekipmanlar	36
5.3.1 Yükleme çerçevesi	37
5.3.2 El ile yükleme yapılan krika	39
5.3.3 Ölçüm çerçevesi	42
5.3.4 Ölçüm cihazları	44
5.3.5 Veri toplayıcısı (Data Logger)	46
5.4 Malzeme Özellikleri	47
5.4.1 Deney plaklarına yataklık yapan malzemelerin özellikleri	47
5.4.2 Numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş beton deneyleri ve kullanılan ÇTDB ve ÇHDB'nin karakteristik değerleri	50
5.4.2.1 Numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş beton deneyleri	50
5.4.2.2 Kullanılan ÇTDB ve ÇHDB'nin karakteristik değerleri	53
6. DENEY PROGRAMININ ADIMLARI	64
6.1 Deneyde kullanılan ÇTDB ve ÇHDB Plakların Üretimi	64
6.1.1 ÇTDB plakların üretimi	65
6.1.2 ÇHDB plakların üretimi	65
6.2 Deney Öncesi Yapılan Hazırlıklar	66
6.2.1 Deney plaklarının oturacağı zeminin hazırlanması	66
6.2.2 Deney plaklarının yükleme çerçevesine yerleştirilmesi	67
6.2.3 Ölçüm çerçevesinin yerleştirilmesi	68
6.2.4 Transducerların ölçüm çerçevesine bağlanması	68
6.2.5 Yükleme sağlayacak olan krikonun yerleştirilmesi	68
6.3 Deneyin Yapılışı	69
7. DENEY SONUÇLARI	71
7.1 P5 Plağı Deney Sonuçları	71
7.1.1 P5 plağı yerdeğiştirme ölçümleri	71
7.1.2 P5 plağı çatlak ölçümleri	74
7.2 P6 Plağı Deney Sonuçları	77
7.2.1 P6 plağı yerdeğiştirme ölçümleri	77
7.2.2 P6 plağı çatlak ölçümleri	80
7.3 P7 Plağı Deney Sonuçları	81
7.3.1 P7 plağı yerdeğiştirme ölçümleri	82
7.3.2 P7 plağı çatlak ölçümleri	84
7.4 P8 Plağı Deney Sonuçları	87
7.4.1 P8 plağı yerdeğiştirme ölçümleri	87

7.4.2 P8 plağı çatlak ölçümleri	90
7.5 P9 Plağı Deney Sonuçları	92
7.5.1 P9 plağı yerdeğiştirme ölçümleri	92
7.5.2 P9 plağı çatlak ölçümleri	95
7.6 P10 Plağı Deney Sonuçları	97
7.6.1 P10 plağı yerdeğiştirme ölçümleri	98
7.6.2 P10 plağı çatlak ölçümleri	100
7.7 Plak Deney Sonuçlarının Sayısal Model Sonuçları ile Karşılaştırılması	102
7.7.1 Plaklar için sayısal modelleme	102
7.7.2 Sonuçların karşılaştırılması	103
8. SONUÇLAR	107
KAYNAKLAR	118
EKLER	120
ÖZGEÇMİş	140

KISALTMALAR

ÇTDB	: Çelik Tel Donatılı Beton
ÇHDB	: Çelik Hasır Donatılı Beton
TS	: Türk Standartları
BÇ	: Beton Çeliği
ACI	: Amerikan Beton Enstitüsü

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1	R Tipi Standart Çelik Hasır Türleri..... 22
Tablo 3.2	Q Tipi Standart Çelik Hasır Türleri..... 24
Tablo 5.1	Yataklık Yapan Malzemeler için Yatak Katsayısı Değerleri..... 35
Tablo 5.2	Deneyde Kullanılan Plaklar için Oluşturulan Parametreler..... 36
Tablo 5.3	Krikonun Kalibrasyonu..... 40
Tablo 5.4	Kullanılan Transducer Tipleri (P5, P6, P7 plakları için)..... 45
Tablo 5.5	Kullanılan Transducer Tipleri (P8, P9, P10 plakları için)..... 46
Tablo 5.6	Yataklık Yapan Malzemeler için Teknik Veriler..... 47
Tablo 5.7	Çeşitli Zemin Türleri için Ortalama Yatak Katsayıları..... 49
Tablo 5.8	C30/S30 Numunelerinin Deney Sonuçları..... 54
Tablo 5.9	C30/S30 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları..... 54
Tablo 5.10	C30/S20 Numunelerinin Deney Sonuçları..... 56
Tablo 5.11	C30/S20 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları..... 56
Tablo 5.12	C30/S15 Numunelerinin Deney Sonuçları..... 57
Tablo 5.13	C30/S15 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları..... 58
Tablo 5.14	Eğilme Dayanımı Deneyi Numune Verileri (ÇTDB)..... 59
Tablo 5.15	Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları (ÇTDB)..... 59
Tablo 5.16	C30 Numunelerinin Deney Sonuçları..... 60
Tablo 5.17	C30 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları..... 61
Tablo 5.18	Eğilme Dayanımı Deneyi Numune Verileri (ÇHDB)..... 62
Tablo 5.19	Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları (ÇHDB)..... 62
Tablo 5.20	Deneyde Kullanılan Beton Karışımlarının Karakteristik Değerleri. 63
Tablo 7.1	P5 Plağı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 72
Tablo 7.2	P5 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 73
Tablo 7.3	P5 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri..... 74
Tablo 7.4	P5 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri..... 75
Tablo 7.5	P6 Plağı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 78
Tablo 7.6	P6 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 78
Tablo 7.7	P6 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri..... 79
Tablo 7.8	P6 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri..... 80
Tablo 7.9	P7 Plağı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 82
Tablo 7.10	P7 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 83
Tablo 7.11	P7 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri..... 84
Tablo 7.12	P7 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri..... 84
Tablo 7.13	P8 Plağı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 88
Tablo 7.14	P8 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 89
Tablo 7.15	P8 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri..... 90
Tablo 7.16	P8 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri..... 90
Tablo 7.17	P9 Plağı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 93
Tablo 7.18	P9 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 94

Tablo 7.19	P9 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri.....	95
Tablo 7.20	P9 Plağı Kenar atlaklarının Genişlikleri.....	96
Tablo 7.21	P10 Plağı X Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri.....	98
Tablo 7.22	P10 Plağı Y Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri.....	99
Tablo 7.23	P10 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri.....	100
Tablo 7.24	P10 Plağı Kenar atlaklarının Genişlikleri.....	100
Tablo 8.1	2004 Yılına ait Deney Parametreleri.....	107
Tablo 8.2	Tel İçeriği Değişiminin Plak Davranışına Etkisi (P5 – P6)	116
Tablo 8.3	elik Tel Donatılı Plaklarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P7 – P9)	116
Tablo 8.4	elik Hasır Donatılı Plaklarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P8 – P10)	117
Tablo 8.5	Donatı Elemanı Değişiminin Plak Davranışına Etkisi (P7 – P8)	117
Tablo A.1	P5 Plağına Ait Deney Datası	121
Tablo A.2	P6 Plağına Ait Deney Datası.....	124
Tablo A.3	P7 Plağına Ait Deney Datası.....	127
Tablo A.4	P8 Plağına Ait Deney Datası.....	131
Tablo A.5	P9 Plağına Ait Deney Datası.....	135
Tablo A.6	P10 Plağına Ait Deney Datası.....	137

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Düz Pürüzsüz Yüzeyli Teller.....	3
Şekil 2.2 : Üzerinde Girintiler (Çentikler) Açılmış Teller.....	6
Şekil 2.3 : Uzunluğu Boyunca Dalgalı (kıvrımlı) Teller.....	6
Şekil 2.4 : Ay Biçimli Dalgalı Teller.....	7
Şekil 2.5 : İki Ucu Kıvrılmış Teller.....	7
Şekil 2.6 : Bir Ucu Kıvrılmış Teller.....	7
Şekil 2.7 : Çelik Tel Türleri (Genel).....	8
Şekil 2.8 : Kanca Uçlu Çelik Tel.....	10
Şekil 2.9 : Çelik Tellerin Transmiksere İlave Edilmesi.....	13
Şekil 2.10 : El Mastarı Yardımıyla Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi.....	15
Şekil 2.11 : Vibratörlü Yüzey Mastarı Yardımıyla Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi.....	15
Şekil 2.12 : Çerçeve Üzerinde Hareket Eden Vibratörlü Yüzey Mastarı.....	16
Şekil 2.13 : Lazerli Mastar Kullanılarak Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi.....	16
Şekil 2.14 : Perdah Makinesiyle Beton Yüzeyinin Sıkıştırılması.....	17
Şekil 3.1 : R Tipi Çelik Hasır.....	21
Şekil 3.2 : Q Tipi Çelik Hasır.....	23
Şekil 3.3 : Çelik Hasır Gerilme Şekil Değiştirme Eğrisi.....	25
Şekil 3.4 : Plastik Paspayları.....	27
Şekil 3.5 : Çelik Hasırların Kalıplara Yerleştirilmesi ve ÇHDB'nin Düzeltilmesi.....	27
Şekil 4.1 : Betonun Değişik Ortamlarda Kür Edilmesi ile Oluşan Basınç Dayanımları.....	29
Şekil 4.2 : Beton Yüzeyinin Islak Örtü ile Korunması.....	31
Şekil 4.3 : Beton Yüzeyinin Su Geçirimsiz Örtü ile Korunması.....	32
Şekil 5.1 : Kancalı Uçlu Dramix, 80/60.....	35
Şekil 5.2 : Q188/188 Tipi Çelik Hasır.....	35
Şekil 5.3 : Yükleme Çerçevesinin Boyutları, Üstten Görünüşü ve En Kesiti...	38
Şekil 5.4 : Deney Plaklarının Oturacağı Zeminin Kesiti.....	38
Şekil 5.5 : Yükleme Çerçevesi Genel Görünümü.....	39
Şekil 5.6 : Krikonun Genel Görünümü.....	39
Şekil 5.7 : Ölçüm Çerçevesinin Boyutları.....	43
Şekil 5.8 : Transducer Bağlantı Noktası Detayı.....	43
Şekil 5.9 : Ölçüm Cihazları (Transducerlar).....	44
Şekil 5.10 : Transducer Yerleşim Planı.....	45
Şekil 5.11 : Plak Üzerindeki Transducerlar.....	46
Şekil 5.12 : Data Logger.....	47
Şekil 5.13 : Switch Box.....	47
Şekil 5.14 : Winkler Modeli ile Zeminin Tanımlanması.....	48

Şekil 5.15	: Beton Dökümü Öncesi Mekanik Deneyler İçin Hazırlanan Kalıplar.....	51
Şekil 5.16	: Havuz İçerisindeki Sertleşmiş Beton Deneyi Numuneleri.....	51
Şekil 5.17	: Beton Küp Numunesinin Basınç Dayanımı Deneyi.....	52
Şekil 5.18	: Beton Silindir Numunesinin Basınç Dayanımı Deneyi.....	52
Şekil 5.19	: Beton Kiriş Numunesinin Eğilme Dayanımı Deneyi.....	53
Şekil 5.20	: C30/S30 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E).....	55
Şekil 5.21	: C30/S20 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E).....	57
Şekil 5.22	: C30/S15 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E).....	59
Şekil 5.23	: C30/S15 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği.....	60
Şekil 5.24	: C30 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E).....	61
Şekil 5.25	: C30 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği.....	62
Şekil 6.1	: Beton Döküm Düzeni.....	64
Şekil 6.2	: ÇTDB Plakların Beton Dökümü.....	65
Şekil 6.3	: ÇHDB Plakların Beton Dökümü.....	66
Şekil 6.4	: Deney Plaklarını Oturacağı Styrofoam Levha.....	67
Şekil 6.5	: Deney Plaklarını Oturacağı Kauçuk Plaka.....	67
Şekil 6.6	: Deney Plaklarının Taşınması.....	68
Şekil 6.7	: Krikonun Görünümü.....	69
Şekil 6.8	: Deney Plağının X – Y Eksenleri Altında Görünümü.....	70
Şekil 6.9	: Deney Düzeneği.....	70
Şekil 7.1	: P5 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı.....	71
Şekil 7.2	: P5 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	72
Şekil 7.3	: P5 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	73
Şekil 7.4	: Plak Kenar Numaraları.....	74
Şekil 7.5	: P5 Plağı 4A Çatlağı.....	75
Şekil 7.6	: P5 Plağı 3A Çatlağı.....	75
Şekil 7.7	: P5 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	75
Şekil 7.8	: P5 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktanın Görünümü.....	76
Şekil 7.9	: P5 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü.....	76
Şekil 7.10	: P6 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı.....	77
Şekil 7.11	: P6 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	78
Şekil 7.12	: P6 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	79
Şekil 7.13	: P6 Plağı 4A Çatlağı.....	80
Şekil 7.14	: P6 Plağı 4B Çatlağı.....	80
Şekil 7.15	: P6 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	81
Şekil 7.16	: P7 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı.....	81
Şekil 7.17	: P7 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	82
Şekil 7.18	: P7 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	83
Şekil 7.19	: P7 Plağı 1A Çatlağı.....	85
Şekil 7.20	: P7 Plağı 4A Çatlağı.....	85
Şekil 7.21	: P7 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	85
Şekil 7.22	: P7 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktanın Görünümü.....	86
Şekil 7.23	: P7 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü.....	86
Şekil 7.24	: P8 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı.....	87
Şekil 7.25	: P8 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	88
Şekil 7.26	: P8 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	89
Şekil 7.27	: P8 Plağı 1 Kenarı Çatlakları.....	91
Şekil 7.28	: P8 Plağı 3A Çatlağı.....	91
Şekil 7.29	: P8 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	91

Şekil 7.30	: P9 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı.....	92
Şekil 7.31	: P9 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	93
Şekil 7.32	: P9 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	94
Şekil 7.33	: P9 Plağının Köşe noktalarının Kalkması.....	95
Şekil 7.34	: P9 Plağı 1A Çatlağı.....	96
Şekil 7.35	: P9 Plağı 2A Çatlağı.....	96
Şekil 7.36	: P9 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	96
Şekil 7.37	: P9 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü.....	97
Şekil 7.38	: P10 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı....	97
Şekil 7.39	: P10 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	98
Şekil 7.40	: P10 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	99
Şekil 7.41	: P10 Plağı 1A Çatlağı.....	101
Şekil 7.42	: P10 Plağı 3A Çatlağı.....	101
Şekil 7.43	: P10 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	101
Şekil 7.44	: P5 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması	104
Şekil 7.45	: P6 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması	104
Şekil 7.46	: P7 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması	105
Şekil 7.47	: P8 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması	105
Şekil 7.48	: P9 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması	106
Şekil 7.49	: P10 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması.....	106
Şekil 8.1	: Tel İçeriği – Göçme Yüğü Grafiği.....	109
Şekil 8.2	: Tel İçeriği – Plak Merkezindeki Sehim Grafiği.....	109
Şekil 8.3	: Tel İçeriği – En Büyük Çatlak Genişliği Grafiği.....	110
Şekil 8.4	: Yatak Katsayısı – Göçme Yüğü Grafiği.....	112
Şekil 8.5	: Yatak Katsayısı – Plak Merkezindeki Sehim Grafiği.....	113
Şekil 8.6	: Yatak Katsayısı – En Büyük Çatlak Genişliği Grafiği.....	113

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Gerilme
k	: Yatak katsayısı
Δl	: Malzemede meydana gelen uzama-kısalma
l	: Malzemenin ilk boyu
E	: Elastisite modülü
ϵ	: Şekil değiştirme
P	: Yük
δ	: Sehim
GF	: Kırılma enerjisi
W_0	: Yük-Sehim eğrisinin altındaki alan
d	: Yerdeğiştirme
C	: Beton sınıfı
S	: Çelik tel içeriği

ELASTİK ZEMİNE OTURAN ÇELİK TEL VE ÇELİK HASIR DONATILI BETON PLAKLARIN TEKİL YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL ANALİZİ

ÖZET

Çelik telle donatılmış beton, yalın betonun zayıf olan özelliklerini güçlendirerek tokluk, darbe ve çatlak dayanımlarında önemli artışlar sağlamaktadır. Çelik teller, çatlakların ilk oluşum anında, çatlak sonlarındaki gerilmeleri kendi üstlerine ve sağlam alanlara transfer ederek işlevlerini yerine getirirler. Bu durumun oluşumu esnasında çelik tel içeriği ve türü de önemli bir rol oynar. Donatısız plaklarla çelik hasır donatılı plaklar karşılaştırıldığında ise, düşey yükler altında plağın ani kırılmasının önlenmesinde çelik hasırın kopma – uzama özelliği büyük önem taşır. Bu durum, hasır çelik çubuklarının elastik bölgeyi aşıp plastik bölgede kopmadan önce, elemanın bir süre daha ani olarak toptan göçmesini önlemeyle sağlanır.

Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan bu çalışmanın amacı donatı tipi, tel içeriği ve zemin yatak katsayısı değişiminin, tekil yük altındaki çelik tel ve çelik hasır donatılı beton plakların davranışına etkisini incelemektir.

Deney, tam ölçekli olarak 3,0 x 3,0 x 0,15 m boyutlarında 6 adet plakla sürdürülmüştür. Bir adet 30 kg/m³, bir adet 20 kg/m³, iki adet 15 kg/m³ çelik tel ve iki adet Q188/188 tipi çelik hasır donatı içeren plaklar hazırlanmıştır. Plaklarda kullanılan tellerin boyu 60 mm, çapı 0,75 mm ve çekme dayanımı 1100 N/mm² olan iki ucu kancalı Dramix'tir. Hasır çubukların ise boy ve en aralığı 150 mm, çapı 6 mm, çekme dayanımı 550 N/mm²'dir. Kullanılan beton sınıfı tüm plaklar için C30'dur. Elastik zemini temsil etmesi amacıyla ekstrüde polistiren köpük levhalar ve kauçuk plakalar kullanılmıştır. Farklı yatak katsayısı elde edebilmek amacıyla zeminler farklı kalınlıklarda kullanılmıştır. Böylece üç farklı zemin tipi, üç farklı tel içeriği ve tek tip hasır deney parametresi olarak oluşturulmuştur.

Plaklar, merkezine yerleştirilen el ile yükleme yapan kriko yardımıyla 1'er tonluk yük artımları ile kırılana kadar yüklenmişlerdir. Yük krikodan plağa 0,15 x 0,15 mm boyutlarındaki çelik levha ile aktarılmıştır. Bu tekil yük, plağa uygulanan tekerlek yükünü veya raf ayağının aktardığı elverişsiz yük durumunu temsil etmektedir. Her yük adımıyla oluşan yerdeğiştirme değerleri, plağın 16 noktasına yerleştirilen 1/1000 mm hassasiyetinde ölçüm yapan transducerlar yardımıyla okunmuş ve kaydedilmiştir. Ayrıca belirli yük adımlarında, oluşan çatlak genişlikleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Deney sonuçları sayısal model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bunun için, çözüm ilkesi sonlu elemanlar yöntemine dayanan Ansys programı ile deney modellenmiş ve doğrusal olmayan çözüm yapılarak deney sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STEEL FIBRE AND WELDED WIRE FABRIC REINFORCED CONCRETE GROUND SLABS UNDER POINT LOADING ON ELASTIC SUB-BASE

SUMMARY

Concrete reinforced by steel wire tends to provide significant rise in reinforcing the weak spots of non-reinforced concrete in terms of shocks, cracks and durability. Steel wires serve by transferring load falling over at initial formation of cracks to firm grounds. Contents as well as type of steel wire employed would be significant actors for consideration at this point as well. However, when we compare non-reinforced slabs with the welded wire fabric slabs; it is the crushing and elongation features borne by welded wire fabric is what effects the prevention of sudden crushing of slab. This would be achieved by preventing total subsidence, before welded wire fabrics passes elastic region and crushes.

Aim of MSc thesis study is to go over effects by changes in type of reinforcement, wire content and ground bed modulus over the concrete slabs reinforced with steel wire and welded wire fabric subjected to single load.

Experimental study made herein has been performed with 6 slabs of dimensions 3.0 x 3.0 x 0.15 full scale. Slabs used in experiment have been reinforced by 15 kg/m³, 20 kg/m³ and 30 kg/m³ steel wire and welded wire fabric of type Q 188/188. Wires used in the slabs are of Dramix type, with 60mm in length, 0,75mm diameter and tensile strenght of 1100 N/mm², with hooks on both sides. Welded wire rods on the other hand have 150mm gap between length and width, 6mm diameter, with tensile strength of 550 N/mm². C30 type concrete has been used for all slaps. Extruded polystyrene foams and rubber plates have been employed to represent elastic subbase. Subbases have been used at varying thickness to achieve different bed modulus. This provides three different types of subbase, three different wire contents and one-single welded wire fabric have been employed to constitute experimental parameter.

Slabs have been laden by the help of manually operated jack system placed in center up to failure-point with 1-ton increments. Load has been transferred from jack to the slabs by means of steel plate of dimensions 0,15 x 0,15mm. Single load here represents unfavourable loading situation as it would be by wheel load or shelf leg over the slab. Displacement has been measured through transducers of 1/1000mm accuracy, placed over 16 separate points on the slabs. Measure has been given to crack width rates too, and recorded, which form at particular steps of load.

Experimental results have been given compare in respect of the numerical model results. For this, experiment has been modeled by means of ANSYS Program, solution principle of which based on finite elements method and a non-linear solution has been made to achieve results that are in terms with those of experimental studies.

1. GİRİŞ

Normal betonun en olumsuz yanı, kırılma sırasında az enerji yutmasıdır. Çimento hamuru, agrega ve bu malzemeler arasında kalan ara yüzeylerden oluşan üç fazlı kompozit malzeme, yorulma, aşınma, çekme dayanımı ve çatlama sırasında oluşan enerji yutma kapasitesi açısından olumsuzluklar sergiler. Diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomik olan betonun, belirtilen bu zayıf özelliklerinin iyileştirilmesi uygulama alanlarının artırılması açısından önemlidir. Günümüzde ise betonda hem dayanımın, hem de durabilitenin artırılması istenmektedir. Diğer bir deyişle, yüksek performansa sahip betonlara giderek daha fazla gereksinim duyulmaktadır.

Çelik tel donatılı betonlar, yüksek enerji yutma kapasitelerine sahip olup, kırılma anında daha sünek davranış sergileyen malzemelerdir. Çimento matrisi içerisinde rastgele dağılı olarak bulunan çelik teller çatlak tutma davranışı gösterirler. Çelik tellerin gerçek avantajı matris çatlamasından sonra görülür. Bu betonlarda çatlama riskinde ve donatı iççiliğinde belirgin azalma olmaktadır [28,29].

Betonun çekme dayanımının basınç dayanımına göre oldukça küçük olması nedeniyle, döşeme plağı gibi yapı elemanlarında çekme gerilmelerinin hakim olduğu betonun yetersiz kaldığı bölgelerde, çekme gerilmelerini alabilmek amacıyla çelik hasır kullanılır. Çelik hasır ile donatılmış elemanlarda çatlaklar kontrol altına alınabilmektedir. Çelik hasırların, özel nervürlerle beton içerisinde yüksek bir aderansa sahip olmaları ve punto kaynakla birleştirilmesinden dolayı beton içerisinde çubukların aderansın iyi bir şekilde sağlandığı ve çatlakların azaldığı gözlenmiştir [16,28].

Bu çalışmanın amacı; farklı türde elastik zeminlere oturan çelik tel ve çelik hasır donatılı plakların tekil yük altındaki davranışını deneysel olarak incelemektir. Ayrıca tel içeriği, hasır tipi ve elastik zemin yatak katsayısı değerlerinin plak davranışına etkisi de bu çalışma kapsamında belirlenecektir.

Deney, tam ölçekli 3,0 x 3,0 x 0,15 m boyutlarında 6 adet plakla sürdürülmüştür. Çelik tel ve çelik hasır içeriği ile plağın oturduğu elastik zeminin yatak katsayısı

etkisinin incelenebilmesi amacıyla, üç farklı zemin tipi, üç farklı tel içeriği ve tek tip çelik hasır ile çalışılmıştır. Bu amaçla bir adet 30 kg/m^3 , bir adet 20 kg/m^3 , iki adet 15 kg/m^3 tel ve iki adet Q188/188 tipi çelik hasır donatı içeren plaklar hazırlanmıştır. Tüm deney plaklarında beton sınıfı (C30), çelik hasır tipi ve çelik tel türü (kancalı uçlu Dramix, 80/60) aynı kullanılmıştır. Elastik zemini temsil etmesi amacıyla styrofoam (ekstrüde polistiren köpük) levhalar ve kauçuk plakalar kullanılmıştır. Farklı yatak katsayısı elde edebilmek amacıyla, elastisite modülü bilinen zeminler farklı kalınlıklarda kullanılmıştır. 60 mm kalınlığındaki kauçuk malzeme “sıkı kum ve çakıl”ı, 80 mm kalınlığındaki styrofoam malzeme “orta sıklıkta kum”u, 120 mm kalınlığındaki styrofoam malzeme “gevşek kum”u temsil etmektedir.

Deneyde plaklar, merkezine yerleştirilen 0,15 x 0,15 m boyutlarındaki bir çelik levha üzerinden, krika ile plaklar kırılana kadar yüklenmiştir. Her yük kademesinde, plak yüzeyinin 16 noktasına yerleştirilen transducerlar ile yerdeğiştirme değerleri kaydedilmiştir. Belirlenen yük adımlarında, plak kenarlarında oluşan çatlakların genişlik ölçümü yapılmıştır.

Plak deney sonuçları sayısal model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneyi gerçekleştirilen plakların sayısal modellenmesi, çözüm ilkesi sonlu elemanlar yöntemine dayanan ANSYS programı ile yapılmış ve doğrusal olmayan analiz ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.

2. ÇELİK TEL DONATILI BETONLAR

2.1 Çelik Tel Donatılı Betonların Tanımı ve Temel Kavramları

Çelik tel donatılı beton (ÇTDB), ince çelik tellerin (Soğuk çekme teller, oda sıcaklığında ısıtılmış işlemsiz çekilmiş, düşük karbon oranlı teller) beton kütlesi içine homojen olarak dağıtıldığı 3 boyutta donatılı betondur. Çelik teller betonların çatlak direncini, geçirgenlik ve süneklik gibi özelliklerini artırır. Ulaşılması istenen performans seviyesi beton kalitesi, çelik tellerin narinlik oranı (Uzunluk/çap) ve dozaja bağlı olarak değişir. Seçilen deney metoduna bağlı olarak ÇTDB performansının seçilmesi gerekir. Bu seçimde en önemli parametre yapı güvenliği ve sünekliktir. Çelik teller, taze betonda oluşmaya başlayan mikro çatlaklar arasında köprü teşkil ederek, iç gerilmeleri bütün kitle içine yayar ve servis yükleri altında çatlak yayılma ve büyümesinin önüne geçerler. Servis yüklerinden başka ani etkileyen deprem gibi dinamik yüklemelere karşı enerji yutma yetenekleri nedeni ile betonun dağılmasını engellerler [1,2].

Geleneksel beton tipik olarak; çekme dayanımı, yorulma dayanımı, aşınma dayanımı, çarpma dayanımı, şekil değiştirme kapasitesi, kayma dayanımı, çatlama sonrası yük taşıma dayanımı ve enerji yutma kapasitesi açısından zayıf performans gösterir. Bu özelliklerin belirgin olarak gerektiği yerlerde, içerisine değişik malzemelerden üretilmiş ve teknik özellikleri yüksek olan liflerin katılması betonu güçlendirir [3].

Tellerin en önemli özelliği betona sağladığı süneklik diğer bir deyişle enerji yutma kapasitesindeki büyük artıştır.

ÇTDB (Çelik tel donatılı beton)'nin darbe mukavemeti, normal betona oranla 15-20 kat daha fazladır. Betonun şekil değiştirme yapabilme özelliği arttığından, ani kırılmalar meydana gelmemektedir.

Sıcaklık farklarının yüksek olduğu yerlerde, betonun yüzeyi ve tabanı arasındaki sıcaklık farklarından dolayı kısa sürede çatlaması önlenmektedir [4].

Çelik teller beton içinde yüzey ve kenarlar da dahil olmak üzere homojen biçimde dağılır. Betonun sertleşmesi sırasında, hidrasyon süreci malzeme içinde sayısız

küçük boşluklara ve çatlaklara neden olur. Çekme gerilmelerinin rastlantısal doğasına çelik teller karşı koyar; rötre çatlakları oluşmadan, şekillenmeden ve daha fazla büyümeden önlenir [5].

Çelik telleri betonda kullanmanın başlıca beş yararı vardır: a) Yüksek taşıma kapasitesine sahip sünek beton, b) Donatı korozyonunun oluşmadığı düzgün beton yüzeyinin elde edilmesi, c) Etkin çatlak kontrolü, d) Dayanıklılık, ve e) Donatı işçiliğinde belirgin azalma [6].

Bir başka deyişle; beton içerisinde süreksiz bir şekilde dağılı olarak bulunan çelik teller her doğrultuda çekme çatlaklarına karşı koyarak karmaşık yüklemeler sonucu oluşan çatlak riskini azaltarak ilerleme eğilimindeki çatlakları frenler ve üstün enerji yutma yeteneği nedeniyle dinamik yüklemelere ve etkilere karşı yüksek direnç sağlayan süneklik düzeyi yüksek betonlar elde etmeye imkan verdiği söylenebilir [7].

2.1.1 Çelik tel donatılı betonların uygulama alanları

Kısıtlı kalmamakla birlikte, temel olarak üç tür uygulamada kullanılır:

1. Zemin, şap ve temel betonlarında,
2. Püskürtme beton uygulamalarında (tüneller, şev stabilizesi, barajlar gibi)
3. Prefabrik beton dökümlerinde (paneller, beton borular gibi)

Yukarıda belirtilen bu kullanım alanları şu şekilde açıklanabilir:

- Endüstri yapılarında: Dayanıklılığı ve çarpma rijitliği yüksek olan endüstri yapılarının inşasına imkan verir. Ayrıca yük taşıma kapasiteleri yüksek olması, çatlak kontrolü sağlaması, dinamik ve ani yüklemelere karşı yüksek direnç göstermesinden dolayı endüstri yapılarının zeminlerinde kullanılmaktadır.
- Yol kaplamalarında: Hava alanı ve karayolu gibi yol kaplamalarında aşınma ve çekme dayanımının yüksek olmasından dolayı dayanımı ve dayanıklılığı yüksek beton elde edilir. Ayrıca plak kalınlığının daha az olmasına imkan verir.
- Tünellerde püskürtme beton kaplamalarında: Çekme donatısı kullanılmadan yüksek dayanımlı beton elde edilir. Kaplama kalınlığı düz ve hasırlı beton kaplama kalınlıklarına oranla daha az olabilir.

Kırılmaya karşı yüksek enerji yutma kapasitesinden dolayı daha büyük bir süneklik sağlar.

- Şevlerin stabilizasyonu ve istinat duvarı yapımında: Yüksek dayanım ve dayanıklılığa sahip olmasından dolayı kaya ve toprak zeminlerin şev stabilizasyonu veya istinat duvarı yapımında kullanılmaktadır.
- Su yapılarında: Baraj, kanal, dinlendirme havuzu, dolu savak v.b. hidrolik yapılarda kullanılabilir. Ayrıca aşınma direnci yüksek olduğundan kavitasyon hasarlarına karşı kaplama olarak da kullanılabilir.
- Kabuk yapılarında: Kesit kalınlıklarının azaltılmasına imkan verdiği için, ince kabuk yapılarda, kubbelerde ve mimari açıdan kalınlığı sınırlı olan yapı elemanlarında kullanılmaktadır [8].

Yukarıda açıklanan kullanım alanları maddeler halinde şu şekilde özetlenebilir:

- | | |
|--|------------------------------------|
| * Zemin betonları | * Benzin istasyonları |
| * Şap ve koruma betonları | * Beton yollar |
| * Saha betonları | * Fabrika zeminleri |
| * Otoparklar | * Stok sahaları |
| * Derzsiz zemin betonları | * Soğuk hava depolarının zeminleri |
| * Döşeme şapları | * Topping betonları |
| * Liman kaplamaları | * Tersaneler |
| * Tünellerde püskürtme beton kaplamaları | * Endüstri yapıları |
| * Su yapıları | * Şevlerin stabilizasyonu |
| * Hava alanı pistleri | * İstinat duvarları |
| * Depreme dayanıklı yapılar | * Kabuk yapılar [9]. |

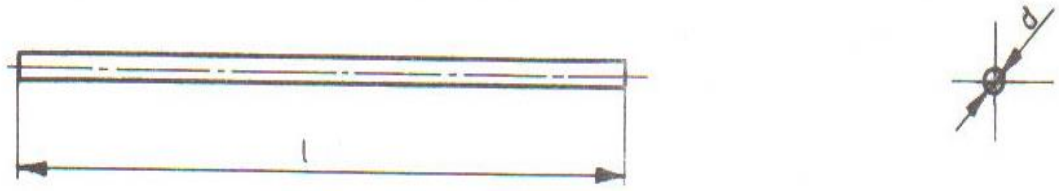
Bu uygulamaların dışında aşağıda belirtilen prefabrike elemanların üretiminde de yaygın biçimde kullanılmaktadır: Muayene bacaları, yağ ayırıcıları, transformatör kabinleri, yağmur suyu kolektörleri, atık su tankları, atık madde tankları, cephe ve bölme duvar elemanları, kanalizasyon boruları, tünel segmanları, monoblok garajlar, demiryolu sınır taşları, su drenaj blokları, atık depolama kutuları, ev mahzenleri, kablo kanalları, yalıtılmış duvar panelleri, santral kabinleri, prekast banyo kabinleri,

çatı elemanları, öngerilmeli çatı olukları, otobüs durakları, yiyecek kilerleri, tren tünellerindeki saklanma yerleri, baca elemanları, birleştirilmiş kanallar ve bakım yolu, demiryolu traversleri, demiryolu taban döşemesi, refrakter prekast elemanlar, istinat duvar elemanları, temel blokları, prekast banka kasaları ve kanaletler [5].

2.2 Çelik Tel Türleri

Çelik teller şekillerine göre üç sınıfa ayrılır:

Sınıf A: Düz, pürüzsüz yüzeyli teller

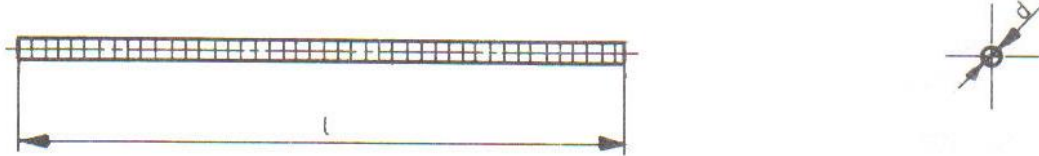


Şekil 2.1: Düz Pürüzsüz Yüzeyli Teller

Sınıf B: Bütün uzunluğunca deforme olmuş teller

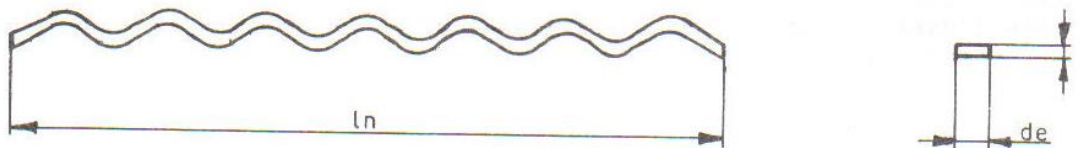
Uzunluğu boyunca deforme olma şekline göre üç tipe ayrılır:

- Üzerinde girintiler (çentikler) açılmış teller



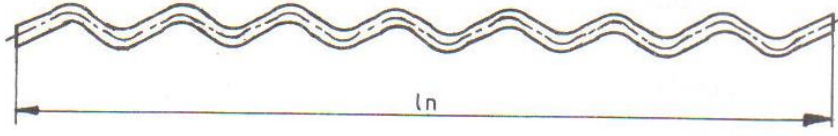
Şekil 2.2: Üzerinde Girintiler (Çentikler) Açılmış Teller

- Uzunluğu boyunca dalgalı (kıvrımlı) teller



Şekil 2.3: Uzunluğu Boyunca Dalgalı (kıvrımlı) Teller

- Ay biçimli dalgalı teller

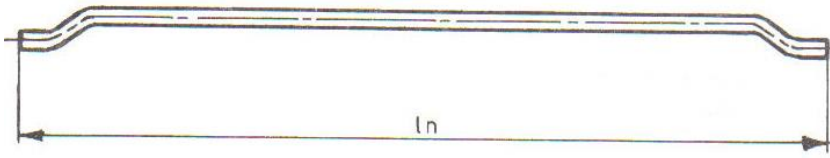


Şekil 2.4: Ay Biçimli Dalgalı Teller

Sınıf C: Sonu kancalı teller

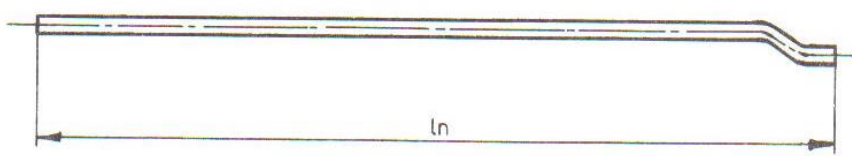
Sonlarındaki kancalara göre iki tipe ayrılır:

- İki ucu kıvrılmış teller



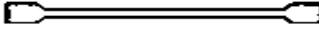
Şekil 2.5: İki Ucu Kıvrılmış Teller

- Bir ucu kıvrılmış teller



Şekil 2.6: Bir Ucu Kıvrılmış Teller [2].

Yukarıda açıklanan çelik tel türleri Şekil 2.7. de genel olarak özetlenebilir.

En Kesit	Yuvarlak	
	Yassı	
	Yarı Yuvarlak	
Biçim ve Deformasyonlar	Düz	
	Dalgalı	
	Kancalı Uçlu	
	Genişletilmiş Uçlu	
	Çarpık	
	Yassı Uçlu	
	Deforme Edilmiş	
	Zikzak Biçimli	

Şekil 2.7: Çelik Tel Türleri (Genel) [9].

2.3 Çelik Tel Donatılı Betonların Özellikleri

ÇTDB'ları karakterize eden en önemli özelliklerden biri, onun tokluğudur. Basınç ve eğilme-çekme gerilmeleri, çelik tellerin rolünden ziyade, beton kalitesine bağlıdır. Ama tokluk, beton içindeki çelik tellerin rolüne bağlıdır. Dolayısıyla, çelik lif donatılı betonun normal betona göre faydaları çok yüksek olan darbe dayanımı ve dinamik tokluktur. Ayrıca çelik lifler, yüksek dayanımlı betonun eğilme tokluğu ve çekme dayanımı gibi diğer mekanik özelliklerini de iyileştirmektedir. Tokluk, enerji emme kapasitesi ölçüsüdür ve lif donatılı betonun statik, dinamik ve darbe yüklerine maruz kaldığında kırılmaya karşı gösterdiği direnci karakterize etmek için kullanılır.

Tokluk, numunenin tamamen kırılıp ayrılmadan önce toplam emdiği enerjidir ve eğilmede yük-şekil değiştirme eğrisinin altında kalan alandan hesaplanır [10,11].

Çelik Tel Donatılı Betonların kırılma parametrelerine çelik telin narinliğinin (uzunluk/çap = L/d) ve tel içeriğinin (V_f) etkisi incelendiğinde, çelik tel içeriğinin ve narinliğinin artmasıyla kırılana kadar yutulan enerjinin arttığı ve malzemenin daha sünek davranış sergilediği sonucuna varılmıştır. Tel içeriği ve tel narinliğindeki artışla özgül kırılma enerjisinin artmasının nedeninin; kırılma sürecinde tellerin sıyrılmasından, çok sayıda ve rasgele dağılı tellerin çatlakların birleştirilmesinde bir köprü rolü oynamasından ve böylece dolaylı çatlak yayılmasından kaynaklandığı söylenebilir [6].

Çelik tellerin narinlik oranları kullanılan telin uzunluğuna ve çapına göre 50 ile 100 arasında değişen değerler alırlar. Genellikle dairesel kesitli çelik tellerin kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Çelik tellerin narinliği ve kullanılan tel miktarı betonun özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdir.

Çelik tellerin cinsine göre basınç dayanımları incelendiğinde en yüksek değerlerin narinliği 65 olan çelik tellerde, en düşük değerlerin ise narinliği 55 olan çelik tellerde olduğu sonucu elde edilmiştir. Beton içindeki çelik telin boyunun uzun olması önemli bir yerleşme sorunu yaratmakta ve bunun sonucunda beton dayanımında düşüş olabilmektedir. Narinliği 80 olan çelik tellerde basınç dayanımlarının düşük çıkması bu etkenle ilişkilendirilmiştir. Elastisite modülü değerleri incelendiğinde ise çelik tel içeren betonların elastisite modüllerinin, çelik tel içermeyen normal betonlara göre daha düşük olduğu görülmüştür [9].

Diğer özellikleri ise, etkili bir çatlak kontrolü (homojen dağılmış tel donatıya bağlı olarak), artan darbe, yorulma ve aşınma dayanımıdır [10].

2.3.1 Kancalı uçlu çelik tellerin üstünlükleri ve betona sağladığı yararlar

Kanca uçlu çelik teller, tel kesme işlemi (imalat esnasında) telin her iki ucunda 45°'lik açıyla pilye şeklinde kıvrım verilerek imal edilmiş olan tellerdir. Düşük karbonlu çelikten soğuk çekme işlemi ile elde edilmelidir. Çekme deneyine göre denendiğinde çekme-kopma gerilmesi ortalaması en az 345 N/mm² olmalı, her bir tel için 310 N/mm²'den az olmamalıdır [2].



Şekil 2.8: Kanca Uçlu Çelik Tel

Kancalı uçlu çelik tellerin uygunluğu TS 10513'e göre belirlenir. Çekme dayanımı 1100 N/mm^2 'dir. Uçların kancalı yapısı ile betonda iyi ankraj sağlar. Özel tutkal ile yapıştırılan çelik tel demeti suda kolay çözülür, homojen bir karışım elde edilir. Çelik hasırın üretimindeki gibi kaynak robotuna, büyük miktarda stok yapmaya gerek yoktur. Geleneksel donatıdaki gibi tasarım, çizim, ölçme, kesim, kaynak, eğme, montaj ve denetim aşamalarındaki insan gücüne gerek duyulmaz [9].

Teknik Avantajları :

- * Yüksek yük-taşıma kapasiteli sünek beton üretilmesine,
- * Yorulma ve darbe direncinde artışa,
- * Çatlaksız bir yüzey oluşmasına,
- * Yüksek dayanıklılığa (Durabiliteye) olanak sağlar.

Ekonomik Avantajları:

- * Beton kalınlığının azaltılmasına,
- * İş hızının artmasına,
- * Bakım giderlerinin azalmasına,
- * Donatı işçiliğinde belirgin azalmaya neden olur [10].

Bu malzemenin betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılması sonucunda ise, elemanın davranışına sağlayabileceği yararlar R. J. Craig tarafından aşağıda belirtilmiştir.

Buna göre;

- Elemanın moment taşıma kapasitesini artırmaktadır.
- Elemanın sünekliği artmaktadır.
- Kirişlerin kayma donatısını azaltmakta ve kayma dayanımını artırmaktadır.
- Çatlak kontrolünü iyileştirmektedir.
- Elemanın rijitliğini artırmaktadır.
- Nihai göçme yükünü geçen kirişin yapısal bütünlüğünü korumaktadır.
- Burulma etkisinde çatlama momenti ve dönme kapasitesini artırmaktadır [12].

2.4 Çelik Tellerin Betona Karıştırılması

Çelik teller betona ilave edilmeden önce betondan şu standartların sağlanmış olması beklenir: Çimento miktarı en az 320 kg/m^3 olmalıdır, kum (0 mm-4 mm) miktarı toplam agrega kütlelerinin % 40-% 45'i olmalıdır (750 kg/m^3 - 850 kg/m^3), en büyük dane büyüklüğü doğal agrega için 28 mm kırma taş için 32 mm olmalıdır, 14 mm'den büyük agrega oranı % 15-% 20 ile sınırlandırılmalıdır, su/çimento oranı en çok 0,55 olmalıdır, betona işlerlik sağlaması amacı ile akışkanlık verici katkıları kullanılabilir. Çelik teller, beton santralında beton hazırlanırken, transmikserde bütün malzemelerin karıştırılması esnasında veya transmikserde bulunan hazır betona ilave edilebilir. Tüm durumlar için genel kurallar şunlardır: Homojen bir beton karışımı elde etmek için temel ilkelere dikkat edilmelidir, kritik çelik tel miktarı aşılmamalıdır, çelik tel donatılı betonun karışımını kolaylaştırmak ve gerekli olduğunda tel miktarını artırmayı sağlamak amacıyla ince agrega kullanılmalıdır, taze betonda homojen tel dağılımı gözle kontrol edilmeli birbirine yapışık teller halinde betona karıştırılan tel demetler veya teller beton içinde tamamen dağılıp ayrılincaya kadar beton karışımı devam etmeli ve üniform dağılım göz ile fark edilmelidir.

- **Beton Santralında Karıştırılması Kuralları**

Kum çakıl ve çelik teller bir konveyör band aracılığı ile karıştırma kazanına verile bildiği gibi, beton santralının tartı kovalarına da konulabilir. Her iki durumda da, çelik teller kum ve çakılın üzerine dökülmelidir.

Karışım, çimento, su ve gerekli ise uçucu kül ilave edilmelidir.

Bütün teller ayrılıp dağılıncaya kadar karıştırılmalıdır. Gerekli süre mikser tipine bağlı olup, bu süre 1-2 dakika arasında olmalıdır.

Karıştırma kazanı içinde hazırlanan betona teller en son olarak da ilave edilebilir. Bu durumda karıştırmaya teller homojen dağılıncaya kadar devam etmelidir.

- **Transmikserde Bütün Malzemelerin Karıştırılması Kuralları**

Agrega ve teller transmikse konarak karıştırılmalıdır.

Çimento ve su ilave edilmelidir.

2 dakika - 4 dakika sonra karışım kontrol edilmelidir. Homojen karışım gözle fark edilebilir.

- **Transmikserde Bulunan Hazır Betona Tellerin İlave Edilmesi Kuralları**

Transmikse konan beton, mikser kapasitesinin %80'nini aşmamalıdır.

Yüksek su/çimento oranından kaçınmak için akışkanlık verici katkı maddeleri kullanılmalıdır

Teller, mikse 20 kg/dak-30 kg/dak hızı ile konmalı ve bu esnada mikser tamburu en yüksek hız ile çevrilmelidir.

Karıştırma zamanı mikser tipine bağlıdır. Bütün teller betona karıştırıldıktan sonra mikser kısa müddet ile durdurulmalı ve tel dağılımı göz ile kontrol edilmelidir. Homojen dağılım elde edilmezse, transmikserin bu karışım sistemi için uygun olmadığına karar verilmelidir.

- **Kontrol Kuralları**

Kontrollüğün seçeceği karışımlardan her kontrol için, her 1000 m³'lük betondan 3 adet 10 litrelik beton numunesi alınmalıdır.

Alınan 3 adet 10 litrelik numune su ile yıkandıktan sonra çelik lifler mıknatıs yardımı ile toplanıp hassas olarak tartılmalıdır.

Üç numunedeki ortalama elik tel miktarı, olması gerekenden en çok %10, her bir numunedeki ortalama elik tel miktarı ise en çok %15 farklı olabilir [13].

Şekil 2.9.'da elik tellerin transmikslerdeki hazır betona ilave edilmesi görölmektedir.



Şekil 2.9: elik Tellerin Transmiksere İlave Edilmesi

2.5 elik Tellerin Betonun İşlenebilirliği

Taze betonun homojenliğini kaybetmeden karıştırılabilmesi, taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve perdahlanması özelliklerine "işlenebilirlik" denir. Taze betonda işlenebilirliğin döküm boyunca korunması gerekir. İşlenebilir bir beton da vibratör kullanılarak boşluksuz yerleştirilebilir. İşlenebilirliğin ölçüsü kıvamdır. Kıvam ise, betonun akıcılık derecesi olarak tanımlanır. Kıvam; betonun kullanım yerine, işlenilmesine ve şantiyede döküm yerine iletim şekline (pompa, kova...) bağılı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir. İşlenebilmeyi ve kıvamı ölçme yöntemleri ise; çökme (slamp) deneyi, VeBe deneyi, akıcılık deneyi ve sıkıştırma faktörü deneyidir.

Betona elik tellerin ilavesi, slampı önemli ölçüde etkiler. Burada en önemli unsur karışımdaki lif hacmi ve lif görünüm oranı diye tanımlanan lif uzunluk/çap oranıdır. Bu oran artıkça işlenebilirlik azalır. Betonun işlenebilirliğini arttırmak için su ilave edilmesi, mukavemetini büyük ölçüde azaltır. Bu nedenle slump testi ve betonun dıştan görünüşü işlenebilirlik konusunda yanıltıcı olabilir. Gerekli görüldüğünde su değil , su azaltıcı ve işlenebilirliği arttıran katkı kullanılmalıdır.

Ayrıca betonun en büyük dane boyutu, dane dağılımı, lif tipi ve hava içeriği de işlenebilirliği etkiler. İşlenebilmedeki kayıp, uzun ve yassı agregas eren beton karışımlarında daha fazla olur. Normal veya süperakışkanlaştırıcı katkı ise işlenebilirliği istenilen düzeyde tutmak için kullanılır. elik liflerin betona katılması, karıştırma teknikleri ve lifli betonun karışım tasarımları da önemli etkenlerdir [3,20].

2.6 elik Tel Donatılı Betonun Pompalanması

400 kg/m³'lk minimum ince tanecik içerikli (<0,125mm) beton pompalamaya uygundur.

Ayrıca, aşağıdaki durumlar da tavsiye edilir:

- Küp ve kırma agregalardan ziyade yuvarlatılmış kullanılmalıdır. (düz yüzeyli durum daha az sürtünme demektir.)
- Sadece pompa borusunun sonunda esnek borular kullanılmalıdır.
- Pompalama esnasında mümkün olduğunca herhangi bir durdurmadan kaçınılmalıdır. Çünkü bu durum, pompanın tıkanmasına neden olur.

elik telli betonun pompalanması için özel bir pompa gerekli olmayıp yalın betonun pompalanmasına benzerdir. Uzunlukları 50-60 mm olan elik telleri içeren betonların pompalanmasında pratik olarak 25 kg/m³'lk lif içeriğine kadar sorunla karşılaşılmaz. Bazı durumlarda elik telli betonlar 45-50 kg/m³'lk dozajlara kadar pompalanabilirler. Pompadaki tıkanma riskini azaltmak için hazır beton firması ile yüklenici firma arasında iyi bir iletişim olmalıdır [20].

2.7 Çelik Tel Donatılı Betonun Yerleştirilmesi ve Yüzeyinin Düzeltilmesi

Şantiyede lifli betonun dökümü doğrudan transmikserle veya pompayla uygulanabilir. Lifli beton geleneksel döşemeler gibi aynı teknikler kullanılarak yerleştirilebilir:

- Beton, el ile bir master yardımıyla yüzeyi düzeltilir. (kalıpsız)



Şekil 2.10: El Masterı Yardımıyla Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi

- Beton, el ile bir vibrasyon kirişi yardımıyla yüzeyi düzeltilir. (kalıpsız)



Şekil 2.11: Vibratörlü Yüzey Masterı Yardımıyla Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi

- Beton, el ile bir kalıp çerçeve üzerine dayalı vibrasyon kirişi yardımıyla yüzeyi düzeltilir.



Şekil 2.12: Çerçeve Üzerinde Hareket Eden Vibratörlü Yüzey Mastarı

- Beton, iki lazer algılayıcılı lazerli master yardımıyla yerleştirilir.



Şekil 2.13: Lazerli Master Kullanılarak Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi

- Beton, hareket edebilen beton sıkıştırma makinesi yardımıyla yerleştirilir. Vibrasyon kirişi bulunan ve çerçeve üzerinde hareket eden açık geniş yüzeyler için kullanılan makinedir. Yollar, depo parkları, hava alanı pistleri, liman rıhtımlarında kullanılır.

Vibrasyon kirişi kullanılan metotlar kötü yüzeyli (düzgün olmayan) beton yüzeyleri için tavsiye edilir [14].

Çökmenin (slamp) yaklaşık olarak 12 cm alınması uygun olabilir. Çelik tel donatılı beton kıvamı akıcı olmamalıdır. Sulu karışımlarda çelik teller yüzeyde kalabilir. Görünüş olarak, yüzeyde bulunması istenmeyen bazı çelik tellere rastlanabilir. Yüzeyde açıkta kalan çelik tel uçlarının tel kesicileriyle kesilmesi ve böylece oluşan yüzey kusurlarının uygun bir tamir malzemesiyle tamir edilmesi de önerilir [20].

Çelik tel donatılı taze betonun sıkıştırılması yüzeye uygulanan vibrasyon kirişi kullanılarak yapılmalıdır. Böyle bir sıkıştırma, çelik tellerin betonun içine gömülmesi için gereklidir. Dalıcı vibratörler yeterli üniformaluluk sağlamazlar ve yüzeydeki tellerin azaltılmasına katkıda bulunmazlar. En son mastarlama ise “mekanik perdah makinesi” (helikopter) ile yapılmalıdır. İyi bir yüzeyin elde edilmesi için en son perdah işleminin uygulanma süresi büyük önem taşır [20].

Perdah makineleriyle yüzey sertleştirici disklenerek yüzeye entegre edilir ve aynı anda perdahlama işlemi yapılır. Yüzeyin çok parlak istenmemesine dikkat edilmelidir. Çünkü çok parlak bir yüzey elde edebilmek için perdahlama işleminin haddinden fazla yapılması gerekli olup, bu şekilde yüzeyin yanmasına sebebiyet verilmektedir.



Şekil 2.14: Perdah Makinesiyle Beton Yüzeyinin Sıkıştırılması

Yüzeyde çelik tellerin görünmemesi için helikopterle yapılabilecek en son düzeltme süresi de önemlidir. Bu bağlamda çelik tel için 20-25 kg/m³ değerlerini aşan dozajlarda yüzeyde kalanların sayısını azaltma yönünde gerekli önlemler alınmalıdır [20].

3. ÇELİK HASIR DONATILI BETONLAR

3.1 Çelik Hasır Donatılı Beton Kavramı

Beton çelik hasırı, birbirine dik doğrultuda yerleştirilmiş aynı mekanik ve yüzeysel özelliklere sahip iki dizi beton çelik çubuklarının kesişme noktalarında direnç nokta kaynağı veya kelepçelerle birleştirilmesiyle oluşturulmuş hazır beton donatısıdır. Burada anlatılan beton çelik çubuğu, betonarme yapılarda beton donatısı olarak kullanılan, dairesel kesitli düz yüzeyli veya yüzeyi nervürlü veya profilli olan çelik çubuklardır [15].

Yapıların tasarımında çatlak genişliği ve uzunluğu önemli bir yer oluşturmaktadır. Beton içinde ortaya çıkan gerilmeler, malzeme içindeki mikro çatlaklar nedeni ile düzensizdir. Çelik hasır ile donatılmış elemanlarda çatlaklar kontrol altına alınabilmektedir. Normal donatı ile donatılan elemanlarda yük altında donatı ve beton arasındaki aderans önceden çözülmekte, dolayısı ile çatlaklar oluşmaktadır. Çelik hasır kullanılan elemanlarda yapılan araştırmalar sonucu normal olarak nervürsüz, kalın seyrek çubuklar yerine, daha yakın aralıklarla boyuna ve enine çubukların nervürlü ve kaynaklı olarak kullanılmaları, beton içinde çubukların kaymasının önlenmesi ve çatlakların azaltıldığını göstermiştir.

Donatısı olmayan bir beton plakta ise durum başkadır. Fazla bir yük taşımadan hemen kırılır, çünkü betonun çekme mukavemeti çok azdır. Buna karşılık basınç mukavemeti fazladır. Beton donatısının özellikle çelik hasırın çekmeye olan mukavemeti çok fazladır. Böyle bir donatı betonun çekme kısımlarına konduğu zaman basınç mukavemeti çok olan beton ve çekme mukavemeti yüksek olan donatı ile taşıyıcı bir betonarme sistemi meydana getirilmiş olunur. Özel nervürlerle beton içerisinde yüksek bir aderansa sahip olduğundan normal bir betonarme donatısı gibi uçlarında kanca yapılmasına gerek yoktur. Çubuklar yüksek mukavemetli punto kaynakla birleştirildiğinden, hem bu durum hem de özel nervürleri sayesinde çelik hasır, beton ile birlikte mükemmel bağdaşıp iki malzemenin birlikte en iyi bir şekilde çalışmasını sağlar [16].

Yüksek mukavemetli oluşu nedeni ile inşaatlarda önemli ölçüde demir tasarrufu sağlayan hasır çelik ülkemizde 1970 de üretilmeye başlanmıştır.

Üretim için başlıca iki metot vardır:

Metalürjik Metot: Çeliklerin karbon oranını artırarak kimyasal bileşimini ayarlamak sureti ile mukavemet artırılır.

Plastik Deformasyon Metodu: Düşük karbonlu çelikleri soğukta işleyip molekül yapısını değiştirerek mukavemet artırılır.

Beton çelik hasırı üretimi ise sırası ile üç adımda gerçekleşir.

- **Soğuk Çekme:** Metallerde, kristalleşme sıcaklıklarının altındaki sıcaklıklarda uygulanan deformasyon işlemi yani, “soğuk deformasyon” diğer bir deyişle “soğuk çekme” malzemenin sertleşmesine, akma ve kopma mukavemetinin artmasına, buna karşılık kopma uzantısının azalmasına neden olmaktadır. Soğuk çekme makinelerinde aşağıda belirtilen işlemler aynı anda yapılır.

Hammadde olarak kullanılan kangal halinde normal demir mekanik olarak pas ve sıcak hadde artıklarında temizlenir. Temizlenen normal demir soğukta çekilerek plastik deformasyona tabi tutulur ve böylelikle mukavemeti artmış olur. Çekilen demir nervürlenerek aderansı artırılır. Elde edilen çelik çubuk makara veya sepetlere sarılır.

- **Doğrultma-Kesme:** Makara veya sepetler doğrultma ve kesme makinesine bağlanır ve kangal halindeki çelik çubuk düzeltilip istenilen boylarda kesilir.
- **Kaynak:** Çubuklar elektronik programlı punto kaynak makinelerinde seri olarak nokta kaynağı ile kaynaklanarak çelik hasır panoları elde edilir [17].

Çelik hasırları betonda kullanmanın başlıca beş yararı vardır: a) Malzemedен tasarruf, b) Çatlak kontrolü, c) İşçilikten ve zamandan tasarruf, d) Nakliyeden tasarruf, e) Kalite üstünlüğü [16].

3.1.1 Çelik hasır donatılı betonların uygulama alanları

Çelik hasır çeşitli betonarme yapılarında çekme, basınç ve kayma donatısı olarak kullanılır. Başlıca kullanım alanları şunlardır:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| * Betonarme yapıların döşemelerinde | * Plak ve kabuk yapılar |
| * Perde ve istinat duvarları | * Otoyol ve otoparklar |
| * Saha betonları | * Tekil ve radye temeller |
| * Hava alanı pistleri | * Prefabrike yapı elemanları |
| * Metro ve tünel yapımında | * Su yapılarında |
| * Fabrika zeminlerinde | * Yüzme havuzları |

Yukarıda belirtilen alanların dışında aşağıda belirtilen alanlarda da yaygın biçimde kullanılmaktadır: Tretuarlarda, ters çatı döşemelerinde çatlaklara karşı üst hasır olarak, endüstriyel yapıların çeşitli konstrüksiyonlarında; asma tavanlarda, bahçe çiti, korkuluk v.s. gibi. Ayrıca statik hesaba dayalı taşıyıcı olarak; kirişsiz döşemeler, nervürlü döşemeler, su deposu cidar ve taban döşemelerinde, baraj, kanal ve kanaletlerde, köprü döşemelerinde, makine temellerinde ve benzeri donatıya gereksinim duyulan bir çok alanda kullanılmaktadır [16,17].

3.2 Çelik Hasır Türleri

Beton çelik hasırları, birleştirilme şekline göre;

- Kaynaklı birleşimli (KY),
- Kelepçeli birleşimli (KL) olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

Beton çelik hasırları, yapıldıkları çubukların yüzey özelliklerine göre;

- Düz yüzeyli çubuklardan yapılmış hasırlar (D),
- Nervürlü çubuklardan yapılmış hasırlar (N),
- Yüzeyi profilli çubuklardan yapılmış hasırlar (P) olmak üzere üç tipe ayrılır.

Beton çelik hasırları, yapıldıkları çubukların minimum kopma uzaması değerlerine göre;

- Minimum kopma uzaması %8 olanlar (s),

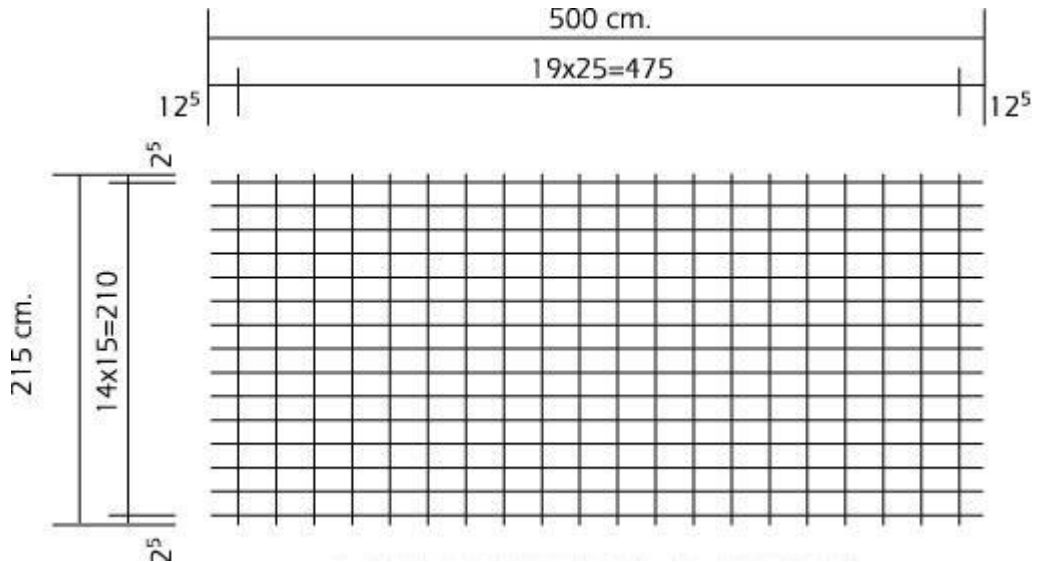
- Minimum kopma uzaması %5 olanlar (k) olmak üzere iki türe ayrılır [15].

Çelik hasırlar döşemenin çalışma şekillerine göre başlıca iki tip olarak imal edilir:

R Tipi Standart Çelik Hasırlar

Gözleri dikdörtgen şeklinde olan hasırlar (R) harfi ile belirtilmektedir. Bu hasırlar genellikle tek istikamette çalışan betonarme donatısı olarak kullanılmaktadır. Çalışan çubuklar boyuna çubuklar olarak düzenlenir ve bunların aralıkları, dağıtım donatısı durumunda olan enine çubuklara göre daha dardır. Bu sebeple de gözler dikdörtgen olur.

(R) hasırların dağıtım donatısı yönündeki bindirme ekleri kurallara göre sadece bir göz bindirilerek yapıldığından, bindirme bölgesinde iki boyuna çubuk üst üste gelir.



Şekil 3.1: R Tipi Çelik Hasır

R hasırları ayrıca boy ve en çubuk aralıklarına ve çubukların çaplarına bağlı olarak mukavemetlerine göre numaralandırılırlar.

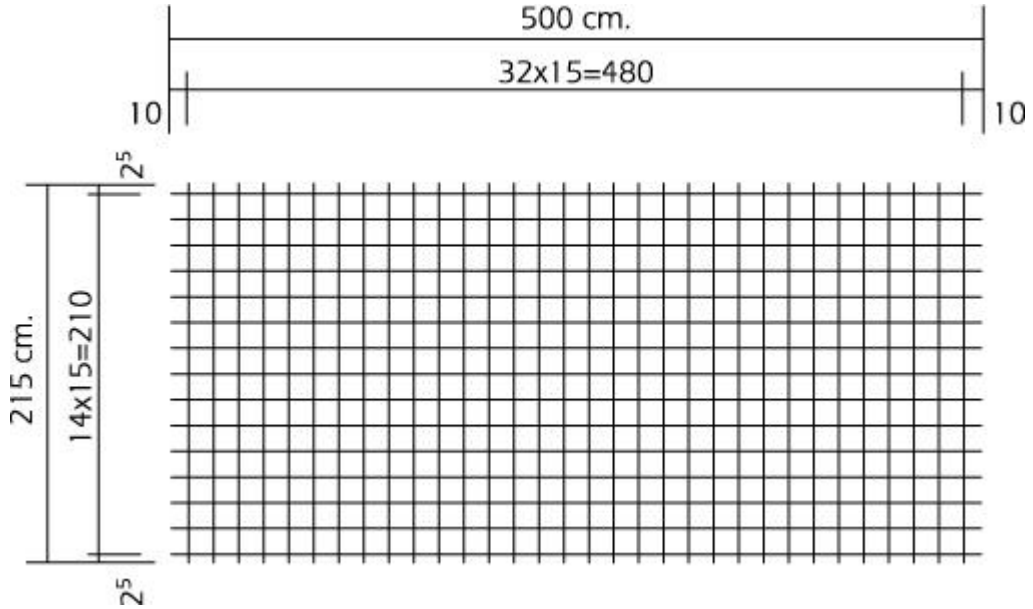
R tipi standart çelik hasır türleri ise;

Tablo 3.1 R Tipi Standart Çelik Hasır Türleri

Hasırın		Hasır Çubuklarının								Ağırlık	
Tipi	Boy/Eni	Aralığı		Çapı		Çıkıntısı		Kesit Alanı			
		Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	m ²	Hasır
		m	mm						cm ² /m		kg
R131	5,00/2,15	150	250	5,0	5,0	125/125	25/175	1,31	0,78	1,65	17,40
R158		150	250	5,5	5,5	125/125	25/175	1,58	0,78	1,86	19,71
R188		150	250	6,0	5,0	125/125	25/175	1,88	0,78	2,10	22,16
R221		150	250	6,5	5,0	125/125	25/175	2,21	0,78	2,36	24,82
R257		150	250	7,0	5,0	125/125	25/175	2,57	0,78	2,63	27,76
R295		150	250	7,5	5,0	125/125	25/175	2,95	0,78	2,93	30,91
R317		150	250	5,5d	5,0	125/125	25/175	3,17	0,78	3,11	32,80
R317		150	250	7,8	5,0	125/125	25/175	3,17	0,78	3,11	32,80
R335		150	250	8,0	5,0	125/125	25/175	3,35	0,78	3,25	34,27
R377		150	250	6,0d	5,0	125/125	25/175	3,77	0,78	3,58	37,77
R377		150	250	8,5	5,0	125/125	25/175	3,77	0,78	3,58	37,77
R443		150	250	6,5d	5,5	125/125	25/175	4,43	0,95	4,22	44,44
R513		150	250	7,0d	6,0	125/125	25/175	5,13	1,13	4,92	51,83
R589		150	250	7,5d	6,5	125/125	25/175	5,89	1,33	5,66	59,76

Q Tipi Standart Çelik Hasırlar

Gözleri kare şeklinde olan hasırlar Q harfi ile tanımlanır. Kare gözlü bu Q hasırları genellikle iki yönde çalışan yapı elemanlarında kullanılmak üzere imal edilmektedir. Bu bakımdan Q hasırlarında enine çubuklar da çalışan yönde olduğundan bu yönde yapılan bindirme eklerinde kurallara göre üç göz bindirmek gerekir [16].



Şekil 3.2: Q Tipi Çelik Hasır

Q hasırları ayrıca boy ve en çubuk aralıklarına ve çubukların çaplarına bağlı olarak mukavemetlerine göre numaralandırılırlar.

Q tipi standart çelik hasır türleri ise;

Tablo 3.2 Q Tipi Standart Çelik Hasır Türleri

Hasırın		Hasır Çubuklarının								Ağırlık	
Tipi	Boy/Eni	Aralığı		Çapı		Çıkıntısı		Kesit			
		Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	m ²	Hasır
	m		mm						cm ² /m		kg
Q131/131	5,00/2,15	150	150	5,0	5,0	100/100	25/175	1,31	1,31	2,06	21,71
Q158/158		150	150	5,5	5,5	100/100	25/175	1,58	1,58	2,48	26,36
Q188/188		150	150	6,0	6,0	100/100	25/175	1,88	1,88	2,96	31,29
Q221/221		150	150	6,5	6,5	100/100	25/175	2,21	2,21	3,48	36,65
Q257/257		150	150	7,0	7,0	100/100	25/175	2,57	2,57	4,02	42,57
Q295/295		150	150	7,5	7,5	100/100	25/175	2,95	2,95	4,62	48,91
Q317/188		150	150	5,5d	6,0	100/100	25/175	3,17	1,88	3,97	41,93
Q317/188		150	150	7,8	6,0	100/100	25/175	3,17	1,88	3,97	41,93
Q335/335		150	150	8,0	8,0	100/100	25/175	3,35	3,35	5,26	55,68
Q377/188		150	150	6,0d	6,0	100/100	25/175	3,77	1,88	4,44	46,90
Q377/188		150	150	8,5	6,0	100/100	25/175	3,77	1,88	4,44	46,90
Q377/377		150	150	8,5	8,5	100/100	25/175	3,77	3,77	5,94	62,72
Q443/221		150	150	6,5d	6,5	100/100	25/175	4,43	2,21	5,21	54,85
Q443/443		150	75	6,5d	6,5	100/100	25/175	4,43	4,43	6,94	72,74
Q589/378		150	150	7,5d	8,5	100/100	25/175	5,89	3,78	7,59	80,15
Q589/589		150	75	7,5d	7,5	100/100	25/175	5,89	5,89	9,24	97,07

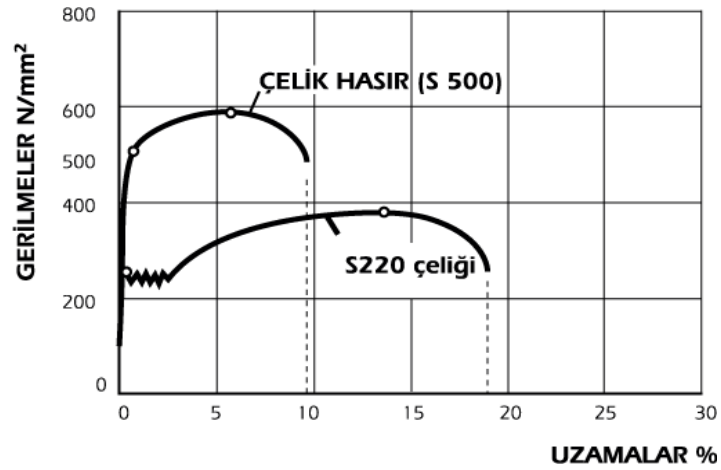
3.3 Çelik Hasır Donatılı Betonların Özellikleri ve Üstünlükleri

Yatay ve düşey yükler altında (Deprem vb.) yapıların ani kırılmalarının (göçme şeklinde yıkılma) önlenmesinde betonarme çeliklerinde kopma uzama özelliği büyük önem taşır. Betonarme çelik çubuklarının kopma uzama limitlerinin fazlalığı yapı

elemanlarının elastik davranışını artırdığı gibi kırılma davranışlarındaki aniliğin önlenmesi açısından da önemli üstünlükler sağlarlar. Ayrıca, betonarme çelik çubuklarının akma sınırlarının uzunluğu da bu işleve yardımcı olur. Yani, donatının elastiklik sınırı aşılmasına rağmen plastik bölgede kopmadan önce yapı elemanının bir süre daha ani olarak toptan göçmesini önleyebilir. Bu avantaj, yapıdaki canlıların uzaklaşması veya uzaklaştırılmasına olanak sağlar. Deprem yönetmelikleri hazırlanırken yapının kırılmasının ani göçme şeklinde olmamasına yönelik kurallarının bir çoğu donatıdaki bu özellikten faydalanılarak yerine getirilir [18].

T.S. 4459'a göre beton çelik hasırının özellikleri

	Çelik Hasır	BÇ I
Minimum akma sınırı	500 N/mm ²	220 N/mm ²
Minimum çekme mukavemeti	550 N/mm ²	340 N/mm ²
Minimum kopma uzaması	%5-%8	%18
Çubuk çapı	4-9 mm	8-28 mm



Şekil 3.3: Çelik Hasır Gerilme Şekil Değiştirme Eğrisi

Çelik hasır emniyet gerilmesinin normal inşaat demirinden yaklaşık iki kat fazla olması, çelik hasır kullanılması halinde normal inşaat demirine (BÇI) nazaran %40 civarında ağırlık tasarrufu sağlamaktadır. Plaklar halinde oluşu ve montajının kolaylığı zaman tasarrufu sağlamaktadır. Normal demirde olduğu gibi çelik çubukları tel tel kesip pilye kırma, kanca yapma, döşemeye belirli aralıklarla yerleştirip

birbirine bağlama gibi işler olmadığı için işçilikten tasarruf sağlanır. Çelik Hasır çubukları beton içinde homojen bir dağılım göstermekte böylece çekme kuvvetlerinin düzgün bir şekilde alınması sağlanmaktadır. Çubukların nervürlü ve birbirine kaynaklı oluşu aderansı artırmakta, beton içerisindeki çubukların kayması önlenmekte yapıda olabilecek çatlaklar, korozyon ve sızıntılar giderilmektedir. Ayrıca çelik hasırlar standart (5,00 x 2,15 m) tip ebadında imal edildikleri için nakliyesi de kolaydır [16].

3.4 Çelik Hasırların Kalıplara Yerleştirilmesi ve ÇHDB'nin Yüzeyinin Düzeltilmesi

- Donatılar projeye uygun olarak gerçek yüksekliklerde olmalıdır.
- Ankraj için gerekli enine çubuklar, gerçek yerlerinde olmalıdır.
- Boyuna çubuklar alta gelecek şekilde ayarlanmalıdır.
- Hasırların yönlerinin ters olmamasına dikkat edilmelidir.
- Hasır donatısının istenilen yükseklikte olması için, üzerine oturduğu kiriş veya hatıl demirleri düzgün konmalıdır.
- Kaymayı önlemek için çelik hasırlar, taşıyıcı sehpalar, kiriş demirlerine ve birbirlerine bağ telleriyle bağlanmalıdır.
- Donatıların aderansı düşünülerek yüzeylerinin temiz (yağ, toz, kir vb. olmamalı) olması gerekir.
- Kalıp yüzeyiyle donatı arasındaki pas paylarının sağlanması için mutlaka özel aparatlar kullanılmalıdır.

Bütün paspayları ve sehpalar çelik hasırın sehim yapmayacağı şekilde yerleştirilmelidir. Bu bağlantı betonun sıkıştırılması esnasında demirlerin yerleri değişmeyecek şekilde sağlam olmalıdır. Eğer yeterli miktarda sehpa ve paspayı konulmaz ise çelik hasır beton içinde eğik olarak kalır ve zaman içinde çatlamalara neden olur. Donatıyı kalıbın alt ve kenar yüzeylerinden istenen uzaklıkta tutabilmek için kullanılan mesafe tutucular (paspayları), beton ve çimento harcından, aspest çimentodan, plastik ve çelikten yapılabilir.



Şekil 3.4: Plastik Paspayları

- Beton dökülürken donatının ezilmemesine dikkat edilmelidir.
- Sıkıştırmanın iyi ve üniform olarak yapılabilmesi için, gerektiği kadar ve kullanılan vibratör cinsine uygun olarak, vibratör aralıkları bırakılmalıdır [18].



Şekil 3.5: Çelik Hasırların Kalıplara Yerleştirilmesi ve ÇHDB'nin Düzeltilmesi

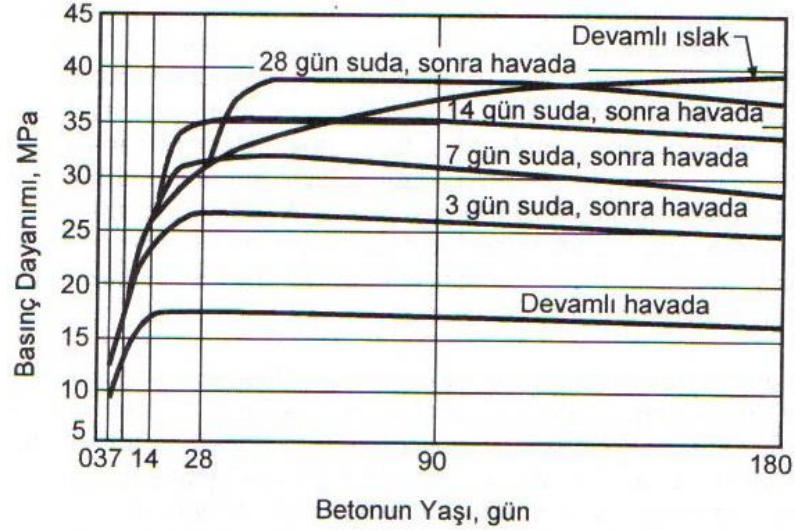
4. BETONUN KÜR'Ü

Hidratasyon olayının gerçekleşebilmesi ve normal hızda devam edebilmesi için, betondaki çimento hamurunun içerisinde yer alan kapiler boşluklarda yeterli miktarda suyun bulunması, ve beton sıcaklığının çok düşük derecelerde olmaması gerekmektedir. O nedenle, yerine yerleştirme, sıkıştırma ve yüzey düzeltme işlemi tamamlanmış olan taze betona uygulanacak bir sonraki işlem, “betonun içerisindeki çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyonların oluşumunu engelleyebilecek veya yavaşlatacak koşullara karşı önlem almak” olmaktadır. Bu amaçla, yerine yerleştirilecek olan taze betonun sıcaklığının çok düşük olmamasına dikkat edilmekte, hidratasyon için yeterli miktarda su bulundurulabilmesi için de, beton yüzeyi ıslak tutulmakta veya buharlaşmanın azaltılmasına çalışılmaktadır.

Betonun, özellikle ilk günlerinde, yeterince hidratasyon yapabilmesini sağlayabilmek üzere, betonun içerisinde yeterli miktarda suyun ve sıcaklığın bulundurulması ve bu ortamın korunması işlemi, “betonun kür'ü” veya “betonun bakımı” olarak anılmaktadır.

Bilindiği gibi, betonun kritik basınç dayanımı olarak 28. gündeki basınç dayanımı esas alınmaktadır. Kür edilme işlemi eksiksiz uygulanmış olan betonlarda ilk 7 gün içerisinde kazanılan basınç dayanımı, 28 günlük basınç dayanımının %70'i kadardır.

Betonun ilk günlerindeki dayanım kazanma hızı çok önemlidir. İstenilen süre içerisinde yeterli ölçüde hidratasyon yapmamış ve buna bağlı olarak yeterli dayanımı kazanmamış durumdaki betonların kalıpları söküldüğü zaman, beton, üzerindeki yükleri taşıyamamakta, çatlamar ve hatta çökme olmaktadır. O nedenle, yerine yerleştirilmiş taze betonun içerisinde, özellikle ilk günlerdeki hidratasyonun normal hızda seyredebilmesi için, yeterli miktardaki suyun ve sıcaklığın bulundurulması, betonun korunması gerekmektedir. Bir başka deyişle, özellikle ilk günlerde, betonun yeterince kür edilmesi gerekmektedir [19].



Şekil 4.1: Betonun Değişik Ortamlarda Kür Edilmesi ile Oluşan Basınç Dayanımları

Çoğunlukla önemsenmeyen kürün önemi büyüktür. Tüm betonlar iyi kür edilmelidir ancak döşemelerde kür özellikle önemlidir; çünkü bunlar kurumaya maruz geniş alanlardır [20].

Bu nedenle, öncelikle betonun döküm ve bakımı yönüyle ilgili önlemler alınmalıdır. Bu önlemler ise kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Zemin, asfalten ve kalıplar ıslatılır, ıslatma suyu buharlaşır buharlaşmaz döküm gerçekleştirilir.
- Güneş ışınlarının doğrudan etkisinden korunmalıdır.
- Gerekli koruma ve bakım sağlanmalıdır.
- Beton akışkan olmamalı, vibrasyon betonu şeklinde olmalıdır.
- İkinci mastarlama yapılmalıdır.
- Rüzgar kırıcı engeller yerleştirilmelidir.
- Beton yüzeyinde parlaklık sona erdikten sonra kür uygulanmalıdır.
- Özellikle yaz aylarında bir hafta süreyle günde üç kez sulamalıdır [21].

Döşeme yapımında yetersiz kür zayıf bir yüzeye neden olarak aşağıdaki sorunlara yol açar:

- düşük aşınma dayanımı,
- derzlerde dökülmeler,

- kimyasal etkilere karşı düşük dayanım,
- don etkisine karşı düşük dayanım.

Yetersiz kür yapısal sorunlara da yol açabilir. Kür yöntemleri genel olarak üç sınıfa ayrılabilir:

- ıslak kür yöntemleri
- su geçirimsiz örtü malzemeleri
- kür malzemeleri [20].

4.1 Betonun Islak Durumda Kalabilmesini Sağlayan Yöntem (Islak Kür)

Betonun ıslak durumda kalabilmesini sağlayabilmek için uygulanan yöntemlerden bazıları şunlardır:

- Beton yüzeyinin tamamen su altında kalmasını sağlayacak yöntemler (göllendirme yöntemiyle kür); betonun tamamen su içerisinde kür edilmesi, betona uygulanan kür yöntemleri arasında en mükemmel sonucu veren yöntem durumundadır. Yüzeyi yatay olan yol, köprü, düz çatı, veya döşeme betonlarının üst yüzeylerinin tamamen su altında bırakılabilmeleri için, beton yüzeyinde geçici olarak sığ bir havuz oluşturulmaktadır. Bu amaçla betonun üst yüzeyinin kenar kısımlarına 5-10 cm yükseklikte toprak, kum veya uygun bir malzemenin yığılmasıyla alçak duvarlar yapılmakta, ve beton yüzeyinde oluşturulan havuz suyla doldurulmaktadır.
- Beton yüzeyine su serpiştirilerek uygulanan kür yöntemidir. Betonun kür edilmesinde çok başarılı sonuçlar veren yöntemlerden birisidir. Sulama işlemi kesintisiz olarak uygulandığı gibi, belirli zaman aralıklarıyla da uygulanabilmektedir. Ancak, beton yüzeyinin kesintisiz olarak sulanması, betonda daha iyi sonuçlar vermektedir. Beton yüzeyi kür uygulandığı sürece kuru durumda bırakılmamalıdır.
- Beton yüzeyine bez, talaş, saman gibi malzemelerin serilmesi ve bu malzemelerin ıslak duruma getirilmeleri sağlanarak, beton yüzeyinin ıslak durumda kalabilmesi için uygulanan yöntemlerdir. Bu kür yöntemleri arasında en popüler olanı, beton yüzeyine su emebilen çuval bezi veya pamuklu kumaşların

serilmesi, ve bu bezlerin ıslatılmasıyla, beton yüzeyinin ıslak tutulmasını sağlayan yöntemdir [19].



Şekil 4.2: Beton Yüzeyinin Islak Örtü ile Korunması

- Kum veya talaş gibi gevşek malzemelerin yüzeye serilmesi de başka bir uygulamadır. Malzeme sık sık sulanmalıdır. Bazı malzemeler yüzeyde lekelerle neden olabilir.
- Uygulamada ıslak kür yöntemleri her zaman etkili olmayabilir, çünkü kürlemeyi yapan işçiler her zaman dikkatli değildir [20].

4.2 Betonun Yüzeyini Bir Membran ile Örterek Buharlaşmayı Sağlayan Yöntem (Su Geçirimsiz Örtü Malzemeleri)

Suyun buharlaşma oranı hava sıcaklığına, bağıl nem'e, güneş ışığının saatlerine, binaların havalandırılmasına veya şantiye alanındaki rüzgar hızına bağlıdır [14]. Beton yüzeyindeki buharlaşmanın azalmasını sağlayan yöntemlerin başında beton yüzeyinin plastik malzemeden veya su geçirmeyen kağıttan yapılmış örtülerle kaplanarak betondaki nem kaybını azaltmadır. Beton yüzeyinin minimum 0.10 mm kalınlıktaki bir plastik örtü, veya iki katlı bir kraft kağıdı ile örtülerek kür edilmesi yöntemi oldukça rağbet gören bir yöntemdir. Bunun nedeni, bu tür malzemelerin kolayca uygulanabilir olmasına ve yöntemin uygulanmasında fazla işçilik gerekmemesine dayanmaktadır.

Beton yüzeyine örtülecek plastik malzemeler, değişik renklerde olabilmektedir. Beyaz renkteki plastikler güneş ışınlarını yansıtmaktadırlar. Beton yüzeyine yerleştirilen ince örtünün konumunu koruyabilmek amacıyla, örtünün üstüne, kenarlarda belirli noktalara, kumdan veya topraktan ağırlıklar konulmaktadır.

Döşemelerin ve diğer yatay yüzeyli betonların üstüne serilen örtüler, bu betonların kenarlarından aşağıya doğru (beton kalınlığının en az iki misli uzunlukta) sarkıtılmaktadır.



Şekil 4.3: Beton Yüzeyinin Su Geçirimsiz Örtü ile Korunması

4.3 Beton Yüzeyine Sıvı Kimyasal Maddeler Uygulanması Yöntemi (Kür Malzemeleri)

Beton yüzeyine bitümlü veya parafin esaslı sıvı kimyasal malzemelerin sürülmesiyle buharlaşmanın azalmasını sağlayan yöntemlerdir.

Kür için kullanılan kimyasal maddeler mümkün olabildiği kadar üniform kalınlık oluşturacak şekilde ($0.20 - 0.25$ litre/m² ölçüsünde) uygulanmaktadır. Uygulama elle veya püskürtücü aletler yardımıyla yapılmaktadır.

Kimyasal kür maddelerini uygulamaya başlamak için, beton yerleştirildikten sonra bir süre beklemek gerekmektedir. Bekleme süresi, betondaki terlemenin sona erebileceği süre kadar (yaklaşık olarak beton yüzeyindeki parlaklığın sona erdiği süre kadar) uzunluktadır. Betondaki terleme devam ederken beton yüzeyindeki gözeneklerin kapatılması durumunda, betonun üst kısımları zayıf ve gözenekli olmaktadır. Öte yandan, kimyasal kür maddelerinin uygulanmasına başlamak için beklenen süre çok uzun olduğu ve beton kurduğu takdirde, beton yüzeyine uygulanan maddelerin bir miktarının beton tarafından emilme durumu ortaya çıkmaktadır [19].

Kür ürünleri bazen kendi içlerindeki boya maddelerinden dolayı renkli olur. Ayrıca, ana malzemesi mum içerikli olan kür ürünleri de beton yüzeyindeki gözenekleri doldurarak güzel bir görünüm verir [14].

4.4 Kür Yönteminin Seçimi

Kür için hangi yöntemin kullanılması gerektiği, kür suyunun ve kür için kullanılan diğer malzemelerin bulunabilirliğine, ve o nedenle, kür yönteminin ekonomik olmasına bağlıdır.

4.5 Minimum Kür Süresi

Betonun hidratasyon hızı, ve buna bağlı olarak dayanım kazanma hızı, birçok faktör tarafından etkilenmektedir. O nedenle, betonun yeterli dayanımı kazanabilmesi için ne kadar süreyle kür edilmesi gerektiğini kesin olarak belirlemek kolay değildir. Buna rağmen, minimum kür süresinin ne kadar uzunlukta olmasına dair bazı öneriler bulunmaktadır.

Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tarafından önerilen minimum kür süreleri şöyledir:

- Betonarme yapılar için kullanılan bütün betonlar, yerleştirildikleri andan itibaren en az 7 gün süreyle ıslak kür'e tabi tutulmalıdır.
- Yalın betonlar (donatı kullanılmayan betonlar) için minimum kür süresi, donatılı betonlar için gerekli olan süreden daha uzun olmalıdır.
- Pozolanik katkı maddelerinin kullanılmasıyla (veya, trasslı çimento, yüksek fırın cürufu çimento gibi pozolanik katkı maddeleri içeren çimentoların kullanılmasıyla) yapılan betonların ıslak kür süreleri 2-3 hafta uzunlukta olmalıdır.

Yukarıdaki süreler, yerleştirildiği andaki sıcaklığı 4 °C'ın üzerinde bir sıcaklığa sahip olan betonlar için belirtilmiştir. Daha düşük sıcaklıklardaki betonlar için 7 günlük ıslak kür süresi dahi yeterli uzunlukta olmayabilmektedir [19].

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Giriş

Yapılan deneyin amacı; farklı yatak katsayılı elastik zeminlere oturan çelik tel ve çelik hasır donatılı beton plakların merkezine (orta noktasına) etkiyen tekil yük altındaki davranışını incelemektir. Üretilen bu çelik tel ve çelik hasır donatılı beton plaklar pratikte endüstriyel zemin olarak kullanılmakta ve merkeze etkiyen tekil yük de endüstriyel zeminin kullanım alanına göre tekerlek yükünü ya da raf ayağının aktardığı yükü veya bir makine elemanının aktardığı yükü temsil etmektedir.

5.2 Deneyisel Çalışmanın Programı

Deney 3,0 x 3,0 x 0,15 m boyutlarında altı adet plakla sürdürülmüş ve ölçeklendirmede hassasiyete dikkat edilmiştir. Çelik tel ve çelik hasır içeriğinin etkisinin ve plağın oturduğu elastik zeminin yatak katsayısının etkisinin incelenebilmesi amacıyla, üç farklı zemin tipi, üç farklı tel içeriği ve tek tip çelik hasır denenmesi uygun görülmüştür. Bu amaçla hazırlanan deney numunelerinde (plaklarda) beton sınıfı sabit tutulmuş ve “C 30” olarak belirlenmiştir. Elastik zemini laboratuvar ortamında modellemek için kauçuk ve ısı yalıtımı amacıyla kullanılan “Ekstrüde Polistiren Köpük” (Styrofoam) levhalar kullanılmıştır.

Elastik zemin modeli oluşturmak amacıyla bir başka deyişle farklı yatak katsayısı elde edebilmek amacıyla; elastisite modülleri bilinen kauçuk ve iki farklı tipteki styrofoam levha, farklı kalınlıklarda kullanılmıştır. Kullanılan zeminlerin (styrofoamlar ve kauçuk) tipine göre elastisite modülü değerleri ve uygulanan kalınlığa göre hesaplanan yatak katsayısı değerleri aşağıda, Tablo 5.1’de gösterilmektedir.

Tablo 5.1 Yataklık Yapan Malzemeler için Yatak Katsayısı Değerleri

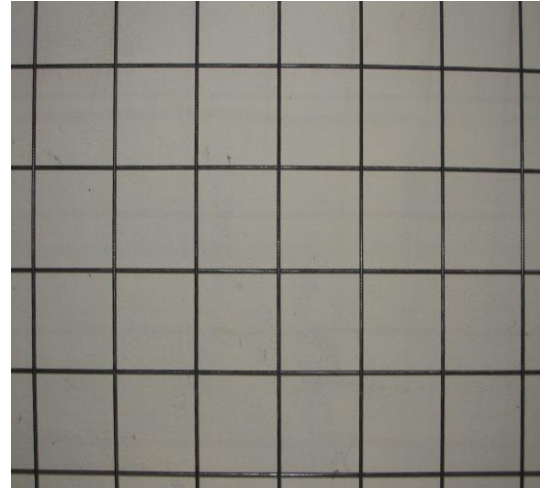
Zemin Tipi	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Uygulanan Kalınlık (mm)	Yatak Katsayısı (k) (N/mm ³)
FLOORMATE 200 SL-T (Styrofoam)	2,10	120	0,01750
ROOFMATE 300 SL (Styrofoam)	3,10	80	0,03875
KAUÇUK	8,25	60	0,13750

Tel içeriği değişiminin plak davranışına etkisini gözlemleyebilmek için üretilen plaklarda çelik tel içeriği 30 kg/m³, 20 kg/m³ ve 15 kg/m³ olmak üzere üç çeşit çelik tel dozajı kullanılmıştır. Plakların üretiminde tek tip çelik tel kullanılmıştır. Kullanılan çelik telin tipi kancalı uçlu, narinliği (uzunluk/çap) 80, boyu 60 mm ve çekme dayanımı 1100 N/mm² dir.

Üretilen plaklardaki çelik hasır içeriği ise; gözleri kare şeklinde olan Q tipi çelik hasırlarla belirlenmiştir. Plakların üretiminde tek tip çelik hasır kullanılmıştır. Kullanılan çelik hasır tipi Q188/188 olup hasır çubuklarının boy ve en aralığı 150mm, çapı ise boy ve en de 6mm'dir. Çekme dayanımı 550 N/mm² dir.



Şekil 5.1: Kancalı Uçlu Dramix, 80/60



Şekil 5.2: Q188/188 Tipi Çelik Hasır

Deneyde kullanılan plaklar için oluşturulan parametreler aşağıda, Tablo 5.2'de verilmektedir.

Tablo 5.2 Deneyde Kullanılan Plaklar için Oluşturulan Parametreler

Plak Adı	Beton Sınıfı	Çelik Tel Tipi	Çelik Tel Dozajı (kg/m ³)	Çelik Hasır Tipi	Yatak Katsayısı (N/mm ³)
P5	C 30	Kancalı Uçlu Dramix, 80/60	30	---	0,01750
P6	C 30	Kancalı Uçlu Dramix, 80/60	20	---	0,01750
P7	C 30	Kancalı Uçlu Dramix, 80/60	15	---	0,13750
P8	C 30	---	---	Q188/188	0,13750
P9	C 30	Kancalı Uçlu Dramix, 80/60	15	---	0,03875
P10	C 30	---	---	Q188/188	0,03875

Deney yükleme kontrollü olarak yapılmıştır. Yerdeğiştirmeler, plağın 16 noktasına, düşey yerdeğiştirmeleri 10⁻³ mm hassasiyetinde ölçen transducerlar yerleştirilerek, okunmuştur. Yükleme bir ton'luk yük adımlarıyla plak kırılana kadar uygulanmıştır. Her yükleme adımından sonra ölçüm bilgileri alınmıştır. Her 10 ton'da bir çatlak ölçümü yapılmıştır [9].

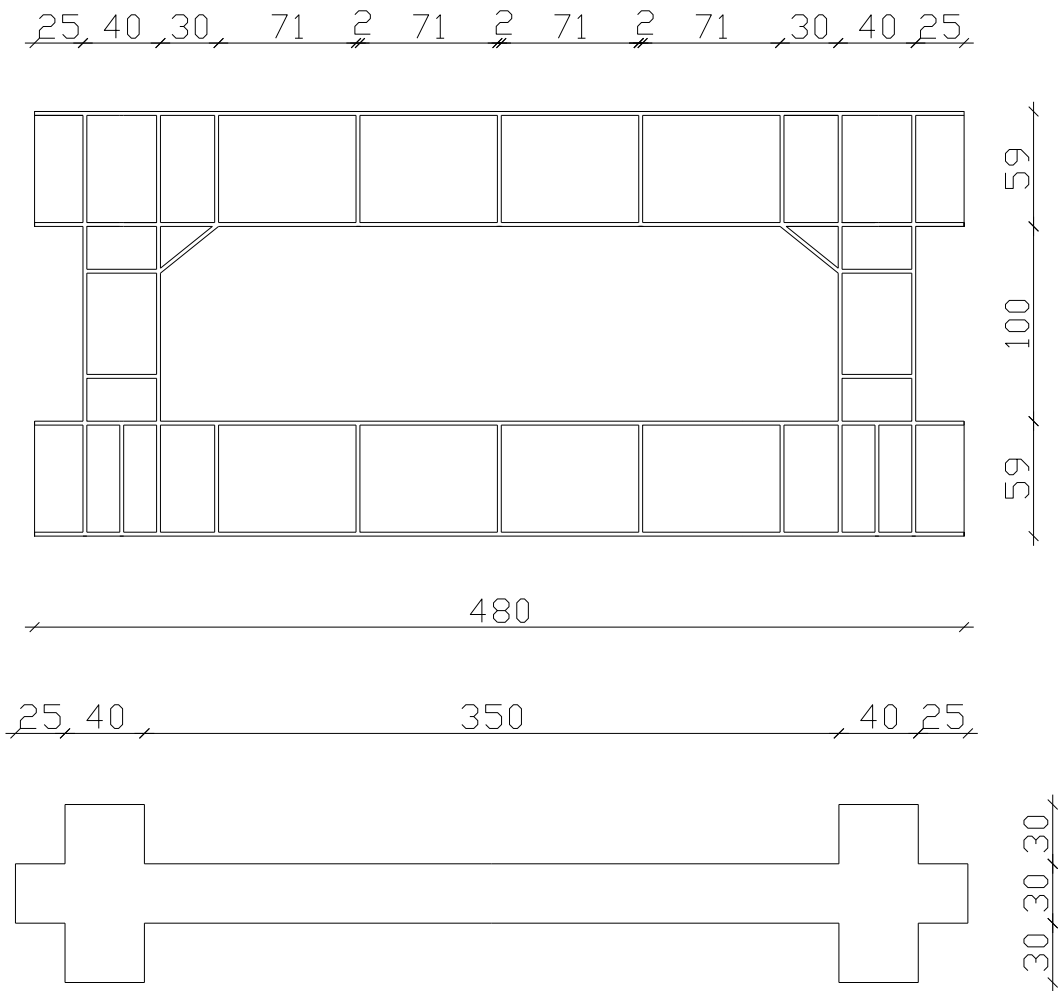
5.3 Deneyde Kullanılan Temel Ekipmanlar

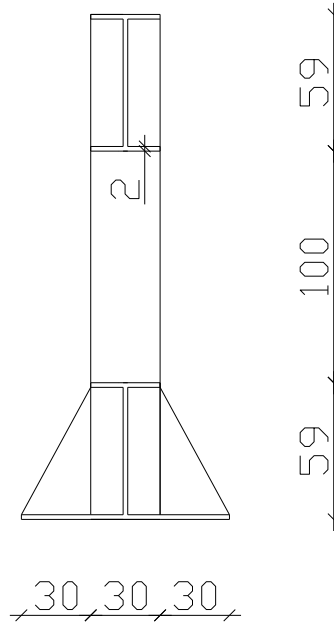
Deneyde beş temel ekipman kullanılmıştır. Bunlar;

- 1) Yükleme çerçevesi,
- 2) El ile yükleme yapmayı sağlayan kriko,
- 3) Ölçüm çerçevesi,
- 4) Ölçüm cihazları,
- 5) Ölçüm verilerini toplayan veri toplayıcısı (data logger)

5.3.1 Yükleme çerçevesi

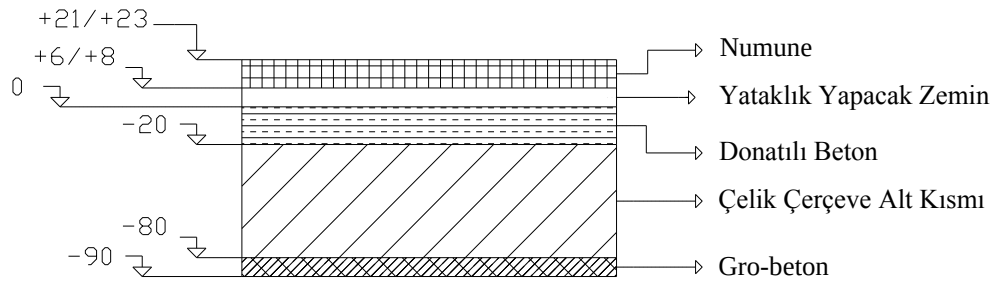
Çelik tel ve çelik hasır donatılı plakların merkezine tekil yük uygulanabilmesi için bir yükleme çerçevesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla, 2004 yılında 80 ton yüke dayanıklı, çelik bir çerçeve sistemi tasarlanmış ve yükleme çerçevesi İTÜ İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda belirlenen bir alana yerleştirilmiştir. Deneyler, 2004 yılında başlayan deneylerin devamı niteliğinde olduğundan yükleme çerçevesinde herhangi bir değişikliğe gidilmemiş, hazır halde bulunan yükleme çerçevesi ile deneyler sürdürülmüştür. Çerçevenin boyutları, üstten görünüşü ve enkesiti Şekil 5.3'de gösterilmiştir.





Şekil 5.3: Yükleme Çerçevesinin Boyutları, Üstten Görünüşü ve En Kesiti (Ölçüler cm dir)

Bu yükleme çerçevesi kapalı şekilde teşkil edilmiştir. Deney yapılacak 3,0 x 3,0 x 0,15 m boyutlarındaki plakların oturacağı alandaki zeminin kesiti Şekil 5.4’de görülmektedir. Kesit plak orta çizgisine göre alınmıştır. (Yükleme çerçevesinin altında kalan kısım)



Şekil 5.4: Deney Plaklarının Oturacağı Zeminin Kesiti [9].

Yükleme çerçevesinin bir görünümü Şekil 5.5’de gösterilmektedir.



Şekil 5.5: Yükleme Çerçevesi Genel Görünümü

5.3.2 El ile yükleme yapılan kriko

El ile yükleme yapmayı sağlayan bir kriko sistemi ile üretilen plakların merkezine (orta noktasına) tekil yük uygulanmıştır. Kullanılan krikoda, el ile yüklemeye imkan veren bir piston sistemi mevcut olup gösterge kısmı bar birim sistemindedir. Şekil 5.6’da el ile yükleme yapılan krikonun genel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 5.6: Krikonun Genel Görünümü

Kullanılan krikoda, okuma saatindeki bar birim sistemi ton birim sistemine dönüştürmek ve deney sırasında elde edilen verileri ton birim sistemi cinsinden

kaydetmek amacıyla krikonun kalibrasyonu yapılmıştır. Kullanılan krikonun kalibrasyonunu yapmak için, eksenel basınç deneyi yapılan deney aleti kullanılmış ve böylece krikonun gösterge kısmından okunan okuma saati değerleri, ton birim sistemi ile kalibre edilmiştir. Kalibrasyon işlemi için, krikonun deney aletine yerleştirilip, piston kısmı tam açıkken ki boyun 1/4'ü açılarak, basınç uygulanmıştır. Deney aletinden okunan ton değerlerine karşılık gelen, krikonun göstergesinden okunan, okuma saati değerleri kaydedilmiştir. Kalibrasyon işlemi üç kez tekrarlanmış ve değerlerin ortalaması alınarak krikonun kalibrasyonu tamamlanmıştır. Tablo 5.3'de yapılan kalibrasyon işlemi sonucu elde edilen, krikonun okuma saati değerlerine karşılık gelen ton değerleri görülmektedir.

Tablo 5.3 Krikonun Kalibrasyonu

Okuma Saati Değerleri	I.Kalibrasyon Ton Değerleri	II.Kalibrasyon Ton Değerleri	III.Kalibrasyon Ton Değerleri	Ortalama Ton Değerleri
5	1,50	1,50	1,50	1,50
10	2,00	2,00	2,00	2,00
15	3,00	3,00	3,00	3,00
20	4,00	4,00	4,00	4,00
25	5,00	5,00	5,00	5,00
30	6,10	6,40	5,95	6,15
35	7,10	7,20	7,00	7,10
40	8,10	8,20	8,15	8,15
45	9,10	9,20	9,30	9,20
50	10,10	10,10	10,10	10,10
55	11,10	11,20	11,00	11,10
60	12,10	12,30	12,20	12,20
65	13,20	13,30	13,40	13,30
70	14,00	14,40	14,80	14,40
75	15,00	15,40	15,50	15,30
80	16,00	16,40	16,50	16,30
85	17,00	17,50	17,40	17,30
90	18,00	18,50	18,40	18,30
95	19,20	19,40	19,60	19,40
100	20,00	20,60	20,60	20,40
105	21,50	21,60	21,10	21,40
110	22,20	22,60	22,40	22,40
115	23,20	23,60	23,40	23,40
120	24,25	24,75	24,50	24,50
125	25,40	25,60	25,20	25,40
130	26,25	26,55	26,40	26,40
135	27,30	27,70	27,50	27,50
140	28,50	28,70	28,60	28,60
145	29,50	29,70	29,60	29,60
150	30,50	30,70	30,60	30,60
155	31,50	31,70	31,60	31,60
160	32,50	32,70	32,60	32,60

Krikonun Kalibrasyonu Tablosunun Devamı				
165	33,60	33,70	33,50	33,60
170	34,60	34,70	34,50	34,60
175	35,60	35,80	36,00	35,80
180	36,70	36,70	36,70	36,70
185	37,70	38,10	37,90	37,90
190	38,70	39,00	38,70	38,80
195	39,80	40,20	40,00	40,00
200	40,80	41,20	41,00	41,00
205	41,80	42,20	41,70	41,90
210	42,90	43,20	42,90	43,00
215	43,90	44,20	43,90	44,00
220	44,90	45,30	45,40	45,20
225	46,00	46,30	46,00	46,10
230	47,00	47,30	47,30	47,20
235	48,10	48,30	48,20	48,20
240	49,40	49,50	49,60	49,50
245	50,40	50,50	50,60	50,50
250	51,40	51,60	51,80	51,60
255	52,40	52,60	52,80	52,60
260	53,40	53,50	53,60	53,50
265	54,40	54,40	54,40	54,40
270	55,40	55,50	55,60	55,50
275	56,40	56,50	56,60	56,50
280	57,40	57,50	57,60	57,50
285	58,40	58,50	58,60	58,50
290	59,40	59,40	59,40	59,40
295	60,40	60,40	60,40	60,40
300	61,40	61,40	61,40	61,40
305	62,30	62,30	62,30	62,30
310	63,30	63,30	63,30	63,30
315	64,30	64,30	64,30	64,30
320	65,30	65,30	65,30	65,30
325	66,30	66,40	66,50	66,40
330	67,30	67,40	67,50	67,40
335	68,30	68,40	68,50	68,40
340	69,30	69,40	69,50	69,40
345	70,30	70,40	70,50	70,40
350	71,30	71,40	71,50	71,40
355	72,40	72,40	72,40	72,40
360	73,40	73,40	73,40	73,40
365	74,40	74,40	74,40	74,40
370	75,40	75,40	75,40	75,40
375	76,40	76,40	76,40	76,40
380	77,40	77,40	77,40	77,40
385	78,40	78,40	78,40	78,40
390	79,40	79,40	79,40	79,40
395	80,40	80,40	80,40	80,40
400	81,40	81,40	81,40	81,40

Kriko yaklaşık 82 ton'a kadar kalibre edilmiştir. Yapılan deneyde yükleme, krikonun okuma saatine bakılarak, her 5 okuma saati biriminde, plak üzerine yerleştirilen 16 noktada ölçüm alınarak, kademeli olarak yapılmıştır. Her 5 okuma saati birimi artışı, ortalama 1 ton'luk yük artımına denk gelmektedir. Kısaca yükleme, birer tonluk yük artımı yapılarak, kademeli olarak yapılmış ve her yük adımına karşılık gelen yerdeğişirmeler kaydedilmiştir [9].

5.3.3 Ölçüm çerçevesi

Bu çalışmada daha önce [9] geliştirilen deney sisteminden bağımsız bir ölçüm çerçevesi kullanılmıştır.

Bu ölçüm çerçevesi şu özellikleri taşımaktadır;

- Deneyde yapılan plakların, yükleme etkisinde gerçekleştirdiği yerdeğişirmeleri ölçebilmek için transducer adı verilen ölçüm cihazlarının üzerine bağlanabilmesine imkan vermektedir.
- Plak üzerinde kaç noktadan yerdeğişirmelerin okunacağı kararlaştırılmıştır. Bu karara göre plak orta noktasından geçen ve plağın kenarlarına paralel olan X ve Y doğrultularında altışar noktada ve plak köşelerinde dört noktada olmak üzere, $6+6+4=16$ noktada ölçüm yapılmasına imkan tanır.
- Deney sisteminden (yükleme çerçevesi, kriko, plak v.b.) bağımsızdır.

Tasarımı yapılan ölçüm çerçevesinin çizimi ve boyutları Şekil 5.7'de gösterilmektedir.

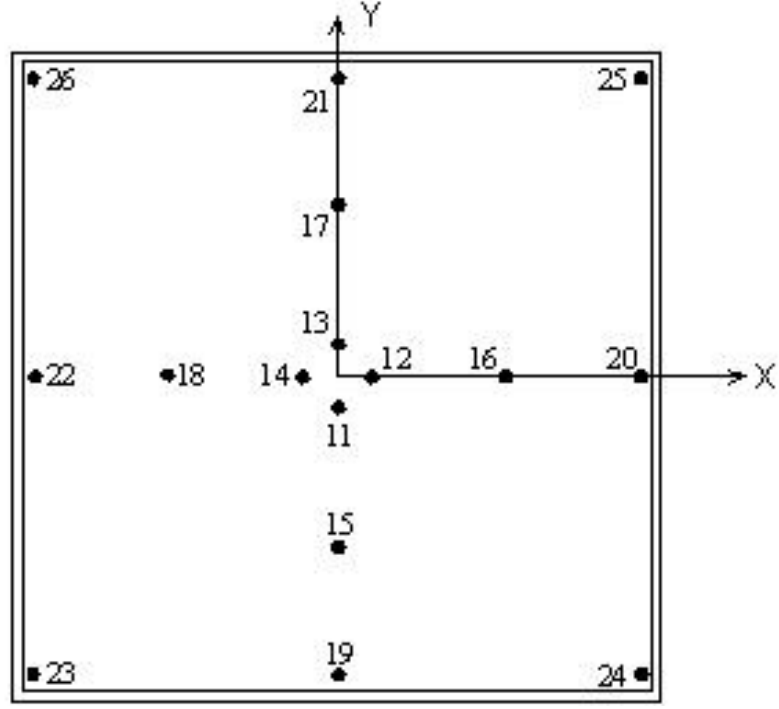
5.3.4 Ölçüm cihazları

Deney plaklarının yükleme esnasında sehimini kontrollü bir biçimde ölçmek için kendi eksenini doğrultusundaki yerdeğiştirmeleri milimetrenin binde biri hassasiyetinde ölçebilen transducer'lar kullanılmıştır. "Strain Gauge Type Transducer" olarak da bilinen bu ölçüm cihazları yerleştirme veya burulmadan etkilenmeden yük altındaki deney numunesinin net sehimini hassas biçimde belirtmelidir [22]. Şekil 5.9'da sırasıyla soldan sağa deneylerde kullanılan 25 mm'lik, 50 mm'lik ve 100 mm'lik transducerlar gösterilmektedir.



Şekil 5.9: Ölçüm Cihazları (Transducerlar)

Deney yapılan plaklardan ilk üçünde (P5, P6, P7 plakları), plak üzerindeki 16 noktadan 8'inde 50 mm'lik transducer, diğer 8'inde ise 25 mm'lik transducer kullanılması öngörülmüştür. Plak orta noktası etrafındaki 4 ölçüm noktası ve plak köşelerindeki 4 ölçüm noktası için 50 mm'lik, diğer 8 nokta için ise 25 mm'lik transducerlar kullanılmıştır. Kullanılan transducerların yerleşim planı Şekil 5.10'da görülmektedir.



Şekil 5.10: Transducer Yerleşim Planı

Şekil 5.10'daki planda görülen transducerların yer numaralarına göre tipleri aşağıda, Tablo 5.4'de gösterilmiştir.

Tablo 5.4 Kullanılan Transducer Tipleri (P5, P6, P7 plakları için)

Transducer Yer Numarası	Kullanılan Transducer Tipi
11, 12, 13, 14, 23, 24, 25, 26	50 mm'lik Transducer
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	25 mm'lik Transducer

Deney sonuçlarından elde edilen verilerde 25 mm'lik transducerların kullanıldığı bazı noktalarda ölçümün yeterli olamayacağı görülmüş ve diğer geri kalan son üç plakta (P8, P9, P10 plakları) daha büyük sehim ölçen 100 mm'lik transducerler kullanılmıştır. Bu nedenle, plak üzerindeki 16 noktadan 12'sinde 50 mm'lik transducer, diğer 4'ünde ise 100 mm'lik transducer kullanılması uygun bulunmuştur. Plak köşelerindeki 4 ölçüm noktası için 100 mm'lik, diğer 12 nokta için ise 50 mm'lik transducerlar kullanılmıştır. Şekil 5.10'daki planda görülen transducerların yer numaralarına göre tipleri aşağıda, Tablo 5.5'de gösterilmiştir.

Tablo 5.5 Kullanılan Transducer Tipleri (P8, P9, P10 plakları için)

Transducer Yer Numarası	Kullanılan Transducer Tipi
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	50 mm'lik Transducer
23, 24, 25, 26	100 mm'lik Transducer

Transducerların uçlarının basacağı noktalar ile deney yapılacak plak arasında tam temas elde edilmesi, yüzey düzgünlüğünün sağlanması ve sağlıklı ölçüm yapabilmek için 8 x 8 cm boyutlarında cam plakalar kesilerek alçı ile yapıştırılmıştır. Daha sonra transducerlar, çökme beklenen yerlerde strokları kapalı, kalkma beklenen yerlerde ise strokları açık olarak (Şekil 5.8) ölçüm yapılacak olan noktalara bağlanmışlardır. Şekil 5.11'de ölçüm çerçevesinde belirlenen noktalara bağlanmış transducerlar görülmektedir.



Şekil 5.11: Plak Üzerindeki Transducerlar

5.3.5 Veri toplayıcısı (Data Logger)

Transducerların her birinden çıkan kablolar bir veri toplayıcısına (data logger) bağlanarak ölçümlerin kaydedilmesi sağlanmıştır. Yükleme kademeli olarak, 5

okuma saati değerine eşdeğer ortalama 1 tonluk yük artımı ile yapılmıştır. Her yük kademesinde, data logger'a bağlı bir butona basılmak suretiyle, plak üzerinde bulunan 16 noktanın yerdeğiştirme değerleri switch box yardımıyla data logger'a aktarılmıştır. Deney bitiminde elde edilen data diskete kaydedilerek, bilgisayar ortamına aktarılmış ve datanın analizi yapılmıştır [9]. Kullanılan data logger ve switch box Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'de gösterilmektedir.



Şekil 5.12: Data Logger



Şekil 5.13: Switch Box

5.4 Malzeme Özellikleri

5.4.1 Deney plaklarına yataklık yapan malzemelerin özellikleri

Deneyde elastik zemini temsil etmesi için iki farklı tipte styrofoam levha ve tek tip kauçuk plaka kullanılmıştır. Malzeme özellikleri ile ilgili bilgiler üretici firmaların malzeme kataloglarından alınmıştır. Kullanılan malzeme ile ilgili teknik veriler Tablo 5.6'de verilmiştir.

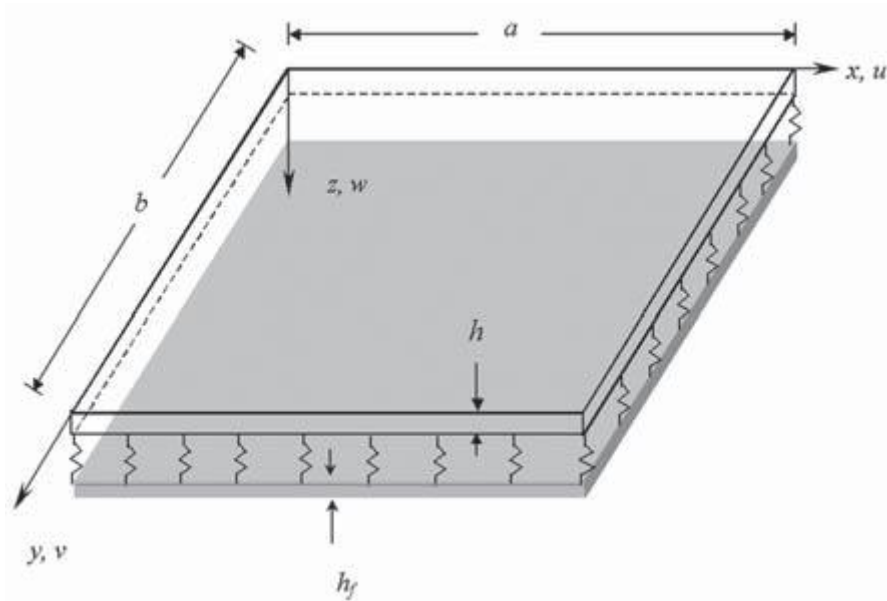
Tablo 5.6 Yataklık Yapan Malzemeler için Teknik Veriler

Zemin Tipi	Yoğunluk (kg/m ³)	Boyutlar (mm)
FLOORMATE 200 SL-T	30-36	1200x600x60
ROOFMATE 300 SL	32-38	1250x600x40
KAUÇUK	1301	2000x1000x10

Yukarıda belirtilen zemin tipleri deneylerde şu şekilde kullanılmışlardır;

- P5 ve P6 plakları için Floormate 200 SL-T tipi styrofoam levha 120 mm kalınlığında, iki tabaka halinde (60+60 mm) kullanılmıştır.
- P7 ve P8 plakları için de Kauçuk plaka 60 mm kalınlığında, altı tabaka halinde ($6 \times 10 = 60$ mm) kullanılmıştır. Tüm bu bahsedilen plaklara yataklık yapan malzemeler zemine yerleştirilirken, birleşim yerleri şaşırtmalı olarak konulmuştur.
- P9 ve P10 plakları için Roofmate 300 SL tipi styrofoam levha 80 mm kalınlığında, iki tabaka halinde (40+40 mm) kullanılmıştır.

Elastik zemini modelleyebilmek için kesme etkilerinin ihmal edildiği Winkler yöntemi kullanılmıştır. Winkler modelinde, zeminin birbirine komşu olan noktalarında her hangi bir etkileşimin söz konusu olmadığı kabul edilmektedir. Zemin yatak katsayısı göz önüne alınarak zemin modeli doğrusal yay elemanları yerleştirilerek oluşturulmaktadır. Diğer bir ifadeyle zemin, aralarında etkileşim olmayan bir seri yaylarla temsil edilmektedir. Bu suretle; zemin gerilmelerinin meydana gelen çökme ile doğru orantılı olduğu kabul edilir [24,25]. Şekil 5.14’de elastik yaylardan meydana gelmiş Winkler zemini görülmektedir.



Şekil 5.14: Winkler Modeli ile Zeminin Tanımlanması (Elastik Zemine Oturan Plak)

$$\text{Zemin gerilmesi} = \text{Yatak katsayısı} \times \text{Düşey çökme} \quad (3.1)$$

Bu denklemde yer alan σ = zemin gerilmesi, k = yatak katsayısı ve Δl = düşey çökmedir. O halde “ k ” yatak katsayısı yeniden düzenlenirse

$$k = \frac{\sigma}{\Delta l} \quad (3.2)$$

$$\sigma = E \times \varepsilon = E \times \frac{\Delta l}{l} \quad (3.3)$$

yatak katsayısı ile elastisite modülü arasındaki bağıntı; denklem (3.3)’deki σ değeri denklem (3.2)’de yerine konularak bulunur.

$$k = \frac{E}{l} \quad (3.4)$$

O halde malzemelerin yatak katsayıları;

$$\text{FLOORMATE 200 SL-T için; } k = \frac{E}{l} = \frac{2,10 \text{ N/mm}^2}{120 \text{ mm}} = 0,01750 \text{ N/mm}^3$$

$$\text{ROOFMATE 300 SL için; } k = \frac{E}{l} = \frac{3,10 \text{ N/mm}^2}{80 \text{ mm}} = 0,03875 \text{ N/mm}^3$$

$$\text{KAUÇUK PLAKA için; } k = \frac{E}{l} = \frac{8,25 \text{ N/mm}^2}{60 \text{ mm}} = 0,13750 \text{ N/mm}^3 \text{’dür.}$$

Elde edilen bu yatak katsayılarının hangi zemini temsil ettiğini görebilmek için Tablo 5.7’de çeşitli zemin türleri için ortalama yatak katsayısı değerleri verilmiştir.

Tablo 5.7 Çeşitli Zemin Türleri için Ortalama Yatak Katsayıları [23]

Zemin Türü	Ortalama Yatak Katsayıları (MN/mm ³)	Ortalama Yatak Katsayıları (N/mm ³)
Balçık, turba	< 2	< 0,002
Plastik kil	5 – 10	0,005 – 0,010
Yarı sert kil	10 – 15	0,010 – 0,015
Sert kil	15 – 30	0,015 – 0,030
Dolgu toprak	10 – 20	0,010 – 0,020
Gevşek kum	15 – 30	0,015 – 0,030
Orta sıklıkta kum	20 – 50	0,020 – 0,050
Sıkı kum	50 – 100	0,050 – 0,100

Sıkı kum ve çakıl	100 – 150	0,100 – 0,150
Sağlam şist	> 500	> 0,5
Kaya	> 2000	> 2

Tablo 5.7'ye göre deneyde kullanılan styrofoam levhalardan; Floormate 200 SL-T “gevşek kum”, Roofmate 300 SL “orta sıklıkta kum” türünde bir zemini, Kauçuk ise “sıkı kum ve çakıl” türünde bir zemini modellemektedir.

5.4.2 Numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş beton deneyleri ve kullanılan ÇTDB ve ÇHDB'nin karakteristik değerleri

Bu çalışmada P5, P6, P7, P8, P9 ve P10 plakları hazırlanmıştır. Yapılan deneylerde bütün deney plakları için C30 sınıfı beton kullanılmıştır. Bu plaklardan P5 plağı için 30 kg/m³ tel içeriği, 5 m³'lük transmikserdeki hazır betona 150 kg dramix (80/60) katılarak; P6 plağı için 20 kg/m³ tel içeriği, 5 m³'lük transmikserdeki hazır betona 100 kg dramix (80/60) katılarak sağlanmıştır. P7 ve P9 plakları için 15 kg/m³ tel içeriği, 5 m³'lük transmikserdeki hazır betona 75 kg dramix (80/60) katılarak sağlanmıştır. P8 ve P10 plakları için hasır içeriği ise Q 188/188 tipi çelik hasırlar 2,95x2,95 m² (kenarlardan 5 cm paspayı bırakılmıştır) boyutlarında hazırlanarak sağlanmıştır. Her plak dökümü öncesi sertleşmiş beton deneyleri için 6 adet çapı 15 cm, yüksekliği 30 cm olan silindir, 6 adet 15x15x15 cm boyutlarında küp ve 6 adet 10x10x50 cm boyutlarında kiriş numuneleri alınmıştır.

5.4.2.1 Numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş beton deneyleri

Basınç dayanımı tayini için silindir ve küp şekilli numuneler kullanılmakta, eğilme dayanımı tayini için ise kiriş şekilli numuneler kullanılmaktadır. Silindir şekilli numuneler çapı 15 cm, yüksekliği 30 cm boyutlarında, küp şekilli numuneler 15x15x15 cm boyutlarında, kiriş şekilli numuneler ise 10x10x50 cm boyutlarında olup çelik, dökme demir veya plastik gibi su emmeyen malzemelerden yapılmış, şekil değişikliği göstermeyen, iç yüzeyleri ve tabanı pürüzsüz düzgünlükte olan kalıplardır. Taze betonun yerleştirilmesi işleminden önce, kalıpların iç yüzeyi çok ince bir madeni yağ tabakası ile kaplanmıştır. Beton numuneler, transmikserden boşaltılan betonun yaklaşık olarak ilk %15'inden hemen sonra alınmıştır. Beton taze iken kalıplara, beton standartlarının belirttiği tarzda, yerleştirilmiş ve bir gün sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Şekil 5.15'de beton dökümü öncesi hazırlanan silindir ve küp kalıplar görülmektedir.



Şekil 5.15: Beton Dökümü Öncesi Mekanik Deneyler İçin Hazırlanan Kalıplar

Hazırlanan beton silindir, küp ve kiriş numuneler kalıplarından çıkarıldıktan sonra, deney anına kadar (28 gün sonrasına kadar) 23 ± 1.7 °C sıcaklıktaki havuz içerisinde, kür odasında bekletilmiştir. Şekil 5.16’da havuz içerisindeki numuneler gösterilmektedir.



Şekil 5.16: Havuz İçerisindeki Sertleşmiş Beton Deneyi Numuneleri

Alınan her küp ve silindir numunelerinden üç tanesi 28 gün sonra, diğerleri plak yükleme deneylerinin yapıldığı gün kırılmıştır. Kür süresi tamamlanmış beton silindir ve küp numuneler, eksenel basınç altında deney presi olarak adlandırılan bir alet vasıtasıyla üniform basınç yükü altında kırılmaya tabi tutulmuştur [19].



Şekil 5.17: Beton Küp Numunesinin Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç ve çekme deneylerinde numunenin boy değişmelerinin ve eğilme deneylerinde sehimlerin ölçülmesi ve bunlar yardımı ile gerilme - şekil değiştirme veya yük – sehim diyagramlarının çizilmesi ve elastisite modülü, orantılılık sınırı, akma sınırı vs. gibi mekanik özelliklerin bulunması için şekil değiştirmelerini ölçen özel ölçü aletlerinin kullanılması gerekmektedir.

En çok kullanılan ölçü aletlerinin başında saatli komparatörler gelir. Saat üzerindeki çizgiler ölçü çubuğunun hareketini 1/100 mm veya 1/1000 mm ye kadar hassaslıkla ölçmeye imkan verir [26]. Silindir, prizma veya küp şeklindeki deney numunelerinin basınç deneyindeki kısaltmalarını ölçmek için kullanılan çift çerçeveli ve komparatörlü sistem Şekil 5.18’de görülmektedir.



Şekil 5.18: Beton Silindir Numunesinin Basınç Dayanımı Deneyi

Beton eğilme dayanımının bulunabilmesi için beton kiriş numuneler, oturacağı mesnetlerin arasındaki mesafenin orta noktasından dik bir şekilde 5 cm'lik bir çentik atılarak kirişin orta noktasından yüklemeyi sağlayan bir düzenek ile, eğilme yükü altında kırılmaya tabi tutulmuştur. Şekil 5.19'da beton kiriş numunesinin eğilme dayanımı deneyi görülmektedir [19].



Şekil 5.19: Beton Kiriş Numunesinin Eğilme Dayanımı Deneyi

5.4.2.2 Kullanılan ÇTDB ve ÇHDB'nin karakteristik değerleri

Her grup beton için silindir numuneler üzerinde, sabit yükleme hızı uygulanarak şekil değiştirmeleri ölçülmüş ve buna bağlı olarak gerilme - şekil değiştirme grafikleri çizilmiştir.

Eğilme dayanımı değerleri her grup beton için kiriş numuneler üzerinde, numune özelliklerine göre değişen yükleme hızlarında uygulanarak sehimleri ölçülmüş ve buna bağlı olarak yük - sehim değiştirme grafikleri çizilmiştir.

Elastisite modülünün tayini ise silindir basınç deneyi numuneleri üzerinde yapılmıştır. Elastisite modülü gerilme - şekil değiştirme eğrisinden elde edilen maksimum yükün %5 ve %45 aralıklarına düşen gerilme şekil değiştirme noktalarının doğrusal kabul edilmesiyle elde edilen doğrunun eğimi olarak alınmıştır.

Buna göre; P5 plağı için hazırlanan, 30 kg/m^3 tel içeren betondan alınan numunelerin deney sonuçları Tablo 5.8'de verilmektedir. Bu beton karışımı “C30/S30” olarak adlandırılmıştır. C30 beton sınıfını, S30 tel içeriğini (dozajı) belirtmektedir [9].

Tablo 5.8 C30/S30 Numunelerinin Deney Sonuçları

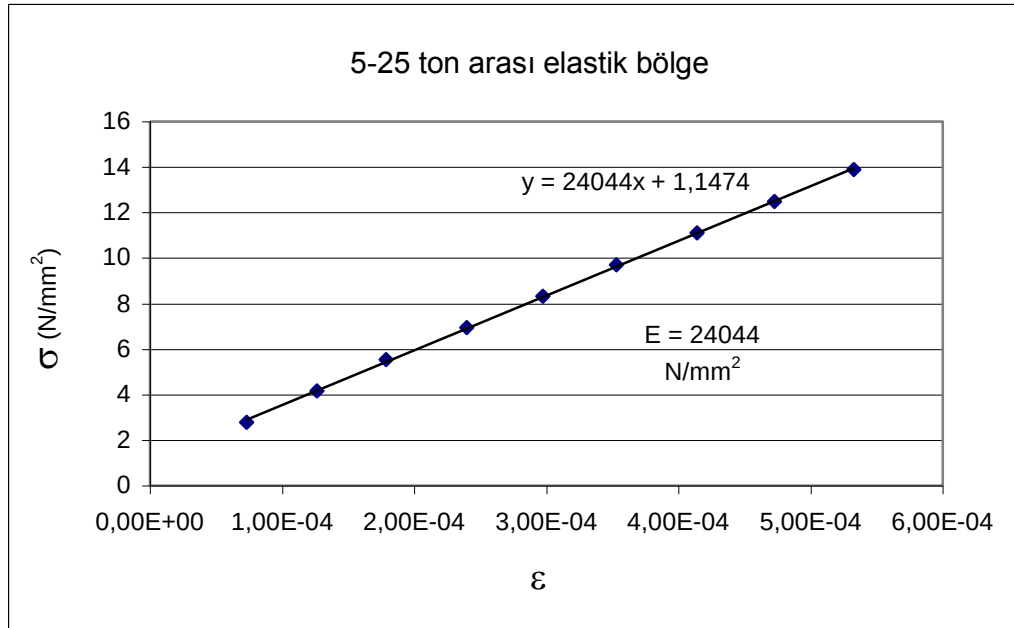
Numune Kod No:	Üretim Tarihi	Deney Tarihi	Yaş Gün	Biçim	Boyutlar (cm)	Kırılma Kuvveti (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
K1	4/11/03	10/12/03	36	küp	15x15x15	891	39,6
K2	4/11/03	10/12/03	36	küp	15x15x15	904	40,2
K3	4/11/03	10/12/03	36	küp	15x15x15	918	40,8
K4	4/11/03	15/03/04	130	küp	15x15x15	1057,9	47,02
K5	4/11/03	15/03/04	130	küp	15x15x15	1105,8	49,15
K6	4/11/03	15/03/04	130	küp	15x15x15	1098,4	48,82
S1	4/11/03	15/03/04	130	silindir	d=15, h=30	548,6	31,04
S2	4/11/03	15/03/04	130	silindir	d=15, h=30	666,4	37,71
S3	4/11/03	15/03/04	130	silindir	d=15, h=30	697,4	39,46
S4	4/11/03	15/03/04	130	silindir	d=15, h=30	575,9	32,56
S5	4/11/03	15/03/04	130	silindir	d=15, h=30	638,7	36,14
S6	4/11/03	15/03/04	130	silindir	d=15, h=30	541,7	30,65

P5 plağı için üç adet silindir numunesi ve ortalama değerleri Tablo 5.9’da verilmektedir. Şekil 5.20’de ise $\sigma - \varepsilon$ grafiği ve elastisite modülü (E) gösterilmektedir.

Tablo 5.9 C30/S30 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları

YÜK (ton)	Kısaltmalar (mm x 1000)				Sek. Deg. (ε)	Gerilme (σ)
	S 4	S 5	S 6	Ort.		
0	0	0	0	0	0,00E+00	0,00
2,5	10	10	8	9	3,05E-05	1,39
5	23	24	20	22	7,30E-05	2,78
7,5	37	40	39	39	1,26E-04	4,16
10	52	56	56	55	1,79E-04	5,55
12,5	69	75	76	73	2,40E-04	6,94
15	85	92	96	91	2,97E-04	8,33
17,5	101	108	115	108	3,53E-04	9,71
20	119	126	135	127	4,14E-04	11,10
22,5	135	145	154	145	4,73E-04	12,49
25	153	163	173	163	5,33E-04	13,88
27,5	171	182	191	181	5,93E-04	15,27

30	190	202	210	201	6,56E-04	16,65
32,5	210	223	230	221	7,22E-04	18,04
35	230	244	250	241	7,89E-04	19,43
37,5	249	264	273	262	8,56E-04	20,82
40	268	286	295	283	9,25E-04	22,21
42,5	290	308	315	304	9,95E-04	23,59
45	312	330	337	326	1,07E-03	24,98
47,5	334	355	361	350	1,14E-03	26,37
50	360	380	385	375	1,23E-03	27,76
52,5	386	405	410	400	1,31E-03	29,14
55	416	433	440	430	1,40E-03	30,53
57,5	446	460	475	460	1,50E-03	31,92
60	479	490	514	494	1,62E-03	33,31
62,5	514	520	555	530	1,73E-03	34,70
65	556	560	610	575	1,88E-03	36,08
67,5	635	700	710	682	2,23E-03	37,47
70	770	765	890	808	2,64E-03	38,86



Şekil 5.20: C30/S30 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E)

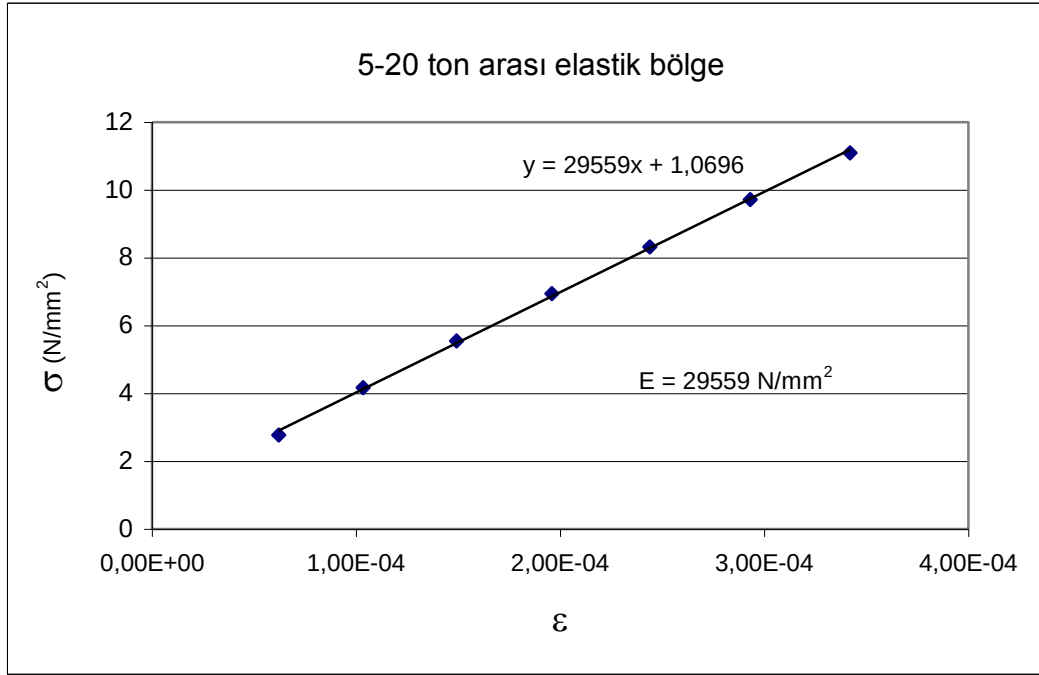
P6 plağı için hazırlanan, 20 kg/m³ tel içeren betondan alınan numunelerin (C30/S20) deney sonuçları Tablo 5.10’da verilmektedir. Ayrıca, silindir numunelerin basınç deneyi sonuçları Tablo 5.11’de, $\sigma - \varepsilon$ grafiği ve Elastisite Modülü Şekil 5.21’de gösterilmektedir [9].

Tablo 5.10 C30/S20 Numunelerinin Deney Sonuçları

Numune Kod No:	Üretim Tarihi	Deney Tarihi	Yaş Gün	Biçim	Boyutlar (cm)	Kırılma Kuvveti (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
K1	15/01/04	16/02/04	32	küp	15x15x15	950	42,2
K2	15/01/04	16/02/04	32	küp	15x15x15	870	38,7
K3	15/01/04	16/02/04	32	küp	15x15x15	910	40,4
K4	15/01/04	26/03/04	71	küp	15x15x15	970,8	43,15
K5	15/01/04	26/03/04	71	küp	15x15x15	920,0	40,89
K6	15/01/04	26/03/04	71	küp	15x15x15	985,6	43,80
S1	15/01/04	26/03/04	71	silindir	d=15, h=30	507,9	28,74
S2	15/01/04	26/03/04	71	silindir	d=15, h=30	539,1	30,51
S3	15/01/04	26/03/04	71	silindir	d=15, h=30	584,1	33,05

Tablo 5.11 C30/S20 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları

YÜK (ton)	Kısaltmalar (mm x 1000)				Sek. Deg. (ε)	Gerilme (σ)
	S 4	S 5	S 6	Ort.		
0	0	0	0	0	0,00E+00	0,00
2,5	5	6	5	5	1,74E-05	1,39
5	18	20	19	19	6,21E-05	2,78
7,5	30	32	33	32	1,03E-04	4,16
10	43	45	49	46	1,49E-04	5,55
12,5	56	59	65	60	1,96E-04	6,94
15	72	71	81	75	2,44E-04	8,33
17,5	86	84	99	90	2,93E-04	9,71
20	102	97	115	105	3,42E-04	11,10
22,5	120	112	134	122	3,99E-04	12,49
25	137	126	152	138	4,52E-04	13,88
27,5	155	140	174	156	5,11E-04	15,27
30	176	156	195	176	5,74E-04	16,65
32,5	200	174	220	198	6,47E-04	18,04
35	224	190	246	220	7,19E-04	19,43
37,5	249	207	280	245	8,02E-04	20,82
40	276	225	317	273	8,91E-04	22,21
42,5	307	245	370	307	1,00E-03	23,59
45	345	266	440	350	1,14E-03	24,98
47,5	390	290	560	413	1,35E-03	26,37
50	447	315	650	471	1,54E-03	27,76



Şekil 5.21: C30/S20 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E)

P7 ve P9 plakları için hazırlanan, 15 kg/m³ tel içeren betondan alınan numunelerin deney sonuçları Tablo 5.12’de verilmektedir. C30/S15 silindir numunelerin basınç deneyi sonuçları Tablo 5.13’de, $\sigma - \varepsilon$ grafiği ve elastisite modülü Şekil 5.22’de gösterilmektedir. Ayrıca eğilme dayanımı deneyi numune verileri Tablo 5.14’de, deney sonuçları Tablo 5.15’de ve deneyden elde edilen yük – sehim ($P - \delta$) grafiği Şekil 5.23’de gösterilmektedir.

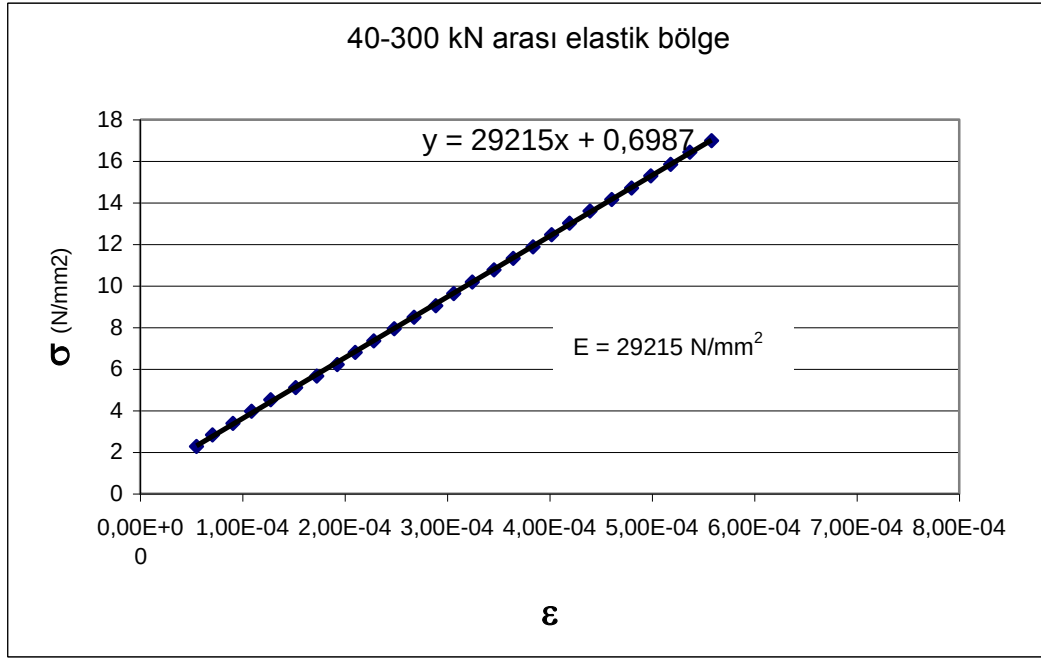
Tablo 5.12 C30/S15 Numunelerinin Deney Sonuçları

Numune Kod No:	Üretim Tarihi	Deney Tarihi	Yaş Gün	Biçim	Boyutlar (cm)	Kırılma Kuvveti (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
K1	13/01/05	10/02/05	28	küp	15x15x15	1212,5	53,89
K2	13/01/05	10/02/05	28	küp	15x15x15	1140	50,67
K3	13/01/05	10/02/05	28	küp	15x15x15	1185	52,67
K4	13/01/05	14/03/05	60	küp	15x15x15	1125	50,00
K5	13/01/05	14/03/05	60	küp	15x15x15	1212	53,87
K6	13/01/05	14/03/05	60	küp	15x15x15	1343	59,69
S1	13/01/05	10/02/05	28	silindir	d=15, h=30	872,5	49,37

S2	13/01/05	10/02/05	28	silindir	d=15, h=30	875	49,51
S3	13/01/05	10/02/05	28	silindir	d=15, h=30	982,5	55,59
S4	13/01/05	14/03/05	60	silindir	d=15, h=30	905	51,21
S5	13/01/05	14/03/05	60	silindir	d=15, h=30	880	49,79
S6	13/01/05	14/03/05	60	silindir	d=15, h=30	900	50,92

Tablo 5.13 C30/S15 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları

YÜK (kN)	Kısalmalar (mm x 1000)				Sek. Deg. (ϵ)	Gerilme (σ)
	S 4	S 5	S 6	Ort.		
0	0	0	0	0	0,00E+00	0,00
10	2	2	2	2	6,71E-06	0,57
20	6	7	4	6	1,90E-05	1,13
30	11	13	9	11	3,69E-05	1,70
40	15	21	13	16	5,48E-05	2,26
50	20	26	17	21	7,05E-05	2,83
60	25	33	23	27	9,06E-05	3,40
70	30	39	28	32	1,09E-04	3,96
80	35	46	33	38	1,28E-04	4,53
90	44	54	38	45	1,52E-04	5,10
100	49	61	44	51	1,72E-04	5,66
110	55	67	50	57	1,92E-04	6,23
120	59	74	55	63	2,10E-04	6,79
130	64	80	60	68	2,28E-04	7,36
140	69	87	66	74	2,48E-04	7,93
150	74	94	71	80	2,67E-04	8,49
160	80	101	77	86	2,89E-04	9,06
170	85	107	82	91	3,06E-04	9,62
180	90	113	87	97	3,24E-04	10,19
190	95	120	94	103	3,46E-04	10,76
200	101	126	99	109	3,65E-04	11,32
210	106	132	105	114	3,84E-04	11,89
220	111	138	110	120	4,02E-04	12,46
230	116	144	115	125	4,19E-04	13,02
240	122	150	121	131	4,40E-04	13,59
250	128	157	127	137	4,61E-04	14,15
260	133	163	133	143	4,80E-04	14,72
270	139	169	138	149	4,99E-04	15,29
280	144	175	144	154	5,18E-04	15,85
290	150	180	150	160	5,37E-04	16,42
300	156	187	156	166	5,58E-04	16,99
310	161	192	162	172	5,76E-04	17,55



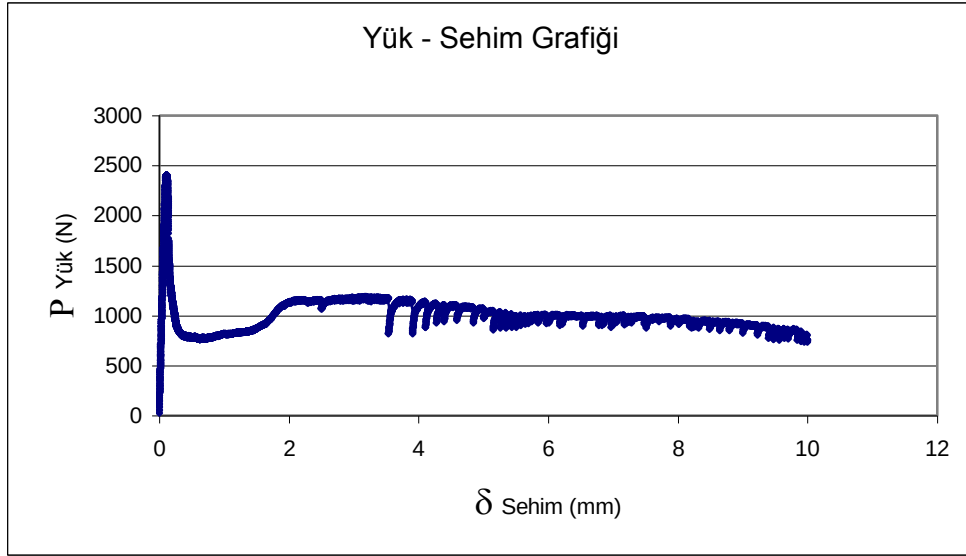
Şekil 5.22: C30/S15 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E)

Tablo 5.14 Eğilme Dayanımı Deneyi Numune Verileri (ÇTDB)

Numune	Üretim Tarihi	Deney Tarihi	Yaş Gün	Biçim	Boyutlar (cm)	Ağırlık (gr)	Etkili Kesit (mm x mm)
Kiriş	13/01/05	14/03/05	60	kiriş	10x10x50	11960	99,6 x 51,1

Tablo 5.15 Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları (ÇTDB)

Numune	Yük - Sehim Eğrisinin Altındaki Alan (W_0), Nmm	Sehim (δ), mm	Maksimum Yük (P_{max}), kN	Kırılma Enerjisi GF, N/m	Eğilme, (MPa)
Kiriş	491	10,00	2,41	273,22	5,56



Şekil 5.23: C30/S15 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği

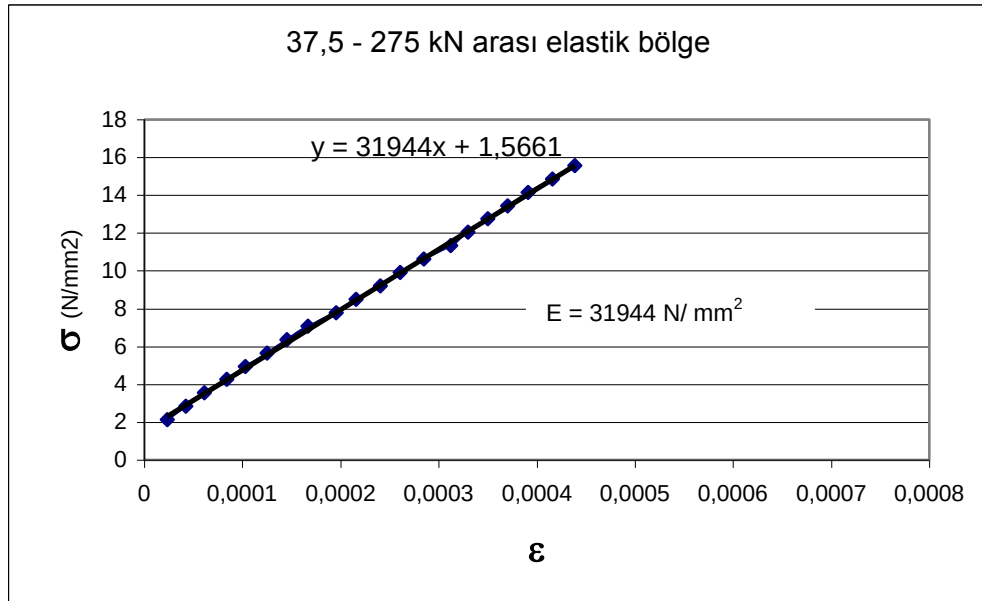
Aynı şekilde P8 ve P10 plakları (C30, Q188/188) için hazırlanan, C30 sınıfı betondan alınan numunelerin deney sonuçları Tablo 5.16’da verilmektedir. Silindir numunelerin basınç deneyi sonuçları Tablo 5.17’de, $\sigma - \varepsilon$ grafiği ve elastisite modülü Şekil 5.24’de gösterilmektedir. Eğilme dayanımı deneyi numune verileri ise Tablo 5.18’de, deney sonuçları Tablo 5.19’da ve deneyden elde edilen yük – sehim ($P - \delta$) grafiği Şekil 5.25’de gösterilmektedir.

Tablo 5.16 C30 Numunelerinin Deney Sonuçları

Numune Kod No:	Üretim Tarihi	Deney Tarihi	Yaş Gün	Biçim	Boyutlar (cm)	Kırılma Kuvveti (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
K1	04/03/05	01/04/05	28	küp	15x15x15	950	42,22
K2	04/03/05	01/04/05	28	küp	15x15x15	990	44,00
K3	04/03/05	01/04/05	28	küp	15x15x15	1100	48,88
K4	04/03/05	13/04/05	40	küp	15x15x15	1050	46,66
K5	04/03/05	13/04/05	40	küp	15x15x15	1260	56,00
K6	04/03/05	13/04/05	40	küp	15x15x15	1200	53,33
S1	04/03/05	13/04/05	40	silindir	d=15, h=30	870	49,23
S2	04/03/05	13/04/05	40	silindir	d=15, h=30	772	43,68
S3	04/03/05	13/04/05	40	silindir	d=15, h=30	845	47,81

Tablo 5.17 C30 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları

YÜK (kN)	Kısaltmalar (mm x 1000)				Sek. Deg. (ϵ)	Gerilme (σ)
	S 1	S 2	S 3	Ort.		
0	0	0	0	0	0,00E+00	0
12,5	2	1	2	2	5,59E-06	0,71
25	4	3	4	4	1,23E-05	1,42
37,5	10	5	6	7	2,35E-05	2,12
50	17	8	13	13	4,25E-05	2,83
62,5	22	14	19	18	6,15E-05	3,54
75	29	19	27	25	8,39E-05	4,25
87,5	35	24	33	31	1,03E-04	4,95
100	42	30	40	37	1,25E-04	5,66
112,5	49	36	45	43	1,45E-04	6,37
125	55	42	52	50	1,67E-04	7,08
137,5	62	48	65	58	1,96E-04	7,78
150	69	53	71	64	2,16E-04	8,49
162,5	76	60	79	72	2,40E-04	9,20
175	83	65	85	78	2,61E-04	9,91
187,5	91	72	92	85	2,85E-04	10,62
200	98	78	103	93	3,12E-04	11,32
212,5	104	83	108	98	3,30E-04	12,03
225	111	89	113	104	3,50E-04	12,74
237,5	118	95	118	110	3,70E-04	13,45
250	124	101	125	117	3,91E-04	14,15
262,5	132	108	132	124	4,16E-04	14,86
275	139	114	139	131	4,38E-04	15,57
287,5	146	120	145	137	4,60E-04	16,28
300	154	126	152	144	4,83E-04	16,99



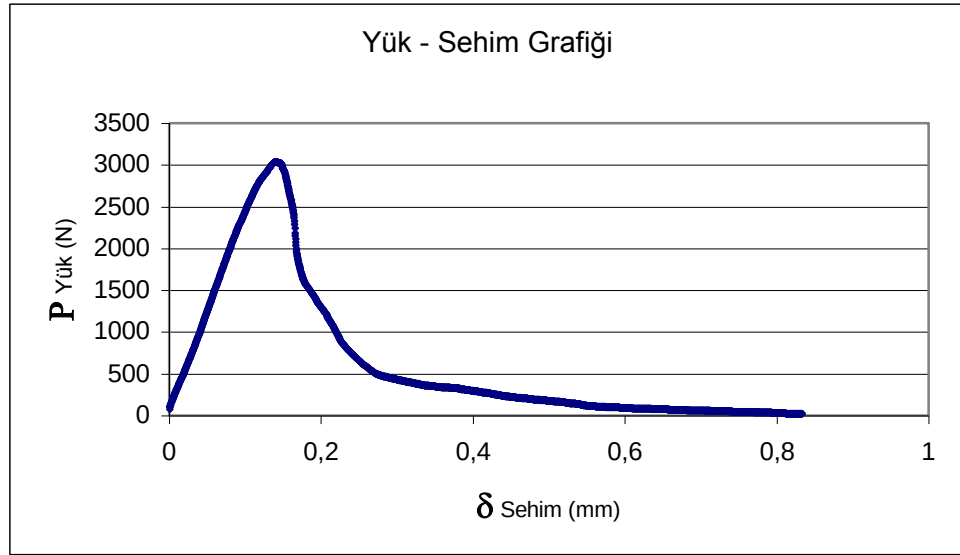
Şekil 5.24: C30 için $\sigma - \epsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E)

Tablo 5.18 Eğilme Dayanımı Deneyi Numune Verileri (ÇHDB)

Numune	Üretim Tarihi	Deney Tarihi	Yaş Gün	Biçim	Boyutlar (cm)	Ağırlık (gr)	Etkili Kesit (mm x mm)
Kiriş	04/03/05	13/04/05	40	kiriş	10x10x50	12000	54,2 x 102,2

Tablo 5.19 Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları (ÇHDB)

Numune	Yük - Sehim Eğrisinin Altındaki Alan (W_0), Nmm	Sehim (δ), mm	Maksimum Yük (P_{max}), kN	Kırılma Enerjisi GF, N/m	Eğilme, (MPa)
Kiriş	521	0,83	3,0	109	6,07



Şekil 5.25: C30 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği

Tablo 5.20’de C30/S30, C30/S20, C30/S15 ve C30/Q188 beton karışımlarının karakteristik değerleri ve kullanıldığı plaklar özetlenmiştir.

Tablo 5.20 Deneyde Kullanılan Beton Karışımlarının Karakteristik Değerleri

Plak Türü	Kullanıldığı Plak Adı	Yaşı (Gün)	Ortalama Silindir Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Elastisite Modülü (N/mm ²)
C30/S30	P5	36		40,20	
		130	34,59	48,33	24044
C30/S20	P6	32		40,43	
		72	30,77	42,62	29559
C30/S15	P7, P9	28	51,49	52,41	
		60	50,64	54,52	29215
C30/Q188	P8, P10	28		45,03	
		40	46,90	51,99	31944

Tablo 5.20 elastisite modülü değerlerinin değişimi bakımından incelendiğinde çelik tel içeren betonların elastisite modülleri, içermeyen normal betonlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. C30/S15'in elastisite modülü, C30/Q188'den daha düşük değerdedir. Ayrıca, betondaki tel içeriği arttıkça elastisite modülünde de düşüş görülmektedir. C30/S30'un elastisite modülü, C30/S15'den daha düşük çıkmıştır.

6. DENEY PROGRAMININ ADIMLARI

6.1 Deneyde kullanılan ÇTDB ve ÇHDB Plakların Üretimi

ÇTDB ve ÇHDB plakların üretiminden önce bu plakların üretimine zemin teşkil edecek olan “plywood levhalar”, Yapı Malzemesi Laboratuvarında yükleme çerçevesine yakın bir alana yerleştirilmiştir. Bahsedilen bu plywood levhalar birbirleri ile sabitlendiğinde 4 x 10 m’lik bir alana sahip olup tek seferde 3 adet 3 x 3 m’lik plak üretimine imkan sağlamaktadır. Plaklara kalıp görevi sağlayacak olan “çelik kalıp sistemi”, plywood levhalar üzerinde kurularak, 15 cm yüksekliğinde, 3x3 m² boyutlarındaki beton döküm alanı elde edilmiştir. Bu çelik kalıplar köşe noktalarından birbirlerine geçmeli şeklinde olup gönye sistemi ile ölçü hassasiyeti sağlanmıştır. Bu sayede beton dökümü esnasında kalıpların birbirinden ayrılması veya gönyesinden şaşması engellenmiştir. Ayrıca beton dökümü yapılmadan önce, plakların dökümden sonra vinç yardımıyla güvenle taşınabilmesi için her bir plağa dörder adet çelik kanca yerleştirilmiştir. Mekanik deneylerde kullanılacak olan küp, silindir ve kiriş beton kalıpları temizlenip yağlanmış ve beton dökümü sonrası kür için hazırlanan 10,50 x 4 m boyutundaki plastik örtü hazır halde bulundurulmuştur. Beton döküm öncesi kalıp düzeni Şekil 6.1’de görülmektedir.



Şekil 6.1: Beton Döküm Düzeni

Çelik tel donatılı beton plaklar birarada, çelik hasır donatılı beton plaklar birarada olmak üzere beton dökme işlemi iki set halinde gerçekleştirilmiştir.

6.1.1 ÇTDB plakların üretimi

Beton sınıfı ve çelik tel içeriği C30/S15 olan P7 ve P9 plakları için transmikserle gelen 5 m³ hazır betona 75 kg dramix ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra bir gün önceden yağlanan plywoodlar üzerine beton dökümü yapılmıştır. Şekil 6.2’de ÇTDB plakların beton dökümü işleminden görüntüler sunulmaktadır.



Şekil 6.2: ÇTDB Plakların Beton Dökümü

6.1.2 ÇHDB plakların üretimi

Beton sınıfı ve çelik hasır tipi C30/Q188 olan P8 ve P10 plakları için 5 m³ hazır beton kullanılmıştır. 2,95 x 2,95 m boyutlarında hazırlanan çelik hasırlara, donatıyı kalıbın alt ve kenar yüzeyinden uzakta tutabilmek için plastik paspayları yerleştirilmiştir. Beton dökümü esnasında vibratörlü yüzey mastarı betonun yerleştirilmesi için kullanılmıştır. Şekil 6.3’de ÇHDB plakların beton dökümü işleminden görüntüler sunulmaktadır.



Şekil 6.3: ÇHDB Plakların Beton Dökümü

6.2 Deney Öncesi Yapılan Hazırlıklar

6.2.1 Deney plaklarının oturacağı zeminin hazırlanması

Styrofoam levhalar, “L” şeklinde erkek-dişi kenarları birbirlerine geçme sistemiyle yan yana konularak 3,10 x 3,30 m boyutunda alan elde edilmiştir. Levhaların birleşim kenarları hareketi veya kaymayı önlemek için bantlanmıştır. P5 ve P6 plaklarının oturacağı FLOORMATE 200 SL-T tipi styrofoam levhalar, 120 mm’lik kalınlık sağlayabilmesi için iki tabaka halinde serilmiştir. P9 ve P10 plaklarının oturacağı ROOFMATE 300 SL tipi styrofoam levhalar ise, 80 mm’lik kalınlık sağlanabilmesi için iki tabaka halinde serilmiştir. Şekil 6.4’de styrofoam levhaların hazırlanması görülmektedir.



Şekil 6.4: Deney Plaklarını Oturacağı Styrofoam Levha

Kauçuk plakalar ise 3 x 3 m'lik alan oluşturacak şekilde yan yana konularak birleşim yerleri bantlanmıştır. P7 ve P8 plakalarının oturacağı kauçuk plakalar, 60 mm'lik kalınlık sağlanabilmesi için altı tabaka halinde serilmiştir. Şekil 6.5'de kauçuk plakaların hazırlanması görülmektedir.



Şekil 6.5: Deney Plaklarını Oturacağı Kauçuk Plaka

6.2.2 Deney plaklarının yükleme çerçevesine yerleştirilmesi

Daha önce beton dökümü esnasında plaklara yerleştirilen çelik kancalar vasıtasıyla plaklar güvenle taşınmıştır. Vinç yardımıyla plaklar, plak orta noktası yükleme çerçevesinin orta noktasıyla aynı hizada olacak şekilde yükleme çerçevesinin altına yerleştirilmiştir. Plakların taşınması işlemi Şekil 6.6'da görülmektedir.



Şekil 6.6: Deney Plaklarının Taşınması

6.2.3 Ölçüm çerçevesinin yerleştirilmesi

Plaklar, yükleme çerçevesinin altına yerleştirildikten sonra daha önceden hazırlanan kireçli su ile tüm yüzeyi boyanmıştır. Böylece yükleme esnasında oluşabilecek çatlakların gözle rahat bir şekilde görülmesi sağlanmıştır. Bu işlemlerden sonra, transducerların bağlanacağı ölçüm çerçevesi, plak üzerine arada transducerların bağlanabileceği kadar mesafe bırakılarak yerleştirilmiştir.

6.2.4 Transducerların ölçüm çerçevesine bağlanması

Şekil 5.10’da yerleşim planı verilen transducerlar, daha önceden yerleştirilen 8 x 8 cm’lik cam plakalar üzerine “su terazisi” yardımıyla ölçüm çerçevesine dengeli bir şekilde bağlanmışlardır. Şekil 5.10’da, 11, 12, 13 ve 14 numaralı transducerlar bu bölgede çökme beklendiği için strokeleri kapalı olarak yerleştirilmiştir. 15, 16, 17 ve 18 numaralı transducerlar strokeleri yarı açık olarak yerleştirilmiştir. 19, 20, 21 ve 22 numaralı transducerlar bu bölgelerde kalkma beklendiği için strokeleri açık olarak yerleştirilmiştir. Son olarak 23, 24, 25 ve 26 numaralı transducerlar plak köşe noktalarında kalkma beklendiğinden, strokeleri açık olarak yerleştirilmiştir.

Yerleştirilen tüm transducerların kabloları numaralandırılmış ve yer numarasına göre data logger’a takılmıştır.

6.2.5 Yüklemeyi sağlayacak olan krikonun yerleştirilmesi

Kriko yardımıyla plak merkezine etkiyen tekil yük, plağa yerleştirilen bir çelik levha ile iletilmiştir. Kriko yerleştirilmeden önce plak orta noktası net olarak belirlenerek bu bölgeye 15 x 15 cm boyutlarında, 2 cm kalınlığında çelik levha alçı ile su terazisi yardımıyla dengeye alınarak yapıştırılmıştır. Daha sonra 15 x 15 cm’lik bu çelik

levha, krikoyu zımbalamaması için elik levha üzerine 30 cm çapında elik plakalar ve onların da üzerine kriko konulmuştur. Kriko ile yükleme erevesi arasında kalan boşluğa da yine kare şeklinde elik plakalar yerleştirilerek krikonun yükleme çerçevesini zımbalaması nlenmiştir. şekil 6.7’de yüklemeye hazır hale gelen krikonun görüntüsü bulunmaktadırdır.



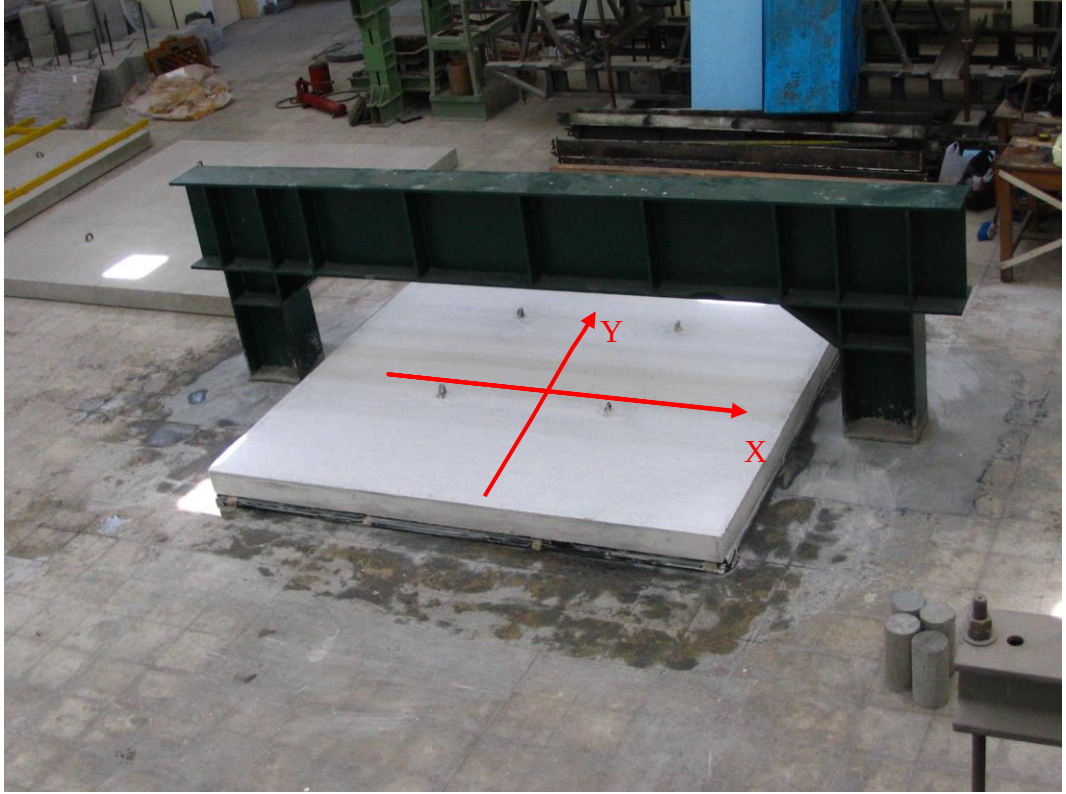
şekil 6.7: Krikonun Görünümü

6.3 Deneyin Yapılışı

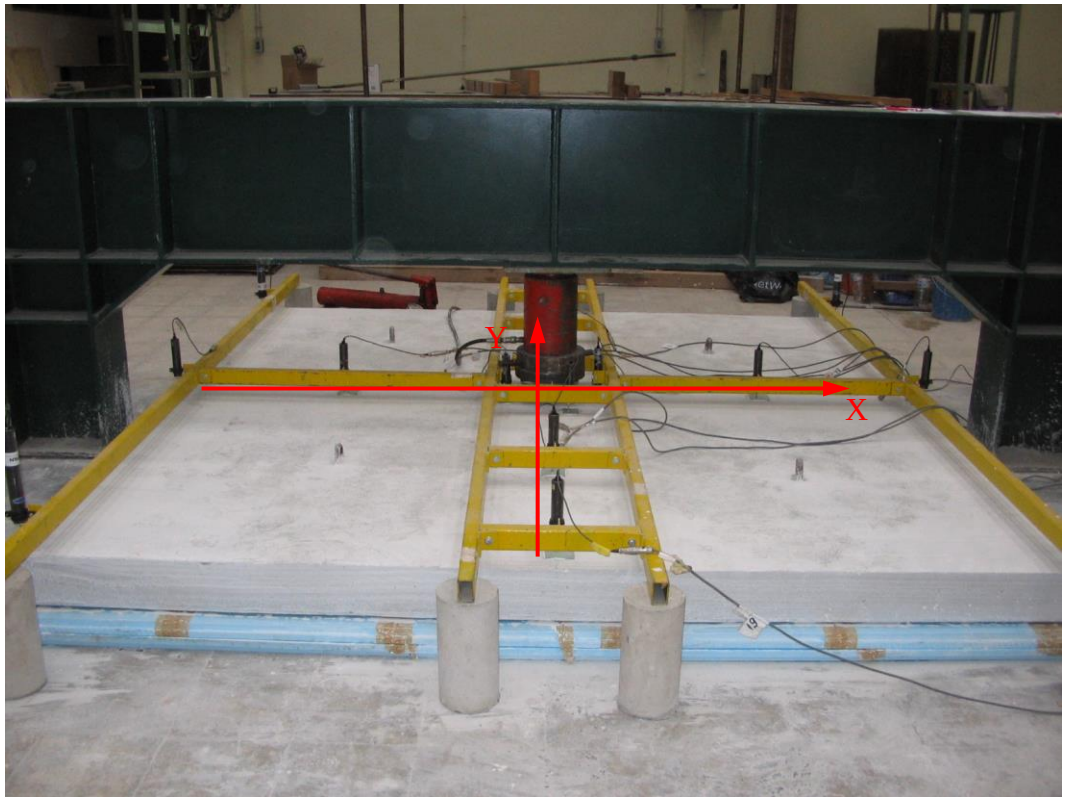
Deneyin yapılışı tüm plaklar için aynıdır. Yüklemeye, 1 ton yük artımı ile kademeli olarak, plak kırılana kadar devam edilmiştir. Her yük adımımda, data logger’a bağlı olan bir butona basılmak suretiyle, 16 noktada ölçülen yerdeğiştirmeler kaydedilmiştir. Her 10 ton’luk yük artımında, plak kenarlarında oluşan çatlaklar gözlemlenmiş ve çatlak genişlikleri ölçülmüştür. Plak kenarlarına numara verilerek ölçülen çatlak genişliği ve bu çatlak genişliğinin oluştuğu yk adımı yazılmıştır.

Her plak deneyi sonunda kırılmış plaklar vinç yardımıyla deney düzeneğinden kaldırılmıştır. Bu esnada plak altındaki çatlak oluşumunu inceleyebilmek amacıyla plak alt kısımları da fotoğraflandırılmıştır.

şekil 6.8’de deney plağının X - Y eksenleri altında görünümü, şekil 6.9’da ise deneye başlamadan hemen önceki deney düzeneğinin görünümü verilmektedir.



Şekil 6.8: Deney Plağının X – Y Eksenleri Altında Görünümü



Şekil 6.9: Deney Düzenegi

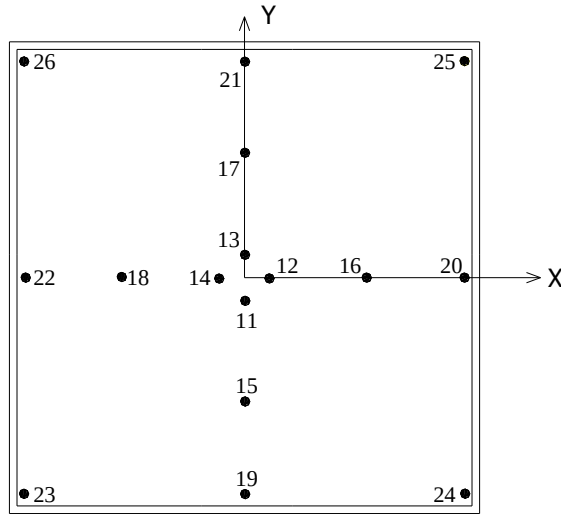
7. DENEY SONUÇLARI

7.1 P5 Plağı Deney Sonuçları

P5 plağı ÇTDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik tel içeriği 30 kg/m^3 ’dür. Plak, 120 mm kalınlığında FLOORMATE 200 SL-T styrofoam zemin üzerine oturmaktadır. Yatak katsayısı $0,01750 \text{ N/mm}^3$ olan bu zemin “gevşek kum” türünde bir zemini modellediği düşünülmektedir.

P5 plağı 04/11/2003 tarihinde üretilmiş ve 25/06/2004 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 204 gün dür. C30/S30’un 130 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $34,59 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 24044 N/mm^2 ’dir.

P5 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.1’de görülmektedir.



Şekil 7.1: P5 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

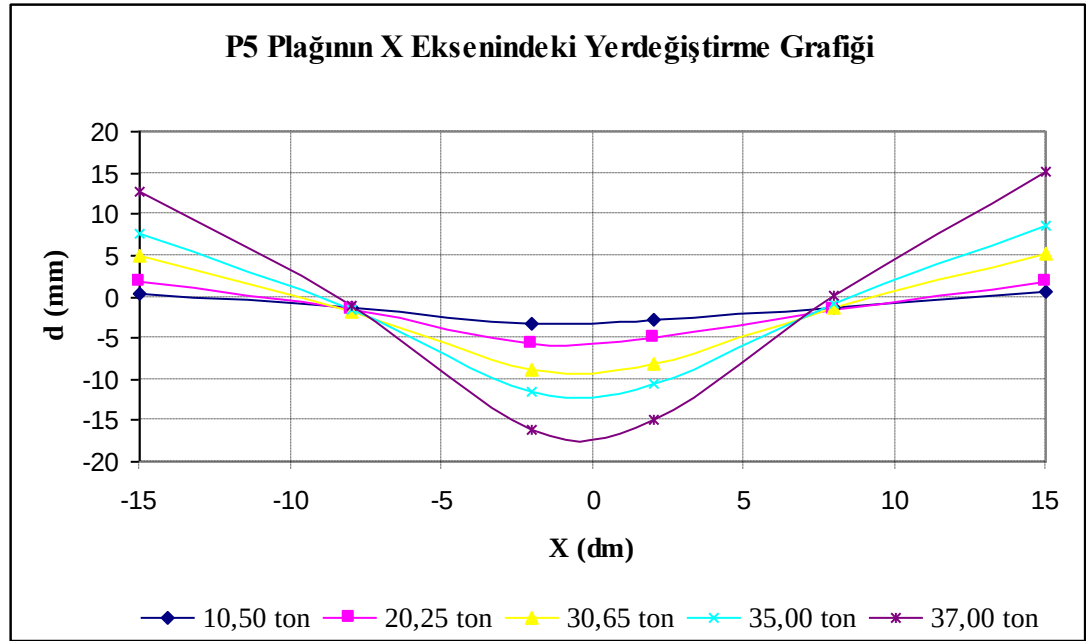
7.1.1 P5 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme ölçüm değerleri, 10’ar tonluk yük artımları şeklinde belirlenerek Tablo 7.1’de X doğrultusu, Tablo 7.2’de de Y doğrultusu değerleri gösterilmiştir. Kaydedilen bu değerler için X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme grafikleri çizilmiştir. Bahsedilen bu Tablolarda ifade edilen

yerdeşistirme değerlerinden negatif (-) olan değerler o noktadaki cökmeleeri, pozitif (+) olan değerler ise o noktadaki kalkmaları belirtmektedir.

Tablo 7.1 P5 Plağı X Eksenini Yerdeğistirme Değerleeri

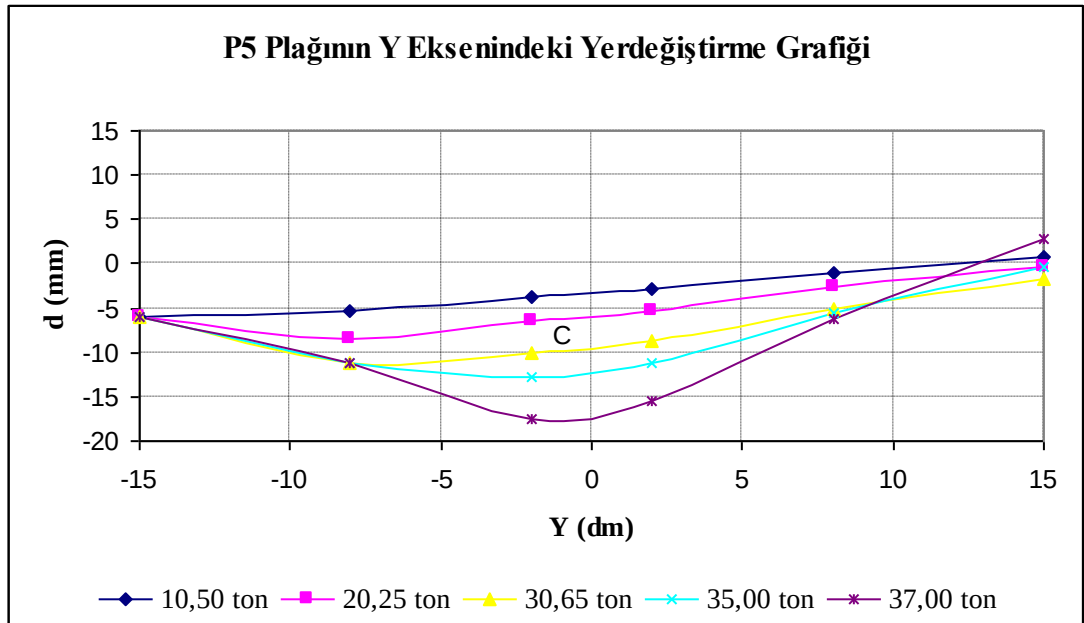
X Eksenini Yerdeğistirme Değerleeri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,50	20,25	30,65	35,00	37,00
X (dm)	-15	CH.022	0,00	0,31	1,77	4,93	7,68	12,79
	-8	CH.018	0,00	-1,34	-1,69	-1,70	-1,50	-0,99
	-2	CH.014	0,00	-3,23	-5,58	-8,93	-11,57	-16,17
	2	CH.012	0,00	-2,85	-4,97	-8,08	-10,47	-14,94
	8	CH.016	0,00	-1,24	-1,62	-1,39	-0,85	0,22
	15	CH.020	0,00	0,52	1,82	5,18	8,70	15,06



Şekil 7.2: P5 Plağının X Eksenindeki Yerdeğistirme Grafiği

Tablo 7.2 P5 Plâğı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,50	20,25	30,65	35,00	37,00
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-5,92	-5,92	-5,91	-5,91	-5,91
	-8	CH.015	0,00	-5,43	-8,50	-11,11	-11,11	-11,11
	-2	CH.011	0,00	-3,81	-6,46	-10,08	-12,67	-17,44
	2	CH.013	0,00	-2,87	-5,22	-8,75	-11,22	-15,49
	8	CH.017	0,00	-1,05	-2,72	-5,18	-5,66	-6,21
	15	CH.021	0,00	0,69	-0,31	-1,78	-0,26	2,79



Şekil 7.3: P5 Plâğının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Deneyi gerçekleştirilen plaklarda kőőe noktaları ve kenarlarda kalkma, orta noktalarda ise çökme meydana geleceği düşünölmektedir. Tablo 7.3'den de göröldüğü gibi en fazla kalkma beklenen şekilde plak kőőe noktalarında meydana gelmektedir.

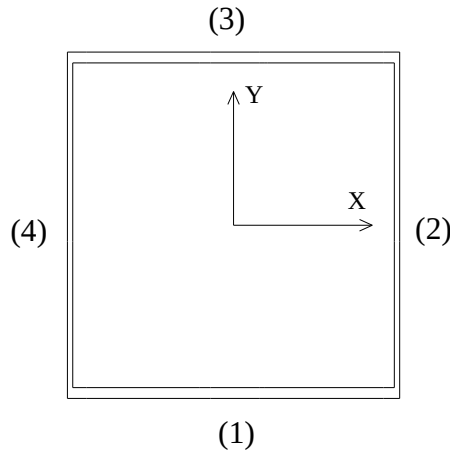
Tablo 7.3 P5 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktaları Yerdeğiştirme Değerleri (mm)						
	YÜK (ton)					
	0,00	10,50	20,25	30,65	35,00	37,00
CH.023	0,00	-3,70	-3,17	0,23	7,12	24,44
CH.024	0,00	-3,30	-2,86	0,81	7,38	22,93
CH.025	0,00	4,72	7,01	11,41	17,12	31,13
CH.026	0,00	4,47	6,81	11,79	21,14	43,06

P5 plağı 37 ton değerine kadar yük almıştır. Bu değerden sonra plak tam göçme durumuna gelmiştir.

7.1.2 P5 plağı çatlak ölçümleri

Plak çatlak ölçümleri yapılmadan önce her bir plak kenarı numaralandırılmıştır. Bu sayede çatlaklar isimlendirilmiş ve ölçüm sonuçları kaydedilmiştir. Plak yükleme esnasında her 10 tonluk yük değerine gelindiğinde, çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve çatlak ölçerler yardımıyla genişlikleri ölçülmüştür. Oluşan çatlaklara, olduğu kenar numarası ve oluşum sırasına göre harflendirme yapılmıştır. İlk oluşan çatlak A ile gösterilmiş daha sonra aynı kenarda oluşan çatlaklara B, C, D gibi isimler verilmiştir. Şekil 7.4’de plak kenar numaraları, Tablo 7.4’de ise bu plak kenarlarında oluşan çatlak genişlikleri gösterilmektedir.



Şekil 7.4: Plak Kenar Numaraları

Tablo 7.4 P5 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

P5	Çatlak Genişliği (mm)					
YÜK (ton)	1A	2A	2B	3A	3B	4A
10,50	0,80			0,20	0,20	
20,25	1,00			0,30	0,75	
30,65	1,60	0,90		0,75	1,75	
35,00	1,80	1,60	1,20	1,20	2,00	2,00
37,00	2,25	2,00	1,60	1,60	2,20	2,25

4 numaralı kenarda oluşan 4A çatlaklarının görünümü Şekil 7.5’de, 3 numaralı kenarda oluşan 3A çatlaklarının görünümü Şekil 7.6’da verilmektedir.



Şekil 7.5: P5 Plağı 4A Çatlakları



Şekil 7.6: P5 Plağı 3A Çatlakları

P5 plağının yükleme deneyinde, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Plak kırılana kadar plak üst yüzeyinde çatlak gözlenmemiştir. Tam göçme durumuna erişildikten sonra yük boşaltılırken plak üst yüzeyinde de çatlak doğrultuları belirlemiştir. Şekil 7.7’de yük boşalmasından sonraki plak üst yüzeyinin görünümü verilmektedir.



Şekil 7.7: P5 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

Yükleme sonrası orta noktanın görünümü Şekil 7.8’de gösterilmektedir.



Şekil 7.8: P5 Plâğı Yükleme Sonrası Orta Noktanın Görünümü

Plâğın alt yüzeyde oluşan çatlakların yayılış biçimi ve şekli plak taşınırken fotoğraflandırılmıştır. P5 plâğının kırılma sonrası alt yüzeyinin görünümü Şekil 7.9’da gösterilmektedir.



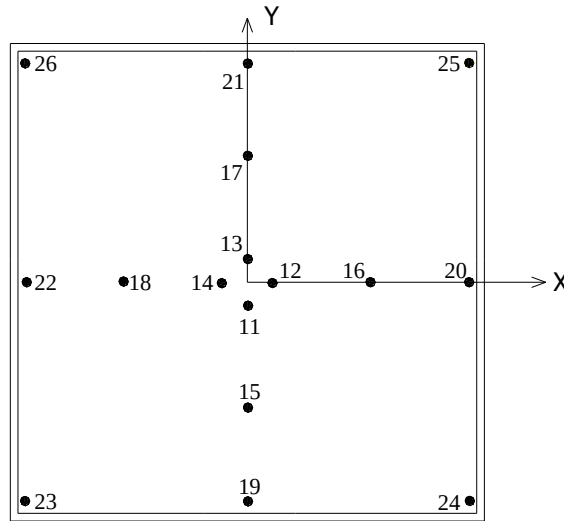
Şekil 7.9: P5 Plâğının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü

7.2 P6 Plağı Deney Sonuçları

P6 plağı ÇTDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik tel içeriği 20 kg/m^3 ’dür. Plak, P5 plağınının ile aynı zemin olan, 120 mm kalınlığında FLOORMATE 200 SL-T styrofoam zemin üzerine oturmaktadır.

P6 plağı 15/01/2004 tarihinde üretilmiş ve 28/06/2004 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 165 gün dür. C30/S20’nin 71 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $30,77 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 29559 N/mm^2 ’dir.

P6 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.10’da görülmektedir.



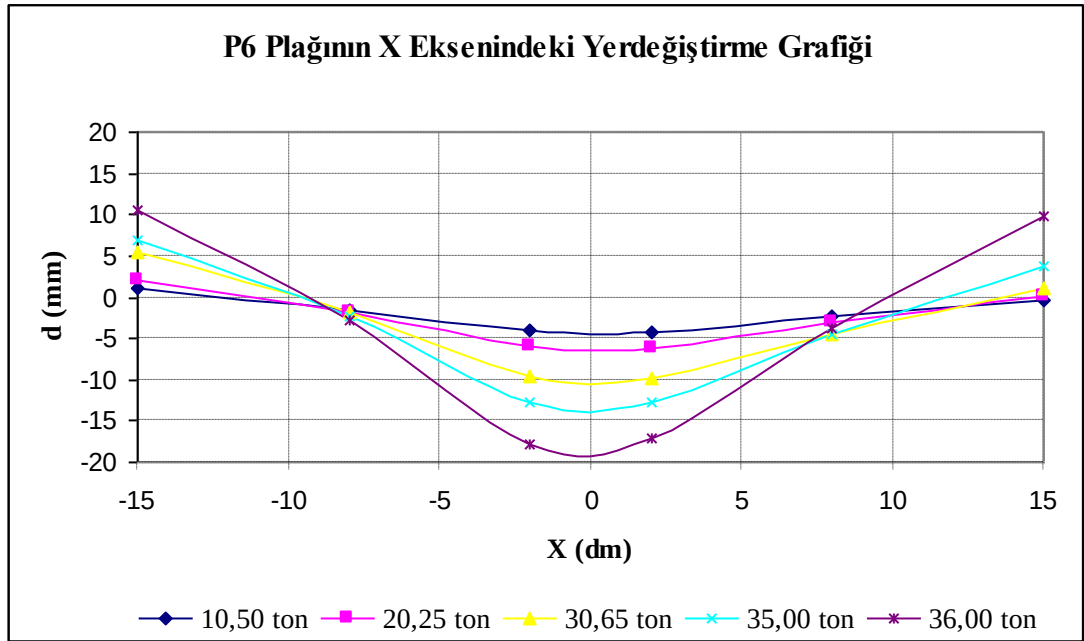
Şekil 7.10: P6 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

7.2.1 P6 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme ölçüm değerleri, 10’ar tonluk yük artımları şeklinde belirlenerek Tablo 7.5’de X doğrultusu, Tablo 7.6’da da Y doğrultusu değerleri gösterilmiştir. Kaydedilen bu değerler için X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme grafikleri çizilmiştir. Bahsedilen bu Tablolarda ifade edilen yerdeğiştirme değerlerinden negatif (-) olan değerler o noktadaki çökmeleri, pozitif (+) olan değerler ise o noktadaki kalkmaları belirtmektedir.

Tablo 7.5 P6 Plağı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri

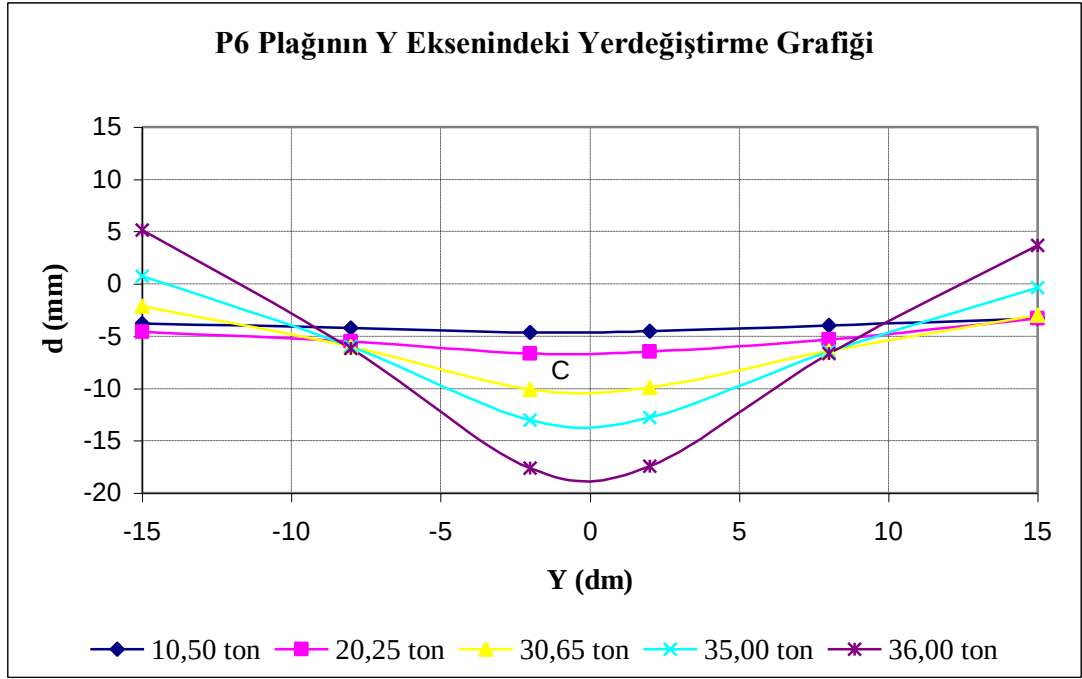
X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,50	20,25	30,65	35,00	36,00
X (dm)	-15	CH.022	0,00	0,97	2,00	5,48	6,99	10,66
	-8	CH.018	0,00	-1,54	-1,82	-1,70	-2,39	-2,89
	-2	CH.014	0,00	-4,09	-5,92	-9,50	-12,62	-17,77
	2	CH.012	0,00	-4,23	-6,09	-9,76	-12,71	-16,97
	8	CH.016	0,00	-2,33	-3,01	-4,40	-4,58	-3,85
	15	CH.020	0,00	-0,27	0,08	1,10	3,77	9,90



Şekil 7.11: P6 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Tablo 7.6 P6 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,50	20,25	30,65	35,00	36,00
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-3,78	-4,55	-2,16	0,74	5,16
	-8	CH.015	0,00	-4,22	-5,52	-5,99	-5,96	-6,20
	-2	CH.011	0,00	-4,67	-6,64	-10,11	-13,01	-17,62
	2	CH.013	0,00	-4,49	-6,45	-9,90	-12,79	-17,41
	8	CH.017	0,00	-3,95	-5,29	-6,42	-6,49	-6,66
	15	CH.021	0,00	-3,30	-3,30	-3,00	-0,35	3,71



Şekil 7.12: P6 Plâğının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Deneyi gerçekleştirilen plaklarda köşe noktaları ve kenarlarda kalkma, orta noktalarda ise çökme meydana geleceği düşünülmektedir. Tablo 7.7’den de görüldüğü gibi en fazla kalkma beklenen şekilde plak köşe noktalarında meydana gelmektedir.

Tablo 7.7 P6 Plâğı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktalarındaki Yerdeğiştirme Değerleri (mm)						
	YÜK (ton)					
	0,00	10,50	20,25	30,65	35,00	36,00
CH.023	0,00	1,29	2,59	5,94	13,94	28,77
CH.024	0,00	-0,97	-0,30	4,40	12,99	27,21
CH.025	0,00	0,30	0,93	2,20	7,94	18,96
CH.026	0,00	1,15	2,78	8,09	17,72	31,54

P6 Plâğı 36 ton yük değerine kadar yük almaya devam etmiş, bu değerden sonra yük almayarak tam göçme durumuna erişmiştir.

7.2.2 P6 plağı çatlak ölçümleri

Deney esnasında, P5 plağında uygulanan çatlak ölçüm sisteminin aynısı P6 plağı içinde uygulanmıştır. 10'ar tonluk yük değerlerine gelindiğinde çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Plak kenarı numaralandırması P5 plağı ile aynıdır ve Şekil 7.4'de gösterilmektedir. Oluşan çatlak genişlikleri Tablo 7.8'de verilmektedir.

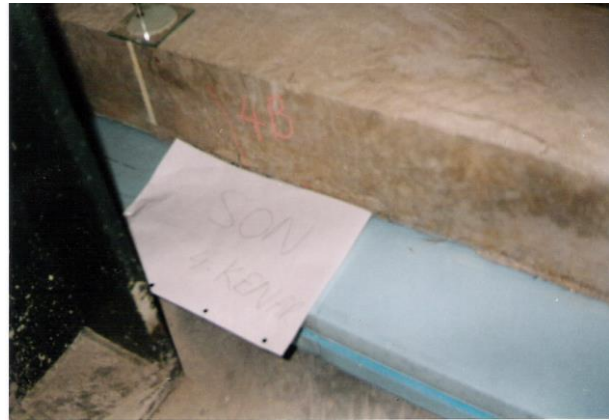
Tablo 7.8 P6 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

P6	Çatlak Genişliği (mm)				
YÜK (ton)	1A	2A	3A	4A	4B
10,50	0,50		0,50		
20,25	0,70		0,75		
30,65	2,10	0,20	1,25	1,20	0,50
35,00	2,80	1,60	2,20	2,00	1,25
36,00	4,00	2,00	2,60	2,20	2,00

4 numaralı kenarda oluşan 4A çatlağının görünümü Şekil 7.13'de, 4B çatlağının görünümü ise Şekil 7.14'de verilmektedir.



Şekil 7.13: P6 Plağı 4A Çatlağı



Şekil 7.14: P6 Plağı 4B Çatlağı

P6 plağının yükleme deneyinde, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Plak kırılana kadar plak üst yüzeyinde çatlak gözlenmemiştir. Tam göçme durumuna erişildikten sonra yük boşaltılırken plak üst yüzeyinde de çatlak doğrultuları belirlemiştir. Şekil 7.15'de yük boşalmasından sonraki plak üst yüzeyinin görünümü verilmektedir.



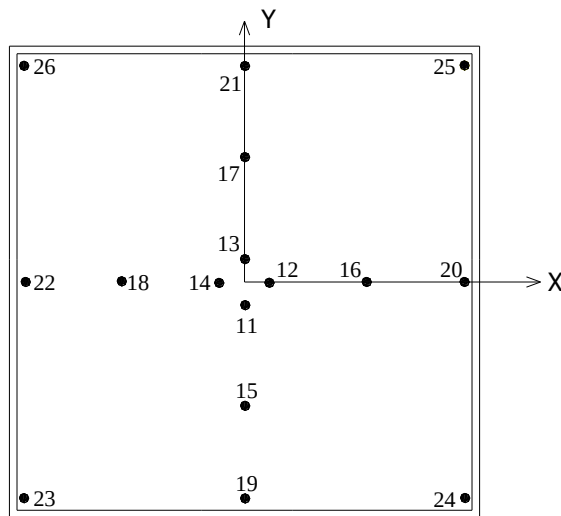
Şekil 7.15: P6 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

7.3 P7 Plağı Deney Sonuçları

P7 plağı ÇTDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik tel içeriği 15 kg/m^3 ’dür. Plak, 60 mm kalınlığında KAÜÇUK zemin üzerine oturmaktadır. Yatak katsayısı $0,13750 \text{ N/mm}^3$ olan bu zemin “sıkı kum ve çakıl” türünde bir zemini modellediği düşünülmektedir.

P7 plağı 13/01/2005 tarihinde üretilmiş ve 14/03/2005 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 60 gün dür. C30/S15’in 60 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $50,64 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 29215 N/mm^2 ’dir.

P7 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.16’da görülmektedir.



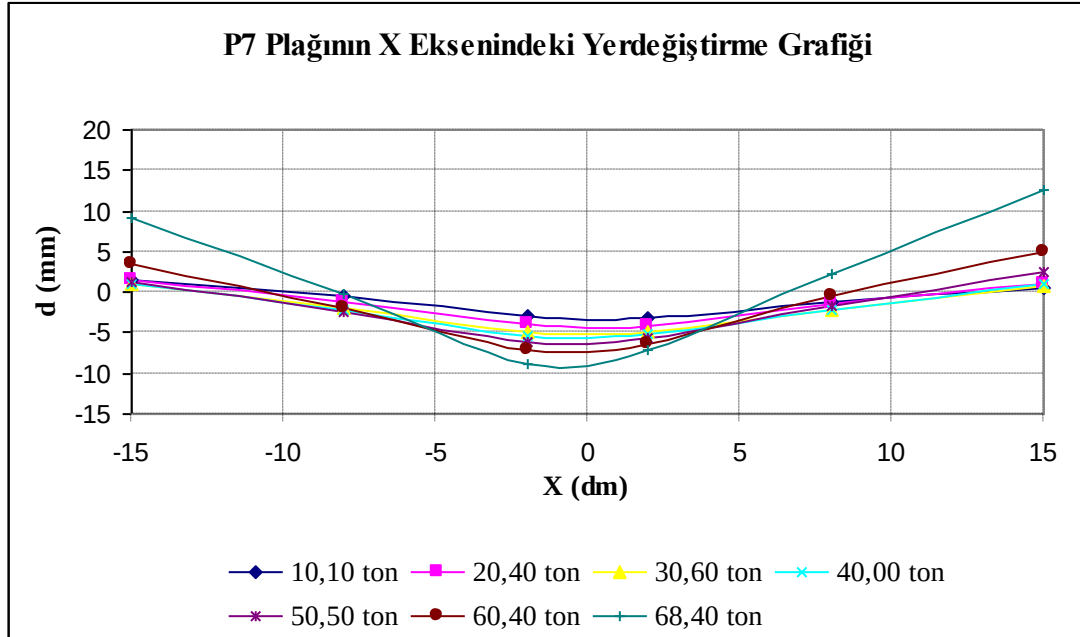
Şekil 7.16: P7 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

7.3.1 P7 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme ölçüm değeri, 10'ar tonluk yük artırımları şeklinde belirlenerek Tablo 7.9'da X doğrultusu, Tablo 7.10'da da Y doğrultusu değeri gösterilmiştir. Kaydedilen bu değeri için X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme grafikleri çizilmiştir. Bahsedilen bu Tablolarda ifade edilen yerdeğiştirme değeriinden negatif (-) olan değeri o noktadaki çökmeleri, pozitif (+) olan değeri ise o noktadaki kalkmaları belirtmektedir.

Tablo 7.9 P7 Plağı X Ekseni Yerdeğiştirme Değeri

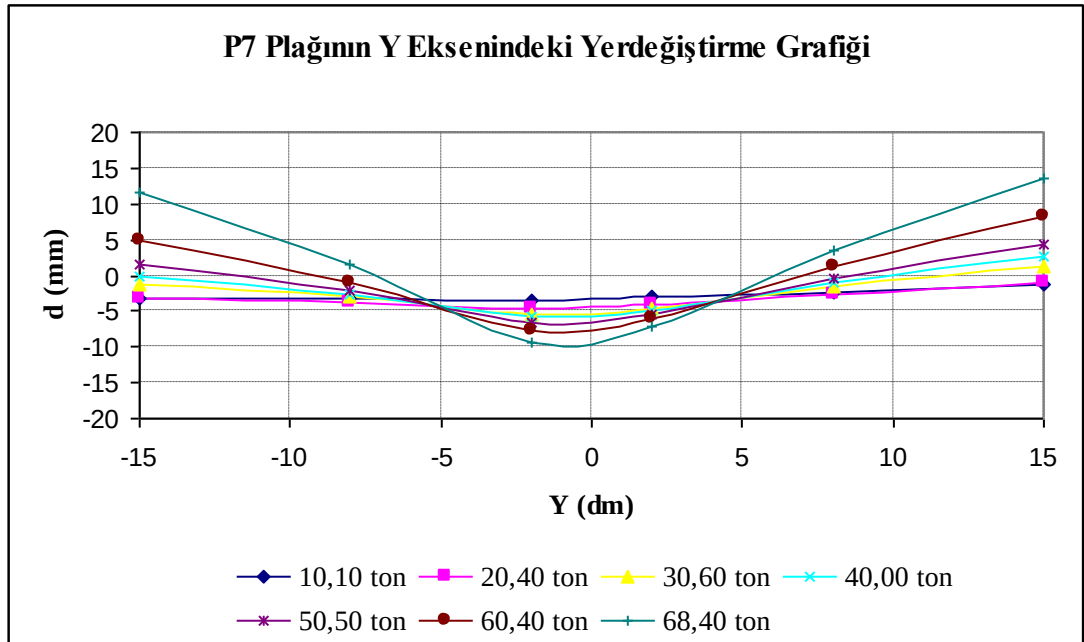
X Ekseni Yerdeğiştirme Değeri (mm)										
			YÜK (ton)							
			0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	50,50	60,40	68,40
X (dm)	-15	CH.022	0,00	1,56	1,54	1,03	1,00	1,37	3,55	9,04
	-8	CH.018	0,00	-0,57	-1,18	-1,94	-2,22	-2,37	-1,96	-0,26
	-2	CH.014	0,00	-2,90	-4,01	-4,92	-5,40	-6,04	-7,13	-8,77
	2	CH.012	0,00	-3,12	-4,04	-4,82	-5,19	-5,68	-6,36	-7,09
	8	CH.016	0,00	-1,26	-1,49	-2,20	-2,21	-1,78	-0,50	2,20
	15	CH.020	0,00	0,57	1,00	0,66	1,08	2,54	5,00	12,50



şekil 7.17: P7 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiğı

Tablo 7.10 P7 Placı Y Eksenı Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenı Yerdeğiştirme Değerleri (mm)										
			YÜK (ton)							
			0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	50,50	60,40	68,40
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-3,14	-3,13	-1,16	-0,10	1,47	4,82	11,69
	-8	CH.015	0,00	-3,15	-3,65	-2,99	-2,63	-2,10	-0,95	1,64
	-2	CH.011	0,00	-3,51	-4,61	-5,41	-5,83	-6,44	-7,59	-9,38
	2	CH.013	0,00	-3,04	-3,99	-4,57	-4,89	-5,35	-6,14	-7,15
	8	CH.017	0,00	-2,28	-2,57	-1,64	-1,10	-0,40	1,13	3,42
	15	CH.021	0,00	-1,30	-1,12	1,19	2,56	4,39	8,22	13,55



şekil 7.18: P7 Placınn Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Yerdeğiştirmeler diğer plaklarda olduğu gibi, köşe noktaları ve kenar noktalarda kalkma, orta noktalarda ise çökme şeklinde olmuştur. Tablo 7.11'den de görüldüğü gibi en fazla kalkma beklenen şekilde plak köşe noktalarında meydana gelmektedir.

Tablo 7.11 P7 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktalarındaki Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
	YÜK (ton)							
	0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	50,50	60,40	68,40
CH.023	0,00	1,01	2,36	4,88	6,45	9,17	16,64	32,43
CH.024	0,00	0,62	1,40	4,24	6,23	10,00	19,33	39,13
CH.025	0,00	1,25	2,39	5,35	7,42	11,03	19,81	39,06
CH.026	0,00	3,34	4,45	6,70	8,42	11,16	18,30	34,13

P7 Plağı 68,40 ton yük değerine kadar yük almaya devam etmiş, bu değerden sonra yük almayarak tam göçme durumuna erişmiştir.

7.3.2 P7 plağı çatlak ölçümleri

Daha önceki plaklara uygulanan çatlak ölçüm sisteminin aynısı P7 plağı içinde uygulanmıştır. 10'ar tonluk yük değerlerine gelindiğinde çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Plak kenarı numaralandırması diğer plaklar ile aynıdır ve Şekil 7.4'de gösterilmektedir. Oluşan çatlak genişlikleri Tablo 7.12'de verilmektedir.

Tablo 7.12 P7 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

P7	Çatlak Genişliği (mm)			
YÜK (ton)	1A	2A	3A	4A
10,10	0,40		0,50	
20,40	0,60		0,75	0,40
30,60	0,80	0,20	1,00	0,75
40,00	1,00	0,40	1,25	1,25
50,50	1,20	1,00	1,50	1,75
60,40	1,80	1,75	1,75	2,20
68,40	2,70	2,20	2,00	2,20

1 numaralı kenarda oluşan 1A çatlağının görünümü Şekil 7.19'da, 4 numaralı kenarda oluşan 4A çatlağının görünümü Şekil 7.20'de verilmektedir.



Şekil 7.19: P7 Plağı 1A Çatlağı



Şekil 7.20: P7 Plağı 4A Çatlağı

P7 plağında, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Plak kırılana kadar plak üst yüzeyinde çatlak gözlenmemiştir. Tam göçme durumuna erişildikten sonra yük boşaltılırken plak üst yüzeyinde de çatlak doğrultuları belirmiştir. Şekil 7.21’de yük boşalmasından sonraki plak üst yüzeyinin görünümü verilmektedir.



Şekil 7.21: P7 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

Yüklemeye sonrası orta noktanın görünümü Şekil 7.22’de gösterilmektedir.



Şekil 7.22: P7 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktanın Görünümü

Plağın alt yüzeyde oluşan çatlakların yayılış biçimi ve şekli plak taşınırken fotoğraflandırılmıştır. P7 plağının kırılma sonrası alt yüzeyinin görünümü Şekil 7.23’de gösterilmektedir.



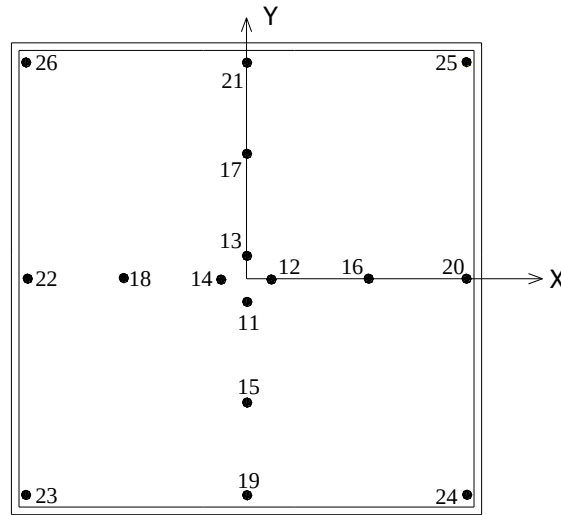
Şekil 7.23: P7 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü

7.4 P8 Plağı Deney Sonuçları

P8 plağı ÇHDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik hasır tipi Q188/188’dir. Plak, P7 plağınıniki ile aynı zemin olan, 60 mm kalınlığında KAÜÇUK zemin üzerine oturmaktadır.

P8 plağı 04/03/2005 tarihinde üretilmiş ve 11/04/2005 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 38 gün dür. C30/Q188’in 40 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $46,90 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 31944 N/mm^2 ’dir.

P8 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.24’da görülmektedir.



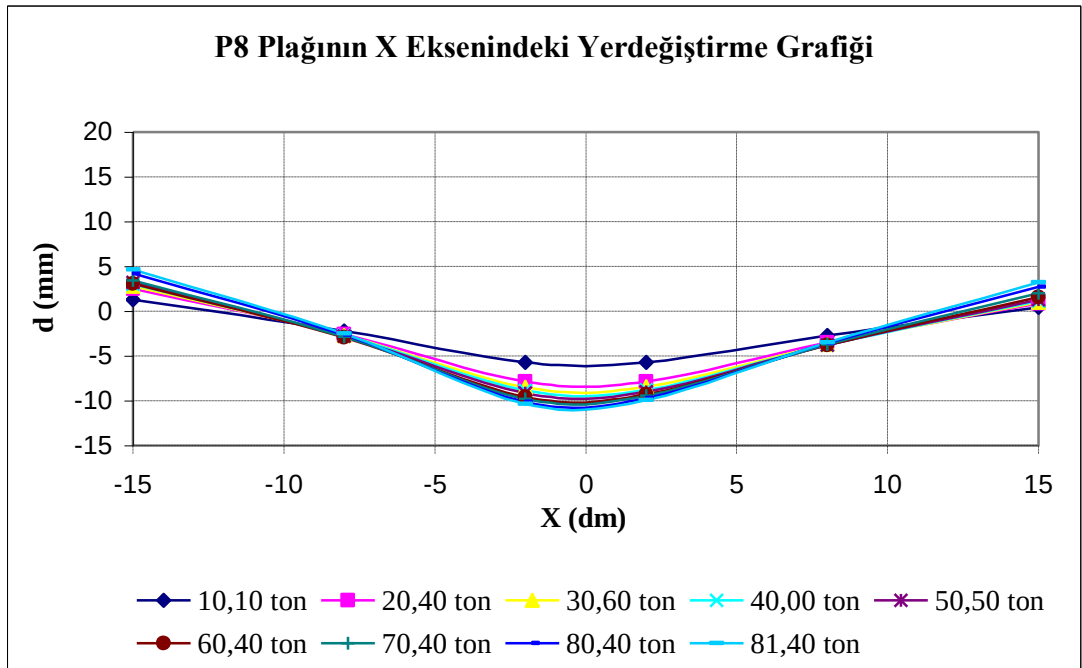
Şekil 7.24: P8 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

7.4.1 P8 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme ölçüm değerleri, 10’ar tonluk yük artırımları şeklinde belirlenerek Tablo 7.13’de X doğrultusu, Tablo 7.14’de de Y doğrultusu değerleri gösterilmiştir. Kaydedilen bu değerler için X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme grafikleri çizilmiştir. Bahsedilen bu Tablolarda ifade edilen yerdeğiştirme değerlerinden negatif (-) olan değerler o noktadaki çökmeleri, pozitif (+) olan değerler ise o noktadaki kalkmaları belirtmektedir.

Tablo 7.13 P8 Plağı X Eksenı Yerdeğıştirme Değerleri

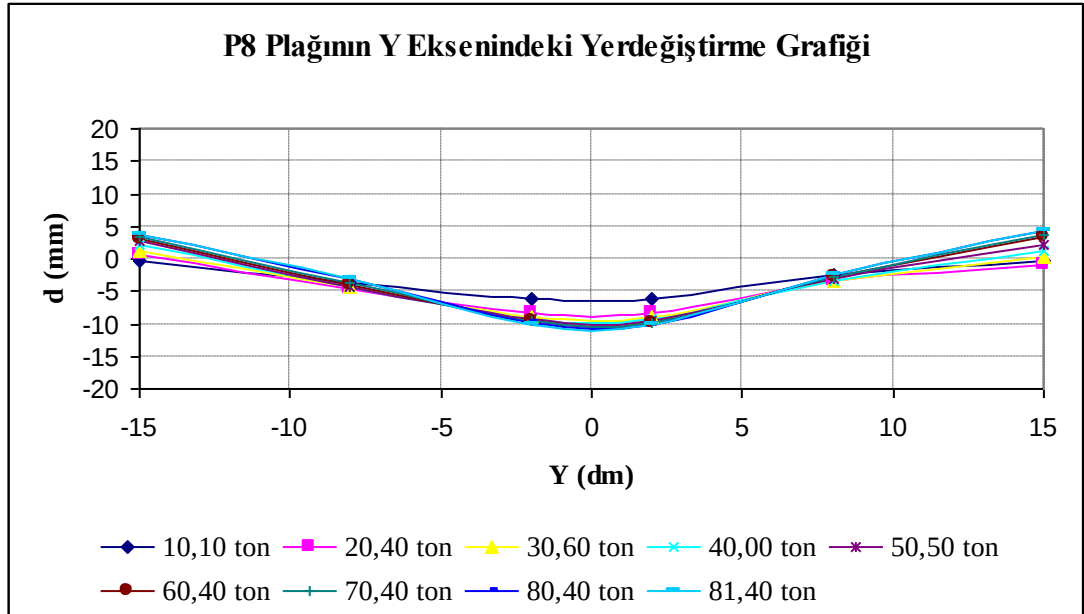
X Eksenı Yerdeğıştirme Değerleri (mm)												
			YÜK (ton)									
			0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	50,50	60,40	70,40	80,40	81,40
X (dm)	-15	CH.022	0,00	1,29	2,52	2,81	3,03	3,19	3,10	3,43	4,22	4,67
	-8	CH.018	0,00	-2,19	-2,58	-2,71	-2,73	-2,76	-2,93	-2,87	-2,62	-2,49
	-2	CH.014	0,00	-5,72	-7,85	-8,47	-8,83	-9,12	-9,57	-9,78	-10,11	-10,33
	2	CH.012	0,00	-5,70	-7,87	-8,43	-8,78	-9,01	-9,30	-9,46	-9,70	-9,93
	8	CH.016	0,00	-2,74	-3,53	-3,68	-3,79	-3,82	-3,82	-3,74	-3,57	-3,47
	15	CH.020	0,00	0,46	0,85	1,02	1,16	1,29	1,60	2,02	2,72	3,23



şekil 7.25: P8 Plağının X Eksenindeki Yerdeğıştirme Grafiği

Tablo 7.14 P8 Plağı Y Eksenı Yerdeğıştirme Değerleri

Y Eksenı Yerdeğıştirme Değerleri (mm)												
			YÜK (ton)									
			0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	50,50	60,40	70,40	80,40	81,40
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-0,43	0,73	1,20	2,02	2,67	2,99	3,28	3,57	3,64
	-8	CH.015	0,00	-3,83	-4,47	-4,43	-4,27	-4,17	-3,85	-3,60	-3,17	-2,98
	-2	CH.011	0,00	-6,23	-8,37	-8,88	-9,15	-9,34	-9,50	-9,65	-9,82	-10,01
	2	CH.013	0,00	-6,04	-8,41	-8,99	-9,29	-9,51	-9,80	-9,91	-10,08	-10,29
	8	CH.017	0,00	-2,37	-3,24	-3,31	-3,24	-3,14	-2,91	-2,71	-2,51	-2,46
	15	CH.021	0,00	-0,33	-0,93	0,19	1,28	2,26	3,28	3,78	4,19	4,20



şekil 7.26: P8 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğıştirme Grağiği

Yerdeğıştirmeler diğer plaklarda olduğu gibi, köşe noktaları ve kenar noktalarda kalkma, orta noktalarda ise çökme şeklinde olmuştur. En fazla kalkma yine beklenildiği gibi plak köşe noktalarında meydana gelmiştir. Plak köşe noktalarının yerdeğıştirme değerleri Tablo 7.15’de verilmiştir.

Tablo 7.15 P8 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktalarındaki Yerdeğiştirme Değerleri (mm)										
	YÜK (ton)									
	0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	50,50	60,40	70,40	80,40	81,40
CH.023	0,00	1,14	2,85	3,41	3,63	3,98	5,17	5,97	6,84	7,76
CH.024	0,00	0,53	2,27	3,03	4,49	5,26	6,82	8,16	10,02	10,62
CH.025	0,00	0,42	0,42	0,95	1,52	2,14	3,44	4,49	5,87	6,77
CH.026	0,00	2,35	4,57	5,34	5,92	6,51	7,87	8,77	10,50	11,33

P8 Plağı 81,40 ton yük değerine kadar yük almaya devam etmiş, bu değerden sonra yük almayarak tam göçme durumuna erişmiştir.

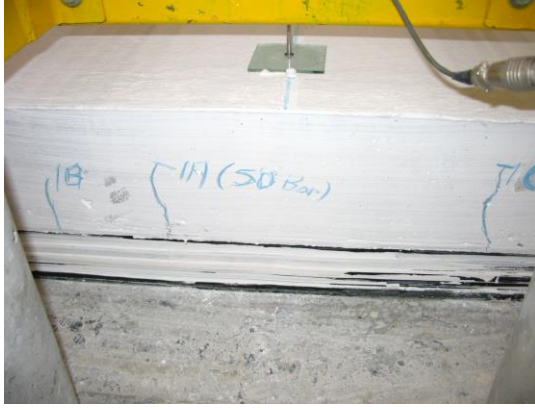
7.4.2 P8 plağı çatlak ölçümleri

Daha önceki plaklara uygulanan çatlak ölçüm sisteminin aynısı P8 plağı içinde uygulanmıştır. 10'ar tonluk yük değerlerine gelindiğinde çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Plak kenarı numaralandırması diğer plaklar ile aynıdır ve Şekil 7.4'de gösterilmektedir. Oluşan çatlak genişlikleri Tablo 7.16'da verilmektedir.

Tablo 7.16 P8 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

P8	Çatlak Genişliği (mm)												
YÜK (ton)	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	3A	3B	4A	4B
10,10	0,20	0,40	0,20							0,20			
20,40	0,60	1,00	0,60							0,80	0,20		
30,60	1,00	1,70	1,00							1,00	0,20		
40,00	1,80	2,10	1,20							2,00	0,20		
50,50	2,00	2,40	2,10	0,20	0,20	0,20	0,10			2,00	0,20		
60,40	2,40	2,60	2,20	0,30	0,20	0,20	0,10			2,30	0,20	0,20	0,20
70,40	2,80	2,75	2,40	0,40	0,40	0,60	0,20	0,20		2,80	0,20	0,40	0,40
81,40	3,20	3,00	2,60	0,60	0,40	0,80	0,30	0,40	0,10	3,00	0,20	0,60	0,60

1 numaralı kenarda oluşan 1A, 1B ve 1C çatlaklarının görünümü Şekil 7.27'de, 3 numaralı kenarda oluşan 3A çatlağının görünümü Şekil 7.28'de verilmektedir.



Şekil 7.27: P8 Plâğı 1 Kenarı Çatlakları



Şekil 7.28: P8 Plâğı 3A Çatlağı

P8 plâğında, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Plak kırılana kadar plak üst yüzeyinde çatlak gözlenmemiştir. Tam göçme durumuna erişildikten sonra yük boşaltılırken plak üst yüzeyinde de çatlak doğrultuları belirlemiştir. Şekil 7.29’da yük boşalmasından sonraki plak üst yüzeyinin görünümü verilmektedir.



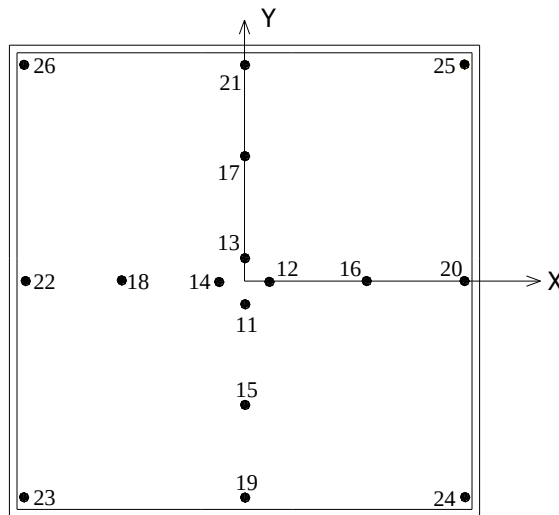
Şekil 7.29: P8 Plâğı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

7.5 P9 Plağı Deney Sonuçları

P9 plağı ÇTDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik tel içeriği 15 kg/m^3 ’dür. Plak, 80 mm kalınlığında ROOFMATE 300 SL styrofoam zemin üzerine oturmaktadır. Yatak katsayısı $0,03875 \text{ N/mm}^3$ olan bu zemin “orta sıklıkta kum” türünde bir zemini modellediği düşünülmektedir.

P9 plağı 13/01/2005 tarihinde üretilmiş ve 15/04/2005 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 92 gün dür. C30/S15’in 60 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $50,64 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 29215 N/mm^2 ’dir.

P9 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.30’da görülmektedir.



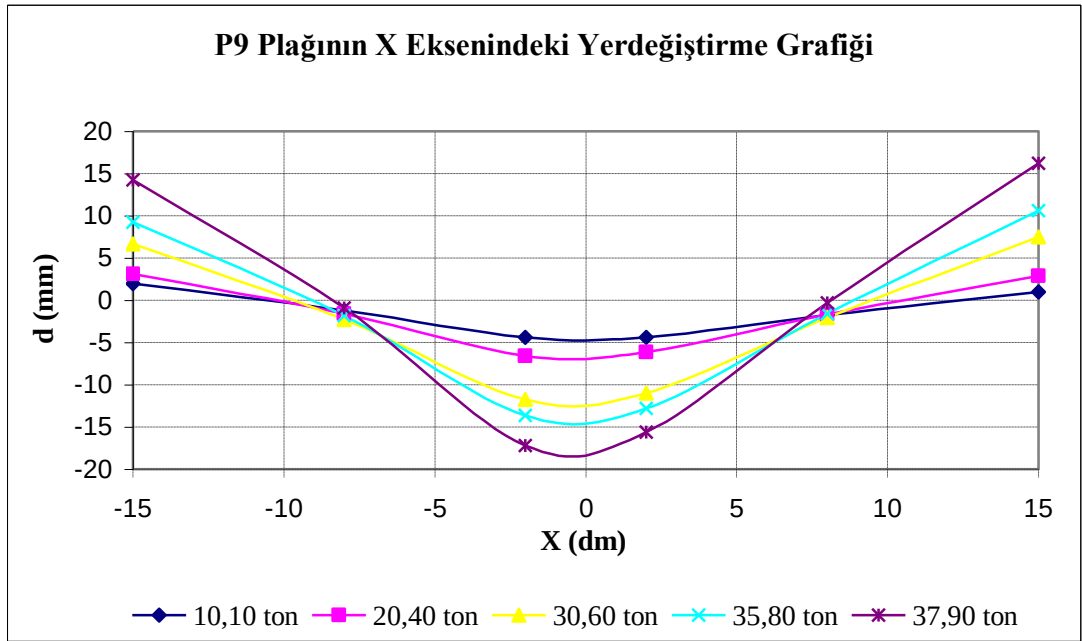
Şekil 7.30: P9 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

7.5.1 P9 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme ölçüm değerleri, 10’ar tonluk yük artırımları şeklinde belirlenerek Tablo 7.17’de X doğrultusu, Tablo 7.18’de de Y doğrultusu değerleri gösterilmiştir. Kaydedilen bu değerler için X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme grafikleri çizilmiştir. Bahsedilen bu Tablolarda ifade edilen yerdeğiştirme değerlerinden negatif (-) olan değerler o noktadaki çökmeleri, pozitif (+) olan değerler ise o noktadaki kalkmaları belirtmektedir.

Tablo 7.17 P9 Plağı X Eksenı Yerdeğıştirme Değerleri

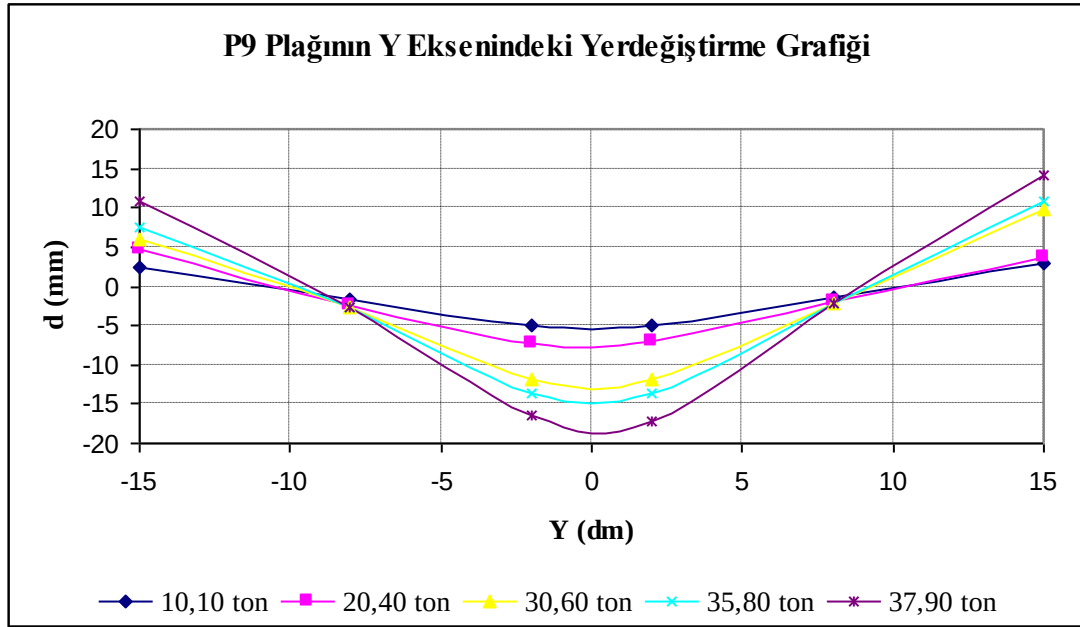
X Eksenı Yerdeğıştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	35,80	37,90
X (dm)	-15	CH.022	0,00	1,98	3,14	6,66	9,25	14,25
	-8	CH.018	0,00	-1,21	-1,60	-2,28	-1,86	-0,90
	-2	CH.014	0,00	-4,41	-6,60	-11,76	-13,62	-17,20
	2	CH.012	0,00	-4,37	-6,16	-10,96	-12,84	-15,63
	8	CH.016	0,00	-1,76	-1,65	-2,05	-1,56	-0,32
	15	CH.020	0,00	1,00	2,85	7,51	10,59	16,20



şekil 7.31: P9 Plağının X Eksenindeki Yerdeğıştirme Grafiği

Tablo 7.18 P9 Plağı Y Eksenı Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenı Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	35,80	37,90
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	2,36	4,60	6,01	7,52	10,75
	-8	CH.015	0,00	-1,67	-2,44	-2,71	-2,77	-2,74
	-2	CH.011	0,00	-4,99	-7,25	-11,83	-13,72	-16,42
	2	CH.013	0,00	-4,87	-7,08	-11,82	-13,66	-17,11
	8	CH.017	0,00	-1,49	-1,95	-2,07	-2,10	-2,08
	15	CH.021	0,00	2,95	3,59	9,76	10,92	14,08

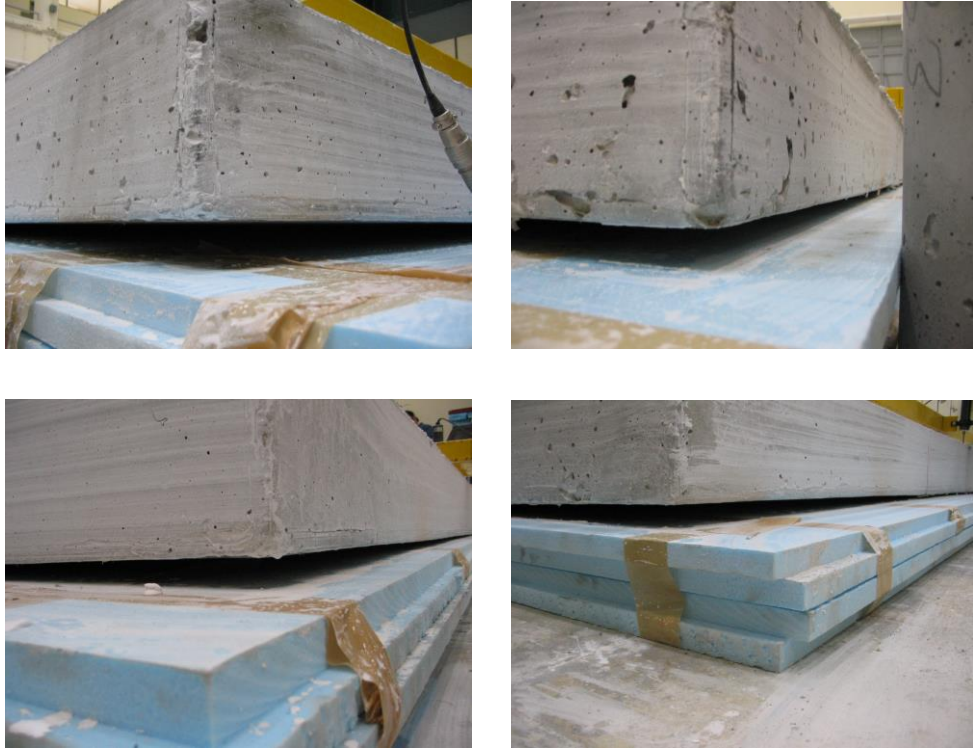


şekil 7.32: P9 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Yerdeğiştirmeler diğer plaklarda olduğu gibi, köşe noktaları ve kenar noktalarda kalkma, orta noktalarda ise çökme şeklinde olmuştur. En fazla kalkma yine beklenildiği gibi plak köşe noktalarında meydana gelmiştir. Plak köşe noktalarının yerdeğiştirme değerleri Tablo 7.19’da verilmiştir. Ayrıca şekil 7.33’de sırasıyla 24, 25, 23 ve 26 kanal numaralı transducerların bağlı olduğu köşe noktalarının deney esnasında kalkması görölmektedir.

Tablo 7.19 P9 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktalarındaki Yerdeğiştirme Değerleri (mm)						
	YÜK (ton)					
	0,00	10,10	20,40	30,60	35,80	37,90
CH.023	0,00	1,76	2,57	7,35	9,80	15,29
CH.024	0,00	0,33	1,85	14,89	21,63	33,84
CH.025	0,00	1,57	4,90	14,51	19,69	28,87
CH.026	0,00	2,74	5,25	14,91	20,32	30,09



Şekil 7.33: P9 Plağının Köşe noktalarının Kalkması

P9 Plağı 37,90 ton yük değerine kadar yük almaya devam etmiş, bu değerden sonra yük almayarak tam göçme durumuna erişmiştir.

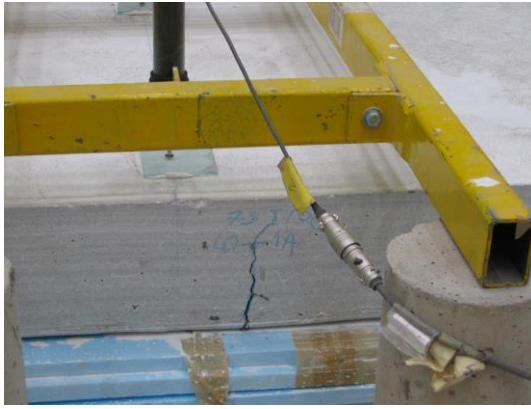
7.5.2 P9 plağı çatlak ölçümleri

P9 plağının deneyinde de daha önceki plaklara uygulanan çatlak ölçüm sisteminin aynısı uygulanmıştır. Bir başka deyişle, 10'ar tonluk yük değerlerine gelindiğinde çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Plak kenarı numaralandırması diğer plaklar ile aynıdır ve Şekil 7.4'de gösterilmektedir. Oluşan çatlak genişlikleri Tablo 7.20'de verilmektedir.

Tablo 7.20 P9 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

P9	Çatlak Genişliği (mm)					
YÜK (ton)	1A	2A	3A	4A	4B	4C
10,1	0,20		0,75			
20,4	1,00	0,60	1,50			
30,6	1,80	1,70	1,80	0,50	0,20	0,75
35,8	2,30	2,20	2,30	1,00	0,20	0,75
37,9	3,00	2,70	3,00	1,20	0,20	0,75

1 numaralı kenarda oluşan 1A çatlağının görünümü Şekil 7.34’de, 2 numaralı kenarda oluşan 2A çatlağının görünümü Şekil 7.35’de verilmektedir.



Şekil 7.34: P9 Plağı 1A Çatlağı



Şekil 7.35: P9 Plağı 2A Çatlağı

P9 plağında, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Plak kırılana kadar plak üst yüzeyinde çatlak gözlenmemiştir. Tam göçme durumuna erişildikten sonra yük boşaltılırken plak üst yüzeyinde de çatlak doğrultuları belirlemiştir. Şekil 7.36’da yük boşalmasından sonraki plak üst yüzeyinin görünümü verilmektedir.



Şekil 7.36: P9 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

Plağın alt yüzeyde oluşan çatlakların yayılış biçimi ve şekli plak taşınırken fotoğraflandırılmıştır. P9 plağının kırılma sonrası alt yüzeyinin görünümü Şekil 7.37’de gösterilmektedir.



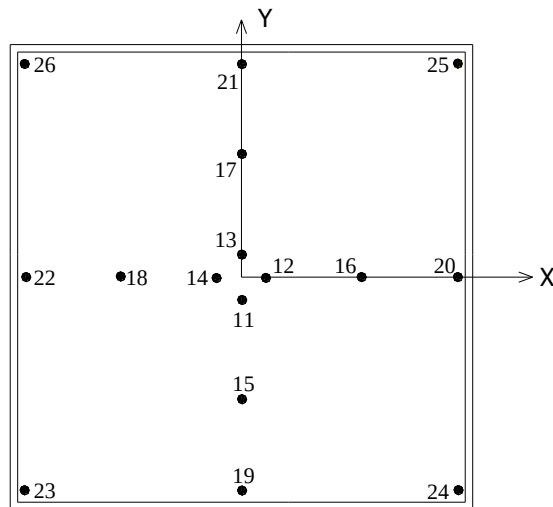
Şekil 7.37: P9 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü

7.6 P10 Plağı Deney Sonuçları

P10 plağı ÇHDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik hasır tipi Q188/188’dir. Plak, P9 plağıninki ile aynı zemin olan, 80 mm kalınlığında ROOFMATE 300 SL styrofoam zemin üzerine oturmaktadır.

P10 plağı 04/03/2005 tarihinde üretilmiş ve 20/04/2005 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 47 gün dür. C30/Q188’in 40 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $46,90 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 31944 N/mm^2 ’dir.

P10 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.38’de görülmektedir.



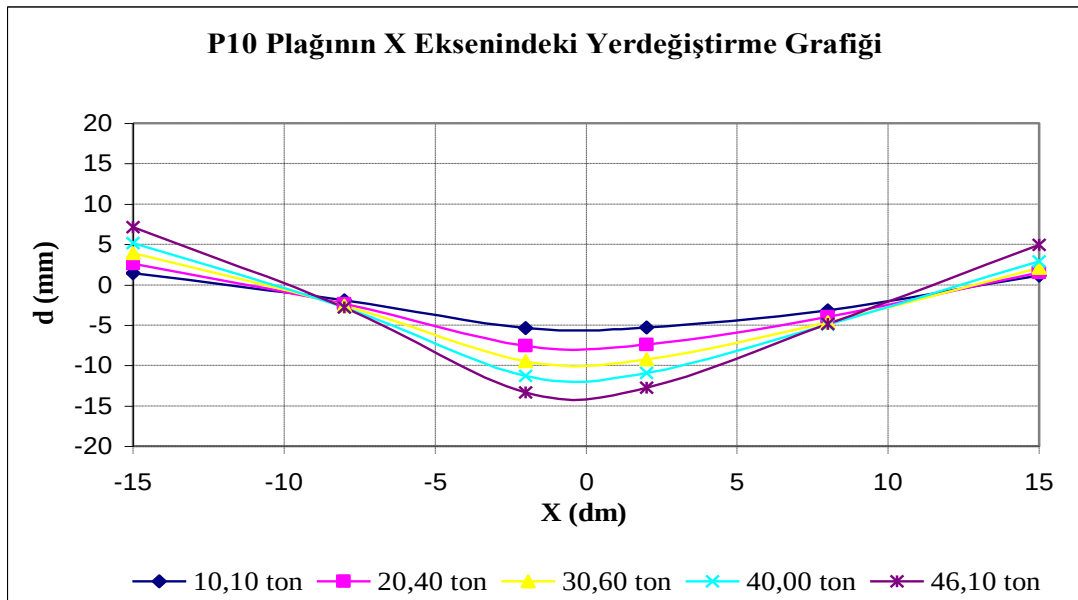
Şekil 7.38: P10 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

7.6.1 P10 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme ölçüm değeri, 10'ar tonluk yük artırımları şeklinde belirlenerek Tablo 7.21'de X doğrultusu, Tablo 7.22'de de Y doğrultusu değeri gösterilmiştir. Kaydedilen bu değeri için X ve Y doğrultuları yönünde yerdeğiştirme grafikleri çizilmiştir. Bahsedilen bu Tablolarda ifade edilen yerdeğiştirme değeriinden negatif (-) olan değeri o noktadaki çökmeleri, pozitif (+) olan değeri ise o noktadaki kalkmaları belirtmektedir.

Tablo 7.21 P10 Plağı X Ekseni Yerdeğiştirme Değeri

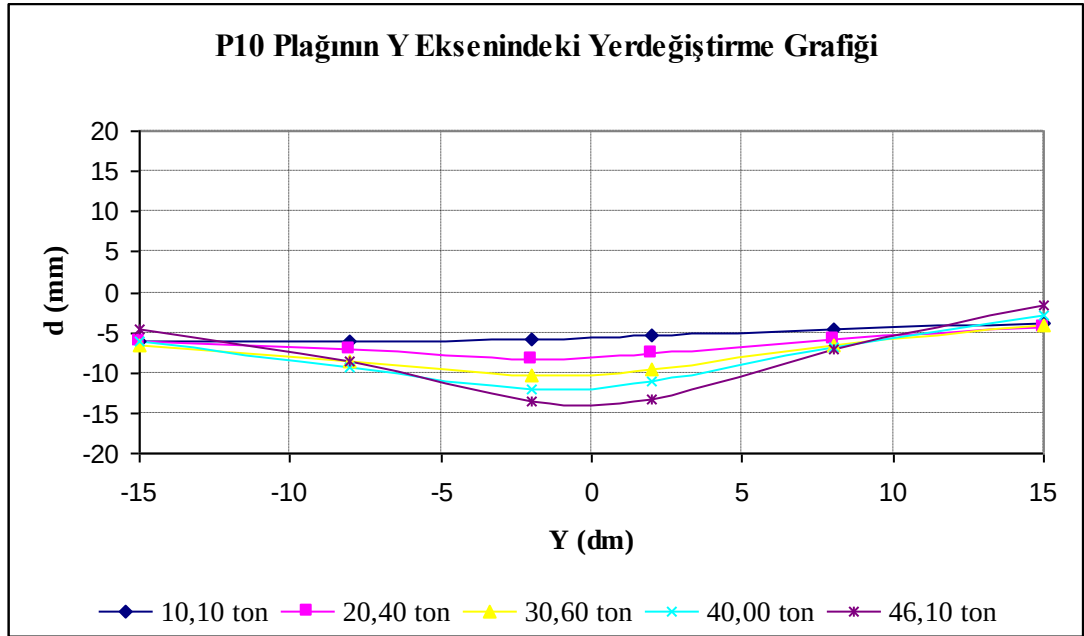
X Ekseni Yerdeğiştirme Değeri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	46,10
X (dm)	-15	CH.022	0,00	1,44	2,62	3,88	5,14	7,11
	-8	CH.018	0,00	-1,92	-2,35	-2,57	-2,81	-2,80
	-2	CH.014	0,00	-5,35	-7,57	-9,50	-11,27	-13,32
	2	CH.012	0,00	-5,33	-7,43	-9,28	-10,93	-12,73
	8	CH.016	0,00	-3,17	-4,00	-4,63	-4,94	-4,86
	15	CH.020	0,00	1,15	1,52	2,05	2,92	4,93



şekil 7.39: P10 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiğı

Tablo 7.22 P10 Plağı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	46,10
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-6,21	-6,20	-6,50	-6,20	-4,50
	-8	CH.015	0,00	-5,97	-7,20	-8,50	-9,40	-8,50
	-2	CH.011	0,00	-5,86	-8,41	-10,26	-12,05	-13,50
	2	CH.013	0,00	-5,45	-7,69	-9,54	-11,17	-13,22
	8	CH.017	0,00	-4,48	-5,89	-6,64	-6,74	-7,15
	15	CH.021	0,00	-3,95	-4,39	-4,22	-2,87	-1,72



Şekil 7.40: P10 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Yerdeğiştirmeler diğer plaklarda olduğu gibi, köşe noktaları ve kenar noktalarda kalkma, orta noktalarda ise çökme şeklinde olmuştur. En fazla kalkma yine beklenildiği gibi plak köşe noktalarında meydana gelmiştir. Plak köşe noktalarının yerdeğiştirme değerleri Tablo 7.23’de verilmiştir.

Tablo 7.23 P10 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktalarındaki Yerdeğiştirme Değerleri (mm)						
	YÜK (ton)					
	0,00	10,10	20,40	30,60	40,00	46,10
CH.023	0,00	-0,49	-0,16	0,80	2,51	4,94
CH.024	0,00	-2,37	-2,67	-0,69	0,42	3,30
CH.025	0,00	0,36	1,93	3,04	5,78	9,34
CH.026	0,00	3,13	5,74	8,60	12,39	16,70

P10 Plağı 46,10 ton yük değerine kadar yük almaya devam etmiş, bu değerden sonra yük almayarak tam göçme durumuna erişmiştir.

7.6.2 P10 plağı çatlak ölçümleri

P10 plağının deneyinde de daha önceki plaklara uygulanan çatlak ölçüm sisteminin aynısı uygulanmıştır. Bir başka deyişle, 10’ar tonluk yük değerlerine gelindiğinde çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Plak kenarı numaralandırması diğer plaklar ile aynıdır ve şekil 7.4’de gösterilmektedir. Oluşan çatlak genişlikleri Tablo 7.24’de verilmektedir.

Tablo 7.24 P10 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

P10	Çatlak Genişliği (mm)							
YÜK (ton)	1A	1B	1C	1D	2A	3A	4A	4B
10,10	0,20					0,75		
20,40	1,10	0,20	0,20			1,00		
30,60	2,00	0,20	0,40	0,40	0,20	1,75		
40,00	3,00	0,20	1,25	0,75	0,80	2,75	0,80	0,40
46,10	3,40	0,20	2,00	1,20	1,40	3,60	1,25	1,00

1 numaralı kenarda oluşan 1A çatlağının görünümü şekil 7.41’de, 3 numaralı kenarda oluşan 3A çatlağının görünümü şekil 7.42’de verilmektedir.



Şekil 7.41: P10 Plağı 1A Çatlağı



Şekil 7.42: P10 Plağı 3A Çatlağı

P10 plağında, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Plak kırılana kadar plak üst yüzeyinde çatlak gözlenmemiştir. Tam göçme durumuna erişildikten sonra yük boşaltılırken plak üst yüzeyinde de çatlak doğrultuları belirmiştir. Şekil 7.43’de yük boşalmasından sonraki plak üst yüzeyinin görünümü verilmektedir.



Şekil 7.43: P10 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

7.7 Plak Deney Sonuçlarının Sayısal Model Sonuçları ile Karşılaştırılması

7.7.1 Plaklar için sayısal modelleme

Deneyi gerçekleştirilen plakların sayısal modellenmesi, çözüm ilkesi sonlu elemanlar yöntemine dayanan “ANSYS” programı ile gerçekleştirilmiştir.

Sonlu elemanlar yöntemi, matris – yerdeğiştirme yönteminin geliştirilmiş şeklidir. Plâğın sürekliliği yerini, yalnızca düğüm noktalarında birbirleriyle bağlantılı farklı elemanların oluşturduğu gösterim şekline bırakır. Bu durumda plaktaki gerçek yerdeğiştirmeler ve gerilmeler yaklaşık olarak düğüm noktası yerdeğiştirmeleri ve gerilmeleri olarak belirlenebilir [27].

Çözümde, daha gerçekçi sonuçlar oluşturan lineer olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde hesaplamalar ardışık yük artımı için gerçekleştirilmekte ve her yük artımında, bulunan iç kuvvetlere bağlı olarak elemanın yeni rijitlikleri belirlenmektedir.

ÇTDB plakların modellenmesi, ÇTDB plakların oturduğu elastik zeminin modellenmesi, ÇHDB plakların modellenmesi ve ÇHDB plakların oturduğu elastik zeminin modellenmesi için ayrı ayrı model tanımlamaları yapılmıştır.

ÇTDB plakların modellenmesinde, “Solid 65” tipi eleman kullanılmıştır. Solid 65 tipi elemanın malzeme özelliklerini tanımlamada kullanılan elastisite modülü, lineer olmayan gerilme – şekil değiştirme diyagramı gibi değerler her plak için alınan silindirik numunelerinin basınç deneyi sonuçlarından alınmıştır. Bu deney ve sonuçlar Bölüm 5.4.2.2’de, Tablo 5.20’de özetlenmiştir. Plaklar öncelikle 3 x 3 x 0,15 m boyutlarında oluşturulmuştur ve oluşturulan bu plâğın özelliği Solid 65 olarak atanmıştır. Daha sonra plaklar, çözümün basit olması ve plak sistemler için iyi sonuçlar verebilmesinden dolayı kare elemanlar şeklinde X ve Y yönlerinde 16 parçaya, Z yönünde (kalınlık) ise 2 parçaya bölünmüştür.

ÇTDB plakların oturduğu elastik zeminlerin modellenmesinde ise “Link 10” tipi eleman kullanılmıştır. FLOORMATE 200 SL-T, KAÜÇUK PLAKA ve ROOFMATE 300 SL elastik zeminleri için ayrı ayrı elastisite modülleri, akma sınırı değerleri girilmiştir. Zeminler modellenirken Link 10 elemanı için plak köşeleri (4 düğüm noktası), plak kenarları (60 düğüm noktası) ve geri kalan diğer düğüm

noktaları (225 düğüm noktası) olmak üzere üç farklı tip tanımlanmış ve bu üç farklı tipe ait etki alanları ayrı ayrı girilmiştir.

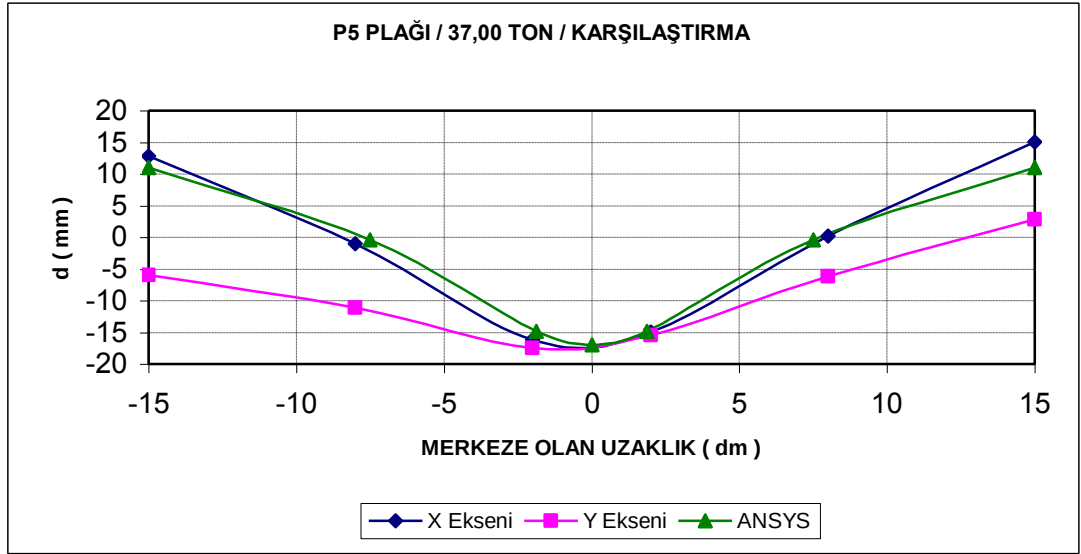
ÇHDB plakların modellenmesinde de “Solid 65” tipi eleman kullanılmıştır. ÇHDB plakların mekanik deneylerinden elde edilen karakteristik değerler elemanın malzeme özelliklerini tanımlamada giriş datası olarak kullanılmıştır. Bu değerler Bölüm 5.4.2.2’de, Tablo 5.20’de özetlenmiştir. ÇTDB plaklarda olduğu gibi, plaklar, öncelikle 3 x 3 x 0,15 m boyutlarında oluşturulmuştur ve Solid 65 bu oluşturulan plağa malzeme özelliği olarak atanmıştır. Çelik hasırın modellenmesinde ise, “PIPE 16” tipi eleman kullanılmıştır. Çelik hasır, deneyde olduğu gibi boy ve en aralıkları 150 x 150 mm’lik, çubuk çapları 6 mm’lik olacak şekilde plak içerisinde geometrisi oluşturulmuş ve özellikleri önceden girilen “PIPE 16” olarak tanımlanmıştır. Daha sonra plaklar, çözümün basit olması ve plak sistemler için iyi sonuçlar verebilmesinden dolayı kare elemanlar şeklinde X ve Y yönlerinde 20 parçaya, Z yönünde (kalınlık) ise 4 parçaya bölünmüştür.

ÇHDB plakların oturduğu elastik zeminlerin modellenmesinde ise “Link 10” tipi eleman kullanılmıştır. KAUÇUK PLAKA ve ROOFMATE 300 SL elastik zeminleri için ayrı ayrı elastisite modülleri, akma sınırı değerleri girilmiştir. Zeminler modellenirken Link 10 elemanı için plak köşeleri (4 düğüm noktası), plak kenarları (76 düğüm noktası) ve geri kalan diğer düğüm noktaları (361 düğüm noktası) olmak üzere üç farklı tip tanımlanmış ve bu üç farklı tipe ait etki alanları ayrı ayrı girilmiştir.

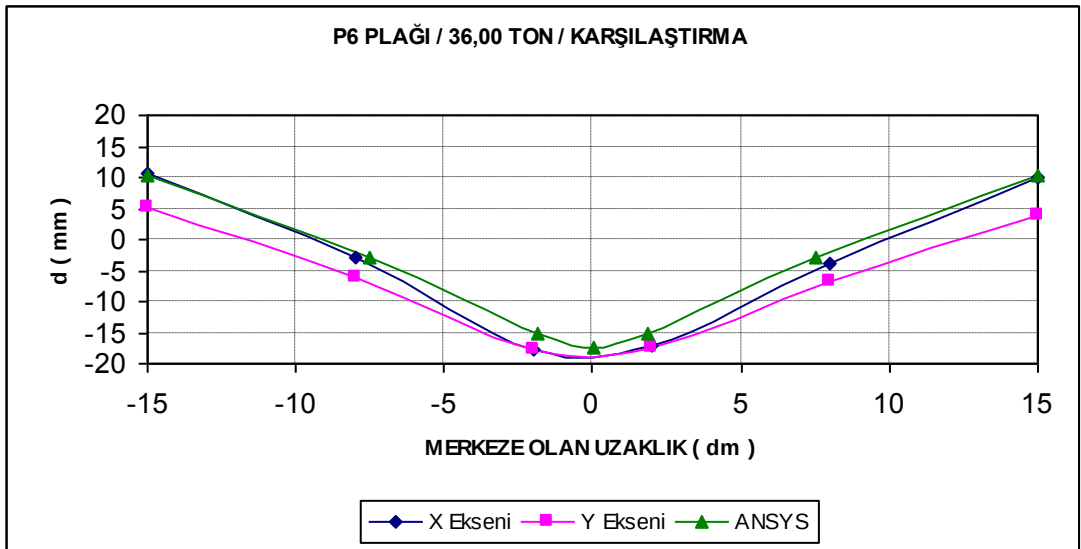
Elde edilen modele yükleme, deneyde olduğu gibi plak orta noktasında tanımlanan 0,15 x 0,15 m²’lik alan üzerinden yayılı yük olarak yapılmıştır.

7.7.2 Sonuçların karşılaştırılması

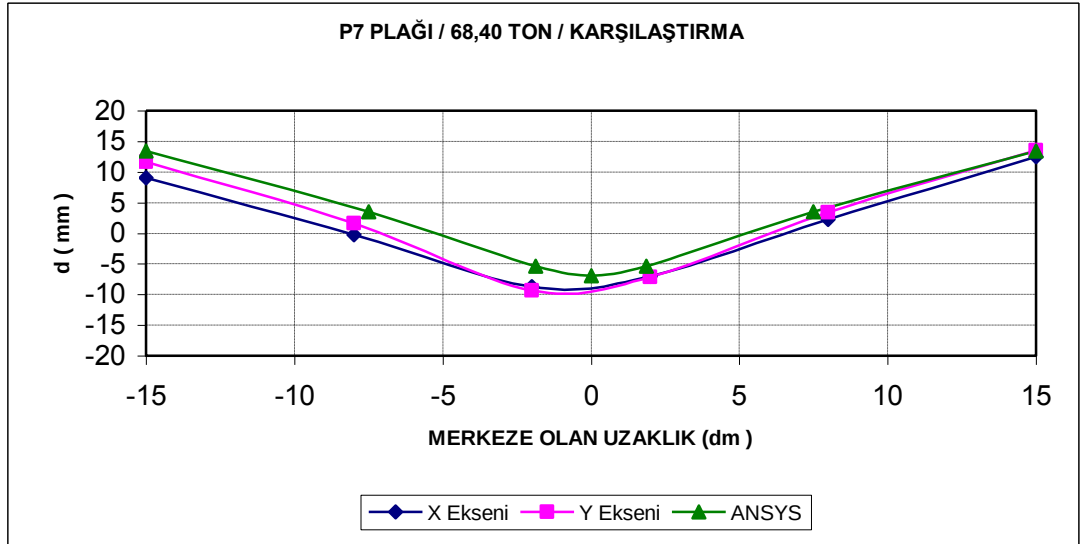
Deney plaklarının tam göçme durumuna eriştiği andaki yük değeri ANSYS programında girilerek çözümü yaptırılmış ve o yük durumunda, X ve Y yönlerindeki düğüm noktalarının yerdeğiştirme değerlerinden, plak adlarına ve oluşturdukları yük seviyelerine göre grafikleri çizilmiştir.



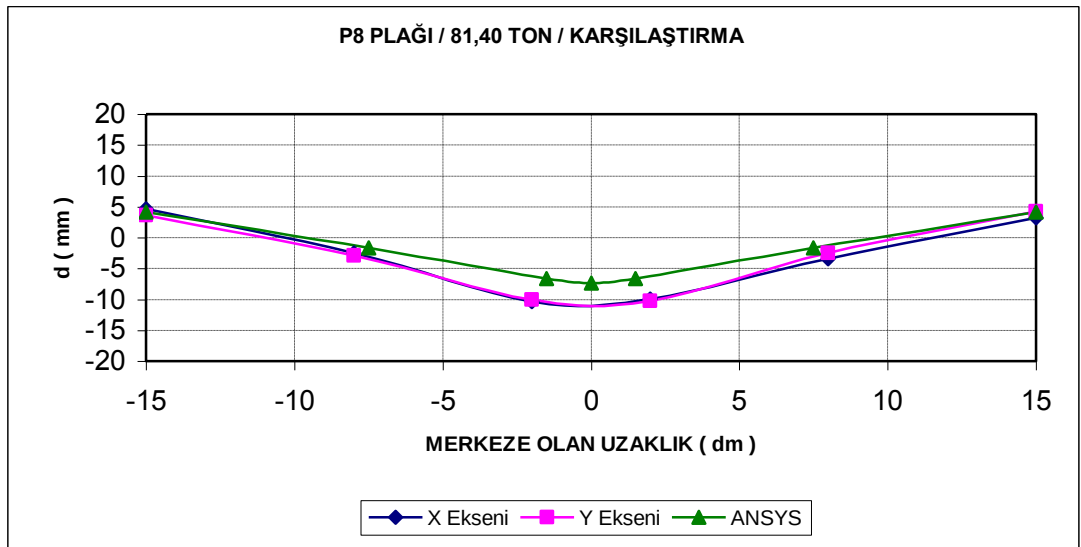
Şekil 7.44: P5 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması



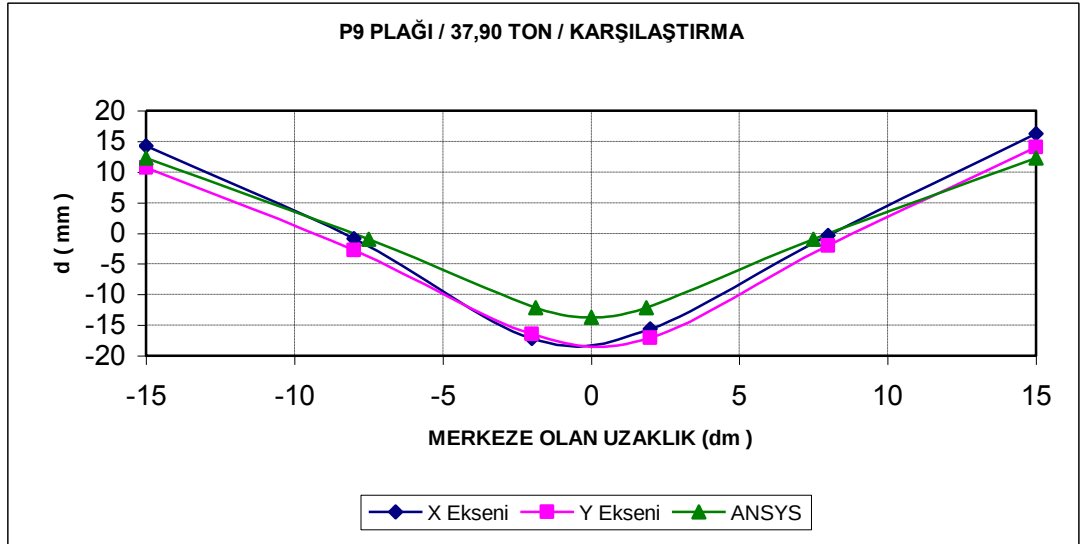
Şekil 7.45: P6 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması



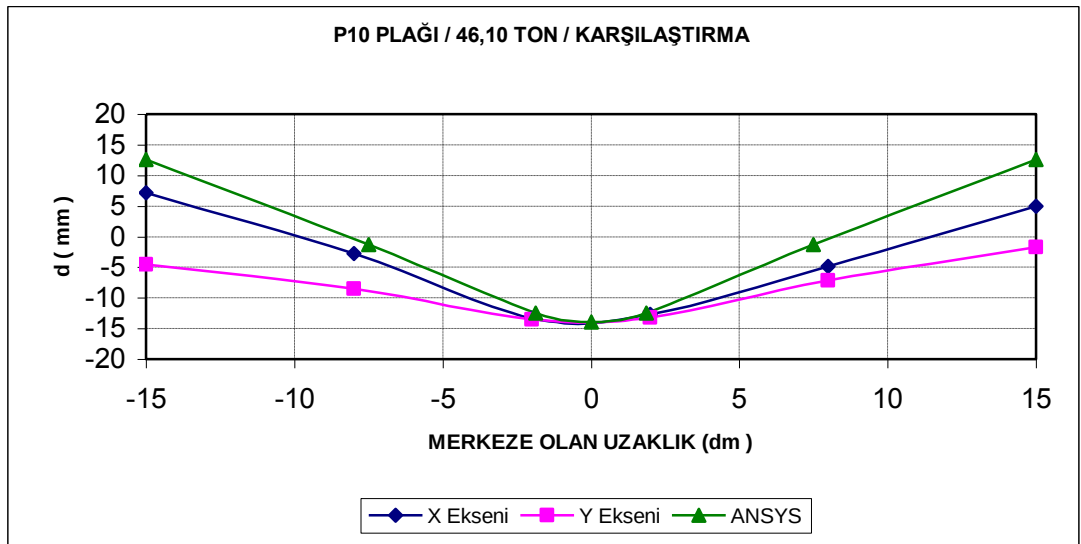
Şekil 7.46: P7 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması



Şekil 7.47: P8 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması



Şekil 7.48: P9 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması



Şekil 7.49: P10 Plağının Deney Sonuçlarının Sayısal Modelle Karşılaştırılması

8. SONUÇLAR

Farklı yatak katsayılı elastik zeminlere oturan 6 adet 3,0 x 3,0 x 0,15 m boyutlarındaki çelik tel ve çelik hasır donatılı beton plakların, merkezine etkiyen tekil yük altındaki davranışı incelenmiştir. Hazırlanan çelik tel donatılı plakların tümünde kancalı uçlu, RC 80/60 BN, Dramix tipi çelik tel kullanılmıştır. Çelik hasır donatılı plaklarda ise Q188/188 tipi hasır kullanılmıştır. Ayrıca tüm plaklarda kullanılan beton sınıfı aynıdır ve C30'dur. Deneyler, 2004 yılında başlayan deneylerin devamı niteliğinde olduğundan karşılaştırılan deney sonuçlarına P1, P2, P3 ve P4 plaklarının sonuçları da eklenmiştir. Bu yıla ait deney parametreleri Tablo 8.1'de gösterilmiştir.

Tablo 8.1 2004 Yılına ait Deney Parametreleri

Plaklar	Beton Sınıfı	Tel İçeriği (Kg/m ³)	Yatak Katsayısı (N/mm ³)	Göçme Yüğü (Ton)	Orta Noktalardaki Deplasmanların Ortalaması (mm)	En Büyük Çatlak Genişliği (mm)
P1	C30	30	0,08	56,25	11,90	1,75
P2	C30	20	0,08	46,50	13,48	2,00
P3	C30	30	0,04	43,25	14,32	2,00
P4	C30	20	0,04	38,00	16,33	2,25

Yapılan deneylerden, sonuçların üç farklı değişkene bağlı olduğu belirlenmiştir. Bu değişkenler kısaca şu şekilde sıralanabilir:

- Plakların çelik tel içeriği,
- Plaklara yataklık yapan elastik zemininin yatak katsayısı,
- Plakların üretiminde kullanılan donatı elemanı.

Plaklarda elik tel içeriği etkisinin incelenmesi:

elik tel içeriğinin incelenmesinde, aynı tür (yatak katsayısı aynı olan) zemine oturan, farklı tel içeriklerine sahip P5 - P6 plaklarının deney sonuçları değerlendirilmiştir.

P5 ve P6 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

Plaklar, yatak katsayısı 0,0175 N/mm³ olarak hesap edilen Floormate 200 SL-T malzemesine oturmaktadır. Bu malzemenin “gevşek kum” türünde zemini temsil ettiği düşünülmüştür. P5 plağı 30 kg/m³, P6 plağı ise 20 kg/m³ tel içermektedir.

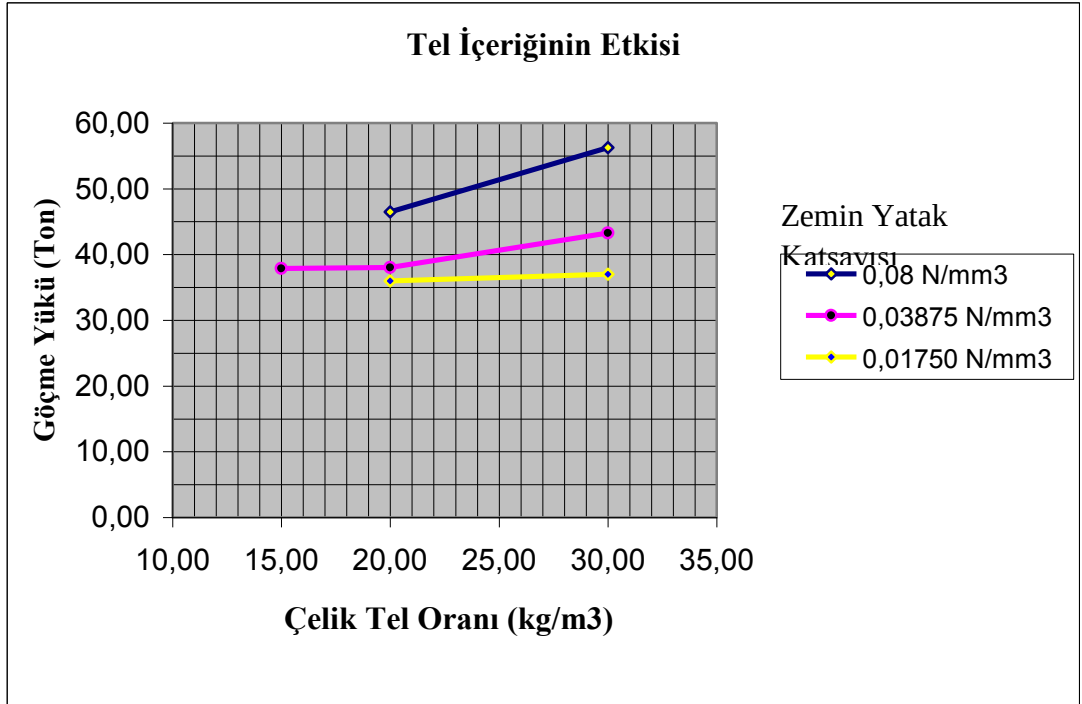
P5 plağı 37,00 ton yük değerinde, P6 plağı ise 36,00 ton yük değerinde tam göçme durumuna erişmiştir.

P5 plağının göçme yüküne eriştiği andaki plak orta noktası çökmelerinin ortalama değeri 16,01 mm, köşe noktalarının kalkmalarının ortalama değeri 30,39 mm’dir. P6 plağı için bu değerler orta noktalar için 17,45 mm, köşe noktalar için 26,62 mm’dir.

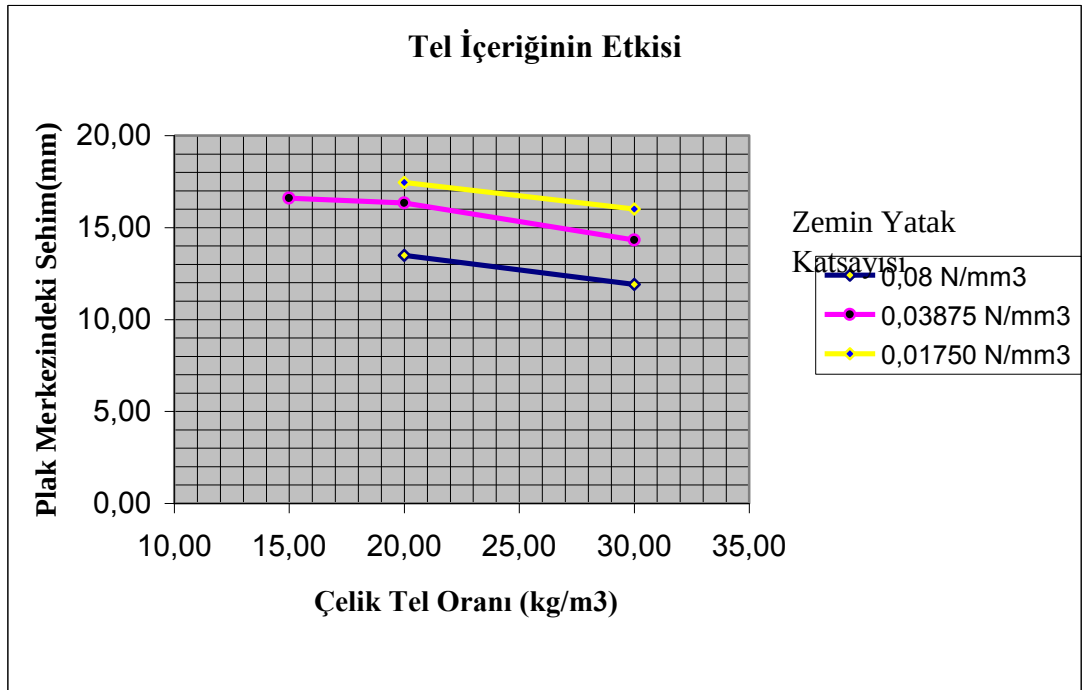
P5 ve P6 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşan yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Bu sonuçla, P5 plağı yerdeğiştirme değerlerinin P6 plağının değerlerinden daha küçük olduğu görülmüştür.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P5 plağında oluşan çatlak genişliklerinin daha küçük olduğu görülmüştür. P5 plağının göçme yüküne ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 2,25 mm iken bu değer P6 plağında 4,00 mm’dir.

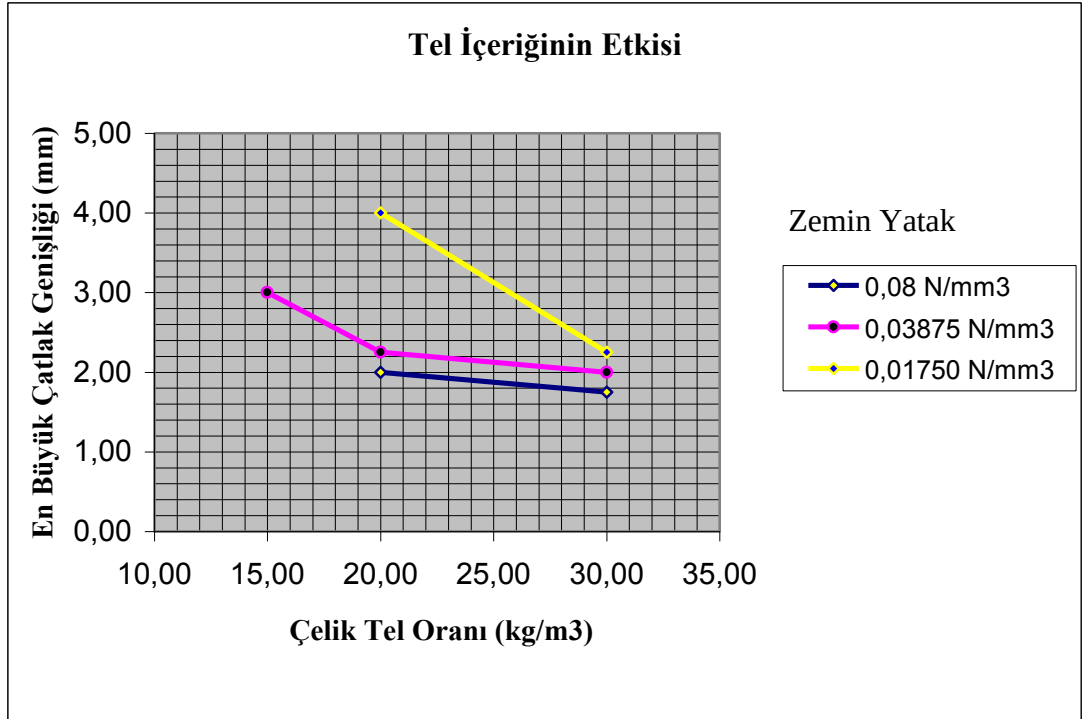
şekil 8.1, şekil 8.2 ve şekil 8.3’de tel içeriğinin göçme yüküne, plak merkezindeki sehime ve en büyük çatlak genişliğine bağlı grafikleri verilmiştir.



Şekil 8.1: Tel İçeriği – Göçme Yüğü Grafiği



Şekil 8.2: Tel İçeriği – Plak Merkezindeki Sehim Grafiği



Şekil 8.3: Tel İçeriği – En Büyük Çatlak Genişliği Grafığı

Tel içeriği değişiminin plak davranışına etkisi :

Karşılaştırılan deney sonuçlarına göre, aynı tür zemine oturan plaklarda tel içeriğinin artması aşağıda belirtilen sonuçlara neden olmaktadır.

- İçerisindeki tel oranı fazla olan plaklar az olanlara göre daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir.
- Yük seviyelerinin aynı değerde olduğu durumlarda; tel içeriği fazla olan plaklardaki yerdeğiştirme değerleri az olanlara göre daha küçüktür.
- Yük seviyelerinin aynı değerde olduğu durumlarda; tel içeriği fazla olan plaklardaki çatlak genişlikleri az olanlara göre daha küçüktür.
- Yük seviyelerinin tam göçme durumuna eriştiği esnada; tel içeriği fazla olan plaklardaki en büyük çatlak genişlikleri az olanlara göre daha küçüktür.

Zemin yatak katsayısı etkisinin incelenmesi:

Yatak katsayısı değerinin etkisini incelemek için, aynı tip donatı içeren, farklı yatak katsayısı değerlerine sahip P7 - P9 ve P8 - P10 plaklarının deney sonuçları değerlendirilmiştir.

P7 ve P9 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

İki plak da 15 kg/m^3 tel içermektedir. P7 plağı yatak katsayısı $0,1375 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “sıkı kum ve çakıl” türünde zemini temsil ettiği düşünülen kauçuk plaka malzemesine oturmaktadır. P9 plağı ise yatak katsayısı $0,03875 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “orta sıklıkta kum” türünde zemini temsil ettiği düşünülen roofmate 300 SL malzemesine oturmaktadır.

P7 plağı 68,40 ton yük değerinde, P9 plağı ise 37,90 ton yük değerinde tam göçme durumuna erişmiştir.

P7 plağının göçme yüküne eriştiği andaki plak orta noktası çökmelerinin ortalama değeri 8,10 mm, köşe noktalarının kalkmalarının ortalama değeri 36,18 mm’dir. P9 plağı için bu değerler orta noktalar için 16,59 mm, köşe noktalar için 27,03 mm’dir.

P7 ve P9 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşan yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Bu sonuçla, P7 plağı yerdeğiştirme değerleri, P9 plağının değerlerinden daha küçük olduğu görülmüştür.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P7 plağında oluşan çatlak genişliklerinin daha küçük olduğu görülmüştür. P7 plağının göçme yüküne ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 2,70 mm iken bu değer P9 plağında 3,00 mm’dir.

P8 ve P10 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

İki plak da Q188 tipi çelik hasır içermektedir. P8 plağı yatak katsayısı $0,1375 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “sıkı kum ve çakıl” türünde zemini temsil ettiği düşünülen kauçuk plaka malzemesine oturmaktadır. P10 plağı ise yatak katsayısı $0,03875 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “orta sıklıkta kum” türünde zemini temsil ettiği düşünülen roofmate 300 SL malzemesine oturmaktadır.

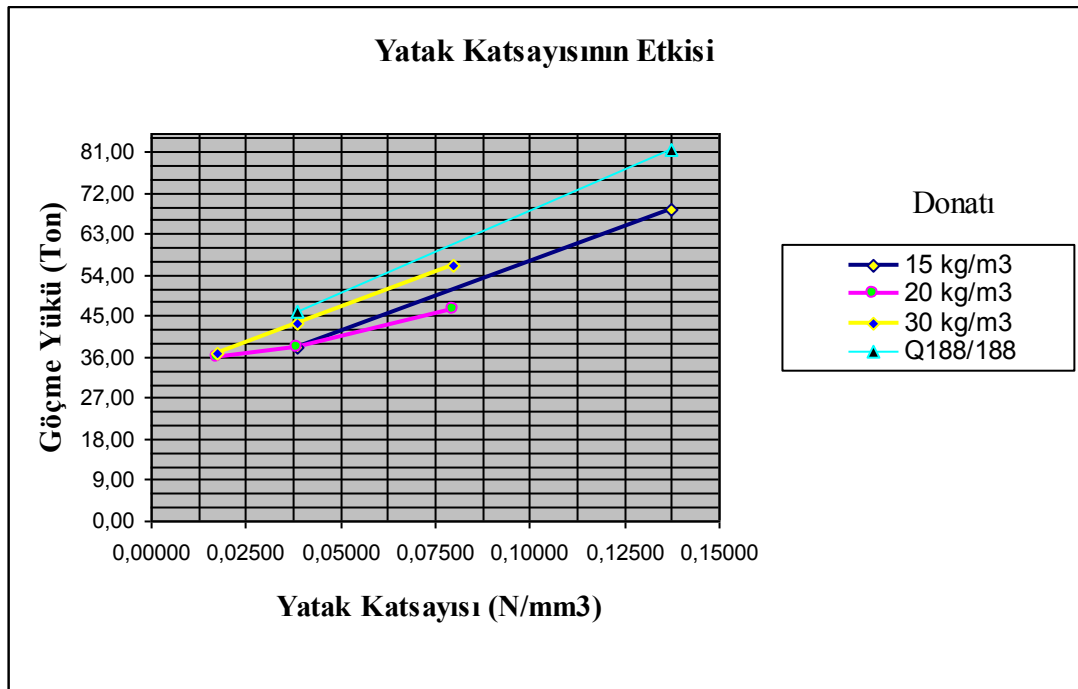
P8 plağı 81,40 ton yük değerinde, P10 plağı ise 46,10 ton yük değerinde tam göçme durumuna erişmiştir.

P8 plağının göçme yüküne eriştiği andaki plak orta noktası çökmelerinin ortalama değeri 10,14 mm, köşe noktalarının kalkmalarının ortalama değeri 9,12 mm’dir. P10 plağı için bu değerler orta noktalar için 13,19 mm, köşe noktalar için 8,57 mm’dir.

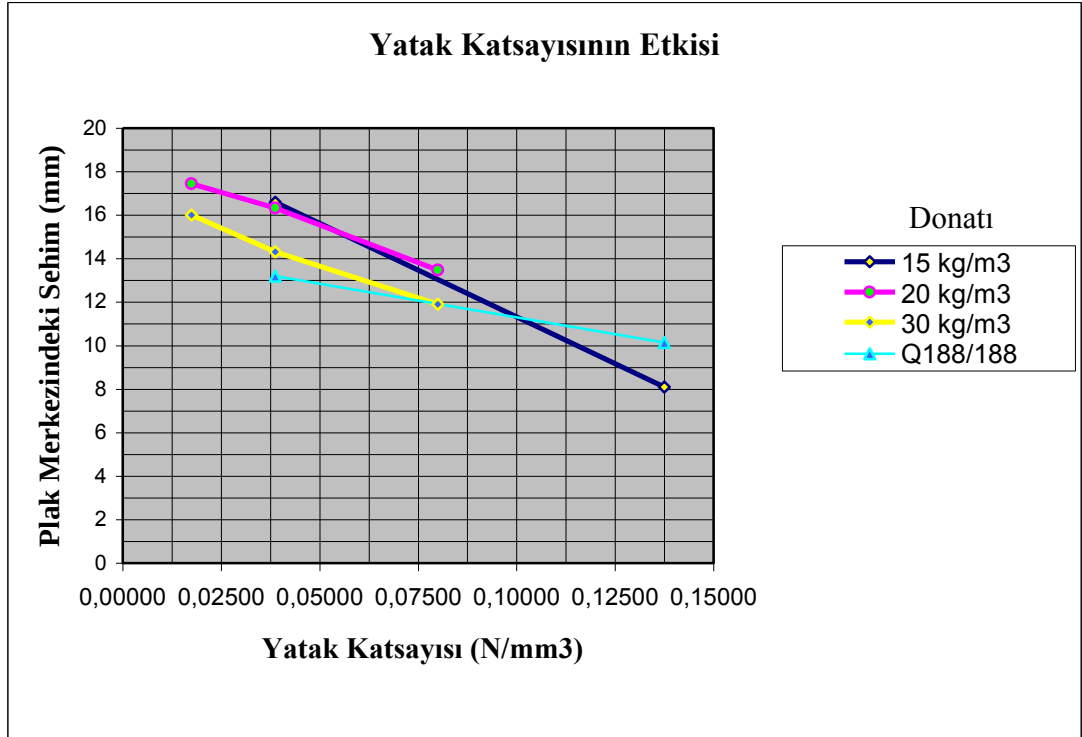
P8 ve P10 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşan yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Bu sonuçla, P8 plağı yerdeğiştirme değerleri, P10 plağının değerlerinden daha küçük olduğu görülmüştür.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P8 plağında oluşan çatlak genişliklerinin daha küçük olduğu görülmüştür. P8 plağının göçme yüküne ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 3,20 mm iken bu değer P10 plağında 3,40 mm'dir.

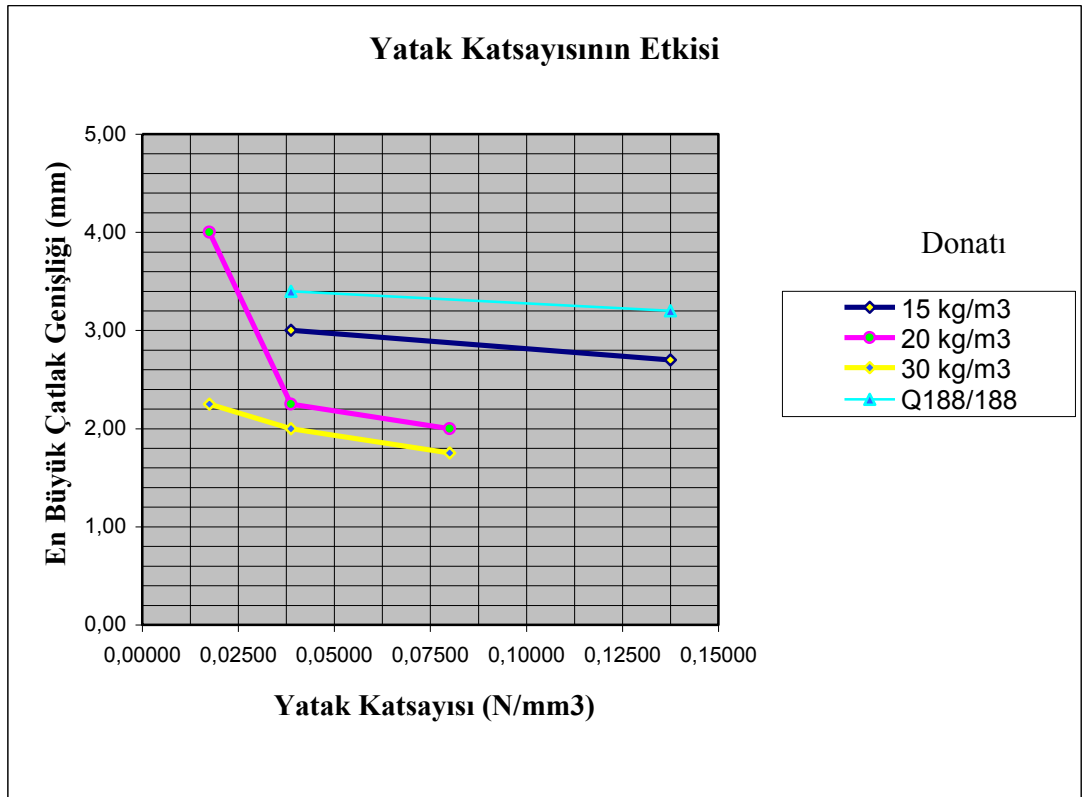
şekil 8.4, şekil 8.5 ve şekil 8.6'da yatak katsayısının göçme yüküne, plak merkezindeki sehime ve en büyük çatlak genişliğine bağlı grafikleri verilmiştir.



şekil 8.4: Yatak Katsayısı – Göçme Yükü Grafiği



Şekil 8.5: Yatak Katsayısı – Plak Merkezindeki Sehim Grafiği



Şekil 8.6: Yatak Katsayısı – En Büyük Çatlak Genişliği Grafiği

Zemin yatak değişiminin plak davranışına etkisi :

Karşılaştırılan deney sonuçlarına göre, aynı tip donatı içeren plaklarda zemin yatak katsayısı değişimi aşağıda belirtilen sonuçlara neden olmaktadır.

- Zemin yatak katsayısı değerinin büyümesi, plağın yük taşıma kapasitesini arttırır.
- Yük seviyelerinin aynı değerde olduğu durumlarda; yatak katsayısı büyük zemine oturan plaklardaki yerdeğiştirme değerleri diğerlerine göre daha küçüktür.
- Yük seviyelerinin aynı değerde olduğu durumlarda; yatak katsayısı büyük zemine oturan plaklardaki çatlak genişlikleri diğerlerine göre daha küçüktür.
- Yük seviyelerinin tam göçme durumuna eriştiği esnada; yatak katsayısı büyük zemine oturan plaklardaki en büyük çatlak genişlikleri diğerlerine göre daha küçüktür.

Plak donatı elemanı değişikliği etkisinin incelenmesi :

Donatı değişiminin plak davranışına etkisini incelemek için; aynı tür zemine oturan, farklı donatı çeşidine sahip P7 - P8 plaklarının deney sonuçları değerlendirilmiştir.

P7 ve P8 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

İki plak da “sıkı kum ve çakıl” türünde zemini temsil ettiği düşünölen kauçuk malzemesine oturmaktadır. P7 plağı 15 kg/m^3 tel içermekteyken, P8 plağı Q188 tipi çelik hasır ile donatılmıştır.

P7 plağı 68,40 ton yük değerinde, P8 plağı ise 81,40 ton yük değerinde tam göçme durumuna erişmiştir.

P7 plağının göçme yüküne eriştiği andaki plak orta noktası çökmelerinin ortalama değeri 8,10 mm, köşe noktalarının kalkmalarının ortalama değeri 36,18 mm’dir. P8 plağı için bu değerler orta noktalar için 10,14 mm, köşe noktalar için 9,12 mm’dir.

P7 ve P8 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşun yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Bu sonuçla, P7 plağı yerdeğiştirme değerleri, P8 plağının değerlerinden daha küçük olduğu görölmüşür.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P7 plağında oluşun çatlak genişliklerinin daha küçük olduğu görölmüşür. P7 plağının göçme yüküne

ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 2,70 mm iken bu değer P8 plağında 3,20 mm'dir.

Donatı elemanı değişiminin plak davranışına etkisi :

Karşılaştırılan deney sonuçlarına göre, aynı tür zemine oturan plaklarda donatı elemanının değiştirilmesi aşağıda belirtilen sonuçlara neden olmaktadır.

- Plak donatı elemanı olarak çelik hasır kullanımıyla oluşan yük taşıma kapasitesi, çelik tel kullanımına göre bir miktar daha fazladır.
- Yük seviyelerinin aynı değerde olduğu durumlarda; çelik tel donatılı plakların yerdeğiştirme değerleri hasır donatılı olanlara göre daha küçüktür.
- Yük seviyelerinin aynı değerde olduğu durumlarda; çelik tel donatılı plakların çatlak genişlikleri ve çatlak sayısı hasır donatılı olanlara göre daha küçük ve daha az sayıdadır.
- Yük seviyelerinin tam göçme durumuna eriştiği esnada; çelik tel donatılı plakların en büyük çatlak genişlikleri hasır donatılı olanlara göre daha küçüktür.

Tel içeriği değişiminin plak davranışına etkisi Tablo 8.2'de, zemin yatak katsayısı değişiminin plak davranışına etkisi Tablo 8.3 ve Tablo 8.4'de, donatı elemanı değişiminin plak davranışına etkisi Tablo 8.5'de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 8.2 Tel İçeriği Değişiminin Plak davranışına Etkisi (P5 – P6)

Plak No	Donatı İçeriği	Plağın Oturduğu Zeminin Tipi	Zemin Yatak Katsayısı (N/mm ³)	Yük Taşıma Kapasitesi (Ton)	Aynı Yük Seviyeleri İçin Yerdeğiştirmeler	Kırılma Anında Oluşan Plak Orta Noktası Göçmeleri	Aynı Yük Seviyeleri İçin Çatlak Genişlikleri	Kırılma Anında Oluşan En Büyük Çatlak Genişliği
P5	S 30	Gevşek kum	0,0175	37,00 (Yüksek)	Küçük	16,01 mm (Küçük)	Küçük	2,25 mm (Küçük)
P6	S 20	Gevşek kum	0,0175	36,00 (Düşük)	Büyük	17,45 mm (Büyük)	Büyük	4,00 mm (Büyük)

Tablo 8.3 Çelik Tel Donatılı Betonlarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P7 – P9)

Plak No	Donatı İçeriği	Plağın Oturduğu Zeminin Tipi	Zemin Yatak Katsayısı (N/mm ³)	Yük Taşıma Kapasitesi (Ton)	Aynı Yük Seviyeleri İçin Yerdeğiştirmeler	Kırılma Anında Oluşan Plak Orta Noktası Göçmeleri	Aynı Yük Seviyeleri İçin Çatlak Genişlikleri	Kırılma Anında Oluşan En Büyük Çatlak Genişliği
P7	S 15	Sıkı Kum ve Çakıl	0,1375	68,40 (Yüksek)	Küçük	8,10 mm (Küçük)	Küçük	2,70 mm (Küçük)
P9	S 15	Orta sıklıkta kum	0,03875	37,90 (Düşük)	Büyük	16,59 mm (Büyük)	Büyük	3,00 mm (Büyük)

Tablo 8.4 Çelik Hasır Donatılı Betonlarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P8 – P10)

Plak No	Donatı İçeriği	Plağın Oturduğu Zeminin Tipi	Zemin Yatak Katsayısı (N/mm ³)	Yük Taşıma Kapasitesi (Ton)	Aynı Yük Seviyeleri İçin Yerdeğiştirmeler	Kırılma Anında Oluşan Plak Orta Noktası Göçmeleri	Aynı Yük Seviyeleri İçin Çatlak Genişlikleri	Kırılma Anında Oluşan En Büyük Çatlak Genişliği
P8	Q 188/188	Sıkı kum ve çakıl	0,1375	81,40 (Yüksek)	Küçük	10,14 mm (Küçük)	Küçük	3,20 mm (Küçük)
P10	Q 188/188	Orta sıklıkta kum	0,03875	46,10 (Düşük)	Büyük	13,19 mm (Büyük)	Büyük	3,40 mm (Büyük)

Tablo 8.5 Donatı Elemanı Değişiminin Plak Davranışına Etkisi (P7 – P8)

Plak No	Donatı İçeriği	Plağın Oturduğu Zeminin Tipi	Zemin Yatak Katsayısı (N/mm ³)	Yük Taşıma Kapasitesi (Ton)	Aynı Yük Seviyeleri İçin Yerdeğiştirmeler	Kırılma Anında Oluşan Plak Orta Noktası Göçmeleri	Aynı Yük Seviyeleri İçin Çatlak Genişlikleri	Kırılma Anında Oluşan En Büyük Çatlak Genişliği
P7	S 15	Sıkı Kum ve Çakıl	0,1375	68,40 (Düşük)	Küçük	8,10 mm (Küçük)	Küçük	2,70 mm (Küçük)
P8	Q 188/188	Sıkı Kum ve Çakıl	0,1375	81,40 (Yüksek)	Büyük	10,14 mm (Büyük)	Büyük	3,20 mm (Büyük)

KAYNAKLAR

- [1] **Yerlikaya, M.**, 2000. Çelik tel donatılı betonların deprem etkisi altında davranışları, Beksa A.Ş. Teknik rapor, İstanbul.
- [2] **TS-10513**, 1992. Beton Takviyesinde Kullanılan Çelik Teller, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [3] **Fırat, M.T.**, 1996. Silis dumanı içeren yüksek mukavemetli betonların enerji yutma kapasitelerinin artırılmasında çelik lif kullanımının etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Yerlikaya, M.**, 2000. Çelik tel donatılı yol betonları, Beksa A.Ş. Teknik rapor, İstanbul.
- [5] **Taşdemir, M.A. ve Bayramov, F.**, 2002. Yüksek performanslı çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışı, *İ.T.Ü. Mühendislik Dergisi*, İstanbul, **2**, 136-137.
- [6] **Taşdemir, M.A., Bayramov, F., Kocatürk, A.N., Yerlikaya, M.**, 2004. Betonun performansa göre tasarımında yeni gelişmeler semineri, İnşaat Mühendisleri Odası, Harbiye, İstanbul.
- [7] **Taşdemir, M.A. ve Yerlikaya, M.**, 2002. Çelik tel donatılı betonlar semineri, İnşaat Mühendisleri Odası, Harbiye, İstanbul.
- [8] **Aydöner, T.**, 2002. Çelik tel takviyeli betonların mekanik davranışı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Gökalp, İ.**, 2004. Elastik zemine oturan çelik tel donatılı beton plakların tekil yük altındaki davranışının deneysel ve sayısal analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] **Yerlikaya, M.**, 2004. Çelik tel donatılı zemin betonları tasarım ve yapım ilkeleri, Beksa A.Ş. Teknik rapor, İstanbul.
- [11] **Eren, Ö. ve Yılmaz, Z.**, 2003. Lif donatılı yüksek dayanımlı betonlarda kırılma tokluğu ve darbe, *İ.M.O. Teknik Dergi*, İstanbul, **3**, 2978.
- [12] **Gençoğlu, M.**, 2000. İki yönlü tekrarlı yüklemeler altındaki betonarme kenar kolon-kiriş birleşimlerinde çelik tel takviyeli betonun kullanıldığı etkili bölgenin araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **TS-10514**, 1992. Çelik Telleri Betona Karıştırma ve Kontrol Etme Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [14] **BEKAERT.**, 2001. Practical Guide to the installation of Dramix steel fibre concrete floors, Belgium.
- [15] **TS-4559**, 1985. Beton Çelik Hasırları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [16] **ÇESAN.**, 1975. Beton çelik hasırı uygulaması, İstanbul.

- [17] **Gürkan, G.**, 1988. Çelik hasır tanıtım ve kullanım semineri, İ.M.O., Harbiye, İstanbul.
- [18] **Atmaca, M.**, 2003. Yapı Metalleri, Mühendislik yayıncılık, Ankara.
- [19] **Erdoğan, T.Y.**, 2003. Beton, M.E.T.U. Press, Ankara.
- [20] **Taşdemir, M.A., Yerlikaya, M. ve Şengül, Ö.**, 2004. Endüstriyel Zemin Betonları, baskıda.
- [21] **Taşdemir, M.A.**, 2001. Betonun dayanım ve durabiliteye göre tasarımı, üretimi, taşınması, yerleştirilmesi ve kürü semineri, İ.M.O. Sürekli eğitim seminerleri, Harbiye, İstanbul.
- [22] **TS-10515**, 1992. Eğilme Mukavemeti Deney Metodu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [23] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Rehber matbaacılık, İstanbul.
- [24] **Daloğlu, A.**, 2004. Elastik zemine oturan plaklar için parametreler, *İ.M.O. Teknik Dergi*, İstanbul, **3**, 3284.
- [25] **Civelek, Ö.**, 2004. Elastik zemine oturan yapıların hesap yöntemlerine genel bir bakış, *T.M.H. Dergisi*, İstanbul, **4**, 432.
- [26] **Kocataşkın, F.**, 2000. Yapı Malzemesi Bilimi Özellikler ve Deneyler, Birsan yayınevi, İstanbul.
- [27] **Darılmaz, K.**, 1997. Düzgün yayılı yük etkisindeki betonarme plakların sonlu elemanlar yöntemi ile doğrusal olmayan hesabı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [28] **Köksal, F.**, 2004. Çelik tel donatılı betonların mekanik davranışı ve optimum tasarımı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] **BEKSA.**, 2001. Dramix çelik tel donatılı betonlar için tasarım esasları, İstanbul.

EKLER

Bu bölümde, data logger'den elde edilen, her bir yükleme adımına karşı gelen yerdeğiştirme değerlerinin tamamına yer verilmiştir.

Ekteki tablolar sırası ile P5, P6, P7, P8, P9 ve P10 plaklarına ait deney datalarıdır ve sırası ile Tablo A.1, Tablo A.2, Tablo A.3, Tablo A.4, Tablo A.5 ve Tablo A.6 şeklinde sunulmuştur.

		Tablo A.1 P5 PLAĞINA AİT DENEY DATASI															
YÜK(bar)	YÜK (ton)	CH.011	CH.012	CH.013	CH.014	CH.015	CH.016	CH.017	CH.018	CH.019	CH.020	CH.021	CH.022	CH.023	CH.024	CH.025	CH.026
0	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
5	1,50	0,22	0,20	0,19	0,21	0,28	0,15	0,11	0,15	0,34	0,08	0,06	0,09	0,28	0,24	-0,01	-0,04
10	2,00	0,38	0,32	0,31	0,36	0,51	0,25	0,15	0,25	0,64	0,11	0,01	0,15	0,54	0,46	-0,12	-0,14
15	3,00	0,62	0,50	0,48	0,58	0,89	0,38	0,16	0,41	1,15	0,17	-0,13	0,26	1,02	0,86	-0,36	-0,35
20	4,00	0,89	0,70	0,67	0,83	1,32	0,51	0,16	0,59	1,76	0,21	-0,32	0,40	1,60	1,31	-0,66	-0,59
25	5,00	1,14	0,87	0,84	1,04	1,69	0,63	0,16	0,74	2,27	0,24	-0,45	0,52	2,12	1,73	-0,94	-0,83
30	6,15	1,43	1,09	1,06	1,30	2,08	0,76	0,20	0,90	2,79	0,27	-0,56	0,61	2,51	2,02	-1,15	-1,00
35	7,30	1,69	1,29	1,24	1,52	2,41	0,87	0,25	1,03	3,19	0,28	-0,63	0,66	2,82	2,29	-1,34	-1,16
40	8,50	2,03	1,56	1,52	1,81	2,85	1,00	0,34	1,17	3,72	0,28	-0,71	0,68	3,13	2,59	-1,61	-1,43
40	8,50	3,01	2,25	2,24	2,57	4,30	1,08	0,75	1,22	5,55	-0,23	-0,67	0,04	3,26	2,82	-3,14	-2,92
45	9,55	3,35	2,50	2,51	2,85	4,79	1,14	0,87	1,26	5,92	-0,38	-0,69	-0,12	3,41	2,99	-3,63	-3,40
50	10,50	3,64	2,72	2,73	3,09	5,19	1,19	0,98	1,31	5,92	-0,49	-0,70	-0,25	3,52	3,11	-4,02	-3,78
50	10,50	3,81	2,85	2,87	3,23	5,43	1,24	1,05	1,34	5,92	-0,52	-0,69	-0,31	3,60	3,21	-4,22	-3,98
55	11,70	3,97	2,97	3,00	3,37	5,63	1,27	1,12	1,38	5,92	-0,58	-0,68	-0,37	3,68	3,28	-4,46	-4,22
60	12,75	4,18	3,13	3,18	3,55	5,91	1,30	1,22	1,41	5,92	-0,68	-0,65	-0,47	3,70	3,30	-4,72	-4,47
65	14,00	4,42	3,31	3,38	3,76	6,20	1,34	1,35	1,44	5,92	-0,79	-0,59	-0,59	3,70	3,30	-4,96	-4,70
70	15,00	4,64	3,49	3,57	3,96	6,48	1,37	1,48	1,47	5,92	-0,90	-0,53	-0,72	3,69	3,29	-5,25	-4,99
75	16,00	4,90	3,70	3,81	4,21	6,81	1,41	1,66	1,51	5,92	-1,04	-0,43	-0,87	3,66	3,26	-5,53	-5,27
80	17,00	5,16	3,92	4,04	4,44	7,10	1,44	1,81	1,54	5,92	-1,16	-0,33	-1,01	3,62	3,22	-5,78	-5,53

85	18,00	5,41	4,10	4,25	4,64	7,36	1,47	1,97	1,57	5,92	-1,30	-0,21	-1,18	3,54	3,16	-6,08	-5,82
90	19,20	5,66	4,31	4,49	4,87	7,65	1,50	2,15	1,59	5,92	-1,43	-0,10	-1,32	3,46	3,08	-6,33	-6,08
95	20,25	5,91	4,52	4,71	5,09	7,92	1,52	2,31	1,62	5,92	-1,58	0,00	-1,47	3,38	3,00	-6,56	-6,31
95	20,25	6,12	4,69	4,90	5,27	8,13	1,55	2,47	1,64	5,91	-1,68	0,12	-1,59	3,29	2,94	-6,73	-6,50
95	20,25	6,39	4,91	5,15	5,52	8,43	1,60	2,67	1,68	5,92	-1,79	0,27	-1,74	3,20	2,88	-6,95	-6,75
95	20,25	6,46	4,97	5,22	5,58	8,50	1,62	2,72	1,69	5,92	-1,82	0,31	-1,77	3,17	2,86	-7,01	-6,81
100	21,50	6,55	5,05	5,30	5,66	8,60	1,63	2,78	1,70	5,91	-1,87	0,34	-1,82	3,15	2,83	-7,10	-6,90
105	22,30	6,67	5,14	5,41	5,77	8,72	1,63	2,85	1,71	5,91	-1,96	0,37	-1,90	3,10	2,77	-7,29	-7,09
110	23,32	6,81	5,27	5,54	5,90	8,88	1,63	2,93	1,72	5,92	-2,07	0,41	-2,00	3,04	2,70	-7,48	-7,26
115	24,25	7,05	5,45	5,76	6,11	9,12	1,62	3,07	1,72	5,91	-2,27	0,48	-2,18	2,93	2,57	-7,82	-7,59
120	25,38	7,35	5,69	6,04	6,37	9,42	1,61	3,27	1,73	5,91	-2,53	0,61	-2,43	2,72	2,33	-8,23	-7,99
125	26,25	7,69	5,98	6,37	6,68	9,74	1,59	3,53	1,73	5,91	-2,84	0,81	-2,71	2,44	2,02	-8,64	-8,37
130	27,40	7,99	6,22	6,66	6,94	9,99	1,57	3,76	1,73	5,92	-3,14	0,99	-2,99	2,13	1,67	-9,08	-8,82
135	28,50	8,34	6,53	7,01	7,26	10,28	1,54	4,02	1,72	5,91	-3,47	1,17	-3,27	1,82	1,32	-9,45	-9,22
140	29,50	8,70	6,86	7,39	7,62	10,59	1,50	4,31	1,71	5,91	-3,86	1,39	-3,64	1,41	0,83	-9,92	-9,72
145	30,65	9,06	7,17	7,73	7,93	10,83	1,47	4,56	1,70	5,91	-4,20	1,56	-3,95	1,02	0,38	-10,34	-10,20
145	30,65	9,94	7,95	8,61	8,79	11,11	1,40	5,13	1,69	5,91	-5,05	1,83	-4,79	-0,23	-0,81	-11,41	-11,79
145	30,65	10,08	8,08	8,75	8,93	11,11	1,39	5,18	1,70	5,91	-5,18	1,78	-4,93	-0,45	-0,99	-11,61	-12,15
150	31,75	10,25	8,23	8,90	9,09	11,11	1,37	5,23	1,69	5,91	-5,34	1,75	-5,09	-0,70	-1,22	-11,90	-12,60
155	32,75	10,44	8,40	9,09	9,29	11,11	1,33	5,29	1,68	5,91	-5,57	1,67	-5,31	-1,03	-1,54	-12,23	-13,12
160	33,85	10,73	8,66	9,37	9,59	11,11	1,28	5,37	1,65	5,91	-5,94	1,56	-5,64	-1,54	-2,03	-12,79	-13,90
160	33,85	11,33	9,15	9,92	10,17	11,11	1,06	5,50	1,60	5,91	-6,88	1,27	-6,26	-2,76	-2,79	-14,54	-15,37

165	35,00	11,79	9,55	10,39	10,66	11,11	0,92	5,68	1,57	5,91	-7,59	1,17	-6,78	-3,82	-3,48	-15,80	-16,49
165	35,00	12,07	9,80	10,63	10,91	11,11	0,88	5,74	1,56	5,91	-7,94	1,02	-7,05	-4,35	-4,13	-16,08	-17,35
165	35,00	12,67	10,47	11,22	11,57	11,11	0,85	5,66	1,50	5,91	-8,70	0,26	-7,68	-5,48	-5,73	-16,08	-19,01
170	36,00	13,43	11,21	11,93	12,28	11,11	0,72	5,73	1,43	5,91	-9,71	-0,31	-8,51	-7,12	-7,38	-17,12	-21,14
170	36,00	14,09	11,84	12,56	12,91	11,11	0,62	5,81	1,39	5,91	-10,43	-0,64	-9,05	-8,24	-8,40	-17,87	-22,48
170	36,00	14,60	12,31	13,05	13,41	11,11	0,52	5,91	1,35	5,91	-11,06	-0,87	-9,58	-9,32	-9,35	-18,58	-23,69
170	36,00	15,81	13,42	14,11	14,58	11,11	0,24	6,06	1,24	5,91	-12,66	-1,59	-10,80	-11,74	-11,55	-20,50	-26,71
175	37,00	17,44	14,94	15,49	16,17	11,11	-0,22	6,21	0,99	5,91	-15,06	-2,79	-12,79	-15,42	-14,81	-23,74	-31,75

		Tablo A.2 P6 PLAĞINA AİT DENEY DATASI															
YÜK(bar)	YÜK	CH.011	CH.012	CH.013	CH.014	CH.015	CH.016	CH.017	CH.018	CH.019	CH.020	CH.021	CH.022	CH.023	CH.024	CH.025	CH.026
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,01
5	1,50	0,22	0,23	0,23	0,21	0,19	0,18	0,21	0,16	0,17	0,11	0,20	0,10	0,04	0,12	0,07	0,16
10	2,00	0,39	0,41	0,41	0,39	0,35	0,33	0,38	0,30	0,32	0,19	0,36	0,18	0,09	0,22	0,12	0,27
15	3,00	0,62	0,64	0,64	0,61	0,55	0,51	0,59	0,47	0,50	0,29	0,56	0,29	0,14	0,33	0,19	0,41
20	4,00	0,87	0,89	0,89	0,85	0,77	0,70	0,81	0,65	0,69	0,40	0,78	0,40	0,21	0,46	0,25	0,56
25	5,00	1,10	1,12	1,11	1,08	0,97	0,88	1,02	0,82	0,89	0,50	0,95	0,50	0,28	0,58	0,31	0,68
30	6,15	1,33	1,35	1,34	1,31	1,19	1,07	1,22	1,00	1,09	0,60	1,13	0,60	0,36	0,71	0,36	0,77
35	7,30	1,62	1,63	1,63	1,58	1,44	1,26	1,44	1,16	1,32	0,69	1,29	0,67	0,42	0,85	0,38	0,80
30	6,15	2,51	2,34	2,43	2,28	2,32	1,53	2,11	1,22	2,14	0,54	1,78	0,15	-0,10	0,96	0,15	0,15
35	7,30	3,37	3,10	3,27	3,01	3,09	1,86	2,88	1,35	2,82	0,45	2,44	-0,31	-0,62	1,01	-0,04	-0,41
40	8,50	3,86	3,54	3,74	3,42	3,52	2,05	3,31	1,43	3,19	0,39	2,79	-0,56	-0,92	1,00	-0,15	-0,71
45	9,55	4,22	3,85	4,08	3,72	3,83	2,19	3,60	1,49	3,45	0,35	3,02	-0,73	-1,12	0,99	-0,23	-0,94
50	10,50	4,51	4,10	4,36	3,97	4,07	2,29	3,83	1,53	3,66	0,31	3,19	-0,88	-1,29	0,97	-0,30	-1,15
50	10,50	4,67	4,23	4,49	4,09	4,22	2,33	3,95	1,54	3,78	0,27	3,30	-0,97	-1,40	0,96	-0,36	-1,24
55	11,70	4,84	4,39	4,67	4,24	4,36	2,41	4,09	1,59	3,89	0,27	3,30	-1,04	-1,49	0,94	-0,40	-1,38
60	12,75	5,02	4,55	4,85	4,40	4,50	2,47	4,23	1,62	4,01	0,24	3,30	-1,13	-1,60	0,90	-0,46	-1,52
65	14,00	5,23	4,74	5,06	4,59	4,66	2,53	4,38	1,65	4,13	0,19	3,30	-1,23	-1,71	0,85	-0,52	-1,68
70	15,00	5,42	4,90	5,24	4,75	4,79	2,59	4,51	1,67	4,23	0,15	3,30	-1,32	-1,83	0,81	-0,58	-1,82

75	16,00	5,62	5,09	5,44	4,94	4,95	2,65	4,66	1,70	4,33	0,11	3,30	-1,44	-1,99	0,73	-0,65	-2,00
80	17,00	5,82	5,27	5,64	5,13	5,07	2,71	4,79	1,73	4,39	0,07	3,30	-1,53	-2,11	0,65	-0,71	-2,18
85	18,00	6,03	5,48	5,86	5,35	5,19	2,78	4,93	1,76	4,44	0,03	3,30	-1,65	-2,28	0,53	-0,79	-2,39
90	19,20	6,19	5,64	6,02	5,50	5,29	2,83	5,04	1,78	4,49	-0,01	3,30	-1,75	-2,42	0,44	-0,86	-2,58
95	20,25	6,37	5,81	6,20	5,67	5,40	2,89	5,16	1,80	4,53	-0,04	3,30	-1,86	-2,59	0,30	-0,93	-2,78
95	20,25	6,64	6,09	6,45	5,92	5,52	3,01	5,29	1,82	4,55	-0,08	3,30	-2,00	-2,81	0,09	-1,03	-3,02
100	21,50	6,74	6,20	6,55	6,03	5,58	3,06	5,35	1,84	4,56	-0,09	3,30	-2,05	-2,89	-0,01	-1,05	-3,11
105	22,30	6,84	6,31	6,66	6,13	5,60	3,11	5,40	1,85	4,52	-0,10	3,30	-2,09	-2,99	-0,15	-1,08	-3,23
110	23,32	7,11	6,66	6,93	6,42	5,57	3,35	5,45	1,90	4,21	-0,07	3,30	-2,23	-3,33	-0,82	-1,11	-3,71
115	24,25	7,33	6,90	7,15	6,68	5,48	3,49	5,50	1,90	3,78	-0,05	3,30	-2,53	-3,81	-1,41	-1,09	-4,36
120	25,38	7,69	7,33	7,53	7,08	5,41	3,70	5,63	1,89	3,33	-0,07	3,30	-2,91	-4,28	-2,14	-1,16	-5,14
125	26,25	7,96	7,62	7,81	7,37	5,45	3,82	5,73	1,88	3,14	-0,12	3,30	-3,17	-4,58	-2,55	-1,28	-5,66
130	27,40	8,18	7,85	8,03	7,59	5,49	3,90	5,81	1,86	3,00	-0,19	3,30	-3,38	-4,85	-2,92	-1,41	-6,12
135	28,50	8,44	8,12	8,29	7,87	5,54	3,99	5,91	1,84	2,84	-0,28	3,30	-3,68	-5,18	-3,36	-1,61	-6,70
140	29,50	8,73	8,41	8,57	8,14	5,60	4,07	5,99	1,82	2,70	-0,40	3,30	-4,00	-5,53	-3,85	-1,88	-7,38
145	30,65	9,09	8,78	8,94	8,52	5,69	4,16	6,10	1,78	2,51	-0,58	3,30	-4,40	-5,94	-4,40	-2,20	-8,09
145	30,65	10,11	9,76	9,90	9,50	5,99	4,40	6,42	1,70	2,16	-1,10	3,00	-5,48	-7,08	-5,90	-3,24	-10,27
150	31,75	10,27	9,92	10,05	9,66	6,03	4,43	6,46	1,69	2,07	-1,18	2,94	-5,64	-7,27	-6,16	-3,42	-10,64
155	32,75	10,39	10,05	10,18	9,79	6,04	4,44	6,48	1,66	1,97	-1,28	2,85	-5,81	-7,47	-6,45	-3,61	-11,02
160	33,85	10,59	10,28	10,40	10,06	5,89	4,49	6,41	1,80	1,41	-1,42	2,45	-5,84	-8,42	-7,24	-3,94	-12,06
155	32,75	10,81	10,53	10,63	10,33	5,81	4,54	6,37	1,92	1,04	-1,60	2,14	-5,88	-9,14	-7,99	-4,29	-12,73
160	33,85	11,10	10,84	10,91	10,63	5,78	4,58	6,36	2,01	0,73	-1,82	1,87	-5,98	-9,79	-8,68	-4,70	-13,44

160	33,85	11,98	11,71	11,77	11,55	5,82	4,63	6,40	2,22	0,00	-2,61	1,16	-6,38	-11,68	-10,64	-6,09	-15,41
165	35,00	12,38	12,10	12,16	11,96	5,88	4,62	6,44	2,30	-0,29	-3,07	0,83	-6,63	-12,63	-11,64	-6,88	-16,42
165	35,00	13,01	12,71	12,79	12,62	5,96	4,58	6,49	2,39	-0,74	-3,77	0,35	-6,99	-13,94	-12,99	-7,94	-17,72
170	36,00	13,27	12,95	13,05	12,91	5,99	4,55	6,52	2,42	-0,96	-4,14	0,11	-7,21	-14,68	-13,74	-8,54	-18,42
170	36,00	14,01	13,65	13,75	13,63	6,07	4,49	6,56	2,51	-1,52	-5,04	-0,50	-7,74	-16,48	-15,60	-9,99	-20,16
170	36,00	15,41	14,98	15,04	15,01	6,17	4,35	6,64	2,66	-2,66	-6,76	-1,65	-8,71	-19,90	-19,17	-12,69	-23,44
170	36,00	15,95	15,40	15,53	15,61	6,17	4,24	6,63	2,71	-3,20	-7,43	-2,08	-9,11	-21,51	-20,57	-13,65	-24,90
170	36,00	16,45	15,85	16,06	16,23	6,18	4,12	6,63	2,77	-3,76	-8,15	-2,56	-9,53	-23,03	-21,90	-14,65	-26,24
170	36,00	17,62	16,97	17,41	17,77	6,20	3,85	6,66	2,89	-5,16	-9,90	-3,71	-10,66	-27,18	-25,40	-17,42	-30,00

		Tablo A.3 P7 PLAĞINA AİT DENEY DATASI															
YÜK(bar)	YÜK (ton)	CH.011	CH.012	CH.013	CH.014	CH.015	CH.016	CH.017	CH.018	CH.019	CH.020	CH.021	CH.022	CH.023	CH.024	CH.025	CH.026
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
5	1,50	0,10	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,06	0,12	0,04	0,06	0,00	0,02	0,05	0,05	-0,02
10	2,00	0,18	0,19	0,19	0,18	0,18	0,15	0,15	0,11	0,19	0,07	0,11	0,01	0,03	0,08	0,08	-0,04
15	3,00	0,32	0,33	0,34	0,33	0,31	0,26	0,26	0,20	0,32	0,12	0,19	0,03	0,05	0,13	0,12	-0,05
20	4,00	0,45	0,46	0,46	0,46	0,43	0,35	0,35	0,27	0,43	0,16	0,25	0,04	0,07	0,17	0,15	-0,06
25	5,00	0,58	0,57	0,56	0,56	0,53	0,43	0,43	0,33	0,52	0,19	0,29	0,05	0,09	0,20	0,18	-0,08
30	6,15	0,82	0,78	0,77	0,76	0,71	0,54	0,56	0,40	0,68	0,20	0,37	0,03	0,09	0,22	0,18	-0,16
35	7,10	1,12	1,05	1,04	1,01	0,96	0,67	0,75	0,49	0,89	0,21	0,47	-0,03	0,07	0,23	0,17	-0,30
40	8,15	3,01	2,68	2,61	2,48	2,76	1,17	2,01	0,55	2,78	-0,36	1,20	-1,25	-0,76	-0,37	-0,87	-2,68
45	9,20	3,33	2,96	2,89	2,75	3,02	1,23	2,19	0,55	3,01	-0,49	1,27	-1,45	-0,91	-0,52	-1,09	-3,10
50	10,10	3,51	3,12	3,04	2,90	3,15	1,26	2,28	0,57	3,14	-0,57	1,30	-1,56	-1,01	-0,62	-1,25	-3,34
55	11,10	3,76	3,32	3,25	3,12	3,34	1,32	2,40	0,64	3,28	-0,65	1,34	-1,63	-1,10	-0,69	-1,41	-3,53
60	12,20	3,87	3,41	3,34	3,23	3,42	1,34	2,45	0,68	3,33	-0,70	1,34	-1,66	-1,17	-0,75	-1,52	-3,64
65	13,30	3,99	3,51	3,45	3,35	3,50	1,36	2,50	0,72	3,38	-0,75	1,35	-1,69	-1,24	-0,81	-1,63	-3,74
70	14,40	4,08	3,58	3,53	3,44	3,55	1,36	2,53	0,76	3,40	-0,80	1,35	-1,71	-1,32	-0,85	-1,72	-3,82

75	15,30	4,16	3,65	3,60	3,52	3,60	1,37	2,56	0,80	3,44	-0,85	1,35	-1,73	-1,39	-0,91	-1,82	-3,90
80	16,30	4,28	3,75	3,70	3,64	3,67	1,37	2,59	0,84	3,47	-0,93	1,33	-1,77	-1,50	-1,00	-1,97	-4,03
85	17,30	4,33	3,79	3,74	3,69	3,70	1,38	2,60	0,85	3,48	-0,97	1,32	-1,78	-1,56	-1,05	-2,06	-4,10
90	18,30	4,40	3,85	3,80	3,76	3,73	1,38	2,61	0,89	3,48	-1,00	1,30	-1,79	-1,64	-1,11	-2,15	-4,17
95	19,40	4,48	3,92	3,88	3,85	3,72	1,40	2,61	1,00	3,37	-1,03	1,24	-1,68	-1,96	-1,22	-2,26	-4,31
100	20,40	4,61	4,04	3,99	4,01	3,65	1,49	2,57	1,18	3,13	-1,00	1,12	-1,54	-2,36	-1,40	-2,39	-4,45
105	21,40	4,92	4,38	4,21	4,36	3,34	1,93	2,27	1,53	2,25	-0,64	0,34	-1,24	-3,35	-2,53	-3,41	-5,03
110	22,40	4,98	4,44	4,26	4,43	3,30	1,98	2,19	1,58	2,13	-0,63	0,15	-1,21	-3,54	-2,73	-3,67	-5,26
115	23,40	5,04	4,49	4,30	4,50	3,27	2,02	2,12	1,64	2,00	-0,62	-0,03	-1,18	-3,70	-2,91	-3,87	-5,42
120	24,50	5,11	4,55	4,34	4,57	3,22	2,06	2,04	1,69	1,86	-0,62	-0,22	-1,15	-3,90	-3,12	-4,12	-5,63
125	25,40	5,16	4,60	4,38	4,63	3,19	2,09	1,97	1,74	1,75	-0,61	-0,38	-1,13	-4,06	-3,30	-4,30	-5,79
130	26,40	5,24	4,68	4,45	4,73	3,12	2,14	1,90	1,82	1,55	-0,61	-0,59	-1,08	-4,32	-3,60	-4,58	-6,00
135	27,50	5,29	4,71	4,48	4,78	3,10	2,16	1,84	1,85	1,46	-0,62	-0,73	-1,07	-4,45	-3,75	-4,76	-6,18
140	28,60	5,32	4,75	4,51	4,82	3,07	2,17	1,78	1,88	1,37	-0,63	-0,87	-1,06	-4,58	-3,90	-4,95	-6,35
145	29,60	5,37	4,79	4,54	4,87	3,03	2,19	1,71	1,91	1,26	-0,65	-1,03	-1,05	-4,74	-4,08	-5,17	-6,54
150	30,60	5,41	4,82	4,57	4,92	2,99	2,20	1,64	1,94	1,16	-0,66	-1,19	-1,03	-4,88	-4,24	-5,35	-6,70
155	31,60	5,49	4,90	4,63	5,01	2,93	2,23	1,58	2,01	0,97	-0,70	-1,38	-1,00	-5,15	-4,56	-5,64	-6,93
160	32,60	5,52	4,92	4,66	5,05	2,91	2,23	1,53	2,03	0,90	-0,72	-1,49	-1,00	-5,25	-4,68	-5,79	-7,06
165	33,60	5,55	4,95	4,68	5,09	2,88	2,24	1,47	2,05	0,81	-0,74	-1,62	-1,00	-5,39	-4,84	-5,98	-7,25
170	34,60	5,58	4,98	4,70	5,13	2,85	2,24	1,42	2,07	0,72	-0,76	-1,75	-1,00	-5,51	-4,99	-6,15	-7,38
175	35,80	5,63	5,02	4,74	5,19	2,80	2,24	1,34	2,10	0,60	-0,81	-1,93	-1,00	-5,70	-5,23	-6,41	-7,61
180	36,70	5,71	5,10	4,81	5,28	2,73	2,25	1,26	2,16	0,39	-0,89	-2,15	-0,99	-6,02	-5,62	-6,77	-7,90

185	37,90	5,75	5,13	4,83	5,32	2,70	2,24	1,21	2,18	0,31	-0,95	-2,28	-0,99	-6,14	-5,80	-6,96	-8,06
190	38,80	5,78	5,15	4,86	5,36	2,67	2,23	1,16	2,19	0,22	-1,00	-2,40	-1,00	-6,29	-6,00	-7,18	-8,23
195	40,00	5,83	5,19	4,89	5,40	2,63	2,21	1,10	2,22	0,10	-1,08	-2,56	-1,00	-6,45	-6,23	-7,42	-8,42
200	41,00	5,91	5,27	4,96	5,50	2,56	2,20	1,02	2,26	-0,11	-1,21	-2,78	-1,02	-6,79	-6,67	-7,83	-8,74
205	41,90	5,94	5,29	4,98	5,53	2,54	2,18	0,98	2,27	-0,18	-1,28	-2,89	-1,03	-6,91	-6,87	-8,05	-8,90
210	43,00	5,98	5,32	5,01	5,57	2,50	2,13	0,92	2,28	-0,29	-1,37	-3,03	-1,05	-7,08	-7,11	-8,30	-9,08
215	44,00	6,03	5,36	5,04	5,62	2,45	2,10	0,85	2,30	-0,42	-1,49	-3,20	-1,07	-7,29	-7,41	-8,61	-9,30
220	45,20	6,09	5,41	5,08	5,68	2,40	2,06	0,77	2,31	-0,57	-1,63	-3,39	-1,10	-7,55	-7,78	-8,97	-9,57
225	46,10	6,18	5,49	5,17	5,78	2,33	2,03	0,70	2,34	-0,80	-1,79	-3,61	-1,15	-7,95	-8,29	-9,41	-9,93
230	47,20	6,22	5,52	5,19	5,82	2,29	1,99	0,65	2,35	-0,91	-1,92	-3,74	-1,18	-8,13	-8,56	-9,68	-10,12
235	48,20	6,27	5,55	5,23	5,87	2,25	1,94	0,58	2,36	-1,03	-2,07	-3,90	-1,21	-8,34	-8,89	-10,00	-10,35
240	49,50	6,34	5,61	5,28	5,94	2,18	1,87	0,51	2,36	-1,21	-2,27	-4,10	-1,27	-8,67	-9,35	-10,44	-10,68
245	50,50	6,44	5,68	5,35	6,04	2,10	1,78	0,40	2,37	-1,47	-2,54	-4,39	-1,37	-9,17	-10,00	-11,03	-11,16
250	51,60	6,58	5,78	5,47	6,18	1,99	1,72	0,30	2,38	-1,82	-2,84	-4,72	-1,53	-9,91	-10,87	-11,75	-11,81
255	52,60	6,62	5,80	5,49	6,22	1,96	1,66	0,25	2,37	-1,91	-2,98	-4,81	-1,57	-10,08	-11,09	-11,94	-11,95
260	53,50	6,69	5,84	5,54	6,28	1,90	1,55	0,18	2,36	-2,08	-3,16	-5,00	-1,66	-10,42	-11,58	-12,40	-12,28
265	54,40	6,78	5,90	5,60	6,38	1,78	1,42	-0,02	2,34	-2,40	-3,24	-5,45	-1,81	-11,04	-12,37	-13,23	-12,99
270	55,50	6,93	5,99	5,70	6,52	1,64	1,21	-0,21	2,31	-2,81	-3,60	-5,92	-2,05	-11,93	-13,50	-14,28	-13,84
275	56,50	7,14	6,15	5,87	6,71	1,49	1,04	-0,38	2,26	-3,32	-3,71	-6,42	-2,38	-13,07	-14,77	-15,40	-14,86
280	57,50	7,20	6,19	5,92	6,77	1,41	0,89	-0,49	2,22	-3,53	-4,08	-6,70	-2,54	-13,55	-15,41	-16,05	-15,36
285	58,50	7,29	6,23	5,97	6,85	1,31	0,68	-0,64	2,17	-3,82	-4,17	-7,05	-2,75	-14,21	-16,26	-16,89	-16,00
290	59,40	7,39	6,26	6,03	6,94	1,19	0,42	-0,82	2,10	-4,16	-4,57	-7,48	-3,03	-15,10	-17,48	-18,10	-16,94

295	60,40	7,59	6,36	6,14	7,13	0,95	0,50	-1,13	1,96	-4,82	-5,00	-8,22	-3,55	-16,64	-19,33	-19,81	-18,30
300	61,40	8,09	6,69	6,45	7,55	0,50	-0,66	-1,66	1,68	-6,16	-8,00	-9,60	-4,60	-19,76	-22,88	-23,02	-21,20
305	62,30	8,17	6,72	6,49	7,62	0,40	-0,89	-1,81	1,61	-6,42	-9,53	-9,93	-4,82	-20,36	-23,66	-23,79	-21,75
310	63,30	8,29	6,75	6,55	7,73	0,22	-0,98	-2,11	1,48	-6,96	-10,20	-10,67	-5,27	-21,70	-25,56	-25,68	-23,17
315	64,30	8,41	6,79	6,62	7,84	0,04	-1,01	-2,38	1,37	-7,39	-10,40	-11,21	-5,58	-22,54	-26,68	-26,80	-24,06
320	65,30	8,58	6,83	6,70	7,98	-0,21	-1,31	-2,75	1,20	-8,04	-10,68	-12,06	-6,11	-24,05	-28,76	-28,85	-25,59
325	66,40	9,03	7,05	6,98	8,40	-0,82	-1,35	-2,98	0,78	-9,68	-11,20	-12,35	-7,46	-27,89	-33,33	-33,24	-29,38
330	67,40	9,19	7,07	7,05	8,56	-1,16	-1,73	-3,10	0,57	-10,51	-11,64	-12,98	-8,10	-29,73	-35,79	-35,78	-31,47
335	68,40	9,38	7,09	7,15	8,77	-1,64	-2,20	-3,42	0,26	-11,69	-12,50	-13,55	-9,04	-32,43	-39,13	-39,06	-34,13

		Tablo A.4 P8 PLAĞINA AİT DENEY DATASI															
YÜK(bar)	YÜK (ton)	CH.011	CH.012	CH.013	CH.014	CH.015	CH.016	CH.017	CH.018	CH.019	CH.020	CH.021	CH.022	CH.023	CH.024	CH.025	CH.026
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	2,00	0,27	0,28	0,28	0,25	0,16	0,18	0,13	0,16	0,10	0,05	0,05	0,02	0,02	0,05	0,14	0,09
15	3,00	0,42	0,43	0,43	0,39	0,24	0,28	0,19	0,24	0,11	0,07	0,12	0,03	0,03	0,07	0,21	0,14
20	4,00	0,86	0,86	0,86	0,80	0,50	0,53	0,39	0,46	0,11	0,11	0,14	0,04	0,04	0,12	0,31	0,21
25	5,00	1,20	1,17	1,18	1,09	0,70	0,69	0,53	0,59	0,40	0,09	0,16	0,02	0,00	0,10	0,33	0,18
30	6,15	2,67	2,52	2,59	2,42	1,71	1,38	1,13	1,18	0,55	-0,04	0,17	-0,20	-0,16	-0,16	0,34	-0,20
35	7,10	3,90	3,62	3,79	3,57	2,43	1,83	1,54	1,56	0,62	-0,16	0,20	-0,49	-0,39	-0,27	0,06	-0,88
40	8,15	5,12	4,68	4,96	4,70	3,18	2,29	1,94	1,94	0,72	-0,30	0,26	-0,85	-0,67	-0,25	-0,29	-1,58
45	9,20	5,89	5,39	5,70	5,39	3,62	2,60	2,22	2,12	0,58	-0,40	0,30	-1,12	-0,95	-0,40	-0,40	-2,07
50	10,10	6,23	5,70	6,04	5,72	3,83	2,74	2,37	2,19	0,43	-0,46	0,33	-1,29	-1,14	-0,53	-0,42	-2,35
55	11,10	6,73	6,18	6,56	6,17	4,07	2,94	2,57	2,28	0,35	-0,52	0,40	-1,53	-1,41	-0,75	-0,41	-2,75
60	12,20	7,02	6,47	6,87	6,43	4,19	3,06	2,70	2,32	0,23	-0,57	0,45	-1,68	-1,61	-0,94	-0,38	-2,97
65	13,30	7,27	6,72	7,14	6,66	4,29	3,15	2,81	2,36	0,13	-0,62	0,49	-1,82	-1,80	-1,13	-0,35	-3,20
70	14,40	7,48	6,94	7,38	6,89	4,35	3,23	2,90	2,39	-0,05	-0,66	0,61	-1,95	-1,98	-1,33	-0,34	-3,44
75	15,30	7,67	7,14	7,60	7,09	4,39	3,30	2,98	2,43	-0,24	-0,69	0,68	-2,06	-2,15	-1,50	-0,33	-3,65
80	16,30	7,85	7,40	7,88	7,35	4,45	3,39	3,08	2,48	-0,31	-0,74	0,83	-2,20	-2,38	-1,71	-0,34	-3,93
85	17,30	8,04	7,52	8,01	7,47	4,45	3,43	3,13	2,51	-0,59	-0,77	0,83	-2,28	-2,51	-1,85	-0,34	-4,10
90	18,30	8,15	7,65	8,16	7,61	4,46	3,47	3,18	2,54	-0,66	-0,80	0,88	-2,38	-2,63	-2,01	-0,35	-4,28
95	19,40	8,26	7,76	8,28	7,73	4,47	3,50	3,21	2,56	-0,69	-0,82	0,90	-2,45	-2,74	-2,12	-0,38	-4,42
100	20,40	8,37	7,87	8,41	7,85	4,47	3,53	3,24	2,58	-0,73	-0,85	0,93	-2,52	-2,85	-2,27	-0,42	-4,57

105	21,40	8,49	8,00	8,54	7,98	4,47	3,57	3,26	2,62	-0,78	-0,88	0,95	-2,58	-2,96	-2,38	-0,50	-4,73
110	22,40	8,54	8,06	8,60	8,05	4,47	3,59	3,28	2,63	-0,86	-0,90	0,89	-2,61	-3,02	-2,44	-0,55	-4,81
115	23,40	8,59	8,11	8,66	8,11	4,47	3,60	3,29	2,64	-0,90	-0,91	0,79	-2,65	-3,07	-2,50	-0,59	-4,88
120	24,50	8,64	8,17	8,72	8,17	4,48	3,61	3,30	2,65	-0,93	-0,93	0,71	-2,68	-3,13	-2,56	-0,63	-4,95
125	25,40	8,68	8,21	8,77	8,22	4,46	3,62	3,30	2,66	-0,97	-0,95	0,60	-2,70	-3,18	-2,63	-0,68	-5,02
130	26,40	8,75	8,29	8,85	8,31	4,46	3,64	3,31	2,68	-1,01	-0,98	0,48	-2,74	-3,25	-2,72	-0,77	-5,13
135	27,50	8,79	8,33	8,89	8,36	4,45	3,65	3,31	2,69	-1,07	-0,99	0,18	-2,76	-0,32	-2,80	-0,82	-5,19
140	28,60	8,82	8,36	8,92	8,39	4,45	3,66	3,31	2,70	-1,13	-1,00	0,18	-2,78	-3,33	-2,87	-0,86	-5,24
145	29,60	8,85	8,40	8,96	8,44	4,44	3,68	3,32	2,71	-1,16	-1,01	-0,08	-2,79	-3,38	-2,96	-0,91	-5,29
150	30,60	8,88	8,43	8,99	8,47	4,43	3,68	3,31	2,71	-1,20	-1,02	-0,19	-2,81	-3,41	-3,03	-0,95	-5,34
155	31,60	8,94	8,52	9,06	8,55	4,39	3,73	3,29	2,73	-1,29	-1,05	-0,37	-2,82	-3,49	-3,43	-1,18	-5,45
160	32,60	8,96	8,54	9,08	8,57	4,38	3,74	3,28	2,74	-1,48	-1,05	-0,50	-2,83	-3,51	-3,51	-1,21	-5,49
165	33,60	8,99	8,58	9,11	8,62	4,36	3,75	3,28	2,74	-1,57	-1,07	-0,62	-2,85	-3,54	-3,66	-1,26	-5,54
170	34,60	9,02	8,62	9,14	8,65	4,35	3,76	3,28	2,74	-1,66	-1,08	-0,69	-2,89	-3,56	-3,82	-1,30	-5,61
175	35,80	9,05	8,66	9,18	8,70	4,31	3,76	3,27	2,73	-1,70	-1,10	-0,89	-2,95	-3,56	-4,09	-1,32	-5,70
180	36,70	9,08	8,71	9,22	8,74	4,29	3,78	3,26	2,73	-1,88	-1,12	-0,98	-2,98	-3,56	-4,25	-1,39	-5,78
185	37,90	9,11	8,73	9,25	8,77	4,29	3,78	3,25	2,73	-1,93	-1,13	-1,10	-2,99	-3,59	-4,33	-1,43	-5,83
190	38,80	9,12	8,75	9,26	8,79	4,28	3,78	3,25	2,73	-1,97	-1,14	-1,20	-3,00	-3,60	-4,39	-1,47	-5,86
195	40,00	9,15	8,78	9,29	8,83	4,27	3,79	3,24	2,73	-2,02	-1,16	-1,28	-3,03	-3,63	-4,49	-1,52	-5,92
200	41,00	9,18	8,82	9,33	8,87	4,26	3,79	3,23	2,73	-2,06	-1,17	-1,36	-3,05	-3,66	-4,61	-1,59	-5,99
205	41,90	9,20	8,85	9,35	8,90	4,26	3,80	3,22	2,74	-2,14	-1,18	-1,42	-3,07	-3,69	-4,68	-1,66	-6,06
210	43,00	9,22	8,87	9,37	8,93	4,24	3,80	3,21	2,74	-2,19	-1,20	-1,49	-3,08	-3,72	-4,75	-1,70	-6,11

215	44,00	9,23	8,88	9,38	8,95	4,24	3,80	3,20	2,74	-2,24	-1,21	-1,55	-3,10	-3,74	-4,80	-1,75	-6,15
220	45,20	9,25	8,90	9,40	8,97	4,23	3,81	3,20	2,74	-2,28	-1,22	-1,71	-3,11	-3,77	-4,86	-1,80	-6,19
225	46,10	9,28	8,94	9,44	9,02	4,22	3,81	3,18	2,75	-2,32	-1,24	-1,80	-3,14	-3,82	-4,99	-1,91	-6,28
230	47,20	9,30	8,96	9,46	8,46	4,20	3,81	3,17	2,75	-2,41	-1,26	-1,88	-3,16	-3,85	-5,06	-1,97	-6,34
235	48,20	9,32	8,98	9,48	9,07	4,20	3,81	3,16	2,75	-2,49	-1,27	-1,97	-3,17	-3,88	-5,13	-2,03	-6,38
240	49,50	9,32	8,99	9,49	9,08	4,19	3,82	3,16	2,75	-2,57	-1,28	-2,20	-3,18	-3,90	-5,18	-2,07	-6,42
245	50,50	9,34	9,01	9,51	9,12	4,17	3,82	3,14	2,76	-2,67	-1,29	-2,26	-3,19	-3,98	-5,26	-2,14	-6,51
250	51,60	9,38	9,06	9,55	9,21	4,09	3,82	3,10	2,85	-2,72	-1,32	-2,32	-3,06	-4,40	-5,53	-2,32	-6,86
255	52,60	9,43	9,15	9,63	9,33	3,98	3,84	3,03	2,91	-2,79	-1,40	-2,39	-3,00	-4,73	-6,09	-2,84	-7,14
260	53,50	9,43	9,17	9,65	9,37	3,96	3,84	3,02	2,92	-2,81	-1,42	-2,72	-3,00	-4,79	-6,16	-2,92	-7,22
265	54,40	9,44	9,19	9,67	9,39	3,95	3,84	3,01	2,92	-2,84	-1,43	-2,98	-3,01	-4,84	-6,24	-3,00	-7,30
270	55,50	9,45	9,20	9,69	9,42	3,94	3,84	3,00	2,92	-2,87	-1,45	-3,05	-3,02	-4,88	-6,30	-3,06	-7,37
280	57,50	9,46	9,24	9,74	9,49	3,90	3,84	2,95	2,93	-2,90	-1,52	-3,09	-3,05	-5,00	-6,53	-3,23	-7,60
285	58,50	9,48	9,26	9,76	9,52	3,88	3,83	2,93	2,93	-2,93	-1,55	-3,14	-3,07	-5,06	-6,63	-3,30	-7,69
290	59,40	9,49	9,28	9,77	9,55	3,87	3,83	2,92	2,93	-2,95	-1,58	-3,19	-3,08	-5,11	-6,73	-3,37	-7,78
295	60,40	9,50	9,30	9,80	9,57	3,85	3,82	2,91	2,93	-2,99	-1,60	-3,28	-3,10	-5,17	-6,82	-3,44	-7,87
300	61,40	9,52	9,32	9,83	9,62	3,82	3,82	2,88	2,93	-3,02	-1,65	-3,34	-3,15	-5,27	-6,99	-3,57	-8,04
305	62,30	9,53	9,33	9,85	9,64	3,81	3,81	2,87	2,93	-3,05	-1,68	-3,38	-3,17	-5,32	-7,08	-3,63	-8,13
310	63,30	9,54	9,34	9,86	9,67	3,79	3,81	2,85	2,93	-3,07	-1,70	-3,42	-3,19	-5,38	-7,17	-3,70	-8,20
315	64,30	9,54	9,35	9,87	9,68	3,78	3,81	2,84	2,92	-3,11	-1,72	-3,49	-3,21	-5,42	-7,24	-3,75	-8,27
320	65,30	9,56	9,36	9,88	9,71	3,76	3,80	2,83	2,92	-3,13	-1,76	-3,56	-3,24	-5,48	-7,34	-3,84	-8,35
325	66,40	9,57	9,38	9,90	9,73	3,74	3,79	2,81	2,91	-3,16	-1,79	-3,60	-3,27	-5,56	-7,46	-3,93	-8,44

330	67,40	9,59	9,40	9,90	9,73	3,71	3,78	2,79	2,91	-3,19	-1,84	-3,63	-3,29	-5,64	-7,60	-4,04	-8,51
335	68,40	9,60	9,42	9,90	9,74	3,68	3,77	2,77	2,90	-3,22	-1,88	-3,67	-3,32	-5,73	-7,74	-4,16	-8,56
340	69,40	9,62	9,43	9,91	9,75	3,65	3,75	2,75	2,89	-3,25	-1,94	-3,74	-3,36	-5,81	-7,90	-4,27	-8,64
345	70,40	9,65	9,46	9,91	9,78	3,60	3,74	2,71	2,87	-3,28	-2,02	-3,78	-3,43	-5,97	-8,16	-4,49	-8,77
350	71,40	9,65	9,47	9,92	9,80	3,58	3,72	2,69	2,86	-3,31	-2,06	-3,83	-3,46	-6,04	-8,26	-4,57	-8,84
355	72,40	9,65	9,48	9,92	9,82	3,54	3,70	2,67	2,85	-3,34	-2,12	-3,87	-3,50	-6,15	-8,45	-4,70	-8,97
360	73,40	9,66	9,50	9,92	9,85	3,48	3,69	2,64	2,82	-3,37	-2,18	-3,90	-3,60	-6,23	-8,69	-4,83	-9,18
365	74,40	9,67	9,53	9,95	9,92	3,38	3,67	2,60	2,76	-3,40	-2,27	-4,06	-3,79	-6,23	-9,09	-4,96	-9,59
370	75,40	9,70	9,56	9,96	9,95	3,34	3,65	2,58	2,73	-3,43	-2,34	-4,09	-3,87	-6,30	-9,29	-5,11	-9,77
375	76,40	9,73	9,59	10,00	10,00	3,30	3,63	2,57	2,71	-3,46	-2,43	-4,11	-3,96	-6,41	-9,49	-5,29	-9,96
380	77,40	9,74	9,61	10,01	10,02	3,28	3,62	2,55	2,69	-3,49	-2,48	-4,14	-4,00	-6,47	-9,59	-5,38	-10,05
385	78,40	9,76	9,64	10,03	10,05	3,25	3,61	2,54	2,67	-3,52	-2,55	-4,16	-4,07	-6,58	-9,75	-5,53	-10,21
390	79,40	9,78	9,66	10,05	10,08	3,22	3,59	2,52	2,65	-3,54	-2,61	-4,19	-4,13	-6,66	-9,87	-5,65	-10,32
395	80,40	9,82	9,70	10,08	10,11	3,17	3,57	2,51	2,62	-3,57	-2,72	-4,19	-4,22	-6,84	-10,02	-5,87	-10,50
400	81,40	9,85	9,74	10,11	10,15	3,12	3,52	2,49	2,59	-3,61	-2,86	-4,20	-4,31	-7,04	-10,18	-6,11	-10,72
400	81,40	10,01	9,93	10,29	10,33	2,98	3,47	2,46	2,49	-3,64	-3,23	-4,20	-4,67	-7,76	-10,62	-6,77	-11,33
400	81,40	10,01	9,93	10,29	10,33	2,97	3,47	2,46	2,49	-3,64	-3,23	-4,20	-4,67	-7,76	-10,62	-6,76	-11,32
400	81,40	10,01	9,93	10,29	10,33	2,97	3,47	2,46	2,49	-3,64	-3,23	-4,20	-4,67	-7,76	-10,61	-6,76	-11,33

		Tablo A.5 P9 PLAĞINA AİT DENEY DATASI															
YÜK(bar)	YÜK (ton)	CH.011	CH.012	CH.013	CH.014	CH.015	CH.016	CH.017	CH.018	CH.019	CH.020	CH.021	CH.022	CH.023	CH.024	CH.025	CH.026
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	2,00	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01	0,04	0,01	0,02	0,05	0,02	0,03	0,01	-0,02	-0,04	-0,01	-0,01
15	3,00	0,22	0,22	0,22	0,22	0,08	0,18	0,06	0,14	0,30	0,09	0,16	0,04	-0,08	-0,17	-0,03	-0,04
20	4,00	0,41	0,41	0,40	0,40	0,14	0,32	0,11	0,25	0,44	0,17	0,27	0,08	-0,15	-0,32	-0,05	-0,06
25	5,00	0,60	0,59	0,57	0,58	0,20	0,46	0,16	0,36	0,24	0,25	0,37	0,12	-0,24	-0,48	-0,07	-0,07
30	6,15	0,83	0,80	0,79	0,78	0,28	0,61	0,21	0,48	-0,88	0,33	-1,48	0,15	-0,31	-0,63	-0,08	-0,07
35	7,10	1,20	1,13	1,14	1,12	0,39	0,81	0,29	0,64	-1,20	0,38	-1,66	0,14	-0,38	-0,79	-0,07	-0,03
40	8,15	1,52	1,41	1,45	1,40	0,49	0,97	0,38	0,76	-1,47	-0,41	-1,87	-0,08	-0,35	-0,86	-0,03	-0,09
40	8,15	4,27	3,78	4,17	3,76	1,43	1,66	1,32	1,07	-2,13	-0,53	-2,59	-1,64	-1,50	-0,10	-0,98	-2,11
45	9,20	4,69	4,13	4,58	4,13	1,57	1,73	1,42	1,15	-2,32	-0,71	-2,82	-1,84	-1,65	-0,22	-1,29	-2,45
50	10,10	4,99	4,37	4,87	4,41	1,67	1,76	1,49	1,21	-2,36	-1,00	-2,95	-1,98	-1,76	-0,33	-1,57	-2,74
55	11,10	5,26	4,58	5,13	4,66	1,77	1,79	1,55	1,25	-3,07	-1,02	-3,08	-2,12	-1,85	-0,41	-1,86	-3,00
60	12,20	5,41	4,71	5,28	4,82	1,82	1,79	1,59	1,28	-3,44	-1,13	-3,13	-2,20	-1,90	-0,48	-2,05	-3,17
65	13,30	5,64	4,89	5,50	5,03	1,90	1,80	1,64	1,31	-3,58	-1,30	-3,22	-2,32	-1,97	-0,59	-2,35	-3,41
70	14,40	5,86	5,05	5,72	5,25	1,98	1,80	1,69	1,35	-3,75	-1,47	-3,29	-2,44	-2,03	-0,70	-2,65	-3,66
75	15,30	6,09	5,23	5,94	5,46	2,05	1,79	1,73	1,39	-3,95	-1,66	-3,36	-2,55	-2,11	-0,82	-2,99	-3,92
80	16,30	6,44	5,50	6,27	5,79	2,18	1,77	1,79	1,45	-4,19	-1,96	-3,44	-2,72	-2,22	-1,01	-3,47	-4,27
85	17,30	6,58	5,62	6,41	5,93	2,23	1,74	1,82	1,48	-4,21	-2,11	-3,48	-2,79	-2,28	-1,14	-3,73	-4,43
90	18,30	6,78	5,77	6,60	6,16	2,29	1,71	1,86	1,52	-4,35	-2,32	-3,51	-2,89	-2,36	-1,33	-4,06	-4,66
95	19,40	7,02	5,96	6,84	6,35	2,37	1,68	1,90	1,56	-4,52	-2,59	-3,56	-3,01	-2,46	-1,58	-4,47	-4,94

100	20,40	7,25	6,16	7,08	6,60	2,44	1,65	1,95	1,60	-4,60	-2,85	-3,59	-3,14	-2,57	-1,85	-4,90	-5,25
105	21,40	7,65	6,52	7,46	6,99	2,54	1,65	2,00	1,69	-4,81	-3,19	-3,58	-3,31	-2,80	-2,31	-5,51	-5,68
110	22,40	7,82	6,69	7,64	7,18	2,57	1,66	2,02	1,73	-4,84	-3,35	-3,55	-3,38	-2,92	-2,59	-5,81	-5,90
115	23,40	8,98	8,06	8,87	8,58	2,51	2,24	1,97	2,01	-5,20	-3,81	-5,05	-4,22	-4,39	-6,03	-7,75	-8,54
120	24,50	9,49	8,59	9,40	9,16	2,56	2,29	1,98	2,11	-5,21	-4,32	-7,63	-4,58	-4,91	-7,41	-8,82	-9,58
125	25,40	10,00	9,10	9,92	9,72	2,59	2,28	2,00	2,18	-5,51	-4,90	-7,23	-4,96	-5,40	-8,85	-9,90	-10,62
130	26,40	10,79	9,87	10,72	10,57	2,68	2,26	2,05	2,29	-5,62	-5,82	-8,73	-5,54	-6,10	-10,92	-11,60	-12,14
135	27,50	10,97	10,05	10,91	10,77	2,68	2,22	2,05	2,30	-5,76	-6,09	-8,57	-5,69	-6,30	-11,58	-12,09	-12,58
140	28,60	11,21	10,31	11,16	11,05	2,69	2,18	2,05	2,31	-5,90	-6,52	-8,31	-5,97	-6,64	-12,66	-12,85	-13,29
145	29,60	11,58	10,69	11,54	11,45	2,70	2,11	2,06	2,30	-5,92	-7,04	-8,02	-6,32	-7,01	-13,86	-13,76	-14,19
150	30,60	11,83	10,96	11,82	11,76	2,71	2,05	2,07	2,28	-6,01	-7,51	-9,76	-6,66	-7,35	-14,89	-14,51	-14,91
155	31,60	12,70	11,80	12,63	12,57	2,79	1,92	2,10	2,16	-6,27	-8,65	-9,18	-7,64	-8,22	-17,30	-16,48	-16,97
160	32,60	12,85	11,95	12,79	12,74	2,79	1,86	2,10	2,12	-6,46	-8,95	-9,02	-7,86	-8,43	-17,95	-16,97	-17,46
165	33,60	12,97	12,07	12,91	12,87	2,78	1,81	2,10	2,08	-6,61	-9,28	-10,17	-8,11	-8,69	-18,68	-17,51	-18,02
170	34,60	13,23	12,34	13,17	13,12	2,78	1,72	2,10	2,01	-6,98	-9,71	-10,42	-8,48	-9,04	-19,69	-18,24	-18,78
175	35,80	13,72	12,84	13,66	13,62	2,77	1,56	2,10	1,86	-7,52	-10,59	-10,92	-9,25	-9,80	-21,63	-19,69	-20,32
180	36,70	15,21	14,35	15,17	15,13	2,77	1,07	2,11	1,38	-8,06	-13,20	-12,36	-11,54	-12,14	-27,36	-24,00	-24,84
185	37,90	15,58	14,75	15,59	15,57	2,75	0,86	2,10	1,22	-9,49	-14,17	-12,91	-12,29	-12,91	-29,58	-25,71	-26,39
185	37,90	16,04	15,30	16,66	16,69	2,71	0,47	2,07	0,87	-10,50	-15,55	-13,81	-13,95	-15,00	-32,84	-28,12	-29,47
185	37,90	16,42	15,63	17,11	17,20	2,74	0,32	2,08	0,90	-10,75	-16,20	-14,08	-14,25	-15,29	-33,84	-28,87	-30,09

		Tablo A.6 P10 PLAĞINA AİT DENEY DATASI															
YÜK(bar)	YÜK (ton)	CH.011	CH.012	CH.013	CH.014	CH.015	CH.016	CH.017	CH.018	CH.019	CH.020	CH.021	CH.022	CH.023	CH.024	CH.025	CH.026
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,50	0,19	0,19	0,18	0,18	0,20	0,16	0,16	0,12	0,22	0,08	0,15	0,04	0,12	0,16	0,09	0,02
10	2,00	0,37	0,37	0,35	0,36	0,45	0,33	0,30	0,25	0,56	0,19	0,25	0,08	0,34	0,44	0,14	-0,03
15	3,00	0,61	0,58	0,55	0,58	0,70	0,48	0,41	0,36	0,81	0,27	0,30	0,11	0,49	0,62	0,16	-0,07
20	4,00	0,84	0,79	0,75	0,79	0,97	0,66	0,54	0,48	1,13	0,37	0,38	0,14	0,68	0,88	0,19	-0,13
25	5,00	1,16	1,08	1,02	1,08	1,31	0,91	0,74	0,64	1,52	-0,55	0,51	0,17	0,88	1,22	0,27	-0,20
30	6,15	1,48	1,40	1,34	1,40	1,64	1,13	0,97	0,77	1,86	-0,68	0,67	0,14	0,99	1,47	0,34	-0,30
35	7,10	3,28	3,03	3,16	3,12	3,47	2,02	2,67	1,31	3,73	-0,80	2,30	-0,56	0,74	1,78	0,27	-1,46
40	8,15	4,41	4,04	4,20	4,14	4,59	2,59	3,53	1,62	4,78	-1,06	2,97	-0,91	0,53	2,06	0,07	-2,01
45	9,20	5,32	4,86	4,98	4,87	5,40	2,98	4,13	1,80	5,60	-1,09	3,43	-1,22	0,48	2,23	-0,15	-2,65
50	10,10	5,86	5,33	5,45	5,35	5,97	3,20	4,48	1,92	6,21	-1,15	3,65	-1,44	0,49	2,37	-0,36	-3,13
55	11,10	6,23	5,63	5,77	5,67	6,12	3,35	4,67	2,01	6,69	-1,19	3,75	-1,57	0,56	2,54	-0,58	-3,53
60	12,20	6,56	5,90	6,07	5,98	6,25	3,48	4,88	2,08	7,12	-1,24	3,87	-1,74	0,58	2,64	-0,80	-3,91
65	13,30	6,90	6,16	6,34	6,25	6,26	3,54	5,04	2,10	7,67	-1,28	3,96	-1,93	0,36	2,75	-1,01	-4,16
70	14,40	7,27	6,45	6,65	6,56	6,39	3,64	5,25	2,16	7,63	-1,30	4,07	-2,10	0,35	2,65	-1,27	-4,52
75	15,30	7,49	6,63	6,85	6,75	6,44	3,71	5,37	2,19	7,35	-1,32	4,14	-2,20	0,34	2,70	-1,42	-4,76
80	16,30	7,72	6,83	7,05	6,96	6,60	3,79	5,50	2,24	7,11	-1,36	4,19	-2,31	0,33	2,73	-1,58	-5,04
85	17,30	7,87	6,95	7,20	7,10	6,65	3,83	5,58	2,27	6,91	-1,43	4,23	-2,36	0,30	2,74	-1,66	-5,17
90	18,30	8,07	7,13	7,37	7,26	6,78	3,89	5,69	2,30	6,75	-1,45	4,29	-2,46	0,26	2,73	-1,77	-5,37
95	19,40	8,26	7,29	7,55	7,44	6,88	3,95	5,80	2,32	6,38	-1,48	4,35	-2,55	0,20	2,71	-1,86	-5,58

100	20,40	8,41	7,43	7,69	7,57	7,20	4,00	5,89	2,35	6,20	-1,52	4,39	-2,62	0,16	2,67	-1,93	-5,74
105	21,40	8,72	7,73	8,03	7,95	7,35	4,08	6,10	2,37	6,23	-1,54	4,52	-2,96	0,05	2,23	-1,94	-6,30
110	22,40	8,90	7,90	8,23	8,14	7,63	4,15	6,24	2,39	6,26	-1,58	4,60	-3,11	-0,04	2,10	-2,01	-6,59
115	23,40	9,06	8,05	8,38	8,29	7,98	4,19	6,33	2,40	6,29	-1,61	4,64	-3,20	-0,10	2,02	-2,06	-6,76
120	24,50	9,18	8,18	8,51	8,41	8,14	4,23	6,40	2,42	6,30	-1,68	4,68	-3,28	-0,17	1,93	-2,12	-6,93
125	25,40	9,35	8,35	8,70	8,59	8,23	4,28	6,50	2,44	6,32	-1,77	4,71	-3,39	-0,27	1,81	-2,23	-7,16
130	26,40	9,62	8,62	8,95	8,85	8,35	4,38	6,60	2,47	6,36	-1,81	4,69	-3,54	-0,41	1,59	-2,40	-7,51
135	27,50	9,74	8,74	9,07	8,98	8,40	4,42	6,64	2,49	6,41	-1,81	4,64	-3,63	-0,49	1,43	-2,53	-7,73
140	28,60	9,94	8,97	9,25	9,18	8,43	4,53	6,61	2,52	6,47	-1,83	4,40	-3,70	-0,57	0,99	-2,69	-8,06
145	29,60	10,09	9,12	9,39	9,33	8,49	4,58	6,61	2,54	6,49	-1,85	4,30	-3,78	-0,68	0,83	-2,84	-8,32
150	30,60	10,26	9,28	9,54	9,50	8,50	4,63	6,64	2,57	6,50	-2,05	4,22	-3,88	-0,80	0,69	-3,04	-8,60
155	31,60	10,58	9,58	9,83	9,82	8,71	4,72	6,65	2,64	6,52	-2,09	3,96	-4,07	-1,13	0,51	-3,47	-9,21
160	32,60	10,69	9,68	9,92	9,93	8,76	4,74	6,63	2,67	6,50	-2,14	3,83	-4,14	-1,28	0,44	-3,65	-9,45
165	33,60	10,80	9,78	10,02	10,04	8,80	4,76	6,62	2,70	6,46	-2,18	3,73	-4,21	-1,38	0,36	-3,81	-9,65
170	34,60	10,93	9,89	10,13	10,16	8,85	4,78	6,62	2,71	6,42	-2,25	3,62	-4,29	-1,51	0,30	-4,04	-9,90
175	35,80	11,12	10,07	10,31	10,35	8,92	4,81	6,63	2,74	6,40	-2,35	3,49	-4,42	-1,68	0,19	-4,37	-10,28
180	36,70	11,67	10,58	10,81	10,89	9,06	4,91	6,69	2,78	6,37	-2,67	3,10	-4,84	-2,17	-0,05	-5,22	-11,58
185	37,90	11,78	10,68	10,92	11,01	9,09	4,92	6,70	2,80	6,28	-2,74	3,02	-4,92	-2,25	-0,15	-5,35	-11,79
190	38,80	11,92	10,81	11,04	11,14	9,14	4,93	6,72	2,80	6,24	-2,83	2,94	-5,03	-2,39	-0,28	-5,56	-12,09
195	40,00	12,05	10,93	11,17	11,27	9,40	4,94	6,74	2,81	6,20	-2,92	2,87	-5,14	-2,51	-0,42	-5,78	-12,39
200	41,00	12,42	11,27	11,53	11,64	9,44	4,98	6,82	2,82	6,11	-3,18	2,70	-5,44	-2,86	-0,77	-6,33	-13,12
205	41,90	12,57	11,41	11,67	11,78	9,49	4,98	6,86	2,82	5,74	-3,30	2,62	-5,58	-3,03	-0,98	-6,62	-13,49

210	43,00	12,77	11,59	11,87	11,98	9,57	4,97	6,90	2,82	5,12	-3,50	2,52	-5,77	-3,26	-1,28	-7,00	-13,93
215	44,00	13,14	11,90	12,23	12,34	9,00	4,95	6,99	2,83	5,00	-3,87	2,36	-6,08	-3,63	-1,74	-7,59	-14,59
220	45,20	13,36	12,09	12,44	12,55	8,67	4,93	7,04	2,82	4,62	-4,16	2,24	-6,33	-3,93	-2,17	-8,08	-15,12
225	46,10	13,50	12,73	13,22	13,32	8,50	4,86	7,15	2,80	4,50	-4,93	1,72	-7,11	-4,94	-3,30	-9,34	-16,70

ÖZGEÇMİŞ

17.04.1979 tarihinde İstanbul Şişli’de doğdu. İlk ve Ortaokul öğrenimini Üsküdar Nursen Fuat İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Lise öğrenimine Üsküdar Halide Edip Adivar Lisesi’nde devam ederek bu okuldan 1995 yılında mezun oldu. 1997 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. 1999 yılında, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümü 2. sınıfına yatay geçişle devam etmeye hak kazandı. Sağlık sorunlarından dolayı öğrenim hayatına bir sene ara verdikten sonra 2002 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği eğitimini bölüm ikinciliği derecesiyle tamamlayıp aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans programında eğitime başladı.