

**ELASTİK ZEMİNE OTURAN ÇELİK LİF VE ÇELİK
HASIR DONATILI BETON PLAKLARIN MEKANİK
DAVRANIŞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Ergin KİŞİN
(501041037)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Haziran 2006**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin AYDOĞAN

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Mehmet Ali TAŞDEMİR

Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN (YTÜ)

HAZİRAN 2006

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,

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, dünyaya merhaba dediğim günden bugüne kadar hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan; emeklerinin karşılığını, onlar istemeseler bile, hiçbir zaman ödeyemeyeceğim değerli aileme,

Teşekkür ederim.

Mayıs 2006

Ergin KİŞİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
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 Tel Donatılı 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	36
5.3.2 El ile yükleme yapılan krikon	38
5.3.3 Ölçüm çerçevesi	41
5.3.4 Ölçüm cihazları	43
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.....	49
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.....	60
6.1 Deneyde kullanılan ÇTDB ve ÇHDB Plakların Üretimi	60
6.1.1 ÇTDB plakların üretimi	61
6.1.2 ÇHDB plakların üretimi	61
6.2 Deney Öncesi Yapılan Hazırlıklar	62
6.2.1 Deney plaklarının oturacağı zeminin hazırlanması.....	62
6.2.2 Deney plaklarının yükleme çerçevesine yerleştirilmesi.....	63
6.2.3 Ölçüm çerçevesinin yerleştirilmesi	63
6.2.4 Transducerların ölçüm çerçevesine bağlanması	64
6.2.5 Yüklemeyi sağlayacak olan krikonun yerleştirilmesi	64
6.3 Deneyin Yapılışı.....	65
7. DENEY SONUÇLARI.....	67
7.1 P11 Plâğı Deney Sonuçları.....	67
7.1.1 P11 plâğı yer değiştirme ölçümleri	67
7.1.2 P11 plâğı çatlak ölçümleri.....	70
7.2 P12 Plâğı Deney Sonuçları.....	74
7.2.1 P12 plâğı yer değiştirme ölçümleri	74
7.2.2 P12 plâğı çatlak ölçümleri.....	77
8. SONUÇLAR	79
KAYNAKLAR	88
EKLER.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	96

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..... 34
Tablo 5.2	Deneyde Kullanılan Plaklar için Oluşturulan Parametreler..... 35
Tablo 5.3	Krikonun Kalibrasyonu..... 40
Tablo 5.4	Kullanılan Transducer Tipleri (P5, P6, P7 plakları için)..... 44
Tablo 5.5	Kullanılan Transducer Tipleri (P8, P9, P10 plakları için)..... 45
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/S15 Numunelerinin Deney Sonuçları..... 53
Tablo 5.9	C30/S15 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları..... 54
Tablo 5.10	Eğilme Dayanımı Deneyi Numune Verileri (ÇTDB)..... 55
Tablo 5.11	Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları (ÇTDB)..... 55
Tablo 5.12	C30 Numunelerinin Deney Sonuçları..... 56
Tablo 5.13	C30 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları..... 57
Tablo 5.14	Eğilme Dayanımı Deneyi Numune Verileri (ÇHDB)..... 58
Tablo 5.15	Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları (ÇHDB)..... 58
Tablo 5.16	Deneyde Kullanılan Beton Karışımlarının Karakteristik Değerleri. 59
Tablo 7.1	P11 Plâğı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 68
Tablo 7.2	P11 Plâğı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 69
Tablo 7.3	P11 Plâğı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri..... 70
Tablo 7.4	P11 Plâğı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri..... 71
Tablo 7.5	P12 Plâğı X Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 75
Tablo 7.6	P12 Plâğı Y Eksenli Yerdeğiştirme Değerleri..... 76
Tablo 7.7	P12 Plâğı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri..... 77
Tablo 7.8	P12 Plâğı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri..... 77
Tablo 8.1	2004 - 2005 Yıllarına ait Deney Parametreleri..... 79
Tablo 8.2	Tel İçeriği Değişiminin Plak Davranışına Etkisi (P5 – P6 – P11) .. 85
Tablo 8.3	Çelik Tel Donatılı Plaklarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P7 – P9 – P11) 86
Tablo 8.4	Çelik Hasır Donatılı Plaklarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P8 – P10 – P12) 87
Tablo 8.5	Donatı Elemanı Değişiminin Plak Davranışına Etkisi (P11 – P12) 87
Tablo A.1	P11 Plâğına Ait Deney Datası 91
Tablo A.2	P12 Plâğına Ait Deney Datası..... 93

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Düz Pürüzsüz Yüzeyli Teller.....	6
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...	37
Şekil 5.4 : Deney Plaklarının Oturacağı Zeminin Kesiti.....	38
Şekil 5.5 : Yükleme Çerçevesi Genel Görünümü.....	38
Şekil 5.6 : Krikonun Genel Görünümü.....	39
Şekil 5.7 : Ölçüm Çerçevesinin Boyutları.....	42
Şekil 5.8 : Transducer Bağlantı Noktası Detayı.....	43
Şekil 5.9 : Ölçüm Cihazları (Transducerlar).....	43
Şekil 5.10 : Transducer Yerleşim Planı.....	44
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.....	50
Şekil 5.16	: Havuz İçerisindeki Sertleşmiş Beton Deneyi Numuneleri.....	51
Şekil 5.17	: Beton Küp Numunesinin Basınç Dayanımı Deneyi.....	51
Şekil 5.18	: Beton Silindir Numunesinin Basınç Dayanımı Deneyi.....	52
Şekil 5.19	: Beton Kiriş Numunesinin Eğilme Dayanımı Deneyi.....	52
Şekil 5.20	: C30/S15 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E).....	55
Şekil 5.21	: C30/S15 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği.....	56
Şekil 5.22	: C30 için $\sigma - \varepsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E).....	57
Şekil 5.23	: C30 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği.....	58
Şekil 6.1	: Beton Döküm Düzeni.....	60
Şekil 6.2	: ÇTDB Plakların Beton Dökümü.....	61
Şekil 6.3	: ÇHDB Plakların Beton Dökümü.....	62
Şekil 6.4	: Deney Plaklarını Oturacağı Styrofoam Levha.....	63
Şekil 6.5	: Deney Plaklarının Taşınması.....	63
Şekil 6.6	: Krikonun Görünümü.....	64
Şekil 6.7	: Deney Plağının X – Y Eksenleri Altında Görünümü.....	65
Şekil 6.8	: Deney Düzeneği.....	66
Şekil 7.1	: P11 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı....	67
Şekil 7.2	: P11 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	68
Şekil 7.3	: P11 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	69
Şekil 7.4	: Plak Kenar Numaraları.....	71
Şekil 7.5	: P11 Plağı 3A Çatlağı.....	72
Şekil 7.6	: P11 Plağı 1A Çatlağı.....	72
Şekil 7.7	: P11 Plağı Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu.....	72
Şekil 7.8	: P11 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktanın Görünümü.....	73
Şekil 7.9	: P11 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü.....	73
Şekil 7.10	: P12 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı....	74
Şekil 7.11	: P12 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	75
Şekil 7.12	: P12 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği.....	76
Şekil 7.13	: P12 Plağı 1B Çatlağı.....	78
Şekil 7.14	: P12 Plağı 3C Çatlağı.....	78
Şekil 7.15	: P12 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktasının Görünümü.....	78

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 LİF VE ÇELİK HASIR DONATILI BETON PLAKLARIN MEKANİK DAVRANIŞI

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 aşır 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 2 adet plakla sürdürülmüştür. Bir adet 15 kg/m³ çelik tel ve bir 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 kullanılmıştır.

Plaklar, merkezine yerleştirilen el ile yükleme yapan krika 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.

MECHANICAL BEHAVIOUR OF STEEL FIBRE AND WELDED WIRE FABRIC REINFORCED CONCRETE GROUND SLABS 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 2 slabs of dimensions 3.0 x 3.0 x 0.15 full scale. Slabs used in experiment have been reinforced by 15 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 have been employed to represent elastic subbase.

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 0,15m. 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.

1. GİRİŞ

Kırılma sırasında az enerji yutması, betonun en olumsuz yanıdır. 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 2 adet plakla sürdürülmüştür. Çelik tel ve çelik hasır içeriği ile plağın oturduğu elastik zeminin yatak katsayısı

etkisinin incelenebilmesi amacıyla, tek tip zemin tipi ile farklı tipte donatı içeren iki adet plak ile çalışılmıştır. Bu amaçla bir adet bir adet 15 kg/m³ tel ve bir adet Q188/188 tipi çelik hasır donatı içeren plaklar hazırlanmıştır. Tüm deney plaklarında beton sınıfı (C30) kullanılmış, çelik tel türü kancalı uçlu Dramix, 80/60 tercih edilmiştir. Elastik zemini temsil etmesi amacıyla styrofoam (ekstrüde polistiren köpük) levhalar kullanılmıştır. Farklı yatak katsayısı elde edebilmek amacıyla, elastisite modülü bilinen zeminler farklı kalınlıklarda kullanılabilmektedir. Örneğin, 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, krik o ile plaklar kırılana kadar yüklenmiştir. Her yük kademesinde, plak yüzeyinin 16 noktasına yerleştirilen transducerlar ile yerdeğıştirme değ erleri kaydedilmiştir. Belirlenen yük adımlarında, plak kenarlarında oluşan çatlakların genişlik ölçümü yapılmıştır.

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. Prekast 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 verdiğinden, ince kabuk yapılarda, kubbelerde ve mimari açıdan kalınlığı sınırlı olan yapı elemanlarında kullanılmaktadır [8].

Yukarda 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]. |

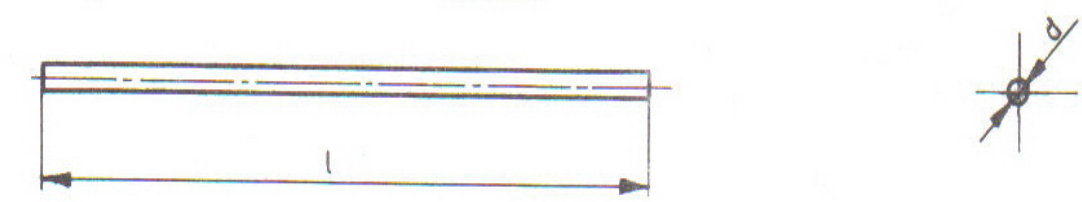
Bu uygulamaların dışında aşağıda belirtilen prefabrike elemanların üretiminde de yaygın biçimde kullanılmaktadır: Muayene bacaları, yağ ayırıcıları, transformatör kabinleri, yağmur suyu kolektörleri, atık su tankları, atık madde tankları, cephe ve bölme duvar elemanları, kanalizasyon boruları, tünel 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

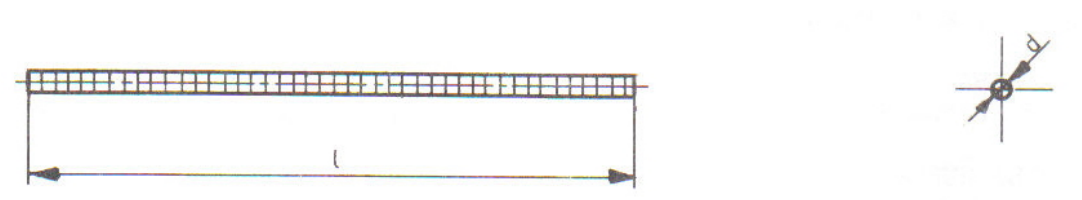


Şekil 2.1: Düz Pürüzsüz Yüzeyli Teller

Sınıf B: Bütün uzunluğunca deforme olmuş teller

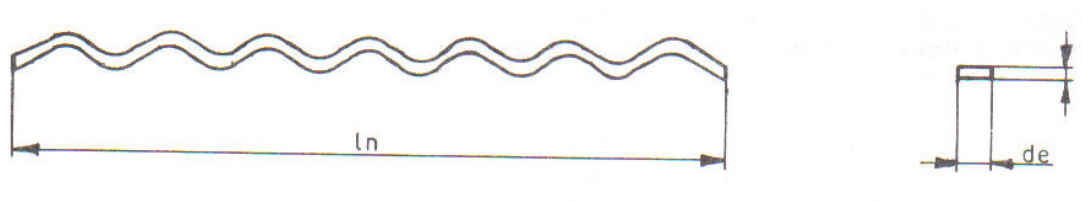
Uzunluğu boyunca deforme olma şekline göre üç tipe ayrılır:

- Üzerinde girintiler (çentikler) açılmış teller



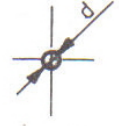
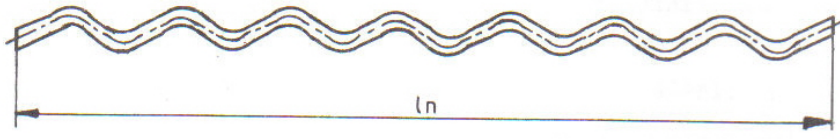
Şekil 2.2: Üzerinde Girintiler (Çentikler) Açılmış Teller

- Uzunluğu boyunca dalgalı (kıvrımlı) teller



Şekil 2.3: Uzunluğu Boyunca Dalgalı (kıvrımlı) Teller

- Ay biçimli dalgalı teller

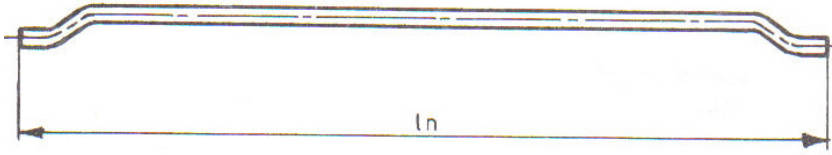


Şekil 2.4: Ay Biçimli Dalgalı Teller

Sınıf C: Sonu kancalı teller

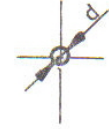
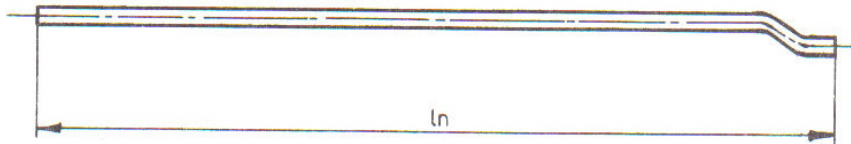
Sonlarındaki kancalara göre iki tipe ayrılır:

- İki ucu kıvrılmış teller



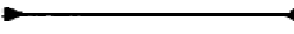
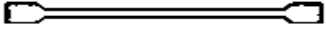
Şekil 2.5: İki Ucu Kıvrılmış Teller

- 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 agregâ kütlesinin % 40-% 45'i olmalıdır (750 kg/m^3 - 850 kg/m^3), en büyük dane büyüklüğü doğal agregâ için 28 mm kırma taş için 32 mm olmalıdır, 14 mm'den büyük agregâ 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 agregâ 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 transmiksere 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**

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

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

Teller, mikser 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 Tel Donatılı 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...) bağlı 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ap oranıdır. Bu oran artıkça işlenebilirlik azalır. Betonun işlenebilirliğini arttırmak için su ilave edilmesi, mukavemetini büyük ölçüde azaltır. Bu nedenle slamp 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 agrega içeren 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 elik Tel Donatılı Betonun Yerleştirilmesi ve Yüzeyinin Düzeltilmesi

şantiyede lifli betonun dökümü doğrudan transmikseler 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 masterlama 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 $20\text{-}25 \text{ kg/m}^3$ 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 yüzeyle 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),

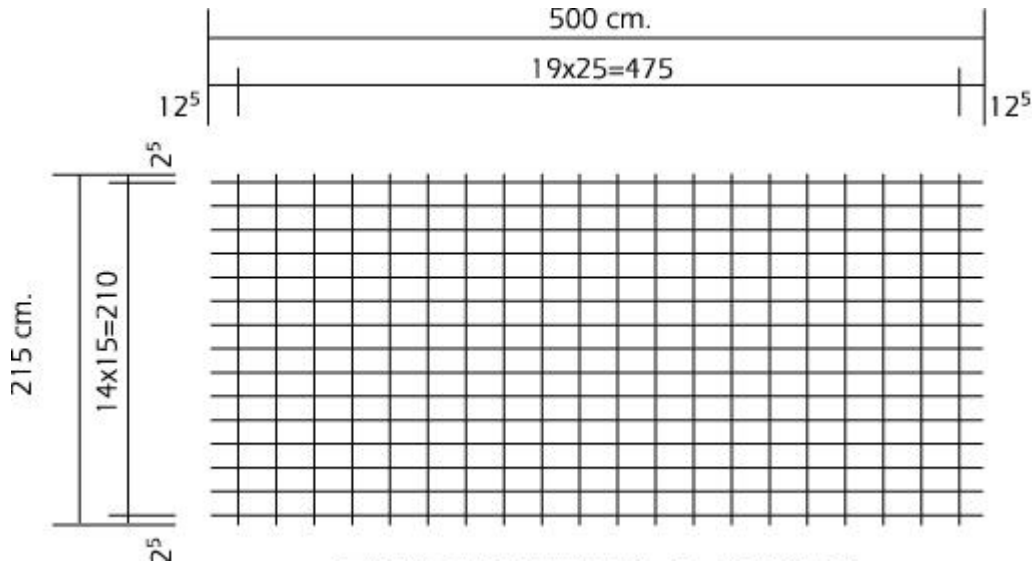
- Minimum kopma uzaması %5 olanlar (k) olmak üzere iki türe ayrılır [15].

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.

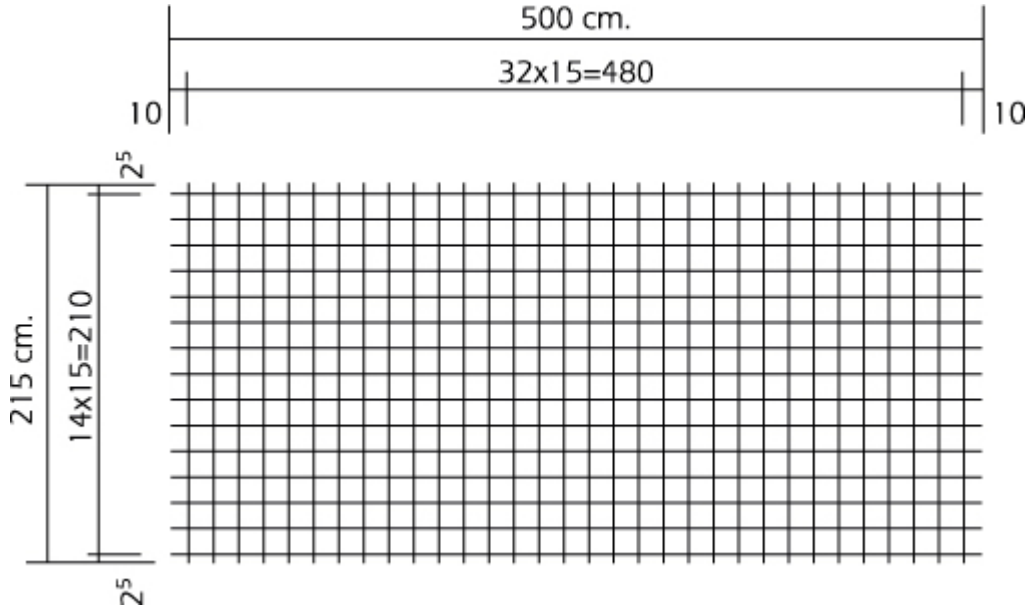
R tipi standart çelik hasır türleri ise;

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	m²	Hasır
		m	mm						cm²/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

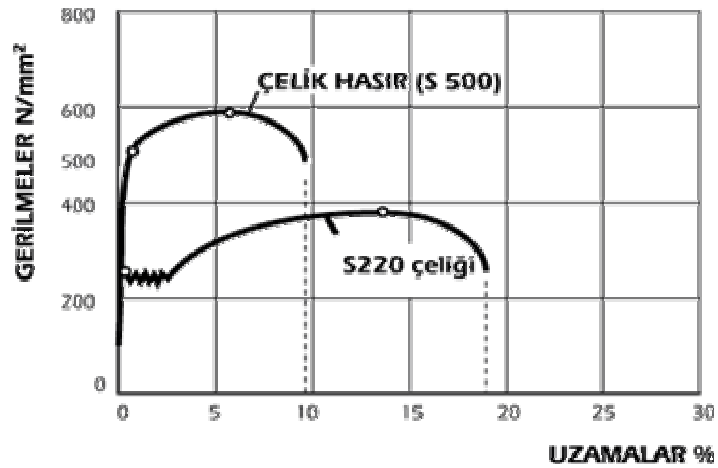
3.3 Çelik Hasır Donatılı Betonların Özellikleri ve Üstünlükleri

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

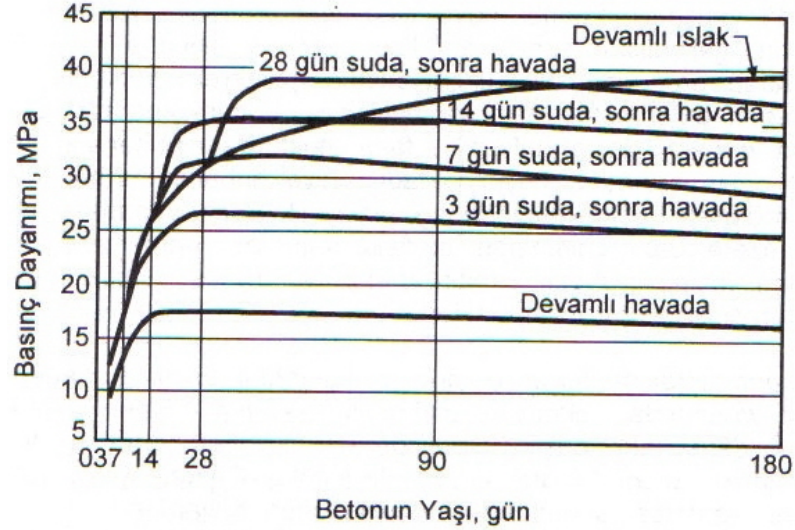
4. BETONUN KÜR'Ü

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, traslı 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 iki adet plakla sürdürülmüş ve ölçeklendirmede hassasiyete dikkat edilmiştir. Çelik tel içerikli plak ve çelik hasır donatılı plağın davranışının belirlenebilmesi amacıyla zemin sınıfı her iki plak için de aynı seçilmiştir. Bu amaçla hazırlanan deney numunelerinde (plaklarda) beton sınıfı sabit tutulmuş ve “C 30” olarak belirlenmiştir. Elastik zemini laboratuvar ortamında modellemek için 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 styrofoam levhalar, farklı kalınlıklarda kullanılabilir. Kullanılan zeminin (styrofoam) kalınlığa göre hesaplanan yatak katsayısı değeri aşağıda, Tablo 5.1’de gösterilmektedir.

Tablo 5.1: Yataklık Yapan Malzemeler için Yatak Katsayısı Değerleri

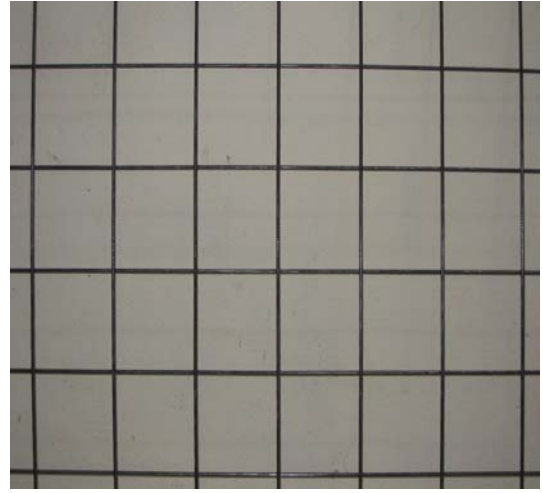
Zemin Tipi	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Uygulanan Kalınlık (mm)	Yatak Katsayısı (k) (N/mm ³)
FLOORMATE 200 SL-T (Styrofoam)	2,10	120	0,01750

Plakların üretiminde 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)
P11	C 30	Kancalı Uçlu Dramix, 80/60	15	---	0,01750
P12	C 30	---	---	Q188/188	0,01750

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].

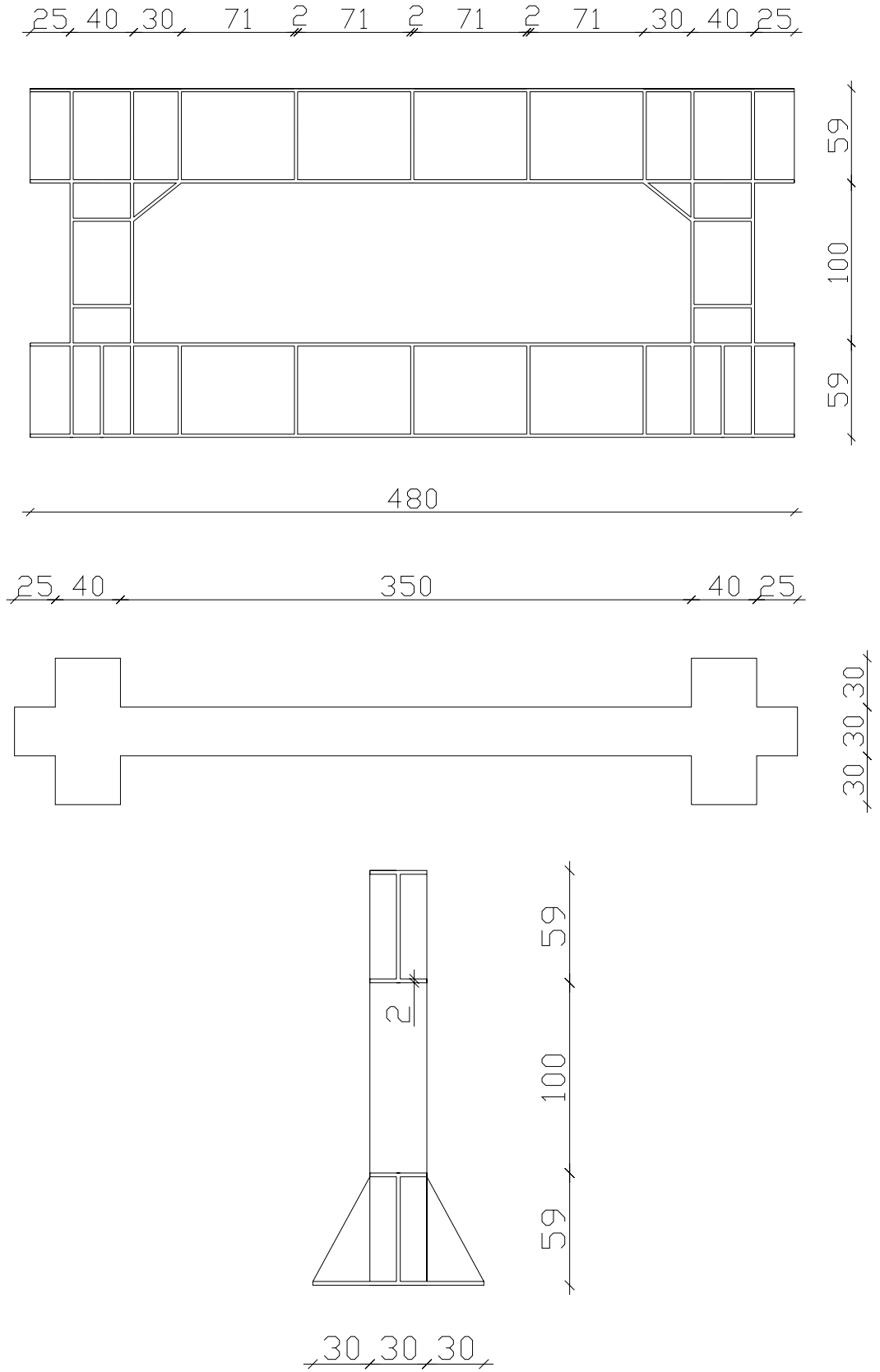
5.3 Deneyde Kullanılan Temel Ekipmanlar

Deneyde beş temel ekipman kullanılmıştır. Bunlar;

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

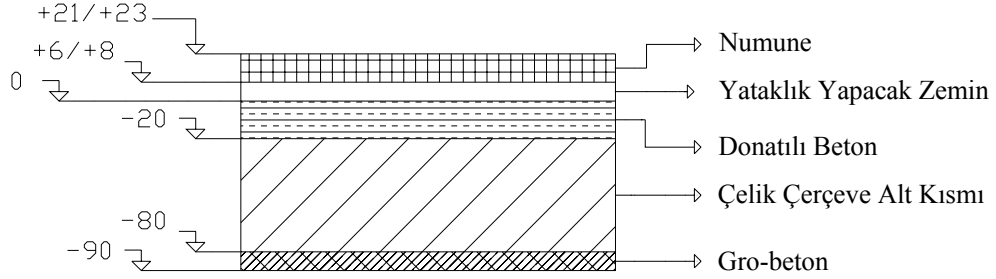
5.3.1 Yükleme çerçevesi

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 krika

El ile yükleme yapmayı sağlayan bir krika 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
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

Krikonun Kalibrasyonuna Ait Tablonun Devamı				
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 yerdeğiştirmeler kaydedilmiştir [9].

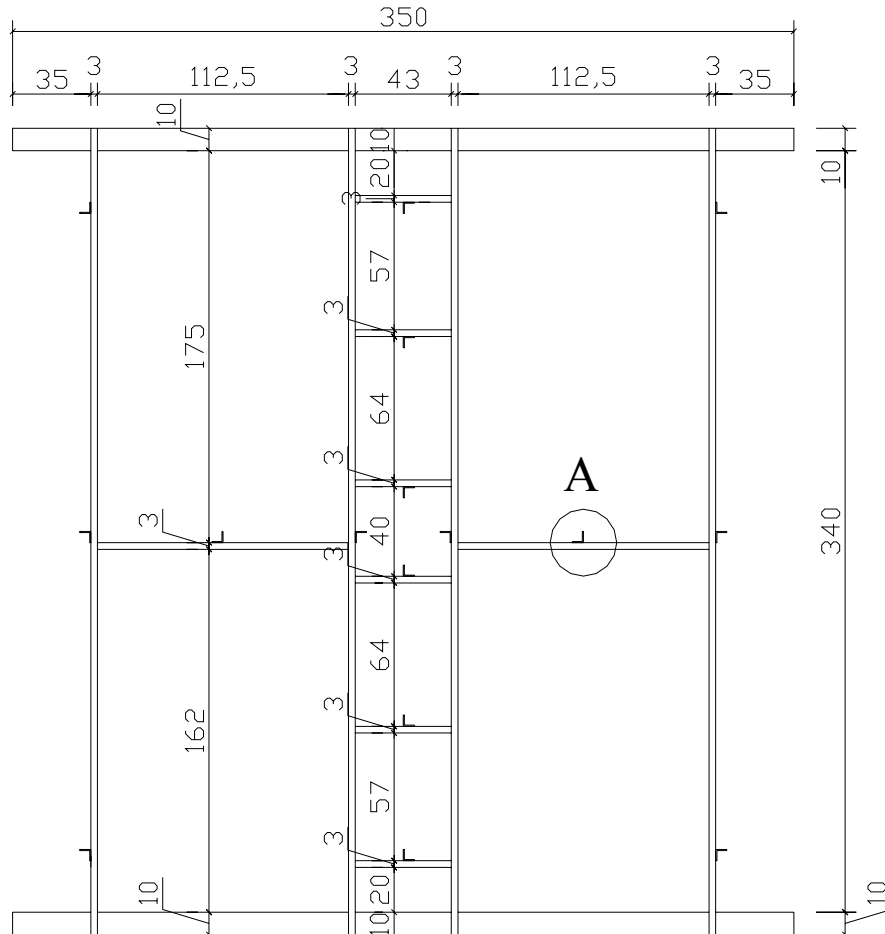
5.3.3 Ölçüm çerçevesi

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 yerdeğişimleri ölçebilmek için transducer adı verilen ölçüm cihazlarının üzerine bağlanabilmesine imkan vermektedir.
- Plak üzerinde kaç noktadan yerdeğişimlerin 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, krik, plak v.b.) bağımsızdır.

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



Şekil 5.7: Ölçüm Çerçevesinin Boyutları (Ölçüler cm dir.) [9].

Şekil 5.7’de işaretlenmiş olan A noktası, transducer’ların bağlantı noktalarına bir örnektir. A noktasının detayı, Şekil 5.8’de görülmektedir.



Şekil 5.8: Transducer Bağlantı Noktası Detayı

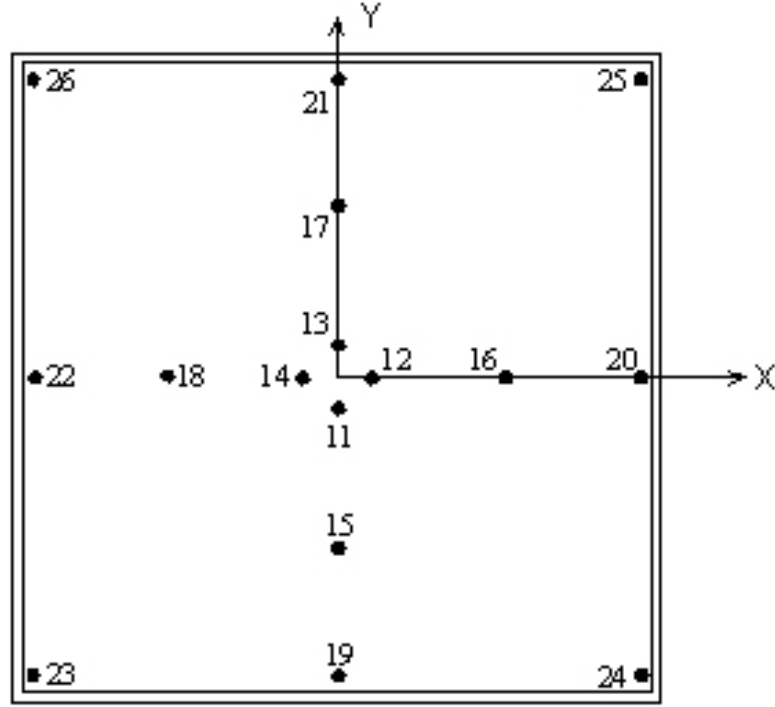
5.3.4 Ölçüm cihazları

Deney plaklarının yükleme esnasında sehimini kontrollü bir biçimde ölçmek için kendi eksenine 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)

Önceki yıllarda plaklar üzerinde yapılan deneylerden 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 devam eden plak deneylerinde (P8, P9, P10 plakları) daha büyük sehim ölçen 100 mm'lik

transducerlar kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda daha olumlu neticeler elde edilmesi nedeniyle P11 ve P12 plakları içinde 50 mm'lik ve 100 mm'lik transducerlar kullanılmıştır. Buna göre, 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 (P11 ve P12 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 tek tipte styrofoam levha 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

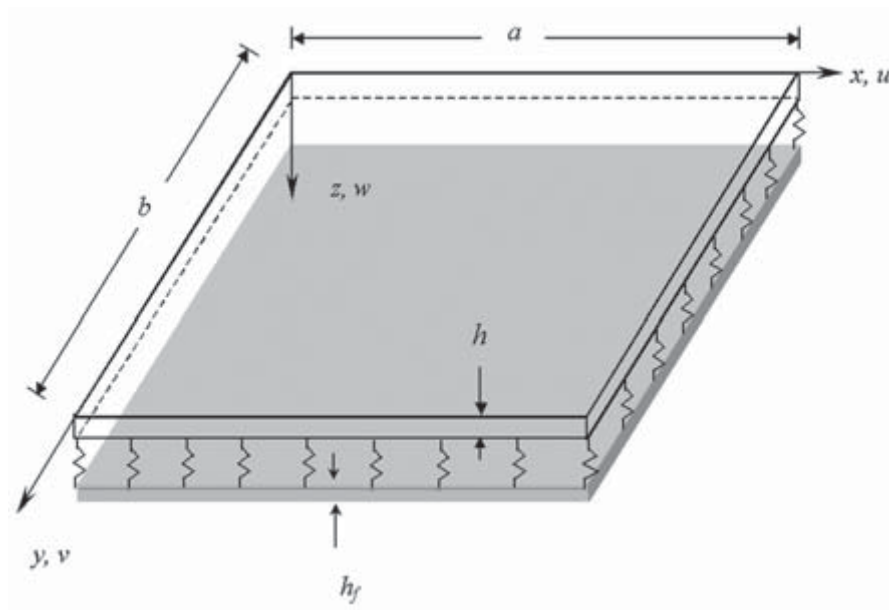
Zemin Tipi	Yoğunluk (kg/m ³)	Boyutlar (mm)
FLOORMATE 200 SL-T	30-36	1200x600x60

Yukarıda belirtilen zemin tipi deneylerde şu şekilde kullanılmışlardır;

- P11 ve P12 plaklarının her ikisi için, Floormate 200 SL-T tipi styrofoam levha (60 + 60 mm) olacak şekilde iki tabaka halinde, 120 mm kalınlığında kullanılmıştır.

Plaklara yataklık yapan malzeme hazırlanırken, birleşim yerleri şaşırtmalı olarak düzenlenmiştir. Bu sayede, birleşim yerlerinin üst üste gelerek zayıf bir bölge oluşması engellenmiştir.

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 değerinin, denklem (3.2)’de yerine konulması ile bulunur.

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

O halde malzemelerin yatak katsayıları;

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

Elde edilen bu yatak katsayısının 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 levha olan Floormate 200 SL-T “gevşek kum” türünde bir zemini modellemektedir.

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

Bu çalışmada P11 ve P12 plakları hazırlanmıştır. Yapılan deneylerde bütün deney plakları için C30 sınıfı beton kullanılmıştır. Bu plaklardan P11 plağı için, 15 kg/m³ tel içeriği, 5 m³’lük transmikserdeki hazır betona 75 kg dramix (80/60) katılarak sağlanmıştır. P12 plağı için çelik hasır içeriği ise, Q 188/188 tipi çelik hasırın, kenarlarda 5 cm pas payı kalacak şekilde 2,95x2,95 mxm boyutlarında hazırlanması ile 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 eğrileri 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 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, P11 plağı için hazırlanan, 15 kg/m³ tel içeren betondan alınan numunelerin deney sonuçları Tablo 5.8'de verilmektedir. C30/S15 silindir numunelerin basınç deneyi sonuçları Tablo 5.9'da, $\sigma - \varepsilon$ grafiği ve elastisite modülü Şekil 5.20'de gösterilmektedir. Ayrıca eğilme dayanımı deneyi numune verileri Tablo 5.10'da, deney sonuçları Tablo 5.11'de ve deneyden elde edilen yük – sehim ($P - \delta$) grafiği Şekil 5.21'de gösterilmektedir.

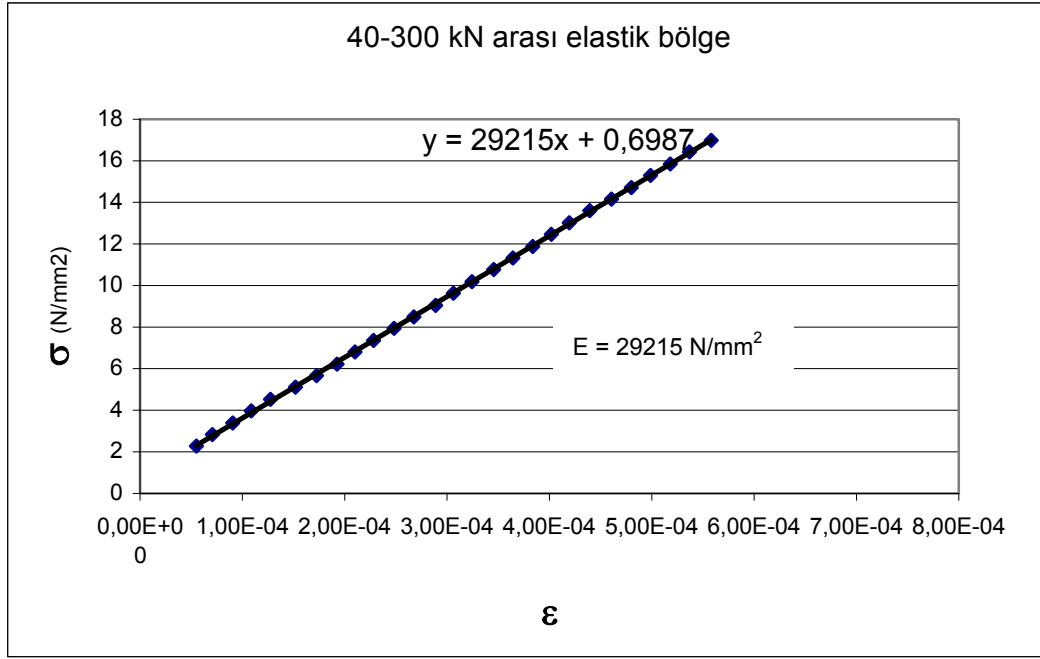
Tablo 5.8: C30/S15 Numunelerinin Deney Sonuçları

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 5.9: C30/S15 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları

YÜK (kN)	Kısalmalar (mm x 1000)				Sek. Deg.	Gerilme
	S 4	S 5	S 6	Ort.	(ε)	(σ)
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



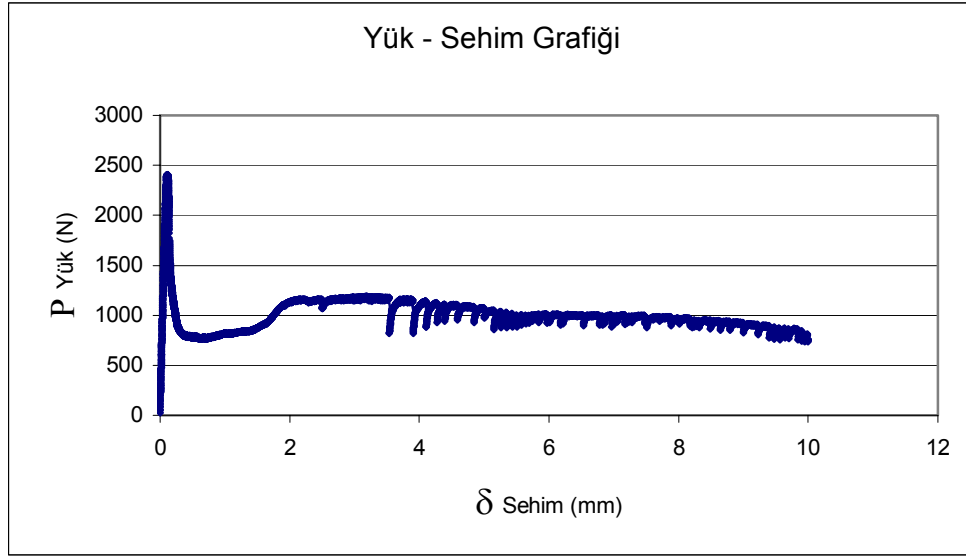
Şekil 5.20: C30/S15 için $\sigma - \epsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E)

Tablo 5.10: 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 5.11: 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 5.21: C30/S15 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği

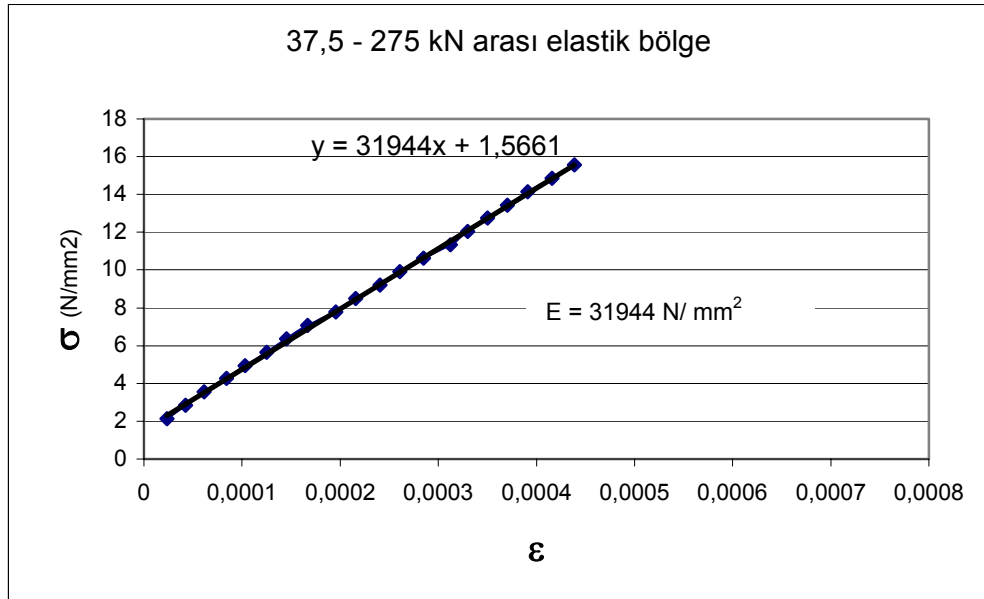
Benzer şekilde P12 plağı (C30, Q188/188) için hazırlanan, C30 sınıfı betondan alınan numunelerin deney sonuçları, Tablo 5.12’de verilmektedir. Silindir numunelerin basınç deneyi sonuçları Tablo 5.13’de, $\sigma - \varepsilon$ grafiği ve elastisite modülü Şekil 5.22’de gösterilmektedir. Eğilme dayanımı deneyi numune verileri ise 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 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 5.13: C30 Silindir Numunelerinin Basınç Deneyi Sonuçları

YÜK (kN)	Kısalmalar (mm x 1000)				Sek. Deg.	Gerilme
	S 1	S 2	S 3	Ort.	(ϵ)	(σ)
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

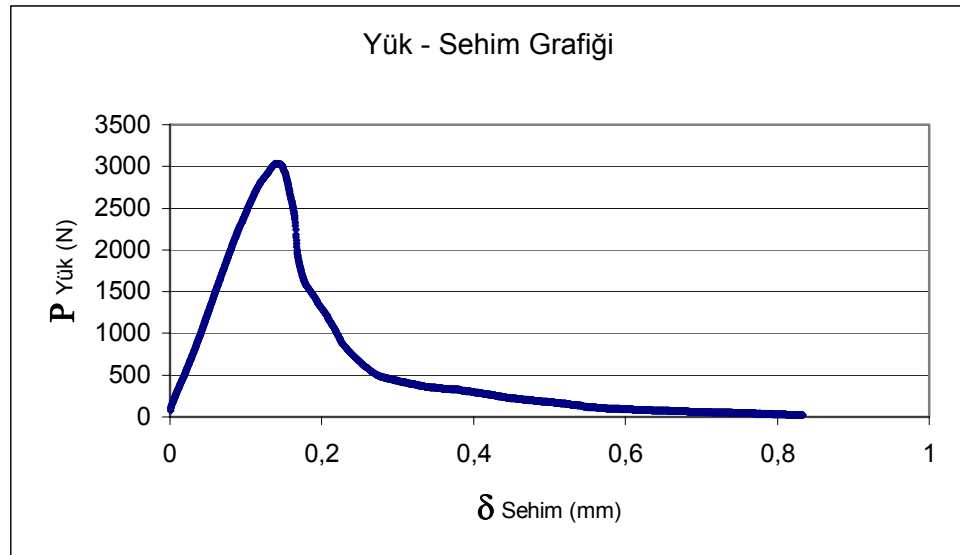
**Şekil 5.22: C30 için $\sigma - \epsilon$ Grafiği ve Elastisite Modülü (E)**

Tablo 5.14: 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 5.15: 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 5.23:** C30 için Yük – Sehim ($P - \delta$) Grafiği

Tablo 5.16’da C30/S15 ve C30/Q188 beton karışımlarının karakteristik değerleri ve kullanıldığı plaklar özetlenmiştir.

Tablo 5.16: 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/S15	P11	28	51,49	52,41	
		60	50,64	54,52	29215
C30/Q188	P12	28		45,03	
		40	46,90	51,99	31944

Tablo 5.16, elastisite modülü değerlerinin değişimi bakımından incelendiğinde, çelik tel içeren betonların elastisite modüllerinin, çelik tel içermeyen normal betonlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. C30/S15'in elastisite modülü, C30/Q188'den daha düşük değerdedir.

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 plak ve çelik hasır donatılı beton plak için ayrı ayrı olmak üzere beton dökme işlemi iki set halinde gerçekleştirilmiştir.

6.1.1 ÇTDB plakların üretimi

Beton sınıfı ve çelik tel içeriği C30/S15 olan P11 plağı için transmikserle gelen 5 m³ hazır betona 75 kg dramix ilave edilmiştir. Çelik tel hacımsal yüzdesi 0.00191'dir. 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 P12 plağı için 5 m³ hazır beton kullanılmıştır. Çelik hasır hacımsal yüzdesi 0.00251'dir. 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. P11 ve P12 plaklarının oturacağı FLOORMATE 200 SL-T tipi styrofoam levhalar, 120 mm’lik kalınlık sağlayabilmesi için iki tabaka halinde serilmiştir. Şekil 6.4’de styrofoam levhaların hazırlanması görülmektedir.



Şekil 6.4: Deney Plaklarını Oturacağı Styrofoam Levha

6.2.2 Deney plaklarının yükleme çerçevesine yerleştirilmesi

Daha önce beton dökümü esnasında plaklara yerleştirilen çelik kancalar vasıtasıyla plaklar güvenli taşınmıştır. Vinç yardımıyla plaklar, plak orta noktası yükleme çerçevesinin orta noktasıyla aynı hizada olacak şekilde yükleme çerçevesinin altına yerleştirilmiştir. Plakların taşınması işlemi Şekil 6.5’da görülmektedir.



Şekil 6.5: 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 çelik levha üzerine 30 cm çapında çelik plakalar ve onların da üzerine kriko konulmuştur. Kriko ile yükleme çerçevesi arasında kalan boşluğa da yine kare şeklinde çelik plakalar yerleştirilerek krikonun yükleme çerçevesini zımbalaması önlenmiştir. Şekil 6.6’de yüklemeye hazır hale gelen krikonun görüntüsü bulunmaktadır.



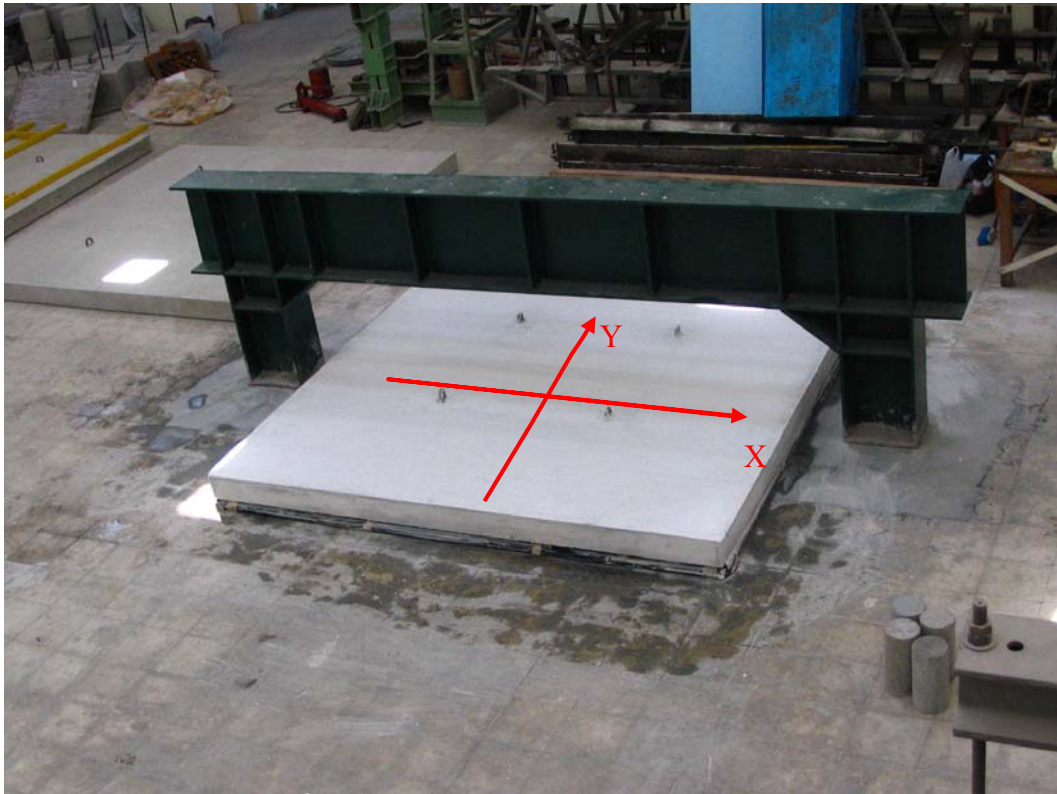
Şekil 6.6: Krikonun Görünümü

6.3 Deneyin Yapılışı

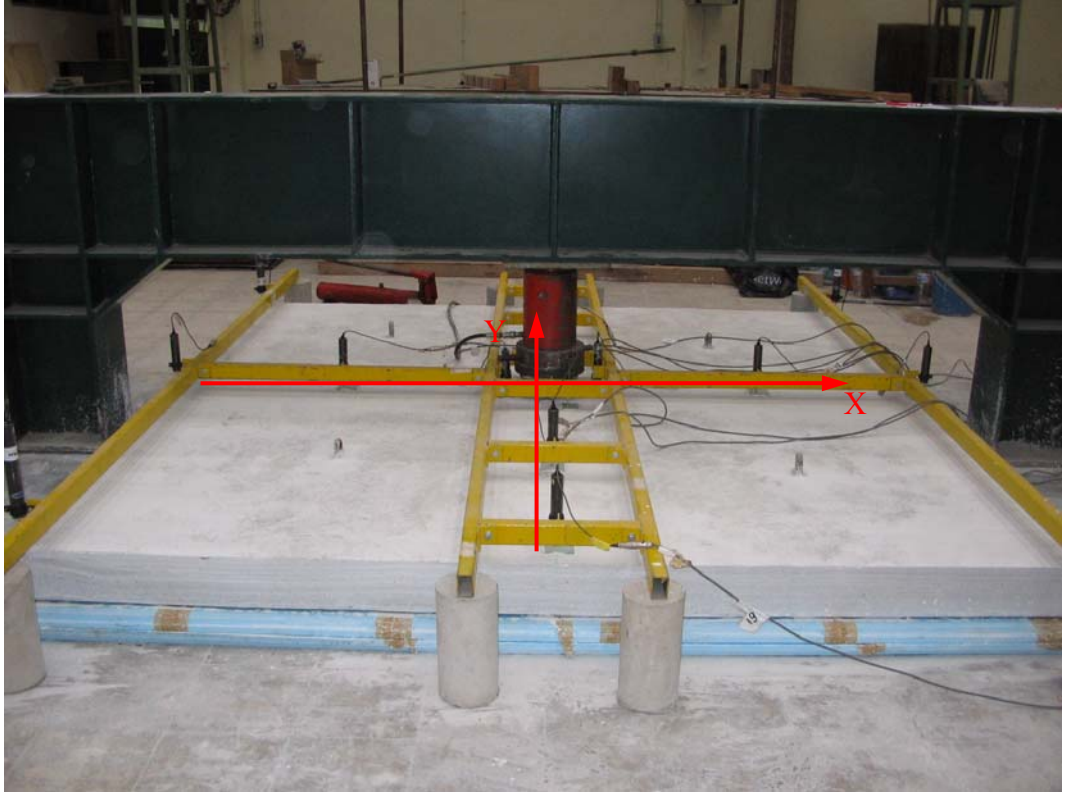
Deneyin yapılışı tüm plaklar için aynıdır. Yüklemeye, 1 ton yük artımı ile kademeli olarak, plak kırılana kadar devam edilmiştir. Her yük adımı, data logger'a bağlı olan bir butona basılmak suretiyle, 16 noktada ölçülen yerdeğişmeler kaydedilmiştir. Her 10 ton'luk yük artımında, plak kenarlarında oluşan çatlaklar gözlemlenmiş ve çatlak genişlikleri ölçülmüştür. Plak kenarlarına numara verilerek ölçülen çatlak genişliği ve bu çatlak genişliğinin oluştuğu yük 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 6.7'de deney plağının X - Y eksenleri altında görünümü, Şekil 6.8'de ise deneye başlamadan hemen önceki deney düzeneğinin görünümü verilmektedir.



Şekil 6.7: Deney Plağının X – Y Eksenleri Altında Görünümü



Şekil 6.8: Deney Düzeneği

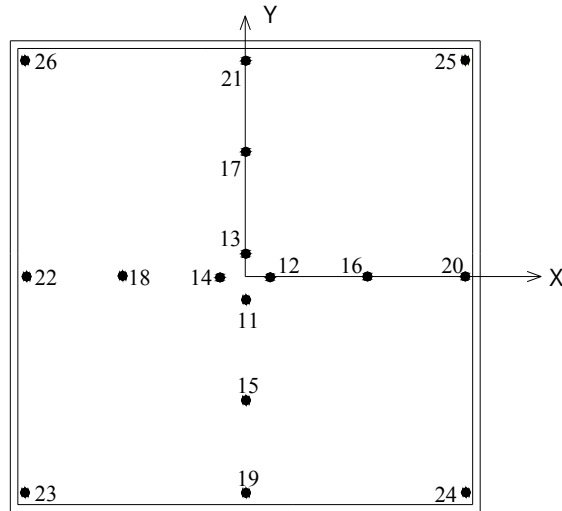
7. DENEY SONUÇLARI

7.1 P11 Plağı Deney Sonuçları

P11 plağı ÇTDB plağı olup beton sınıfı “C30”, çelik tel içeriği 15 kg/m^3 ’dür. P11 plağında bulunan çelik tel donatının hacimsal yüzdesi %0.191’dir. 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.

P11 plağı 13/01/2005 tarihinde üretilmiş ve 29/07/2005 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 198 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.

P11 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.1’de görülmektedir.



Şekil 7.1: P11 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

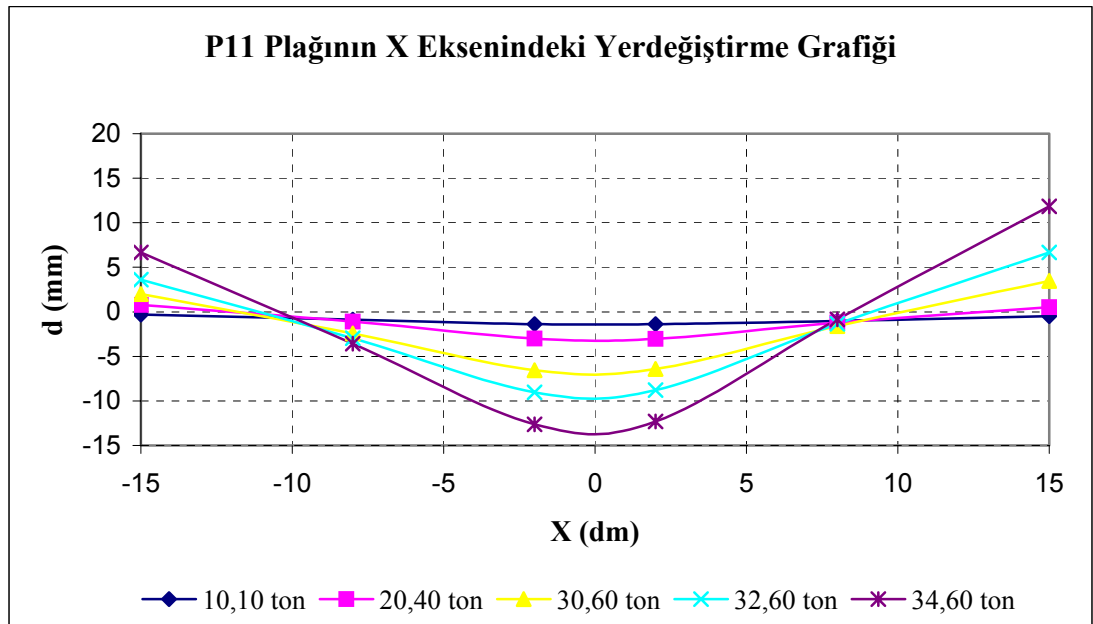
7.1.1 P11 plağı yerdeğiştirme ölçümleri

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

Tablo 7.1: P11 Plağı X Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri

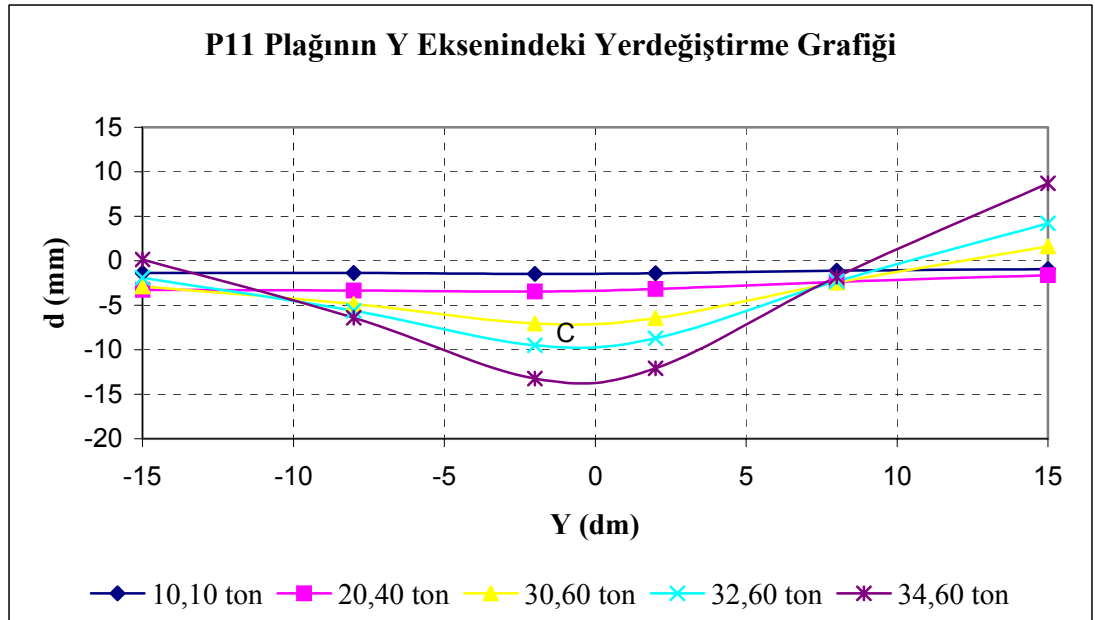
			X Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri (mm)					
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	32,60	34,60
X (dm)	-15	CH.022	0,00	-0,29	0,78	1,99	3,61	6,66
	-8	CH.018	0,00	-0,88	-1,09	-2,43	-2,97	-3,56
	-2	CH.014	0,00	-1,37	-3,02	-6,56	-9,02	-12,62
	2	CH.012	0,00	-1,39	-3,04	-6,40	-8,78	-12,30
	8	CH.016	0,00	-1,02	-1,20	-1,59	-1,36	-0,86
	15	CH.020	0,00	-0,50	0,53	3,46	6,66	11,86



şekil 7.2: P11 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Tablo 7.2: P11 Plağı Y Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	32,60	34,60
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-1,36	-3,29	-2,87	-1,91	0,16
	-8	CH.015	0,00	-1,38	-3,34	-4,86	-5,62	-6,40
	-2	CH.011	0,00	-1,47	-3,45	-7,04	-9,50	-13,23
	2	CH.013	0,00	-1,39	-3,16	-6,43	-8,72	-12,09
	8	CH.017	0,00	-1,12	-2,38	-2,44	-2,30	-1,81
	15	CH.021	0,00	-0,92	-1,61	1,61	4,20	8,70



Şekil 7.3: P11 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Deneyi gerçekleştirilen plaklarda köşe noktaları ve kenarlarda kalkma, orta noktalarda ise çökme meydana geleceği düşünülmektedir. Tablo 7.3’den de görüldüğü gibi en fazla kalkma beklenilen şekilde plak köşe noktalarında meydana gelmektedir.

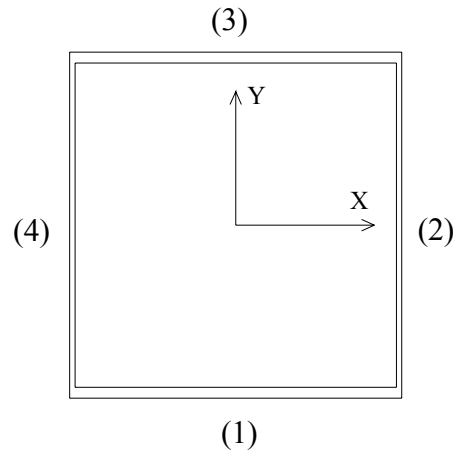
Tablo 7.3: P11 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktaları Yerdeğiştirme Değerleri (mm)						
	YÜK (ton)					
	0,00	10,10	20,40	30,60	32,60	34,60
CH.023	0,00	-0,59	0,38	6,13	11,71	23,87
CH.024	0,00	-0,69	0,54	7,97	14,95	29,54
CH.025	0,00	-0,42	0,99	8,42	14,37	26,28
CH.026	0,00	-0,1	2,05	10,16	16,73	30,45

P11 plağı 34.60 ton değerine kadar yük almıştır. Bu değerden sonra plak tam göçme durumuna gelmiştir.

7.1.2 P11 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, oluştuğu 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: P11 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

Yük		Çatlak Yeri Ve Genişliği (mm)				
Bar	Ton	1A	2A	3A	3B	4A
0	0					
25	5					
50	10,1					
75	15,3	0,5		0,4		
100	20,4	1		0,6	0,1	
125	25,4	1,25		0,8	0,1	
150	30,6	1,65	0,75	1,6	0,1	1,5
170	34,6	4	2,5	3,6	0,1	3,4

3 numaralı kenarda oluşan 3A çatlığının görünümü Şekil 7.5’de, 1 numaralı kenarda oluşan 1A çatlığının görünümü Şekil 7.6’da verilmektedir.



Şekil 7.5: P11 Plagi 3A Çatlağı



Şekil 7.6: P11 Plagi 1A Çatlağı

P11 plağının yükleme deneyinde, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Şekil 7.7’de P11 plağının üst yüzeyinde meydana gelen çatlağın doğrultusu gösterilmektedir.



Şekil 7.7: P11 Plagi Üst Yüzeyinin Çatlak Doğrultusu

Yükleme sonrası orta noktanın görünümü Şekil 7.8’de gösterilmektedir.



Şekil 7.8: P11 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktasının Görünümü

Plağın alt yüzeyinde oluşan çatlakların yayılış biçimi ve şekli plak taşınırken fotoğraflandırılmıştır. P11 plağının kırılma sonrası alt yüzeyinin görünümü Şekil 7.9’da gösterilmektedir.



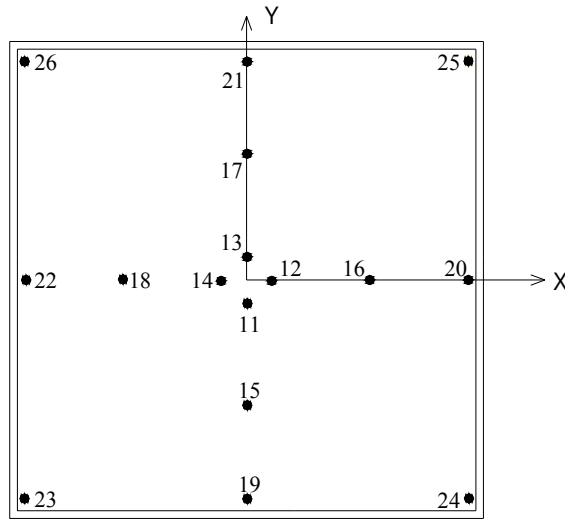
Şekil 7.9: P11 Plağının Alt Yüzeyinin Kırılma Sonrası Görünümü

7.2 P12 Plağı Deney Sonuçları

P12 plağı ÇHDB plağı olup beton sınıfı “C30”, kullanılan hasır çelik tipi Q188 / 188 dir. P12 plağında bulunan çelik hasır donatının hacımsal yüzdesi %0.251’dir. Plak, P11 plağınıninki ile aynı zemin olan, 120 mm kalınlığında FLOORMATE 200 SL-T styrofoam zemin üzerine oturmaktadır.

P12 plağı 04/03/2005 tarihinde üretilmiş ve 08/08/2005 tarihinde deney yapılmıştır. Plağın numune yaşı 158 gündür. C30/Q188 ’in 40 günlük ortalama silindir basınç dayanımı $46,90 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü ise 31944 N/mm^2 ’dir.

P12 numaralı deney plağı için kullanılan transducerların kanal numaralarına göre yerleşim planı Şekil 7.10’da görülmektedir.



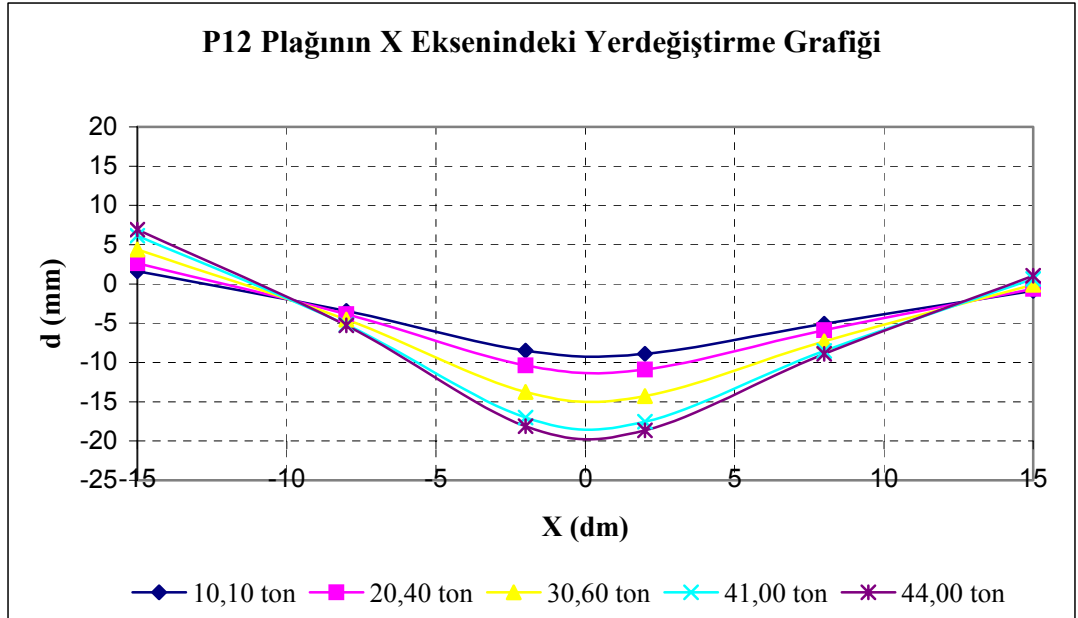
Şekil 7.10: P12 Plağı Transducerlarının Kanal Numarası ve Yerleşim Planı

7.2.1 P12 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: P12 Plağı X Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri

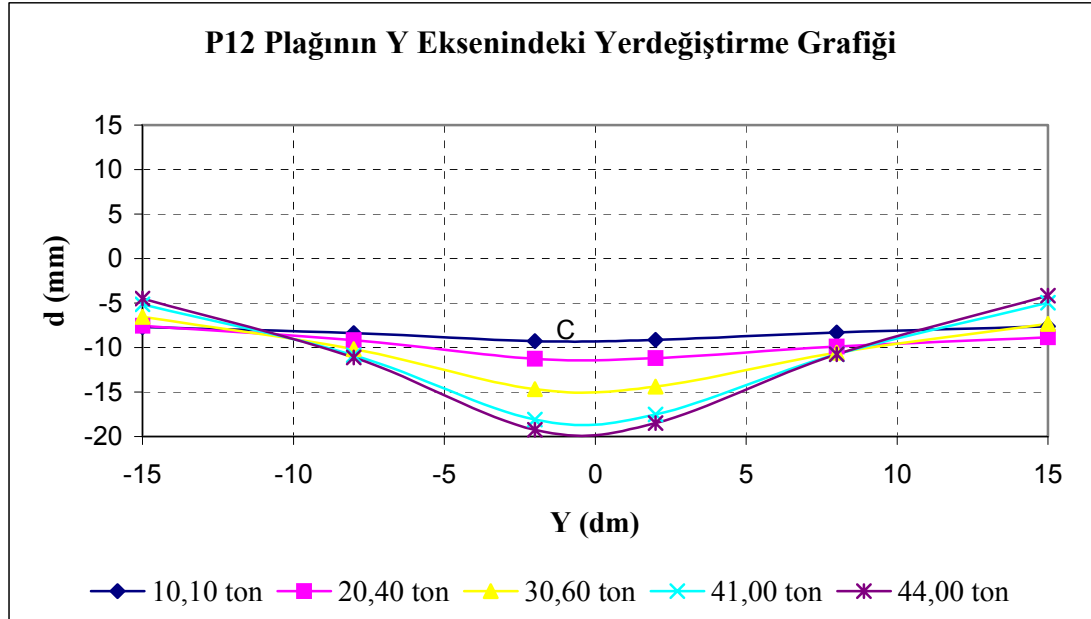
X Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri (mm)								
			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	41,00	44,00
X (dm)	-15	CH.022	0,00	1,63	2,63	4,38	6,15	6,90
	-8	CH.018	0,00	-3,42	-3,83	-4,54	-5,20	-5,26
	-2	CH.014	0,00	-8,48	-10,38	-13,74	-17,01	-18,10
	2	CH.012	0,00	-8,90	-10,90	-14,29	-17,56	-18,66
	8	CH.016	0,00	-5,08	-5,89	-7,30	-8,52	-8,92
	15	CH.020	0,00	-0,86	-0,61	-0,09	0,63	1,03



şekil 7.11: P12 Plağının X Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği

Tablo 7.6: P12 Plağı Y Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri

Y Eksenini Yerdeğiştirme Değerleri (mm)			YÜK (ton)					
			0,00	10,10	20,40	30,60	41,00	44,00
Y (dm)	-15	CH.019	0,00	-7,71	-7,55	-6,53	-5,15	-4,51
	-8	CH.015	0,00	-8,37	-9,16	-10,18	-10,87	-11,11
	-2	CH.011	0,00	-9,29	-11,27	-14,69	-18,10	-19,26
	2	CH.013	0,00	-9,15	-11,21	-14,39	-17,51	-18,51
	8	CH.017	0,00	-8,31	-9,90	-10,58	-10,75	-10,74
	15	CH.021	0,00	-7,62	-8,86	-7,34	-4,96	-4,18

**şekil 7.12: P12 Plağının Y Eksenindeki Yerdeğiştirme Grafiği**

Deneyi gerçekleştirilen plaklarda köşe noktaları ve kenarlarda kalkma, orta noktalarda ise çökme meydana geleceği düşünölmektedir. Tablo 7.7'den de göröldüğü gibi en fazla kalkma, beklenilen şekilde plak köşe noktalarında meydana gelmektedir.

Tablo 7.7: P12 Plağı Köşe Noktalarının Yerdeğiştirme Değerleri

Köşe Noktalarındaki Yerdeğiştirme Değerleri (mm)						
	YÜK (ton)					
	0,00	10,10	20,40	30,60	41,00	44,00
CH.023	0,00	2,63	4,07	7,29	11,94	13,69
CH.024	0,00	-2,12	-1,02	2,05	5,75	7,71
CH.025	0,00	0,26	0,35	2,36	6,56	8,04
CH.026	0,00	1,26	2,76	7,64	13,34	14,58

P12 Plağı 44 ton yük değerine kadar yük almaya devam etmiş, bu değerden sonra yük almayarak tam göçme durumuna erişmiştir.

7.2.2 P12 plağı çatlak ölçümleri

Deney esnasında, P11 plağında uygulanan çatlak ölçüm sisteminin aynısı P12 plağı içinde uygulanmıştır. 10'ar tonluk yük değerlerine gelindiğinde çatlak oluşumları kenarlarda gözlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Plak kenarı numaralandırması P11 plağı ile aynıdır ve Şekil 7.4'de gösterilmektedir. Oluşan çatlak genişlikleri Tablo 7.8'de verilmektedir.

Tablo 7.8: P12 Plağı Kenar Çatlaklarının Genişlikleri

Yük		Çatlak Yeri Ve Genişliği (mm)									
Bar	Ton	1A	1B	1C	2A	3A	3B	3C	3D	4A	4B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	10,1	0,75	0,5	0	0	0,3	0,3	0,3	0,4	0	0
75	15,3	0,75	0,5	0	0	0,3	0,3	0,3	0,4	0	0
100	20,4	0,75	0,5	0	0	0,3	0,4	0,4	0,4	0	0

125	25,4	0,75	0,5	0	0	0,4	0,4	0,4	0,5	0,2	0,2
150	30,6	0,75	0,5	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,8	0,2	0,2
175	35,8	0,75	0,5	0,2	0,2			0,5	0,8	0,2	0,2
195	40	0,75	0,75	0,2	0,5				0,9	0,2	0,2
215	44	0,75	0,75	0,2	0,5						

1 numaralı kenarda oluşan 1B çatlağının görünümü Şekil 7.13’de, 3 kenarında oluşan 3C çatlağının görünümü ise Şekil 7.14’de verilmektedir.



Şekil 7.13: P12 Plağı 1B Çatlağı

Şekil 7.14: P12 Plağı 3C Çatlağı

P12 plağının yükleme deneyinde, yük arttıkça oluşan ilk çatlaklar plak alt yüzeyinden plak kenarlarına doğru olmuştur. Şekil 7.15’de yükleme sonrasında P12 plağının orta noktasının görünümü verilmektedir.



Şekil 7.15: P12 Plağı Yükleme Sonrası Orta Noktasının Görünümü

8. SONUÇLAR

Yatak katsayısı aynı olan elastik zeminlere oturan 2 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 plakta kancalı uçlu, RC 80/60 BN, Dramix tipi çelik tel kullanılmıştır. Çelik hasır donatılı plakta 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, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 plaklarının sonuçları da eklenmiştir. Bu plaklara ait deney parametreleri Tablo 8.1'de gösterilmiştir [30].

Tablo 8.1: 2004 - 2005 Yıllarına 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
P5	C30	30	0,0175	37,00	16,01	2,25
P6	C30	20	0,0175	36,00	17,45	4,00
P7	C30	15	0,1375	68,40	8,10	2,7
P8	C30	Q188	0,1375	81,40	10,14	3,20
P9	C30	15	0,03875	37,90	16,59	3,00
P10	C30	Q188	0,03875	46,10	13,19	3,40

Yapılan deneylerden elde edilen neticelere göre, 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 çelik tel içeriği etkisinin incelenmesi:

Çelik tel içeriğinin incelenmesinde, aynı tür (yatak katsayısı aynı olan) zemine oturan, farklı tel içeriklerine sahip P5 - P6 ve P11 plaklarının deney sonuçları değerlendirilmiştir.

P5, P6 ve P11 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

Her üç plakta, yatak katsayısı $0,0175 \text{ N/mm}^3$ olarak hesap edilen Floormate 200 SL-T malzemesine oturmaktadır. Bu malzemenin “gevşek kum” türünde zemini temsil ettiği düşünülmüştür. P5 plağı 30 kg/m^3 , P6 plağı 20 kg/m^3 , P11 plağı ise 15 kg/m^3 tel içermektedir.

P5 plağı 37,00 ton yük değerinde, P6 plağı 36,00 ton yük değerinde, P11 plağı ise 34,60 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. P11 plağı için bu değerler ise, orta noktalar için 12,56 mm ve köşe noktalar için 25,29 mm olarak ölçülmüştür.

P5, P6 ve P11 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 zamanda, aynı yük değerleri için P11 plağına ait yerdeğiştirme değerlerinin de P5 plağından daha küçük olduğu belirlenmiştir.

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 ve P11 plağında da 4,00 mm’dir.

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 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 – P11 ve P8 - P10 – P12 plaklarının deney sonuçları değerlendirilmiştir.

P7, P9 ve P11 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

Üç 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; P9 plağı, yatak katsayısı $0,03875 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “orta sıklıkta kum” türünde zemini temsil ettiği düşünülen Roofmate 300 SL malzemesine oturmaktadır. P11 plağı ise yatak katsayısı $0,0175 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan ve “gevşek kum” türünde zemini temsil ettiği varsayılan Floormate 200 SL – T malzemesine oturmaktadır.

P7 plağı 68,40 ton yük değerinde, P9 plağı 37,90 ton yük değerinde ve P11 plağı ise 34,60 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. Bu değerler P11 plağı için, orta noktalarda 12,56 mm ve köşe noktalarda 25,29 mm olarak ölçülmüştür.

P7, P9 ve P11 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşan yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Bu sonuçla, P7 plağı

yerdeğiştirme değerleri, P9 plağının değerlerinden daha k olduğu grlmştr. Aynı yük değeri için P11 plağına ait yer değiştirme değerleri P7 plağına ait değerlerden büyük iken P9 plağına ait yerdeğiştirme değerlerinden küçüktür.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P7 plağında oluşan çatlak genişliklerinin daha k olduğu grlmştr. P7 plağının göçme yüküne ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 2,70 mm iken bu değer P9 plağında 3,00 mm ve P11 plağında ise 4,00 mm'dir.

P8, P10 ve P12 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

 plak da Q188 tipi elik hasır içermektedir. P8 plağı yatak katsayısı $0,1375 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “sıkı kum ve çakıl” türünde zemini temsil ettiği dşnlen kauçuk plaka malzemesine; P10 plağı, yatak katsayısı $0,03875 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan, “orta sıklıkta kum” türünde zemini temsil ettiği dşnlen Roofmate 300 SL malzemesine oturmaktadır. P12 plağı ise yatak katsayısı $0,0175 \text{ N/mm}^3$ olarak hesaplanan ve “gevşek kum” türünde zemini temsil ettiği varsayılan Floormate 200 SL – T malzemesine oturmaktadır.

P8 plağı 81,40 ton yük değerinde, P10 plağı 46,10 ton yük değerinde ve P12 plağı ise 44,00 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. Bu değerler P12 plağı için, orta noktalarda 18,63 mm ve köşe noktalarda ise 11,01 mm'dir.

P8, P10 ve P12 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşan yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Bu sonuçla, P8 plağı yerdeğiştirme değerleri, P10 plağının değerlerinden daha k olduğu grlmştr. P10 plağına ait yerdeğiştirmelerin ise P12 plağına ait yerdeğiştirmelerden daha k değerler aldığı görülmektedir.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P12 plağında oluşan çatlak genişliklerinin daha k olduğu grlmştr. P12 plağının göçme yüküne ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 0,9 mm iken bu değer P8 plağında 3,20 mm ve P10 plağında ise 3,40 mm'dir.

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.

Plak donatı elemanı değişikliği etkisinin incelenmesi :

Donatı değişiminin plak davranışına etkisini incelemek amacıyla; aynı tür zemine oturan, farklı donatı çeşidine sahip P11 - P12 plaklarının deney sonuçları değerlendirilmiştir.

P11 ve P12 Plaklarının deney sonuçları karşılaştırması :

İki plak da “gevşek kum” türünde zemini temsil ettiği düşünölen Floormate 200 SL - T malzemesine oturmaktadır. P11 plağı 15 kg/m³ tel içerirken, P12 plağı Q188/188 tipi çelik hasır ile donatılmıştır.

P11 plağı 34,60 ton yük değerinde, P12 plağı ise 44,00 ton yük değerinde tam göçme durumuna erişmiştir.

P11 plağının göçme yüküne eriştiği andaki plak orta noktası çökmelerinin ortalama değeri 12,56 mm, köşe noktalarının kalkmalarının ortalama değeri 25,29 mm’dir. P12 plağı için bu değerler, orta noktalarda 18,63 mm ve köşe noktalarda ise 11,01 mm’dir.

P11 ve P12 plaklarının yerdeğiştirme değerlerinin kıyaslanabilmesi için aynı yük seviyesinde oluşun yerdeğiştirme değerleri incelenmelidir. Buna göre, P11 plağı yerdeğiştirme değerlerinin, P12 plağının yerdeğiştirme değerlerinden daha küçük olduğu görölmüştür.

Aynı yük seviyesi için çatlak genişlikleri karşılaştırıldığında; P12 plağında oluşun çatlak genişliklerinin daha küçük olduğu görölmüştür. P12 plağının göçme yüküne ulaştığı andaki en büyük çatlak genişliği 0,90 mm iken bu değer P11 plağında 4,00 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 büyük ve daha az sayıdadır.
- Yük seviyelerinin tam göçme durumuna eriştiği esnada; çelik tel donatılı plakların en büyük çatlak genişlikleri hasır donatılı olanlara göre daha büyüktür.

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 – P11)

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 atlak Genişlikleri	Kırılma Anında Oluşan En Büyük atlak 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)
P11	S 15	Gevşek kum	0,0175	34,60 (Düşük)	Küçük	12,56 mm (Küçük)	Büyük	4,00 mm (Büyük)

Tablo 8.3: Çelik Tel Donatılı Betonlarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P7 – P9 – P11)

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)
P11	S 15	Gevşek kum	0,01750	34,60 (Düşük)	Büyük	12,56 mm (Büyük)	Büyük	4,00 mm (Büyük)

Tablo 8.4: Çelik Hasır Donatılı Betonlarda Yatak Katsayısı Değişiminin Etkisi (P8 – P10 – P12)

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)
P12	Q 188/188	Gevşek kum	0,01750	44,00 (Düşük)	Büyük	18,63 mm (Büyük)	Küçük	0,9 mm (Küçük)

Tablo 8.5: Donatı Elemanı Değişiminin Plak Davranışına Etkisi (P11 – P12)

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
P11	S 15	Gevşek Kum	0,01750	34,60 (Düşük)	Küçük	12,56 mm (Küçük)	Büyük	4,00 mm (Büyük)
P12	Q 188/188	Gevşek Kum	0,01750	44,00 (Yüksek)	Büyük	18,63 mm (Büyük)	Küçük	0,90 mm (Küçük)

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.
- [30] **Aldoğan, E.**, 2005. Elastik zemine oturan çelik tel ve çelik hasır donatılı beton plakların tekil yük altındaki davranışının deneysel analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

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

Ekteki tablolar sırası ile P11 ve P12 plaklarına ait deney datalarıdır ve sırası ile Tablo A.1 ve Tablo A.2 şeklinde sunulmuştur.

		Tablo A.1: P11 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	+000.000	+000.000	-000.005	+000.000	-000.005	-000.005	-000.005	+000.000	+000.000	+000.000	-000.005	+000.000	+0000.00	+0000.01	+0000.00	-0000.01
5	1,50	+000.155	+000.150	+000.145	+000.150	+000.145	+000.120	+000.135	+000.100	+000.150	+000.075	+000.135	+000.040	+0000.07	+0000.11	+0000.10	+0000.05
10	2,00	+000.300	+000.305	+000.295	+000.295	+000.295	+000.250	+000.270	+000.205	+000.295	+000.145	+000.250	+000.080	+0000.13	+0000.19	+0000.16	+0000.08
15	3,00	+000.490	+000.480	+000.465	+000.465	+000.470	+000.385	+000.415	+000.320	+000.470	+000.225	+000.375	+000.130	+0000.21	+0000.29	+0000.23	+0000.11
20	4,00	+000.640	+000.620	+000.610	+000.605	+000.610	+000.500	+000.535	+000.420	+000.615	+000.285	+000.475	+000.165	+0000.28	+0000.37	+0000.27	+0000.14
25	5,00	+000.815	+000.780	+000.770	+000.765	+000.775	+000.620	+000.665	+000.525	+000.775	+000.350	+000.585	+000.200	+0000.36	+0000.47	+0000.33	+0000.16
25	5,00	+000.830	+000.795	+000.780	+000.780	+000.790	+000.635	+000.675	+000.535	+000.795	+000.370	+000.600	+000.205	+0000.37	+0000.48	+0000.33	+0000.16
30	6,15	+000.935	+000.910	+000.895	+000.895	+000.910	+000.720	+000.765	+000.615	+000.915	+000.410	+000.670	+000.230	+0000.43	+0000.55	+0000.37	+0000.18
35	7,10	1.065	1.040	1.030	1.040	1.065	+000.835	+000.895	+000.725	1.095	+000.465	+000.780	+000.275	+0000.51	+0000.62	+0000.40	+0000.18
40	8,15	1.190	1.140	1.130	1.120	1.135	+000.875	+000.940	+000.755	1.130	+000.470	+000.800	+000.275	+0000.51	+0000.63	+0000.40	+0000.16
45	9,20	1.345	1.280	1.270	1.255	1.270	+000.955	1.040	+000.830	1.255	+000.490	+000.870	+000.280	+0000.56	+0000.66	+0000.41	+0000.14
50	10,10	1.470	1.390	1.385	1.370	1.375	1.015	1.120	+000.880	1.355	+000.500	+000.920	+000.285	+0000.59	+0000.69	+0000.42	+0000.10
55	11,10	1.635	1.540	1.540	1.520	1.515	1.080	1.225	+000.950	1.475	+000.500	+000.990	+000.285	+0000.63	+0000.70	+0000.40	+0000.05
60	12,20	1.750	1.645	1.650	1.620	1.625	1.120	1.310	+000.985	1.565	+000.490	1.045	+000.250	+0000.63	+0000.69	+0000.37	-0000.06
65	13,30	2.520	2.250	2.295	2.200	2.530	1.070	1.850	+000.910	2.595	-000.105	1.370	-000.400	+0000.02	+0000.03	-0000.32	-0001.20
70	14,40	2.655	2.365	2.415	2.315	2.655	1.090	1.925	+000.940	2.715	-000.160	1.410	-000.455	-0000.03	-0000.03	-0000.40	-0001.32
75	15,30	2.785	2.475	2.535	2.425	2.780	1.115	2.005	+000.965	2.825	-000.215	1.450	-000.505	-0000.08	-0000.10	-0000.49	-0001.43
75	15,30	2.835	2.515	2.580	2.470	2.830	1.110	2.035	+000.965	2.875	-000.240	1.460	-000.540	-0000.11	-0000.12	-0000.53	-0001.48
80	16,30	2.955	2.620	2.690	2.575	2.930	1.140	2.105	+000.995	2.960	-000.285	1.495	-000.575	-0000.15	-0000.19	-0000.60	-0001.59

85	17,30	3.060	2.705	2.785	2.670	3.020	1.160	2.165	1.020	3.035	-000.325	1.520	-000.615	-0000.18	-0000.26	-0000.68	-0001.68
90	18,30	3.165	2.795	2.885	2.765	3.105	1.170	2.225	1.040	3.105	-000.385	1.540	-000.660	-0000.23	-0000.33	-0000.76	-0001.79
95	19,40	3.305	2.920	3.020	2.890	3.220	1.190	2.305	1.070	3.195	-000.450	1.575	-000.715	-0000.30	-0000.43	-0000.87	-0001.92
100	20,40	3.445	3.035	3.155	3.015	3.335	1.200	2.380	1.090	3.285	-000.525	1.605	-000.775	-0000.38	-0000.54	-0000.99	-0002.05
105	21,40	3.655	3.215	3.345	3.200	3.505	1.235	2.505	1.125	3.405	-000.620	1.660	-000.865	-0000.50	-0000.69	-0001.13	-0002.25
110	22,40	3.755	3.305	3.440	3.295	3.580	1.250	2.555	1.155	3.450	-000.675	1.675	-000.905	-0000.57	-0000.78	-0001.22	-0002.36
115	23,40	3.870	3.410	3.555	3.405	3.665	1.255	2.615	1.180	3.500	-000.740	1.685	-000.955	-0000.64	-0000.89	-0001.32	-0002.48
120	24,50	4.010	3.530	3.685	3.535	3.760	1.265	2.680	1.210	3.555	-000.830	1.695	-1.010	-0000.75	-0001.02	-0001.46	-0002.64
125	25,40	4.150	3.660	3.825	3.675	3.860	1.270	2.755	1.245	3.615	-000.935	1.705	-1.080	-0000.84	-0001.17	-0001.61	-0002.82
130	26,40	4.475	3.955	4.135	3.980	4.070	1.305	2.930	1.315	3.725	-1.140	1.755	-1.225	-0001.08	-0001.50	-0001.91	-0003.19
135	27,50	4.615	4.065	4.260	4.105	4.150	1.290	2.985	1.350	3.760	-1.245	1.750	-1.285	-0001.20	-0001.73	-0002.15	-0003.41
140	28,60	4.765	4.205	4.405	4.260	4.235	1.280	3.035	1.405	3.785	-1.405	1.700	-1.335	-0001.35	-0001.92	-0002.34	-0003.61
145	29,60	6.500	5.920	5.970	6.085	4.700	1.635	2.470	2.290	3.030	-2.810	-1.040	-1.700	-0004.95	-0006.31	-0006.91	-0008.56
150	30,60	7.040	6.400	6.425	6.560	4.860	1.590	2.435	2.425	2.870	-3.455	-1.605	-1.990	-0006.13	-0007.97	-0008.42	-0010.16
155	31,60	8.980	8.260	8.205	8.465	5.505	1.495	2.395	2.865	2.215	-5.810	-3.535	-3.235	-0010.42	-0013.28	-0012.94	-0015.23
160	32,60	9.500	8.775	8.715	9.020	5.620	1.360	2.300	2.965	1.905	-6.660	-4.200	-3.610	-0011.71	-0014.95	-0014.37	-0016.73
165	33,60	9.980	9.205	9.115	9.445	5.710	1.280	2.230	3.050	1.670	-7.350	-4.820	-4.010	-0013.17	-0016.91	-0016.03	-0018.52
170	34,60	11.185	10.385	10.275	10.715	5.975	1.080	2.020	3.280	+000.930	-9.170	-6.365	-4.930	-0016.22	-0020.59	-0019.10	-0022.00
170	34,60	13.225	12.295	12.090	12.615	6.400	+000.855	1.805	3.560	-000.155	-11.855	-8.695	-6.655	-0021.69	-0027.07	-0024.32	-0028.06

		Tablo A.2: P12 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	0,000	-0,005	0,000	0,005	0,000	0,000	-0,002	-0,002	0,000	-0,005	0,005	0,005	0,000	0,000	0,000	0,010
5	1,50	0,095	0,090	0,090	0,090	0,094	0,078	0,086	0,060	0,100	0,040	0,085	0,020	0,020	0,090	0,030	0,060
10	2,00	0,360	0,350	0,350	0,345	0,350	0,294	0,324	0,232	0,355	0,175	0,315	0,075	0,080	0,320	0,110	0,170
15	3,00	0,635	0,625	0,615	0,610	0,620	0,522	0,566	0,406	0,630	0,320	0,535	0,130	0,150	0,570	0,190	0,270
20	4,00	0,905	0,885	0,875	0,875	0,880	0,738	0,794	0,572	0,895	0,455	0,745	0,185	0,220	0,800	0,260	0,370
25	5,00	1,405	1,355	1,395	1,365	1,324	1,074	1,262	0,846	1,330	0,625	1,215	0,210	0,230	1,110	0,330	0,480
30	6,15	5,650	5,380	5,645	5,245	5,192	3,278	5,504	2,490	4,915	0,710	5,250	-0,580	-1,500	1,850	-0,080	0,360
35	7,10	6,850	6,495	6,855	6,425	6,498	3,964	6,460	2,892	6,115	0,855	6,005	-0,875	-1,710	2,440	-0,280	-0,190
40	8,15	7,885	7,450	7,765	7,210	7,354	4,432	7,194	3,118	7,010	0,925	6,615	-1,155	-1,950	2,640	-0,370	-0,640
45	9,20	8,715	8,325	8,615	8,030	8,078	4,898	7,978	3,328	7,530	0,865	7,335	-1,485	-2,410	2,330	-0,320	-1,140
50	10,10	9,070	8,675	8,940	8,305	8,258	5,026	8,212	3,396	7,635	0,850	7,540	-1,585	-2,570	2,240	-0,310	-1,210
50	10,10	9,290	8,895	9,150	8,475	8,366	5,078	8,306	3,422	7,705	0,855	7,620	-1,630	-2,630	2,120	-0,260	-1,260
55	11,10	9,485	9,095	9,360	8,665	8,492	5,182	8,494	3,484	7,775	0,860	7,800	-1,700	-2,750	2,040	-0,230	-1,380
60	12,20	9,680	9,290	9,561	8,850	8,602	5,268	8,684	3,528	7,820	0,850	7,980	-1,795	-2,880	1,910	-0,210	-1,510
65	13,30	9,900	9,510	9,800	9,070	8,710	5,356	8,896	3,576	7,845	0,820	8,160	-1,900	-3,000	1,750	-0,180	-1,670
70	14,40	10,105	9,720	10,020	9,285	8,798	5,434	9,092	3,616	7,835	0,790	8,330	-2,025	-3,120	1,550	-0,150	-1,820
75	15,30	10,310	9,935	10,250	9,500	8,880	5,508	9,286	3,656	7,810	0,755	8,500	-2,165	-3,240	1,330	-0,130	-2,030
75	15,30	10,440	10,090	10,390	9,630	8,908	5,566	9,386	3,674	7,735	0,720	8,560	-2,255	-3,330	1,240	-0,150	-2,140
80	16,30	10,575	10,230	10,530	9,755	8,964	5,630	9,490	3,706	7,730	0,710	8,640	-2,305	-3,440	1,200	-0,160	-2,230
85	17,30	10,725	10,375	10,675	9,880	8,986	5,690	9,592	3,728	7,640	0,670	8,705	-2,370	-3,610	1,200	-0,230	-2,290

90	18,30	10,930	10,570	10,870	10,060	9,030	5,764	9,698	3,760	7,580	0,645	8,760	-2,465	-3,820	1,150	-0,290	-2,460
95	19,40	11,115	10,745	11,050	10,230	9,096	5,832	9,806	3,798	7,560	0,625	8,815	-2,545	-3,950	1,090	-0,320	-2,600
100	20,40	11,265	10,895	11,205	10,380	9,158	5,892	9,896	3,830	7,550	0,610	8,860	-2,625	-4,070	1,020	-0,350	-2,760
105	21,40	11,535	11,155	11,455	10,640	9,266	6,002	10,016	3,908	7,530	0,585	8,865	-2,740	-4,290	0,900	-0,430	-3,040
110	22,40	11,665	11,280	11,590	10,770	9,310	6,044	10,072	3,940	7,515	0,570	8,870	-2,785	-4,380	0,830	-0,460	-3,170
115	23,40	11,860	11,470	11,780	10,965	9,376	6,110	10,146	3,996	7,480	0,540	8,855	-2,865	-4,540	0,720	-0,500	-3,380
120	24,50	12,130	11,745	12,045	11,235	9,462	6,190	10,240	4,064	7,425	0,450	8,760	-2,985	-4,770	0,460	-0,510	-3,860
125	25,40	12,340	11,940	12,245	11,440	9,540	6,264	10,306	4,124	7,400	0,425	8,720	-3,075	-4,940	0,360	-0,560	-4,090
125	25,40	12,675	12,285	12,545	11,770	9,624	6,430	10,370	4,212	7,260	0,410	8,580	-3,210	-5,290	0,160	-0,730	-4,560
130	26,40	12,800	12,405	12,665	11,895	9,654	6,480	10,408	4,242	7,210	0,400	8,550	-3,260	-5,420	0,060	-0,790	-4,740
150	30,60	14,690	14,285	14,390	13,735	10,176	7,304	10,584	4,536	6,530	0,085	7,340	-4,375	-7,290	-2,050	-2,360	-7,640
155	31,60	14,790	14,380	14,485	13,825	10,212	7,338	10,600	4,552	6,520	0,070	7,295	-4,430	-7,370	-2,120	-2,430	-7,770
160	32,60	14,890	14,480	14,580	13,930	10,240	7,370	10,612	4,568	6,495	0,045	7,235	-4,485	-7,470	-2,220	-2,520	-7,930
165	33,60	15,000	14,585	14,685	14,030	10,272	7,408	10,620	4,582	6,460	0,020	7,160	-4,555	-7,580	-2,330	-2,620	-8,090
170	34,60	15,135	14,715	14,810	14,160	10,306	7,450	10,626	4,600	6,420	-0,015	7,070	-4,635	-7,730	-2,450	-2,760	-8,300
175	35,80	15,370	14,940	15,030	14,390	10,372	7,534	10,640	4,628	6,345	-0,070	6,890	-4,805	-8,000	-2,660	-3,020	-8,630
180	36,70	16,170	15,715	15,780	15,195	10,470	7,832	10,632	4,930	5,915	-0,215	6,200	-4,990	-9,350	-3,280	-3,870	-10,390
185	37,90	16,335	15,875	15,935	15,350	10,506	7,882	10,658	4,952	5,855	-0,270	6,105	-5,090	-9,570	-3,450	-4,140	-10,770
190	38,80	16,560	16,105	16,180	15,610	10,572	7,978	10,706	4,996	5,745	-0,375	5,915	-5,290	-9,960	-3,740	-4,570	-11,250
195	40,00	16,840	16,350	16,410	15,830	10,618	8,038	10,734	5,014	5,695	-0,425	5,830	-5,400	-10,190	-3,900	-4,840	-11,560
195	40,00	17,920	17,390	17,340	16,845	10,836	8,472	10,766	5,194	5,220	-0,570	5,125	-5,990	-11,670	-5,500	-6,330	-13,130
200	41,00	18,100	17,555	17,505	17,010	10,872	8,522	10,746	5,200	5,150	-0,630	4,960	-6,145	-11,940	-5,750	-6,560	-13,340

205	41,90	18,310	17,760	17,695	17,215	10,916	8,592	10,720	5,210	5,030	-0,720	4,710	-6,395	-12,460	-6,220	-6,970	-13,770
210	43,00	18,670	18,105	18,020	17,550	10,986	8,718	10,714	5,236	4,875	-0,830	4,450	-6,655	-12,990	-6,730	-7,380	-14,290
215	44,00	19,255	18,655	18,505	18,100	11,106	8,918	10,742	5,260	4,510	-1,030	4,175	-6,900	-13,690	-7,710	-8,040	-14,580

ÖZGEÇMİŞ

08.05.1979 tarihinde Kartal’da doğdu. İlk ve Ortaokul öğrenimini Yakacık İlk Öğretim Okulu’nda tamamladıktan sonra lise öğrenimine Fenerbahçe Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı Bölümü)’nde devam ederek, 1998 yılında bu okuldan mezun oldu. 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde okumaya hak kazandı ve 2004 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı sene içerisinde, İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans Programında eğitime başladı.