



**BETONARME KİRİŞLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE SOĞUK DERZ
UYGULAMALARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih BİLİR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2022

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME KİRİŞLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE
SOĞUK DERZ UYGULAMALARININ ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

Fatih BİLİR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Fatih BİLİR tarafından hazırlanan “Betonarme Kirişlerin Mekanik Özelliklerine Soğuk Derz Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 18 / 02 / 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN

İmza

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Raif BOĞA
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KOÇER
Konya Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

.....

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18 / 02 / 2022

Fatih BİLİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME KİRİŞLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE SOĞUK DERZ UYGULAMALARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatih BİLİR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN

Beton dökümünde, büyük alanların tek seferde dökülmesinin zor olması, mevcut beton kalıbının yetersizliği, beton tedarikinde yaşanan sıkıntılar gibi birtakım sebeplere bağlı olarak döküm safhalar halinde yapılabilmektedir. Belirtilen sebeplere bağlı olarak, betonun safhalar halinde dökülmesi sonucunda oluşan birleşim yerleri soğuk derz olarak adlandırılır. Soğuk derz bölgeleri yapıların zayıf noktası olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada betonarme kirişlerin mekanik özelliklerine soğuk derz uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla gerçek ölçülere ve yüklere uygun 200 cm uzunluğunda, 35 cm yüksekliğinde, 20 cm eninde, 11 adet kiriş üretimi yapılmıştır. Bu kirişlerde soğuk derzler, kiriş açıklığının ortasında, açıklığın 1/4'ünde ve yatay olarak bırakılmıştır. Kirişlerin diğer kalan beton dökümleri 1 gün ve 7 gün sonra gerçekleştirilmiştir. Üretilen kirişler eğilme deneyine tabi tutularak taşıma kapasite değerleri elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak soğuk derz uygulamasının betonarme kiriş elemanına olumsuz etkisine rastlanmamıştır.

2022, xi + 66 sayfa

Anahtar Kelimeler: Beton, Soğuk Derz, Mekanik Özellikler, Eğilme Deneyi.

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COLD JOINT APPLICATIONS ON
MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

Fatih BİLİR

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Veli BAŞARAN

In concrete pouring process, pouring can be done in stages depending on some reasons such as the difficulty of pouring large areas at once, the inadequacy of the existing concrete mold and the problems experienced in the supply of concrete. Depending on the reasons stated, the joints formed as a result of pouring the concrete in stages are called cold joints. Cold joint areas are thought to be the weak point of the structures. In this research, the effect of cold joint formation on the mechanical properties of reinforced concrete beams was investigated. For this purpose, 11 beams with a length of 200 cm, a height of 35 cm, and a width of 20 cm, suitable for real dimensions and loads, were constructed. In these beams, cold joints are left in the middle of the beam span and 1/4 of the beam span as horizontally. The remaining concrete pouring of the beams were carried out after 1 day and 7 days. The constructed beams were subjected to bending test and obtained values of bearing capacity were compared. As a result, there was no negative effect of cold joints on the reinforced concrete beam element.

2022, xi + 66 pages

Keywords: Concrete, Cold Joints, Mechanical Properties, Bending Test

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Raif BOğA ve Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Koçer'e her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını grdğim hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Fatih BİLİR
Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Soğuk Derz	4
2.2 Literatür Taraması.....	5
3. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	7
3.1 Kullanılan Malzemeler	7
3.1.1 Çimento	7
3.1.2 Kum ve Kırmataş Agregaları.....	7
3.1.3 Süper Akışkanlaştırıcı.....	8
3.1.4 Çelik Donatılar	9
3.1.5 Beton Karışım Oranları	9
3.2 Üretilen Numune Tipleri	9
3.3 Yapılan Deneyler.....	13
3.3.1 Ultrases Geçiş Süresi Deneyi.....	13
3.3.2 Basınç Dayanım Deneyi.....	13
3.3.3 Schmidt Çekici Deneyi	14
3.3.4 Kiriş Yükleme Deneyi.....	15
4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME.....	17
4.1 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi Sonuçları	17
4.2 Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları.....	18
4.3 Schmidt Çekici Deney Sonuçları.....	18
4.4 Kiriş Yükleme Deney Sonucu	19
4.4.1 Deney -1 (Referans)	19
4.4.2 Deney -2 (YD1).....	22
4.4.3 Deney -3 (YD7).....	25

4.4.4 Deney -4 (L/2DD1-90°)	28
4.4.5 Deney -5 (L/2DD7-90°)	31
4.4.6 Deney -6 (L/2ED1-45°)	34
4.4.7 Deney -7 (L/2ED7-45°)	37
4.4.8 Deney -8 (L/4ED1-45°)	40
4.4.9 Deney -9 (L/4ED7-45°)	43
4.4.10 Deney -10 (L/4DD1-90°)	46
4.4.11 Deney -11 (L/4DD7-90°)	49
4.4.12 Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	52
4.4.12.1 Grup No 1 Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması (Derz Tipinin Davranışa Etkisi).....	53
4.4.12.2 Grup No 2 Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması (Derz Süresinin Davranışa Etkisi).....	57
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	60
5.1 Sonuçlar	60
5.2 Öneriler	63
6. KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	Kesme açıklığı, mm
A_c	Kiriş enkesit alanı, mm ²
A_s	Kiriş çekme donatısı alanı, mm ²
b_w	Kiriş genişliği, mm
C30	28 gün suda bekletilmiş silindir basınç dayanımı 30 MPa olan beton
d	Kiriş faydalı yüksekliği, mm
d'	Paspayı kalınlığı, mm
E_s	Donatının elastisite modülü, MPa
F_c	Basınç bölgesindeki beton basınç bileşkesi, kN
f_{cd}	Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı, MPa
f_{ck}	Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı, MPa
f_{ctd}	Beton tasarım eksenel çekme dayanımı, MPa
f_{yd}	Donatının tasarım akma dayanımı, MPa
f_{yk}	Donatının karakteristik akma dayanımı, MPa
h	Kiriş yüksekliği, mm
K_{ilk}	Deney elemanında ilk yüklemde ölçülen rijitlik değeri, kN/mm
K_j	Deney elemanında i'inci yüklemde ölçülen rijitlik değeri, kN/mm
kN	KiloNewton
l	En küçük boyuna donatı çapı, mm
L	Kiriş boyu, mm
l_n	Kiriş net açıklığı, mm
m	Metre
mm	Milimetre
MPa	Mega Pascal (N/mm ²)
N	Newton
P	Kirişe uygulanan yük, kN
S420	Donatı akma dayanımı 420 MPa olan çelik donatı
φ	Donatı çapı
σ_c	Beton basınç gerilmesi, MPa
σ_s	Donatı çekme gerilmesi, MPa

Kısaltmalar

Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
CaO	Kalsiyum Oksit
Fe ₂ O ₃	Demir Oksit
K ₂ O	Potasyum Oksit
L/2DD1-90°	Bir gün arayla beton dökülmesi ile kirişin ortasında dik soğuk derz uygulaması
L/2DD7-90°	Yedi gün arayla beton dökülmesi ile kirişin ortasında dik soğuk derz uygulaması
L/4DD1-90°	Bir gün arayla beton dökülmesi ile mesnette dik soğuk derz uygulaması
L/4DD7-90°	Yedi gün arayla beton dökülmesi ile mesnette dik soğuk derz uygulaması
L/2ED1-45°	Bir gün arayla beton dökülmesi ile kirişin ortasında eğik soğuk derz uygulaması
L/2ED7-45°	Yedi gün arayla beton dökülmesi ile kirişin ortasında eğik soğuk derz uygulaması
L/4ED1-45°	Bir gün arayla beton dökülmesi ile mesnette eğik soğuk derz uygulaması
L/4ED7-45°	Yedi gün arayla beton dökülmesi ile mesnette eğik soğuk derz uygulaması
MgO	Magnezyum Oksit
Na ₂ O	Sodyum Oksit
SiO ₂	Silisyum Dioksit
SO ₃	Kükürt Trioksit
YD1	Bir gün arayla beton dökülmesi ile kirişin ortasında yatay soğuk derz uygulaması
YD7	Yedi gün arayla beton dökülmesi ile kirişin ortasında yatay soğuk derz uygulaması

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Deneş Kirişİ Donatı Detayı.....	10
Şekil 3.2 Kiriş Yükleme Deneş Cihazı	16
Şekil 4.1 Ultrases geçiş hızı sonuçlarının soğuk derz tiplerine göre değişimi	17
Şekil 4.2 Schmidt yüzey sertliği sonuçlarının soğuk derz tiplerine göre değişimi	18
Şekil 4.3 Referans Kirişİ Yüç – Deplasman Grafiği	21
Şekil 4.4 Referans Kirişİ Rijitlik – Deplasman Grafiği.....	21
Şekil 4.5 Referans Kirişİ Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği	22
Şekil 4.6 YD1'e ait Kirişin Yüç – Deplasman Grafiği	24
Şekil 4.7 YD1'e Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.....	24
Şekil 4.8 YD1'e Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	25
Şekil 4.9 YD7 ye ait Kirişin Yüç – Deplasman Grafiği.....	27
Şekil 4.10 YD7 e Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	27
Şekil 4.11 YD7 ye Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	28
Şekil 4.12 L/2DD1-90° Deneşine Ait Kirişin Yüç – Deplasman Grafiği	30
Şekil 4.13 L/2DD1-90° Deneşine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	30
Şekil 4.14 L/2DD1-90° Deneşine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	31
Şekil 4.15 L/2DD7-90° Deneşine Ait Kirişin Yüç – Deplasman Grafiği	33
Şekil 4.16 L/2DD7-90° Deneşine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	33
Şekil 4.17 L/2DD7-90° Deneşine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	34
Şekil 4.18 L/2ED1-45° Deneşine Ait Kirişin Yüç – Deplasman Grafiği	36
Şekil 4.19 L/2ED1-45° Deneşine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	36
Şekil 4.20 L/2ED1-45° Deneşine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	37
Şekil 4.21 L/2ED7-45° Deneşine Ait Kirişin Yüç – Deplasman Grafiği	39
Şekil 4.22 L/2ED7-45° Deneşine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	39
Şekil 4.23 L/2ED7-45° Deneşine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	40

Şekil 4.24	L/4ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği	42
Şekil 4.25	L/4ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	42
Şekil 4.26	L/4ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	43
Şekil 4.27	L/4ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği	45
Şekil 4.28	L/4ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	45
Şekil 4.29	L/4ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	46
Şekil 4.30	L/4DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği	48
Şekil 4.31	L/4DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği	48
Şekil 4.32	L/4DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	49
Şekil 4.33	L/4DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği	51
Şekil 4.34	L/4DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.....	51
Şekil 4.35	L/4DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.....	52
Şekil 4.36	Grup 1 Deney Sonuçları Karşılaştırması.....	53
Şekil 4.37	Grup 2 Deney Sonuçları Karşılaştırması.....	54
Şekil 4.38	Grup 3 Deney Sonuçları Karşılaştırması.....	55
Şekil 4.39	Grup 4 Deney Sonuçları Karşılaştırması.....	56
Şekil 4.40	Grup 5 Deney Sonuçları Karşılaştırması.....	57
Şekil 4.41	Grup No.2-1 Deney Sonuçları Karşılaştırması	58
Şekil 4.42	Grup No.2-2 Deney Sonuçları Karşılaştırması	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Çimentoya Ait Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellik Deney Sonuçları....	7
Çizelge 3.2 Agregaların granülometrik analizi ve fiziksel özellikleri.....	8
Çizelge 3.3 Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Maddesinin Özellikleri.	8
Çizelge 3.4 Çelik Donatıların Mekanik Özellikleri.....	9
Çizelge 3.5 Beton Karışım Oranı, kg/m ³	9
Çizelge 3.6 Uygulanan Soğuk Derz Tipleri.	12
Çizelge 4.1 Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları.	18
Çizelge 4.2 Referans Kirişi Yük – Deplasman Tablosu.....	20
Çizelge 4.3 YD1 Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.	23
Çizelge 4.4 YD7 Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.	26
Çizelge 4.5 L/2DD1-90° Deney Elemanına Hasar Gelişim Tablosu	29
Çizelge 4.6 L/2DD7-90° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.	32
Çizelge 4.7 L/2ED1-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.	35
Çizelge 4.8 L/2ED7-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.	38
Çizelge 4.9 L/4ED1-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu	41
Çizelge 4.10 L/4ED7-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.	44
Çizelge 4.11 L/4DD1-90° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.....	47
Çizelge 4.12 L/4DD7-90° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.....	50
Çizelge 4.13 Deney Elemanı Karşılaştırmasında Kullanılan Gruplar.....	52
Çizelge 5.1 Tüm Grupların Sonuçları.	62

RESİM DİZİNİ

	Sayfa
Resim 1.1 Betonarme Kirişlerde İmalat Sırasında Oluşan Soğuk Derz.....	3
Resim 2.1 Betonarme Yapıda İmalat Sırasında Oluşan Soğuk Derzler.....	4
Resim 3.1 Kiriş Numune Hazırlanışı.	11
Resim 3.2 Kiriş Numunelerde Soğuk Derz Uygulaması.	11
Resim 3.3 Ultrases Geçiş Süresi Deneyi.....	13
Resim 3.4 Basınç Dayanımı Deneyleri İçin Küp Numune Alımı.	14
Resim 3.5 Schmidt Çekici Deneyi.	15
Resim 3.6 Kiriş Yükleme Deneyi Cihazı.	16
Resim 4.1 Referans Kirişi, Yükleme Deneyi Öncesi ve Sonrası.	19
Resim 4.2 Yd1'e Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası	22
Resim 4.3 YD7'ye Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.....	25
Resim 4.4 L/2DD1-90° deneyine ait kiriş, yükleme deneyi öncesi ve sonrası.....	28
Resim 4.5 L/2dd7-90° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.....	31
Resim 4.6 L/2ED1-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.	34
Resim 4.7 L/2ED7-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası	37
Resim 4.8 L/4ED1-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.	40
Resim 4.9 L/4ED7-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.	43
Resim 4.10 L/4DD1-90° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.....	46
Resim 4.11 L/4DD7-90° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası....	49

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinde yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte insanlar kendilerine göl, nehir ve verimli toprakların kenarlarına barınak inşa etme gereği duymuşlardır. İlk yapı malzemeleri olarak taş, toprak, orman ürünleri, saz ve saman türü bitkileri kullanmışlardır. İlerleyen zamanlarda bağlayıcı maddeler ile taşları daha iyi kullanarak barınaklar, duvarlar, yollar inşa etmişlerdir. 18. Yüzyılın sonlarına doğru bağlayıcı maddeler ile ilgili gelişmeler yaşanmıştır. 1756 yılında inşaat mühendisi John Smeaton İngiltere’de Eddystone deniz fenerini yeniden inşa etmiştir. Burada bağlayıcı madde olarak kil içeren kireçtaşı kullanmıştır. 19 ve 20. yüzyıllarda ise çimentonun ilk adımları atılmış ve çimento üretilmiştir (TMH 2003).

Bağlayıcı maddeler ile ilgili bu gelişmeler yaşanırken betonun kullanımında ise 19. Yüzyılın başlarında içine çelik çubuk yerleştirilen beton imalatları görülmektedir. Bu çerçevede; 1855 de J.L. Lambot’nun demirlerle kuvvetlendirilmiş çimento harcından inşa ettiği tekne, 1861’de J. Montier’nin beton içine tel yerleştirerek yaptığı saksılar sayılabilir. Gerçekleştirdiği deneylere dayanarak F. Coignet, 1861’de donatılı betonla inşaat konusunda hazırladığı temel bilgileri yayınladı ve 1867’deki Paris Dünya Sergisi’nde donatılı betondan taşıyıcı elemanlar ve borular sergiledi. New York’da W.E. Ward 1873’de günümüze de kalan bir betonarme ev inşa etti. E. Mörsch 1902’de Wayss und Freytag şirketinin isteği üzerine betonarmenin davranışı üzerine deneyler yaparak boyutlandırmada kullanılmak üzere bilimsel bir teori geliştirdi. Buna paralel olarak Fransa ve Almanya’da betonarme taşıyıcı sistem hesaplarının bilimsel temellere oturtulması için çeşitli çalışmalar yapılmış ve konunun düzenli biçimde ele alınmasını sağlamak üzere yönetmelikler hazırlanmıştır. İlk yönetmelikler Almanya’da 1904 ve Fransa’da 1906 yıllarında yayınlanmıştır (Celep 2005).

Beton, kum, çakıl (veya kırma taş, hafif agrega v.b.), çimento ve suyun karıştırılmasından elde edilen bir yapı malzemesidir. Sözü edilen malzemeler belirli oranda karıştırıldığında, kalıplarda istenilen biçimi alabilecek plastik bir malzeme elde edilir. Betonun diğer yapı malzemelerine üstün kılan en önemli özelliklerinden birisi, istenilen biçimin verilebilmesini sağlayan plastik kıvamıdır. Beton karıştırılıp kalıba döküldükten kısa bir

süre sonra katılır ve zamanla dayanım kazanır. Betonun özellikleri, karışımda kullanılan çeşitli malzemelerin özellikleri ile yakından ilişkilidir (Ersoy ve Özcebe 2018).

Beton üretiminde iyi bir sonuç elde etmek için ince ve kaba agregaların çimento hamuruyla tamamen kaplanmış olması gerekmektedir. Beton üretiminde beklenen nitelik; işlenebilme, dayanıklılık ve dayanımdır (Akman 1987).

Beton gerek kendisini oluşturan malzemelerin temini gerek sahada uygulanışı açısından kolay bir yapı malzemesi olduğundan çok sık tercih edilmektedir. Betonun tercihindeki önemli etkenlerden birisi basınç dayanımıdır. Karışımda kullanılan malzemelerin oranına göre betonun dayanımı da değişmektedir. Betonun tam anlamıyla istenen dayanımlara ulaşmasını sağlamak için yerleştirilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır (Kadyrov 2015).

Beton su ile reaksiyona başladığı andan itibaren plastik özelliğini koruduğu süreye “Taze Beton”, prizden sonra ise “Sertleşmiş Beton” olarak tanımlanır. Betonun taze haldeyken istenilen şekil verilmelidir. Beton priz aldıktan sonra yerleştirilen kalıbın tamamen şeklini alır (Erdoğan 2003).

Betonarme yapılarda beton döküm işlemi başladıktan sonra kesintiye uğramadan tamamlanması gerekmektedir. Beton döküm işlemi farklı süre zarflarında yapıldığında önceden dökülen betonun sertleşmesi sebebiyle iki kütle arasında farklı çalışmasına sebep olabilir. Farklı zamanlarda dökülen betonlara “Soğuk Derz” adı verilir (Özdemir 2015).

Beton, dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Büyük beton yapılar inşa ederken, betonun tek bir kademede dökmesi zordur. Tek seferde dökülebilecek beton miktarı, karıştırma kapasitesi, beton sevkiyatı ve çalışacak ekip sayısı ve uygun zaman aralığına göre belirlenir. Bu nedenle birçok yapı için betonu sürekli olarak dökmesi pratik değildir. Beton kademeli olarak dökülmesi planlanır. Bir beton yığınının sonraki yığının yerleştirilmesinden önce sertleşmesinden oluşan süreksizlik düzlemine soğuk derz denir (Rathi 2013).

Soğuk derz uygulaması sonucunda yapının normal işlevlerini bozmamaları esastır ve çoğu zaman genel görünümle uyum sağlamaları istenir. Genel görünümle uyum sağlarken aynı zamanda statik açıdan da gerekli dayanımı da sağlaması gerekir. Bu şartlar göz önünde bulundurularak ve yapının türüne göre derz yerleri belirlenmelidir (Abbas 2012).

Bu tezin amacı;

Günümüz şartlarında beton döküm işlemleri çeşitli nedenlerle kesintisiz yapılması mümkün olmamaktadır. Hava şartları, beton naklindeki gecikmeler, santral ve beton pompasındaki arızalar, yeterli kalıp veya iş gücünün olmaması gibi sebeplerden dolayı Resim 1.1'den de görüldüğü üzere soğuk derzler oluşmaktadır. Yürürlükteki yönetmeliklerimizde bu konu ile ilgili herhangi bir standart bulunmamakla beraber yapılan çeşitli araştırmalarda ortak bir noktaya varılamamıştır.

Bu tez kapsamında 20x35x200cm boyutlarında hazırlanan betonarme kirişler; moment değerinin maksimum olduğu kiriş uzunluğunun $\frac{1}{2}$ 'lik kısmında 45° ve 90° , kesme kuvvetinin maksimum olduğu bölgede kiriş uzunluğunun $\frac{1}{4}$ 'lük kısmında 45° ve 90° ve ayrıca boyuna doğrultuda ortadan ikiye bölerek bir gün ve yedi gün ara ile beton dökümleri gerçekleştirilmiştir.



Resim 1.1 Betonarme Kirişlerde İmalat Sırasında Oluşan Soğuk Derz.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Soğuk Derz

Soğuk derz, farklı zamanlarda ilk betonun prizini aldıktan sonra diğer betonun yan yana veya birbirlerinin üzerine yeniden beton dökülmesi işlemi sonucu ortaya çıkan iki tabaka arasına denir.

Bu süreksizlikler, yapı elemanlarının niteliğine göre birleşim noktaları aderans zayıflığı oluşmasına veya iki kütlelerin ayrı çalışmasına sebep olma ihtimali vardır.

Derzler, sıcaklık, priz alma esnasındaki büzülme, genişleme, kayma, bükülme vb. nedeniyle harekete (hacim değişikliğine) uyum sağlamak için yapılabilirken genellikle tercih edilmesinin ana sebebi tek seferde büyük kütlelerde beton dökümünün sağlanamamasıdır (Resim 2.1). Bu sebeplerin başında:

- Tüm yapının yekpare olarak dökülmesinin zor olması
- Kalıp ve işgücü yetersizliği
- Beton santralinden beton temini esnasındaki aksaklıklar (santral ve şantiye arası uzaklık, mikser veya pompa arızaları vb.)
- Hidratasyon ısı kontrolü için parçalı döküm yapılması
- Beklenmedik hava koşulları
- Temel, kolon, döşemenin farklı zamanlarda dökülmesi
- Şantiyede beklenmedik aksaklıklar (kalıp açması)



Resim 2.1 Betonarme Yapıda İmalat Sırasında Oluşan Soğuk Derzler.

2.2 Literatür Taraması

Rao ve Kishen (1993) soğuk derzin beton boyutuna göre etkisini yaptıkları çalışmada araştırmışlardır. Deney kapsamında kalıpların yarı seviyesine kadar beton dökülmüştür. Soğuk derz oluşumu sağlandıktan sonra kalan kısma da beton dökülmüştür. Ardından bu beton bloklara eğilme deneyi uygulanmıştır. Deney sonuçlarını analiz edildiğinde soğuk derz oluşan betonların eğilme dayanımlarında azalmalar olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda da soğuk derz oluşan kesitlere donatı yerleştirilmesi tavsiye edilmiştir

Santos (2009) çalışmasında pürüzlülüğün kesme dayanımına etkisini incelemiştir. Çalışmada birçok pürüz oluşturma tekniği yapılmıştır. Farklı büzülmeler beton-beton ara yüzünde gerilmelere yol açar. Bu durumu incelemek amacıyla beton numunelere soğuk derz oluşturulmuştur. Farklı dayanımlardaki betonlar arasında soğuk derz oluşturularak da dayanım farkının kesme dayanımına etkisi incelenmiştir. Analizler sonucunda kullanılan tahribatsız pürüzlülük derecesi belirleme tekniği sayesinde, ara yüzün doku profilini ve bu sayede doku parametrelerini elde etmek mümkün olmuştur.

Shah ve Kishen (2010) yaptıkları çalışmada iki beton blok arası yüzeyde kırılma özelliklerini Bazant'ın boyut etkisi modeline göre araştırmışlardır. Farklı dayanım ve boyutlarda numuneler oluşturulmuş ve elemanlara 3 noktalı eğilme testi uygulanmıştır. Görülmüştür ki iki yüzey arasındaki mesafe arttıkça ve basınç dayanımı farkı arttıkça kırılım özellikleri azalmıştır.

Rathi Kolase (2013) soğuk derzin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu amaç doğrultusunda önce kalıpları yarısına kadar 45 derecelik açıyla eğik ve 90 derecelik açıyla dikey olacak şekilde beton dökülmüştür. Betonda priz gecikmesi için şeker kullanılmıştır. 45, 75, 120 ve 180 dakika geçtikten sonra kalıpların kalan kısımlarına yine beton dökülmüştür. Bu beton numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda şeker ile hazırlanan numuneler diğerlerine göre soğuk derzin olumsuz etkilerini çok az miktarda azaltmıştır.

Kadyrov (2015) çalışmasında, soğuk derzin betonun doğrudan basınç, çekme ve eğilme dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır. 100x200 mm boyutlarında silindir ve 100x100x500 mm boyutlarında prizma şeklinde hazırlanan beton numunelerde 45° ve 90° açılarda soğuk derz oluşturulmuştur. Numunelerin yarısı dökülüp 2, 3, 4 ve 6 saat beklenerek ve soğuk derz oluşturulduktan sonra kalan yarısı dökülmek suretiyle deney numuneleri elde edilmiştir. Hazırlanan bu numuneler üzerinde doğrudan çekme, basınç ve eğilme dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre soğuk derz oluşumunda süre uzadıkça doğrudan çekme ve eğilme dayanımlarında azalma meydana geldiği görülmüştür.

Lion (2017), yaptığı çalışmasında, 150x150x600 mm boyutlarında olan prizma numunelerin yarısına kadar beton döküldükten sonra 72 saat beklenip kalan yarısına da beton döküldükten sonra numuneler üzerinde eğilme deneyi yapılmış ve karbonatlaşma deneyi için soğuk derz oluşan numunelerden 100x140 mm boyutlarında karot numuneler alınmıştır. Soğuk derz uygulanan ve uygulanmayan numunelerin karbonatlaşmaları karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda, zaman arttıkça soğuk derz oluşan numunelerde eğilme dayanımının azaldığı, karbonatlaşma derinliğinin ise arttığı görülmüştür.

Turan (2019) çalışmasında, soğuk derzli betonun eğilme altında mekanik özelliklerinin ve kırılma davranışının Akustik Emisyon ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı derz açısına, derz yüzeyine uygulanan farklı iyileştirme yöntemlerine ve farklı dayanımlardaki beton-beton ara yüzüne sahip numuneler laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan kırıslara dört noktada eğilme deneyi uygulanmış ve eş zamanlı olarak Akustik Emisyon ile izlenmiştir. Gözlemler sonucunda soğuk derzin varlığı, numunede basınç ve eğilme mukavemetini azaltmıştır.

Laskar (2016) çalışmasında, betonarme giriş numunelerinin orta noktasında soğuk derz oluşturarak eğilme testi yapmıştır. Aynı zamanda dökülen şahit numune ile kıyasladığında ilk çatlaklar soğuk derz kısmında gerçekleştiğini gözlemlemiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1 Kullanılan Malzemeler

3.1.1 Çimento

Çalışmada SAYIN A.Ş.'den temin edilen hazır beton kullanılmıştır. Hazır beton üretiminde ilgili firma ÇİMSA Afyon Çimento Fabrikası'nın ürettiği CEM I 42.5 R Portland çimentosunu kullanmıştır. Çimentoya ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklere ait sonuçlar Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Çimentoya Ait Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellik Deney Sonuçları.

	Kimyasal Bileşim, %	CEM I 42.5 R
Kimyasal Özellikler (XRF analizi)	SiO ₂	18.94
	Al ₂ O ₃	4.72
	Fe ₂ O ₃	2.99
	CaO	63.25
	MgO	2.07
	SO ₃	3.04
	Na ₂ O	0.31
	K ₂ O	0.95
	Kızdırma Kaybı	3.55
	Çözünmeyen Kalıntı	0.38
Fiziksel Özellikler	Özgül ağırlık	3.13
	Özgül yüzey, cm ² /gr	4166
	Priz Başlama Süresi, dk	207
Mekanik Özellikler	Basınç Dayanımı, MPa (2 Günlük)	33.9
	Basınç Dayanımı, MPa (7 Günlük)	45.4
	Basınç Dayanımı, MPa (28 Günlük)	54.8

3.1.2 Kum ve Kırmataş Agregaları

Beton üretimlerinde Sayın A.Ş tarafından kum (0-4), kırma taş I (4-11.2), kırma taş II (11.2-22.4 mm) agregaları kullanılmıştır. Agregalara ait fiziksel özellikler ve elek analizi sonuçları Çizelge 3.2 Agregaların granülometrik analizi ve fiziksel özellikleri

gösterilmiştir. Beton üretimlerinde kum, kırmataş I ve kırmataş II agregaları sırasıyla hacimce % 53, 12 ve 35 oranlarında kullanılmıştır.

Çizelge 3.2 Agregaların granülometrik analizi ve fiziksel özellikleri.

Elek boyutları (mm)	Elekten geçen malzeme miktarı		
	Kırma Kum (0-4 mm)	Kırma Taş I (4-11.2 mm)	Kırma Taş II (11.2-22.4 mm)
31.5	100	100	100
16	100	100	73
8	99	63	1
4	82	6	1
2	59	4	0
1	49	1	0
0.50	43	0	0
0.25	32	0	0
0.125	19	0	0
0.063	11	0	0
Fiziksel Özellikler			
Özgül ağırlık	2.700	2.720	2.730
Su emme, %	1.300	0.500	0.400

3.1.3 Süper Akışkanlaştırıcı

Süper akışkanlaştırıcı beton katkısı olarak Polisan Kimya A.Ş.'ye ait Politon 630 W katkısı kullanılmıştır. Süpera kışkanlaştırıcı katkı maddesinin özellikleri Çizelge 3.3 Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Maddesinin Özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Maddesinin Özellikleri.

Özellikler	Değerler
Görünüm	Ayrışma Yok
Renk	Açık Kahverengi
Yoğunluk (gr/cm ³)	1.06
Katı Madde Miktarı %	22.72
pH Değeri	4.58
Klorür İçeriği	< 0.1
Alkali Miktarı(Na ₂ O) %	< 10

3.1.4 Çelik Donatılar

Yapılan deneylerde Ø8 ve Ø12 mm çaplarında nervürlü B420C donatıları kullanılmıştır. Kullanılan donatıların akma ve çekme dayanımlarını belirlemek için çekme deneyleri yapılmış olup elde edilen veriler Çizelge 3.4 Çelik Donatıların Mekanik Özellikleri

Çizelge 3.4 Çelik Donatıların Mekanik Özellikleri.

Mekanik Özellikler	TS 708 B420C Sınır Değerler	Çekme Deneyi Sonuçları	
		Ø8	Ø12
Akma dayanımı (en az) Re (N/mm ²)	420	488	462
Çekme dayanımı (en az) Rm (N/mm ²)	-	591	575
Çekme dayanımı/akma dayanımı oranı Rm /Re	≥1.15 <1.35	1.23	1.25

3.1.5 Beton Karışım Oranları

Yapılan tez çalışmasında Sayın A.Ş'nin ürettiği C30/37 kalitesindeki hazır beton kullanılmıştır. Beton karışımındaki su/çimento oranı 0.5 olarak seçilmiştir. Üretilen betona ait karışım oranı Çizelge 3.5 Beton Karışım Oranı, kg/m³.

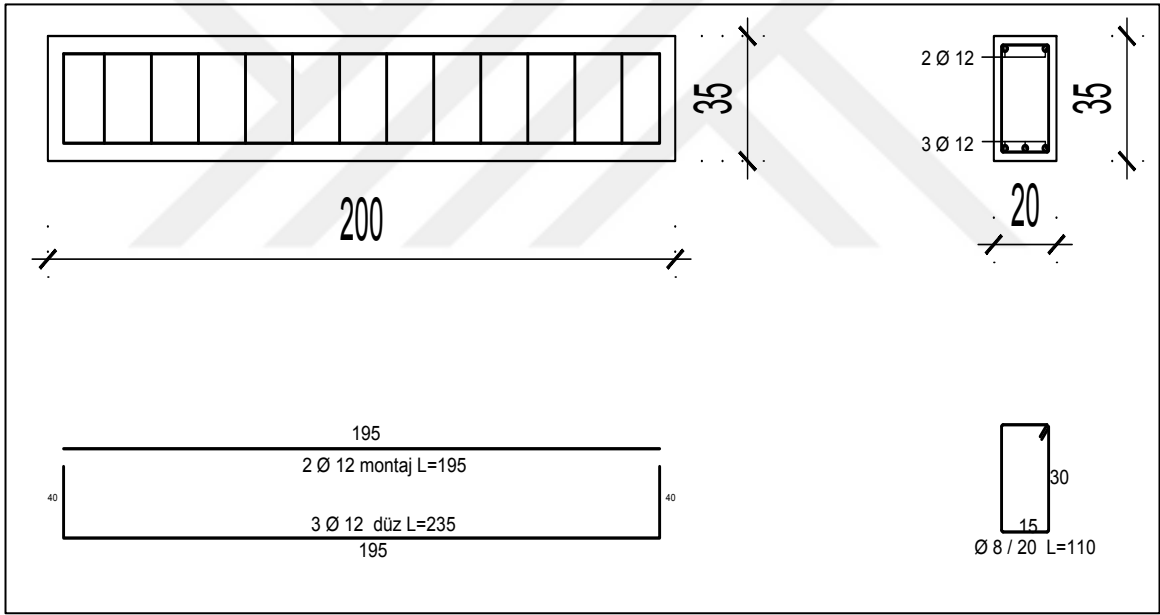
Çizelge 3.5 Beton Karışım Oranı, kg/m³.

Karışım Kodu	Su	Çimento	Kum 0-4	K.Taş I 5-12	K.Taş II 12-22	SA
C30 / 37	170	340	1007	230	672	2.75

3.2 Üretilen Numune Tipleri

Soğuk derzin betonarme kirişlerin eğilme dayanımı üzerine etkisini araştırmak amacıyla, 200 cm uzunluğunda, 35 cm yüksekliğinde, 20 cm eninde 11 adet betonarme kiriş numunesi üretilmiştir. Üretilen betonarme kirişlerin detayları yönetmelik koşullarına

(TS500 2000, TBDY 2018) uygun olarak detaylandırılmış ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Betonarme kirişlerin üretiminde C30/37 beton sınıfı kullanılmıştır. Beton dökümleri sırasında, betonarme kiriş numunelerine 4 farklı soğuk derz tipi ve iki farklı zaman dilimi uygulanmıştır. Soğuk derzler; momentin maksimum olduğu açıklığın ortasında, kesme kuvvetinin maksimum olduğu açıklığın $\frac{1}{4}$ ’ünde 45° ve 90° olarak ve gerilmelerin minimum olduğu tarafsız eksen boyunca yatay bir şekilde uygulanmıştır. Soğuk derz uygulanırken zaman dilimleri betonun priz süresinin tamamlayıp plastik şekil değiştirme yeteneğinin kaybettiği 1 günlük ve dayanımın %70’ini kazandığı 7 günlük süreler seçilmiştir. Resim 3.1 ve Resim 3.2’de betonarme kirişlerin üretimi ve soğuk derz uygulaması gösterilmiştir. Ayrıca soğuk derzin uygulanmadığı bir adet referans kiriş üretimi de gerçekleştirilmiştir. Deneysel numunelerin isimlendirilmesi ve deneysel parametreler Çizelge 3.6’da özetlenmiştir.



Şekil 3.1 Deneysel Kiriş Donatı Detayı.



Resim 3.1 Kiriş Numune Hazırlanışı.



Resim 3.2 Kiriş Numunelerde Soğuk Derz Uygulaması.

Çizelge 3.6 Uygulanan Soğuk Derz Tipleri.

<i>Numune Adı</i>	<i>Soğuk Derz Yeri</i>	<i>Soğuk Derz Açısı</i>	<i>İkinci Döküm Zamanı</i>	<i>Şematik Gösterim</i>
<i>Referans</i>	<i>Soğuk derz yapılmayan</i>	----	<i>Tek Sefer</i>	
<i>YD1</i>	<i>Kiriş H/2</i>	----	<i>1 Gün Sonra</i>	
<i>YD7</i>	<i>Kiriş H/2</i>	----	<i>7 Gün Sonra</i>	
<i>L/2DD1-90°</i>	<i>Kiriş L/2</i>	<i>90°</i>	<i>1 Gün Sonra</i>	
<i>L/2DD7-90°</i>	<i>Kiriş L/2</i>	<i>90°</i>	<i>7 Gün Sonra</i>	
<i>L/2ED1-45°</i>	<i>Kiriş L/2</i>	<i>45°</i>	<i>1 Gün Sonra</i>	
<i>L/2ED7-45°</i>	<i>Kiriş L/2</i>	<i>45°</i>	<i>7 Gün Sonra</i>	
<i>L/4ED1-45°</i>	<i>Kiriş L/4</i>	<i>45°</i>	<i>1 Gün Sonra</i>	
<i>L/4ED7-45°</i>	<i>Kiriş L/4</i>	<i>45°</i>	<i>7 Gün Sonra</i>	
<i>L/4DD1-90°</i>	<i>Kiriş L/4</i>	<i>90°</i>	<i>1 Gün Sonra</i>	
<i>L/4DD7-90°</i>	<i>Kiriş L/4</i>	<i>90°</i>	<i>7 Gün Sonra</i>	

3.3 Yapılan Deneyler

3.3.1 Ultrases Geçiş Süresi Deneyi

Üretilen betonarme kirişler üzerinde; ilk dökülen beton bölgesinden, son dökülen beton bölgesinden ve oluşan soğuk derz bölgesinden ultrases geçiş süresi deneyleri yapılmıştır. Deneyin yapılışı Resim 3.3'te gösterilmiştir. Ultrases geçiş hızı deneyleri TS EN 12504-4 (2021)'e göre gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.3 Ultrases Geçiş Süresi Deneyi.

3.3.2 Basınç Dayanım Deneyi

Basınç dayanımı deneyleri, kirece doymun su havuzlarında 7 ve 28 gün boyunca standart kür uygulanan 150x150x150 mm boyutlarındaki küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Basınç dayanımı için numune alımı Resim 3.4'te gösterilmiştir. Deneylerde 2000 kN kapasiteli beton presi kullanılmıştır. Yükleme hızı 0.3 MPa/sn olarak uygulanmıştır. Basınç dayanımı deneyleri TS EN 12390-3 (2021) standardına uygun olarak yapılmıştır. Beton basınç dayanımı, aşağıdaki Denklem 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (3.1)$$

Denkleimde f_c : Basınç dayanımı (MPa), F : Kırılma anında ulaşılan en büyük yük (N), A_c : Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanını (mm^2) göstermektedir.



Resim 3.4 Basınç Dayanımı Deneyleri İçin Küp Numune Alımı.

3.3.3 Schmidt Çekici Deneyi

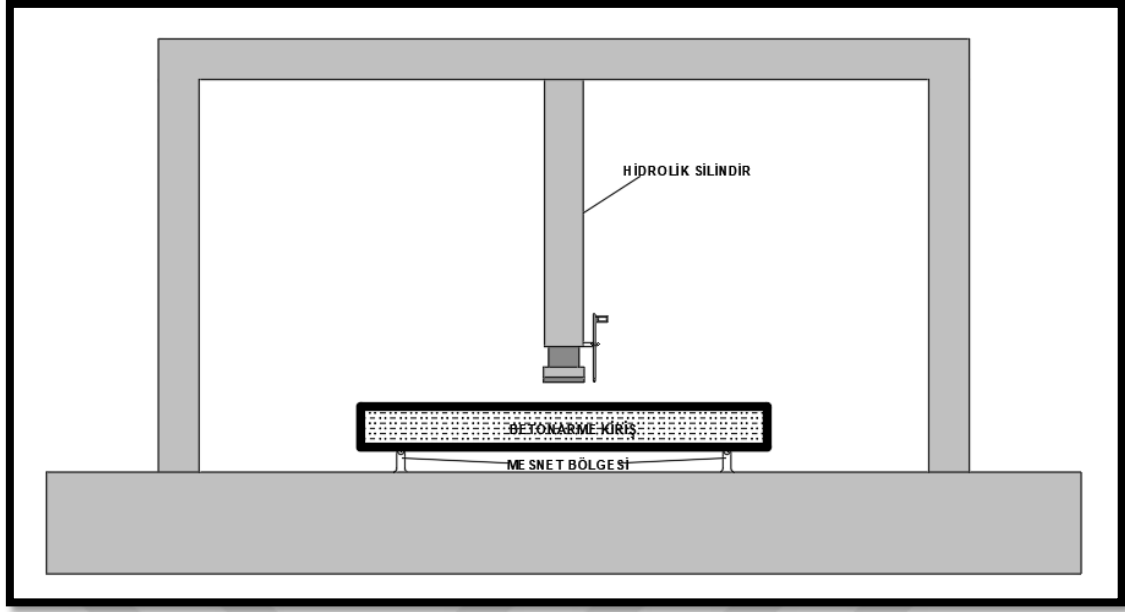
Betonarme kirişler üzerinde; ilk dökülen beton bölgesinden, son dökülen beton bölgesinden ve oluşan soğuk derz bölgesinden Schmidt çekiç deneyleri yapılmıştır. Deneyin yapılışı Resim 3.5'te gösterilmiştir. Elde edilen sertlik değerleri kullanılarak betonarme kirişlerin ilk döküm, son döküm ve soğuk derz kısmındaki beton özellikleri karşılaştırılmıştır. Her bölgeden 10'ar adet schmidt okuması alınmış ve bu okumaların ortalaması alınarak schmidt yüzey sertliği değerleri belirlenmiştir.



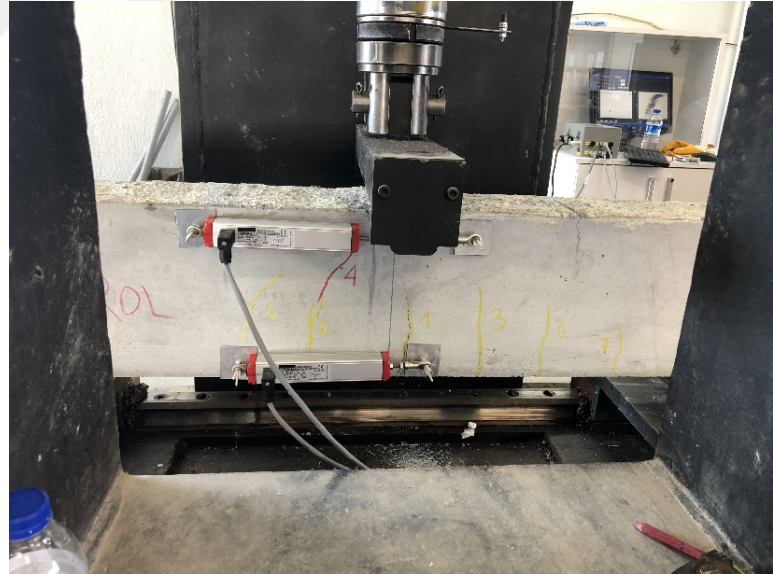
Resim 3.5 Schmidt Çekici Deneyi.

3.3.4 Kiriş Yükleme Deneyi

Ortam koşullarında bekletilen 20x35x200 cm boyutlarındaki betonarme kirişlerin eğilme deneyleri Şekil 3.2’de şematik olarak gösterilen 3 noktalı yükleme deney düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında bir adet yük hücresi ve 2 adet potansiyometrik cetvel kullanılmıştır. Potansiyometrik cetvellerin bir tanesi açıklık ortasında düşey deplasmanı, rijitlik azalım, enerji grafikleri için kullanılırken, diğer iki tanesi moment-eğriliği ölçmek için kullanılmıştır. Deneyler sırasında veriler bilgisayar ortamında kaydedilerek eş zamanlı bir biçimde yük deplasman grafikleri elde edilmiştir. Resim 3.6’da referans numunesine ait yükleme öncesi test düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kiriş Yükleme Deneyi Cihazı.

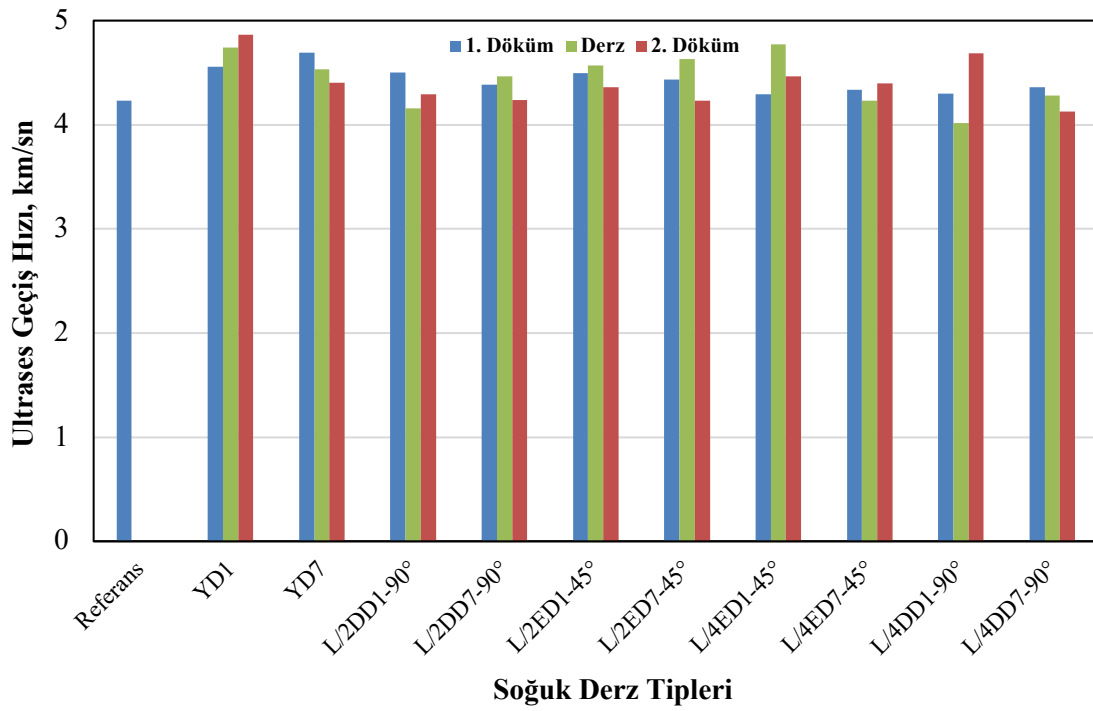


Resim 3.6 Kiriş Yükleme Deneyi Cihazı.

4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

4.1 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi Sonuçları

Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde bazı serilerde soğuk derzin olduğu yerlerde ultrases geçiş hızı değerleri artarken bazı serilerde ise azalmıştır. Soğuk derz uygulanırken betonda bazı süreksizlikler ve boşlukların oluşması ve buna bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerlerinde azalmaların oluşması beklenmektedir ancak bu durum bazı serilerde gerçekleşirken bazı serilerde ise gerçekleşmemiştir. Deney sonuçları karşılaştırıldığında soğuk derzin ultrases geçiş hızı sürelerine çok fazla bir etkisinin olmadığı değerlendirilmektedir. Soğuk derz tipleri 1. döküm, derz ve 2. Döküm olmak üzere kendi içlerinde değerlendirildiğinde birbirine yakın ultrases geçiş hızı değerlerinin elde edildiği görülmüştür.



Şekil 4.1 Ultrases Geçiş Hızı Sonuçlarının Soğuk Derz Tiplerine Göre Değişimi.

4.2 Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları

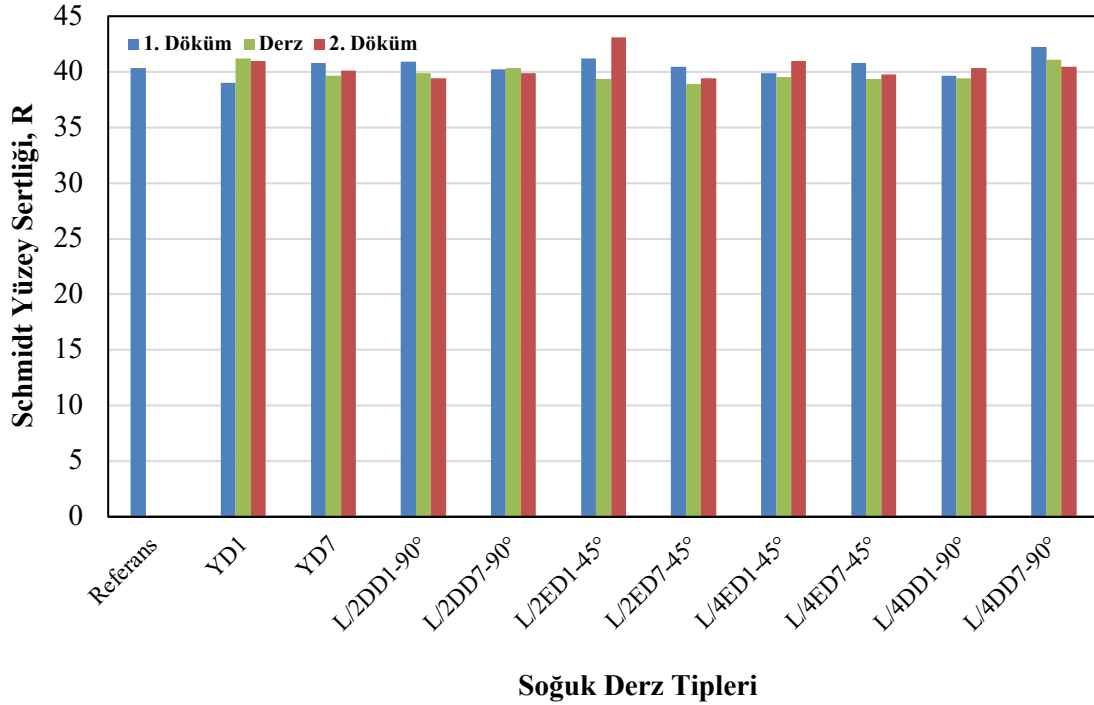
Betonarme kiriş dökümleri sırasında alınan beton numunelerinden elde edilen basınç dayanım deney sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’den görüldüğü üzere 7 günlük ortalama basınç dayanımları 35.26 MPa olarak elde edilirken 28 günlük basınç dayanımları 43.01 MPa olarak elde edilmiştir. Elde edilen basınç dayanımı değerlerine göre C30/37 kalitesinde beton üretimlerinin gerçekleştirildiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1 Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları.

Basınç Dayanımı, MPa	
7 Günlük	28 Günlük
36.50	42.67
38.70	47.23
30.60	40.13
35.25	42.00
Ort: 35.26	Ort: 43.01

4.3 Schmidt Çekici Deney Sonuçları

Schmidt yüzey sertliği sonuçlarının soğuk derz tiplerine göre değişimi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Schmidt Yüzey Sertliği Sonuçlarının Soğuk Derz Tiplerine Göre Değişimi.

Şekil 4.2 incelendiğinde 1. döküm sonunda elde edilen schmidt sertliği sonuçlarının 39 ile 42 değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Soğuk derzin olduğu bölgeden elde edilen schmidt sertliği değerleri ise 39 ile 41 değerleri arasında değişmiştir. 2. dökümden elde edilen değerlerin 39 ile 43 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere birbirine oldukça yakın schmidt sertliği değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.2 genel olarak incelendiğinde bazı serilerde soğuk derzin olduğu bölgelerden daha düşük schmidt sertliği değerleri elde edilirken, bazı serilerde ise soğuk derz bölgesinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre soğuk derzin farklı tiplerine göre schmidt yüzey sertliği değerleri arasında büyük farkların oluşmadığı sonucuna varılmıştır.

4.4 Kiriş Yükleme Deney Sonucu

4.4.1 Deney -1 (Referans)

Bu elemanda soğuk derz uygulanmamıştır. Elemana ait görüntü Resim 4.1’de gösterilmiştir. Deney sırasında numunede yüke bağlı olarak meydana gelen şekil değiştirmeler ve hasarların gelişimi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

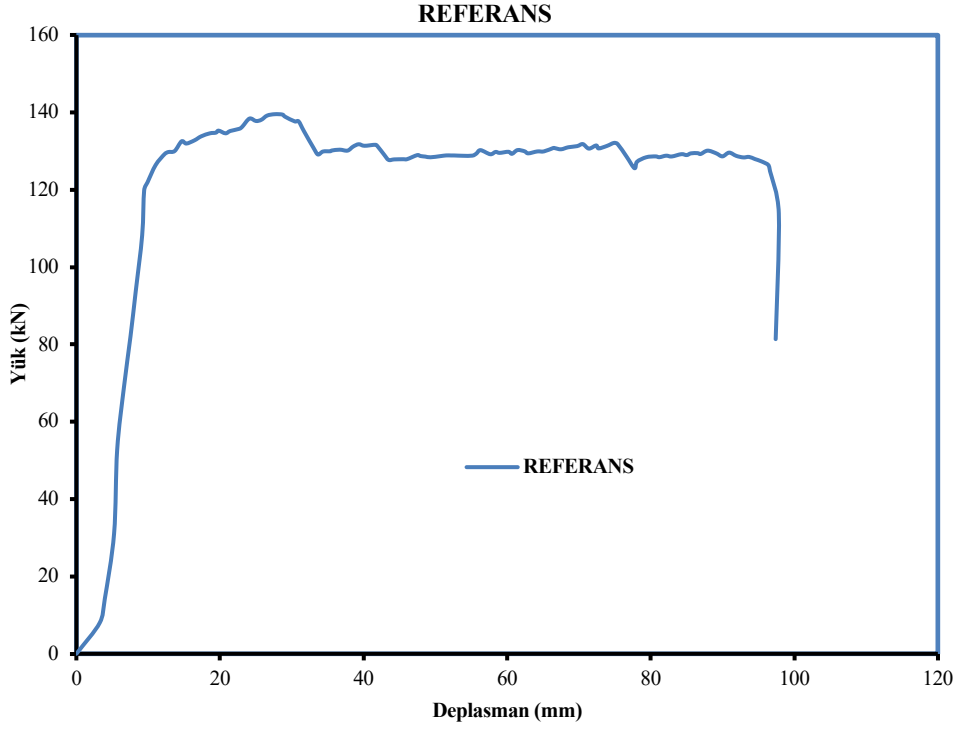


Resim 4.1 Referans Kirişi, Yükleme Deneyi Öncesi ve Sonrası.

Çizelge 4.2 Referans Kirişi Yük – Deplasman Tablosu.

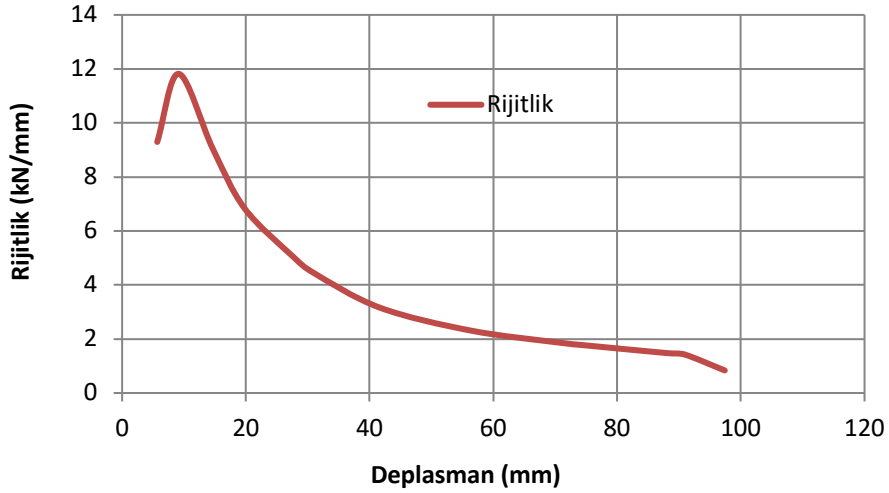
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değiştirme ve Hasarlar</i>
7,76	3,88	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
52,73	5,93	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
56,82	5,71	1. çatlak oluştu
61,53	6,30	1. çatlağın boyu uzamaya başladı
67,47	6,24	2. çatlak oluştu
72,82	6,20	Mevcut çatlakların genişlikleri arttı
76,54	6,93	3. çatlak oluştu
83,93	7,54	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı
94,59	7,46	4. çatlak oluştu
100,04	8,53	5. çatlak oluştu
119,79	9,24	Mevcut çatlakların genişlikleri arttı.
139,20	26,56	Donatı akma noktasına ulaştı.
143,61	27,56	Maksimum yüke ulaşıldı.
128,33	44,83	Çeşitli bölgelerden yeni çatlaklar oluşmaya devam etti
126,79	93,34	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı
	97,11	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı

Deney elemanında ilk çatlak oluşumu 56,82 kN yük altında meydana gelmiştir. Deney elemanı akma noktasına 139,20 kN yük altında, 26,56 mm'lik deplasman yaparak ulaşmıştır. Maksimum yük 143,61 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 27,56 mm dir. 97,11 mm'lik deplasmanda çekme donatısında meydana gelen kopma sonucunda, deney numunesi yük taşıyamaz hale geldiği için deney sonlandırılmıştır. Deney sırasında kesme çatlağı gözlemlenmezken, meydana gelen eğilme çatlaklarının genişlikleri artarak basınç bölgesindeki betonda ezilmeler meydana gelmiştir ve deneysel numune çekme donatısında meydana gelen kopma sonucu göçme moduna ulaşmıştır. Referans numunesine ait yük – deplasman grafiği Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

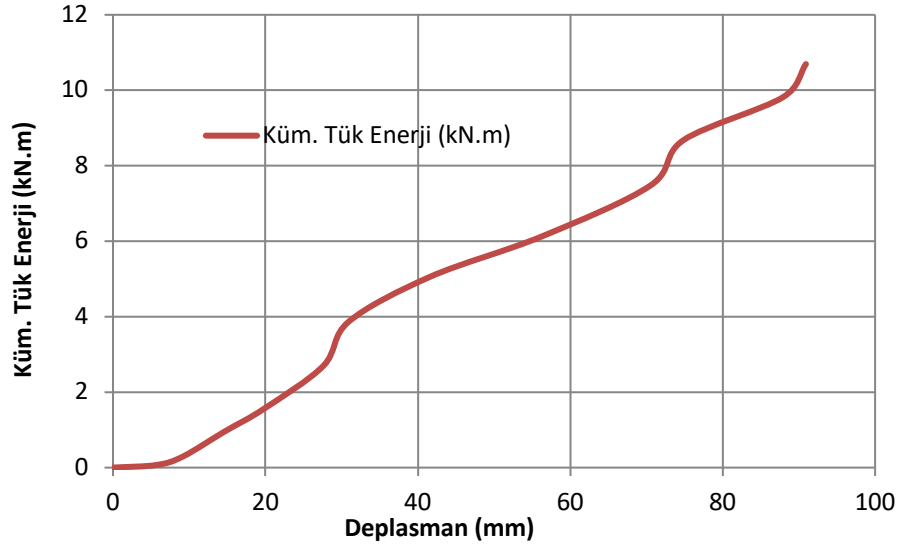


Şekil 4.3 Referans Kirişi Yük – Deplasman Grafiği.

Deneye ait rijitlik grafiği Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.5'te kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Referans Kirişi Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.5 Referans Kirişi Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.2 Deney -2 (YD1)

YD1 numunesinde soğuk derz işlemi yatay olarak uygulanmıştır. Beton, kiriş yüksekliğinin yarısı döküldükten sonra kalan kısmı bir gün sonra dökülmüştür. YD1 deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü

Resim 4.2’de gösterilmiştir. YD1 elemanın deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi

Çizelge 4.3’te verilmiştir.

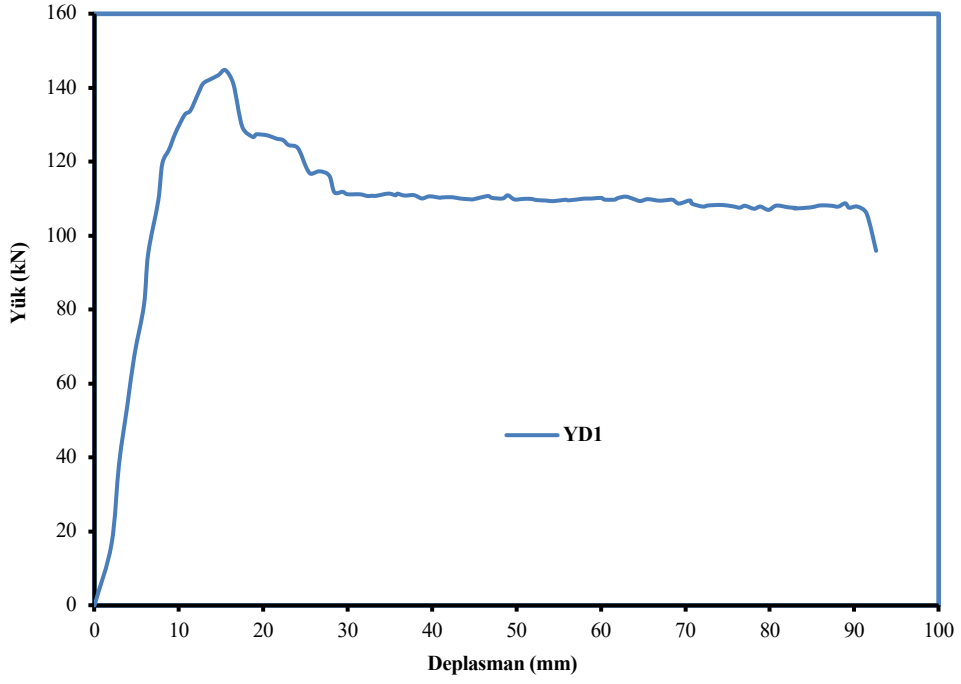


Resim 4.2 Yd1’e Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası

Çizelge 4.3 YD1 Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

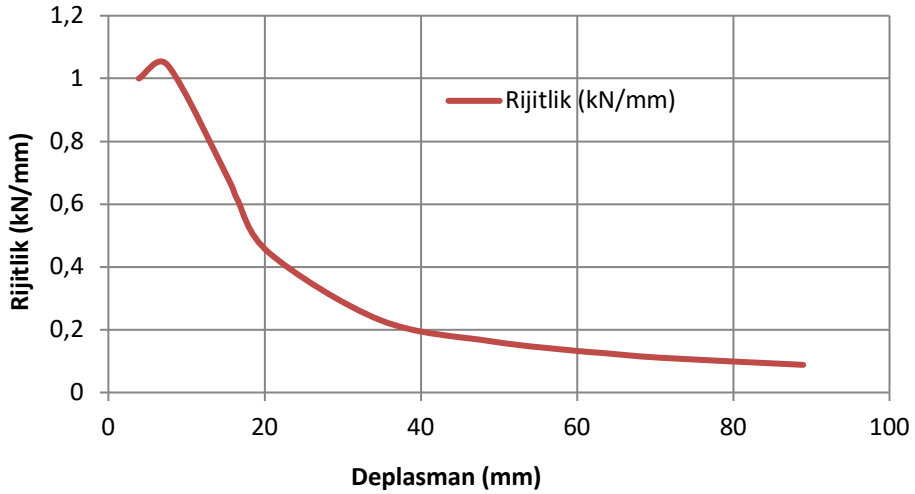
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değiştirme ve Hasarlar</i>
11,26	1,41	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
21,73	1,63	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
40,78	3,30	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
65,93	4,40	1. çatlak oluştu
78,26	6,08	2. çatlak oluştu
87,14	6,61	3. çatlak oluştu. Soğuk derze yakın bölgede
98,32	6,25	4. çatlak oluştu. Kiriş merkezinde dik olarak oluştu
113,33	8,64	5. çatlak oluştu
121,93	7,86	6. çatlak soğuk derz bırakılan bölgede oluştu. Kiriş orta merkeze yakın bölgelerde çatlak oluşumları devam etti
129,66	9,93	Maksimum yüke ulaşıldı.
148,95	15,98	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı
146,42	16,22	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı
125,99	22,62	Donatı akma noktasına ulaştı.
111,20	29,97	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı
109,04	44,21	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı
108,00	89,67	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı
	93,14	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı

YD1 elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 65,93 kN'da açılık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 111,20 kN'da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 29,97 mm'dir. Maksimum yük 148,95 kN olarak ölçülmüştür ve bu yükte deplasman 15,98 mm'dir. Maksimum yükte meydana gelen eğilme çatlaklarının dağılımı referans numune de olduğu gibi simetrik değildir ve hasar açıklığın sol tarafında yoğunlaşmıştır. Kesme çatlakları oluşmamasına rağmen maksimum yükten sonra belirgin bir plato meydana gelmemiş ve %25'lik bir dayanım kaybından sonra yük neredeyse sabit kalırken elastik ötesi deformasyonlar artmıştır. Referans numuneye göre maksimum yükte %3'lük bir artış meydana gelmesine rağmen tüketilen enerji miktarında %17'lik bir azalma meydana gelmiştir. 121.93 kN'da yük altında kirişin sol kesme açıklığında ve soğuk dersin bulunduğu eski ve yeni betonun ara yüzünde yatay bir çatlak meydana gelmiştir. 93,14 mm deplasmanda çekme donatısında meydana gelen kopma sonucu deney sonlandırılmıştır.

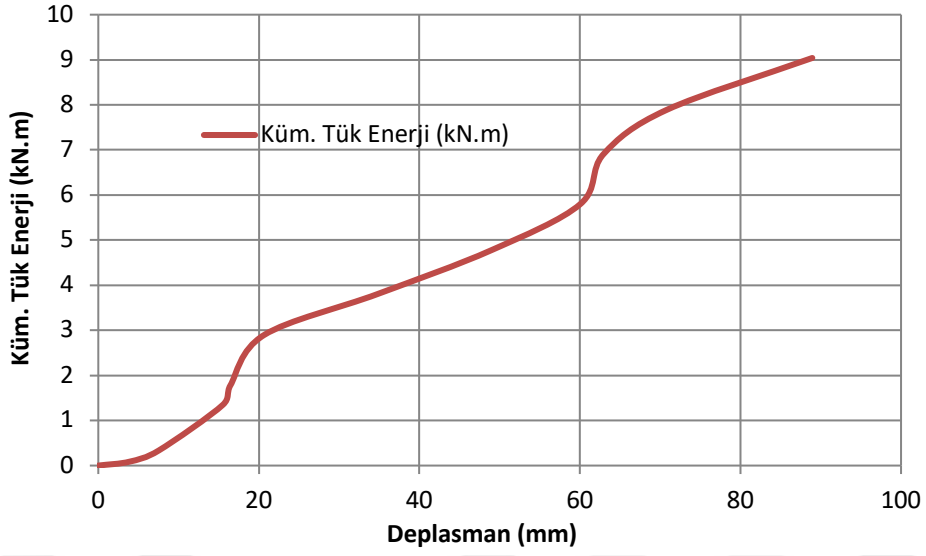


Şekil 4.6 YD1'e ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

YD1 Deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.8'de kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.7 YD1'e Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.8 YD1'e Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.3 Deneysel -3 (YD7)

YD7 numunesinde soğuk derz işlemi yatay olarak uygulanmıştır. Beton, kiriş yüksekliğinin yarısı döküldükten sonra kalan kısmı yedi gün sonra dökülmüştür. YD7 deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü Resim 4.3'te gösterilmiştir. YD7 elemanının deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.4'da verilmiştir.

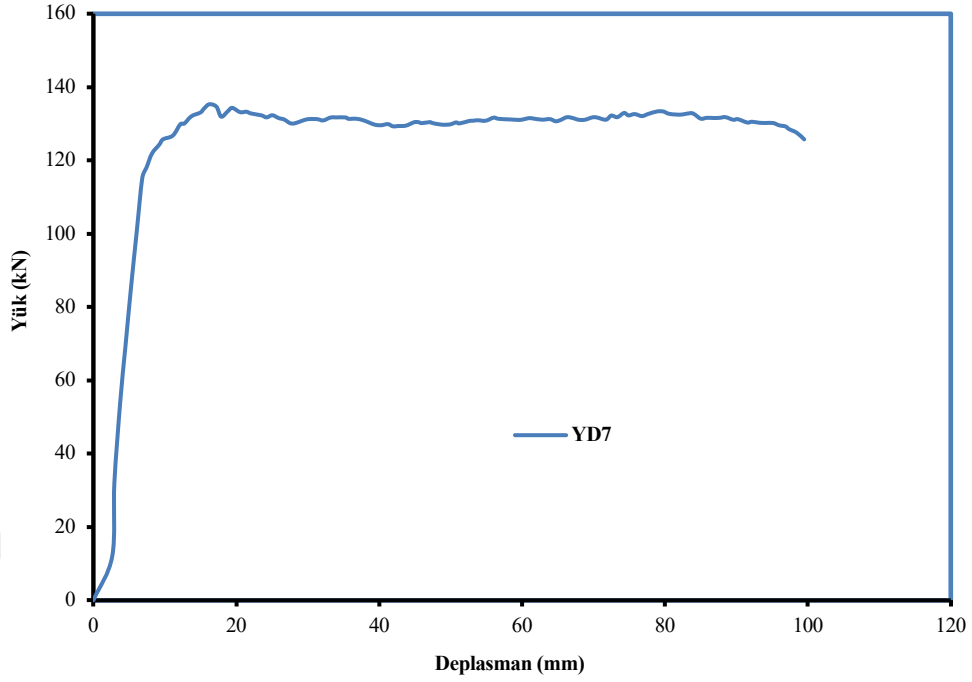


Resim 4.3 YD7'ye Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.4 YD7 Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

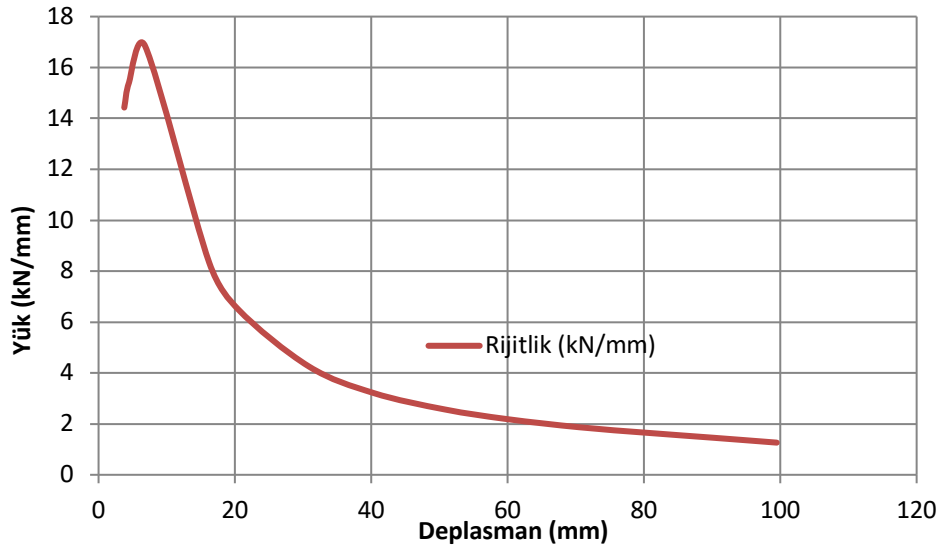
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değiştirme ve Hasarlar</i>
6,70	1,99	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
14,28	2,80	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
59,23	3,09	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi
69,38	5,13	1. çatlak oluştu. Kiriş merkezine dik olarak oluştu
80,26	5,30	2. çatlak oluştu
89,43	5,69	3. çatlak oluştu
100,77	5,80	4. çatlak oluştu
117,14	8,12	5. çatlak oluştu
123,92	9,96	6. çatlak oluştu.
130,86	10,97	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumuna devam etti.
138,39	15,96	Maksimum yüke ulaşıldı.
133,05	17,72	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
133,16	20,53	Donatı akma noktasına ulaşıldı
132,07	27,81	Mevcut çatlakların genişlikleri arttı.
131,32	30,45	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
132,46	58,98	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	98,07	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

YD7 elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.9'de gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 69,38 kN'da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 133,16 kN'da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 20,53'mm dir. Maksimum yük 138,39 kN olarak ölçülmüştür ve bu yükte deplasman 15,96'mm dir. 98,07 mm deplasmanda alt donatı koptu için deney sonlandırılmıştır.

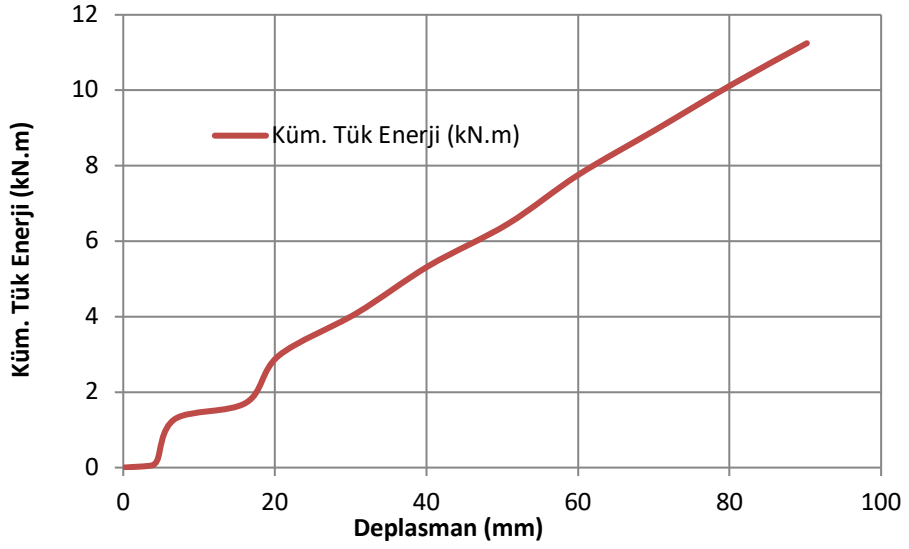


Şekil 4.9 YD7 ye ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği

YD7 deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.10'de gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.11'da kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.10 YD7 e Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği



Şekil 4.11 YD7 ye Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği

4.4.4 Deney -4 (L/2DD1-90°)

L/2DD1-90° numunesinde soğuk derz işlemi L/2'den 90° olarak uygulanmıştır. Beton, yarısı döküldükten sonra kalan kısmı bir gün sonra dökülmüştür. L/2DD1-90° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü

Resim 4.4'te gösterilmiştir. L/2DD1-90° elemanın deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.5'de verilmiştir.

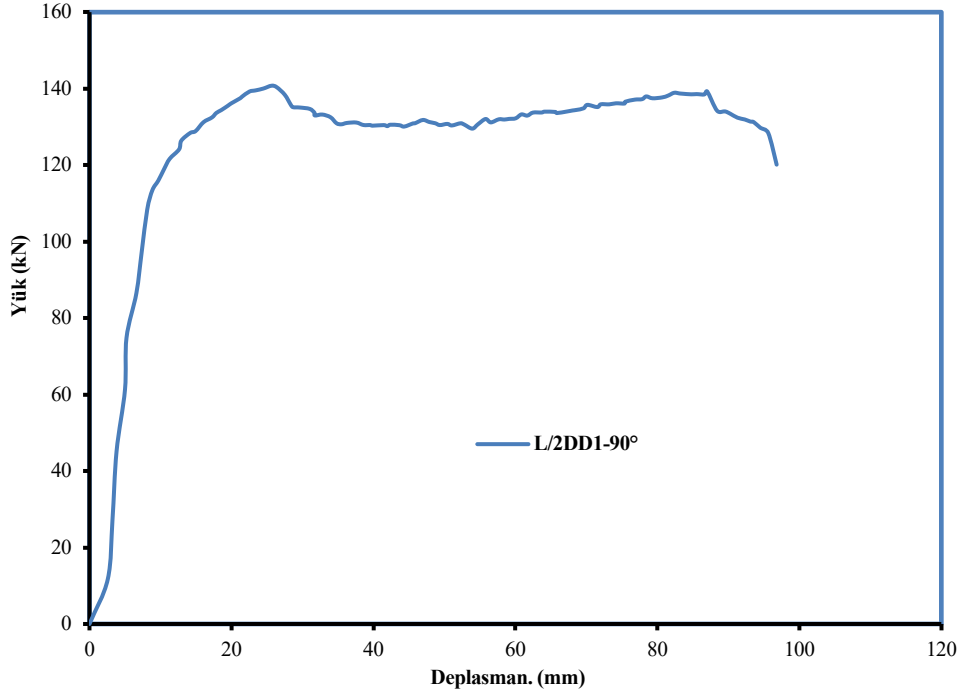


Resim 4.4 L/2DD1-90° deneyine ait kiriş, yükleme deneyi öncesi ve sonrası

Çizelge 4.5 L/2DD1-90° Deney Elemanına Hasar Gelişim Tablosu

<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
12,75	2,95	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
29,21	4,75	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
48,24	4,11	1. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
55,07	4,81	Çatlak boyu uzadı.
66,27	4,24	2. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
74,64	5,33	Çatlak genişliği arttı.
80,66	5,41	3. çatlak oluştu.
85,33	5,85	Mevcut çatlak boyları uzadı.
93,36	6,99	4. çatlak oluştu.
100,39	7,63	5. çatlak oluştu.
113,54	9,10	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
138,12	21,04	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
142,62	25,58	Maksimum yüke ulaşıldı.
134,44	28,31	Mevcut çatlakların genişlikleri arttı.
135,06	29,61	Akma dayanımı noktasına ulaşıldı.
129,47	42,04	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	93,14	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

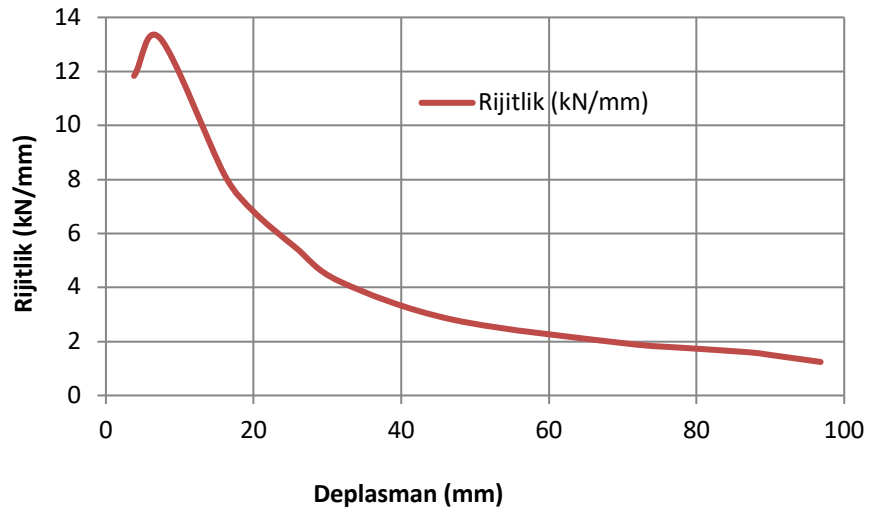
L/2DD1-90° elemanına ait yük deplasman eğrisi Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 48,24 kN açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 135,06 kN’da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 29,61 mm’dir. Maksimum yük 142,62 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 25,58 mm dir. 93,14 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deney sonlandırılmıştır.



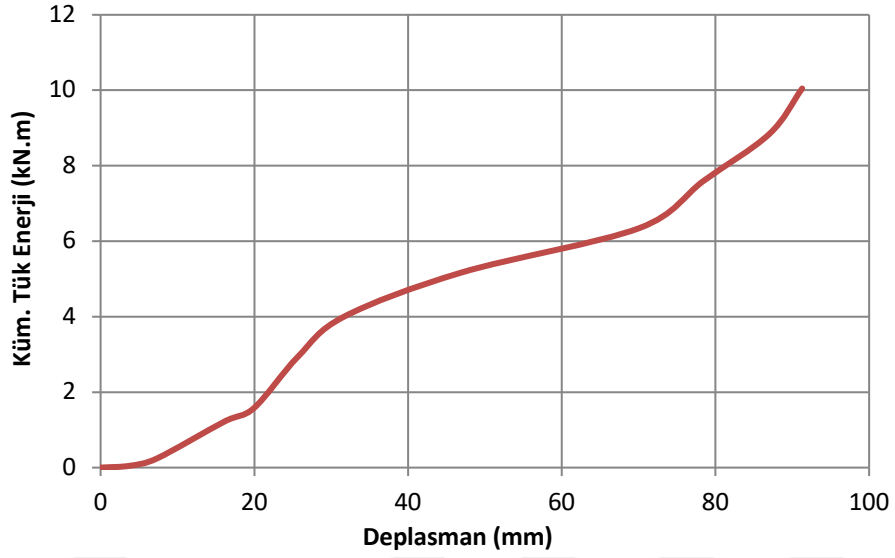
Şekil 4.12 L/2DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

Deneye ait rijitlik grafiği Şekil 4.13’te gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 4.14’da kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.13 L/2DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.14 L/2DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.5 Deney -5 (L/2DD7-90°)

L/2DD7-90° numunesinde soğuk derz işlemi L/2'den 90° olarak uygulanmıştır. Beton, yarısı döküldükten sonra kalan kısmı yedi gün sonra dökülmüştür. L/2DD7-90° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü

Resim 4.5'de gösterilmiştir. L/2DD7-90° elemanın deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.6'de verilmiştir.

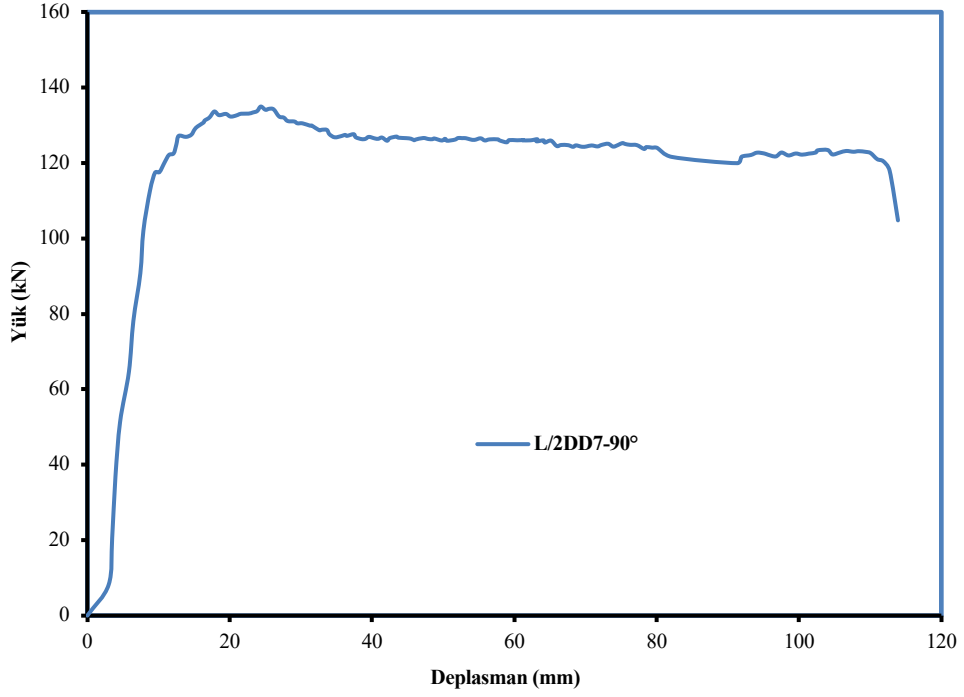


Resim 4.5 L/2dd7-90° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.6 L/2DD7-90° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

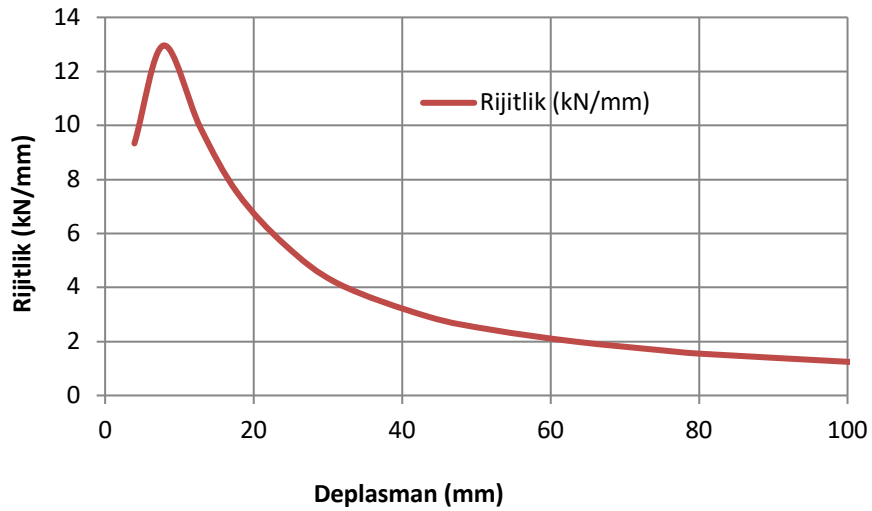
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
10,84	3,46	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
24,46	3,24	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
56,56	5,43	1. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
65,79	5,28	Mevcut çatlak boyu uzadı.
71,43	7,34	2. çatlak oluştu.
74,90	6,11	3. çatlak oluştu.
94,63	6,89	4. çatlak oluştu.
114,44	9,27	5. çatlak oluştu.
132,92	18,79	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
138,02	24,58	Maksimum yüke ulaşıldı.
131,13	28,14	Akma dayanımı noktasına ulaşıldı
127,20	38,29	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
124,80	57,70	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
125,94	64,52	Mevcut çatlakların genişlikleri arttı
124,68	74,19	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
122,13	99,51	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
	114,05	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

L/2DD7-90° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 56,56 kN'da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde olmuştur. Donatı akma noktasına 131,13 kN'da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 28,14 mm'dir. Maksimum yük 138,02 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 24,58 mm'dir. 114,05 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deney sonlandırılmıştır.

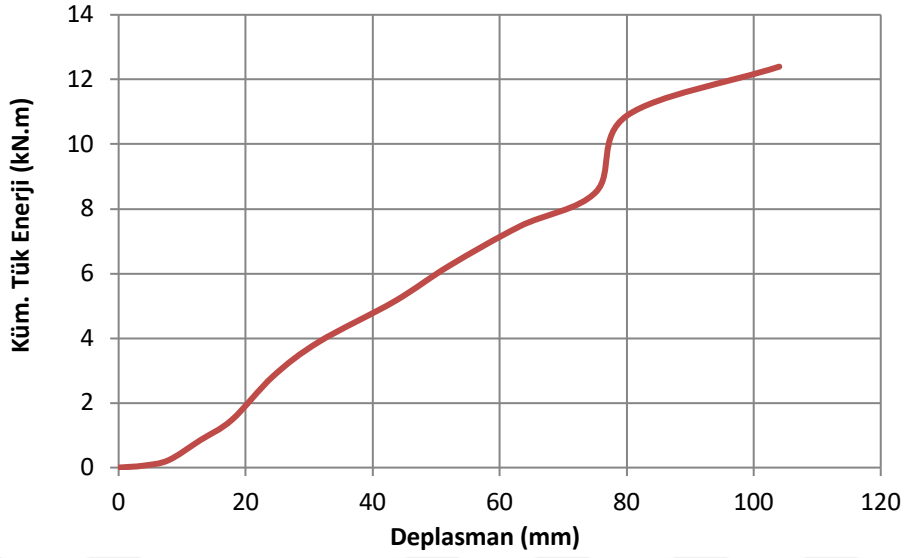


Şekil 4.15 L/2DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

L/2DD7-90° deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.17’de kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.16 L/2DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.17 L/2DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.6 Deney -6 (L/2ED1-45°)

L/2ED1-45° numunesinde soğuk derz işlemi L/2'den 45° olarak uygulanmıştır. Beton, yarısı döküldükten sonra kalan kısmı bir gün sonra dökülmüştür. L/2ED1-45° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü Resim 4.6'de gösterilmiştir. L/2ED1-45° elemanının deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.7'da verilmiştir.

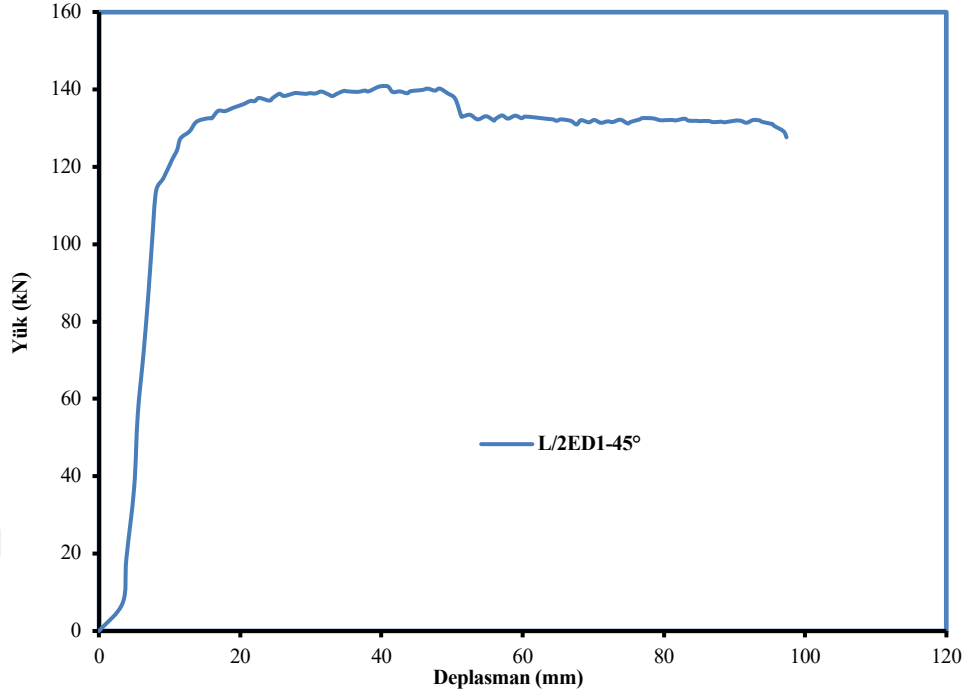


Resim 4.6 L/2ED1-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.7 L/2ED1-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

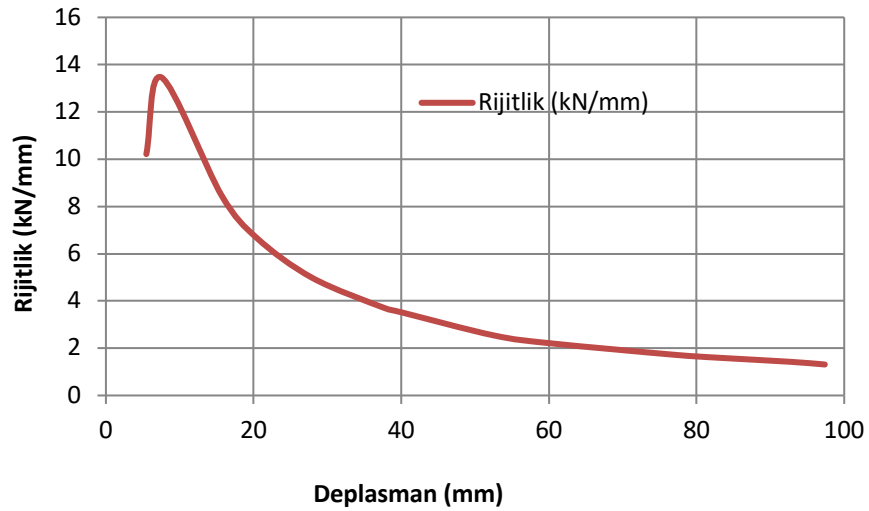
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
14,62	5,02	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
35,01	5,39	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
67,43	5,33	1. çatlak oluştu.
75,11	6,64	Mevcut çatlak boyu uzadı.
83,06	6,20	2. çatlak oluştu.
88,70	6,60	3. çatlak oluştu.
95,92	7,95	4. çatlak oluştu.
120,19	9,20	5. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
127,41	10,33	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
137,85	24,62	Akma dayanımı noktasına ulaşıldı
143,13	39,36	Maksimum yüke ulaşıldı
138,98	49,73	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
130,77	76,21	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
130,56	84,66	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
133,43	93,36	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
125,64	96,92	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
	98,06	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

L/2ED1-45° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 67,43 kN’da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 137,85 kN’da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 24,62 mm’dir. Maksimum yük 143,13 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 39,36 mm’dir. 98,06 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deney sonlandırılmıştır.

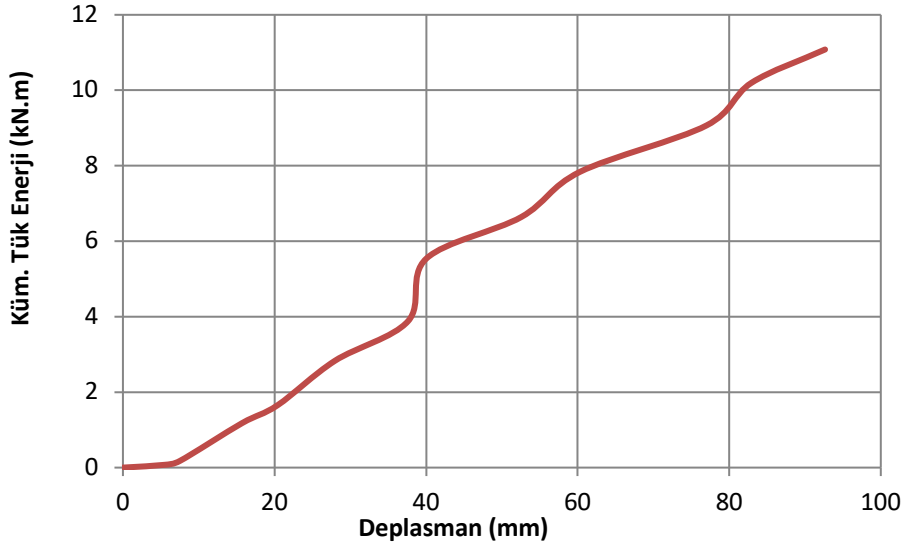


Şekil 4.18 L/2ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

Deneye ait rijitlik grafiği Şekil 4.19’te gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.20’te kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.19 L/2ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.20 L/2ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.7 Deney -7 (L/2ED7-45°)

L/2ED7-45° numunesinde soğuk derz işlemi L/2'den 45° olarak uygulanmıştır. Beton, yarısı döküldükten sonra kalan kısmı yedi gün sonra dökülmüştür. L/2ED7-45° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü

Resim 4.7'te gösterilmiştir. L/2ED7-45° elemanının deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.8'da verilmiştir.

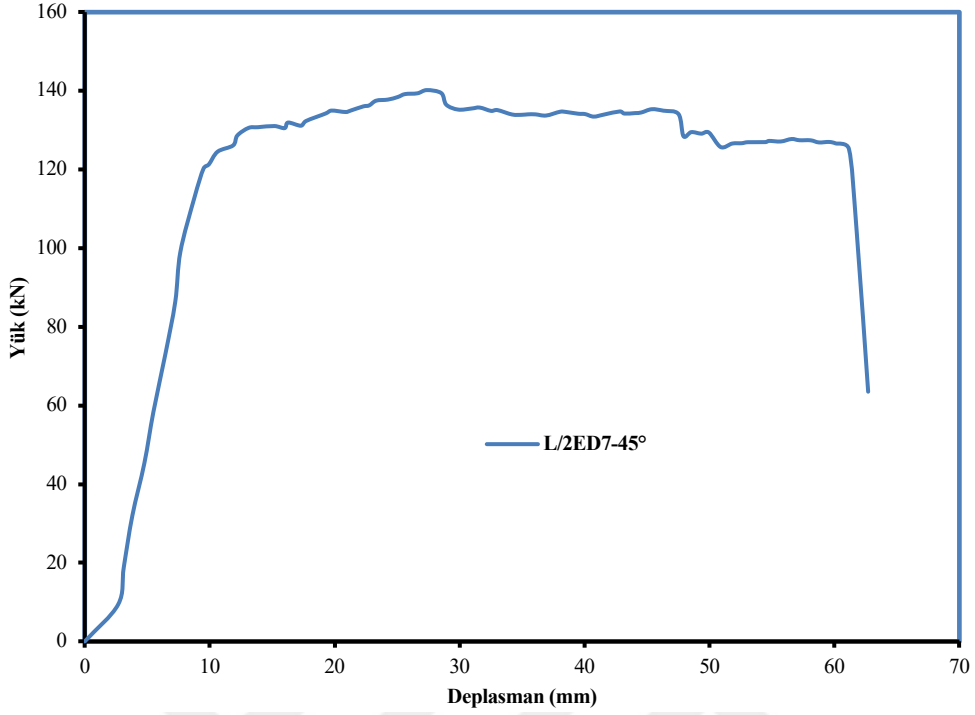


Resim 4.7 L/2ED7-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası

Çizelge 4.8 L/2ED7-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

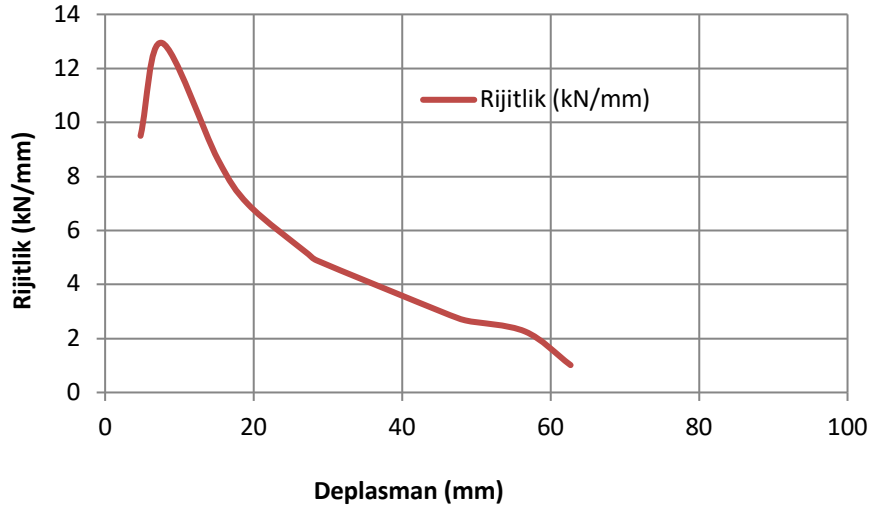
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
16,36	2,04	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
33,26	3,61	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
58,48	6,09	1. çatlak oluştu.
62,33	5,17	Mevcut çatlak boyu uzadı.
71,00	5,79	2. çatlak oluştu.
78,08	7,27	3. çatlak oluştu.
83,75	6,14	4. çatlak oluştu.
97,89	6,10	5. çatlak oluştu.
128,13	15,70	Mevcut çatlak boyu ve genişlikleri uzadı. 6. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
130,82	17,70	
134,23	19,27	Donatı akma noktasına ulaşıldı.
142,47	28,68	Maksimum yüke ulaşıldı.
134,62	38,86	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
133,29	42,56	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı. Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
136,79	46,64	
127,71	58,75	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	58,69	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

L/2ED7-45° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 58,48 kN’da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 134,23 kN’da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 19,27 mm’dir. Maksimum yük 142,47 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 28,68 mm’dir. 58,69 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deney sonlandırılmıştır.

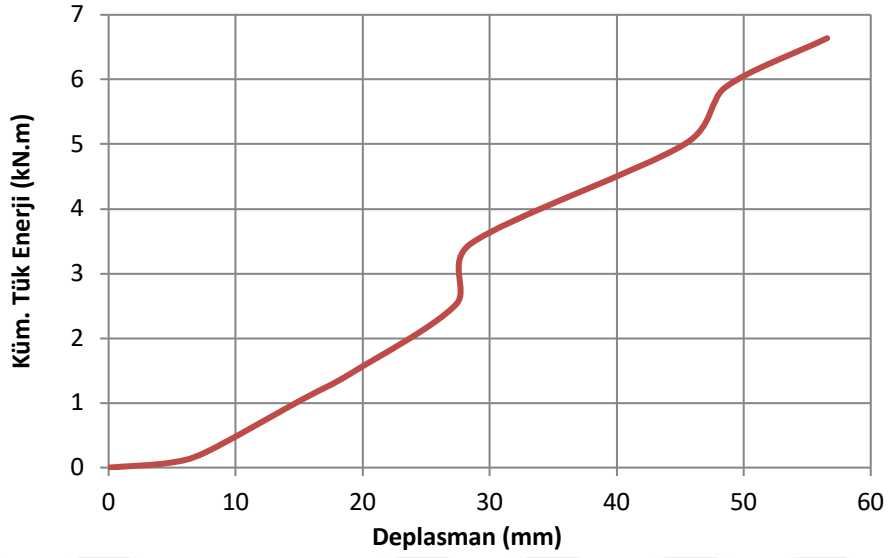


Şekil 4.21 L/2ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

L/2ED7-45° deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.23’de kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.22 L/2ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.23 L/2ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.8 Deneysel -8 (L/4ED1-45°)

L/4ED1-45° numunesinde soğuk derz işlemi L/4'den 45° olarak uygulanmıştır. Beton, kiriş uzunluğunun ¼'ü döküldükten sonra kalan kısmı bir gün sonra dökülmüştür. L/4ED1-45° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü Resim 4.8'da gösterilmiştir. L/4ED1-45° elemanın deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.9'de verilmiştir.

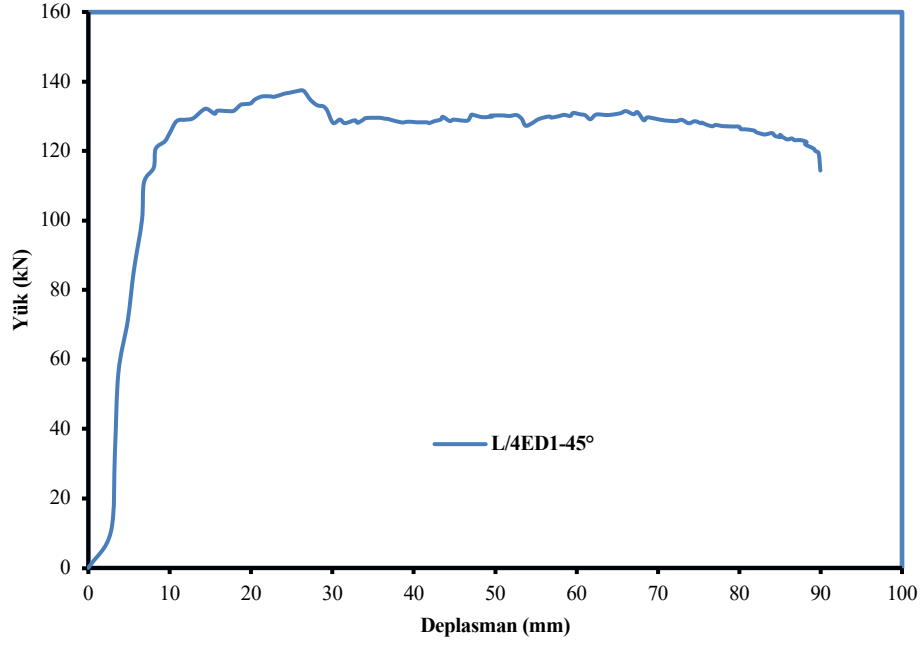


Resim 4.8 L/4ED1-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.9 L/4ED1-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu

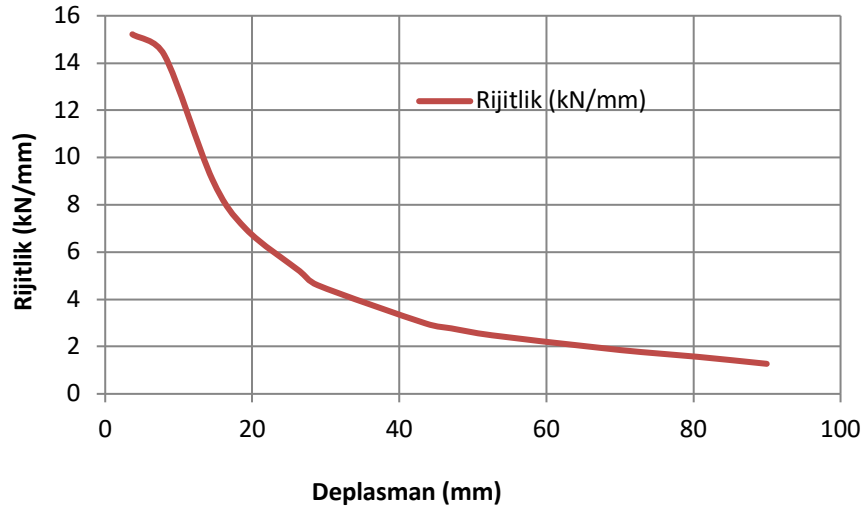
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
20,34	2,97	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
34,35	3,17	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
56,26	3,95	1. çatlak oluştu.
64,31	4,49	2. çatlak oluştu.
71,01	4,45	3. çatlak oluştu.
98,69	7,68	4. çatlak oluştu.
104,82	6,97	Mevcut çatlak boyu ve genişlikleri uzadı.
110,54	7,02	Mevcut çatlak boyu ve genişlikleri uzadı.
119,47	8,58	5. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
129,89	16,23	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
131,68	17,45	Mevcut çatlak boyu ve genişlikleri uzadı.
140,15	26,54	Maksimum yüke ulaşıldı
128,05	31,52	Akma dayanımına ulaşıldı
128,14	47,93	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
127,64	68,31	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
127,02	80,43	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	87,64	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

L/4ED1-45° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.24’de gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 56,26 kN’da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 128,05 kN’da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 31,52 mm’dir. Maksimum yük 140,15 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 26,54 mm’dir. 87,64 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deney sonlandırılmıştır.

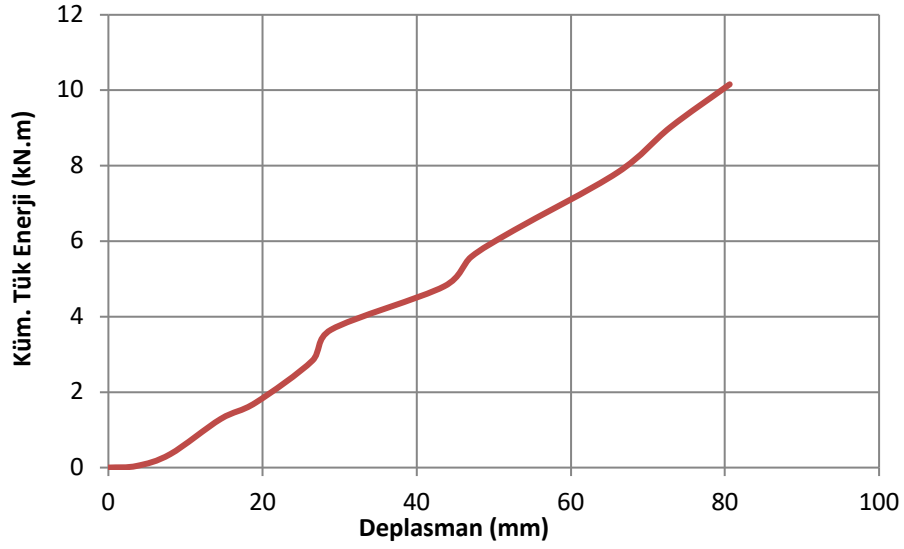


Şekil 4.24 L/4ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

L/4ED1-45° Deneysel elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.26’de kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.25 L/4ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.26 L/4ED1-45° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.9 Deneysel -9 (L/4ED7-45°)

L/4ED7-45° numunesinde soğuk derz işlemi L/4'den 45° olarak uygulanmıştır. Beton, kiriş uzunluğunun ¼'ü döküldükten sonra kalan kısmı yedi gün sonra dökülmüştür. L/4ED7-45° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü Resim 4.9'te gösterilmiştir. L/4ED7-45° elemanın deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.10'da verilmiştir.

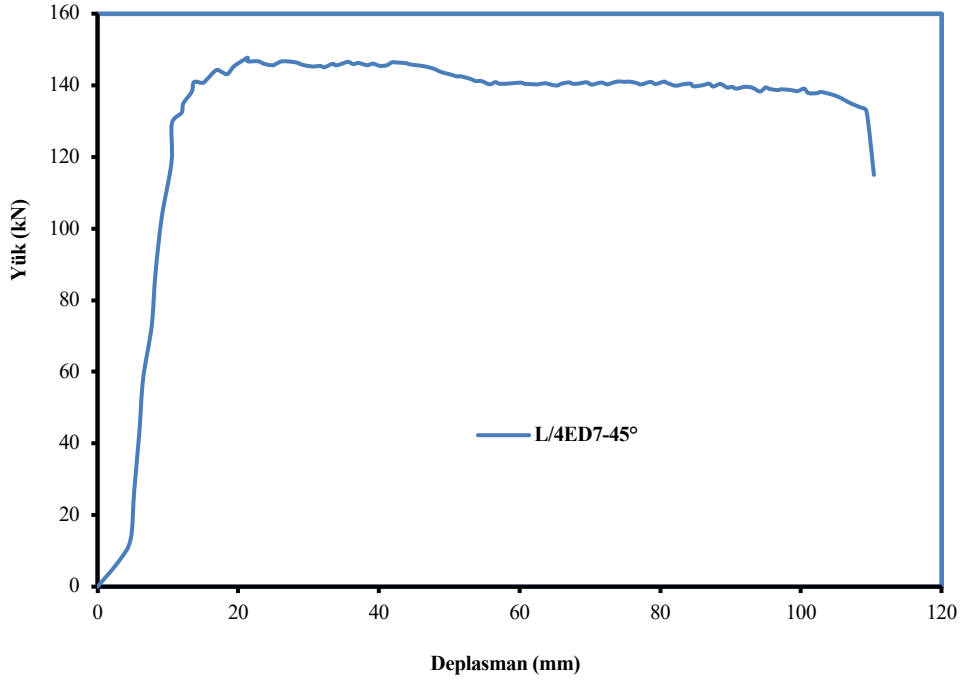


Resim 4.9 L/4ED7-45° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.10 L/4ED7-45° Deney Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

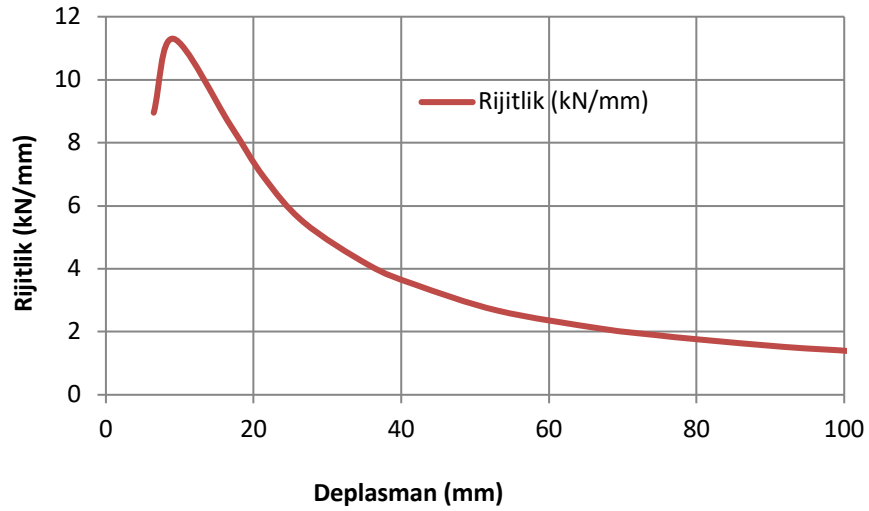
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deney Elemanında Oluşan Şekil Değiştirme ve Hasarlar</i>
12,07	4,91	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
27,13	5,35	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
69,38	6,82	1. çatlak oluştu.
69,40	6,77	Mevcut çatlak boyu uzadı
72,65	7,67	2. çatlak oluştu.
81,26	8,98	Mevcut çatlak boyu ve genişlikleri uzadı.
93,55	6,83	3. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
114,14	10,00	4. çatlak oluştu. Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
127,07	11,27	5. çatlak oluştu.
140,17	14,82	6. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
146,73	21,35	Donatı akma noktasına ulaşıldı
150,61	21,42	Maksimum yüke ulaşıldı
147,03	44,30	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
141,12	56,69	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
140,11	82,40	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
128,95	110,82	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	111,14	Alt donatı koptu deney sonlandırıldı.

L/4ED7-45° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Deneyde ilk çatlak oluşumu 69,38 kN’da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 146,73 kN’da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 21,35 mm’dir. Maksimum yük 150,61 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 21,42 mm’dir. 111,14 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deney sonlandırılmıştır.

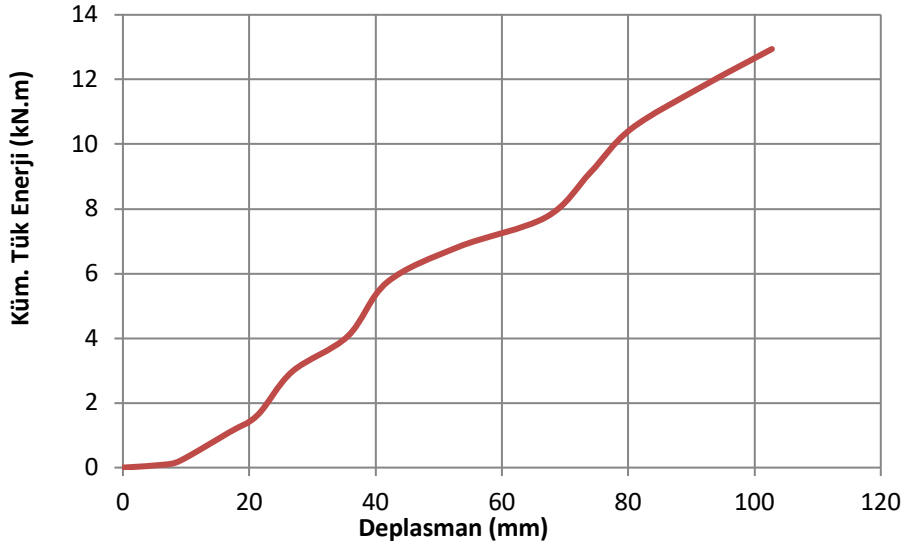


Şekil 4.27 L/4ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

L/4ED7-45° Deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.28’te gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.29’de kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



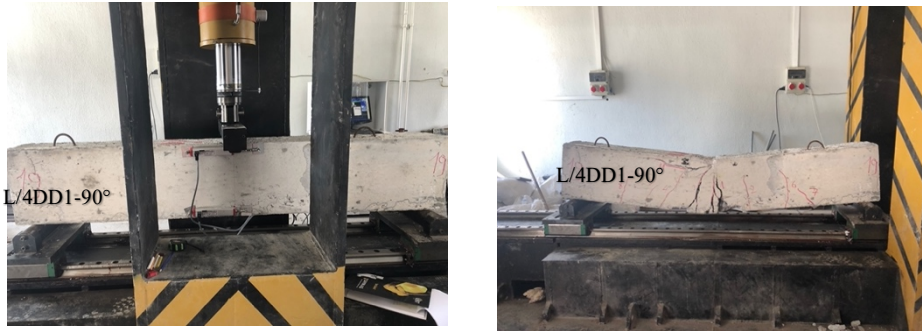
Şekil 4.28 L/4ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.29 L/4ED7-45° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.10 Deney -10 (L/4DD1-90°)

L/4DD1-90° numunesinde soğuk derz işlemi L/4'den 90° olarak uygulanmıştır. Beton, kiriş uzunluğunun ¼'ü döküldükten sonra kalan kısmı bir gün sonra dökülmüştür. L/4DD1-90° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü Resim 4.10'da gösterilmiştir. L/4DD1-90° elemanının deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.11'de verilmiştir.

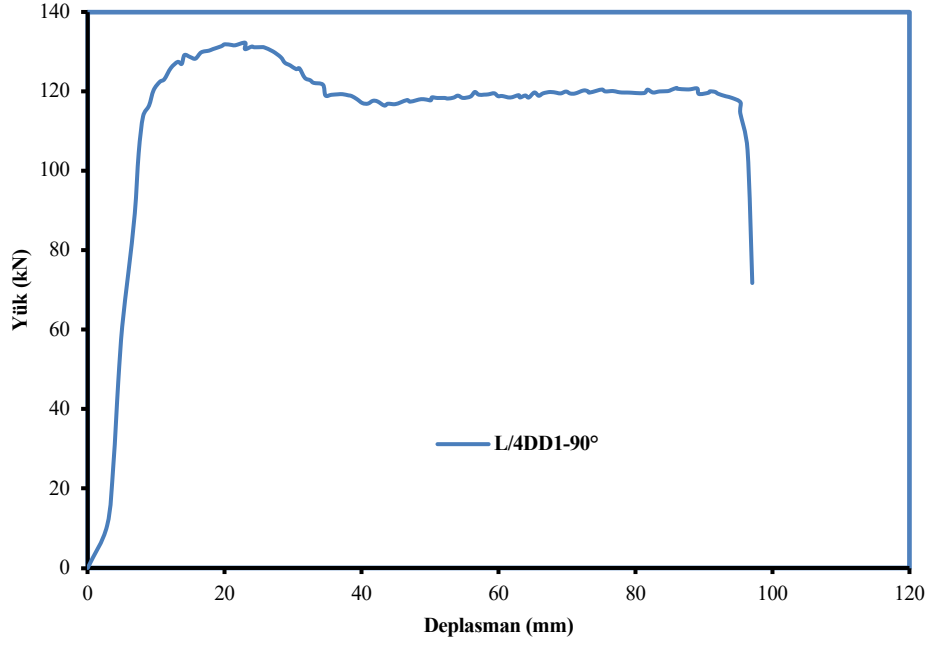


Resim 4.10 L/4DD1-90° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.11 L/4DD1-90° Deneş Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

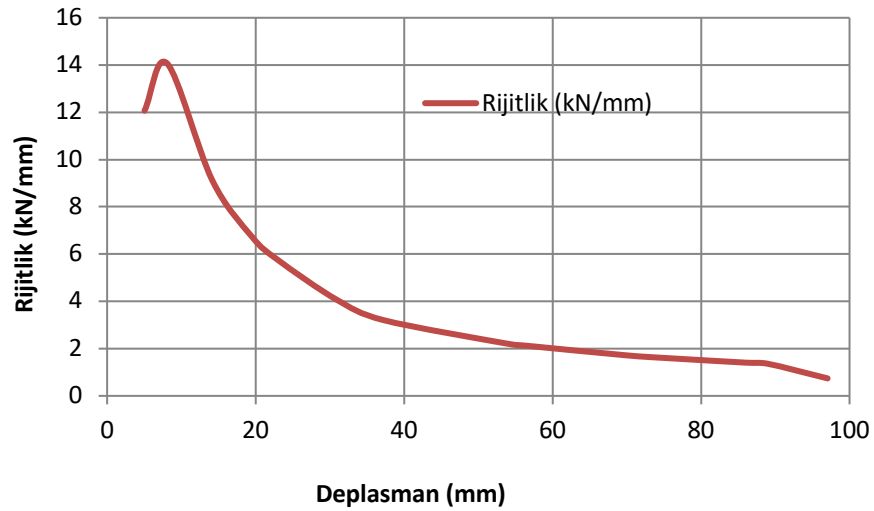
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deneş Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
19,85	2,81	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
52,13	4,50	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
71,25	4,52	1. çatlak oluştu.
78,52	5,35	Mevcut çatlak boyu uzadı
87,81	7,71	2. çatlak oluştu.
93,81	7,11	3. çatlak oluştu.
110,32	7,82	4. çatlak oluştu.
113,49	8,50	Mevcut çatlak boyu ve genişlikleri uzadı.
119,69	10,19	8. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
126,18	13,25	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
135,54	23,11	Maksimum yüke ulaşıldı
119,58	35,58	Donatı akma noktasına ulaşıldı
117,98	38,95	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
118,34	50,52	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
121,33	73,42	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
113,11	95,01	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	94,98	Alt donatı koptu deneş sonlandırıldı.

L/4DD1-90° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.30'da gösterilmiştir. Deneşde ilk çatlak oluşumu 71,25 kN'da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 119,58 kN'da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 35,58 mm'dir. Maksimum yük 135,54 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 23,11 mm dir. 94,48 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deneş sonlandırılmıştır.

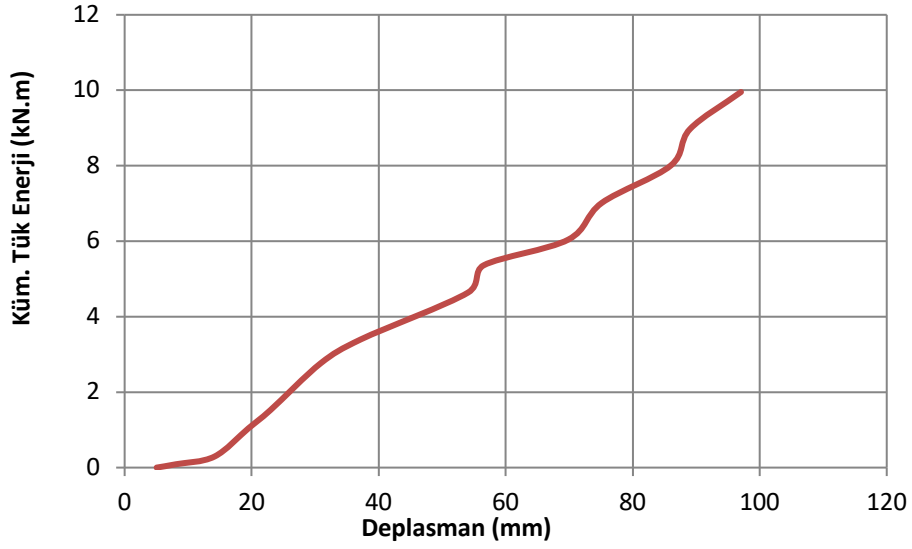


Şekil 4.30 L/4DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

L/4DD1-90° Deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.31’da gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.32’te kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.31 L/4DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.32 L/4DD1-90° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.11 Deney -11 (L/4DD7-90°)

L/4DD7-90° numunesinde soğuk derz işlemi L/4'den 90° olarak uygulanmıştır. Beton, kiriş uzunluğunun ¼'ü döküldükten sonra kalan kısmı yedi gün sonra dökülmüştür. L/4DD7-90° deney elemanının deneyden önceki ve sonraki görünümü

Resim 4.11'de gösterilmiştir. L/4DD7-90° elemanın deney sırasında yüke bağlı hasar gelişimi Çizelge 4.12'de verilmiştir.

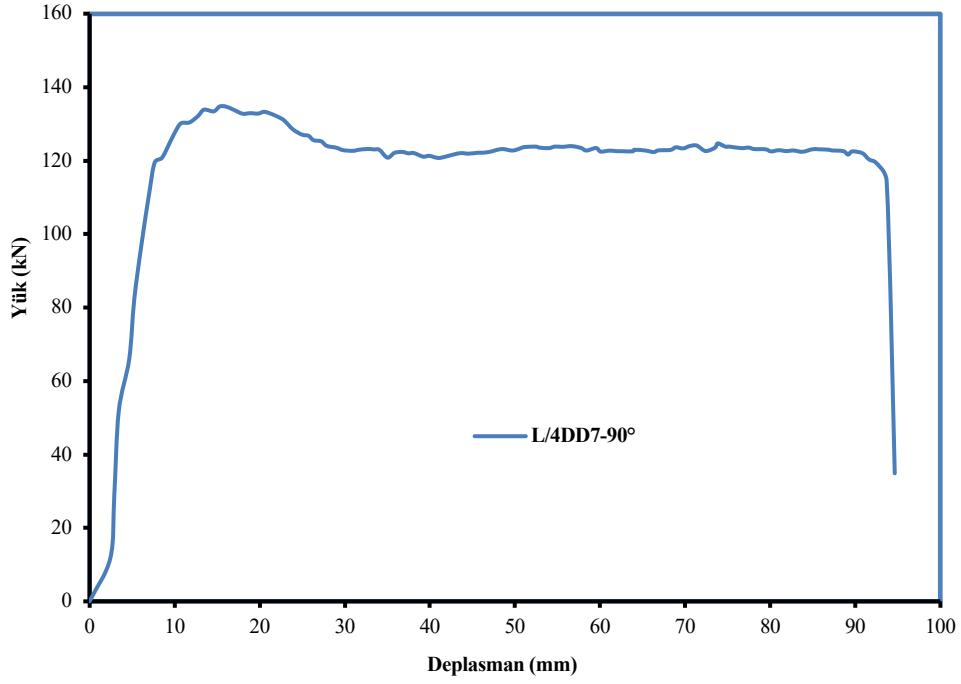


Resim 4.11 L/4DD7-90° Deneyine Ait Kiriş, Yükleme Deneyi Öncesi Ve Sonrası.

Çizelge 4.12 L/4DD7-90° Deneş Elemanına Ait Hasar Gelişim Tablosu.

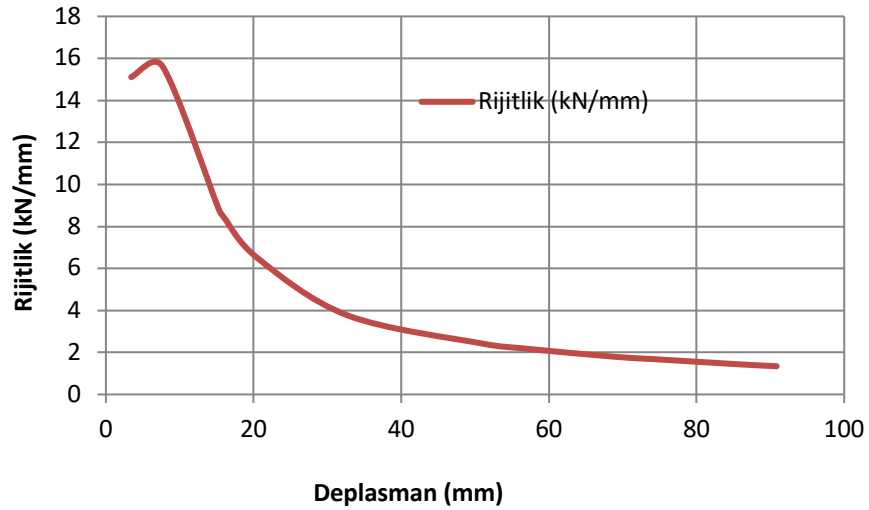
<i>Uygulanan Yük (kN)</i>	<i>Orta Nokta Deplasmanı (mm)</i>	<i>Deneş Elemanında Oluşan Şekil Değişirme ve Hasarlar</i>
25,70	2,88	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
56,16	4,62	Yüklemede herhangi bir çatlak gözlenmedi.
64,70	4,66	1. çatlak oluştu.
74,03	5,47	2. çatlak oluştu.
96,14	5,98	Mevcut çatlak boyu uzadı
101,31	7,51	3. çatlak oluştu.
118,15	7,58	4. çatlak oluştu.
120,04	8,41	5. çatlak oluştu.
125,66	9,03	6. çatlak oluştu. Soğuk derz bırakılan bölgede oluştu.
130,45	11,75	Donatı akma noktasına ulaşıldı
131,78	12,88	Basınç ezilmeleri meydana gelmeye başladı.
136,47	16,14	Maksimum yüke ulaşıldı
120,17	41,52	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
124,79	54,66	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
123,45	80,23	Kiriş kesme bölgelerinde çatlak oluşumları devam etti.
123,23	89,88	Yeni çatlaklarla beraber mevcut çatlakların boyları uzamaya başladı.
	94,32	Alt donatı koptu deneş sonlandırıldı.

L/4DD7-90° elemanına ait yük-deplasman eğrisi Şekil 4.33'de gösterilmiştir. Deneşde ilk çatlak oluşumu 64,70 kN'da açıklık ortasında eğilme çatlakları şeklinde oluşmuştur. Donatı akma noktasına 130,45 kN'da ulaşmıştır. Bu noktada deplasman 11,75 mm dir. Maksimum yük 136,47 kN olarak ölçülmüştür ve bu yük altında deplasman 16,14 mm'dir. 94,32 mm deplasmanda alt donatı koptuğu için deneş sonlandırılmıştır.

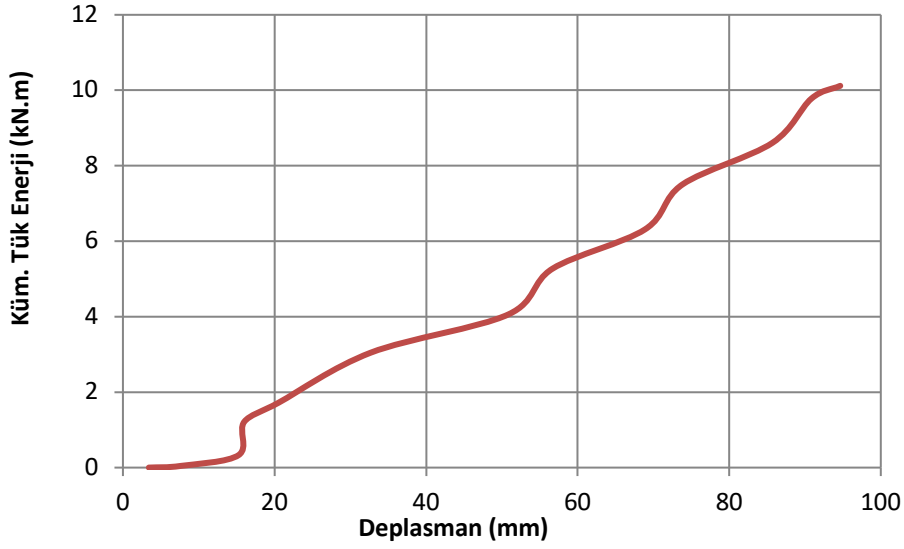


Şekil 4.33 L/4DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Yük – Deplasman Grafiği.

L/4DD7-90° deney elemanına ait rijitlik grafiği Şekil 4.34'te gösterilmiştir. Bu grafik, anlık yük değerinin o andaki deplasman değerine bölünmesi ile elde edilmiştir. Şekil 4.35'te kümülatif tüketilen enerji deplasman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.34 L/4DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Rijitlik – Deplasman Grafiği.



Şekil 4.35 L/4DD7-90° Deneyine Ait Kirişin Kümülatif Tüketilen Enerji – Deplasman Grafiği.

4.4.12 Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

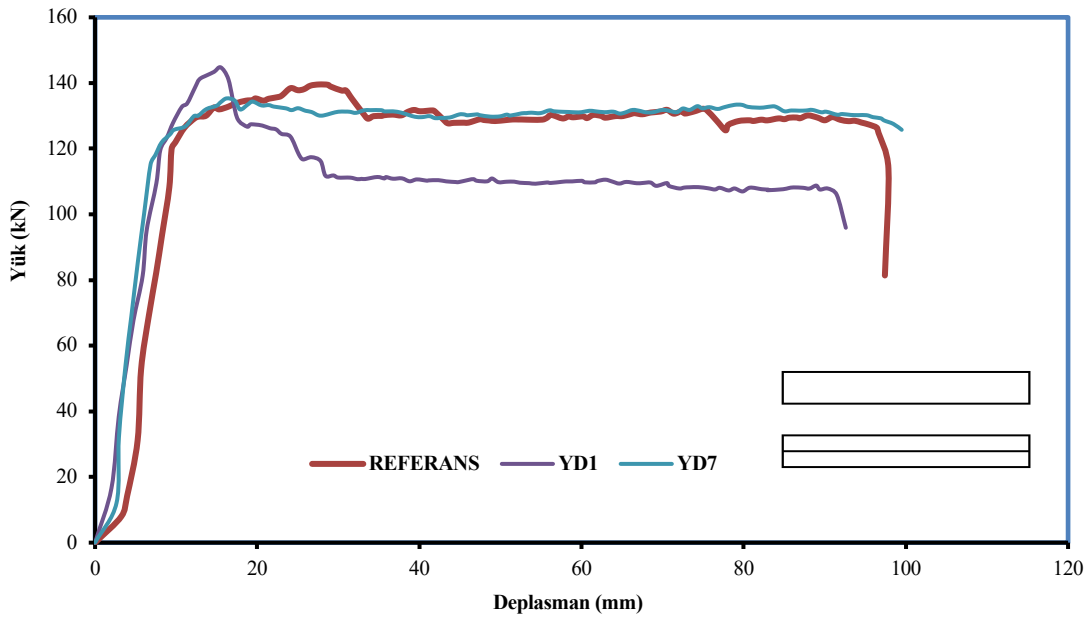
Bu bölümde 11 adet betonarme kirişin deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Deney amacına göre karşılaştırmalar iki farklı parametreye göre yapılmıştır. Karşılaştırmaların 1.Grup'ta soğuk derz tipi sabit tutularak, 2. Grupta soğuk derz oluşum süresi sabit tutularak kirişin davranışına etkisi incelenmiştir (Çizelge 4.13). Bu gruplarda yer alan deneysel elemanlarda, soğuk derzin betonarme kirişin davranışına etkisi yük-deplasman eğrilerini bir grafikte çizdirilerek yorumlanmıştır.

Çizelge 4.13 Deney Elemanı Karşılaştırmasında Kullanılan Gruplar.

Grup No	Karşılaştırma	Karşılaştırmada Kullanılan Deney Elemanları
1	Derz Tipi	1- YD1-YD7-Referans
		2- L/2DD1-90° - L/2DD7-90° - Referans
		3- L/2ED1-45° - L/2ED7-45° - Referans
		4- L/4ED1-45° - L/4ED7-45° - Referans
		5- L/4DD1-90° - L/4DD7-90° - Referans
2	Derz Süresi	1- YD1- L/2DD1-90° - L/2ED1-45° - L/4ED1-45° - L/4DD1-90° - Referans
		2- YD1- L/2DD7-90° - L/2ED7-45° - L/4ED7-45° - L/4DD7-90° - Referans

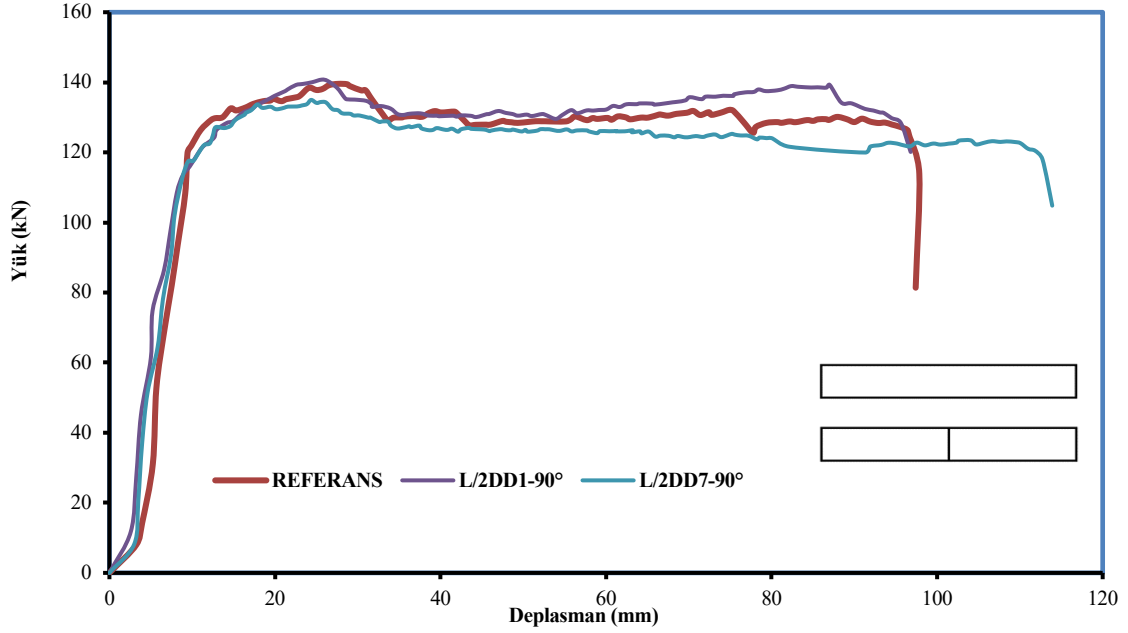
4.4.12.1 Grup No 1 Deneý Sonuçlarının Karşılaştırılması (Derz Tipinin Davranışa Etkisi)

Bu bölümde bir gün ve yedi gün sonra oluşturulan yatay soğuk derzin betonarme kirişlerin davranış etkilerini incelemek amacıyla izelge 4.13'deki Grup No-1-1'e ait Yük – Deplasman deneý sonuçları karşılaştırılmıştır. Yatay soğuk derz yapılan kirişler için; soğuk derzin bir gün sonra, yedi gün sonra ve tek seferde dökülen referans numune ile kendi içerisinde karşılaştırması yapılmıştır. Grup No-1-1'in karşılaştırmasına ait Yük – Deplasman Grafiėi Őekil 4.36'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde bir gün sonra oluşturulan yatay soğuk derz deplasman değeri % 6 daha az olmasına rağmen, maksimum yükte %3'lk bir artış meydana gelmiştir. YD1 numunesinin maksimum yükten sonra referans numuneye göre %25'lik bir dayanım kaybı oluşmuştur. Fakat YD7 numunesine ait yük deplasman grafiği incelendiğinde, elde edilen deneysel sonuçlar mekanik özellikleri açısından referans numune ile oldukça yakındır. Burada soğuk derzin yatay olarak imal edilmesi ve 1 gün sonra kalan kısmın betonunun dökülmesi sonucu, iki beton arasında yeterince baė dayanımının oluşmadığı ve bu yüzden YD1 numunesinin maksimum yükten sonraki davranışının referans numune ile bağdaşmadığı görülmektedir. Bir gün sonra oluşturulan yatay soğuk derz ile kirişin akma noktasından sonra taşıdığı yük belirgin seviyede azalmıştır.



Őekil 4.36 Grup 1 Deneý Sonuçları Karřılařtırması.

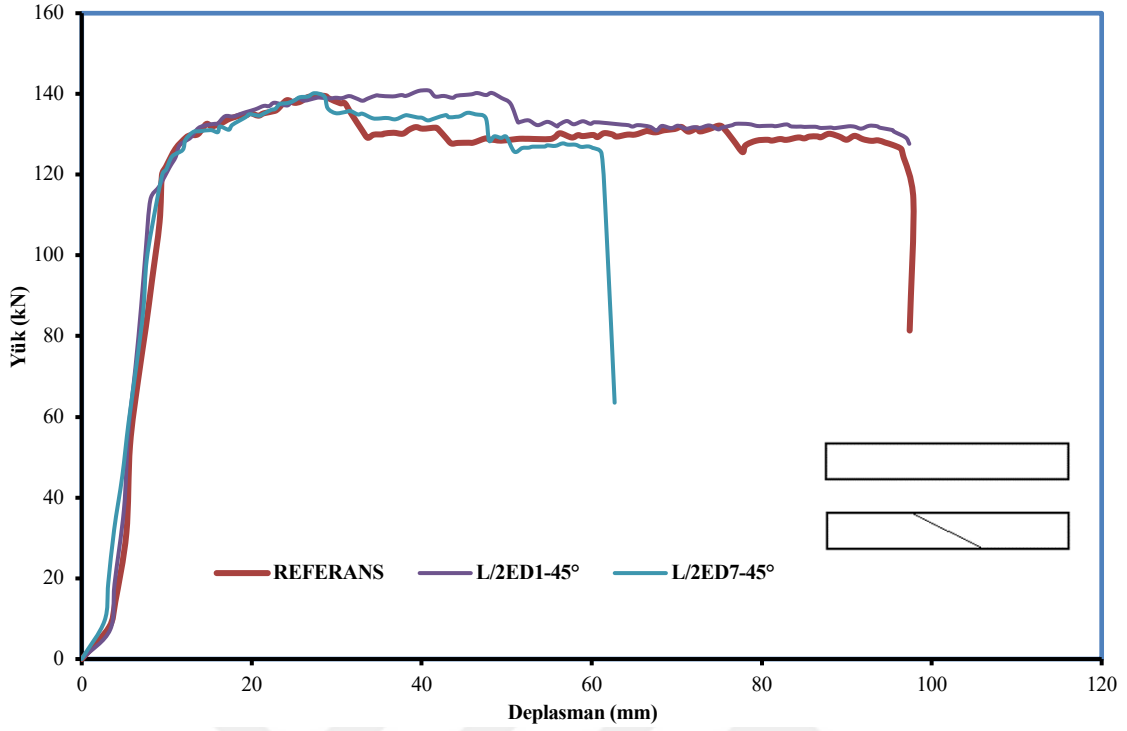
Grup No.1-2’de yer alan farklı günlerde oluşturulan orta açıklıkta 90° soğuk derzin betonarme kirişlerin davranış etkilerini incelemek amacıyla Yük-Deplasman deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Orta açıklıkta 90° bir gün ve yedi gün sonra oluşturulan soğuk derz yapılan kirişler ile tek seferde dökülen referans numune ile kendi içerisinde karşılaştırma yapılmıştır. Grup No.1-2’e ait Yük – Deplasman Grafiği Şekil 4.37’de verilmiştir.



Şekil 4.37 Grup 2 Deney Sonuçları Karşılaştırması.

Deney sonuçları incelendiğinde, 1 ve 7 gün sonra dikey olarak açıklıkta oluşturulan soğuk derzin maksimum yük ve göçme anında kadar yaptığı elastik ötesi deformasyonlar birbirine oldukça yakındır. Burada 1 ve 7 günlük derzlerde yatay derzde olduğu gibi bariz bir mekaniksel farklılık gözlemlenmemiştir.

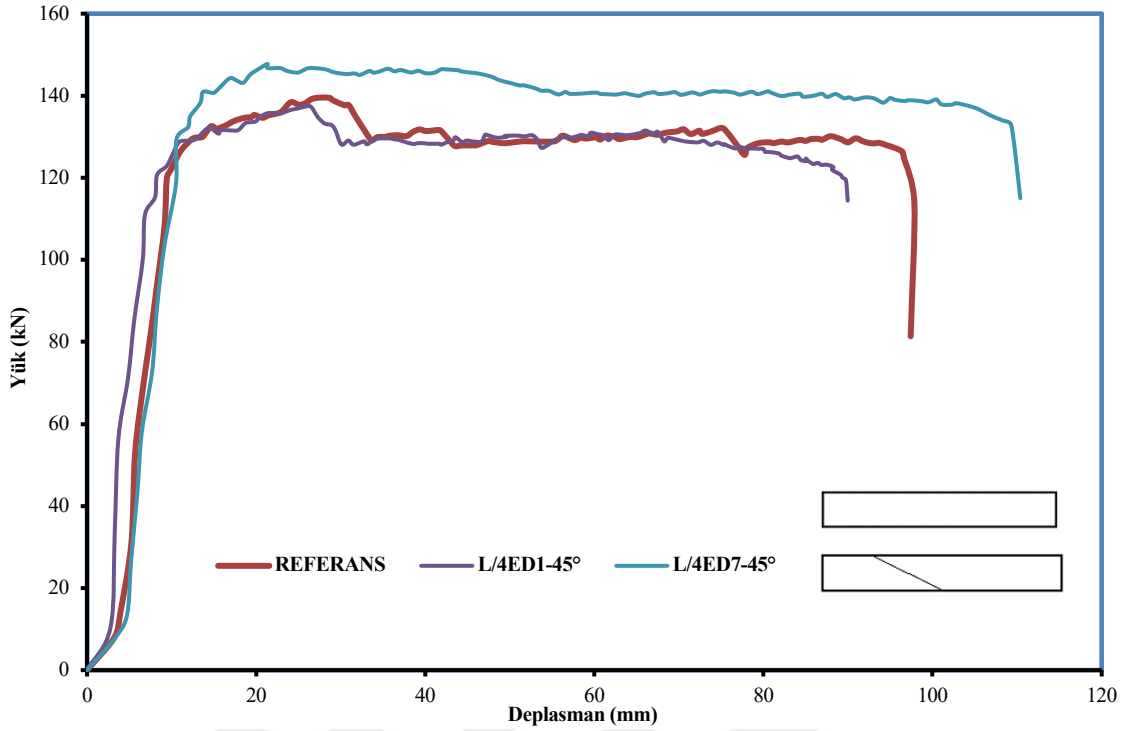
Grup No.1-3’de yer alan farklı günlerde oluşturulan orta açıklıkta 45° soğuk derzin betonarme kirişlerin davranış etkilerini incelemek amacıyla Çizelge 4.13’deki Grup No-3 elemanlarının Deplasman-Yük deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Orta açıklıkta 45° bir gün ve yedi gün sonra oluşturulan soğuk derz yapılan kirişler; tek seferde dökülen referans numune ile kendi içerisinde karşılaştırılmıştır. Grup No.1-3’e ait Yük – Deplasman Grafiği Şekil 4.38’de verilmiştir.



Şekil 4.38 Grup 3 Deney Sonuçları Karşılaştırması.

Deneysel sonuçlar incelendiğinde bir gün sonra oluşturulan soğuk derzin maksimum noktada yük değeri; akma noktasında maksimum yük ve deplasman, tek seferde dökülen referans numune kirişinin değerine yakın çıkmıştır. Fakat 7 gün sonra dökülen kirişte göçme anındaki deplasmanda %48'lik bir azalma meydana gelmiştir. L/2ED7-45° numunesinin deney sırasında soğuk derz bölgesinde meydana gelen çatlakın genişleyerek artması sonucu hasarın bu bölgede yoğunlaşması ile deformasyon kayıplarının meydana geldiği görülmüştür.

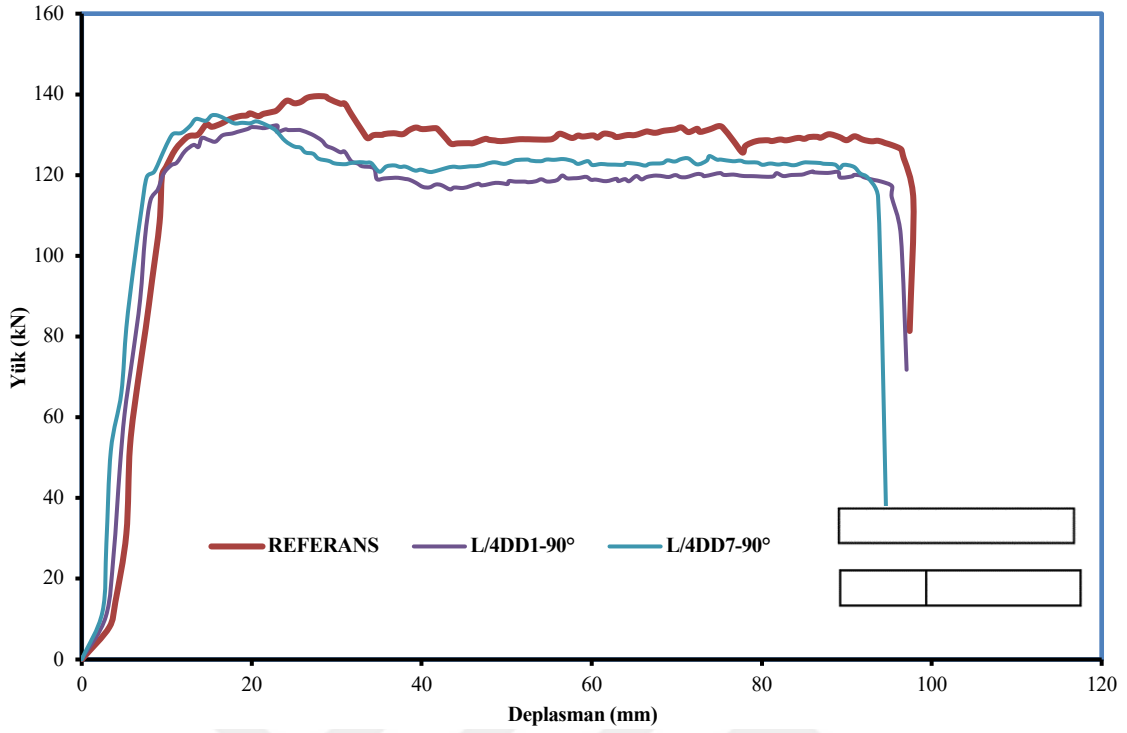
Grup No.1-4'de yer alan farklı günlerde oluşturulan L/4 açıklıkta 45° soğuk derzin betonarme kirişlerin davranış etkilerini incelemek amacıyla Çizelge 4.13'deki Grup No-4 elemanlarının Deplasman-Yük deney sonuçları karşılaştırılmıştır. L/4 açıklıkta 45° bir gün ve yedi gün sonra oluşturulan soğuk derz yapılan kirişler; tek seferde dökülen referans numune ile kendi içerisinde karşılaştırılmıştır. Grup No-4'e ait Yük – Deplasman Grafiği Şekil 4.39'de verilmiştir.



Şekil 4.39 Grup 4 Deneç Sonuçları Karşılaştırması.

Grafikler incelendiğinde L/4ED7-45° numunesinin maksimum yük taşıma kapasitesinde referans numuneye göre %6'lık bir artış meydana gelmiştir. Bu artışın meydana gelmesinin sebebi, 2. Partide dökülen sağ taraftaki betonun basınç dayanımının referans numuneye göre fazla olması ve beton basınç bölgesinin bu sonradan dökülen kısımda kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. L/4ED1-45° numunesinin beton dayanımlarının yakın olmasından dolayı yük-deplasman eğrilerinin mekanik özellikleri birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Deneysel numuneler 3 noktalı eğilme deneyine maruz bırakıldıkları için eğilme davranışı kesme davranışına daha hakim ve eğilme bölgesinin mekanik özellikleri sonuçlara soğuk derzden daha etken bir parametre olarak yansımaktadır.

Grup No.1-5'de yer alan farklı günlerde oluşturulan L/4 açıklıkta 90° soğuk derzin betonarme kirişlerin davranış etkilerini incelemek amacıyla Çizelge 4.13'deki elemanların Yüç-Deplasman deneç sonuçları karşılaştırılmıştır. L/4 açıklıkta 90° bir gün ve yedi gün sonra oluşturulan soğuk derz yapılan kirişler; tek seferde dökülen referans numune ile kendi içerisinde karşılaştırılmıştır. Grup No-4'e ait Yüç – Deplasman Grafiğı Şekil 4.40'de verilmiştir

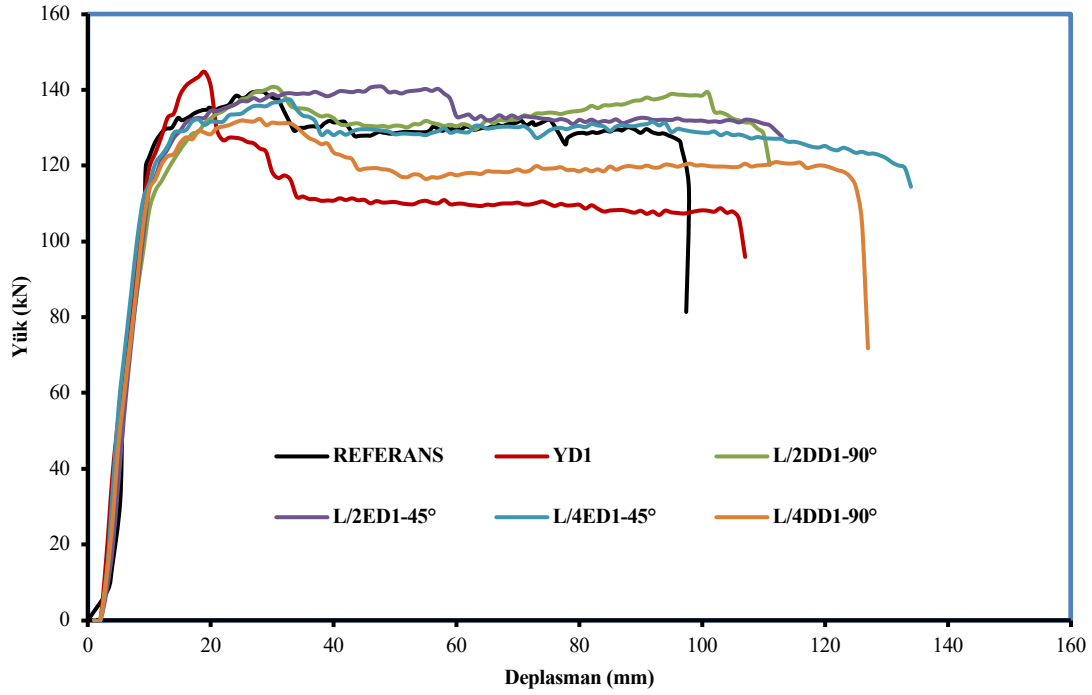


Şekil 4.40 Grup 5 DeneY Sonuçları Karşılaştırması.

Grafikler incelendiğinde, maksimum deplasman yük değerleri birbirlerine yakın sonuç vermiştir. Yedi gün sonra oluşturulan soğuk derz, tek seferde dökülen referans numune kirişinin akma noktası ve maksimum noktadaki yük değerlerine göre az miktarda düşük çıkmakla beraber bir gün sonra oluşturulan soğuk derze göre daha yüksek çıkmıştır. Bu bölgede bırakılan 45 ve 90 derecelik soğuk derzin eğilme davranışına etkisi gözlemlenememiştir.

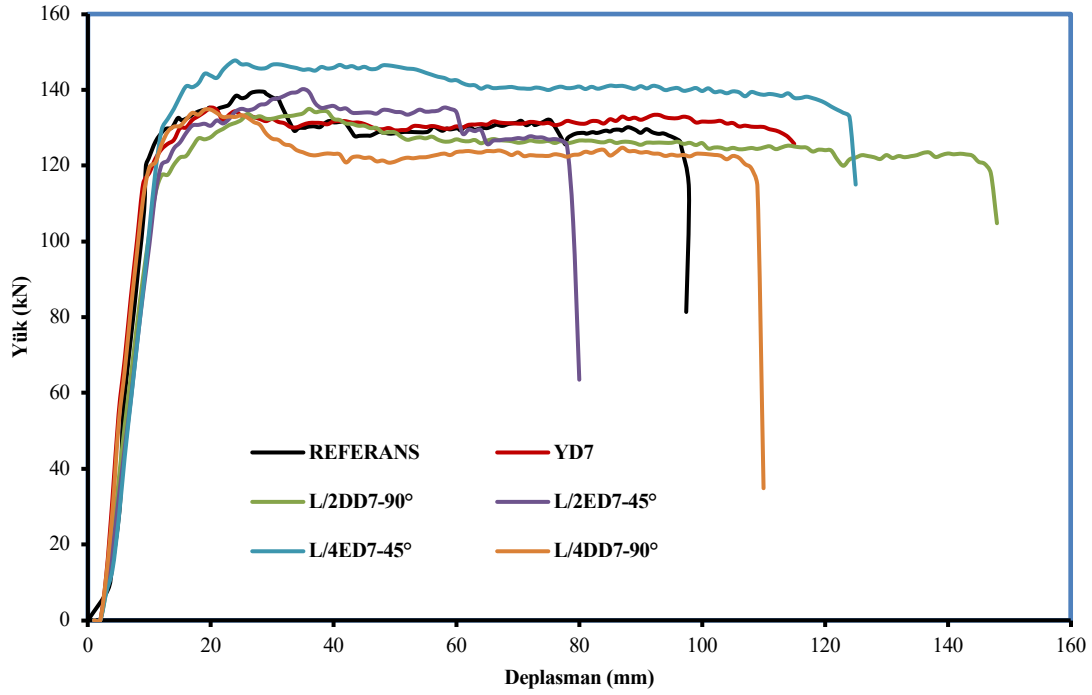
4.4.12.2 Grup No 2 DeneY Sonuçlarının Karşılaştırılması (Derz Süresinin Davranışa Etkisi)

Bu bölümde derz süresinin betonarme kirişlerin davranışına etkilerini incelemek amacıyla Çizelge 4.13'deki Grup No.2-1'e ait Yük – Deplasman deneY sonuçları karşılaştırılmıştır. 1 gün sonra soğuk derz bırakılan kirişlerin derz süreleri sabit tutularak derz tipi değişken olarak seçilmiştir. Bu amaçla 1 gün sonra oluşturulan Grup No.2-1'de yer alan deneY elemanlarına ait yük deplasman grafikleri Şekil 4.41'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.41 Grup No.2-1 Deney Sonuçları Karşılaştırması.

Şekil 4.41’de yer alan numunelerin Deneysel sonuçları incelendiğinde, referans numuneye en yakın yakın sonuçlar L/2DD1-90°, L/2ED1-45°, L/4ED1-90° numunelerinde gerçekleşmiştir. Burada eğilme hasarının meydana geldiği bölgede yer alan L/2DD1-90°, L/2ED1-45° soğuk derz tiplerinin eğilme davranışa etkisinin olmadığı ve referans numune ile oldukça benzer davranış sergilediği görülmektedir. Bu yüzden, eğer iki beton arasındaki beton döküm süresi oldukça yakınsa ve yatay taşıyıcı elemanların orta açıklığında bir soğuk derz oluşumu söz konusu olacaksa, soğuk derz tipinin 45° ve 90° derece bırakılmasının, kirişin mekanik özellikleri bakımından aksi yönde etkilemediği görülmektedir. Fakat kirişin eğilme sırasında liflerin deformasyon yönüne paralel bir yatay derz bırakılması, kirişin eğilme davranışını etkilediği görülmüştür. Bu yatay olarak bırakılan derzin iki beton ara yüzünde yeterli aderansın sağlanamadığı veya yeni dökülen beton kütesinin hidratasyonun için gerekli suyun eski beton tarafından emilimi ile su kaybı yaşadığı düşünülmektedir. Beton döküm sırasında vibratör işlemi uygulandığı için eski beton yüzeyinin de pürüzsüz şekilde bırakılması da her iki beton yüzeyinde oluşan kayma gerilme dayanımının azalttığı düşünülmektedir. Şekil 4.42’de Çizelge 4.13’de yer alan Grup No.2-2’ye ait numunelerin Yük – Deplasman deney sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.42 Grup No.2-2 Deneysel Sonuçları Karşılaştırması.

Şekil 4.42’de yer alan numunelerin deneysel sonuçları incelendiğinde, tüm numunelerin referans numuneye göre dayanım açısından oldukça benzer davranışlar sergilediği görülmüştür. Fakat L/2ED7-45° numunesin göçme anında yaptığı deplasman değerinde %19’luk bir kayıp meydana gelmiştir. L/4 bölgesinde bırakılan soğuk derzlerden eğilme davranışına etkisi olmadığı ve betonarme kirişlerin göçme modunu değiştirmedeği görülmüştür. Diğer taraftan referans numuneye göre yatay yük taşıma kapasitelerinde artışlar meydana gelmiştir. L/2 bölgesinde bırakılan 90° soğuk derzin 45° göre daha sünek davranış sergilediği ve referans numuneye göre maksimum yük taşıma kapasitelerinde kayda değer azalmaların olmadığı tespit edilmiştir. 1 ve 7 gün sonra açıklık ortasında bırakılan soğuk derzlerde her iki sürede daha elverişli sonuçlar 90°’lik L/2DD7-90° kirişinde meydana gelmiştir. Bu yüzden beton dökümü sırasında eğilme hasarına maruz kalacak yatay taşıyıcı elemanların açıklık ortalarında 90°’lik soğuk derz uygulamasının dersiz referans numuneye benzer davranış sergilediği ve bu şekilde bir soğuk derz uygulamasının deneyler sonucunda olumsuz bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışması ile betonarme kirişlerden elde edilen deney sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

- Referans betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 56,82 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 139,2 kN'a ve deplasmanda 26,6 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 143,61 kN ve 27,56 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 97,11 mm olarak ölçülmüştür.
- YD1 betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 65,93 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 111,2 kN'a ve deplasmanda 29,97 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 148,95 kN ve 15,98 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 93,14 mm olarak ölçülmüştür.
- YD7 betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 69,38 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 133,16 kN'a ve deplasmanda 20,53 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kirişin maksimum yük ve deplasman değeri 138,39 kN ve 15,96 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 98,07 mm olarak ölçülmüştür.
- L/2DD1-90° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 48,24 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 135,06 kN'a ve deplasmanda 29,61 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 142,62 kN ve 25,58 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 93,14 mm olarak ölçülmüştür.
- L/2DD7-90° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 56,56 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 131,13 kN'a ve deplasmanda 28,14 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 138,02 kN ve 24,58 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 114,05 mm olarak ölçülmüştür.

- L/2ED1-45° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 67,43 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 137,85 kN'a ve deplasmanda 24,62 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 143,13 kN ve 39,36 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 98,06 mm olarak ölçülmüştür.
- L/2ED7-45° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 58,48 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 134,23 kN'a ve deplasmanda 19,27 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 142,47 kN ve 28,68 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 58,69 mm olarak ölçülmüştür.
- L/4ED1-45° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 56,26 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 128,05 kN'a ve deplasmanda 31,52 mm'ye ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 140,15 kN ve 26,54 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 87,64 mm olarak ölçülmüştür.
- L/4ED7-45° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 69,38 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 146,73 kN ve deplasmanda 21,35 mm olarak bulunmuştur. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 150,61 kN ve 21,42 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 111,14 mm olarak ölçülmüştür.
- L/4DD1-90° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 71,25 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 119,58 kN ve deplasmanda 35,58 mm ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 135,54 kN ve 23,11 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 94,48 mm olarak ölçülmüştür.
- L/4DD7-90° betonarme kirişinde ilk çatlak oluşumu 64,7 kN'da oluşmaya başlamıştır. Betonarme kiriş akma noktasına ulaştığında yük 130,45 kN ve deplasmanda 11,75 mm ulaşmıştır. Betonarme kiriş maksimum yük ve deplasman değeri 136,47 kN ve 16,14 mm olarak ölçülmüştür. Deney; donatı kopması sonucunda sonlandırılmış ve deplasman 94,32 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonuçları Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Tüm Grupların Sonuçları.

<i>Numune Adı</i>	<i>İlk Çatlak</i>	<i>Akma Noktası</i>		<i>Maksimum Nokta</i>		<i>Maksimum</i>
	<i>(kN)</i>	<i>Yük (kN)</i>	<i>Dep. (mm)</i>	<i>Yük (kN)</i>	<i>Dep. (mm)</i>	<i>Dep. (mm)</i>
<i>Referans</i>	56,82	139,2	26,60	143,61	27,56	97,11
<i>YD1</i>	65,93	111,2	29,97	148,95	15,98	93,14
<i>YD7</i>	69,38	133,16	20,53	138,39	15,96	98,07
<i>L/2DD1-90°</i>	48,24	135,06	29,61	142,62	25,58	93,14
<i>L/2DD7-90°</i>	56,56	131,13	28,14	138,02	24,58	114,05
<i>L/2ED1-45°</i>	67,43	137,85	24,62	143,13	39,36	98,06
<i>L/2ED7-45°</i>	58,48	134,23	19,27	142,47	28,68	58,69
<i>L/4ED1-45°</i>	56,26	128,05	31,52	140,15	26,54	87,64
<i>L/4ED7-45°</i>	69,38	146,73	21,35	150,61	21,42	111,14
<i>L/4DD1-90°</i>	71,25	119,58	35,58	135,54	23,11	94,48
<i>L/4DD7-90°</i>	64,7	130,45	11,75	136,47	16,14	94,32

Bu tez kapsamında kirişler üzerinde farklı soğuk derz uygulamaları ve bu uygulamaların da farklı zaman dilimlerinde yapılması ile soğuk derzin beton dayanımında etkisi araştırılmıştır. Dik, yatay, eğik ve mesnet uygulamalarının 1 ve 7 günlük periyotlar ile ayrı ayrı soğuk derz uygulanarak beton dayanımları test edilmiştir. 4 farklı deney kirişler üzerinde uygulanmıştır. Öncelikle betonun basınç dayanımı küp numuneler ile alınmıştır. Daha sonra Ultrases Geçiş Süresi Deneyi ve Schmidt Çekiç Deneyi betonarme kirişler üzerinde uygulanmıştır. En son Kiriş Yükleme Deneyi ile birlikte tüm kirişler üzerinde yükleme yapılarak dayanımı test edilmiştir. Deney sonuçları zaman ve uygulama metotları ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda soğuk derz uygulamasının betonarme kiriş elemanın dayanımına olumsuz etkisi rastlanmamıştır.

5.2 Öneriler

Yapılan çalışmaları göz önüne alınarak aşağıdaki önerileri sıralayabiliriz.

- Kiriş yükleme deneyi, kirişin ortasından tekil yükleme yapılmıştır. Yapılan tekil yükleme mesnet bölgelerindeki davranışları tam olarak gösterememektedir. Yayılı olarak yapılacak yükleme sonuçları mesnet bölgelerindeki davranışlarında incelenmesine yardımcı olacaktır.
- Teorik olarak yapılan hesaplamalarla deney sonucu bulgular karşılaştırılabilir.
- Betonarme kolonlarda da soğuk derzin etkisi araştırılabilir.
- Farklı beton sınıflarında bu deney yapılarak karşılaştırılabilir.
- Soğuk derz bölgelerine ilave edilecek donatıların etkisi karşılaştırılabilir.
- Etriye aralıkları değiştirilerek soğuk derz bölgesindeki etki karşılaştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abbas Z, Waleed V, 2012, Effect of Construction Joints on Performance of Reinforced Concrete Beams, Al - Khwarizmi Engineering Journal, 48-64.
- Akman S, 2003, Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 426s, 30-31s.
- Akman S, 1987, Yapı Malzemeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını, 162s, İstanbul.
- Celep Z, Kumbasar N, 2005, Betonarme Yapılar, Beta, 865s, İstanbul.
- Erdoğan T Y, 2003, Beton, Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., 757s, İstanbul.
- Ersoy U, Özcebe G, 2018, Betonarme, Evrim, 781s, İstanbul.
- Kadyrov N, 2015, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü / Yüksek Lisans, 65s, Ankara.
- Laskar A I, 2016, Cyclic behavior of in-situ exterior beam-column subassemblies with cold joint in column. Engineer Structer, 132: 822-833.
- Lion C. 2017, Surface Treatment Agent for Horizontal Construction Joint. Technical Information ACE, 40.
- Rathi V, Kolase P, 2013, Effect of Cold Joint on Strength of Concrete, Engineering and Technology, 4671-4679.
- Rao P, Kishen J, 1993, Interfacial Fracture Parameters and Size Effect in Concrete-Concrete Cold Joints, Indian Institute of Science, Department of Civil Engineering, 6, Indian.
- Santos P, Julio E, 2009, Assessment of the Shear Strength between Concrete Layers, Department of Civil Engineering, Universidade de Coimbra, Brazil.
- Shah S, Kishen J, 2010, Nonlinear Fracture Properties of Concrete-Concrete Interfaces, Indian Institute of Science, , Department of Civil Engineering, Indian.
- Turan Z, 2019, Ege Üniversitesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Betonda Soğuk Derzin Mekanik ve Kırılma Davranışına Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans, 89, İzmir.

İnternet Kaynakları

1- <http://fenbil.aku.edu.tr/>, 11.11.2019

2- <http://fenbildergi.aku.edu.tr/>, 1602/021201(212-221).pdf, 11.11.2019

3- <https://www.aykutozdemir.com.tr/insaat/>, 01.06.2022

