

**YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ UYGULAMALARINDA
KULLANILABİLECEK KİSMİ BAĞLI ANKRAJ DETAYI
VE YÜZEY TEMİZLİĞİ KOŞULLARI ALTINDA
ANKRAJLARIN EKSENEL ÇEKME DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Yılmaz KAYA**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2007

**YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ UYGULAMALARINDA
KULLANILABİLECEK KISMİ BAĞLI ANKRAJ DETAYI
VE YÜZEY TEMİZLİĞİ KOŞULLARI ALTINDA
ANKRAJLARIN EKSENEL ÇEKME DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Yılmaz KAYA
(501041127)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Alper İLKİ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Metin AYDOĞAN (İ.T.Ü.)
Yrd.Dç.Dr. Cem YALÇIN (B.Ü.)**

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Bana; deney programımın içerik ve kapsamının oluşturulmasında yol gösteren, deneysel çalışmanın inceliklerini öğreten, her adımda tecrübe ve bilgisi ile ışık tutan, sevgili ve değerli hocam Sayın Doç. Dr. Alper İLKİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince; laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği laboratuvarı personeline, malzeme deneylerimizde gerekli donanımın kullanımında yardımlarını esirgemeyen İTÜ Yapı Malzemeleri Laboratuvarı personeline, ihtiyaç duyduğumda kendi çalışmalarından vakit ayırıp, fedakarca emeğini yardımına sunan sevgili Tuba Gürbüz'e, değerli dostlarım Yasin Candan, Orkun İncecik, İsmail Hakkı Başeğmez ve Bahadır Demirtaş'a, saygıdeğer öğretim üyeleri İdris Bedirhanoğlu ve Cem Demir'e, ayrıca değişik vesilelerle bana yardımcı olan, ismini buraya sığdıramadığım bütün çalışma arkadaşlarıma ve dostlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmayı destekleyen BASF Yapı Kimyasalları A.Ş.'ye, ayrıca LaFarge Beton'a; bu firmalarla iletişimimi sağlayan sevgili Engin Cüneyt Seyhan'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca özgün irade sahibi olmam için beni yönlendiren ve bütün yollarla destekleyen aileme de bu vesile ile şükranlarımı sunarım.

Şubat 2007

Yılmaz KAYA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xviii
ÖZET	xx
İNGİLİZCE ÖZET (SUMMARY)	xxi
1. GİRİŞ	1
2. DAHA ÖNCE ANKRAJLARIN ÇEKME DAVRANIŞI ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR	6
2.1 Giriş	6
2.2 Göçme Mekanizmaları	6
2.3 Beton Konisi	11
2.4 Göçme Yüğü	14
3. MALZEME ÖZELLİKLERİ	18
3.1 Giriş	18
3.2 Beton	18
3.3 Ankraj Donatıları	26
3.4 Kimyasal Yapıştırıcı	31
4. ANKRAJLARIN HAZIRLANMASI	36
4.1 Giriş	36
4.2 Deney Parametrelerinin Tayini	37
4.3 Deney Takımlarının Tasarımı	40
4.4 Ankraj Üretimi	44
4.4.1 Ankraj Donatılarının Hazırlanması	44
4.4.2 Deliklerin Hazırlanması	45
4.4.3 Yüzey Hazırlığı	46
4.4.4 Ankraj Ekimleri	47
5. DENEYLER	49
5.1 Referans Dayanımlarına Ait Deneyler	49
5.2 Tam Bağlı Ankrajların Gerçek Davranışına Ait Deneyler	74
5.3 Kısmi Bağlı Ankrajların Gerçek Davranışına Ait Deneyler	87
6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	116
6.1 Giriş	116
6.2 Referans Yapışma Dayanımının Ankraj Derinliği ile Değişimi	119

6.3 Referans Yapışma Dayanımının Yüzey Temizliği Koşullarıyla İlişkisi .	124
6.4 Standart Ankraj Uygulama Detayında Yapışma Dayanımının Ankraj Derinliği ile Değişimi	131
6.5 Kısmi Bağlı Ankrajların Yapışma Dayanımının Ankraj Derinliği ile Değişimi	136
6.6 Kısmi Bağlı Ankrajların Yapışma Dayanımının Yüzey Temizliği Koşullarıyla İlişkisi	142
6.7 Ankraj Detayının Dayanım Üzerindeki Etkisi	150
7. SONUÇLAR	153
KAYNAKLAR	158
ÖZGEÇMİŞ	160
EK.1	161

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Beton Özellikleri	19
Tablo 3.2 Beton Karışımı	19
Tablo 3.3 Standart Beton Silindir Basınç Dayanımları	25
Tablo 3.4 Yarma Deneylerinden Elde Edilen Beton Çekme Dayanımları	26
Tablo 3.5 Donatı Çekme Deneyleri Test Sonuçları	30
Tablo 3.6 Concrecive 1406 Malzemesine Teknik Özellikleri	32
Tablo 3.7 Prizma Numuneleri Deney Sonuçları	33
Tablo 4.1 Yapılan Deneyler	40
Tablo 5.1 6+10.refC.1 Numunesine ait Veriler	49
Tablo 5.2 6+10.refC.2 Numunesine ait Veriler	50
Tablo 5.3 6+10.refC.3 Numunesine ait Veriler	51
Tablo 5.4 6+8.refC.1 Numunesine ait Veriler	52
Tablo 5.5 6+8.refC.2 Numunesine ait Veriler	53
Tablo 5.6 6+8.refC.3 Numunesine ait Veriler	54
Tablo 5.7 6+8.refD1.1 Numunesine ait Veriler	55
Tablo 5.8 6+8.refD1.2 Numunesine ait Veriler	56
Tablo 5.9 6+8.refD1.3 Numunesine ait Veriler	57
Tablo 5.10 6+8.refD2.1 Numunesine ait Veriler	58
Tablo 5.11 6+8.refD2.2 Numunesine ait Veriler	59
Tablo 5.12 6+8.refD2.3 Numunesine ait Veriler	60
Tablo 5.13 6+6.refC.1 Numunesine ait Veriler	61

Tablo 5.14	6+6.refC.2 Numunesine ait Veriler	62
Tablo 5.15	6+6.refC.3 Numunesine ait Veriler	63
Tablo 5.16	6+6.refC.4 Numunesine ait Veriler	64
Tablo 5.17	6+4.refC.1 Numunesine ait Veriler	65
Tablo 5.18	6+4.refC.2 Numunesine ait Veriler	66
Tablo 5.19	6+4.ref.C.3 Numunesine ait Veriler	67
Tablo 5.20	6+4.refD1.1 Numunesine ait Veriler	68
Tablo 5.21	6+4.refD1.2 Numunesine ait Veriler	69
Tablo 5.22	6+4.ref.D1.3 Numunesine ait Veriler	70
Tablo 5.23	6+4.refD2.1 Numunesine ait Veriler	71
Tablo 5.24	6+4.refD2.2 Numunesine ait Veriler	72
Tablo 5.25	6+4.refD2.3 Numunesine ait Veriler	73
Tablo 5.26	0+12.C.1 Numunesine ait Veriler	74
Tablo 5.27	0+12.C.2 Numunesine ait Veriler	75
Tablo 5.28	0+12.C.3 Numunesine ait Veriler	77
Tablo 5.29	0+10.C.1 Numunesine ait Veriler	78
Tablo 5.30	0+10.C.2 Numunesine ait Veriler	79
Tablo 5.31	0+10.C.3 Numunesine ait Veriler	80
Tablo 5.32	0+8.C.1 Numunesine ait Veriler	81
Tablo 5.33	0+8.C.2 Numunesine ait Veriler	82
Tablo 5.34	0+8.C.3 Numunesine ait Veriler	83
Tablo 5.35	0+6.C.1 Numunesine ait Veriler	84
Tablo 5.36	0+6.C.2 Numunesine ait Veriler	85

Tablo 5.37	0+6.C.3 Numunesine ait Veriler	86
Tablo 5.38	6+10.C.1 Numunesine ait Veriler	88
Tablo 5.39	6+10.C.2 Numunesine ait Veriler	89
Tablo 5.40	6+10.C.3 Numunesine ait Veriler	90
Tablo 5.41	6+8.C.1 Numunesine ait Veriler	91
Tablo 5.42	6+8.C.2 Numunesine ait Veriler	92
Tablo 5.43	6+8.C.3 Numunesine ait Veriler	93
Tablo 5.44	6+8.C.4 Numunesine ait Veriler	94
Tablo 5.45	6+8.C.5 Numunesine ait Veriler	95
Tablo 5.46	6+8.D1.1 Numunesine ait Veriler	96
Tablo 5.47	6+8.D1.2 Numunesine ait Veriler	97
Tablo 5.48	6+8.D1.3 Numunesine ait Veriler	98
Tablo 5.49	6+8.D2.1 Numunesine ait Veriler	99
Tablo 5.50	6+8.D2.2 Numunesine ait Veriler	100
Tablo 5.51	6+8.D2.3 Numunesine ait Veriler	101
Tablo 5.52	6+6.C.1 Numunesine ait Veriler	102
Tablo 5.53	6+6.C.2 Numunesine ait Veriler	103
Tablo 5.54	6+6.C.3 Numunesine ait Veriler	104
Tablo 5.55	6+6.C.4 Numunesine ait Veriler	105
Tablo 5.56	6+4.C.1 Numunesine ait Veriler	106
Tablo 5.57	6+4.C.2 Numunesine ait Veriler	107
Tablo 5.58	6+4.C.3 Numunesine ait Veriler	108
Tablo 5.59	6+4.C.4 Numunesine ait Veriler	109

Tablo 5.60	6+4.D1.1 Numunesine ait Veriler	110
Tablo 5.61	6+4.D1.2 Numunesine ait Veriler	111
Tablo 5.62	6+4.D1.3 Numunesine ait Veriler	112
Tablo 5.63	6+4.D2.1 Numunesine ait Veriler	113
Tablo 5.64	6+4.D2.2 Numunesine ait Veriler	114
Tablo 5.65	6+4.D2.3 Numunesine ait Veriler	115
Tablo 6.1	Numune Sayısına Göre Chauvenet Kriteri Sınır Değerleri	116
Tablo 6.2	6+10.refC Numunelere Ait Deney Verileri	119
Tablo 6.3	6+8.refC Numunelere Ait Deney Verileri	120
Tablo 6.4	6+6.refC Numunelere Ait Deney Verileri	121
Tablo 6.5	6+4.refC Numunelere Ait Deney Verileri	122
Tablo 6.6	Temiz Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin Değişimi	125
Tablo 6.7	6+8.refD1 Numunelere Ait Deney Verileri	126
Tablo 6.8	6+4.refD1 Numunelere Ait Deney Verileri	127
Tablo 6.9	6+8.refD2 Numunelere Ait Deney Verileri	128
Tablo 6.10	0+6.C Numunelere Ait Deney Verileri	131
Tablo 6.11	0+8.C Numunelere Ait Deney Verileri	132
Tablo 6.12	0+10.C Numunelere Ait Deney Verileri	133
Tablo 6.13	0+12.C Numunelere Ait Deney Verileri	134
Tablo 6.14	6+10.C Numunelere Ait Deney Verileri	137
Tablo 6.15	6+8.C Numunelere Ait Deney Verileri	138
Tablo 6.17	6+6.C Numunelere Ait Deney Verileri	139

Tablo 6.18	6+4.C Numunelere Ait Deney Verileri	140
Tablo 6.19	6+8.D1 Numunelere Ait Deney Verileri	143
Tablo 6.20	6+4.D1 Numunelere Ait Deney Verileri	144
Tablo 6.21	6+8.D2 Numunelere Ait Deney Verileri	146
Tablo 6.22	6+4.D2 Numunelere Ait Deney Verileri	147

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Türkiye’de Deprem Bölgeleri	2
Şekil 1.2	Betonarme Manto Uygulaması	3
Şekil 1.3	Sisteme Yeni Perde İlavesi için Yapılmış Ankrajlar	3
Şekil 1.4	Kapsül Tipi Ankrajların Uygulamaları	4
Şekil 1.5	Enjeksiyon Tipi Ankrajların Uygulamaları	4
Şekil 1.6	Tam Bağlı ve Kısmi Bağlı Ankraj Detayları	5
Şekil 2.1	Donatının Kopması	7
Şekil 2.2	Donatının Sıyırılması	9
Şekil 2.3	Çok Sığ Ankrajlarda Konik Göçme	9
Şekil 2.4	Sığ Ankrajlarda Konik Göçme, Potansiyel Koni Oluşumu	9
Şekil 2.5	Derin Ankrajlarda Karma Göçme Tipi	9
Şekil 2.6	Sıyırılma Arayüzüne Ankrajların Göçme Tipleri	10
Şekil 2.7	Bağ Modelleri Uyarınca Yapışma Dayanımının Derinlikle Değişimi	16
Şekil 3.1	Beton Kalıpları	18
Şekil 3.2	Bantlı Mikser ile Beton Dökümü	18
Şekil 3.3	Betonun Kalıplara Yerleştirilmesi	19
Şekil 3.4	Vibratör Uygulaması	20
Şekil 3.5	Beton Plakların Tamamlanması	20
Şekil 3.6	Beton Çökme Deneyleri	21
Şekil 3.7	Standart Silindir Basınç Deneyleri	22
Şekil 3.8	Yarma Deneyleri	22
Şekil 3.9	Standart Silindir Deneylerine Ait Gerilme Şekildeğiştirme İlişkileri	23
Şekil 3.10	Donatı Çekme Deneyi Düzeneklerinin Hazırlanması	27
Şekil 3.11	Donatı Çekme Deneyi Numunelerinde Plastik Uzunlukların Ölçülmesi	27

Şekil 3.12	Donatı Azami Şekildeğiştirmeleri ve Kopma	28
	Şekildeğiştirmelerinin Hesabının Gösterimi	
Şekil 3.13	Donatı Numunelerine Ait Gerilme – Şekildeğiştirme	29
	Grafikleri	
Şekil 3.14	Kullanılan Epoksi Bazlı Yapı Kimyasalı ve Numune Kalıpları	31
Şekil 3.15	Epoksi Esaslı Yapıştırıcının Çekme Dayanımının	
	Belirlenmesine İlişkin Eğilme Deneyi Düzeneği	31
Şekil 3.16	Epoksi Esaslı Yapıştırıcının Basınç Dayanım Deneyi	
	Düzeneği	31
Şekil 3.17	Epoksi Numune Gruplarının Ortalama Dayanımları	34
Şekil 3.18	Epoksi Numunelerin Kürü Boyunca Ortalama Ortam Sıcaklığı	35
Şekil 3.19	Epoksi Numunelerin Kürü Boyunca Ortalama Ortam Nemi	35
Şekil 4.1	Seyhan’ın [2] Çalışmasına Ait Koni Geometrilерinin	
	İncelenmesi	38
Şekil 4.2	Numunelerin İsimlendirilmesi	39
Şekil 4.3	Referans Yapışma Dayanımına İlişkin Deneylerin Düzeneği	41
Şekil 4.4	ASTM Standardında Verilen Eksenel Çekme Deneyi	
	Düzeneği	41
Şekil 4.5	Ankraj Davranışına Ait Deneylerin Düzeneği	42
Şekil 4.6	Deney Düzenekleri	44
Şekil 4.7	Ankrajların Bağlı Derinliklerinin Hazırlanışı	45
Şekil 4.8	Deliklerin İşaretlenmesi	45
Şekil 4.9	Ankraj Deliklerini Açmak Üzere Kullanılan Delici	46
Şekil 4.10	Yüzey İşlemlerinde Kullanılan Donanım	47
Şekil 5.1	6+10.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri	49
Şekil 5.2	6+10.refC.2 Numunesine ait Deney Resimleri	50
Şekil 5.3	6+10.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	50
Şekil 5.4	6+10.refC.3 Numunesine ait Deney Resimleri	51
Şekil 5.5	6+10.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	51
Şekil 5.6	6+8.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri	52

Şekil 5.7	6+8.refC.2 Numunesine ait Deney Resimleri	53
Şekil 5.8	6+8.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	53
Şekil 5.9	6+8.refC.3 Numunesine ait Deney Resimleri	54
Şekil 5.10	6+8.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	54
Şekil 5.11	6+8.refD1.1 Numunesine ait Deney Resimleri	55
Şekil 5.12	6+8.refD1.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	55
Şekil 5.13	6+8.refD1.2 Numunesine ait Deney Resimleri	56
Şekil 5.14	6+8.refD1.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	56
Şekil 5.15	6+8.refD1.3 Numunesine ait Deney Resimleri	57
Şekil 5.16	6+8.refD1.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	57
Şekil 5.17	6+8.refD2.1 Numunesine ait Deney Resimleri	58
Şekil 5.18	6+8.refD2.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	58
Şekil 5.19	6+8.refD2.2 Numunesine ait Deney Resimleri	59
Şekil 5.20	6+8.refD2.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	59
Şekil 5.21	6+8.refD2.3 Numunesine ait Deney Resimleri	60
Şekil 5.22	6+8.refD2.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	60
Şekil 5.23	6+6.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri	61
Şekil 5.24	6+6.refC.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	61
Şekil 5.25	6+6.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	62
Şekil 5.26	6+6.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	63
Şekil 5.27	6+6.refC.4 Numunesine ait Deney Resimleri	64
Şekil 5.28	6+6.refC.4 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	64
Şekil 5.29	6+4.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri	65
Şekil 5.30	6+4.refC.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	65
Şekil 5.31	6+4.refC.2 Numunesine ait Deney Resimleri	66
Şekil 5.32	6+4.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	66
Şekil 5.33	6+4.refC.3 Numunesine ait Deney Resimleri	67
Şekil 5.34	6+4.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	67
Şekil 5.35	6+4.refD1.1 Numunesine ait Deney Resimleri	68

Şekil 5.36	6+4.refD1.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	68
Şekil 5.37	6+4.refD1.2 Numunesine ait Deney Resimleri	69
Şekil 5.38	6+4.refD1.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	69
Şekil 5.39	6+4.refD1.3 Numunesine ait Deney Resimleri	70
Şekil 5.40	6+4.refD1.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	70
Şekil 5.41	6+4.refD2.1 Numunesine ait Deney Resimleri	71
Şekil 5.42	6+4.refD2.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	71
Şekil 5.43	6+4.refD2.2 Numunesine ait Deney Resimleri	72
Şekil 5.44	6+4.refD2.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	72
Şekil 5.45	6+4.refD2.3 Numunesine ait Deney Resimleri	73
Şekil 5.46	6+4.refD2.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	73
Şekil 5.47	0+12.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	74
Şekil 5.48	0+12.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	75
Şekil 5.49	0+12.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	76
Şekil 5.50	0+12.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	76
Şekil 5.51	0+12.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	77
Şekil 5.52	0+12.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	77
Şekil 5.53	0+10.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	78
Şekil 5.54	0+10.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	78
Şekil 5.55	0+10.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	79
Şekil 5.56	0+10.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	79
Şekil 5.57	0+10.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	80
Şekil 5.58	0+10.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	80
Şekil 5.59	0+8.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	81
Şekil 5.60	0+8.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	81
Şekil 5.61	0+8.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	82
Şekil 5.62	0+8.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	82
Şekil 5.63	0+8.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	83
Şekil 5.64	0+8.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	83

Şekil 5.65	0+6.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	84
Şekil 5.66	0+6.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	84
Şekil 5.67	0+6.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	85
Şekil 5.68	0+6.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	85
Şekil 5.69	0+6.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	86
Şekil 5.70	0+6.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	86
Şekil 5.71	6+10.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	88
Şekil 5.72	6+10.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	88
Şekil 5.73	6+10.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	89
Şekil 5.74	6+10.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	89
Şekil 5.75	6+10.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	90
Şekil 5.76	6+10.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	90
Şekil 5.77	6+8.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	91
Şekil 5.78	6+8.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	91
Şekil 5.79	6+8.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	92
Şekil 5.80	6+8.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	92
Şekil 5.81	6+8.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	93
Şekil 5.82	6+8.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	93
Şekil 5.83	6+8.C.4 Numunesine ait Deney Resimleri	94
Şekil 5.84	6+8.C.4 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	94
Şekil 5.85	6+8.C.5 Numunesine ait Deney Resimleri	95
Şekil 5.86	6+8.C.5 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	95
Şekil 5.87	6+8.D1.1 Numunesine ait Deney Resimleri	96
Şekil 5.88	6+8.D1.1 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	96
Şekil 5.89	6+8.D1.2 Numunesine ait Deney Resimleri	97
Şekil 5.90	6+8.D1.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	97
Şekil 5.91	6+8.D1.3 Numunesine ait Deney Resimleri	98
Şekil 5.92	6+8.D1.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	98
Şekil 5.93	6+8.D2.1 Numunesine ait Deney Resimleri	99

Şekil 5.94	6+8.D2.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	99
Şekil 5.95	6+8.D2.2 Numunesine ait Deney Resimleri	100
Şekil 5.96	6+8.D2.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	100
Şekil 5.97	6+8.D2.3 Numunesine ait Deney Resimleri	101
Şekil 5.98	6+8.D2.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	101
Şekil 5.99	6+6.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	102
Şekil 5.100	6+6.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	102
Şekil 5.101	6+6.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	103
Şekil 5.102	6+6.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	103
Şekil 5.103	6+6.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	104
Şekil 5.104	6+6.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	104
Şekil 5.105	6+6.C.4 Numunesine ait Deney Resimleri	105
Şekil 5.106	6+6.C.4 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	105
Şekil 5.107	6+4.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri	106
Şekil 5.108	6+4.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	106
Şekil 5.109	6+4.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri	107
Şekil 5.110	6+4.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	107
Şekil 5.111	6+4.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri	108
Şekil 5.112	6+4.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	108
Şekil 5.113	6+4.C.4 Numunesine ait Deney Resi	109
Şekil 5.114	6+4.C.4 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	109
Şekil 5.115	6+4.D1.1 Numunesine ait Deney Resimleri	110
Şekil 5.116	6+4.D1.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	110
Şekil 5.117	6+4.D1.2 Numunesine ait Deney Resimleri	111
Şekil 5.118	6+4.D1.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	111
Şekil 5.119	6+4.D1.3 Numunesine ait Deney Resimleri	112
Şekil 5.120	6+4.D1.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	112
Şekil 5.121	6+4.D2.1 Numunesine ait Deney Resimleri	113
Şekil 5.122	6+4.D2.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi	113

Şekil 5.123	6+4.D2.2 Numunesine ait Deney Resimleri	114
Şekil 5.124	6+4.D2.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	114
Şekil 5.125	6+4.D2.3 Numunesine ait Deney Resimleri	115
Şekil 5.126	6+4.D2.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi	115
Şekil 6.1	Ankrajların Göçme Sonrası Yuttuğu Enerjinin Değerlendirilmesi	118
Şekil 6.2	6+10.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	119
Şekil 6.3	6+8.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	120
Şekil 6.4	6+6.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	121
Şekil 6.5	6+4.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	122
Şekil 6.6	Temiz Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Referans Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi	123
Şekil 6.7	6+8.refD1 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	124
Şekil 6.8	6+4.refD1 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	125
Şekil 6.9	Tozu Atılmış Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Referans Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi	126
Şekil 6.10	6+8.refD2 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	127
Şekil 6.11	6+4.refD2 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	128
Şekil 6.12	Temizlenmemiş Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Referans Yapışma Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi	129
Şekil 6.13	Referans Yapışma Dayanımının Ankraj Derinliği ve Yüzey İşlemi ile Değişimi	130
Şekil 6.14	0+6.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	131
Şekil 6.15	0+8.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	132
Şekil 6.16	0+10 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	133
Şekil 6.17	0+12 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	134
Şekil 6.18	Tam Bağlı Numuneler için Ortalama Göçme Yükü	135

Şekil 6.19	Tam Bağlı Numuneler Ortalama Yapışma Dayanımı	135
Şekil 6.20	Tam Bağlı Numunelerin Göçme Yüklerinin Tasarım Göçme Yükleri Üzerinde Dağılımı	135
Şekil 6.21	6+10 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	136
Şekil 6.22	6+8.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	137
Şekil 6.23	6+6.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	139
Şekil 6.24	6+4.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	140
Şekil 6.25	Kısmi Bağlı Numuneler için Ortalama Göçme Yükü	141
Şekil 6.26	Kısmi Bağlı Numuneler Ortalama Yapışma Dayanımı	141
Şekil 6.27	6+8.D1 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	143
Şekil 6.28	6+4.D1 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	144
Şekil 6.29	Tozu Atılmış Yüzeylerde Kısmi Bağlı Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Yapışma Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi	145
Şekil 6.30	6+8.D2 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	146
Şekil 6.31	6+4.D2 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri	147
Şekil 6.32	Temizlenmemiş Yüzeylerde Kısmi Bağlı Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Yapışma Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi	148
Şekil 6.33	Kısmi Bağlı Ankrajlarda Yapışma Dayanımının Ankraj Derinliği ve Yüzey işlemi ile Değişimi	148
Şekil 6.34	Aynı Bağlı Derinlikte Ankrajların Göçme Yükleri; (a) 10φ bağlı derinlik, (b) 8φ bağlı derinlik, (c) 6φ bağlı derinlik	150
Şekil 6.35	Kısmi Bağlı ve Tam Bağlı Ankrajların Yük-Sıyrılma İlişkileri	151
Şekil 6.36	Farklı Derinliklerdeki Tam Bağlı ve Kısmi Bağlı Ankrajların Ortalama Göçme Yükleri	151
Şekil 6.37	Referans Yapışma Dayanımı Numuneleri ve Kısmi Bağlı Ankrajlarda Yapışma Dayanımının Derinlikle Değişimi	152

Sembol Listesi

P_u	Göçme Yüğü
A_s	Donatı Kesit Alanı
f_{su}	Donatı Kopma Dayanımı
A_{ank}	Çalışan Ankraj Kesiti Alanı
τ_{yap}	Kimyasal Yapıştırıcının Yapışma Dayanımı
r	Donatı Yarıçapı
h_{ef}	Çalışan Ankraj Kesiti Yüksekliği (Bağlı Derinlik)
P_{koni}	Konik Göçme Yüğü
h_{koni}	Koni Yüksekliği
f_c	Karakteristik Beton Basınç Dayanımı
τ_{max}	Ankraj Yüzeyindeki Yapışma Dayanımı
r_0	Delik Yarıçapı
λ'	Kimyasal Yapıştırıcının Beton ile Etkileşiminin Kayma Rijitliğine Bağlı Elastik Sabit
G	Yapıştırıcının Kayma Modülü
E	Ankraj Donatısının Elastisite Modülü
t	Ankraj Deliğindeki Yapıştırıcının Et Kalınlığı
$P_{sıyırılma}$	Sıyırılma Yüğü
f_{ct}	Karakteristik Beton Çekme Dayanımı
A_{yanal}	Yarma Silindir Numunesinin Yanala Alanı
$\epsilon_{pl,uni}$	Düzgün (Uniform) Plastik Şekildeğiştirme
$l_{uni,pl}$	Donatı Plastik Uzama Bölgesinin Son Boyu
l_0	Donatı Numunelerinin İlk Boyu
$\epsilon_{pl,büz}$	Büzölme Bölgesinde Oluşan Kalıcı Plastik Şekildeğiştirmeler

$l_{büz,pl}$: Donatı Büzülme Bölgesinin Son Boyu

ε_{max} : Donatı Plastik Şekildeğiştirmesi

σ_{max} : Donatı Azami Gerilmesi

E_s : Donatının Elastisite Modülü

ε_{kop} : Donatı Kopma Şekildeğiştirmesi

σ_{kop} : Donatı Kopma Gerilmesi

x : Bir Numunenin Ölçüm Değeri (Chauvenet Kriteri)

x_m : Aynı Özelliklerdeki Numunelerin Ortalama Değeri

γ : Standart Sapma

z : Chauvenet Kriterine Göre Okuma Sayısına Bağlı Sapma Değeri

A_0 : Azami Yüke Kadar Ankrajın Yuttuğu Enerji

A_1 : Azami Yükten, Azami Yükün %85'ine Kadar Ankrajın Yuttuğu Enerji

$P(x)$: Yük – Yerdeğiştirme Eğri Denklemi

μ_1 : Göçme Sonrası Yutulan Enerji

YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ UYGULAMALARINDA KULLANILABİLECEK KİSMİ BAĞLI ANKRAJ DETAYI VE YÜZEY TEMİZLİĞİ KOŞULLARI ALTINDA ANKRAJLARIN EKSENEL ÇEKME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Bilindiği üzere, yurdumuzun büyük bölümü deprem kuşağı içindedir. Yeterli mühendislik hizmeti görmeden üretilmiş yapılar, olası depremlerin yıkım kabiliyetini korkunç boyutlara taşımaktadır.

Deprem etkileri altında yeterli güvenliği sağlayamayan mevcut yapıların, tamamının yenilenmesi ekonomik sebeplerle mevcut şartlarda mümkün değildir. Bu anlamda yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapıların güçlendirilmesi birçok durumda tercih sebebi olmuştur.

Güçlendirme uygulamaları kapsamında; kolon mantolarının ve kimi açıklıklarda taşıyıcı olmayan duvarların yerine perde elemanların oluşturulduğu uygulamalarda; bu yeni düşey taşıyıcıların temel elemanlarına bağlanarak yüklerin taşıyıcı elemanlar boyunca aktarılmasında, ayrıca yeni taşıyıcı elemanların mevcut sistemle birlikte davranışını sağlayacak yatay birleşim noktalarında ankrajlar sıkça kullanılmaktadır.

Yapı kimyasalları ile, hazırlanan bir ankraj deliğine donatının yapıştırılması olarak tarif edilebilecek kimyasal ankrajlar; uygulama avantajları ve detay serbestisi ile; yapıların onarım ve güçlendirme uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, uygulamada sıkça kullanılan epoksi bazlı bir kimyasal ankraj malzemesi ile; güçlendirme çalışmalarında karşılaşılan örnekleri temsil edecek düşük dayanımlı beton plaklar kullanılmıştır. Ankraj delik yüzeyinin uygulanan yüzey işlemlerine ilişkin temizlik, tozluluk durumlarına bağlı etkiler; önerilen uygulama detayı, standart ankraj detayı ve yalın sıyrılma göçmesine ilişkin yapışma dayanımının elde edildiği bir dizi deney yapılmıştır. Çalışmada önerilen uygulama detayı uyarınca; ankraj, ankraj deliğine tüm boyu boyunca bağlanmamakta; yüzeyden itibaren bırakılan serbest ankraj derinliği ile; beton elemanda oluşan çekme gerilmelerine bağlı ani güç tükenmesinin etkilerinin azalışı; önceki çalışmalarla da karşılaştırılarak değerlendirilmektedir.

PULL-OUT BEHAVIOUR OF PARTIALLY BONDED ANCHORS TO BE USED IN RETROFITTING EXISTING STRUCTURES UNDER ANCHORAGE INTERFACE CONDITIONS

SUMMARY

It is well known that Turkey is located in an area which is highly susceptible to earthquakes. Buildings that have been constructed without sufficient engineering expertise, have elevated the destructive capability of potential earthquakes to extreme levels.

Due to economic reasons, it is impossible to reconstruct every building that currently is not able to provide adequate safety under the effects of an earthquake. Therefore, it has generally been preferred to strengthen buildings with inadequate earthquake safety over reconstructing them.

In strengthening applications such as, column jacketing, and the addition of new shear walls to the existing system on a frame axes by replacing brick walls, anchorages are widely used for connecting these new vertical members to the existing structure in order to transfer the loads to the foundations and, to secure the combined resistance of existing and strengthening members.

Chemically bonded anchors, which can be described as a rod attached to a pre-drilled hole with construction chemicals, are frequently used in rehabilitation and strengthening applications due to the ease of their application procedures.

In this study, low strength concrete plates representing samples frequently encountered in strengthening applications, employing epoxy based anchorage chemicals, have been used. A series of experiments on bond strength have been performed; the effects of cleanliness and dust levels of the anchorage interfaces on proposed application detail, standard anchorage detail, and confined pull-out tests were considered. Abiding by the proposed application detail, the anchorage was not fully bonded through its entire length, anchorage depth from the surface was left unbonded, and the tension related to the sudden failure of tensile strength of the concrete have been evaluated in comparison with previously conducted studies.

1. GİRİŞ

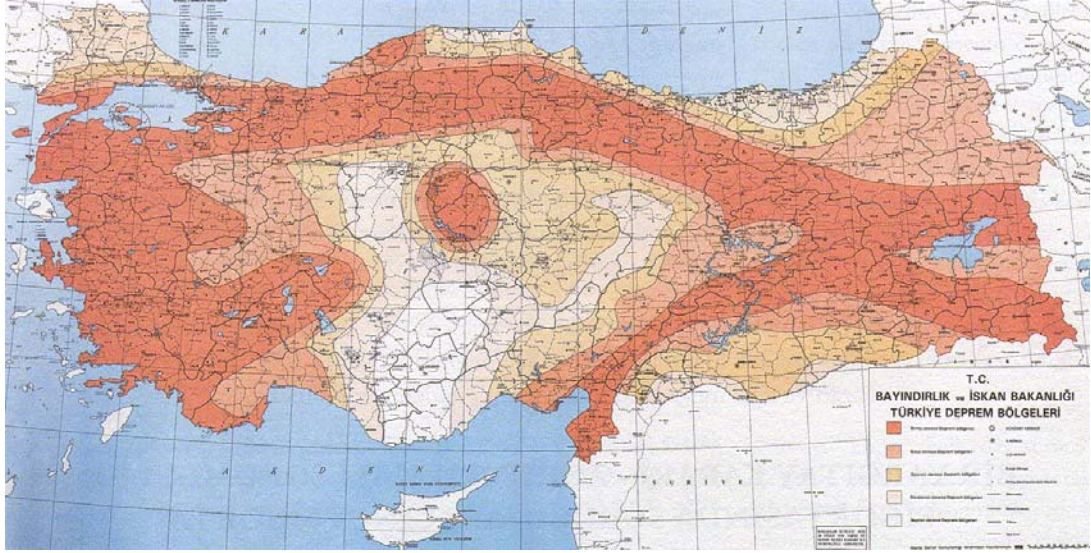
Depremler, insanoğlunun karşı karşıya olduğu doğal afetlerin en yıkıcı ve etkililerinden biridir. İnsanlık tarihi boyunca birçok büyük depremden bahsedilmekte, son yüzyılda dünya üzerinde on binlerce insanın hayatını kaybettiği çok büyük depremler olduğu bilinmektedir.

Olası büyük depremler sonucunda, bütün yapıların hiç hasar görmeden atlatması şüphesiz ekonomik bir çözüm değildir. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımında depremin şiddetine göre belirli düzeylerde hasarlara izin verilmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri tamamen elastik sınırlar içerisinde kalarak, hasarsız; orta şiddetteki depremleri, kimi taşıyıcı elemanlarda onarılabilecek hasarlarla; çok seyrek ama şiddetli depremleri onarılamayacak büyük hasarlar görse de, can kaybı olmaksızın atlatabilmesi esası üzerine kurulmuştur, [1]. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası Şekil 1.1’de verilmiştir, [16].

Büyük bölümü deprem kuşağı içinde olan yurdumuzda, yakın zamanda yaşanan Marmara ve Düzce depremleri; ekonomik rant kaygıları, bilgi ya da donanım eksiklikleri sonucu; yeterli mühendislik hizmeti görmeden üretilmiş yapıların üzerindeki deprem tehdidini gözler önüne sermiştir. Deprem etkilerine karşı zayıf bu tip yapıların; ekonomik ömürlerini tamamlamalarını sağlamak için yapılan, güçlendirme çalışmaları bu dönemde yaygınlaşmıştır. 2007 Mart ayında yürürlüğe girmek üzere, 2006 Mart ayında Resmi Gazete’de yayınlanan, yeniden düzenlenerek “Deprem Yönetmeliği” adını alan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” içerisinde, onarım ve güçlendirme esaslarını konu alan, bu uygulamaları belirli standartlara dayandırarak açıklayan ve kurallarla düzenleyen yeni bir bölüm oluşturulmuştur.

Betonarme binaların halihazırdaki güçlendirme uygulamalarında; çelik levhalar ile sargı uygulamaları, lifli polimerler ile kesitlerin güçlendirilmesi ve betonarme elemanların kesitlerini büyütürük yapılan betonarme mantolama uygulamaları

görülmektedir. Ayrıca kimi taşıyıcı olmayan duvarlar perde elemanlarla değiştirilerek, ya da kat kırışları doğrultusunda katlar arasında sisteme perdeler eklenerek; yapının perde doğrultusundaki rijitliği ve dayanımı arttırılmaktadır. İşçilik bilgisi ve işgücünün teminin avantajları bakımından; betonarme manto uygulamaları ve yeni düşey betonarme perde taşıyıcıların oluşturulması sıkça uygulanagelen güçlendirme yöntemleri arasındadır, [2].



Şekil 1.1: Türkiye’de Deprem Bölgeleri [16]

Mevcut yapıların deprem güvenliğinin artırılmasında; taşıyıcı elemanların kesitlerinin büyütülmesi ve taşıyıcı sisteme perdelerin eklenmesi ile yapılan güçlendirmelerde; yapı boyunca sürekliliğinin sağlanması, bu elemanların mevcut elemanlarla birlikte çalışmasına ve aldıkları yükleri güvenle temel yapılarına aktarmasına bağlıdır. Yükler etkisi altında; güçlendirme elemanlarının mevcut elemanlarla birlikte çalışması, eski ve yeni elemanların arayüzünde oluşacak kuvvetleri karşılayan mekanizmalarla sağlanmaktadır. Betonarme mantolar ve perde elemanlar; temel elemanları ile olan birleşimlerinde oluşan çekme kuvvetlerinin karşılanması ile süreklilik kazanırlar. Bu çekme kuvvetleri mevcut elemanlara yeni donatıların ekilmesi ile yapılan donatı ankrajları ile karşılanmaktadır. Güçlendirilmiş yapılarda taşıyıcı sistemin sürekliliğinin sağlanmasına ilişkin bu önemli detayın başarısı; oluşturulan ankrajların davranışının bütün yönleriyle iyi anlaşılmasına, davranış ve malzeme karakteristiklerine ve kullanılan ankraj tasarımına bağlı olacaktır.

Şekil 1.2, [2] bir mantolama uygulamasını göstermektedir. Mevcut kolon elemanın kesiti yine betonarme bir eleman ile çevrelenerek mantolanmaktadır. Şekil 1.3’te [2]

taşıyıcı sisteme ilave edilecek perde elemanın, mevcut taşıyıcı sistem ile sürekliliğinin sağlanması için uygulanmış ankrajlar görülmektedir.



Şekil 1.2: Betonarme Manto Uygulaması
[2]

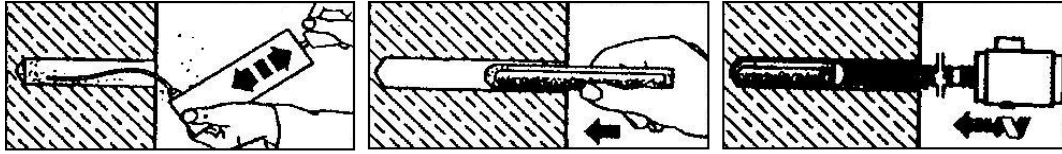


Şekil 1.3: Sisteme Yeni Perde İlavesi
için Yapılmış Ankrajlar [2]

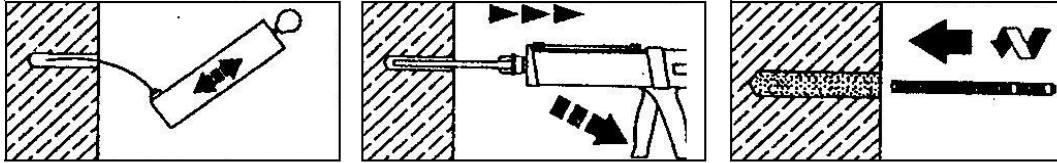
Ankrajlar; hali hazırda kullanılmakta olan yapılara, çeşitli amaçlara hizmet edecek donanım ve eleman ilavelerine imkan tanımaktadır. Bugün dünyada; prefabrik altyapı elemanlarının saha montajları, sanayi yapılarında hatta yüksek sıcaklıklarda da güvenli olması beklenen enerji santralleri gibi özel yapılarda donanım ve makinelerin zemine tutturulması, yapı onarım ve güçlendirilmelerinde yeni taşıyıcı elemanların mevcut elemanlarla birlikte çalışmasının sağlanması konularında ankrajlar sıkça kullanılmaktadır. Tasarımcılar; yüklerin birleşimin yapıldığı kesitlerde güvenle aktarılmasını sağlayacak ankraj detayları ile, yapıda sürekliliği koruyabilmekte ve tasarımlarına çeşitlilik ve esneklik katabilmektedir. Betona yapılan ankrajlarda, tasarım felsefesi; sünek yapı tasarımındaki gibidir. Beton güç tükenmesine ulaşmadan, ankraj donatısı yerinden sökülebilmelidir. [3]

Genel itibarıyla ankrajlar; mekanik ve kimyasal ankrajlar olmak üzere ikiye ayrılır. Mekanik ankrajlar; üzerilerine etkiyen yükleri, uygulandıkları delik yüzeyince, mekanik kilitlenme mekanizmaları sayesinde aktaran ankrajlardır. Kimyasal ankrajlar; bağ tipi ankrajlar olup; yükleri, ankraj kesiti boyunca, kimyasal yapışma özellikleri sayesinde betona aktarırlar. Bu yük aktarımı; kimyasal ile donatı arasındaki, kimyasal ile beton arasındaki bağ aderansına ve kimyasalın delik cidarına nüfus etmesine bağlıdır [3]. Bu kimyasal yapışma aderansı, bu çalışmada yapışma dayanımı olarak anılacaktır.

Kimyasal ankrajlar uygulamaları bakımından iki alt gruba ayrılırlar. Birinci grup olan, kapsül tipi ankrajlar; iki bileşenli kapalı tüplerden oluşur. Bu ankrajlar, hazırlanmış ankraj deliğine itilen kapsülün, ankraj elemanının deliğe yerleştirilmesi ile parçalanması ve bileşenlerin birbirleriyle karışarak kimyasal tepkimeye girmesiyle hazırlanır. Tüpler polyester, vinylester ve epoksi bazlı bileşenlere sahip olabilir, (Şekil 1.4). İkinci grup olan; enjeksiyon tipi ankrajlar, dışarıda hazırlanarak, harç tabancası ya da mala gibi gereçler yardımı ile delik içerisine yerleştirilen tiplerdir. Enjeksiyon tipi ankrajlarda, kapsül ankrajlarla benzer kimyasal özelliklere sahip kimyasallar kullanılabildiği gibi, çimento esaslı bileşimler kullanıldığı da görülmektedir, (Şekil 1.5), [4].

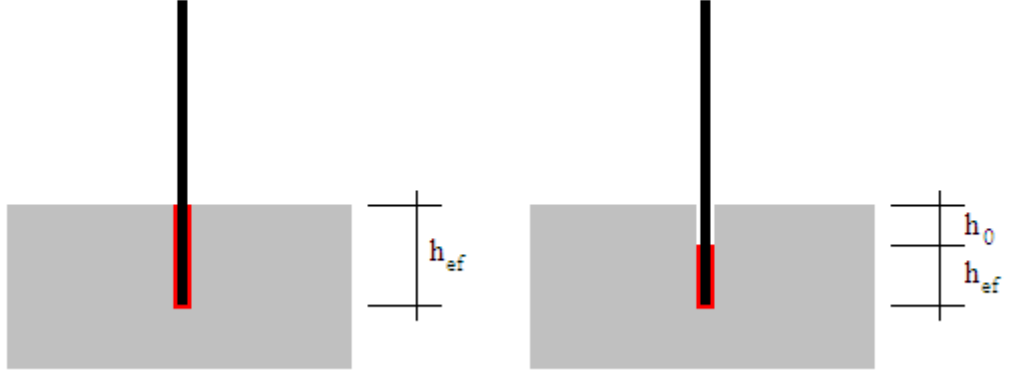


Şekil 1.4: Kapsül Tipi Ankrajların Uygulamaları [4]



Şekil 1.5: Enjeksiyon Tipi Ankrajların Uygulamaları [4]

Bu çalışmada, epoksi bazlı bir kimyasal yapıştırıcı ile; deprem güçlendirmesinde kullanılan kimyasal ankrajların tasarımına ilişkin bir inceleme yapılmış, incelenen numuneler ve veri aralığı için bir detay çözümü önerilmiştir. Mevcut uygulamalara ait tam bağlı ankrajlar ve bu çalışmada önerilen kısmi bağlı ankraj model detayları Şekil 1.6’da gösterilmektedir. Şekillerde belirtilen h_{ef} , ankrajın kimyasal yapıştırıcı ile bağlı boyunu ifade etmektedir ve bu çalışmada bağlı derinlik olarak anılacaktır. Bağlı derinlik; ankrajın yapışma dayanımına esas boyunu teşkil etmektedir. Tam bağlı ankrajların tüm boyu bağlı derinlik olmaktadır. h_0 , kısmi bağlı ankrajlarda kimyasal yapıştırıcı ile bağlanmamış uzunluğu ifade etmektedir ve serbest derinlik olarak anılacaktır.



Şekil 1.6: Tam Bağlı ve Kısmi Bağlı Ankraj Detayları

Kısmi bağlı ankraj deneyleri ve bu detayın değerlendirilmesine ilişkin; bir dizi tam bağlı ankraj deneyi ve malzemenin referans yapışma dayanımının tespitine ilişkin bir grup deney; İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında; farklı yüzey tozu koşulları altında, gerçekleştirilmiştir. Önerilen detay uyarınca ankrajların kısmi bağlı tasarlanması ile ankrajların göçme yükü ve süneklik konularında çok elverişli değerler verdiği görülmüştür.

2. DAHA ÖNCE ANKRAJLARIN ÇEKME DAVRANIŞI ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 GİRİŞ

Mevcut elemanlara yeni donanım ve yapı elemanlarını sabitlemek, kullanım alanlarının çeşitliliği dolayısıyla, birçok çalışmaya konu olmuştur. Çalışmalar, incelenen bir özel kullanım alanı doğrultusunda yapılmış ve bu özel uygulamada kullanılan parametrelere uygunluk gösteren modeller geliştirilmiştir.

2.2 GÖÇME MEKANİZMALARI

Kimyasal ankrajlar, eksenel çekme yükleri altında göçme yüküne çok yakın değerlere kadar elastik davranırlar [5-7], ancak ankraj betonu, çekme gerilmelerinin etkisi altında olduğu da düşünüldüğünde, yalnızca düşük yüklerde elastik davranacaktır. Çekme yükleri altındaki ankrajlarda, betonda yerel gerilme yığılmaları ve buna bağlı kılcal çatlaklar oluşur, [8].

Kimyasal ankrajların dayanımı, kullanılan kimyasalın beton ve çelik yüzeylerle gösterdiği yapışma kabiliyeti (kimyasal aderans) ile ilgilidir, [3]. Yapışma dayanımı, kullanılan malzemenin bileşenlerinin kimyasal özellikleri ile olduğu gibi, ankrajların imalat yöntemleri ve koşulları ile de farklılık gösterir, [7]. Yük aktarım yeteneği fazla olan, yapışma dayanımı yüksek malzemelerde; yapışma dayanımı beton dayanımı ile artarken, kimi malzemelerde beton dayanımının yapışma dayanımına bir etkisi olmamaktadır, [4].

Çekme etkisi altındaki kimyasal ankrajlar, göçme yüklerini tayin eden mekanizmalara göre beş şekilde sınıflandırılabilir. [5-7]

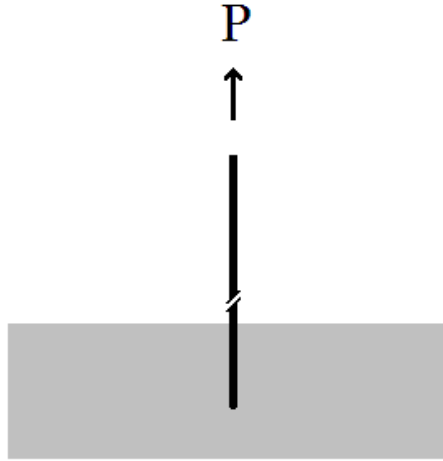
- Ankraj Donatısının Kopması
- Ankraj Donatısının Sıyrılması
- Betonun Konik Kopması

- Konik Kopma ve Sıyrılmanın Birlikte Oluşması
- Betonun Yarılarak Göçmesi

Ankraj donatısının kopması; görece küçük çaplı donatı kullanımı, yüksek dayanımlı beton ve derin ankrajlarda; ankrajın taşıyabileceği çekme kuvveti ile, donatının kopma dayanımının aşılması ile gerçekleşir, [7]. Bu göçme tipi, ankrajın göçme yükünün üst sınırını belirler. Şekil 2.1’de, (2.1) denkleminde ifade edilen, donatının kopması ile gerçekleşen göçme biçimi görülmektedir.

$$P_u = A_s f_{su} \quad (2.1)$$

Burada P_u , ankrajın göçme yükünü; A_s , donatı kesit alanını; f_{su} , donatı çeliğinin kopma dayanımını ifade etmektedir.



Şekil 2.1: Donatının Kopması

Delik cidarında yapışma dayanımının aşılması ile sıyrılma gerçekleşir, [6,9]. Sıyrılma yükü; kullanılan kimyasal ve betonun özelliklerine ve birbirleri ile etkileşimine bağlıdır, [8]. Malzemenin yapışma dayanımının düşük olmasının yanı sıra; malzemenin kötü kürlenmesi, yüzey hazırlıklarının eksik yapılması gibi durumlarda da sıyrılma görülür, [5]. Sıyrılma göçmelerinde büyük çatlaklarla karşılaşmaz, [9]. Ayrıca bu deneysel çalışmanın da konusu olan, ankraj derinliğinin üst kısmında, kimyasal ile betona yapıştırılmamış serbest bağlı bölgesi bulunan, kısmi bağlı ankrajlarda da sıyrılma gözlenebilmektedir, [10]. Şekil 2.2’de sıyrılma göçmesine ilişkin bir şekil verilmiştir. Yapışma dayanımının derinlik boyunca

düzgün yayılı olduğu varsayımı ile, sıyrılmaya ilişkin göçme yükü (2.2) denkleminde verilmiştir.

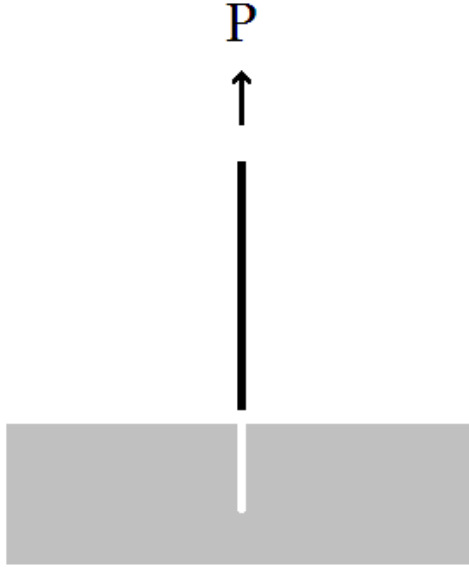
$$P_u = A_{ank} \tau_{yap} \quad (2.2)$$

Burada A_{ank} , çalışan ankraj yüzeyinin alanını ifade etmektedir. τ_{yap} , ankraj yüzeyi boyunca eşdeğer düzgün yayılı yapışma dayanımıdır. Getirilen yaklaşıma ve malzeme ile ankrajın arayüzlerindeki sıyrılmaya durumlarına göre delik çapı ya da donatı çapına göre hesaplanmaktadır. Yeterli yapışma dayanımının oluşmaması sonucu görülen sıyrılmaya mekanizmalarında; delik çapının, ankraj kesit alanına esas teşkil ettiği söylenebilir. Sıyrılmaya donatı arayüzünde veya kimyasal kesitinde gerçekleştiği durumlarda, ankraj yüzey alanının donatı çapı ile gösterilmesi uygun olacaktır. Deneysel verilerle elde edilen yapışma dayanımı değerleri ile hesap yaparken, daha küçük olan donatı çapı ile çalışılması güvenli tarafta kalacaktır. Ankraj kesit alanı (2.3) denklemi ile hesaplanır.

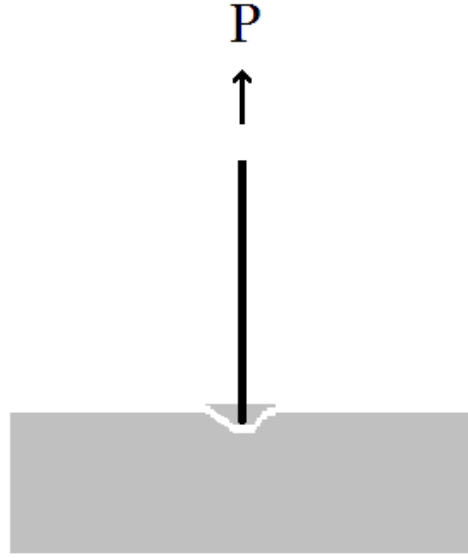
$$A_{ank} = \pi r h_{ef} \quad (2.3)$$

h_{ef} ankrajın kimyasal yapıştırıcı ile bağlanmış derinliğini, r delik çapını ifade etmektedir.

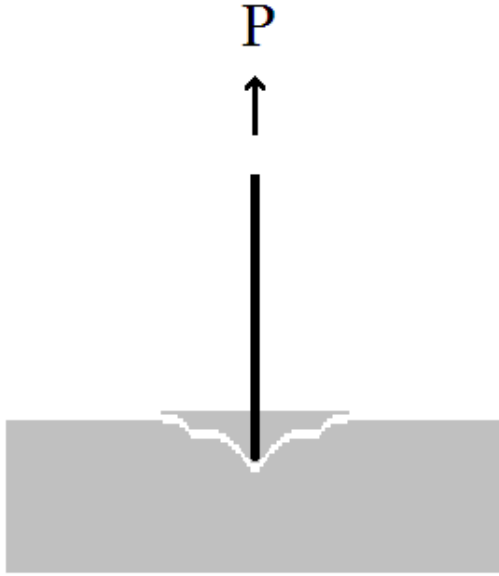
Malzeme arayüzlerinin yeterli yapışmayı sergilediği durumlarda göçme, ankraj eksenine yapışık bir beton parçasının kopması ile gerçekleşir. Artan yüklerle genişleyen kılcal çatlaklar birleşerek betonun koparak ayrılmasına sebep olur. Yalnızca bir beton konisi ile göçme durumu görece sığ ankrajlarda görülür. . Şekil 2.3, sığ ankrajlarda, konik kopmayı göstermektedir. Yalnız konik kopma; malzemelerin birbirleriyle olan etkileşimine bağlı olarak oluşacak potansiyel koni yüksekliğine kadar görülür. Daha derin ankrajlarda; ankraj boyunca sığ bir koni ve koninin devamında sıyrılmaya bölgesinden oluşan, konik göçme ve sıyrılmaya birlikte gerçekleştiği karma göçme tipi gözlenir. Şekil 2.4’da potansiyel koni oluşarak, sadece konik kopan bir numune resmedilmektedir. Şekil 2.5 daha derin ankrajlarda göçmenin, ankraj boyunca potansiyel koni yüksekliğinden sonra sıyrılmaya ile de olduğunu göstermektedir. Kılcal çatlakların koniyi işaret eden bir kırılma yüzeyi oluşturması ile yapışma dayanımına çalışan boyu aniden kısalan ankrajda, yapışma dayanımının yük altında ani aşılması ile, konik kopma ve sıyrılmaya aynı anda gerçekleşir, [5-7,11].



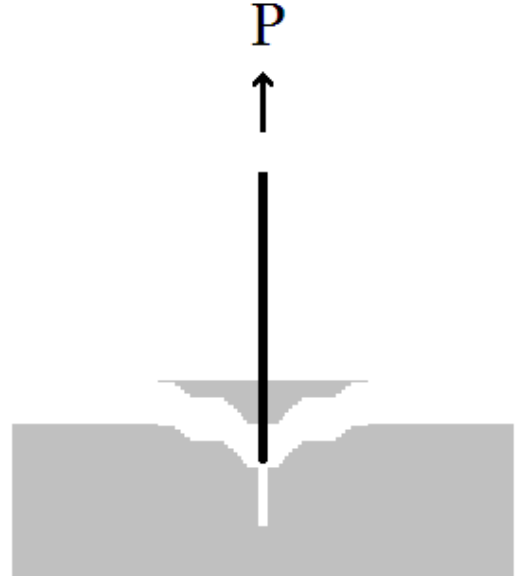
Şekil 2.2: Donatının Sıyırılması



Şekil 2.3: Çok Sığ Ankrajlarda Konik Göçme



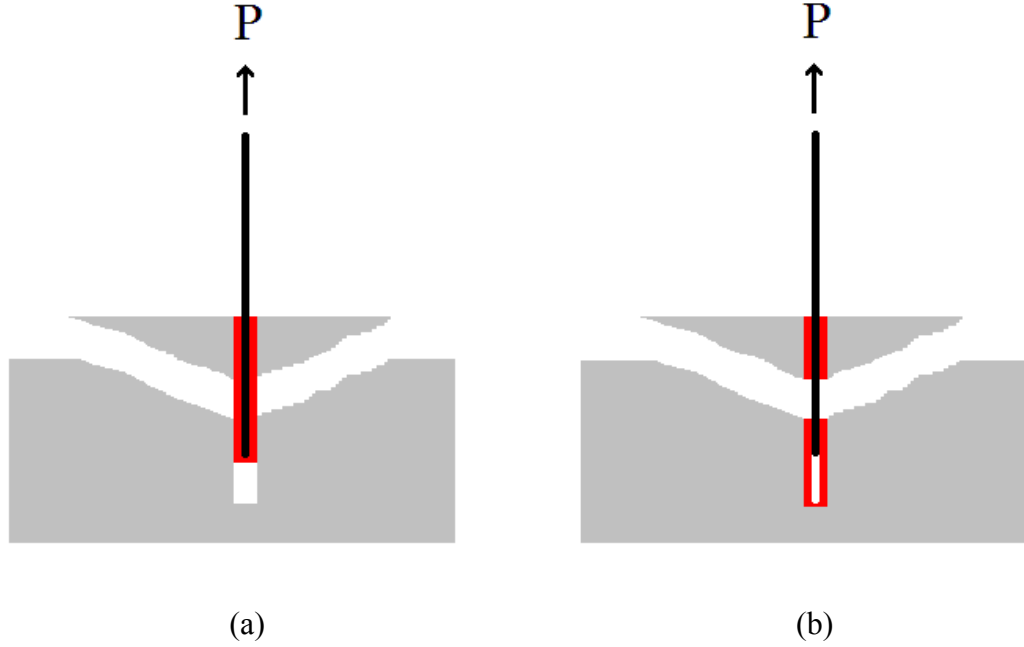
Şekil 2.4: Sığ Ankrajlarda Konik Göçme, Potansiyel Koni Oluşumu



Şekil 2.5: Derin Ankrajlarda Karma Göçme Tipi

Kullanılan malzemelerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak; karma göçme tiplerinde sıyırılma bölgesi boyunca ve yalnız sıyırılma tipi göçmelerde ankraj alanı boyunca; sıyırılma kimyasal ile beton ya da kimyasal ile donatı arayüzünde gerçekleşebilir,

[3,4]. Şekil 2.6’da yapı kimyasalı ile beton arayüzündeki yapışma dayanımının (a) ve yapı kimyasalı ile donatı arayüzündeki yapışma dayanımının (b) aşılması ile farklı arayüzlerde oluşan sıyrılma biçimleri görülmektedir.



Şekil 2.6: Sıyrılma Arayüzüne Ankrajların Göçme Tipleri, (a) Kimyasal ile beton arasında aderansın yitirilmesi ile, (b) Kimyasal ile donatı arasında aderansın yitirilmesi ile

Yapılan çalışmalarda; ankrajlar kesitlerinde beton elemanda, çekme yüklerine bağlı göçmelerin mutlaka gerçekleştiği görülmüştür. Eksenel çekme deneyleri sırasında kesitte oluşan kılcal çatlaklar; düşük yüklerde dar tepe açıları ile, yüksek yüklerde geniş tepe açıları ile oluşmaktadır. Yükleme sırasında kesitte çatlakların adım adım oluştuğu düşünüldüğünde, plastik şekildeğiştirmeler yapmaya daha düşük yüklerde başlayan düşük dayanımlı betonlarda kılcal çatlaklar, düşük yüklerde dar tepe açıları ile başlayacak, yük arttıkça çekme bölgesinde daha geniş tepe açısıyla çatlaklar oluşacaktır. Göçme yüküne kadar adım adım çatlayan kesitte, çatlak yüzeylerinin birleşmesiyle oluşan çekme konisinin yan yüzeyi, düşük dayanımlı betonlarda bu sebeple içbükey bir hal alacaktır. Yüksek dayanımlı betonlarda ise çekme konilerinin görece daha nizami, düzgün yanal yüzeylerle koptuğu görülmüştür, [8]. Aynı şekilde McVay [12]; tam bağlı kimyasal ankrajların çekme davranışını modellediği çalışmasında yaptığı deneylerde; çekme konisinin tabanları çakışık, iç içe girmiş iki koniden oluştuğunu gözlemlemiş, daha geniş açılarla daha sıkı oluşan ikincil

konilerin, ankraj yüzeyinde yapışma dayanımının aşılması ile başlayan, yapıştırıcı kimyasalın rijit hareketi ile oluştuğunu varsaymıştır.

Beton kesitinin yetersiz olduğu ya da ankrajların birbirlerine ya da kenarlara yakın olduğu durumlarda betonun yarılması gözlenir. Bu şekilde bir göçme mekanizmasının azami yükü, aynı değişkenlere sahip ama daha kalın bir kesitte ya da uzak aralıklardaki ankrajların oluşturacağı koni göçme yüklerinden genellikle daha küçüktür, [9]. Burada göçme yükünü kontrol eden etken, beton plağın eğilme kapasitesidir.

Görülen göçme mekanizmaları temelde aynı prensipler etrafında sınıflandırılmakla beraber, yapılan deneylerin özel koşulları dikkate alındığında, bazı göçme durumlarının kimi çalışmalarda ihmal edildiği ya da gözlenmediği görülmüştür. Göçme yüküne ilişkin yaklaşımlar getirmeden önce, göçme mekanizmalarının ve bu mekanizmaların ortam üzerindeki etkilerinin iyi anlaşılması gerekmektedir.

2.3 BETON KONİSİ

Kullanılan yapı kimyasalının mevcut betona yeterli yük aktarım kapasitesinin olduğu ve donatının kopma dayanımına ulaşmayacağı tasarlanarak yapılmış çalışmalarda; betonun konik koptuğu göçme durumları gözlenmiştir. Konik kopma, ankrajın derinliğine göre, sığ ankrajlarda yalnızca koninin kopması, daha derin ankrajlarda ise ankraj boyunun üst kısmında oluşan bir koni ve ardışık boyda sıyrılma şeklinde olmaktadır. Aynı malzeme ve beton özellikleri için koni yüksekliği ve geometrisi sabit bir değere yakınsamış, bu değer potansiyel koni olarak adlandırılmıştır, [5].

Seyhan [2] tarafından, deney günü silindir basınç dayanımı 16.7 MPa olan beton elemanlarda, $\phi 16$ ve $\phi 20$ nervürlü donatılarla 6ϕ , 8ϕ , 10ϕ ve 12ϕ ankraj derinliklerinde değişik yüzey hazırlıkları için, farklı yapı kimyasalları ile hazırlanan ankrajlarda, eksenel çekme deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu deneylerde kullanılan farklı yapı kimyasallarından, bu çalışmada kullanılan kimyasal yapıştırıcıya ait numunelerin koni geometrileri incelenmiş; Seyhan'ın [2] çalışmalarında kullanılan beton özellikleri için, potansiyel beton koni yüksekliğinin 12 cm olduğu görülmüştür. Beton elemanın homojen yapıda olmaması sebebiyle kimi derin ankrajlarda bu potansiyel yükseklikten daha kısa (sığ) koniler oluştuysa da, bu örnekler davranışın

eğilimini etkilememiştir. Koni yarıçaplarının dağılımlarının düzensiz olduğu tespit edilerek, bu konuda geçerli kıstaslar elde edilememiştir.

McVay [12] diğer özellikleri aynı kalmak koşulu ile 4 ayrı derinlikte 18 numune ile yaptığı kimyasal ankraj deneylerinde; koni geometrisini incelemiştir. Deneyleri için 28 günlük dayanımı asgari 24.8 MPa (3600 psi) olan beton plaklar üretilmiş; 90 günlük standart silindir deneylerinde numunelerinin basınç dayanımları 39 MPa ile 43.4 MPa arasında değişmiştir. Bu deneyler sonucunda koni yan yüzeyinin ankraj eksenine ile yaptığı açılar 56° ile 65° arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Eligehausen [6], 9φ derinlikteki ankrajlar ile gerçekleştirdiği deneylerde; konik kopma ile gerçekleşen göçme durumlarında, göçme yükünün betonun çekme dayanımı ve ankraj derinliği ile değiştiğini gözlemlemiştir. Küp dayanımı 15 MPa ile 40 MPa arasında değişen beton numuneler ile, 89 numune ile yaptığı inceleme sonucu aynı açının 45° ile 60° arasında değiştiğini belirtmiştir. Eligehausen, kendi deney verilerine uygun sonuçlar veren, koni modeli olarak anılan, 2.4 denklemini geliştirmiştir. Bu denklem yardımı ile deneysel sonuçlarla sayısal sonuçların karşılaştırılması ile standart sapma %16 bulunmuştur.

$$P_{koni} = 0.85 h_{koni}^2 \sqrt{f_c} \quad (2.4)$$

Burada P_{koni} konik göçme yükünü, h_{koni} koni yüksekliğini ve f_c beton basınç dayanımını ifade etmektedir. Betonun çekme dayanımının, basınç dayanımının karekökü ile orantılı olduğu varsayımıyla 2.4 denklemi beton basınç dayanımı ile kurulmuştur. Denklemin; ankraj derinliği, ankraj çapının 9 katı olan numuneler için geliştirildiği özel olarak belirtilmektedir. 9φ'den daha derin ankrajlarda beton konisine ait göçme yükü 2.4 denklemi ile uyumlu sonuçlar vermemiş; göçme yükündeki artışın azalarak devam ettiği belirtilmiştir, [6].

Cook, yapışma dayanımının, ankraj boyunca, düzgün yayılı dağıldığını öngören “Düzgün Yayılı Bağ (Uniform) Modeli”ni teklif etmiş, göçme anında yapışma dayanımından kaynaklanan yükü, konik kopma yüküne eşit olduğunu varsayarak, yükü derinlik üzerinde minimize ederek, teorik koni yüksekliği ve karma göçme yüküne ilişkin analitik bağıntılar geliştirmiştir, [5]. Cook, konik kopma yükünün hesaplandığı denklem için katsayı olarak Eligehausen tarafından kullanılan 0.85 yerine 0.92'yi seçmiştir, [5,6].

Düzgün Yayılı (Uniform) Bağ Modeli uyarınca göçme yükü; 2.5 denklemi ile, düzgün yayılı yapışma dayanımına esas olan ankraj alanı 2.6 denklemi ile verilmiştir.

$$P_u = A_{ank} \tau_{yap} \quad (2.5)$$

$$A_{ank} = \pi r h_{ef} \quad (2.6)$$

Bu yaklaşımla, (2.4) ve (2.5) denklemleri; $h_{ef} = h$ koni ile; göçme yükü P_u , koni yüksekliği boyunca türetilerek birbirine eşitlenmiş, τ_{yap} yapışma dayanımına sahip malzeme için, mevcut beton kesitte oluşabilecek koni yüksekliği 2.7 denklemi ile verilmiştir.

2.5 ve 2.6 denklemlerinden ;

$$P_u = \tau_{yap} \pi r h_{ef}$$

2.4 denklemi ile,

$$P_{koni} = 0.92 h_{koni}^2 \sqrt{f_c}$$

$h_{ef} = h_{koni}$ için, $P_u = P_{koni}$ olacaktır.

dP_u / dh türevinin iki göçme yükü için hesaplanması ve bu denklemlerin birbirine eşitlenmesi ile koni yüksekliği için 2.7 denklemi elde edilecektir.

$$h_{koni} = \tau_{yap} \pi r / 1.84 \sqrt{f_c} \quad (2.7)$$

Yukarıda bahsi geçen iki çalışmada [6,12] beton konisinin geometrisine ait varılan sonuçlar ele alındığında; beton konisinin kopma yükü ve dolayısıyla beton konisine ait geometri özelliklerinin betonun dayanımı ile ilgili olduğu görülmektedir. Bu durum, göçme mekanizması sırasında oluşan beton konisini açıklayacak bir model için, beton dayanımının da dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır.

Seyhan [2] tarafından diğer parametreler sabit kalmak koşulu ile farklı kimyasal yapıştırıcılar ile yapılan deneylerde, koni geometri özelliklerinin farklı olduğu gözlenmiştir. Oluşan potansiyel koni yüksekliğinin malzeme yapışma dayanımı ile ilgili olduğu deneylerle de izlenmiştir. Koni yüksekliği için önerilen bağıntıların yeterince genel olabilmesi için, kimyasal yapıştırıcının mekanik özelliklerini de barındırması gerektiği anlaşılmaktadır.

2.4 GÖÇME YÜKÜ

Çekme etkisi altındaki ankrajların göçme yükü; kullanılan ankraj malzemesi, mevcut betonun ve çeliğin dayanım özelliklerinin yanısıra; ankraj yüzeyinin hazırlığı ve yüzey nemi, sıcaklık, yükleme hızı, yükleme tipi ve çatlamış kesit etkenleriyle önemli değişim göstermektedir.

Bağ tipi ankrajlar, göçme yüküne çok yakın değerlere kadar elastik davranırlar. Aynı ankraj malzemesi ile, aynı derinlikte aynı çapta donatı ile yapılan ankrajlarda, yük bu elastik limite ulaşıncaya kadar ankraj rijitlikleri de eşit olmaktadır. Göçme sonrası davranış; yapışma dayanımını yitirmiş ankraj eleman ile beton arasında mekanik aderans ile sağlanması dolayısıyla güvenilmezdir, [7].

Ankrajlar için; ortam koşulları ve yükleme durumları etkisinde göçme yükleri, genel olarak ankraj malzemesinin mekanik ve kimyasal özelliklerinden etkilenirler. Delik yüzeyinin durumu ankraj dayanımına ciddi etkiler yapabilmektedir. İyi temizlenmemiş ya da nemli yüzeylerde yapılan ankrajlarda, malzemeye bağlı olarak, yapışma dayanımında çeşitli büyüklüklerde azaltma katsayıları uygun görülmüştür. Konz, 12 firmaya ait, 20 yapı kimyasalı ile 765 referans yapışma dayanımı deneyi gerçekleştirmiş; deneylerinde yüzey temizliği, ortam nemi ve suya doygunluk gibi yüzey koşullarını incelemiştir. Üzerinde çalışılan 20 malzemenin 15 tanesi temizlenmemiş yüzeylerde temiz yüzeyler kadar yapışma dayanımı sergileyemezken, 1 kimyasala ait deneylerde temizlenmemiş yüzeylere ilişkin yapışma dayanımı temiz yüzeyden %46 daha büyük çıkmıştır. Temizlenmemiş yüzeyde en düşük performansı gösteren yapı kimyasalı için; temizlenmemiş yüzeydeki düzgün yayılı yapışma dayanımının temiz yüzeydeki düzgün yapışma dayanımına oranı 0.19 olmuştur, [13].

Kimi malzemeler ortamdaki toz durumundan veya yüzeydeki nemden bağımsız olarak delik yüzeyine nüfus edebilmesine karşın, kimi malzemeler bu özellikleri gösterememektedir, [2,5].

Uygun yüzey hazırlığı ve normal şartlar altında yapılan deneyler kullanılarak, ankraj tasarımında kullanılmak üzere kimi modeller geliştirilmiştir.

Beton konisinin göçme yükünü esas alan “Beton Konisi Modeli” yukarıda incelenmiştir. Farklı kimyasal yapıştırıcılar ve hatta farklı ankraj tipleri (mekanik dübeller, başlıklı ankrajlar) için; betonda çekme çatlaklarının oluştuğu yüzey alanını

ankraj derinliği ile ifade eden ve bu yüzey alanı betonun çekme dayanımını ilişkilendiren benzer yaklaşımlar getirilmiştir.

Bağ modelleri, ankrajın delik yüzeyi boyunca yapışma dayanımlarını esas alarak oluşturulmuş modellerdir. Yapışma kuvvetlerinin delik cidarı boyunca düzgün yayılı olduğu varsayılan “Düzgün Yayılı (Uniform) Bağ Modeli” denklem 2.8’de verilmiştir. Burada τ_{yap} , deneysel olarak tespit edilmiş ortalama yapışma dayanımı temsil etmekte olup; boyut ve uygulama detayları açısından deneysel çalışmalarla uyum içerisinde olacak tasarımlarda, güvenlik katsayısı ile azaltılarak kullanılmalıdır..

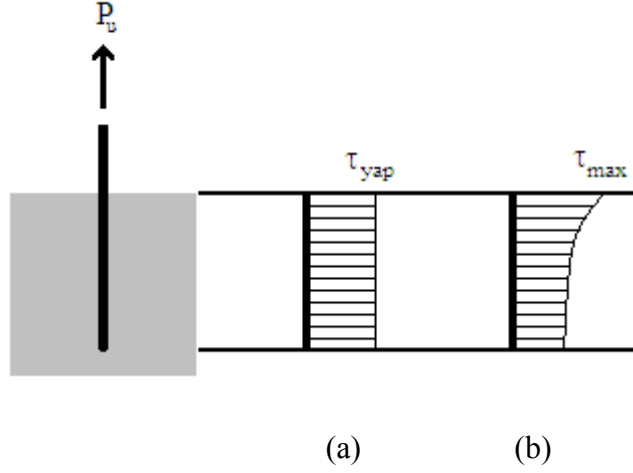
$$P_u = A_{ank} \tau_{yap} \quad (2.8)$$

Gerçekte, yapışma dayanımının derinlik boyunca dağılımı düzgün yayılı olmadığı gibi artan derinliklerde de eşdeğer yapışma dayanımı azalmaktadır. Bu kabul ile Doerr [10], kısmi bağlı ankrajlarla, virtüel iş teoremini kullanarak geliştirdiği ve kendi deney sonuçları ile karşılaştırdığı “Elastik Bağ Modeli” ile kısmi bağlı ankrajlarda ve konik beton kopmasının etkisinin görece azaldığı derin ankrajlarda göçme yükünü hesaplamıştır. Denklem 2.8’de Elastik Bağ Modeline ilişkin göçme yükü verilmektedir.

$$P_u = \left(\frac{\pi \tau_{max} r_0^{1.5}}{\lambda'} \right) \tanh \left(\frac{\lambda' h_{ef}}{\sqrt{r_0}} \right) \quad (2.9)$$

Burada h_{ef} , kısmi bağlı ankrajın bağlı derinliğini ifade etmektedir. Ankraj derinliği boyunca yapışma dayanımının sabit olmadığı düşünülerek, ankraj yüzeyinde oluşan en büyük yapışma dayanımı τ_{max} olarak ifade edilmektedir. Şekil 2.7, Düzgün Yayılı (Uniform) Bağ Modeli ve Elastik Bağ Modeli için yapışma dayanımının derinlikle değişimini göstermektedir. Doerr; Elastik Bağ Modeli için öngörülen yapışma dayanımının derinlikle değişiminin ankraj derinliği azaldıkça doğrusal bir eğilime yakınsayacağı göz önünde bulundurarak, τ_{max} değerini; 50.8 mm (2 inch) derinlikteki ankrajlardan elde edilen düzgün yayılı yapışma dayanımına eşit kabul etmiştir. λ , deneysel verilerle elde edilen, kimyasal yapıştırıcının beton ile etkileşiminin kayma rijitliği ve ankraj donatısının aksenal rijitliğine bağlı elastik bir sabittir. $\sqrt{r}$ ile genişletilerek sadece kullanılan kimyasala bağlı özelliklere indirgenmiştir. λ' sabiti

denklem 2.10'daki gibi hesaplanabilmektedir. G , yapıştırıcının kayma modülünü; E , ankraj donatısının elastisite modülünü; t , ankraj deliğindeki yapıştırıcının et kalınlığını ifade etmektedir.



Şekil 2.7: Bağ Modelleri Uyarınca Yapışma Dayanımının Derinlikle Değişimi

(a) Düzgün Yayılı Bağ Modeli, (b) Elastik Bağ Modeli

λ' , ankrajın serbest derinliği, potansiyel koni yüksekliğinden daha büyük bir sabit değer seçilerek hazırlanan, değişik bağlı boyları olan kısmi bağlı ankrajlarda ardışık yaklaşımlarla elde edilir.

$$\lambda = \sqrt{\frac{G \pi r_0}{t E A_{ank}}} \quad (2.10)$$

$$\lambda' = \lambda \sqrt{r_0} = \sqrt{\frac{4G}{t E}}$$

Göçme yükünün koniyi oluşturan ve sıyrılmaya sebep olan yükler olmak üzere iki bileşende incelenmesi ile karma modeller oluşturulmuştur. Sadece koni oluşan göçme durumlarında göçme yükünü belirleyen 2.4 denklemi; koni ve sıyrılmanın birlikte gerçekleştiği durumlarda, göçme yükünün konik kopma bileşeninin bulunması için de kullanılır. Karma göçme tipi ile göçme mekanizması oluşan durumlarda, göçme yükü iki bileşenin toplanması ile elde edilir, (denklem 2.11). Karma göçme tipine ait göçme yükü, 2.12 denkleminde verilmiştir, [5,6].

$$P_u = P_{koni} + P_{sıyırılma} \quad (2.11)$$

$$P_u = (0.92 h_{koni}^2 \sqrt{f_c}) + \tau_{yap} \pi r (h_{ef} - h_{koni}) \quad (2.12)$$

olarak gösterilmiştir.

Ayrıca sıyırılma yükü bileşeninin “Elastik Bağ Modeli” ile de tanımlandığı karma model de mevcuttur. [6]

$$P_u = (0.92 h_{koni}^2 \sqrt{f_c}) + \tau_{max} (\pi r_0) [(\sqrt{r_0} / \lambda \tanh(\lambda(h_{ef} - h_{koni})))] \quad (2.13)$$

3. MALZEME ÖZELLİKLERİ

3.1 GİRİŞ

Bu çalışmada incelenen kısmi bağlı ankraj detayının, deprem güçlendirmelerinde sıkça karşılaşılan mevcut durumlar ile uygunluk gösterebilmesi için; düşük dayanımlı beton tercih edilmiştir. Ankraj donatıları, tamamen aynı özellikleri göstermesi açısından 12 metrelik firketeli donatılardan kesilerek hazırlanmış, $\phi 16$ nervürlü donatılardır. Ankrajların uygulamasında, piyasada sıkça kullanılan bir kimyasal yapıştırıcı (Concresive 1406, Epoksi Esaslı Tamir, Ankraj ve Montaj Harcı; YKS, BASF) tercih edilmiştir. Bu bölümde, deneylerde kullanılan malzemelere ilişkin, üretici firmalardan temin edilen ve malzeme deneyleri ile elde edilen bilgiler sunulmaktadır.

3.2 BETON

Beton plaklar LaFarge beton tarafından üretilip, taşıma bantlı transmikser yardımı ile, 04.08.2006 tarihinde, İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında hazırlanan, 25 cm, 30 cm ve 35 cm yüksekliğinde, 125x250 cm ebatlarında 7 adet kalıba tek dökümde yerleştirilmiştir. Hazırlanan beton kalıpları Şekil 3.1’de verilmiştir. Bantlı mikser kullanımının tavan ve kapı yüksekliğine bağlı laboratuvar şartlarında sağladığı avantaj şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.1: Beton Kalıpları



Şekil 3.2: Bantlı Mikser ile Beton Dökümü

Kullanılan betona ilişkin, üretici firmadan alınan; karışım özellikleri Tablo 3.1’de, beton karışımı tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.1: Beton Özellikleri

Beton Adı :	C 14 C0003
Çevresel Etki Sınıfı :	X0
Basınç dayanımı Sınıfı :	C 14 / 16
Çimento Sınıfı ve Tipi :	PÇ 42.5
Max. Tane Çapı :	22
Kıvam Sınıfı :	S 3
Su / Çimento :	0.9
Klor İçeriği Sınıfı :	CL 0.10

Tablo 3.2: Beton Karışımı

Mazlemeler	Çimento	Uçucu Kül	Kum	Kırmataş I	Kırmataş II	Su	Akışkanlaştırıcı
Miktar (kg/m ³)	155	647	437	477	581	140	1.22

Beton dökümü sırasında betona; Chryso plast 602 LB tipi beton akışkanlaştırıcı ilave edilmiştir. Beton kalıp içerisinde kürekler yardımı ile yayılarak (Şekil 3.3), vibratör vasıtası ile yerleşmesi ve sıkışması sağlanmıştır (Şekil 3.4). Beton dökümü sonrası masterlanan beton plakların görüntüsü şekil 3.5’te görülmektedir.



Şekil 3.3: Betonun Kalıplara Yerleştirilmesi



Şekil 3.4: Vibratör Uygulaması



Şekil 3.5: Beton Plakların Tamamlanması

Beton dökümü sırasında; kıvam kontrolü için yapılan çökme deneylerine ilişkin resimler şekil 3.6'da verilmektedir. Okunan ortalama çökme 7.25 cm'dir.

Beton dökülürken; değişik aşamalarda beton dayanımını tespit edebilmek için, yarma deneyleri ve standart silindir deneylerinde kullanılmak üzere, 20 adet standart (15x30 cmxcm) silindir numune alınmıştır. Beton plaklar ve silindir numuneler ıslak telis bezi ile örtülerek, bezler 8 gün boyunca nemli tutularak, uygun kür ortamı sağlanmıştır.



Şekil 3.6: Beton Çökme Deneyleri

Betona ilişkin malzeme deneyleri 28., 90. ve 180. günlerde; standart silindir deneylerinde üçer adet, yarma deneylerinde dörder adet olmak üzere; İTÜ, Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılmıştır.

Standart silindir basınç deneylerinde; silindir üzerinde, yerleştirildiği iki paralel kesit arasındaki yerdeğiştirmeleri ölçen TML CM-15 tipi ölçüm çerçevesi ve bu çerçeveye bağlı TML CDP-5 tipi 2 adet yerdeğiştirmeölçer, basınç tablalarının yerdeğiştirmesini ölçmek amacıyla TML CDP-25 tipi iki adet yerdeğiştirmeölçer kullanılmıştır. Standart silindir basınç deneylerine ait resimler şekil 3.7’de verilmiştir.

Yarma deneylerinde birer silindir numune, dört dilime kesilerek çapları doğrultusunda basınç etkisinde göçme yükü tespit edilerek, yarma etkisindeki çekme dayanımları bulunmuştur. Şekil 3.8’de bir yarma deneyine ait resim verilmektedir.

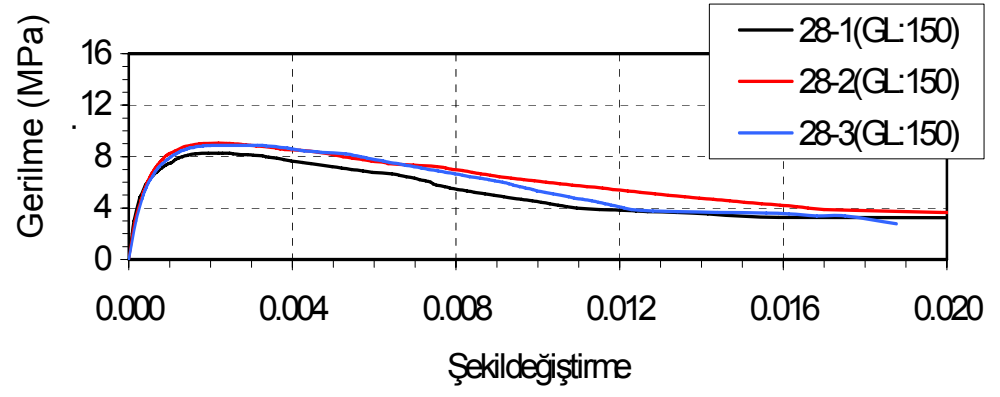


Şekil 3.7: Standart Silindir Basınç Deneyleri

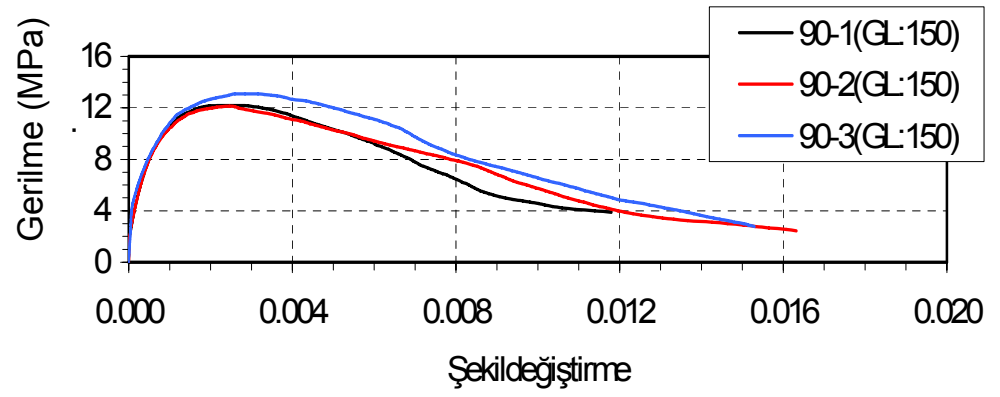


Şekil 3.8: Yarma Deneyleri

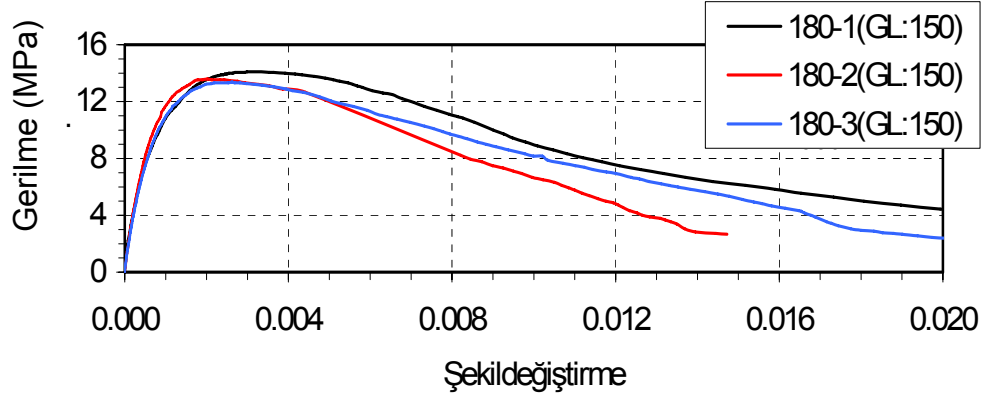
28. gün, 90. gün ve 180.günde gerçekleştirilen standart silindir deneylerine ait gerilme şekildeğiştirme ilişkileri Şekil 3.9'daki gibidir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.9: Standart Silindir Deneylerine Ait Gerilme Şekildeğiştirme İlişkileri, (a) 28. gün, (b) 90. gün, (c) 180. gün

Standart silindir deneylerinden elde edilen basınç dayanımları, elastisite modülleri ve bu büyüklüklere ilişkin ortalama değerler Tablo 3.3'te; yarma deneylerinden elde edilen çekme dayanımları Tablo 3.4'te gösterilmektedir. Betona ait çekme dayanımları (f_{ct}), yarma deneylerine ait göçme yüklerinden (P), 3.1 denklemi ile hesaplanmıştır. Denklemden A_{yanal} olarak belirtilen alan silindir numunenin yanal alanıdır.

$$f_{ct} = 2 P_u / A_{yanal} \quad (3.1)$$

Tablo 3.3: Standart Beton Silindir Basınç Dayanımları

Standart Silindir Deneyi	Beton Yaşı	Basınç Dayanımı	Ort. Basınç Dayanımı	Elastisite Modülü	Ort. Elastisite Modülü
Numunesi	(Gün)	f _c (MPa)	f _{c,ort} (MPa)	Ec (MPa)	Ec,ort (MPa)
28-1	28	8.4	8.9	12921	12522
28-2	28	9.2		13138	
28-3	28	9.1		11507	
90-1	90	12.4	12.7	15006	14903
90-2	90	12.4		14573	
90-3	90	13.4		15130	
180-1	180	14.4	14.0	14004	15360
180-2	180	13.9		16140	
180-3	180	13.6		15935	

Tablo 3.4: Yarma Deneylerinden Elde Edilen Beton Çekme Dayanımları

Yarma Deneyi Numunesi	Beton Yaşı (gün)	Yarma Deneyi Yüğü (kN)	Çekme Dayanımı (f_{ct}) (MPa)	
28.1	28	16.8	1.19	1.27
28.2	28	16.6	1.17	
28.3	28	20.8	1.42	
28.4	28	18.2	1.31	
90.1	90	26.0	1.84	1.76
90.2	90	25.0	1.70	
90.3	90	23.0	1.63	
90.4	90	26.0	1.87	
180.1	180	28.0	1.90	1.86
180.2	180	23.0	1.63	
180.3	180	28.0	1.98	
180.4	180	27.0	1.94	

3.3 ANKRAJ DONATILARI

Çalışma; aynı tip mekanik (S420 inşaat çeliği) ve fiziksel (nervür detayı) özelliklere sahip olmak üzere aynı kangal inşaat çeliğinden; ankraj deneylerinde kullanılacak boy olan 100 cm uzunlukta kesilerek hazırlanmış, $\phi 16$ donatılarla gerçekleştirilmiştir.

Ankraj donatılarına ilişkin malzeme deneyleri İTÜ, Yapı Malzemeleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler için 3 adet donatı 80 cm'ye kesildikten sonra, birer cm aralıkla elmas uçla işaretlenmiştir. Deneyden önce donatı numunelerinin ağırlıkları ölçülerek, nervürlü donatılara ait gerçek çap hesaplanmıştır.

Mekanik şekil değiştirmeölçer ile statik yükleme altında karşılıklı okumalar alınarak çekme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Donatı çekme deneyi düzeneğine ait resimler Şekil 3.10'da görülmektedir.

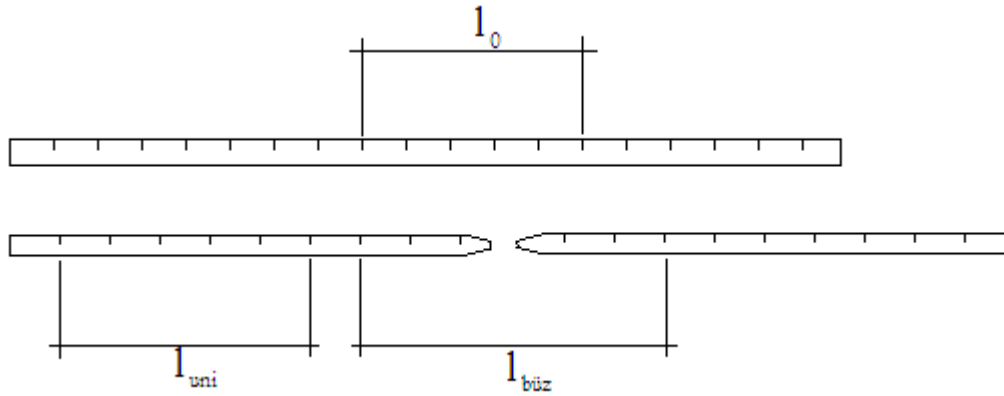


Şekil 3.10: Donatı Çekme Deneyi Düzeneyinin Hazırlanması

Çekme deneyleri sonrası numunelerin üzerinden büzülme bölgesinde son boy $l_{büz}$, ve düzgün (uniform) plastik uzama bölgesinde son boy l_{uni} değeri okunmuştur, (Şekil 3.11). Deney öncesi donatılar çizilen çentikler yardımı ile bu son boy değerlerinden şekil değiştirme değerlerine geçilmiştir. Düzgün (uniform) plastik şekil değiştirmeler 3.2 denklemindeki gibi hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{pl,uni} = l_{uni,pl} / l_0$$

(3.2)



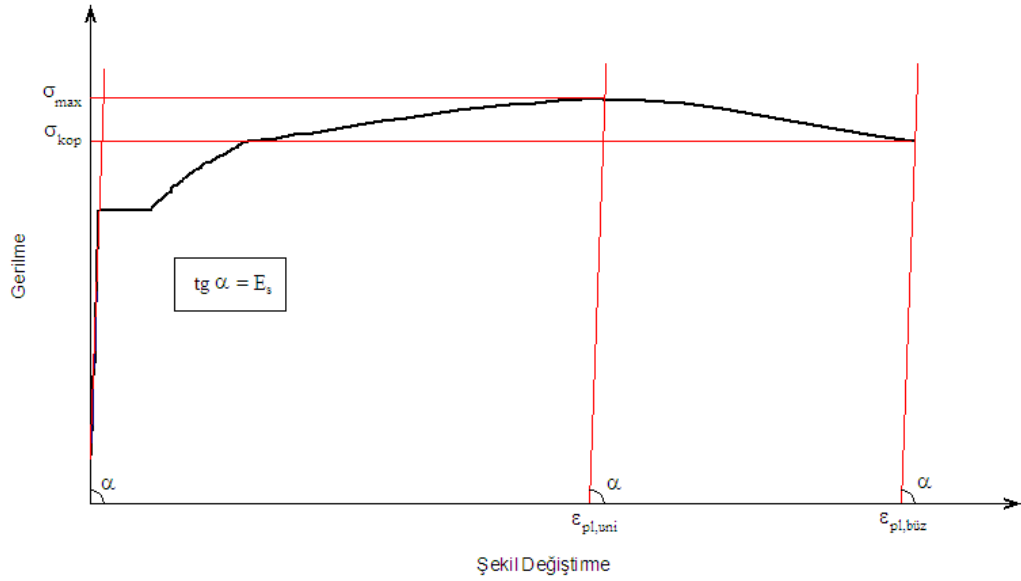
Şekil 3.11: Donatı Çekme Deneyi Numunelerinde Plastik Uzamaların Ölçülmesi

Aynı şekilde, büzülme bölgesinde oluşan kalıcı plastik şekil değiştirmeler, 3.3 denkleminde ile elde edilmiştir.

$$\epsilon_{pl,büz} = l_{büz,pl} / l_0$$

(3.3)

Hesaplanan bu plastik şekil değiştirmeler yardımı ile, numunelerin azami gerilme ve kopma gerilmesi altındaki şekildeğiştirmeleri, Şekil 3.12’deki gösterilmektedir.



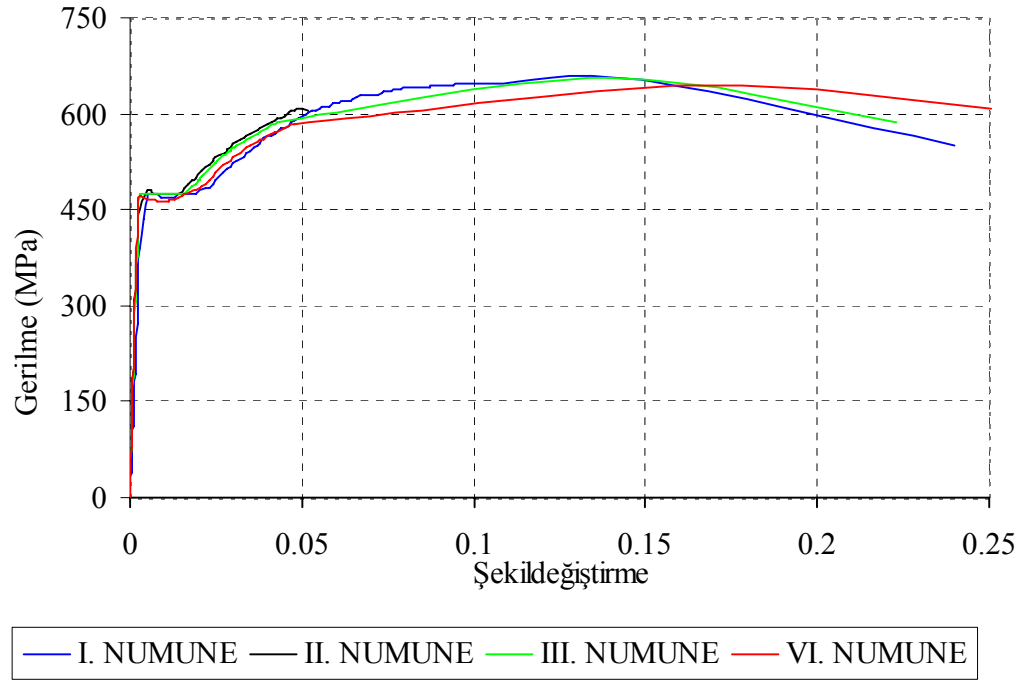
Şekil 3.12: Donatı Azami Şekildeğiştirmeleri ve Kopma Şekildeğiştirmelerinin Hesabının Gösterimi

Donatı çekme deneyi sırasında azami gerilmeye ($\sigma_{\max}$) karşılık gelen şekildeğiştirme ($\epsilon_{\max}$) 3.4 denklemi ile; kopma gerilmesine (ϵ_{kop}) karşılık gelen şekildeğiştirme (ϵ_{kop}) 3.5 denklemi ile hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{\max} = \epsilon_{\text{pl,uni}} + \sigma_{\max} / E_s \quad (3.4)$$

$$\epsilon_{\text{kop}} = \epsilon_{\text{pl,büz}} + \sigma_{\text{kop}} / E_s \quad (3.5)$$

Deney sırasında okunan yüklerin gerçek çap ile elde edilen kesit alana bölünmesiyle elde edilen gerilmeler ile, donatılara ait şekildeğiştirme eğrileri çizilmiştir. Azami gerilmeler ve kopma gerilemeleri için elde edilen şekildeğiştirme değerleri ile donatı çekme deneyi numunelerine ait gerilme – şekildeğiştirme grafikleri tamamlanmıştır, (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Donatı Numunelerine Ait Gerilme – Şekildeğiştirme Grafikleri

Donatı çekme deneyleri ile elde edilen sonuçlar Tablo 3.5’te verilmiştir.

Tablo 3.5: Donatı Çekme Deneyleri Test Sonuçları

Çelik Donatı Numunesi	Gerçek Çap (mm)	Akma Yükü F_{sy} (kN)	Azami Yük F_{su} (kN)	Azami Gerilmeye Karşılık Gelen Şekildeğiştirme ϵ_{max}	Kopma Yükü $F_{s,kop}$ (kN)	Kopma Şekildeğiştirmesi ϵ_{kop}	Akma Dayanımı σ_{sy} (MPa)	Azami Gerilme σ_{max} (MPa)	Kopma Dayanımı σ_{kop} (MPa)	Elastisite Modülü E_s (MPa)	Akma Şekildeğiştirmesi ϵ_s	Pekleşme Şekildeğiştirmesi ϵ_{sh}
Numune I	15.99	97.00	130.96	0.149	110.85	0.240	482.80	651.85	551.76	200296	0.004	0.019
Numune II	16.05	96.14	132.44	0.139	118.70	0.223	475.39	654.88	586.97	194136	0.003	0.016
Numune III	16.04	94.18	129.98	0.166	122.63	0.250	466.04	643.23	606.82	203409	0.003	0.013
Ortalama	16.03	95.77	131.13	0.151	117.39	0.238	474.75	649.99	581.85	199280	0.003	0.016

3.4 KİMYASAL YAPIŞTIRICI

Ankrajlar, BASF Yapı – YKS grubunun, güçlendirme uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir ürün olan, Concrese 1406 isimli, epoksi bazlı kimyasal yapıştırıcı ile üretilmiştir. Bu malzemeye ilişkin, üretici firmadan temin edilen teknik özellikler Tablo 3.6’da verilmiştir.

Değişik zamanlarda hazırlanan epoksi karışımlarının ankraj dayanımına etkisini gözleyebilmek için, ankraj ekimleri ile birlikte karışımdan; 4x4x16 cm boyutlarında prizma numuneler alınmış; numunelerin İTÜ, Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılan uygun deneylerle; eğilme etkisi altında çekme dayanımları ve basınç dayanımları tespit edilmiştir.

Kullanılan epoksi bazlı yapı kimyasalı ve malzeme deneylerinde kullanılan numune kalıpları Şekil 3.14’te verilmiştir.



Şekil 3.14: Kullanılan Epoksi Bazlı Yapı Kimyasalı ve Numune Kalıpları

Epoksi esaslı yapıştırıcının; çekme dayanımının belirlenmesine ilişkin eğilme deneyi düzeneği Şekil 3.15’te, basınç dayanım deneyi düzeneği Şekil 3.16’da görülmektedir.



Şekil 3.15: Epoksi Esaslı Yapıştırıcının Çekme Dayanımının Belirlenmesine İlişkin Eğilme Deneyi Düzeneği



Şekil 3.16: Epoksi Esaslı Yapıştırıcının Basınç Dayanım Deneyi Düzeneği

Tablo 3.6: Concresive 1406 Malzemesine Teknik Özellikleri

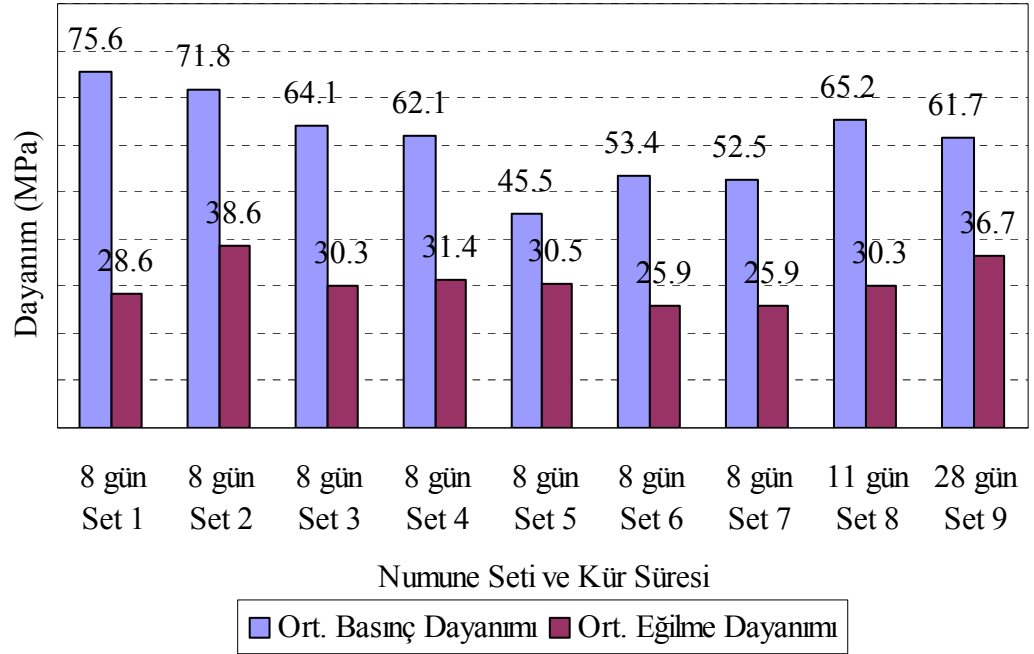
Malzeme Yapısı	
CONCRESIVE® 1406 Bileşen A	Epoksi Reçine
CONCRESIVE® 1406 Bileşen B	Epoksi Sertleştirici
Karışım oranı (Ağırlıkça)	Bileşen A : %75 Bileşen B : %25
Karışım oranı (Hacimce)	Bileşen A : %74 Bileşen B : %26
Karışım Yoğunluğu	1,70 ± 0,05 kg/l
Basınç Dayanımı (20°C)	30 N/mm ² (1 gün) 75 N/mm ² (7 gün)
Eğilme Dayanımı (20°C)	17 N/mm ² (1 gün) 25 N/mm ² (7 gün)
Yapışma Dayanımı (Betona)	3,0 N/mm ² (7 gün)
Yapışma Dayanımı (Çeliğe)	3,5 N/mm ² (7 gün)
Uygulama Kalınlığı	Min. 2 mm Maks. 30 mm
Uygulamada Zemin ve Ortam Sıcaklığı	+5°C - +30°C
Tava Ömrü	20°C'de 50 dakika
Tam kürlenme	20°C'de 7 gün
Yeniden kaplanabilme zamanı	18-24 saat
Servise Açılma Süresi	Yaya ve hafif araç trafiğine 24 saat; Ağır yükleme için 7 gün
Servis Sıcaklığı	-15°C - +90°C

Değişik zamanlarda alınan malzeme numuneleri ile, farklı kür sürelerinde yapılan deneylerde, elde edilen malzeme dayanımları Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7: Prizma Numuneleri Deney Sonuçları

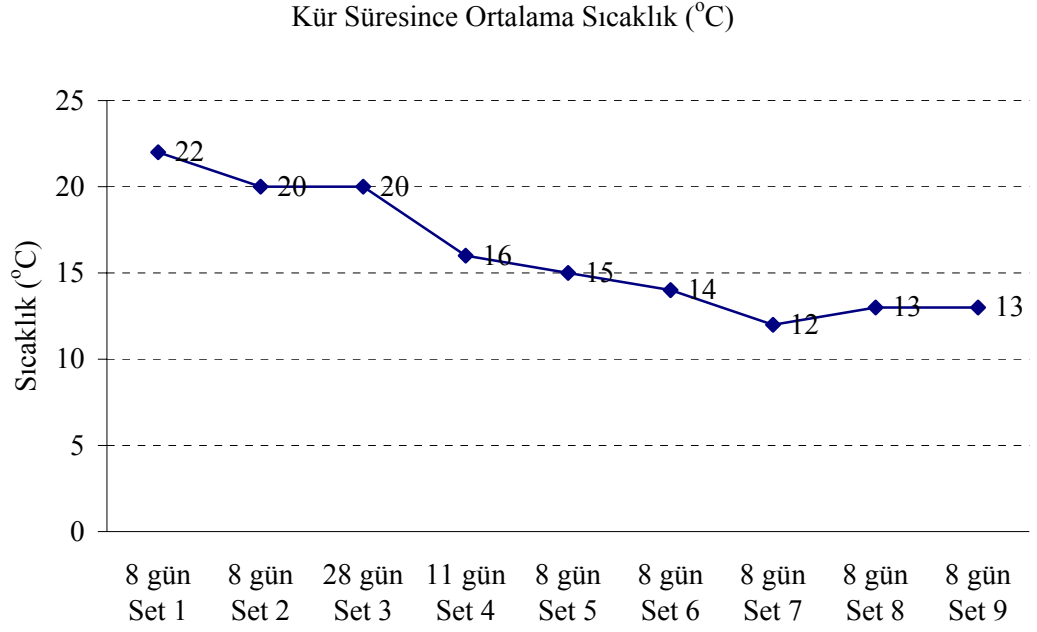
Numune Seti	Kür Süresi (gün)	Numune No	Basınç Dayanımı (MPa)	Ort. Basınç Dayanımı (MPa)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme Dayanımı (MPa)
1	8	1	75.9	75.6	30.5	28.6
	8	2	79.1		26.5	
	8	3	71.9		28.8	
2	8	1	71.6	71.8	33.8	38.6
	8	2	72.8		42.2	
	8	3	70.9		39.8	
3	8	1	63.8	64.1	29.8	30.3
	8	2	64.4		30.8	
4	8	1	62.2	62.1	33.4	31.4
	8	2	62.5		29.9	
	8	3	61.6		31.1	
5	8	1	45.6	45.5	31.4	30.5
	8	2	45.3		28.9	
	8	3	45.6		31.1	
6	8	1	51.9	53.4	25.7	25.9
	8	2	54.4		28.6	
	8	3	54.1		23.3	
7	8	1	51.1	52.5	27.0	25.9
	8	2	54.0		24.1	
	8	3	52.4		26.7	
8	11	1	63.8	65.2	29.5	30.3
	11	2	58.8		27.6	
	11	3	73.1		33.8	
9	28	1	62.2	61.7	38.4	36.7
	28	2	62.1		36.1	
	28	3	60.9		35.5	

Şekil 3.17, üçer numune üzerinden yapılan, farklı deney setleri için epoksi numunelerin eğilme ve basınç dayanımları dağılımını göstermektedir. Yalnızca üçüncü set eğilme ve basınç deneyleri, iki numune üzerinden gerçekleştirilmiştir.

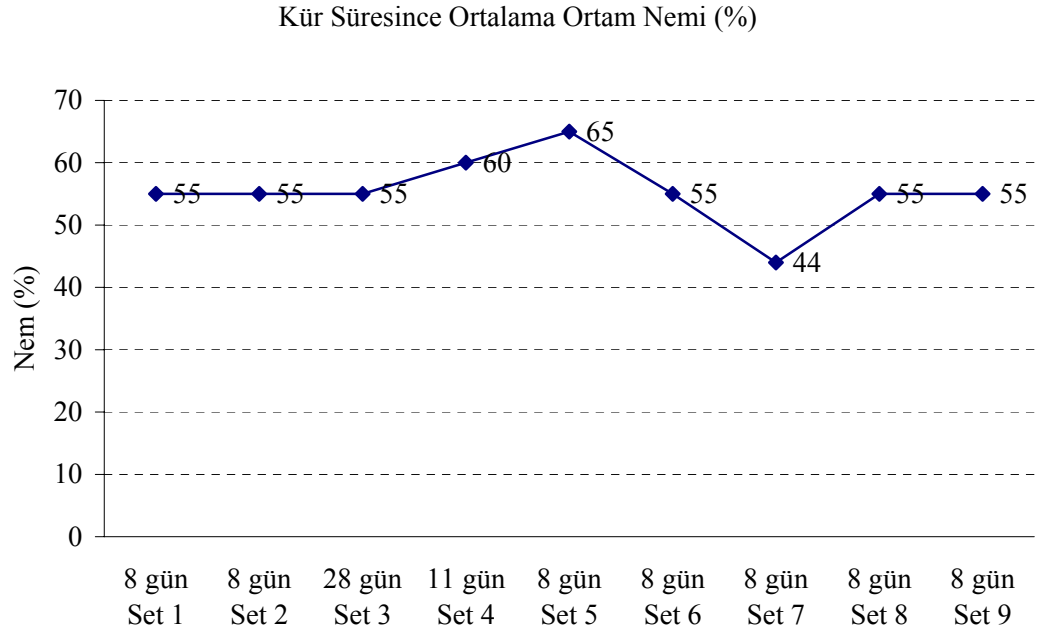


Şekil 3.17: Epoksi Numune Gruplarının Ortalama Dayanımları

Alınan epoksi numunelerinin kürü boyunca ortalama ortam sıcaklığı Şekil 3.18’de, ortalama ortam nemi Şekil 3.19’da verilmektedir.



Şekil 3.18: Epoksi Numunelerin Kürü Boyunca Ortalama Ortam Sıcaklığı



Şekil 3.19: Epoksi Numunelerin Kürü Boyunca Ortalama Ortam Nemi

4. ANKRAJLARIN HAZIRLANMASI

4.1 GİRİŞ

Çalışma kapsamında; deprem güçlendirmelerinde karşılaşılan uygulma boyları esas alınarak; Referans yapışma dayanımı numuneleri, tam bağlı ankrajlar ve kısmi bağlı ankrajlar olmak üzere üç grup eksenel çekme deneyi yapılmıştır. Bütün ankraj donatıları $\phi 16$ nervürlü donatı olup, aynı mekanik ve kimyasal özelliklere sahiptir. Tek tip yapı kimyasalı kullanılmış, deneylere konu olan beton plaklar, aynı beton karışımdan tek dökümde üretilmiştir.

Referans yapışma dayanımı numuneleri; yerdeğiştirme okumalarına imkan tanımak için ankraj donatısından 3cm mesafeye yerleştirilmiş mesnetlerle gerçekleştirilmiştir. Mesnetler, beton kesitte mesnet açıklığına bağlı oluşacak eğilme momentleri sonucu oluşan çekme çatlaklarından korunmak için yakın yerleştirilmiştir. Bu deney grubunun gerçekleştirilmesindeki amaç, malzemelerin kolay ve ekonomik gerçekleştirilebilir bir deney serisi ile incelenebilmesine imkan hazırlamaktır. Referans yapışma deneylerinin tamamı kısmi bağlı ankraj detayı ile gerçekleştirilmiştir. 6ϕ serbest derinlik bütün numunelerde sabit olmak üzere 4ϕ , 6ϕ , 8ϕ ve 10ϕ derinliklerde temiz yüzeylerde; 4ϕ ve 8ϕ derinliklerde, tozu atılmış ve temizlenmemiş yüzeyler olmak üzere iki farklı yüzey temizliği koşullarına göre deneyler gerçekleştirilmiştir.

Tam bağlı ankrajlara ait deney grubunda, halihazırda deprem güçlendirilmelerinde uygulanan, ankraj donatısının ankraj deliği boyunca yapıştırıldığı ankraj detayı incelenmiştir. Tüm deneyler ankraj donatısına iki taraftan, toplam yapışma uzunluğu olarak nitelendirilebilecek etkili derinlik (h_{ef}) kadar temiz açıklıkta mesnetlenmiş deney düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Bu grup deneylerin amacı, önerilen kısmi bağlı ankraj detayı ile aynı beton, donatı ve malzeme özellikleri ile üretilmiş bir seri oluşturarak karşılaştırma yapılmasına imkan tanımaktır. Bu seride 6ϕ , 8ϕ , 10ϕ ve 12ϕ derinlikte ankrajlar temiz yüzeylerde üretilmiştir.

Ankraj donatısının ankraj deliğinde tüm boyu ile ankre edilmeden üretilen kısmi bağlı ankraj detayı, son deney grubunu oluşturmaktadır. Kısmi bağlı ankraj detayı ile; beton plak yüzeyinden belirli bir derinliğe (serbest derinlik) kadar yapıştırılmadan bırakılan serbest yüzey ile beton kesitte meydana gelecek çekme çatlaklarının etkilerinin azaltılması

hedeflenmiştir. 6φ serbest derinlik bütün numunelerde sabit olmak üzere 4φ, 6φ, 8φ ve 10φ derinliklerde temiz yüzeylerde; 4φ ve 8φ derinliklerde, tozu atılmış ve temizlenmemiş yüzeyler olmak üzere iki farklı yüzey temizliği koşullarına göre deneyler gerçekleştirilmiştir.

Onarım ve güçlendirme uygulamalarında karşılaşılan düşük dayanımlı betonlar gözönünde bulundurulduğunda; betonun çekme dayanımının aşılmasına bağlı göçme mekanizmalarının, ankrajların dayanımını sınırlandırdığı açıktır. Prefabrik altyapı elemanlarının saha montajları ve elastik bağ modelinde kullanılan yapı kimyasalına ilişkin malzeme karakteristiklerini hesaplamak için kullanılan kısmi bağlı ankraj detayı, yüksek göçme yükü kapasitesi ve sünek tasarım olanağı sunması dolayısıyla bu çalışmada onarım ve güçlendirme uygulamalarında kullanılmak üzere bir ankraj detayı olarak teklif edilmektedir.

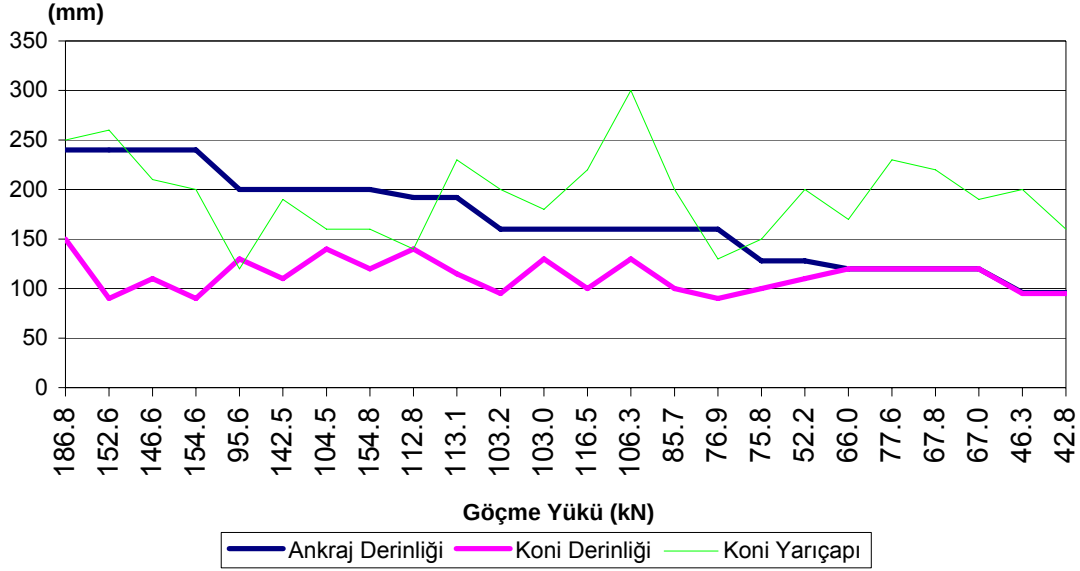
4.2 DENEY PARAMETRELERİNİN TAYİNİ

Ankraj davranışına ve yük kapasitesine etki eden faktörlerin; kullanılan betonun ve ankraj donatısının mekanik ve geometrik özellikleri, ankraj malzemesinin mekanik ve kimyasal özellikleri, ankraj yerleşimleri ve geometrisi, sıcaklık ve nem etkileri, yükleme hızı ve yükleme tipi olduğu bilinmektedir. Çalışma kapsamında ülkemizdeki deprem güçlendirmesi uygulamalarına emsal teşkil edecek geometrik ve mekanik özellikler seçilmiş, karşılaşılabilecek yüzey temizliğine ve yüzey nemine ilişkin çevresel şartlar yüzey hazırlıkları ile sağlanmıştır. Çalışmanın kapsamı çekme etkisi altındaki tekil ankrajların davranışı ile sınırlandırılmış, çekme etkisi altında davranış, malzemelerin referans yapışma dayanımlarına ve ankraj davranışına ilişkin olmak üzere iki tip deney ile incelenmiştir.

Dünya çapında yapılmış çalışmalar ve uygulama detayları incelenerek; çekme etkisi altında beton yüzeyinde oluşacak çekme gerilmelerinin etkisini azaltmak amacıyla kısmi bağlı ankrajlar tasarlanmıştır. Bu çalışmada; beton dayanımını esas alan mevcut modeller ve İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı bünyesinde aynı yapı kimyasalı ile düşük dayanımda gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan [2] elde edilen birikim ile, potansiyel koninin sınır değerinin 9 ila 12 cm arasında olacağı varsayımı yapılmış, konik göçme ve sıyrılma durumlarının her ikisinin de gözlenebileceği sınır değeri teşkil etmesi açısından, serbest boy 6φ, (φ16 donatı için, 96 mm) seçilmiştir.

Şekil 4.1’de, Seyhan’ın [2] çalışmasında, bu çalışmada kullanılan yapı kimyasalına ait koni geometrileri üzerine yapılmış inceleme sunulmaktadır. Göçme yüklerinin de şekilde gösterilebilmesi adına, ankraj derinliği de bir geometri özelliği olarak tablo içine alınmış,

göçme yükleri yatay eksenle belirtilmiştir. Görüldüğü üzere koni yarıçapına ilişkin bir yaklaşım getirmek mevcut deney verileri ile mümkün olmamaktadır; ancak koni yüksekliğinin, ankraj derinliğinden bağımsız olarak bir üst sınıra yakınsadığı görülmektedir.



Şekil 4.1: Seyhan'ın [2] Çalışmasına Ait Koni Geometrilerinin İncelenmesi

Ardışık adımlarla aşamalı olarak devam eden deneyler, kısmi bağlı ankraj detayında, mevcut çaptaki donatı için 10 ϕ 'den daha derin ankrajların çeliğin kopması ile sonuçlanacağını göstermiştir. Ankraj davranışına ait bilgiler sağlayamayacak bu derin ankrajlar deney programından çıkartılarak, 4 ϕ , 6 ϕ ve 8 ϕ bağlı derinliği bulunan kısmi bağlı ankrajlar ile detay sınırlandırılmıştır.

Kısmi bağlı tasarım detayına ait deneysel verilerin tam bağlı ankrajlarla karşılaştırılabilmesi için, deney setine ve 6 ϕ , 8 ϕ , 10 ϕ ve 12 ϕ derinliklerle tam bağlı ankrajlar eklenmiştir.

Ankraj geometrisi, kısmi bağlı ve tam bağlı gerçekleştirilen tüm deneylerde sadece derinliğe bağlı olarak incelenmiştir. Bütün ankrajlar aynı fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklere sahip ϕ 16 nervürlü donatılar ile gerçekleştirilmiştir. Ankraj kesit alanının sabit tutulması ile yapışma dayanımının doğrudan derinlikle değişimi incelenmiş, deney grupları arasında karşılıklı değerlendirmelerin yapılmasına imkan sağlanmıştır.

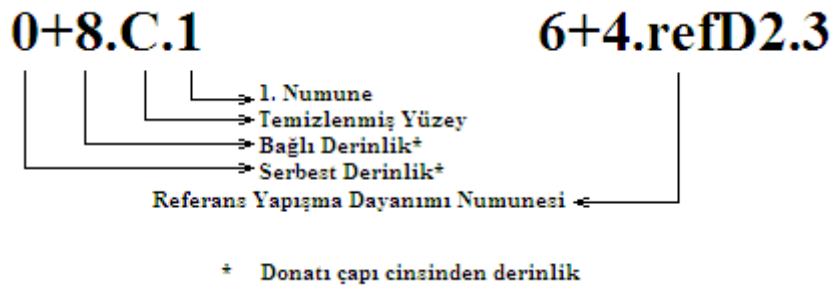
Kısmi bağlı ankraj tasarımının davranışının iyi kavranabilmesi için, tek tip ankraj malzemesi ile çalışmak tercih edilmiş, uygulamalarda sıkça kullanılan bir ürün seçilmiştir.

Ankraj deliğinin çapı, üretici firmanın uygulama tavsiyesi doğrultusunda $\phi+6\text{mm}$ olarak seçilmiş, bütün ankraj donatıları 22 mm çaplı deliklere ankre edilmiştir.

Deneyler; temiz yüzeyler, tozu atılmış yüzeyler ve temizlenmemiş yüzeyler olmak üzere; üç ayrı yüzey koşulu altında yapılmış, bağlı derinlikleri 4ϕ ve 8ϕ olan kısmi bağlı ankrajların, referans dayanımına ilişkin ve gerçek davranışına ait setlerinde bütün yüzey koşulları altında deneyler tamamlanmıştır.

Seçilen bu parametrelerin kombinasyonları ile oluşturulan numune dağılım listesi, her parametre kombinasyonu en az üç adet numune ile denenerek, sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak isabetli ve güvenilir sonuçlar elde etmek hedeflenmiştir.

Eşit donatı ve delik çapına sahip, aynı beton içerisine ankre edilmiş numuneler; deney düzeneği, serbest ve bağlı derinlikleri, yüzey işlemleri, aynı parametrelerin kaçınıcı numunesi olduklarına göre basitçe isimlendirilmiştir. Şekil 4.2’de numunelerin isimlendirilmesinde izlenen yöntem gösterilmektedir.



Şekil 4.2: Numunelerin İsimlendirilmesi

Tablo 4.1 seçilen deney parametreleri için yapılan deneyleri ve aynı parametreler altında incelenen numune sayısını göstermektedir.

Buna göre;

0+8.C.1 : 0ϕ serbest, 8ϕ bağlı derinliğe sahip (tam bağlı numune), C tipi yüzey işlemi görmüş (temiz yüzey) (Tablo 4.1; 8. satır, 1.sütun) numunelerin birincisidir. Aynı şekilde;

6+4.refD2.3 : 6ϕ serbest, 4ϕ bağlı derinliğe sahip (kısmi bağlı numune), D2 tipi yüzey işlemi görmüş (temizlenmemiş yüzey) numunelerin üçüncüsüdür. Belirtilen “ref” numunenin, sadece yapışma dayanımının incelendiği, referans yapışma dayanımı numunesi olduğunu göstermektedir, (Tablo 4.1; 1. satır, 3. sütun).

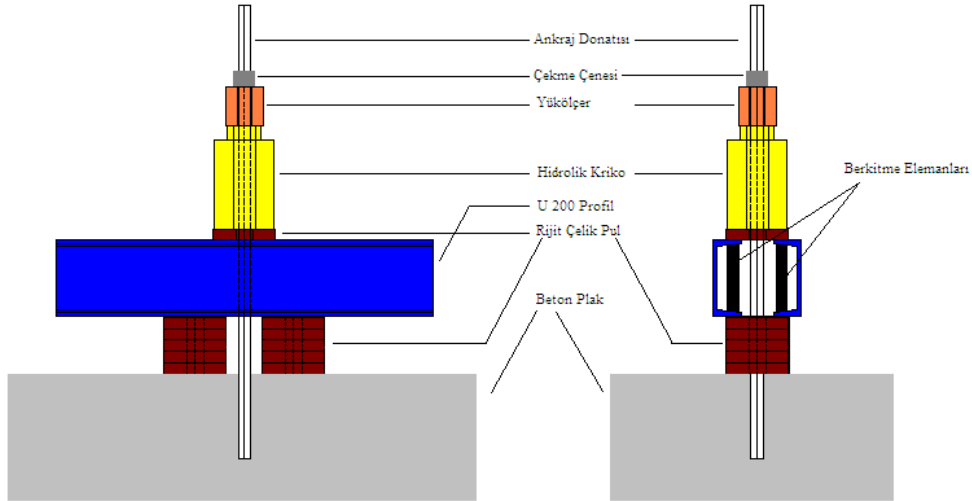
Tablo 4.1: Yapılan Deneyler

<i>Yüzey Hazırlığı</i>		<i>Temiz</i>	<i>Tozu Atılmış</i>	<i>Temizlenmemiş</i>
<i>Gösterim</i>		C	D1	D2
Referans Dayanım Numuneleri	6+4.ref	3	3	3
	6+6.ref	4	-	-
	6+8.ref	3	3	3
	6+10.ref	3	-	-
Kısmi Bağlı Numuneler	6+4	4	3	3
	6+6	4	-	-
	6+8	5	3	3
	6+10	3	-	-
Tam Bağlı Numuneler	0+6	3	-	-
	0+8	3	-	-
	0+10	3	-	-
	0+12	3	-	-

4.3 DENEY TAKIMLARININ TASARIMI

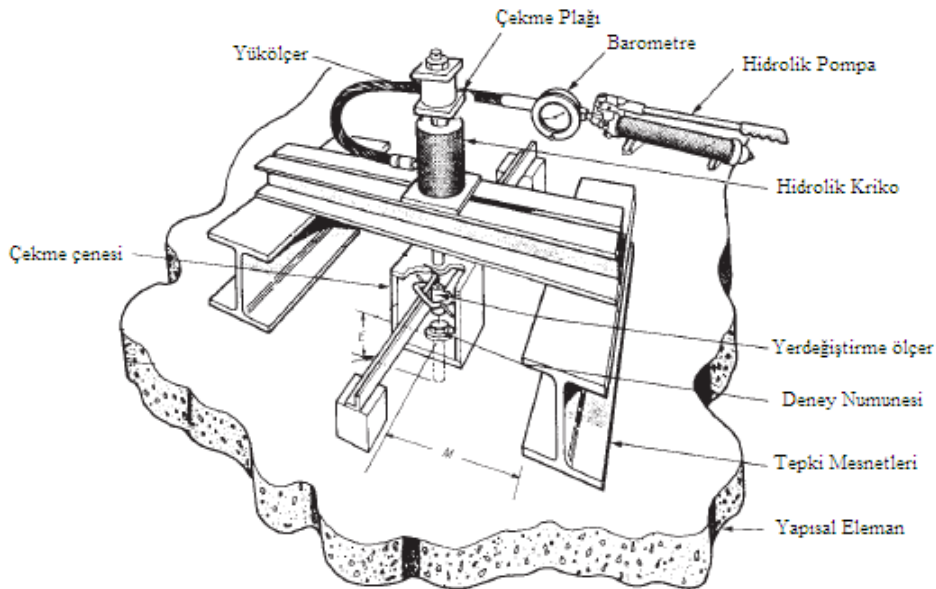
Referans dayanımına ilişkin deneyler ile (tam bağlı ve kısmi bağlı) ankraj davranışına ait deneyler iki ayrı deney düzeneğinin oluşturulmasını gerektirmiştir.

Referans yapışma dayanımına ilişkin deneyler, yerdeğiştirme ölçümüne imkan tanımak için, donatı yüzeyinden 3 cm temiz açıklıkla mesnetlenmiş prizma ayaklar ve üzerilerine yerleştirilen rijit çelik profillerle teşkil edilmiştir. Çelik profillere, yerel buruşmayla karşılaşılması için yükün etkidiği noktalarda $\phi 24$ inşaat donatısından berkitme elemanlar kaynaklanmıştır. Referans yapışma dayanımı deneylerine ait deney düzeneği Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3: Referans Yapışma Dayanımına İlişkin Deneylerin Düzenegi

Ankraj davranışına ait deneyler ASTM [14] standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. ASTM [14] uyarınca, göçme yükünü %1 hata payı ile tespit edebilecek ölçüm cihazları kullanılmış, her numuneden en az 120 veri alınmış, deney düzeneğini oluşturan elemanların akma dayanımlarına ulaşmayacakları kesitler seçilmiş, mesnetler ankraj çevresinde betonun kırılmasına imkan vermeyecek şekilde boyutlandırılmıştır. Mesnet açıklığı etkili derinliğin iki katı kadar temiz açıklık seçilmiştir. Mesnet kirişlerin üstüne, kirişlere dik yönde berkitme elemanlarıyla hazırlanmış çelik profiller oturtulmuştur. ASTM standartlarında belirtilen deney düzeneği Şekil 4.4'te verilmiştir, [14].



Şekil 4.4: ASTM Standardında Verilen Eksenel Çekme Deneyi Düzenegi [14]

Şekil 4.5'te ankraj davranışına ait deneylerin düzeneği ve deney düzeneğini oluşturan profiller verilmiştir.

Yükleme, İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarına ait ortası delik krika ve krikoya bağlı elektrikli hidrolik pompa ile kontrollü olarak verilmiş, ani yüklemelerden kaçınılmıştır.

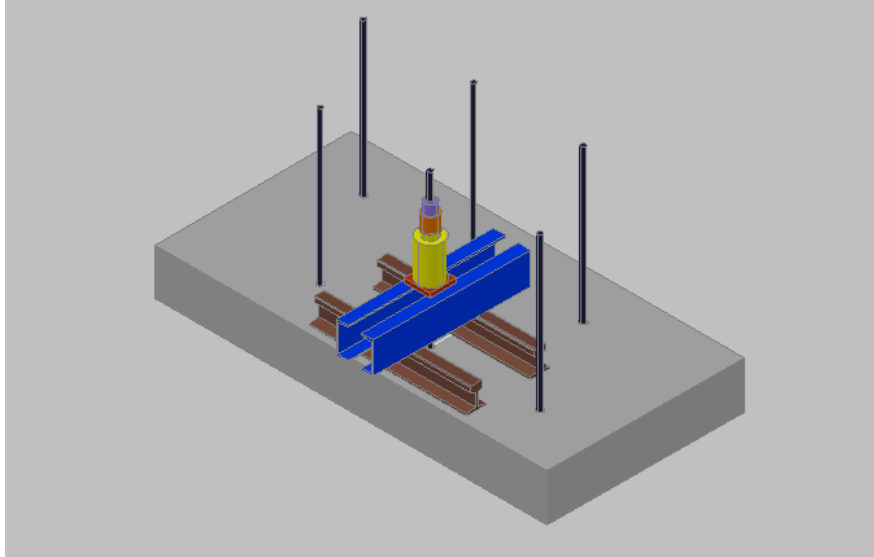
Ankraj donatısının yükleme sırasında sisteme tesbiti, Seyhan [2] tarafından tasarlanan ve yaptırılan çelik çene vasıtası ile gerçekleştirilmiştir.

Yük okumaları, İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı donanımı olan CLC-50 AS-D tipi, 50 ton kapasiteli, 1.5 mV/V hassasiyette ölçüm yapabilen yükölçer (load cell) ile yapılmıştır.

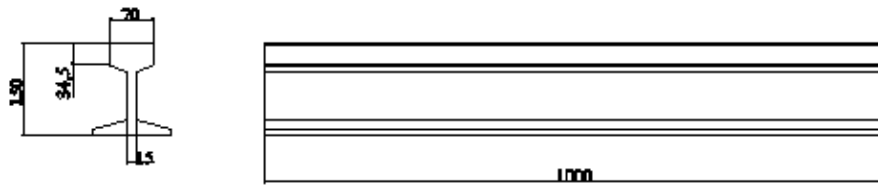
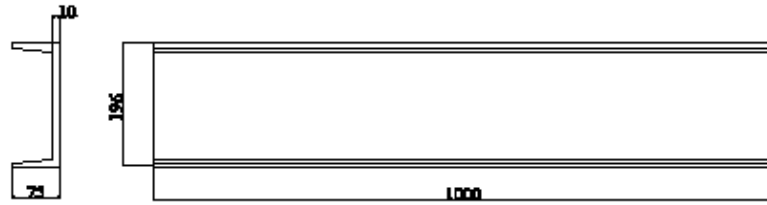
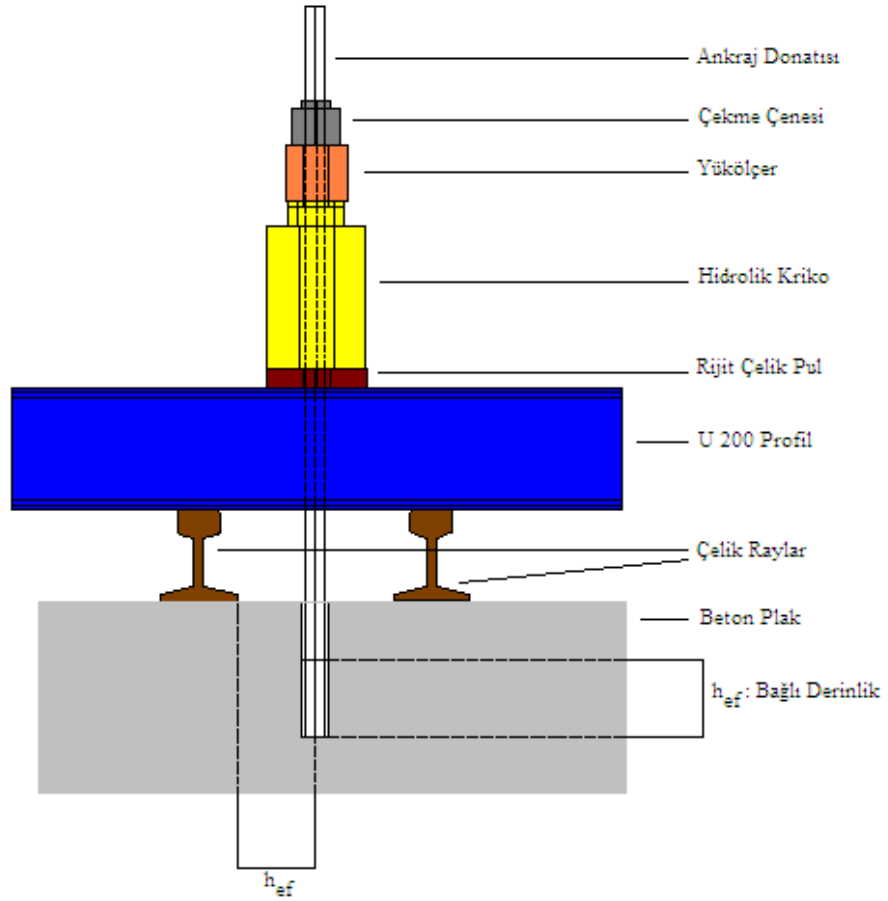
Yerdeğiştirme okumaları, İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı donanımları olan CDP-50 tipi, 50 mm kapasiteli, 200×10^{-6} mm hassasiyette okuma yapabilen yerdeğiştirmeölçerler (transducer) ile yapılmıştır.

Yükölçer ve yerdeğiştirmeölçerler ile sağlanan verilerin işlenmesi, İTÜ Yapı Deprem Laboratuvarı donanımı olan TML TDS-303 tipi veri toplayıcı (datalogger) ile elektronik ortamda kaydedilmiş, toplanan veriler bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.6'da deney düzeneklerinin resimleri verilmektedir.



(a)



(c)

Şekil 4.5: Ankraj Davranışına Ait Deneylerin Düzenegi

(a) 3 Boyutlu Gösterim, (b) düzenek kesiti ve yükleme açıklığı, (c) kullanılan profiller



(a)



(b)

Şekil 4.6: Deney Düzenekleri, (a) Referans Yapışma Dayanımına İlişkin Deneyler, (b) Gerçek Davranışa İlişkin Deneyler

4.4 ANKRAJ ÜRETİMİ

4.4.1 Ankraj Donatılarının Hazırlanması

Aynı fiziksel (nervür detayı) ve mekanik (dayanım) özelliklerine sahip donatılar, deney düzeneğine uygun boyda kesilerek İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarına getirilmiştir.

Kısmi bağlı ankrajların detayının kusursuz olması için, betona ankre edilmemiş serbest derinliğin bırakılabilmesine imkan tanıyan bir ara bağ elemanı (debonding agent) oluşturulmuştur. Serbest derinliği boyunca donatıya bir naylon kılıf geçirilmiş, bu naylon kılıf koli bantı ile sarılarak bu bölgede aderansın oluşmaması sağlanmıştır. Bu yöntem ile, ankraj malzemesinin deliğe yerleştiriliş yöntemiyle mümkün olmayan, milimetre mertebesinde hassaslık sağlanmıştır.

Ankrajların bu detay ile tasarlandığı güçlendirme uygulamalarında, serbest bağlı derinlik boyunca korozyona karşı ayrı bir önlem alınması önemle hatırlanmalıdır.

Ankrajların tasarlanan boyları boyunca deliğe yerleştirilmesini kontrol amacıyla, ankraj derinlikleri donatılar üzerine ayrıca işaretlenmiştir. Şekil 4.7’de, üç farklı geometride, ekilmek üzere hazırlanmış ankrajları göstermektedir.



Şekil 4.7: Ankrajların Bağlı Derinliklerinin Hazırlanışı

4.4.2 Deliklerin Hazırlanması

Delikler, plağın üzerine hassas bir şekilde işaretlenmiştir, Şekil 4.8.



Şekil 4.8: Deliklerin İşaretlenmesi

Arzu edilen derinliğe yaklaşılmıca, delme işlemine ara verilerek, delikten yüzeye çıkan tozlar süpürülmüş, böylece deliğin yanlış delinmesinin önüne geçilmiştir. Şekil 4.9’da delici üzerinde monte edilmiş düzeç “1” ve delik boyunu kontrol için delici uca takılmış işaretçi “2” görülmektedir.



Temizlenmemiş yüzeylere hiçbir işlem uygulanmamıştır ancak delik; delik içerisinde biriken tozun varlığından dolayı; arzu edilen net ankraj derinliği elde edilinceye kadar kontrollü olarak delinmiştir. Şekil 4.10'da yüzey işlemlerinde kullanılan; harbi (tel fırça) uçlu matkap ve hava kompresörü görülmektedir.



Şekil 4.10: Yüzey İşlemlerinde Kullanılan Donanım

Yüzey hazırlık işlemleri (hava tutma ve delik yüzeyinin zımparalanması) süreleri; her numunede aynı özelliklere ulaşabilmek adına, delik kesit alanı ile orantılı olarak yapılmıştır. Bütün numunelerin aynı çapta donatı ile üretildiği hatırlandığında, ankraj numunelerine uygulanan yüzey işlemlerinin süresinin ankraj derinliği oranında attığı görülebilir. Ankraj numunelerine uygulanan yüzey işlemlerinin her birinin süresi, donatı çapı cinsinden ankraj derinliği kadar saniyedir, (12φ ankraj deliği için 12 sn.; örnek olarak 6+6 kısmi bağlı ve 0+12 tam bağlı numuneler için yüzey işlem süreleri eşittir).

4.4.4 Ankraj Ekimleri

Ankrajlar, deney günü tarihi de planlanarak, tam kürlenme için tavsiye edilen 8. günde denenmek üzere ekilmiştir. Ankraj malzemesinin karışımı üretici firmanın uygulama şartnamesi gereğince; uygun ağırlık oranları sağlanacak şekilde elektronik tartı yardımı ile hazırlanmış, orta devirde 3 dakikadan az olmamak kaydıyla, karıştırıcı uç takılmış matkap ile homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmıştır. Ankraj delikleri mala ile doldurulmuş, delik içerisinde hava kalıp kalmadığı ankraj ekimi sırasında kontrol edilmiştir. Ankraj donatısının deliğe yerleştirilmesi sırasında, delikten hava kabarcığı çıktığı durumlarda, yapıştırıcı kimyasalın deliğe uygun şekilde yerleşmediği düşünülmüş, delik tekrar epoksi ile

doldurularak imalat tamamlanmıştır. Ankraj ekimleri tamamlandıktan sonra, priz başlamadan ankrajların delik içerisinde dik yerleşimleri sağlanmıştır.

Laboratuar ortamında elektronik termometre ile yapılan sürekli ölçümlerde, deneyler boyunca ortam sıcaklığının 11°C ile 18°C arasında olduğu tespit edilmiştir.

5. DENEYLER

5.1 Referans Yapışma Dayanımlarına Ait Deneyler

Yapı kimyasalı, donatı yüzeyinden 3 cm temiz açıklıkla mesnetlenerek eksenel çekme deneylerine tabi tutulmuştur. Bu yolla malzeme için referans kabul edilebilecek bir yapışma dayanımları tespit edilmiştir.

Tablo 5.1’de 6+10.refC.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.1’de deney resimleri görülmektedir. Bu numune için yerdeğiştirme okuması alınmamıştır.

Tablo 5.1: 6+10.refC.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+10.refC.1
Azami yük	123.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.1: 6+10.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri

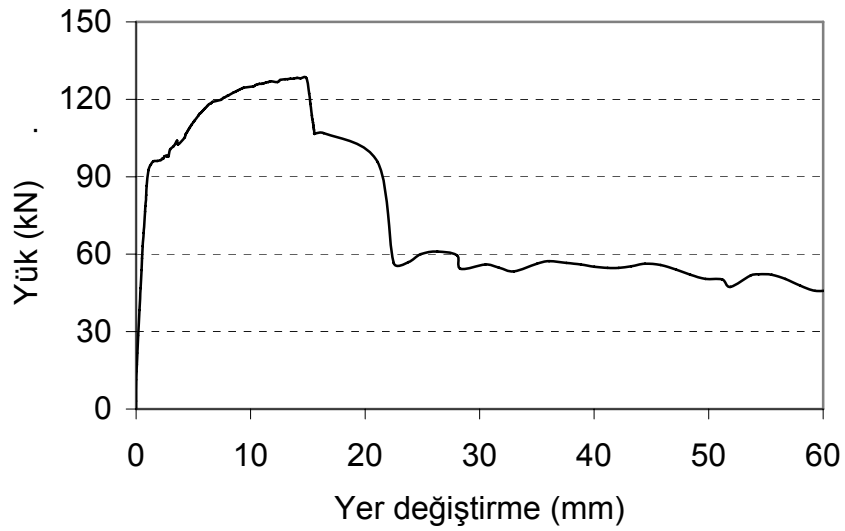
Tablo 5.2’de 6+10.refC.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.2’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.3’te görülmektedir.

Tablo 5.2: 6+10.refC.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+10.refC.2
Azami yük	128.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.2: 6+10.refC.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.3: 6+10.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

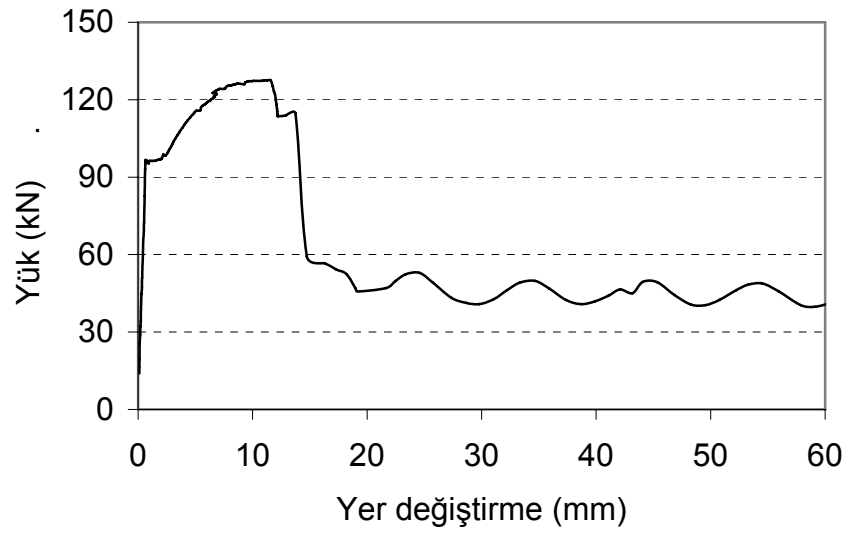
Tablo 5.3'te 6+10.refC.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.4'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.5'te görülmektedir.

Tablo 5.3: 6+10.refC.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+10.refC.3
Azami yük	127.5 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.8 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.4: 6+10.refC.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.5: 6+10.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

Tablo 5.4'te 6+8.refC.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.6'da deney resimleri görülmektedir. Bu numuneden yerdeğiştirme okuması alınmamıştır.

Tablo 5.4: 6+8.refC.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refC.1
Azami yük	121.8 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	18.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.6: 6+8.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri

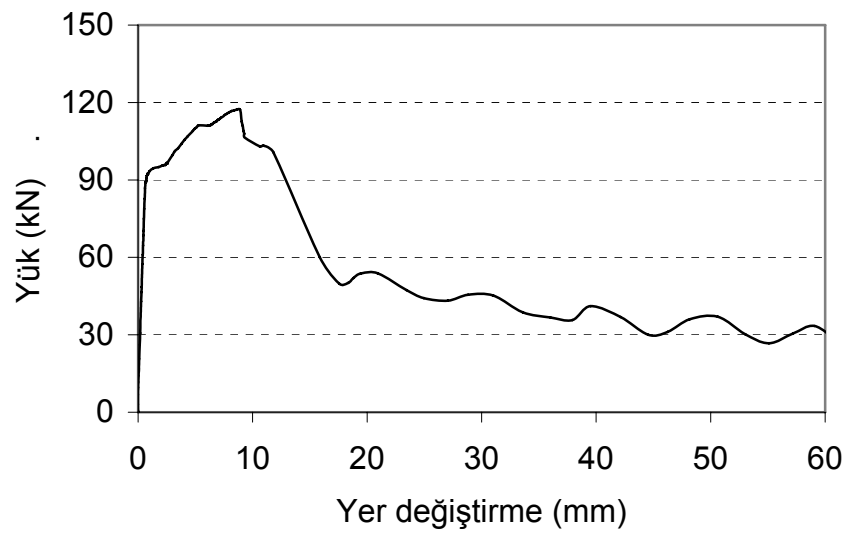
Tablo 5.5'te 6+8.refC.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.7'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.5: 6+8.refC.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refC.2
Azami yük	117.2 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	18.2 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.7: 6+8.refC.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.8: 6+8.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

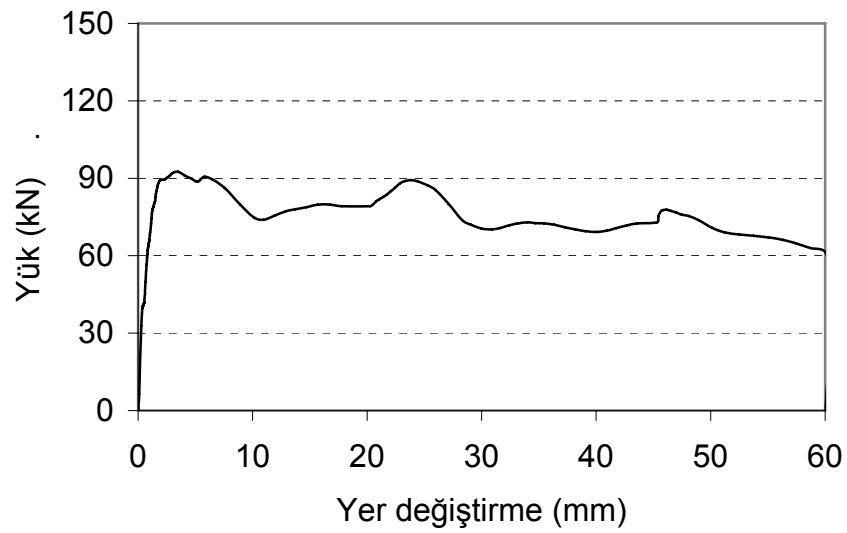
Tablo 5.6’da 6+8.refC.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.9’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.6: 6+8.refC.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refC.3
Azami yük	92.5 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	14.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.9: 6+8.refC.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.10: 6+8.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

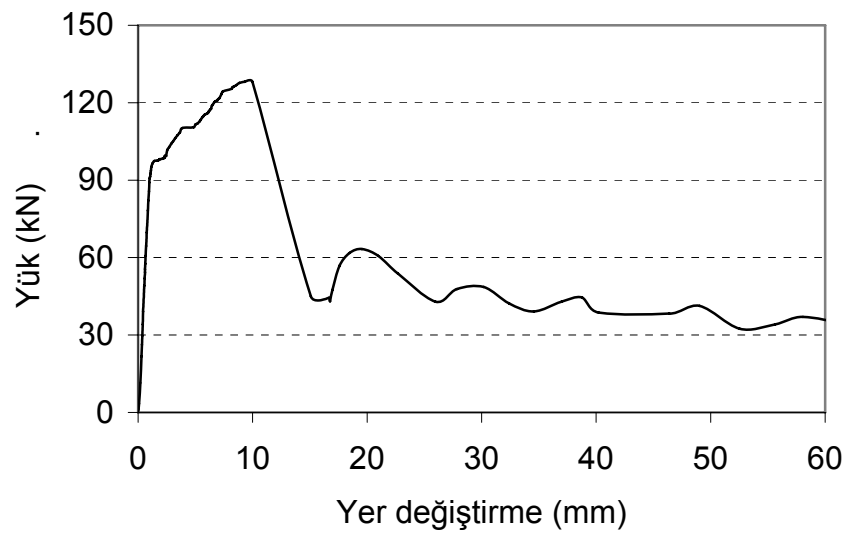
Tablo 5.7’de 6+8.refD1.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.11’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.12’de verilmiştir.

Tablo 5.7: 6+8.refD1.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refD1.1
Azami yük	128.1 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	19.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.11: 6+8.refD1.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.12: 6+8.refD1.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

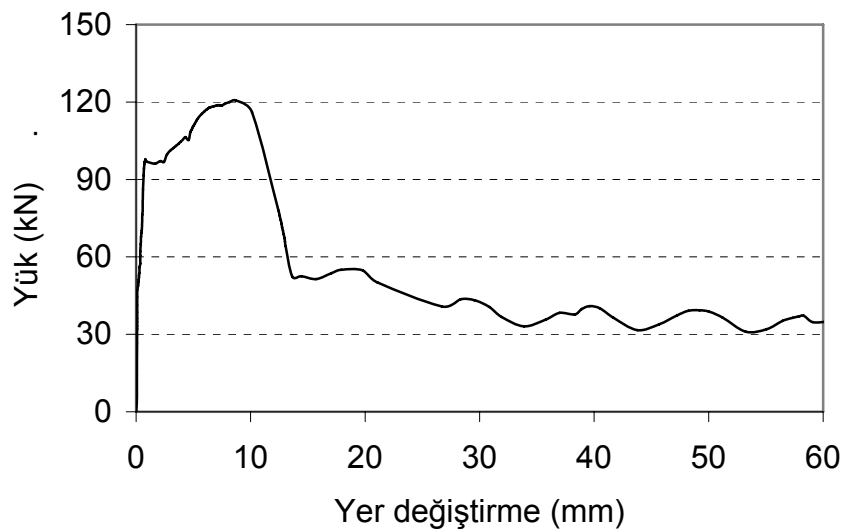
Tablo 5.8’de 6+8.refD1.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.13’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.14’de verilmiştir.

Tablo 5.8: 6+8.refD1.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refD1.2
Azami yük	120.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	18.7 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.13: 6+8.refD1.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.14: 6+8.refD1.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

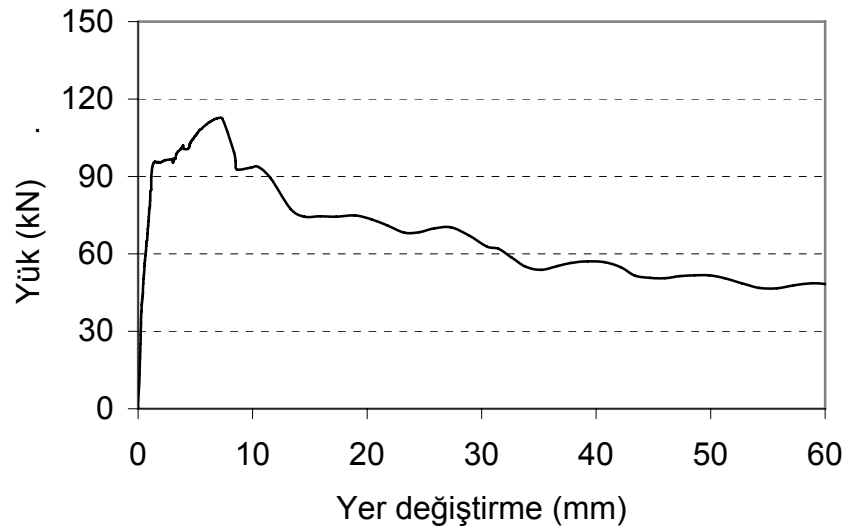
Tablo 5.9’da 6+8.refD1.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.15’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.16’da verilmiştir.

Tablo 5.9: 6+8.refD1.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refD1.3
Azami yük	112.5 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	17.4 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.15: 6+8.refD1.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.16: 6+8.refD1.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

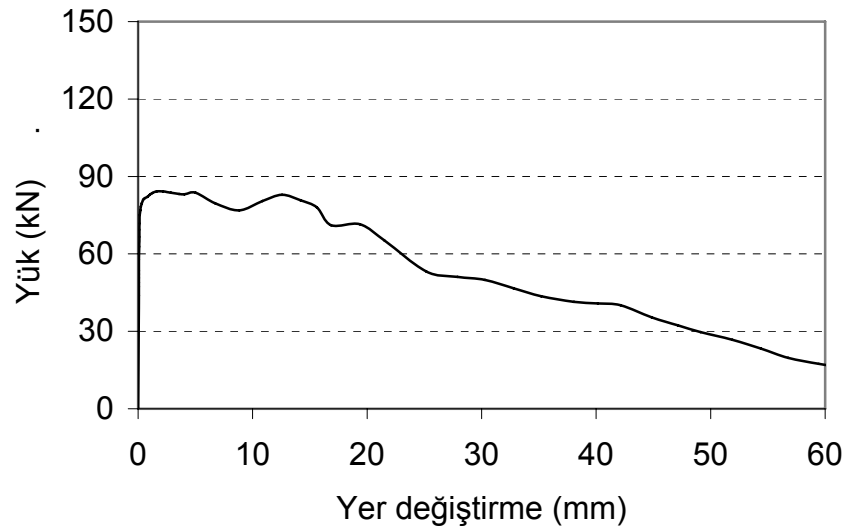
Tablo 5.10’da 6+8.refD2.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.17’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.18’de verilmiştir.

Tablo 5.10: 6+8.refD2.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refD2.1
Azami yük	84.2 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	13.1 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.17: 6+8.refD2.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.18: 6+8.refD2.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

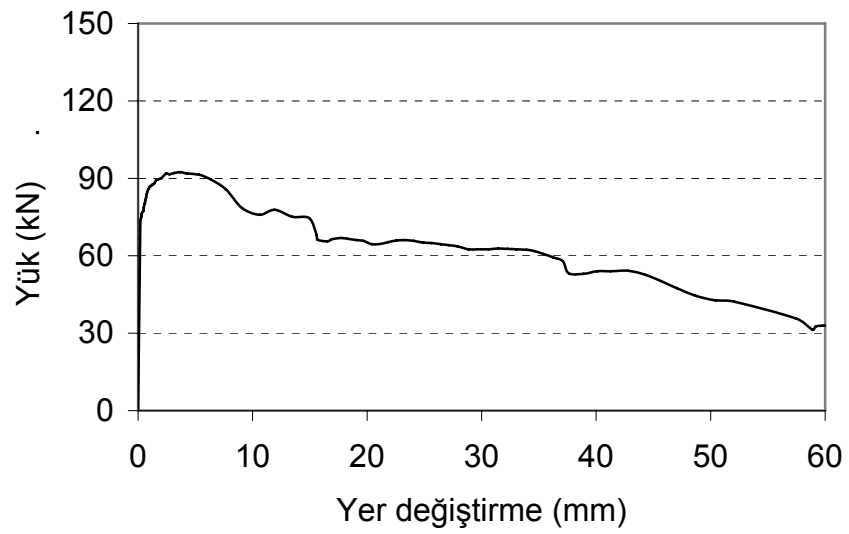
Tablo 5.11’de 6+8.refD2.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.19’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.11: 6+8.refD2.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refD2.2
Azami yük	92.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	14.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.19: 6+8.refD2.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.20: 6+8.refD2.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

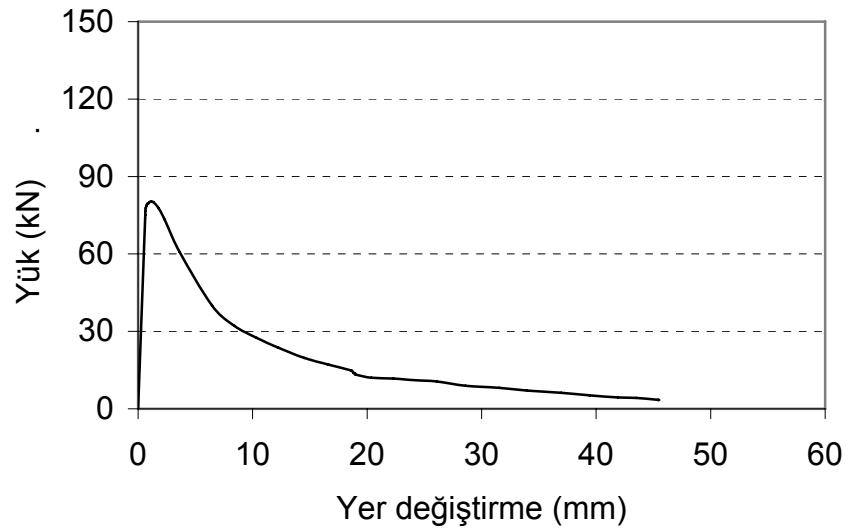
Tablo 5.12’de 6+8.refD2.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.21’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.22’de verilmiştir.

Tablo 5.12: 6+8.refD2.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.refD2.3
Azami yük	80.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	12.4 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.21: 6+8.refD2.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.22: 6+8.refD2.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

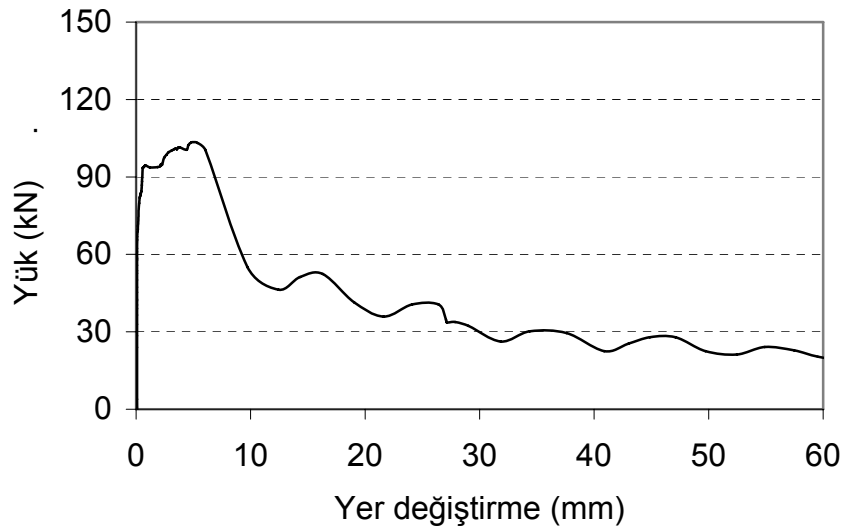
Tablo 5.13'te 6+6.refC.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.23'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.24'te görülmektedir.

Tablo 5.13: 6+6.refC.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.refC.1
Azami yük	103.5 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	21.4 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.23: 6+6.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri

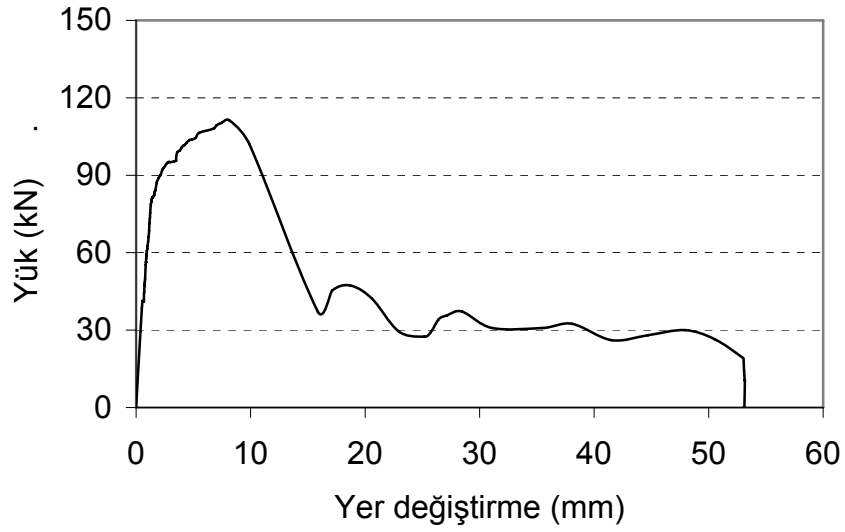


Şekil 5.24: 6+6.refC.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

Tablo 5.14’te 6+6.refC.2 numunesine ait deneysel veriler görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.25’te verilmiştir.

Tablo 5.14: 6+6.refC.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.refC.2
Azami yük	111.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	23.0 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm

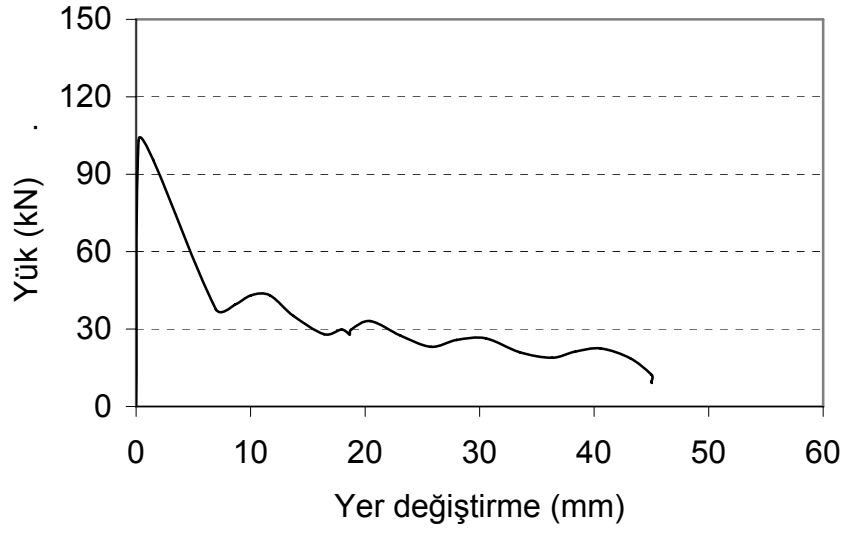


Şekil 5.25: 6+6.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

Tablo 5.15'te 6+10.refC.3 numunesine ait deneysel veriler görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.26'da verilmiştir.

Tablo 5.15: 6+6.refC.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.refC.3
Azami yük	103.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	21.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.26: 6+6.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

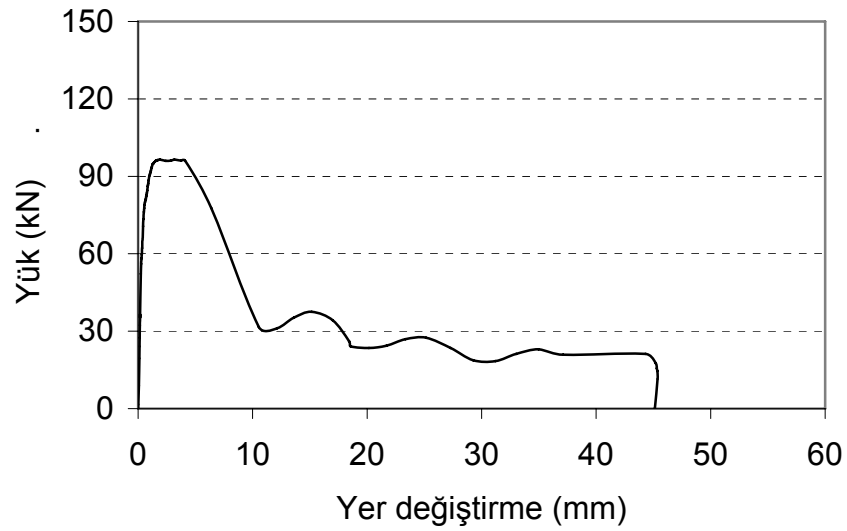
Tablo 5.16’da 6+10.refC.4 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.27’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.28’de verilmiştir.

Tablo 5.16: 6+6.refC.4 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.refC.4
Azami yük	96.5 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	19.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.27: 6+6.refC.4 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.28: 6+6.refC.4 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

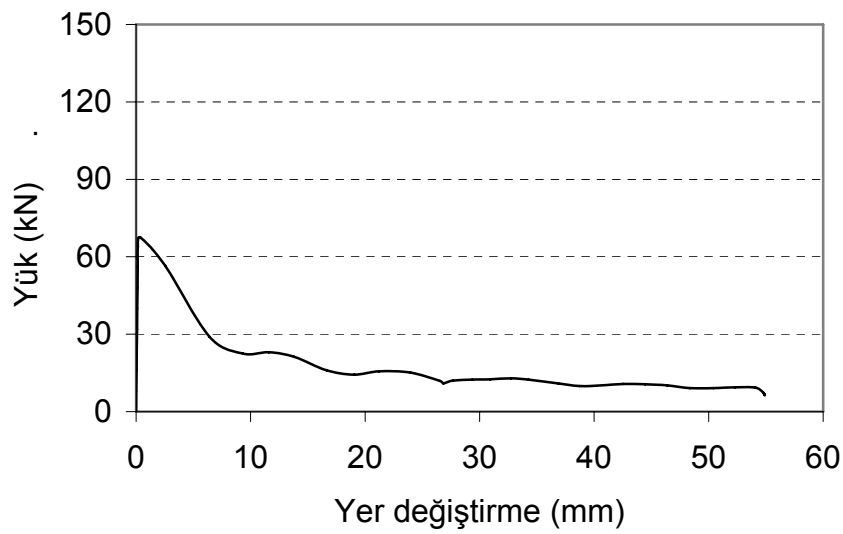
Tablo 5.17’de 6+4.refC.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.29’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.30’da verilmiştir.

Tablo 5.17: 6+4.refC.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refC.1
Azami yük	67.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	20.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.29: 6+4.refC.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.30: 6+4.refC.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

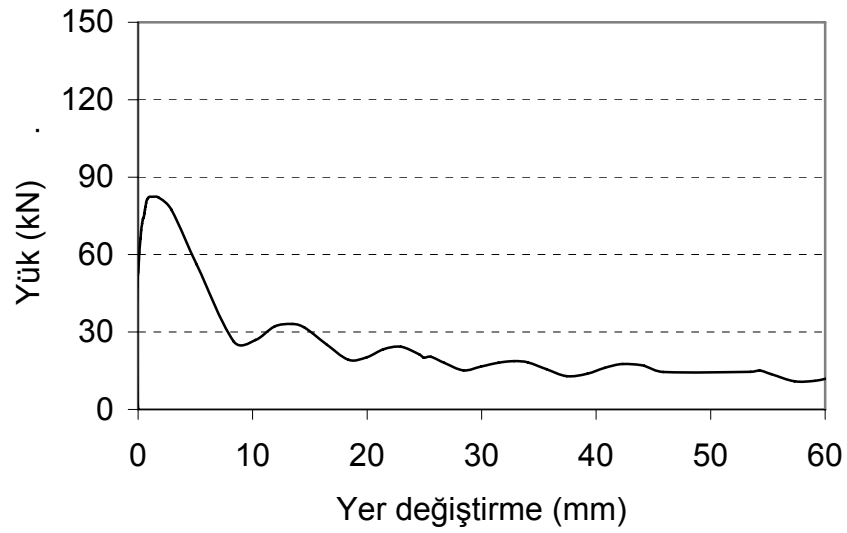
Tablo 5.18’de 6+4.refC.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.31’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.32’de verilmiştir.

Tablo 5.18: 6+4.refC.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refC.2
Azami yük	82.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	25.6 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.31: 6+4.refC.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.32: 6+4.refC.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

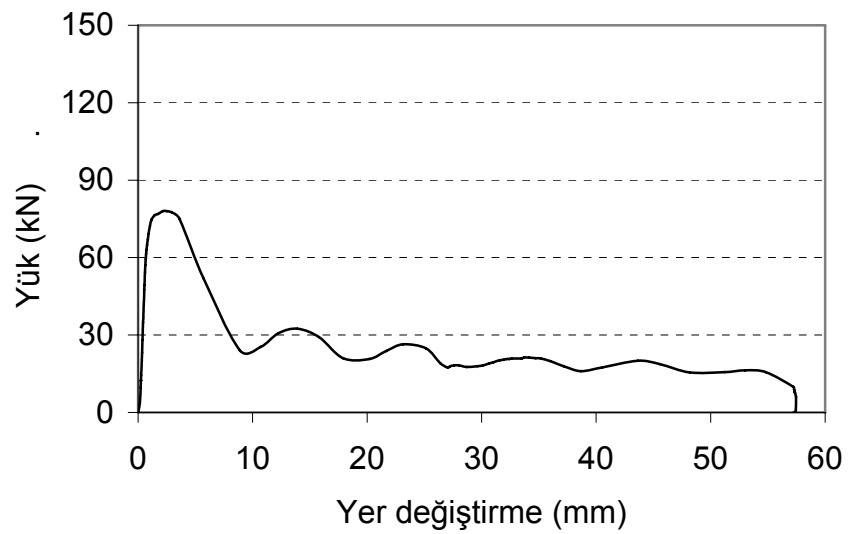
Tablo 5.19’da 6+4.refC.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.33’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.34’te verilmiştir.

Tablo 5.19: 6+4.ref.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refC.3
Azami yük	78.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	24.2 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.33: 6+4.refC.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.34: 6+4.refC.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

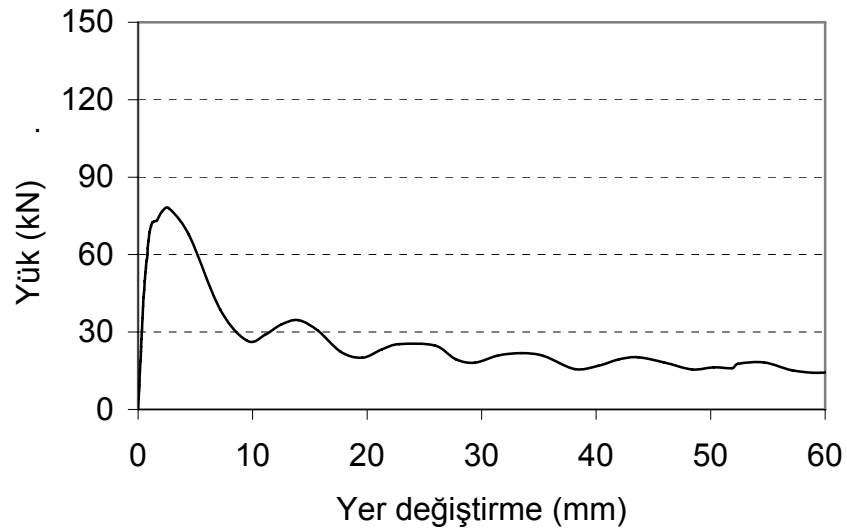
Tablo 5.20’de 6+4.refD1.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.35’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.36’da verilmiştir.

Tablo 5.20: 6+4.refD1.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refD1.1
Azami yük	78.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	24.2 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.35: 6+4.refD1.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.36: 6+4.refD1.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

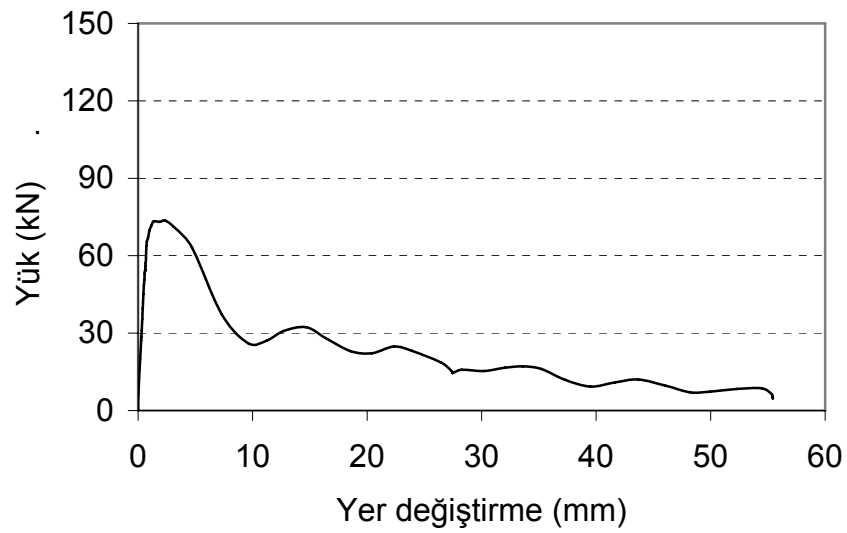
Tablo 5.21’de 6+4.refD1.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.37’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.38’de verilmiştir.

Tablo 5.21: 6+4.refD1.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refD1.2
Azami yük	73.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	22.8 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.37: 6+4.refD1.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.38: 6+4.refD1.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

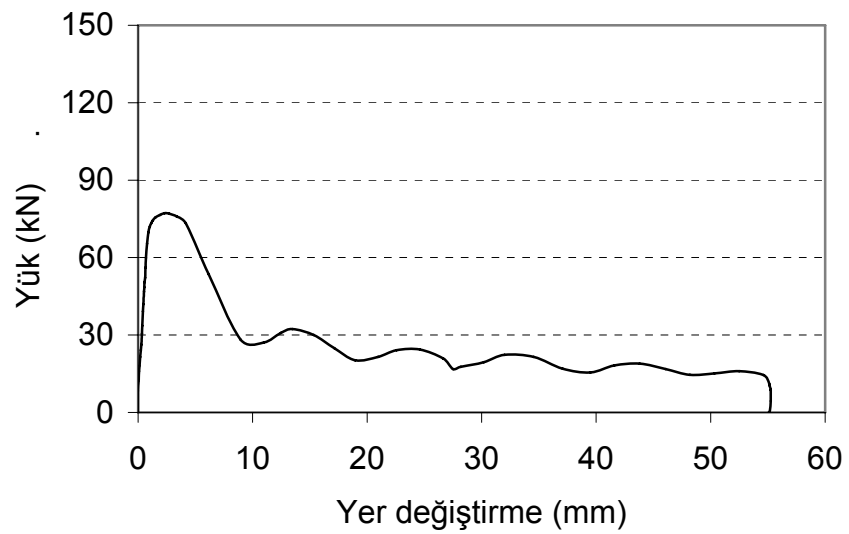
Tablo 5.22’de 6+4.refD1.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.39’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.40’ta verilmiştir.

Tablo 5.22: 6+4.ref.D1.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refD1.3
Azami yük	77.2 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	23.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.39: 6+4.refD1.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.40: 6+4.refD1.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

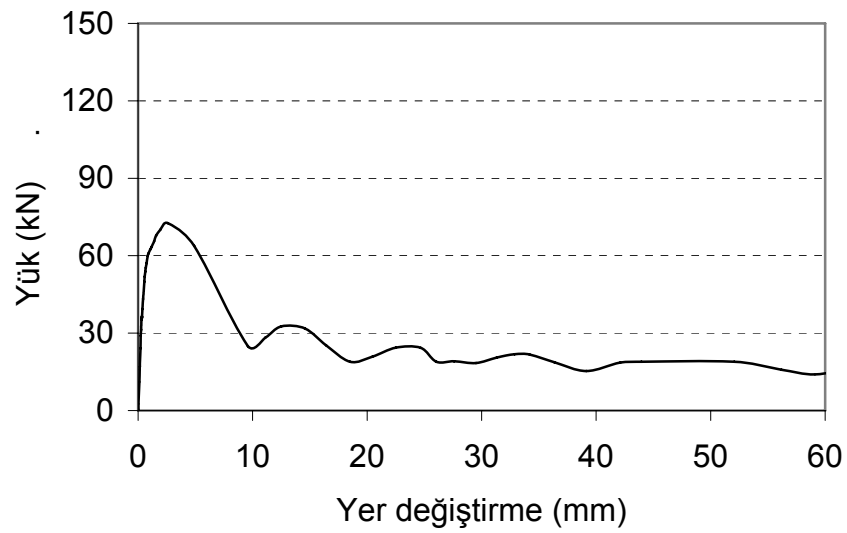
Tablo 5.23'te 6+4.refD2.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.41'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.42'de verilmiştir.

Tablo 5.23: 6+4.refD2.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refD2.1
Azami yük	72.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	22.5 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.41: 6+4.refD2.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.42: 6+4.refD2.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

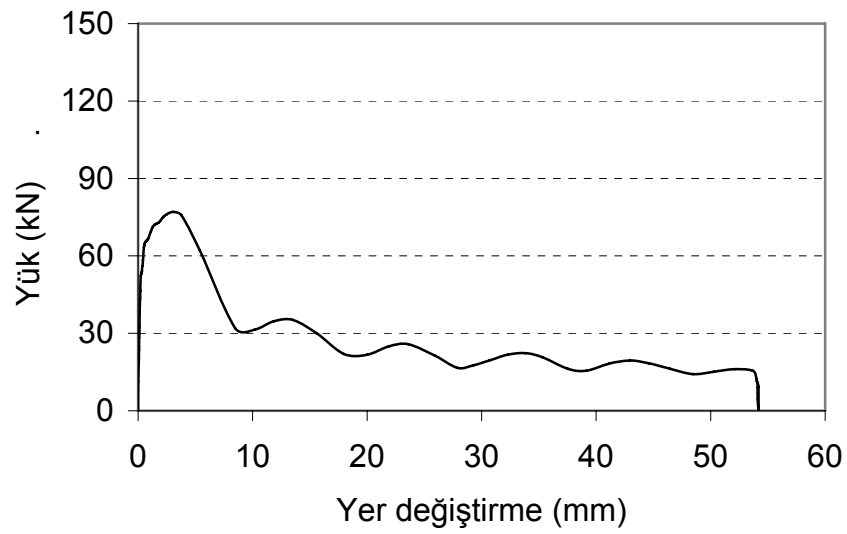
Tablo 5.24’te 6+4.refD2.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.43’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.44’te verilmiştir.

Tablo 5.24: 6+4.refD2.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refD2.2
Azami yük	77.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	23.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.43: 6+4.refD2.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.44: 6+4.refD2.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

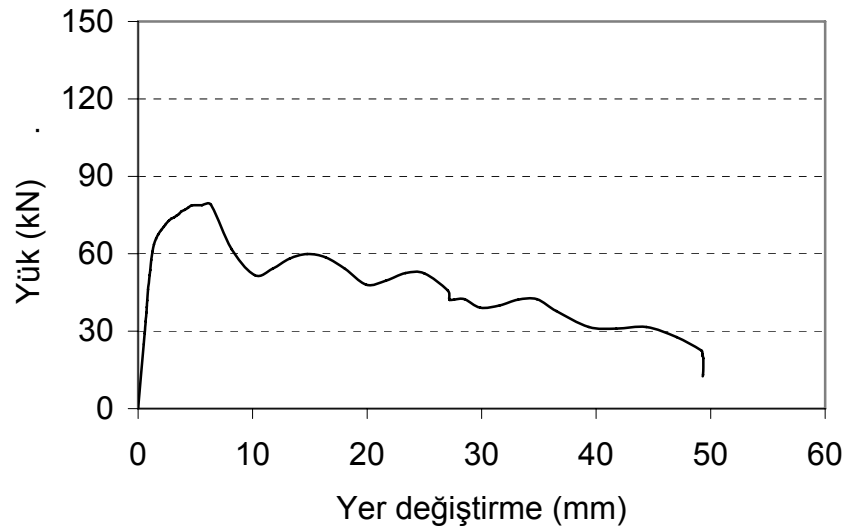
Tablo 5.25'te 6+4.refD2.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.45'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.46'da verilmiştir.

Tablo 5.25: 6+4.refD2.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.refD2.3
Azami yük	79.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	24.5 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.45: 6+4.refD2.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.46: 6+4.refD2.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

5.3 Tam Bağlı Ankrajların Gerçek Davranışına Ait Deneyler

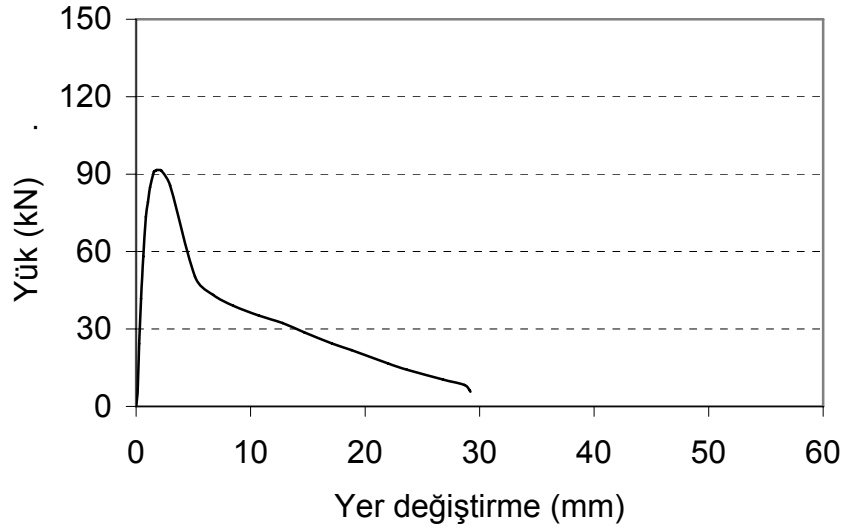
Önerilen ankraj detayı ve referans yapışma dayanımı numuneleri ile karşılaştırılmak üzere, güçlendirme uygulamalarında kullanılagelen tam bağlı ankrajlar ile bir dizi deney yapılmıştır. Tablo 5.26’da 0+12.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.47’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.48’de verilmiştir.

Tablo 5.26: 0+12.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+12.C.1
Azami yük	91.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	9.4 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyrılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	192 mm



Şekil 5.47: 0+12.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.48: 0+12.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

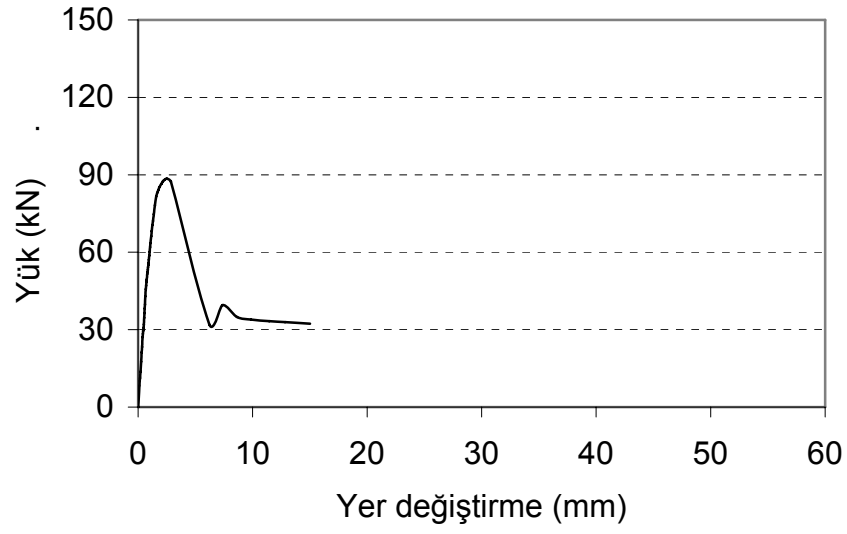
Tablo 5.27’de 0+12.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.49’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.50’de verilmiştir.

Tablo 5.27: 0+12.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+12.C.2
Azami yük	88.5 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	9.1 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyrılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	192 mm



Şekil 5.49: 0+12.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.50: 0+12.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

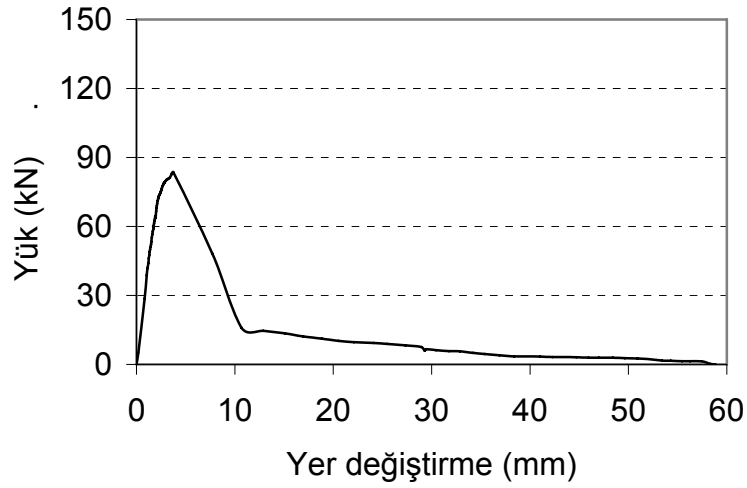
Tablo 5.28’de 0+12.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.51’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.52’de verilmiştir.

Tablo 5.28: 0+12.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+12.C.3
Azami yük	83.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	8.6 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyırılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	192 mm



Şekil 5.51: 0+12.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.52: 0+12.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi

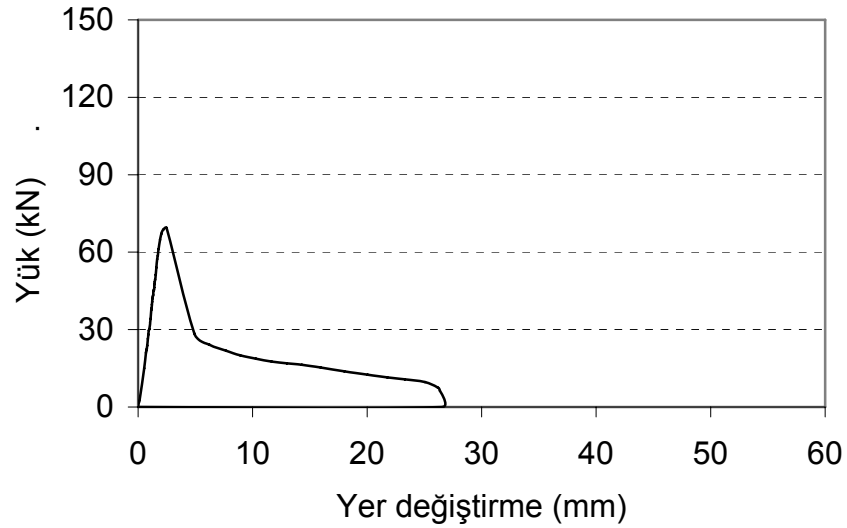
Tablo 5.29’da 0+10.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.53’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.54’te verilmiştir.

Tablo 5.29: 0+10.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+10.C.1
Azami yük	69.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	8.6 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyrılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.53: 0+10.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.54: 0+10.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

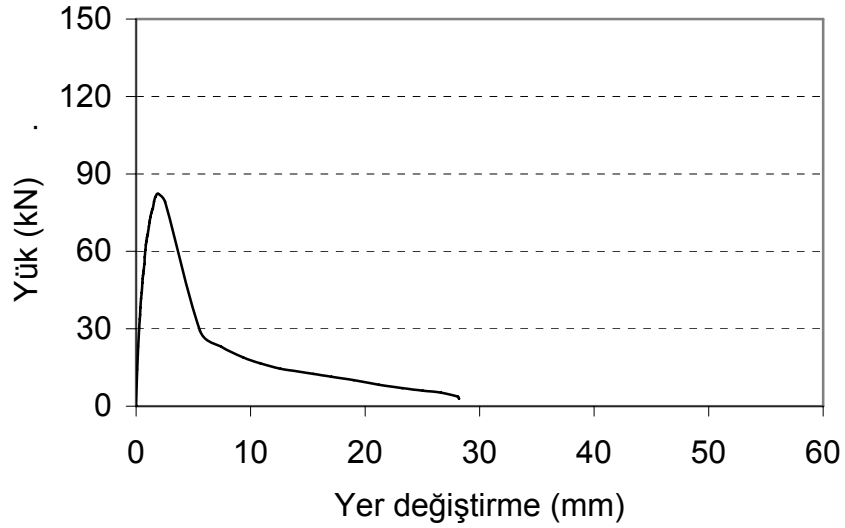
Tablo 5.30’da 0+10.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.55’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.56’da verilmiştir.

Tablo 5.30: 0+10.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+10.C.2
Azami yük	82.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	10.2 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyrılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.55: 0+10.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.56: 0+10.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

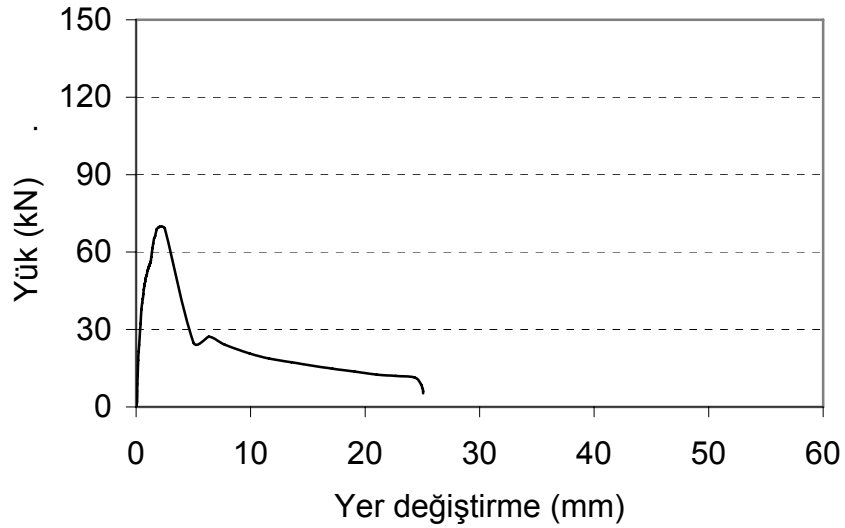
Tablo 5.31’de 0+10.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.57’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.58’de verilmiştir.

Tablo 5.31: 0+10.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+10.C.3
Azami yük	69.8 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	8.6 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyırılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.57: 0+10.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.58: 0+10.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi

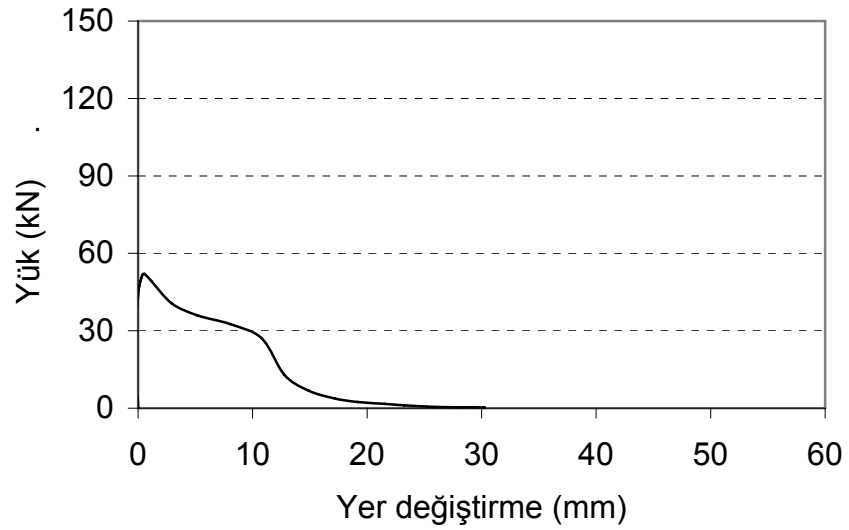
Tablo 5.32’de 0+8.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.59’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.60’ta verilmiştir.

Tablo 5.32: 0+8.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+8.C.1
Azami yük	52.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	8.0 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyırılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.59: 0+8.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.60: 0+8.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

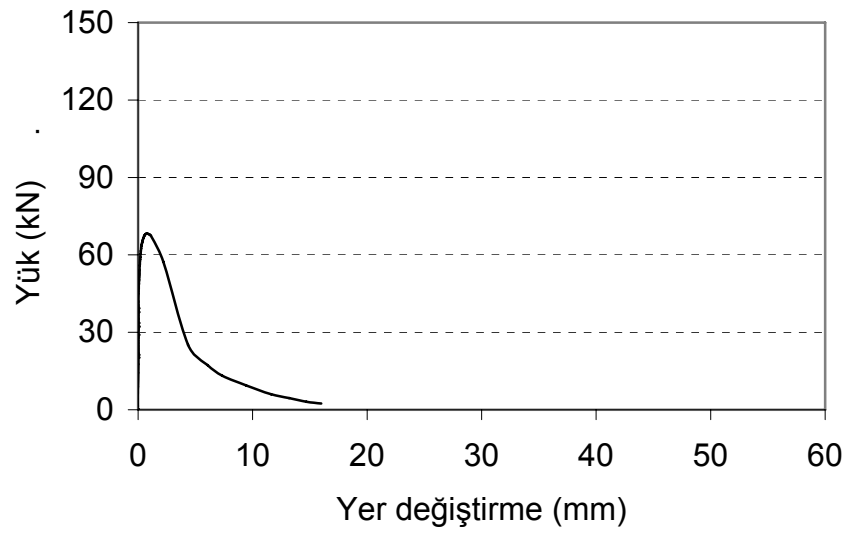
Tablo 5.33'te 0+8.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.61'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.62'de verilmiştir.

Tablo 5.33: 0+8.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+8.C.2
Azami yük	68.2 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	10.5 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyrılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.61: 0+8.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.62: 0+8.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

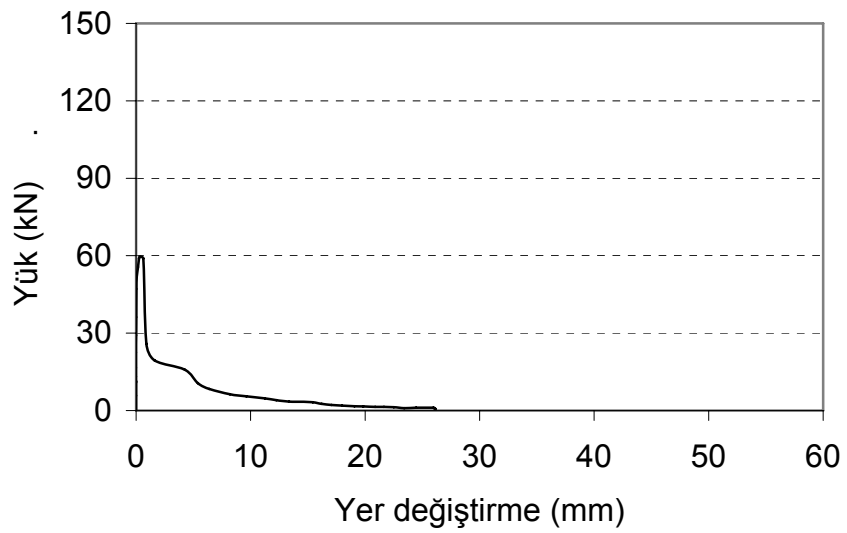
Tablo 5.34’te 0+8.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.63’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.64’te verilmiştir.

Tablo 5.34: 0+8.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+8.C.3
Azami yük	59.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	9.2 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma ve Sıyrılma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.63: 0+8.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.64: 0+8.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

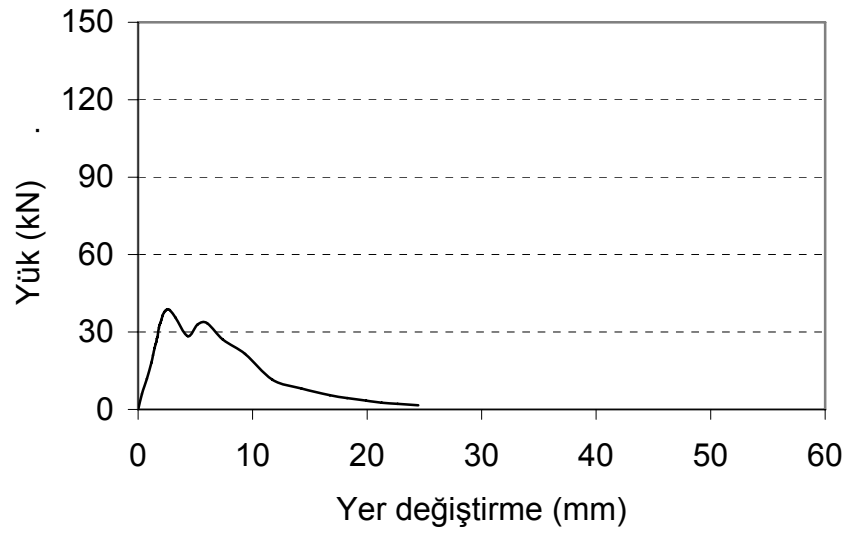
Tablo 5.35’te 0+6.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.65’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.66’da verilmiştir.

Tablo 5.35: 0+6.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+6.C.1
Azami yük	38.8 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	8.0 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.65: 0+6.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.66: 0+6.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

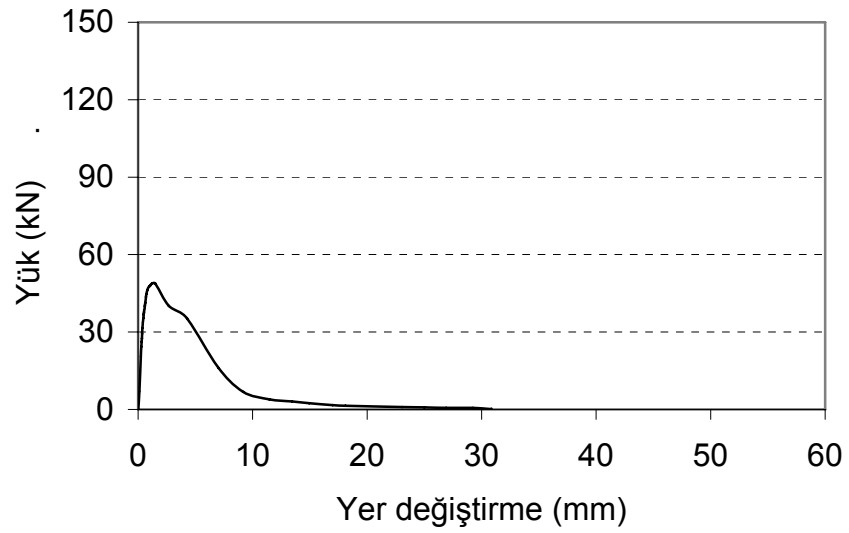
Tablo 5.36’da 0+6.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.67’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.68’de verilmiştir.

Tablo 5.36: 0+6.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+6.C.2
Azami yük	48.8 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	10.1 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.67: 0+6.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.68: 0+6.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

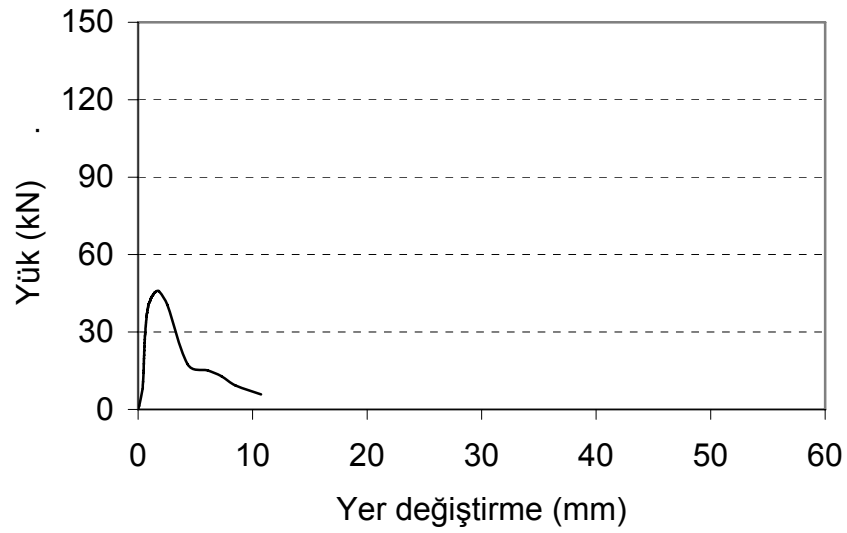
Tablo 5.37’de 0+6.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.69’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.70’te verilmiştir.

Tablo 5.37: 0+6.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	0+6.C.3
Azami yük	45.8 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	9.4 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma
Serbest derinlik	0 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.69: 0+6.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.70: 0+6.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

5.2 Kısmi Bağlı Ankrajların Gerçek Davranışına Ait Deneyler

Önerilen kısmi bağlı ankraj detayına ilişkin derinlik ve yüzey koşulları incelenerek bir dizi deney yapılmıştır. Referans yapışma deneyleri parametreleri aynen tekrarlanmıştır.

Kısmi bağlı numunelerin davranışının, referans yapışma dayanımı numuneleri ile karşılaştırılması ile, bir değerlendirme ölçütü elde edilmesi düşünülmektedir. Yüzey temizliği koşulları için yapı kimyasallarının dayanım özelliklerinin kullanılan malzemenin kimyasal özellikleri ile ilgili olduğu hatırlandığında; bütün yüzey koşulları ve hatta nemlilik ve suya doygunluk gibi koşullar için yapı kimyasallarının ayrı ayrı deneylere tabi tutulması gerekmektedir. Referans yapışma dayanımı numunelerinin deneylerinin gerçekleştirilmesinin, kısmi bağlı numunelere göre daha ekonomik olması; sonraki çalışmalara bir değerlendirme yönteminin sunulması açısından önem kazanmaktadır. Bu karşılaştırmaya ilişkin değerlendirmeler, sonraki bölümde tartışılmaktadır.

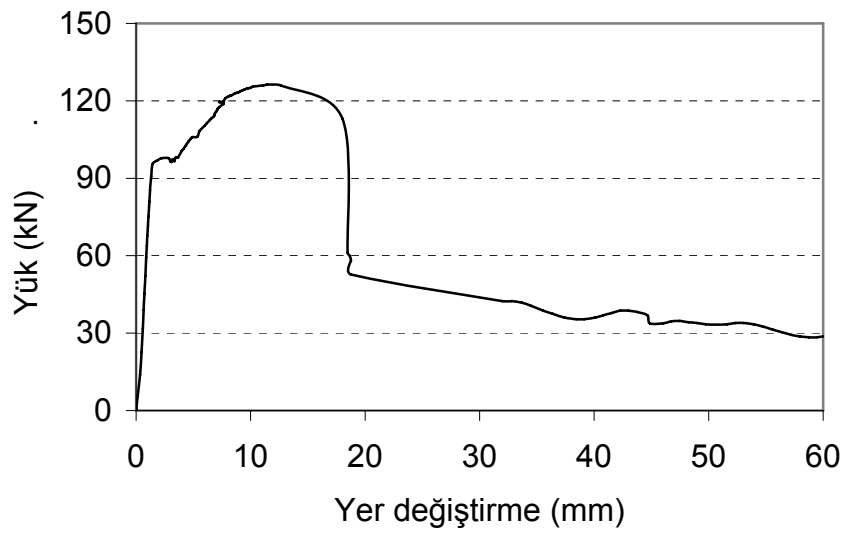
Tablo 5.38’de 6+10.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.71’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.72’de verilmiştir.

Tablo 5.38: 6+10.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+10.C.1
Azami yük	126.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.7 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.71: 6+10.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.72: 6+10.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

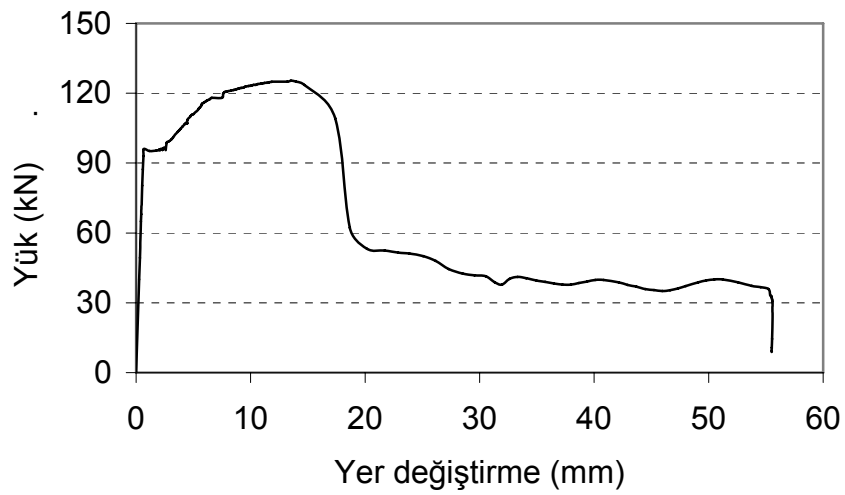
Tablo 5.39’da 6+10.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.73’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.74’te verilmiştir.

Tablo 5.39: 6+10.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+10.C.2
Azami yük	125.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.5 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.73: 6+10.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.74: 6+10.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

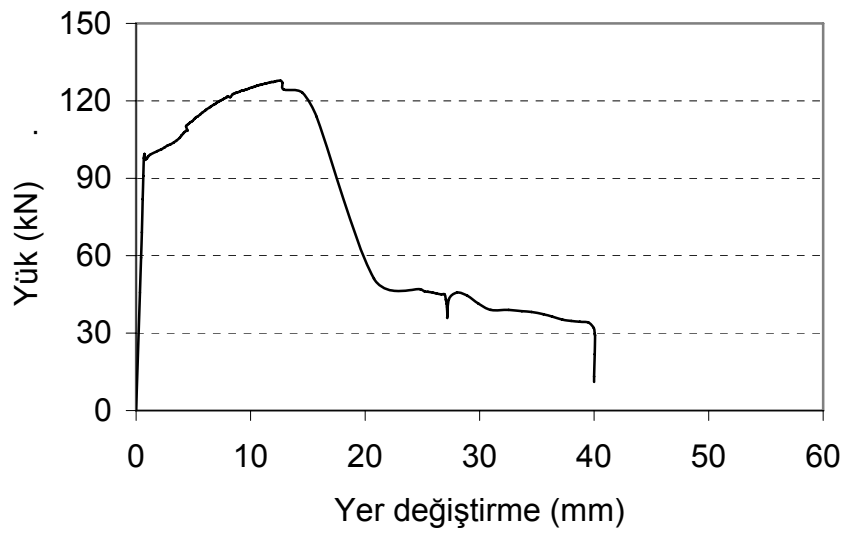
Tablo 5.40'ta 6+10.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.75'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.76'da verilmiştir.

Tablo 5.40: 6+10.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+10.C.3
Azami yük	127.8 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.8 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	160 mm



Şekil 5.75: 6+10.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.76: 6+10.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

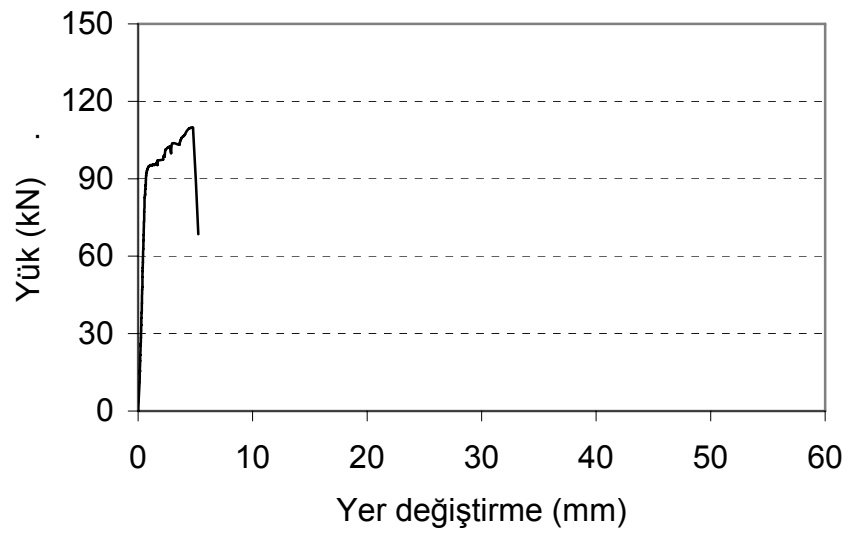
Tablo 5.41’de 6+8.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.77’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.78’de verilmiştir.

Tablo 5.41: 6+8.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.C.1
Azami yük	109.7 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	17.0 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.77: 6+8.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.78: 6+8.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

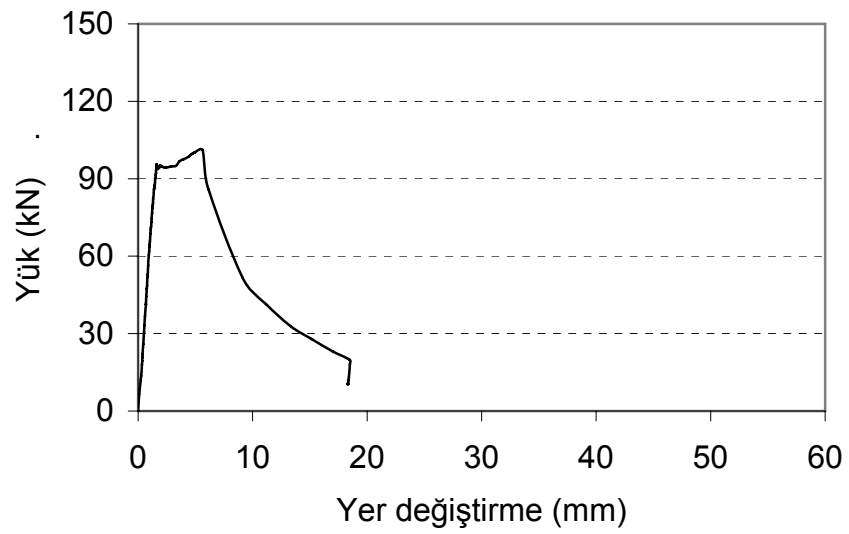
Tablo 5.42’de 6+8.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.79’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.80’de verilmiştir.

Tablo 5.42: 6+8.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.C.2
Azami yük	101.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.6 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.79: 6+8.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.80: 6+8.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

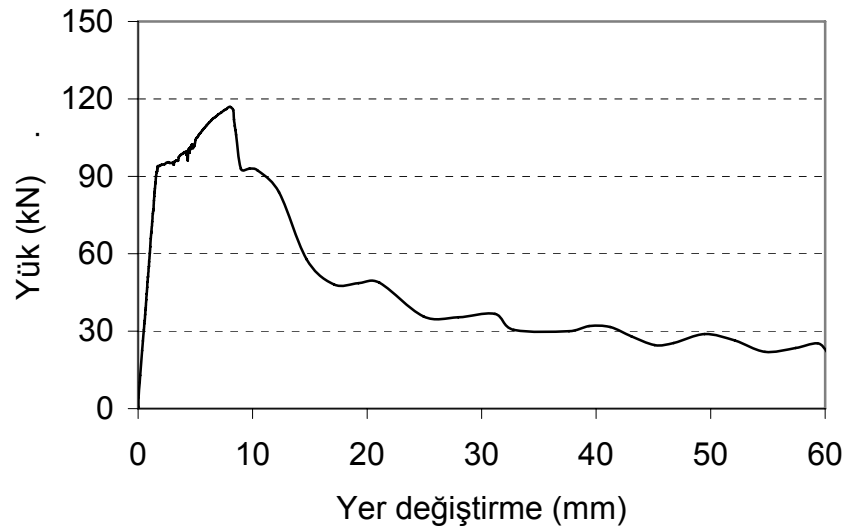
Tablo 5.43'te 6+8.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.81'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.82'de verilmiştir.

Tablo 5.43: 6+8.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.C.3
Azami yük	99.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.4 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.81: 6+8.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.82: 6+8.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

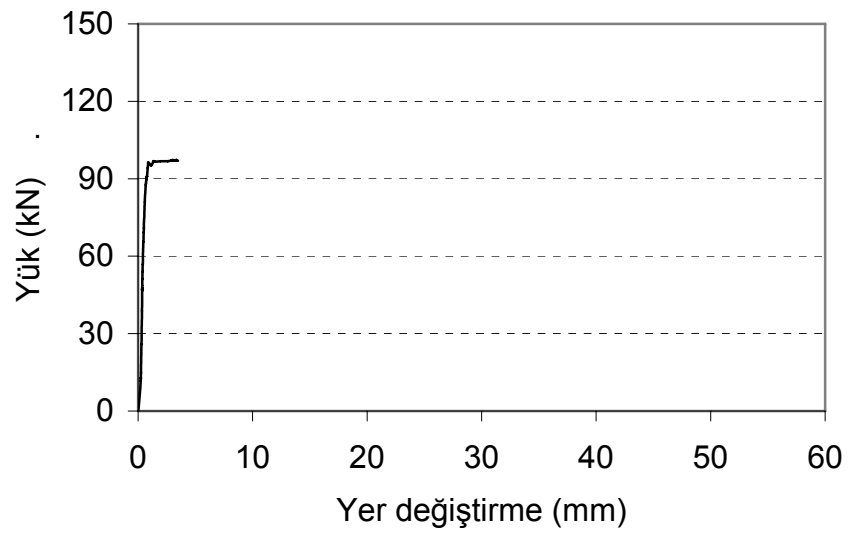
Tablo 5.44'te 6+8.C.4 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.83'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.84'te verilmiştir.

Tablo 5.44: 6+8.C.4 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.C.4
Azami yük	97.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	15.1 kN
Göçme Tipi	Konik Kopma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.83: 6+8.C.4 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.84: 6+8.C.4 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

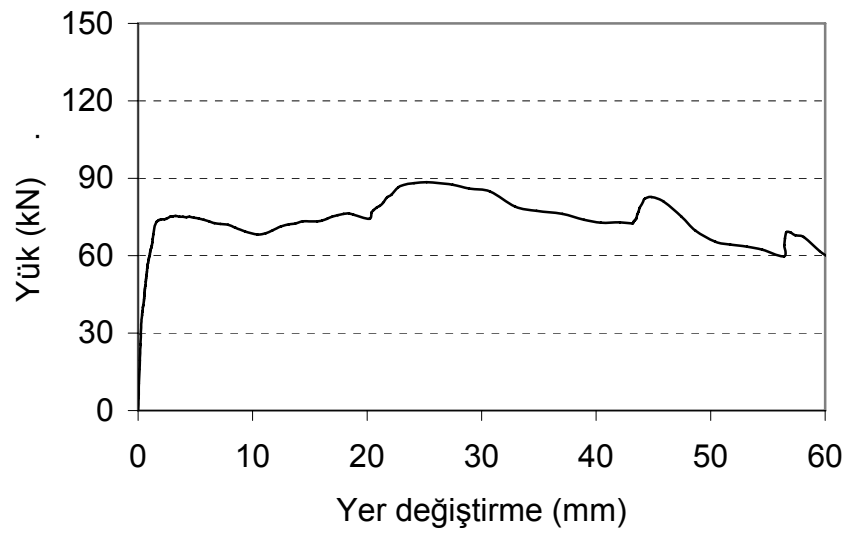
Tablo 5.45'te 6+8.C.5 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.85'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.86'da verilmiştir.

Tablo 5.45: 6+8.C.5 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.C.5
Azami yük	76.2 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	11.8 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.85: 6+8.C.5 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.86: 6+8.C.5 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

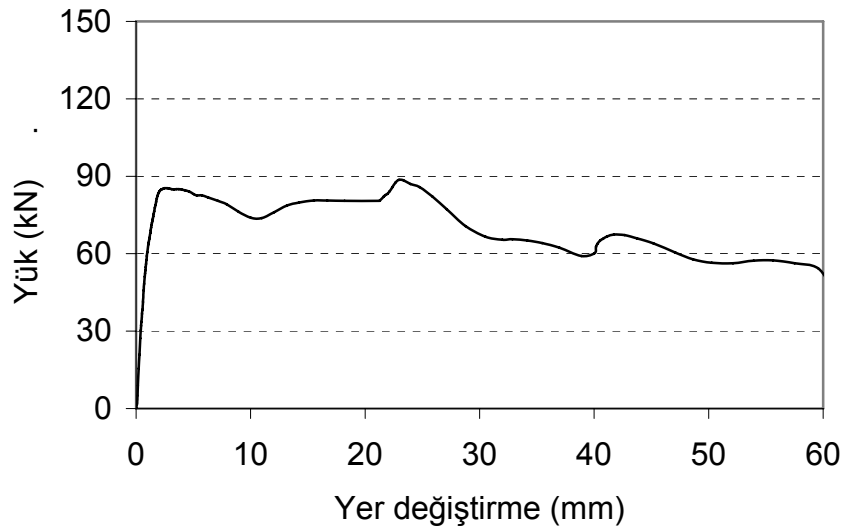
Tablo 5.46’da 6+8.D1.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.87’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.88’de verilmiştir.

Tablo 5.46: 6+8.D1.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.D1.1
Azami yük	85.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	13.2 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.87: 6+8.D1.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.88: 6+8.D1.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

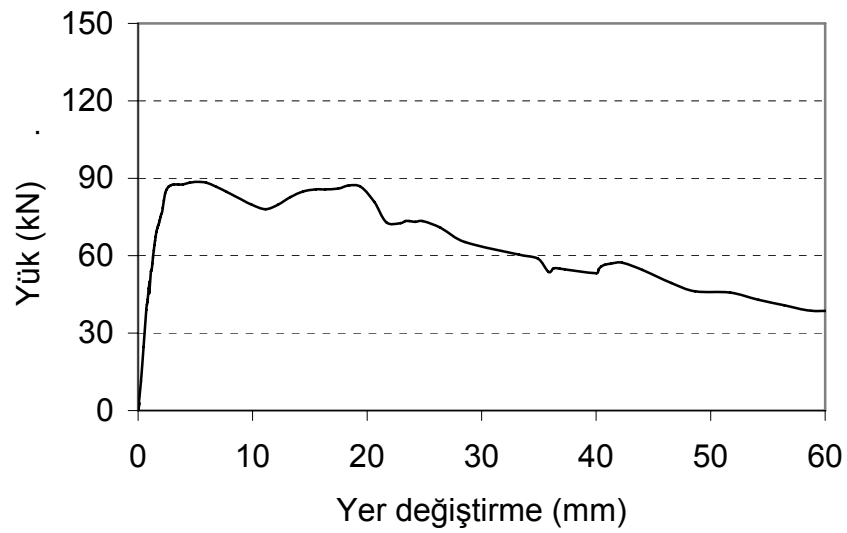
Tablo 5.47’de 6+8.D1.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.89’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.90’da verilmiştir.

Tablo 5.47: 6+8.D1.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.D1.2
Azami yük	88.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	13.7 kN
Göçme Tipi	Sıyırılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.89: 6+8.D1.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.90: 6+8.D1.2 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi

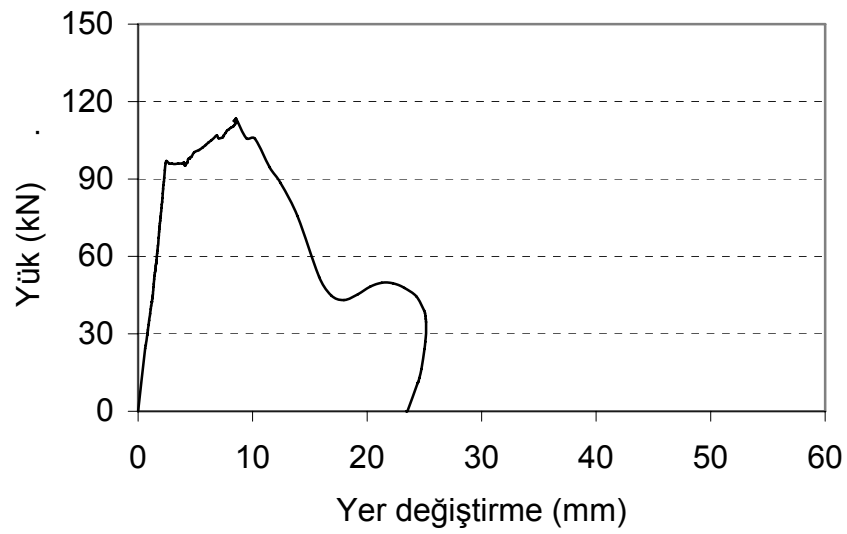
Tablo 5.48’de 6+8.D1.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.91’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.92’de verilmiştir.

Tablo 5.48: 6+8.D1.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.D1.3
Azami yük	113.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	17.6 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.91: 6+8.D1.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.92: 6+8.D1.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

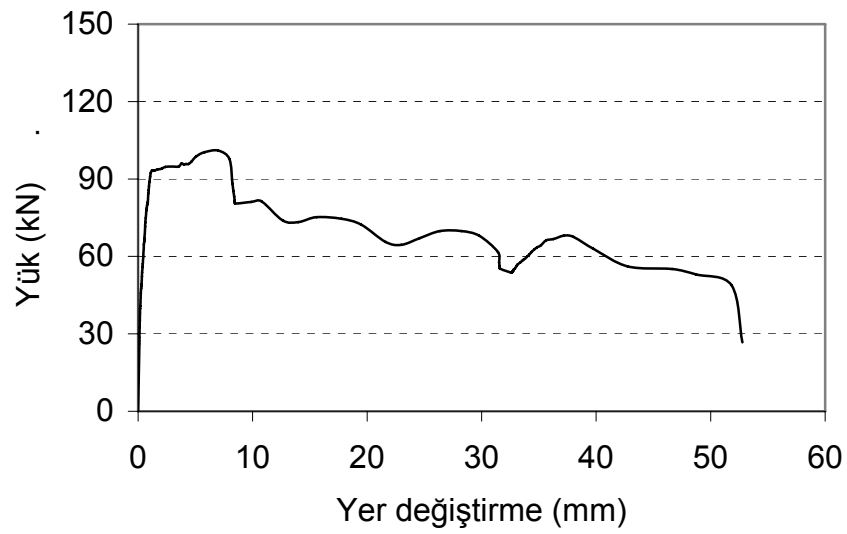
Tablo 5.49’da 6+8.D2.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.93’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.94’te verilmiştir.

Tablo 5.49: 6+8.D2.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.D2.1
Azami yük	101.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	14.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.93: 6+8.D2.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.94: 6+8.D2.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

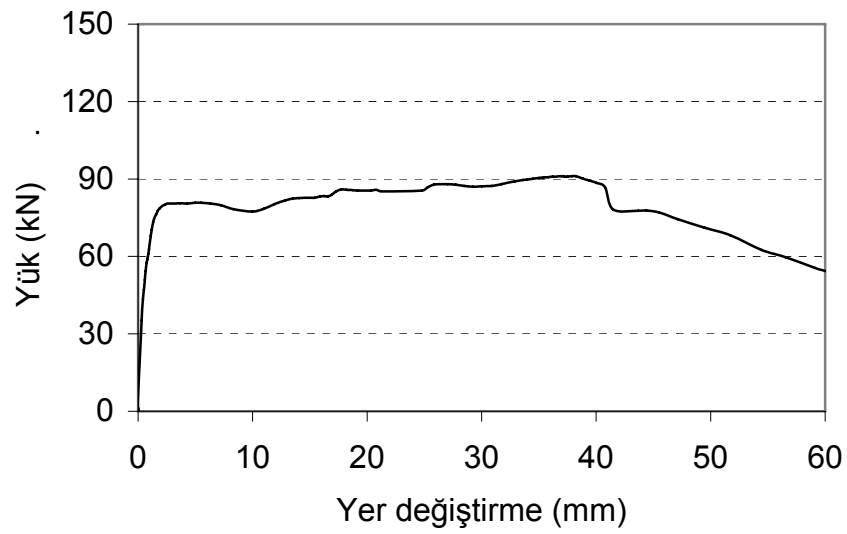
Tablo 5.50’de 6+8.D2.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.95’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.96’da verilmiştir.

Tablo 5.50: 6+8.D2.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.D2.2
Azami yük	91.1 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	13.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.95: 6+8.D2.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.96: 6+8.D2.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

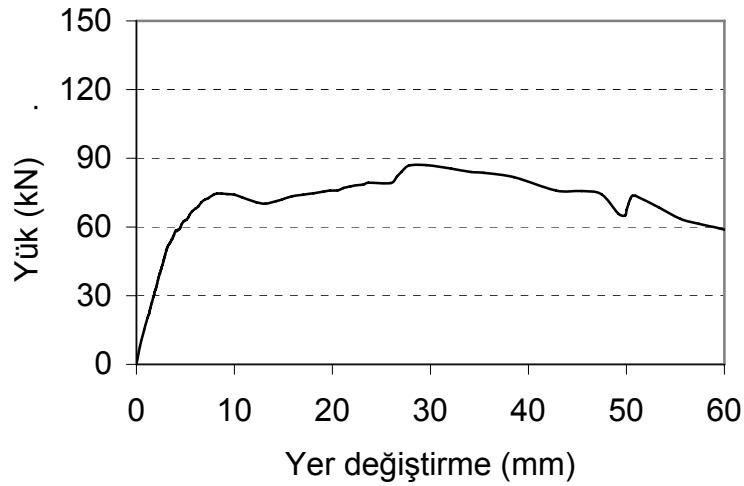
Tablo 5.51’de 6+8.D2.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.97’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.98’de verilmiştir.

Tablo 5.51: 6+8.D2.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+8.D2.3
Azami yük	87.0 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	12.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	128 mm



Şekil 5.97: 6+8.D2.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.98: 6+8.D2.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

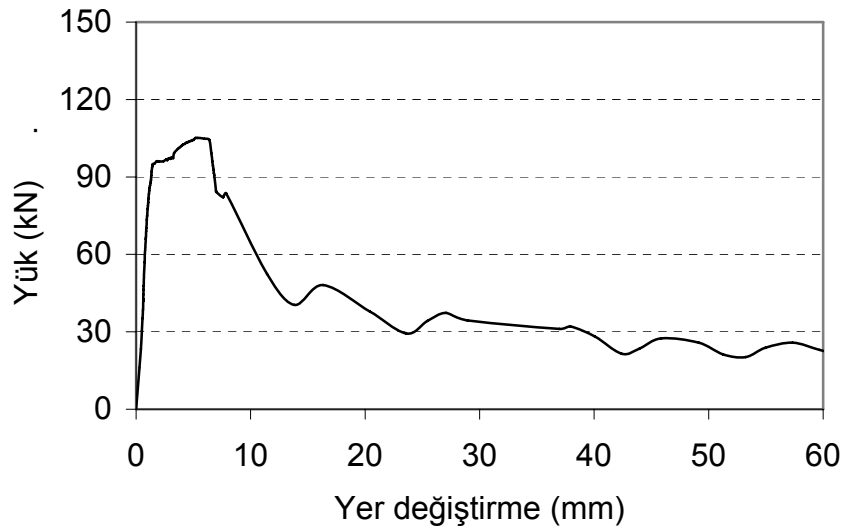
Tablo 5.52’de 6+6.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.99’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.100’de verilmiştir.

Tablo 5.52: 6+6.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.C1
Azami yük	105.1 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	21.7 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.99: 6+6.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.100: 6+6.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

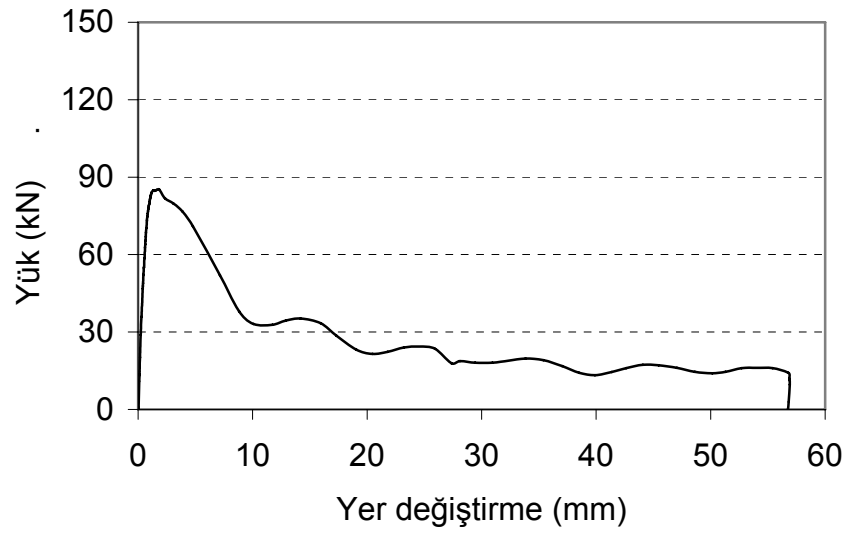
Tablo 5.53'te 6+6.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.101'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.102'de verilmiştir.

Tablo 5.53: 6+6.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.C2
Azami yük	85.2 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	17.6 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.101: 6+6.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.102: 6+6.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

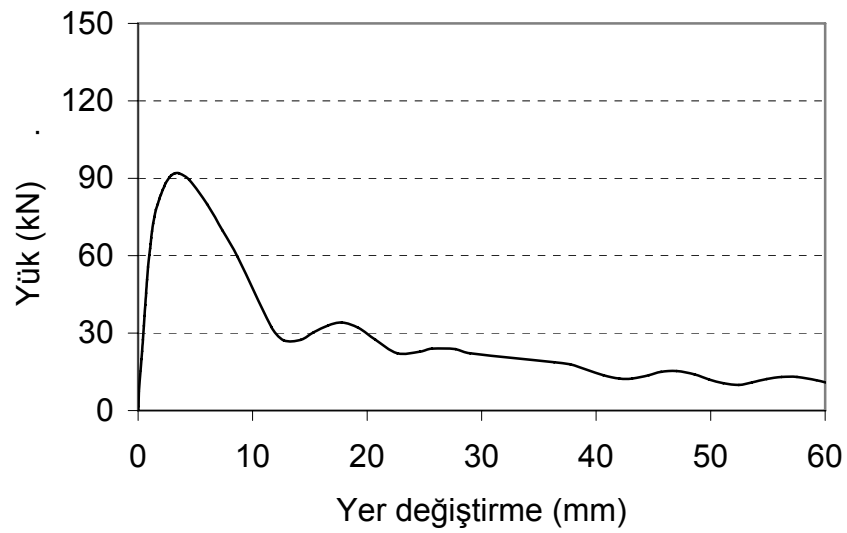
Tablo 5.54'te 6+6.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.103'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.104'te verilmiştir.

Tablo 5.54: 6+6.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.C3
Azami yük	91.9 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	19.0 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.103: 6+6.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.104: 6+6.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

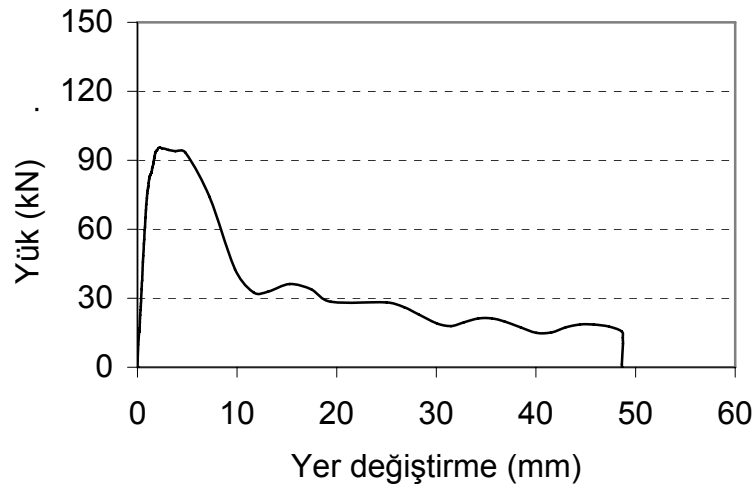
Tablo 5.55’te 6+6.C.4 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.104’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.105’te verilmiştir.

Tablo 5.55: 6+6.C.4 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+6.C4
Azami yük	95.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	19.8 kN
Göçme Tipi	Sıyırılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	96 mm



Şekil 5.105: 6+6.C.4 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.106: 6+6.C.4 Numunesine ait Yük – Sıyırılma İlişkisi

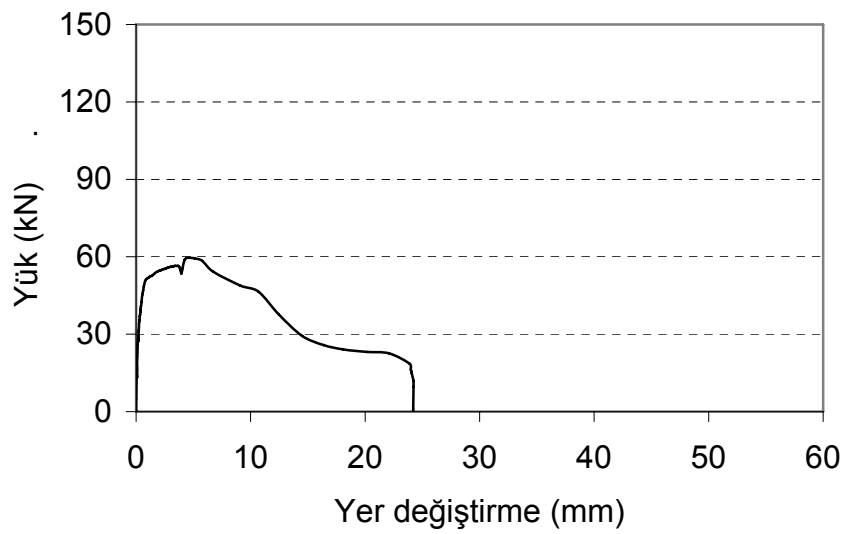
Tablo 5.56’da 6+4.C.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.106’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.107’de verilmiştir.

Tablo 5.56: 6+4.C.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.C.1
Azami yük	59.6 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	18.5 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.107: 6+4.C.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.108: 6+4.C.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

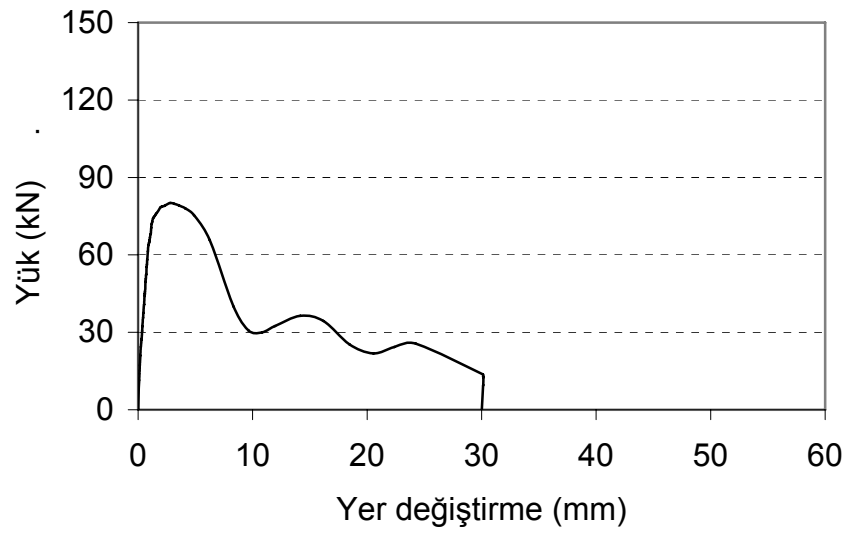
Tablo 5.57’de 6+4.C.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.108’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.109’da verilmiştir.

Tablo 5.57: 6+4.C.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.C.2
Azami yük	80.1 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	24.8 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.109: 6+4.C.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.110: 6+4.C.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

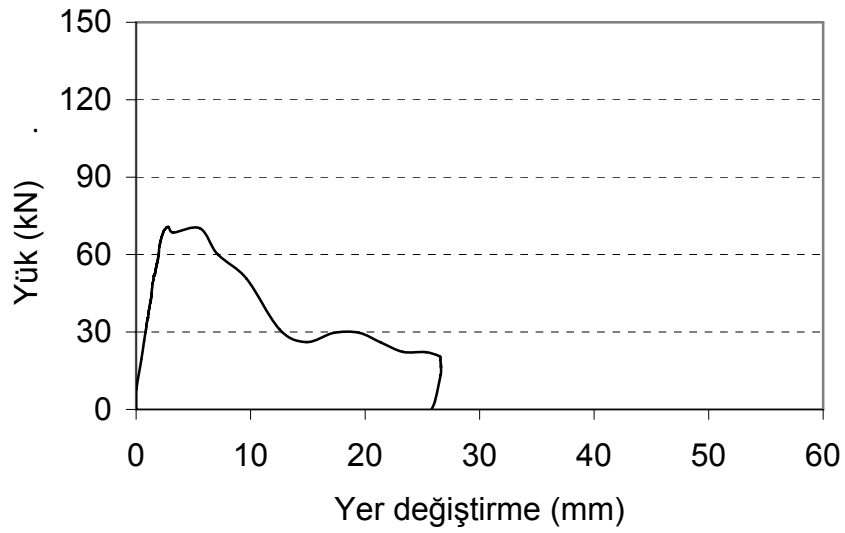
Tablo 5.58’de 6+4.C.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.110’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.111’de verilmiştir.

Tablo 5.58: 6+4.C.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.C.3
Azami yük	70.7 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	21.9 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.111: 6+4.C.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.112: 6+4.C.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

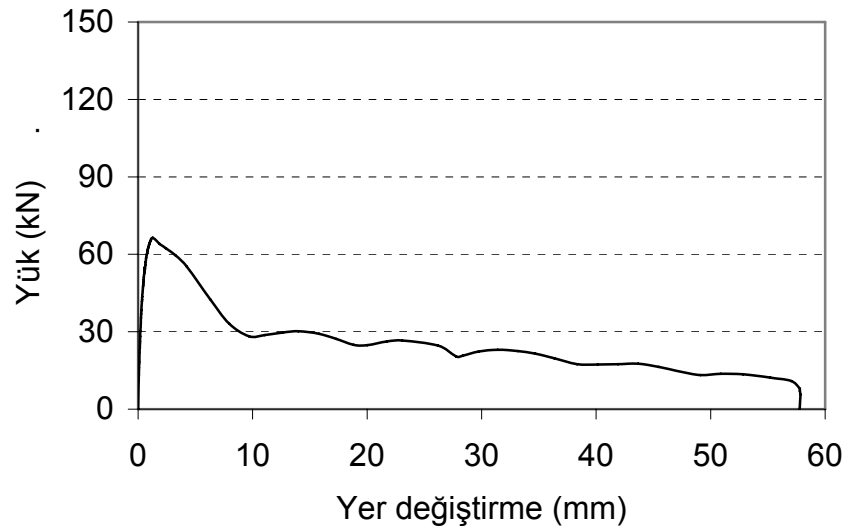
Tablo 5.59’da 6+4.C.4 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.112’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.113’te verilmiştir.

Tablo 5.59: 6+4.C.4 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.C.4
Azami yük	66.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	20.6 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.113: 6+4.C.4 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.114: 6+4.C.4 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

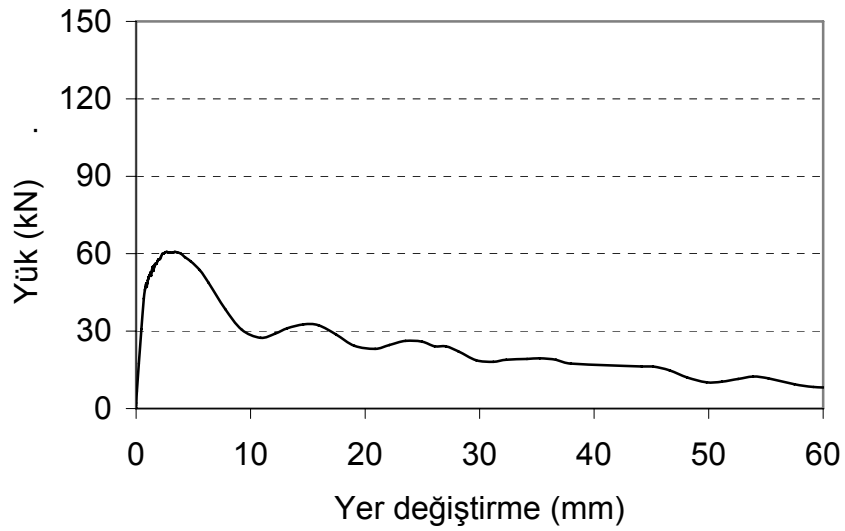
Tablo 5.60’da 6+4.D1.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.114’te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.115’te verilmiştir.

Tablo 5.60: 6+4.D1.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.D1.1
Azami yük	60.7 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	18.8 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.115: 6+4.D1.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.116: 6+4.D1.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

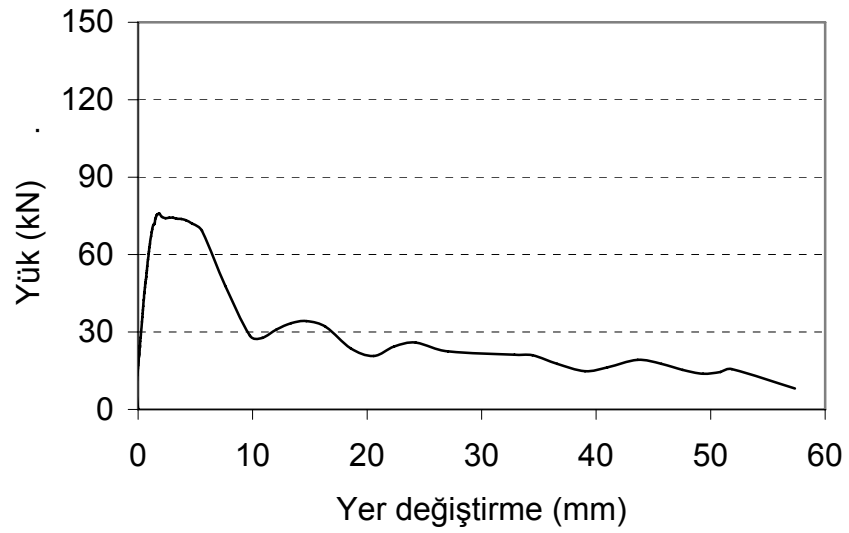
Tablo 5.61’de 6+4.D1.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.116’da deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.117’de verilmiştir.

Tablo 5.61: 6+4.D1.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.D1.2
Azami yük	75.9 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	23.5 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.117: 6+4.D1.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.118: 6+4.D1.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

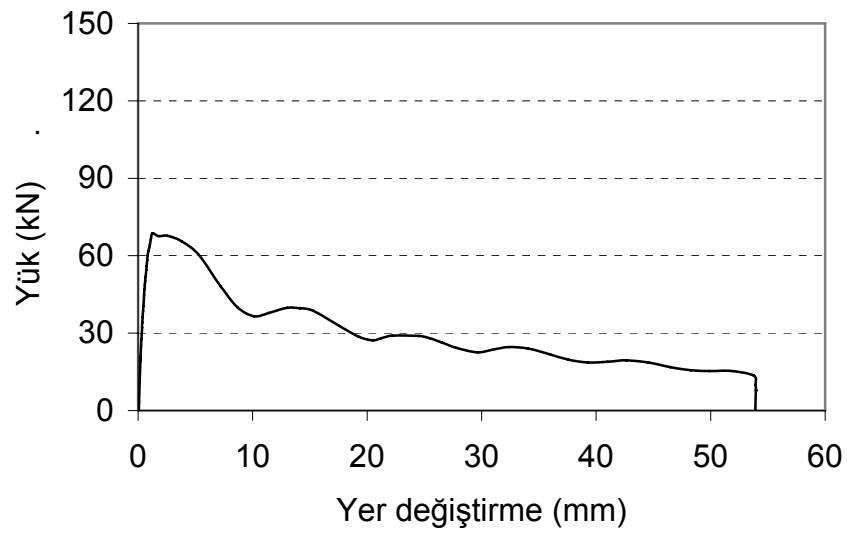
Tablo 5.62’de 6+4.D1.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.118’de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.119’da verilmiştir.

Tablo 5.62: 6+4.D1.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.D1.3
Azami yük	68.7 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	21.3 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.119: 6+4.D1.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.120: 6+4.D1.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

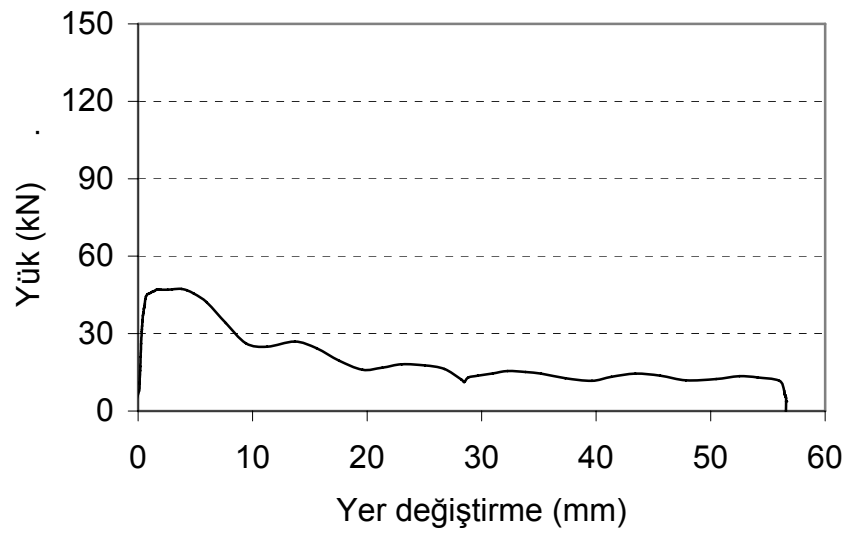
Tablo 5.63'te 6+4.D2.1 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.120'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.121'de verilmiştir.

Tablo 5.63: 6+4.D2.1 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.D2.1
Azami yük	47.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	14.7 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.121: 6+4.D2.1 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.122: 6+4.D2.1 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

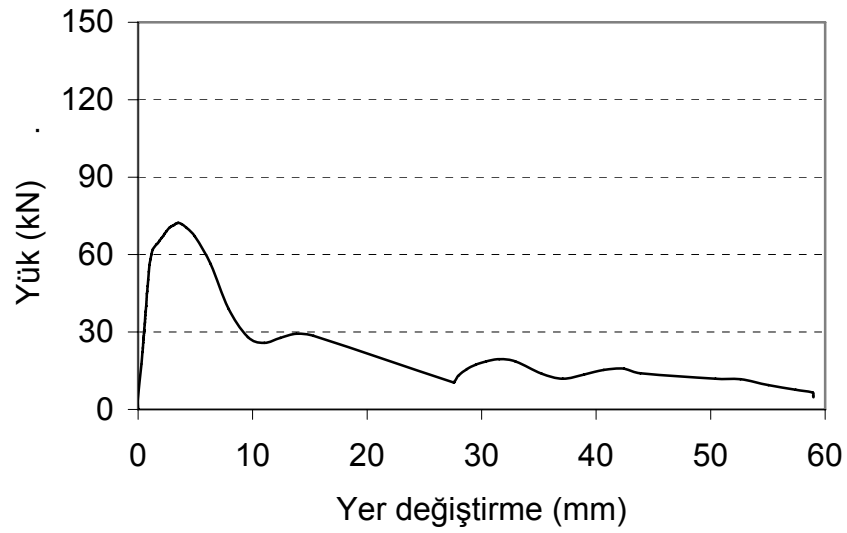
Tablo 5.64'te 6+4.D2.2 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.122'de deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.123'te verilmiştir.

Tablo 5.64: 6+4.D2.2 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.D2.2
Azami yük	72.3 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	22.4 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.123: 6+4.D2.2 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.124: 6+4.D2.2 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

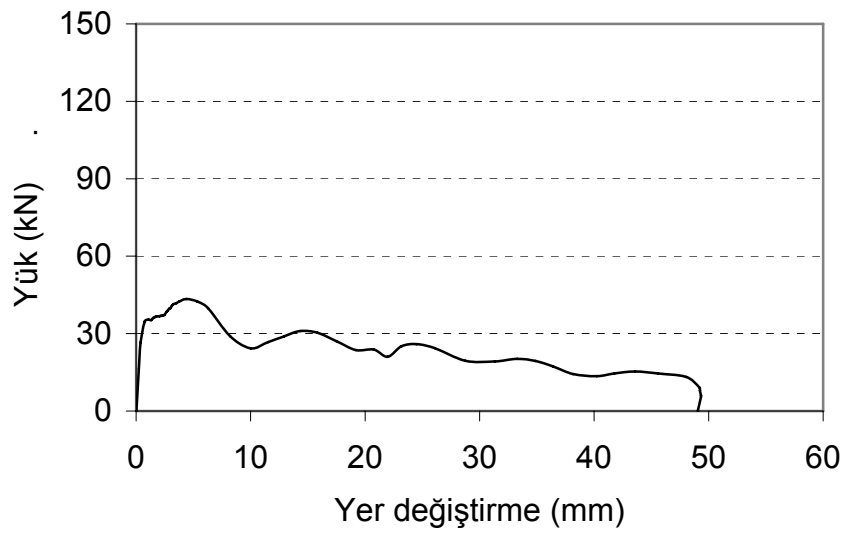
Tablo 5.65'te 6+4.D2.3 numunesine ait deneysel veriler, Şekil 5.124'te deney resimleri görülmektedir. Deneye ait yük yerdeğiştirme grafiği Şekil 5.125'te verilmiştir.

Tablo 5.65: 6+4.D2.3 Numunesine ait Veriler

Numune adı	6+4.D2.3
Azami yük	43.4 kN
Eşdeğer Yapışma Dayanımı	13.4 kN
Göçme Tipi	Sıyrılma
Serbest derinlik	96 mm
Bağlı Derinlik	64 mm



Şekil 5.125: 6+4.D2.3 Numunesine ait Deney Resimleri



Şekil 5.126: 6+4.D2.3 Numunesine ait Yük – Sıyrılma İlişkisi

6. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 GİRİŞ

Bu bölümde deney programı içerisinde gerçekleştirilen deney verileri karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Numune gruplarına ait davranış eğrileri toplu halde verilecek, deney verilerine ilişkin göçme yükleri, düzgün yayılı yapışma dayanımları, ortalama değerler ve sapma oranları ilgili tablolarla gösterilecektir. Tablolarda belirtilen standart sapma ve çeşitlilik (varyasyon) katsayıları bütün numune gruplarında göçme yükü için hesaplanmıştır.

Aynı değişkenlerle tekrarlanan numune gruplarından, büyük sapmalar gösterenlerin değerlendirme dışında tutulabilmesi için “Chauvenet Kriteri” ile inceleme yapılmış, bu yolla daha kesin bir değerlendirmeye zemin hazırlanmıştır.

Chauvenet kriterine göre; n yapılan deney (okuma) sayısını göstermek üzere; aritmetik ortalamadan sapma olasılığı $1/2n$ 'den daha küçük değerler değerlendirmeye dışı bırakılır. Okuma sayısına bağlı olarak; müsaade edilen sapmanın standart sapmaya oranı için sınır değerler getirilir. Bu sınır değerler Tablo 6.1'de görülmektedir, [15].

Tablo 6.1: Numune Sayısına Göre Chauvenet Kriteri Sınır Değerleri

Okuma Sayısı	Müsaade Edilen Sapma / Standart Sapma
2	1.15
3	1.38
4	1.54
5	1.65

Chauvenet kriteri uyarınca; bir numune için okunan değer o değişkenlere sahip ortalama değerlere olan farkı (müsaade edilen sapma), o deney grubuna ait standart sapma oranına bölünerek sınır değerlere uygunluğu kontrol edilmiştir. Chauvenet kriteri ile belirlenen değerlendirilebilir aralık 6.1 denklemindeki gibidir.

$$\left| x - x_n \right| / \gamma = z \quad (6.1)$$

x , bir numuneye ait ölçüm değerini; x_m , aynı özellikteki numunelerin ortalama değerini; γ , bu numuneler için ölçüm değerinin standart sapmasını belirtmektedir. z değeri tablo 6.1'den okuma sayısına göre seçilen sapma değeridir.

Chauvenet kriteri uyarınca genel değerlendirmeye alınmayan numuneler, yeri geldikçe belirtilmiştir.

Bu bölümde ayrıca, deney programında ele alınan ankraj numunelerinin süneklikleri üzerine bir yaklaşım getirilmiştir. Ankrajlarının sünekliklerinin karşılaştırılması; ankraj numunelerine ait yük yerdeğiştirme grafiğinin eğilimi incelenerek yapılmıştır.

Ankrajı ait yük yerdeğiştirme grafiğinin alanı ankraj tarafından yutulan enerjiyi vermektedir. Bu enerji ankrajı oluşturan donatının, yapıştırıcı kimyasalın ve beton elemanın elastik ve plastik şekil değiştirmeler ile sıyrılma sonucu yutulan enerji olarak kabul edilir. Kullanılan ankraj detaylarının farklılığı düşünülerek bu süneklik karşılaştırmasından, donatının şekil değiştirmesi ile yutulan enerjinin toplam enerjiden çıkarılması öngörülmüştür. Bu yaklaşımla, ankraj numunelerinin azami yüklerine ulaştıktan sonra donatının hiç plastik şekil değiştirme yapmadığı kabul edilmiştir. Azami yüke kadar grafiğin taradığı alan hem donatının yuttuğu toplam enerjinin hem ankrajın azami yüke kadar yuttuğu enerjinin toplamı kadar olacaktır. Bu alan; Şekil 6.1'de kırmızı çizgiler ile işaretlenen noktaya kadar grafiğin taradığı alandır. Denklem 6.2'de bu alan A_0 olarak gösterilmektedir.

$$A_0 = \int_0^{P_u} P(x) dx \quad (6.2)$$

Göçme ile birlikte ankrajın göçme yükünün %85'i kadar yük taşıdığı noktalara kadar taranan alanlar da plastik davranışın karşılaştırılması ve bir süneklik oranının tanımlanması için hesaplanmıştır. Şekil 6.29'da mavi çizgiler ile işaretlenmiş nokta azami yükün %85'ine karşılık gelen noktadır. Bu noktaya kadar grafiğin taradığı alan, donatının azami yüke kadar yuttuğu enerjinin ve ankrajın o yüke kadar yuttuğu enerjinin toplamı kadardır, (6.3).

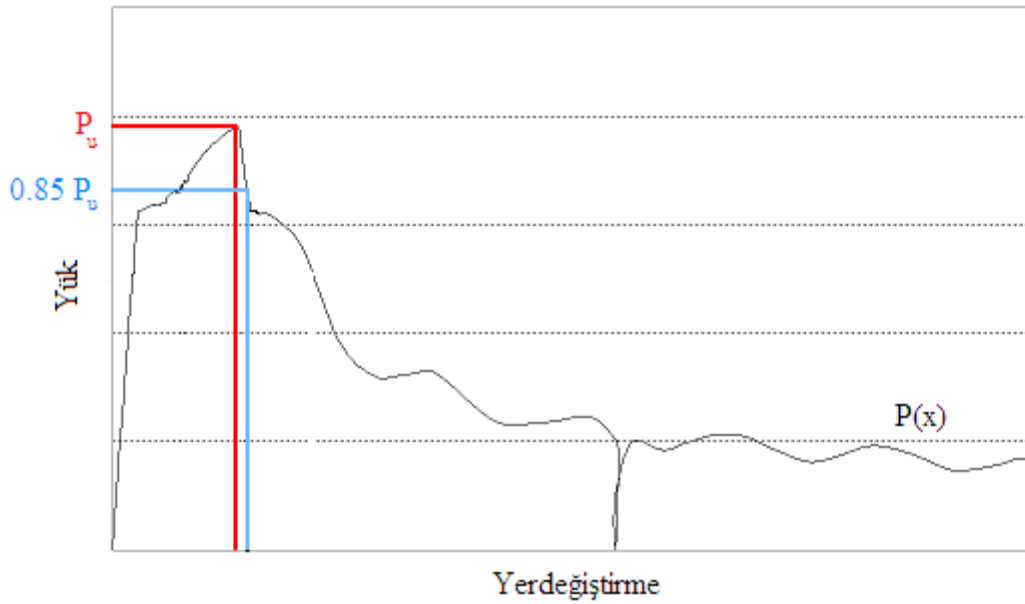
$$A_1 = \int_0^{0.85 P_u} P(x) dx \quad (6.3)$$

Bu integralde verilen $0.85 P_u$ değeri yük – yerdeğiştirme eğrisinin düşen koldaki değerleridir. Ankraj numunelerinin göçmeden sonra yuttuğu enerjilerin karşılaştırılması için; burada bir değer tanımlanacaktır. Yük yerdeğiştirme grafiğinin taradığı alanlarla elde edilen, yutulan enerji miktarını gösteren μ_1 değeri; ankraj numunesinin azami yüke ulaştıktan sonra bu yükün %85'ine kadar inen kolda taradığı alanı ifade etmektedir. Denklem 6.5'te μ_1 'in hesaplanması gösterilmektedir. Anlaşılabacağı gibi μ_1 'in birimi kNmm'dir.

$$\mu_1 = A_1 - A_0 \quad (6.5)$$

Göçme yükünün %85'ine karşılık gelen yerdeğiştirme değeri, rastgele alınan deney verileri ile elde edilemediği için; bu yükleri arasına alan iki veri noktası aralığında doğrusal enterpolasyon yapılmıştır.

Tüm numunelere ait göçme yükleri, yapışma dayanımları, μ_1 değerleri EK.1'de verilmiştir. Numunelerin göçme yüklerinde kadar olan davranışları, göçme yükleri ve yapışma dayanımları aracılığıyla değerlendirilmektedir.

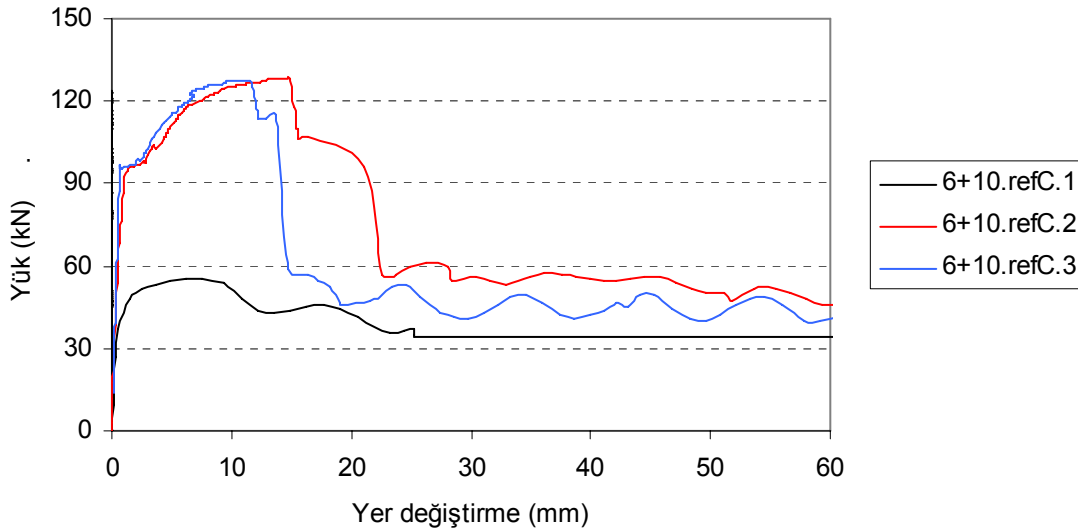


Şekil 6.1: Ankrajların Göçme Sonrası Yuttuğu Enerjinin Değerlendirilmesi

6.2 REFERANS YAPIŞMA DAYANIMININ ANKRAJ DERİNLİĞİ İLE DEĞİŞİMİ

Kullanılan epoksi bazlı bileşenin referans yapışma dayanımına ait deneylerin tamamında yapı kimyasalı ile beton arakesitinde sıyrılma gözlenmiştir.

6+10.refC.1 numunesi için yerdeğiştirme okuması yapılmamıştır. Şekil 6.2, 6+10.refC numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini toplu halde göstermektedir. Yerdeğiştirme okuması alınmış iki numune için davranış yakınlık göstermektedir. 6+10.refC numunelere ait deney verileri Tablo 6.2’de verilmektedir. Bu derinlikte hazırlanan referans yapışma dayanımı numuneleri deneylerinde, ankraj donatısı pekleşerek ani sıyrılma göçmesi gerçekleşmiştir. Okuma alınan iki numune için, μ_1 77.1 ile 92.9 değerlerini almıştır.

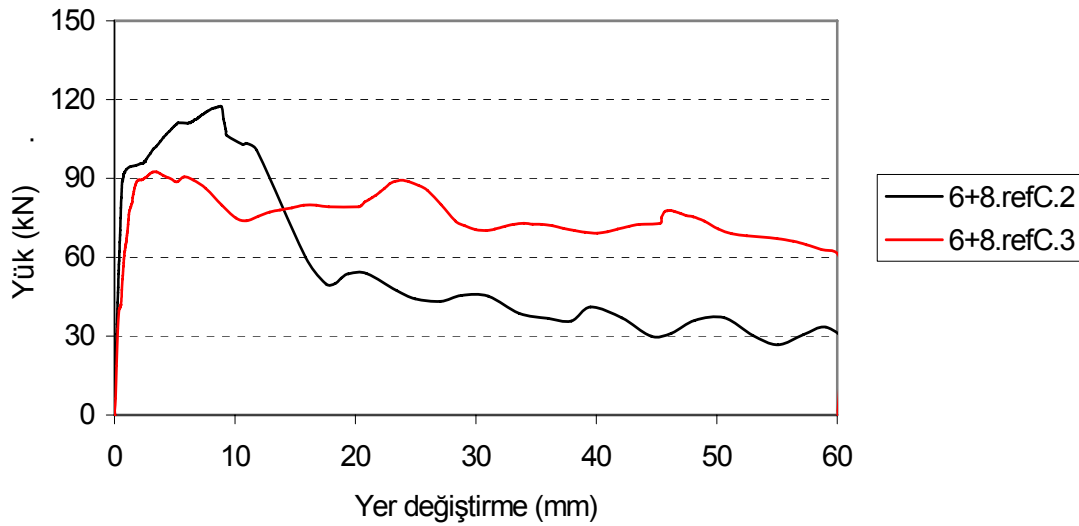


Şekil 6.2: 6+10.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.2: 6+10.refC Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+10.refC.1	123.6	126.5	15.4	15.7	2.5	2.0%
6+10.refC.2	128.3		16.0			
6+10.refC.3	127.5		15.9			

6+8.refC.1 numunesi için yerdeğiştirme okuması yapılmamıştır. 6+8.ref numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.3’te, deney verileri Tablo 6.3’te verilmektedir. 6+8.refC.3 numunesinin yük yerdeğiştirme ilişkisindeki farklılık, aynı plakta bulunan diğer numunelerin deneyleri sırasında kesitte kılcal çatlaklar oluştuğu şeklinde yorumlanmaktadır. Bu davranış mekanik sürtünme davranışı eğilimindedir. Bütün numuneler Chauvenet kriterince değerlendirmeye dahil edilmiştir. Davranışın sünekliği açısından ikinci ve üçüncü numuneler karşılaştırıldığında, μ_1 değeri mekanik sürtünme ile göçme davranışında (μ_1 ikinci numune için 71.2, üçüncü numune için 500.9) 7 kat daha büyüktür. Bu durum plastik şekildeğiştirmelerle yutulan enerji açısından faydalı gibi görünse de; mekanik sürtünme ile sıyrılan numunede ankraj donatısının akmadan göçmesi ankrajın sünekliği konusunda daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır. Üçüncü numunenin göçme yükündeki sapma da gözden kaçırılmamalıdır.



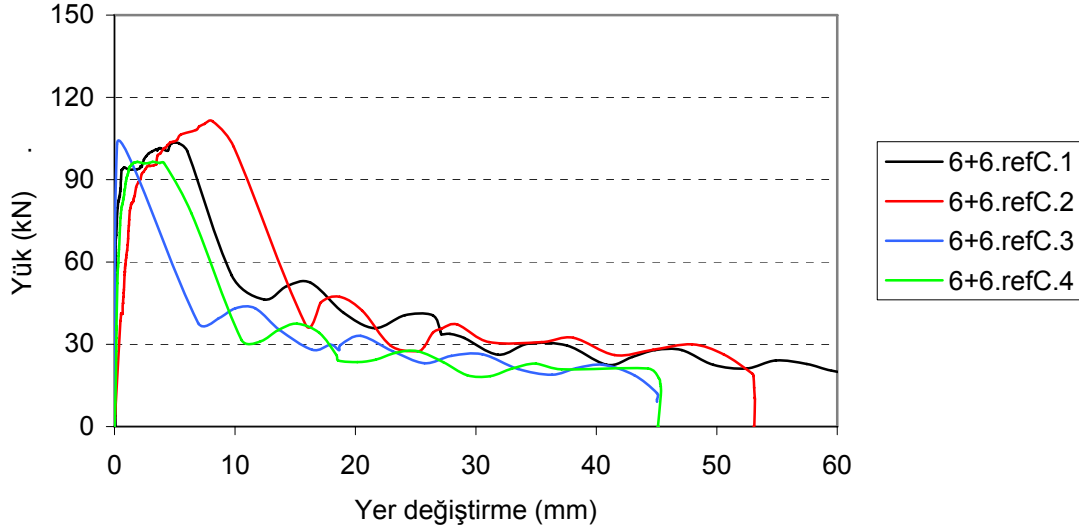
Şekil 6.3: 6+8.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.3: 6+8.refC Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+8.refC.1	121.8	110.5	18.9	17.2	15.8	14.3%
6+8.refC.2	117.2		18.2			
6+8.refC.3	92.5		14.4			

6+6.ref numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.4’te, deney verileri Tablo 6.4’te verilmektedir. Davranış tüm numuneler için benzerlik göstermektedir. Bütün numuneler akma

dayanımına yakın değerlerde sıyrılma tipi göçme mekanizması gerçekleştirmişlerdir. Bu numunelerin μ_1 süneklikleri daha derin numunelerdekilerden daha yüksek çıkmıştır. μ_1 değerleri 196.2 ile 255.2 arasında değişmiştir.

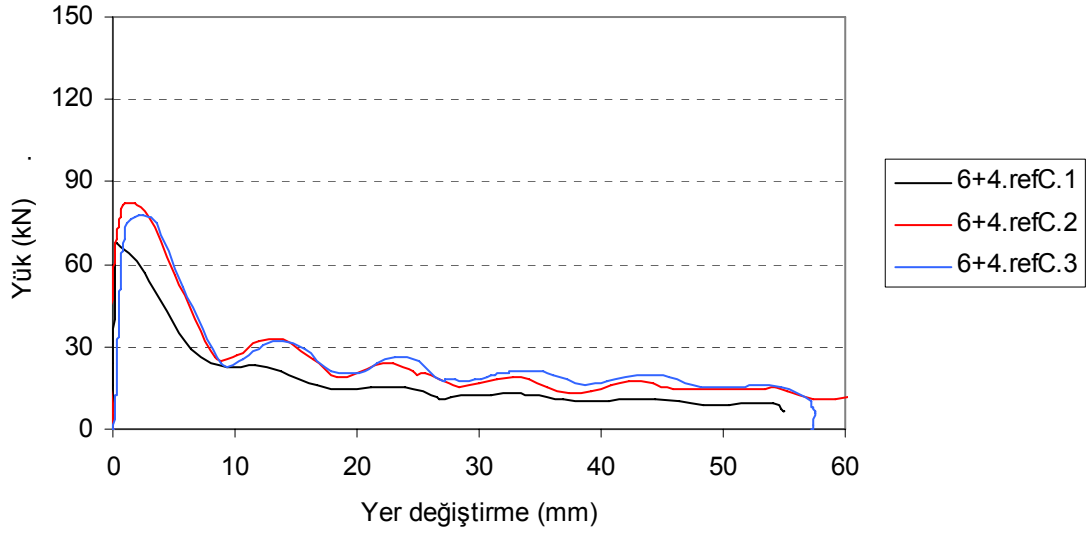


Şekil 6.4: 6+6.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.4: 6+6.refC Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+6.refC.1	103.5	103.6	21.4	21.5	6.1	17.1
6+6.refC.2	111.3		23.1			
6+6.refC.3	103.0		21.3			
6+6.refC.4	96.5		20.0			

6+4.ref numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.5'te, deney verileri Tablo 6.5'te verilmektedir. Davranış tüm numuneler için benzerlik göstermektedir. μ_1 125.2 ile 185.6 arasında değerler almıştır. Ankraj derinliği azaldıkça, göçme sonrası enerji yutumu da azalmıştır.

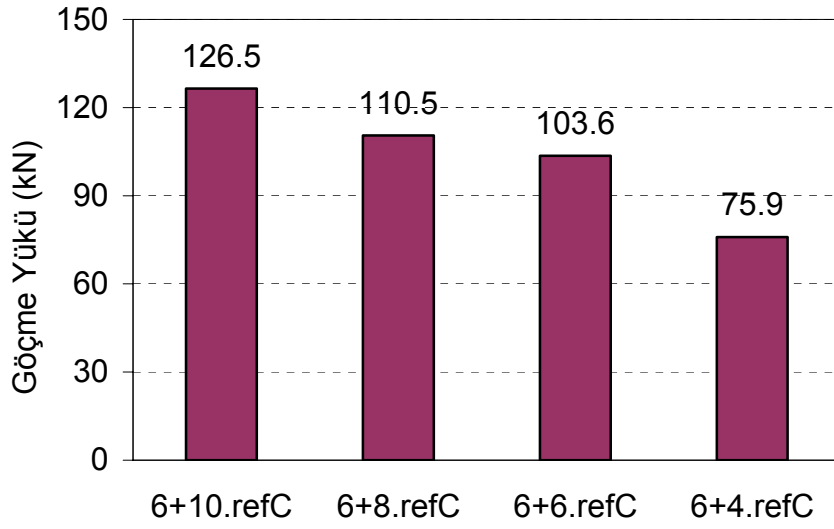


Şekil 6.5: 6+4.refC Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

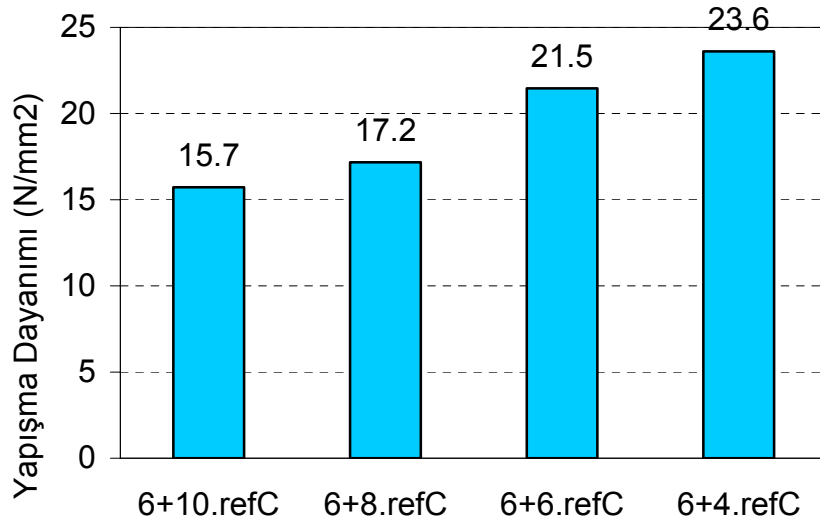
Tablo 6.5: 6+4.refC Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+4.refC.1	67.4	75.9	21.0	23.6	7.7	10.2%
6+4.refC.2	82.4		25.6			
6+4.refC.3	78.0		24.2			

Kısmi bağlı numunelerin temiz yüzeylerde; ortalama göçme yüklerinin ankraj derinliğiyle değişimi Şekil 6.6 (a)'da, ait ve ortalama referans yapışma dayanımının ankraj derinliğiyle değişimi Şekil 6.6 (b)'de verilmiştir. Referans yapışma dayanımının temiz yüzeylerde derinlikle arttığı, ancak bu artışın doğrusal olmadığı görülmektedir. Eşdeğer düzgün yayılı referans yapışma dayanımı, derinlik arttıkça azalmaktadır.



(a)



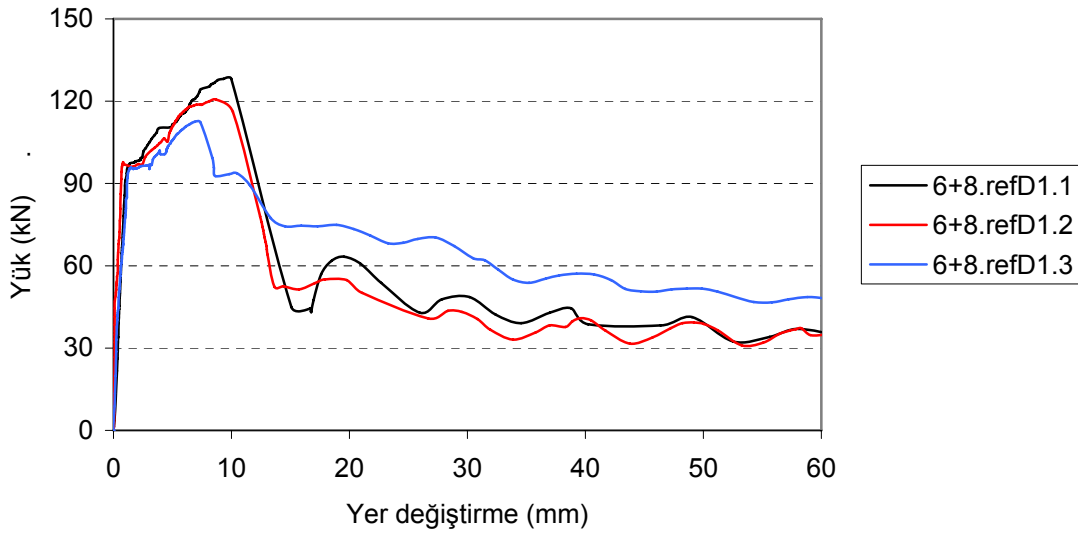
(b)

Şekil 6.6: Temiz Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Referans Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi

Kesitte bulunduğu varsayılan kılcal çatlaklar yüzünden mekanik göçme davranışı göstermiş numune değerlendirme dışında tutularak; ankraj donatısının aktığı derin numunelerde yutulan enerji miktarının düştüğü, ancak ardışık yüklerde enerji yutma kapasitesinin arttığı görülmüştür.

6.3 REFERANS YAPIŞMA DAYANIMININ YÜZEY TEMİZLİĞİ KOŞULLARIYLA İLİŞKİSİ

6+8.refD1 numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.7’de, deney verileri Tablo 6.6’da verilmektedir. Davranış tüm numuneler için benzerlik göstermektedir. Göçme yükü görece düşük olan üçüncü numune, göçme sonrası daha büyük yüklerde şekildeğiştirmeler yapmıştır. 6+8.refC.3 numunesi yük – şekildeğiştirme grafiğine (Şekil6.2) davranış açısından yakınlık göstermesi, bu numunenin deneyinden önce; aynı plakta bulunan diğer numunelerin deneyleri sırasında kesitte kılcal çatlaklar oluştuğu şeklinde yorumlanmaktadır. Nitekim oluştuğu varsayılan kılcal çatlakların etkisi, bahsi geçen 6+8.refC.3 numunesi kadar belirgin değildir. Bu durum, çatlamış kesitlerdeki ankrajların eksenel çekme yükleri altında, yapışma dayanımını bölgesel olarak yitirebildiğini; mekanik sürtünme ile yapışma dayanımının aşılmasının, kesitteki çatlak durumuyla ilgili olarak, birlikte gerçekleştirdiğini göstermektedir. Chauvenet kriteri ile incelendiğinde üçüncü numune değerlendirmeye dahil edilmiştir. 6+8.D1 serisinin birinci ve ikinci numunesine ilişkin μ_1 değerleri sırasıyla 139.6 ve 258.7 olmuştur.

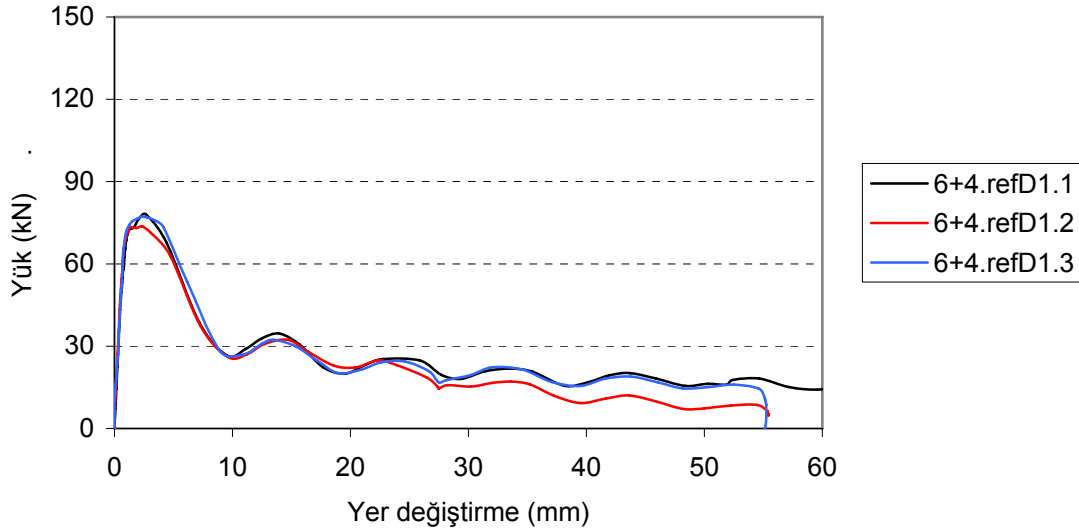


Şekil 6.7: 6+8.refD1 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.6: 6+8.refD1 Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+8.refD1.1	128.1	120.4	19.9	18.7	7.8	6.5%
6+8.refD1.2	120.6		18.7			
6+8.refD1.3	112.5		17.5			

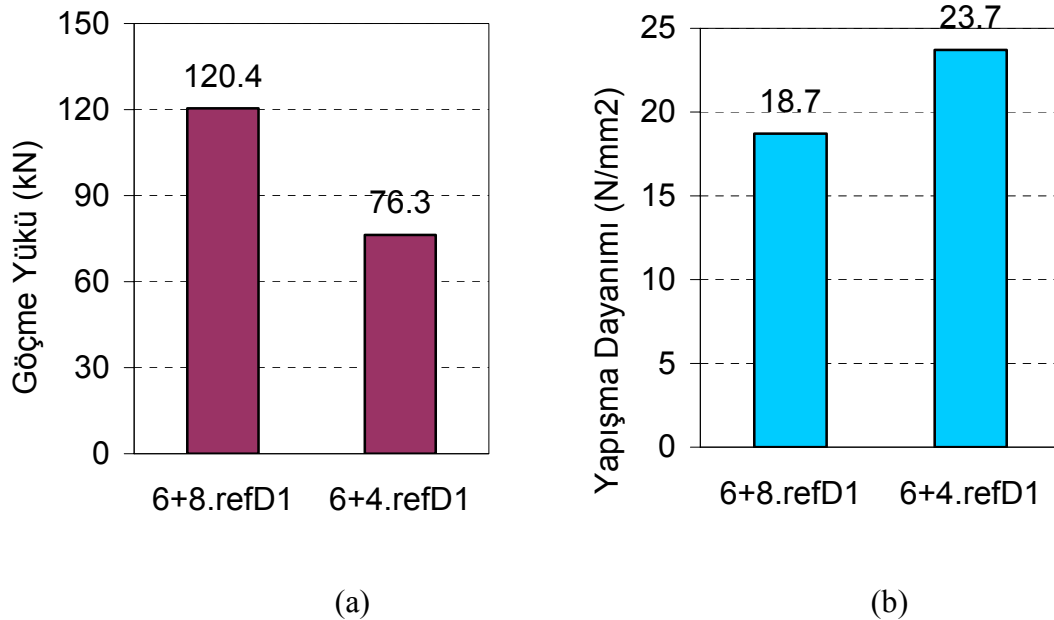
6+4.refD1 numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.8’de, deney verileri Tablo 6.7’de verilmektedir. Davranış tüm numuneler için benzerlik göstermektedir. Göçme mekanizması tüm numunelerde sıyrılma ile gerçekleşmiştir. μ_1 değerleri 137.1 ile 193.5 arasında değişmiştir.

**Şekil 6.8:** 6+4.refD1 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.7: 6+4.refD1 Numunelere Ait Deney Verileri

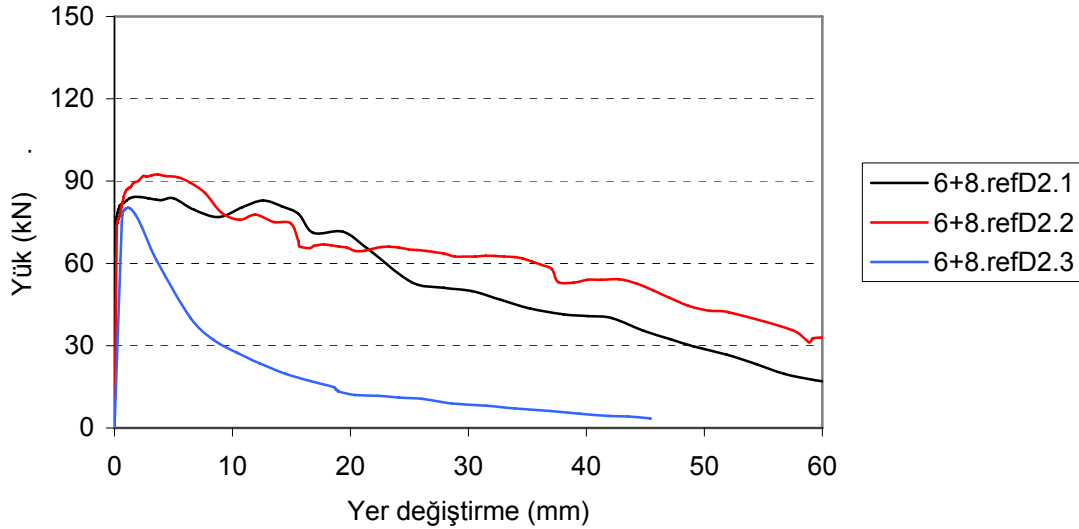
Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+4.refD1.1	78.0	76.3	24.2	23.7	2.3	3.1%
6+4.refD1.2	73.6		22.9			
6+4.refD1.3	77.2		24.0			

Şekil 6.9’da tozu atılmış yüzeylerde göçme yükünün ve referans yapışma dayanımının ankraj derinliği ile değişimi gösterilmektedir. Temiz yüzeylerde olduğu gibi; referans yapışma dayanımı derinlikle arttığı, ancak bu artışın doğrusal olmadığı şekillerde görülmektedir. Eşdeğer düzgün yayılı referans yapışma dayanımı, derinlik arttıkça azalmaktadır. Tozu atılmış yüzeylerde hazırlanan ankrajlarda ankraj göçme sonrası yutulan enerjinin derinlikle kayda değer bir ilişkisi tespit edilmemiştir. Tozu atılmış yüzeylerde hazırlanan ankrajların göçme sonrası enerji yutum özellikleri temiz yüzeylerdeki ankrajlar gibidir.



Şekil 6.9: Tozu Atılmış Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Referans Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi

6+8.refD2 numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.10’da, deney verileri Tablo 6.8’de verilmektedir. 6+8.refD2.3 numunesi hariç; davranış tüm numuneler için benzerlik göstermektedir. Yük – yerdeğiştirme grafiği ani güç tükenmesini işaret eden üçüncü numunenin bu davranışı beton kesitin; aynı plakta önceden tamamlanmış numunelerden oluşmuş kılcal çatlakların da etkisiyle; eğilme dayanımına ulaştığı şeklinde yorumlanmaktadır. Chauvenet kriteri ile incelendiğinde, bu numune değerlendirilebilir sınırlar içinde kalmıştır. 6+8.refD2 numuneleri için verilen ortalama değerler, üç numunenin ortalamasıdır. Mekanik sürtünme şeklinde açıklanabilecek göçme mekanizmasına sahip ilk numunenin göçme sonrası yuttuğu enerji oldukça yüksektir, ancak bu numunelerde göçme yükünün incelenen diğer iki yüzey koşullarındakilere oranla çok daha düşük olduğu, hiçbir ankrajda donatının akma dayanımına ulaşmadığı gözden kaçırılmamalıdır.

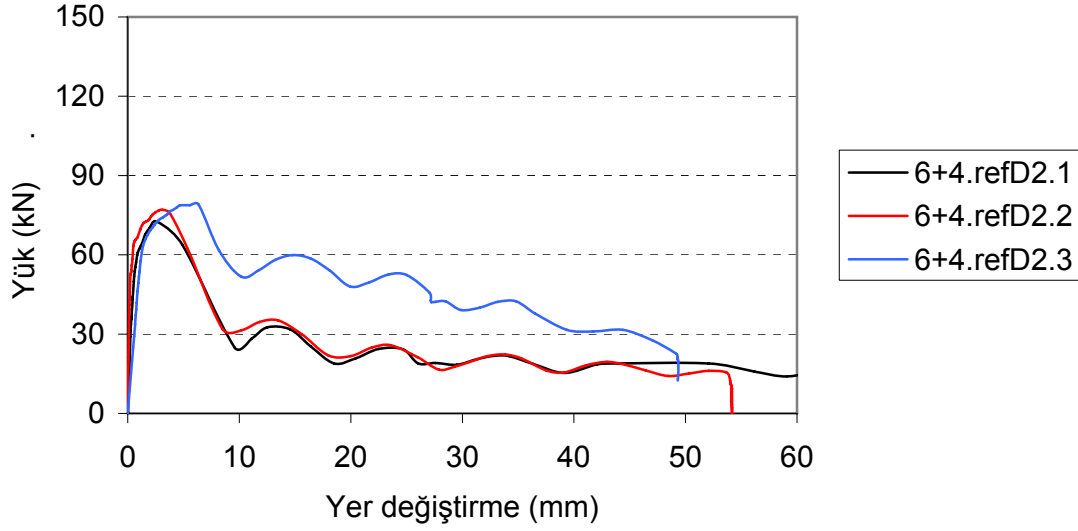


Şekil 6.10: 6+8.refD2 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.8: 6+8.refD2 Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+8.refD2.1	84.2	85.6	13.1	13.3	6.2	7.2%
6+8.refD2.2	92.4		14.4			
6+8.refD2.3	80.3		12.5			

6+4.refD2 numunelerin yük – şekildeğiştirme ilişkilerini Şekil 6.11’de, deney verileri Tablo 6.9’de verilmektedir. 6+4.refD2.3 numunesi hariç; davranış tüm numuneler için benzerlik göstermektedir. Bu farklılık betonun homojen yapıda olmamasından kaynaklanan, agrega yerleşimi gibi yerel bir durumun varlığı olduğu varsayımıyla açıklanmaktadır. Chauvenet kriteri ile incelendiğinde, bu numune değerlendirmeye dahil edilmiştir.



Şekil 6.11: 6+4.refD2 Numunelerine ait Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

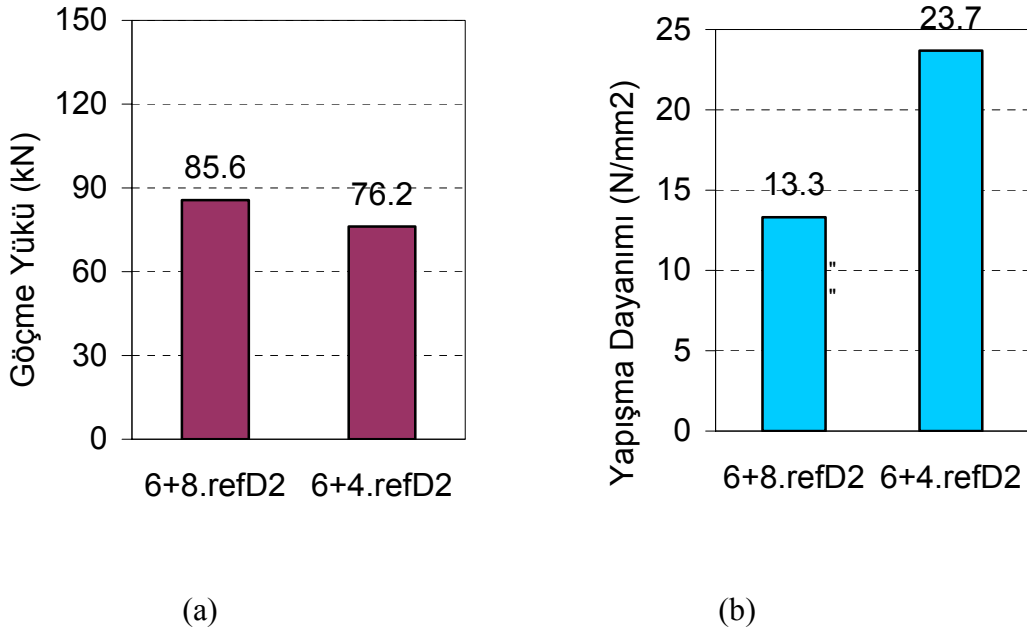
Tablo 6.9: 6+8.refD2 Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+4.refD2.1	72.6	76.2	22.6	23.7	3.3	4.3%
6+4.refD2.2	77		23.9			
6+4.refD2.3	79		24.6			

Şekil 6.12’de temizlenmemiş yüzeylerde göçme yükünün ve referans yapışma dayanımının ankraj derinliği ile değişimi gösterilmektedir. Temiz ve tozu atılmış yüzeylerde olduğu gibi; referans yapışma dayanımı derinlikle arttığı, ancak bu artışın doğrusal olmadığı

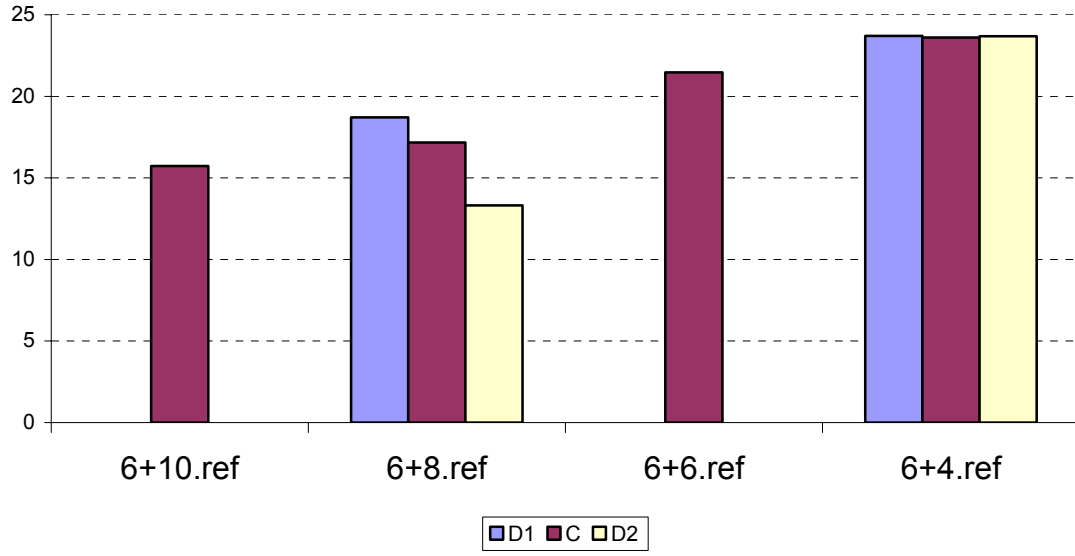
görülmektedir. Eşdeğer düzgün yayılı referans yapışma dayanımı, derinlik arttıkça azalmaktadır.

Şekil 6.13, Referans yapışma dayanımının ankraj derinliği ve yüzey işlemi ile değişimini göstermektedir. 6+4 tip ankrajların tamamında yüzey işleminden bağımsız olarak aynı referans yapışma dayanımına ulaşılmıştır. Bu yüzey koşullarının etkilerinin, referans yapışma dayanımları üzerinde derinlikle değişen bir dağılımı olduğunu göstermektedir. Kullanılan yapı kimyasalı tozu atılmış yüzeylerde (D1), temiz yüzeyler ile aynı yapışma dayanımını göstermektedir. Temizlenmemiş yüzeylerde ankraj derinliği arttıkça referans yapışma dayanımı, temiz (C) ve tozu atılmış (D1) yüzeylere göre daha hızlı düşmektedir.



Şekil 6.12: Temizlenmemiş Yüzeylerde Kısmi Bağlı Referans Yapışma Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Referans Yapışma Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi

Temizlenmemiş yüzeylerde referans yapışma dayanımı için imal edilen numunelerde göçme tipi çok değişken olmuştur. İki derinlikte hazırlanan altı adet temizlenmemiş numunenin yalnızca üç tanesi beklenen sıyrılma göçmesi şeklinde gerçekleşmiştir.

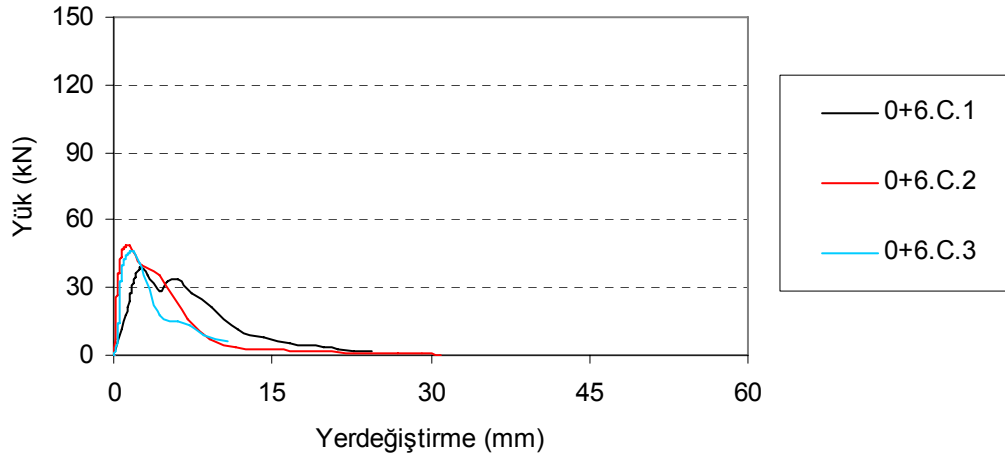


Şekil 6.13: Referans Yapışma Dayanımının Ankrāj Derinliği ve Yüzey İşlemi ile Değişimi

6.4 STANDART ANKRAJ UYGULAMA DETAYINDA YAPIŞMA DAYANIMININ ANKRAJ DERİNLİĞİ İLE DEĞİŞİMİ

Standart uygulama detayı ile tam bağlı olarak tasarlanan numunelerin tamamı konik kopma ve ardışık boyda sıyrılma göçmesi ile sonuçlanmıştır. Sıyrılma, yapı kimyasalı ile beton arakesitinde gerçekleşmiştir.

0+6 numunelerin tamamı yakın davranış göstermiştir. Şekil 6.14'te 6φ bağlı boyu bulunan tam bağlı numunelere ait yük – yerdeğiştirme grafiği toplu halde verilmektedir. Tablo 6.10'da 0+6.C numunelerin deney verileri verilmektedir.

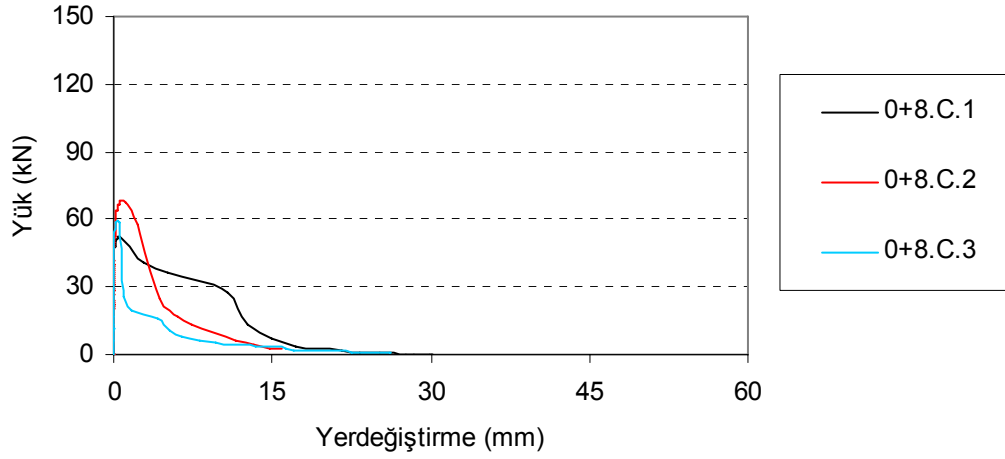


Şekil 6.14: 0+6.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.10: 0+6.C Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
0+6.C.1	38.8	44.5	8.0	9.2	5.1	11.5%
0+6.C.2	48.8		10.1			
0+6.C.3	45.8		9.5			

0+8.C.2 ve 0+8.C.3 numunesi benzer eğilim göstermiştir. 0+8.C.1 numunesinin yük yerdeğiştirme ilişkisindeki farklılık, aynı plakta bulunan diğer numunelerin deneyleri sırasında kesitte kılcal çatlaklar oluştuğu şeklinde yorumlanmaktadır. Şekil 6.15'te 8φ bağılı boyu bulunan tam bağılı numunelere ait yük – yerdeğiştirme grafiği toplu halde verilmektedir. Tablo 6.11'de 0+8.C numunelerin deney verileri verilmektedir.

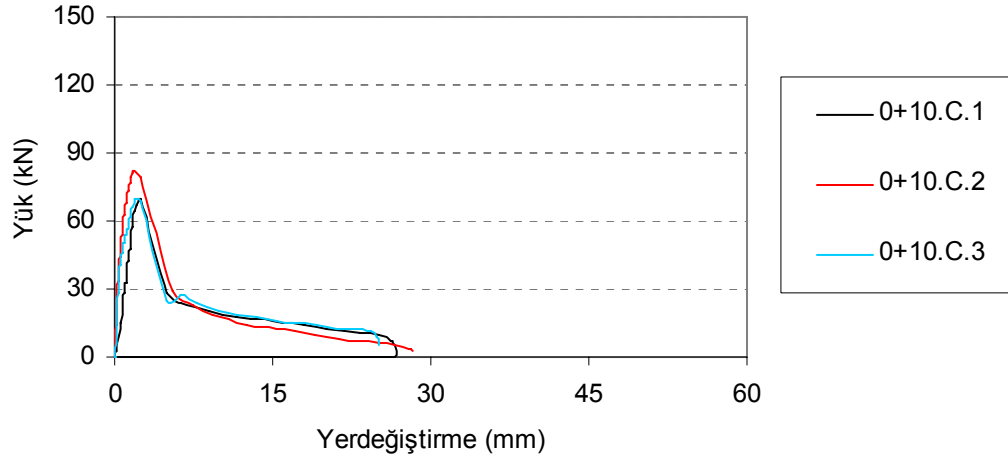


Şekil 6.15: 0+8.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.11: 0+8.C Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
0+8.C.1	52.0	59.9	8.1	9.3	8.1	13.5%
0+8.C.2	68.2		10.6			
0+8.C.3	59.6		9.3			

0+10 numunelerin tamamı yakın davranış göstermiştir. Şekil 6.16'da 10φ bağılı boyu bulunan tam bağılı numunelere ait yük – yerdeğiştirme grafiği toplu halde verilmektedir. Tablo 6.12'de 0+10.C numunelerin deney verileri verilmektedir.



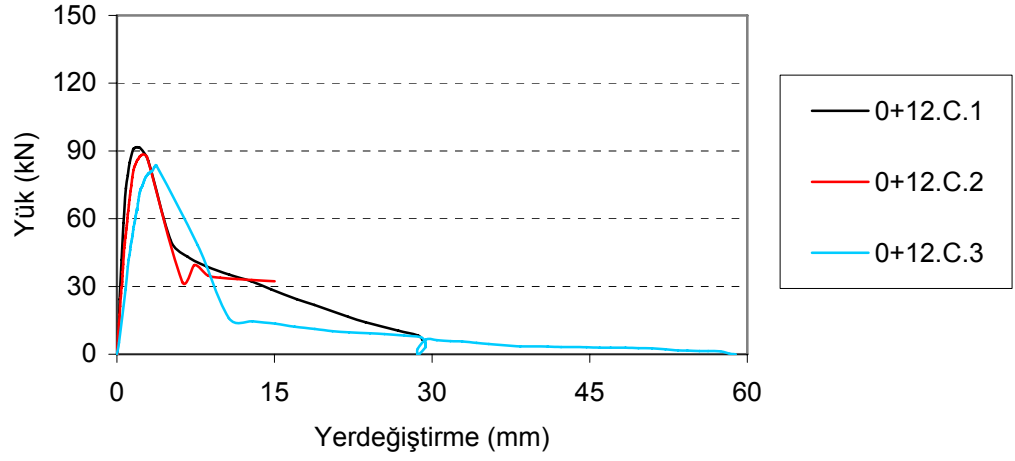
Şekil 6.16: 0+10 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.12: 0+10.C Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
0+10.C.1	69.4	73.8	8.6	9.2	7.3	9.9%
0+10.C.2	82.3		10.2			
0+10.C.3	69.8		8.7			

0+12 numunelerin tamamı yakın davranış göstermiştir. Şekil 6.17’de 12φ bağlı boyu bulunan tam bağlı numunelere ait yük – yerdeğiştirme grafiği toplu halde verilmektedir. Tablo 6.13’te 0+10.C numunelerin deney verileri verilmektedir.

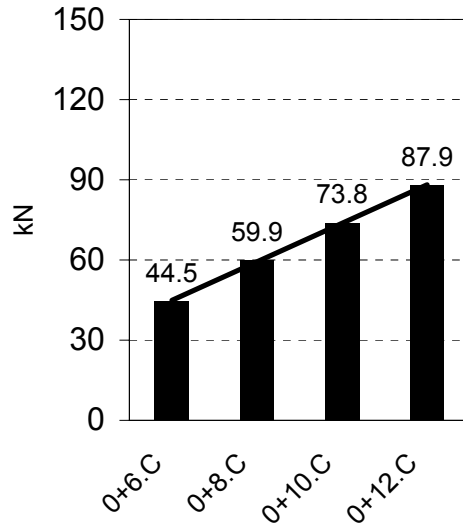
Değişik derinliklerde tam bağlı ankrajların göçme yükü, derinlik ile doğrusal değişmiş, üretici firmanın tavsiye ettiği, 3 MPa (7 günde betona yapışma dayanımı) değerinin üstünde yapışma dayanımı gözlenmiştir. Tam bağlı numuneler için ortalama göçme yükü Şekil 6.18’de; ortalama düzgün yayılı yapışma dayanımı Şekil 6.19’da verilmektedir. Şekil 6.20.’de tüm tam bağlı numunelerin göçme yükleri, göçme yüklerine ait eğilim çizgisi ve üretici firma tarafından önerilen yapışma dayanımına göre hesaplanan göçme yükleri verilmektedir.



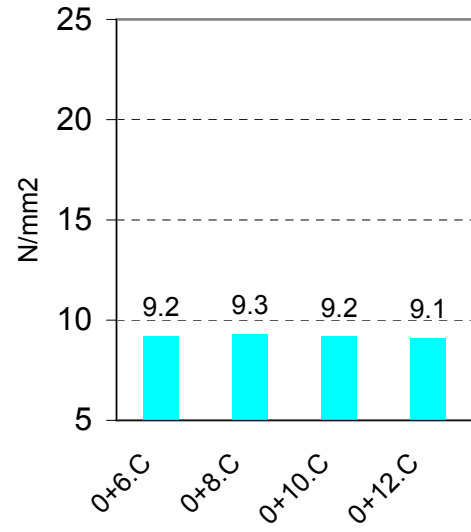
Şekil 6.17: 0+12 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.13: 0+12.C Numunelere Ait Deney Verileri

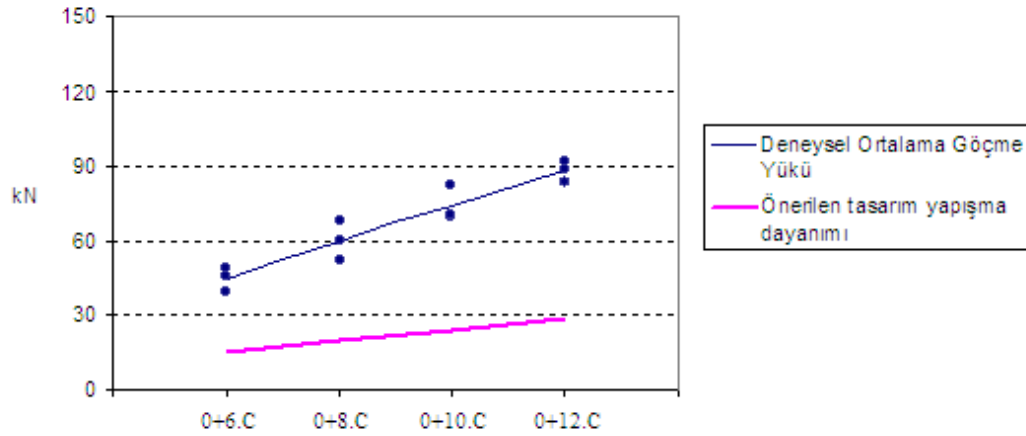
Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
0+12.C.1	91.6	87.9	9.5	9.1	4.0	4.6%
0+12.C.2	88.5		9.2			
0+12.C.3	83.6		8.7			



Şekil 6.18: Tam Bağlı Numuneler için Ortalama Göçme Yüğü



Şekil 6.19: Tam Bağlı Numuneler Ortalama Yapışma Dayanımı



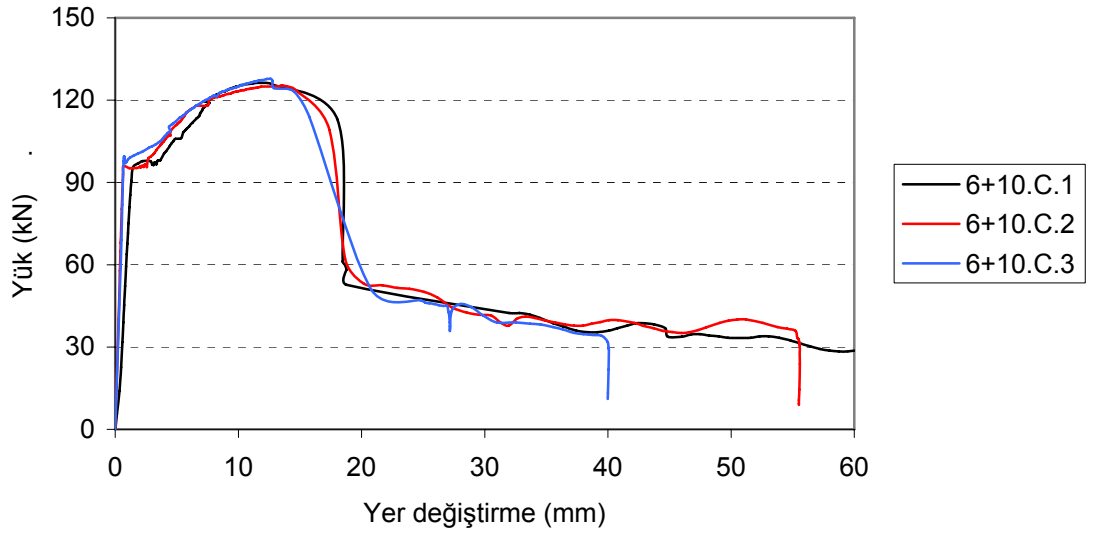
Şekil 6.20: Tam Bağlı Numunelerin Göçme Yüklerinin Tasarım Göçme Yükleri Üzerinde Dağılımı

Tam bağlı ankrajlarda yutulan enerjinin derinlikle birlikte arttığı görülmüştür. 0+6 ankrajlarda μ_1 ortalama 40.5 mertebesinde iken, 0+12 ankrajlarda 107.6 değerine çıkmıştır. Göçme sonrası, sürtünme kuvvetlerine bağlı olarak değişmesi beklenen yutulan enerji miktarı, derinlikle artmıştır.

6.5 KISMİ BAĞLI ANKRAJLARIN YAPIŞMA DAYANIMININ ANKRAJ DERİNLİĞİ İLE DEĞİŞİMİ

6+10 derinlikte hazırlanan numunelerin tümü benzer davranış göstermiştir. Yük, donatıyı azami gerilmesine çok yaklaştıran değerlere kadar artmış ve yapışma dayanımının ani kaybına bağlı göçme gerçekleşmiştir. 6+10 numunelere ait yük – yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 6.21’de, numunelere ait deney verileri Tablo 6.15’de verilmektedir.

Yük – yerdeğiştirme grafikleri incelendiğinde göçmeye kadar çok büyük enerjilerin yutulduğu görülmektedir. Serinin ilk iki numunesi için μ_1 değeri sırasıyla 710.3 ve 463.0 bulunmuştur. Üçüncü numune, azami yükten sonra ani göçme ile sıyrılmıştır. Bu numune için μ_1 değeri 81.6’dır



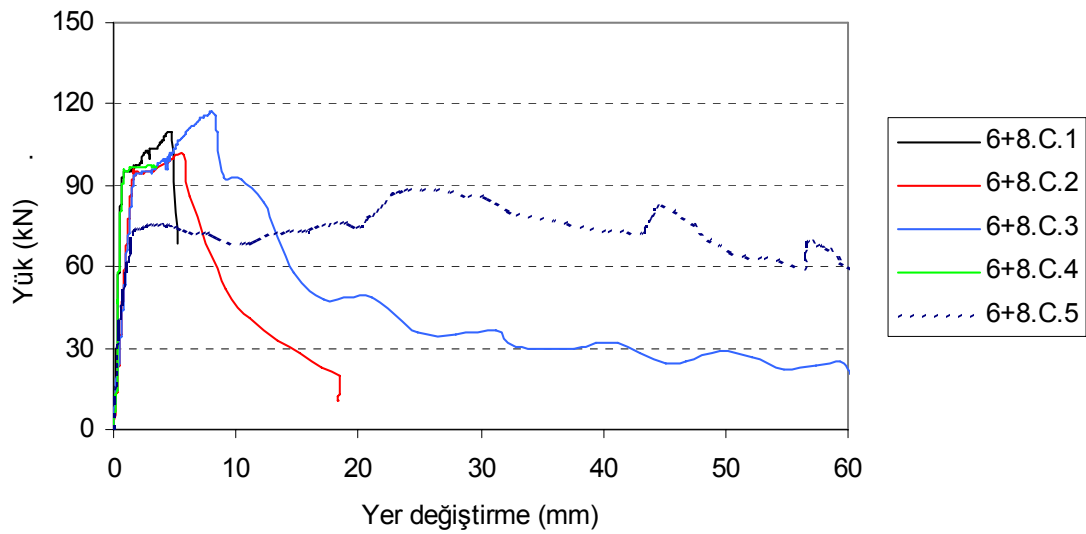
Şekil 6.21: 6+10 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

6+10 referans yapışma dayanımı numuneleri ile kısmi bağlı ankraj numuneleri hem göçme yükü hem göçme davranışı olarak benzerlik göstermiştir. Bu durum, $\phi 16$ ankraj donatıları ile, bu yapı kimyasalı kullanılarak 6+10 derinliğinde üretilen ankrajlarda; betonun çekme dayanımına bağlı etkilerin oluşmadığını göstermektedir. Ankraj donatısının kesitinin yeterli küçülmesi ile oluşan sıyrılma, diğer tüm kısmi bağlı numunelerin aksine ani göçme biçiminde gerçekleşmiştir.

Tablo 6.14: 6+10.C Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+10.C.1	126.3	126.5	15.7	15.7	1.2	1.0%
6+10.C.2	125.4		15.6			
6+10.C.3	127.8		15.9			

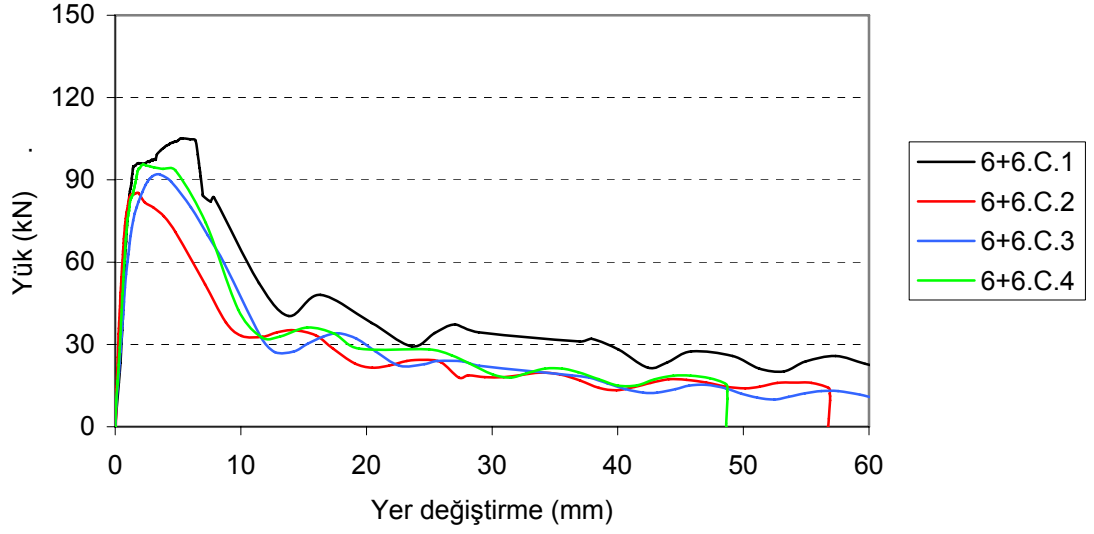
6+8 derinlikte temiz yüzeylerde hazırlanan kısmi bağlı numunelerden 6+8.C5 hariç tüm numunelerde, göçme yükünden önce ankraj donatısının akmaya başladığı gözlenmiştir. 6+8.C5 numunesi Chauvenet kriteri uyarınca, büyük sapma gösterdiği için değerlendirilmeye alınmamıştır. Şekil 6.22, 6+8.C ankrajların yük-sıyrılma grafiğini karşılaştırmaktadır. Bu numunelere ilişkin deney verileri Tablo 6.16'de verilmektedir. 6+8.C numunelerin μ_1 yutulan enerji değerleri 18.8 ile 144.8 arasında oldukça farklı bir dağılım göstermiştir. Bu ankrajlara ait yük yerdeğiştirme grafikleri ve deney verileri incelendiğinde ankraj donatılarının önce aktığı daha sonra pekleşmeye başladığı, ancak 6+10.C numunelerden farklı olarak yapışma dayanımının aşılması ile ani olmayan bir şekilde göçtüğü görülmektedir.

**Şekil 6.22:** 6+8.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.15: 6+8.C Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	P _{göçme}		τ _{uniform}		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+8.C.1	109.7	101.9	17.1	15.0	5.4	5.3%
6+8.C.2	101.0		15.7			
6+8.C.3	99.4		15.4			
6+8.C.4	97.4		15.1			
6+8.C.5	76.2		11.8		Ortalamaya alınmamıştır.	

6+6.C.1 numunesinin deneyinde donatı bir miktar akmış, ankraj daha sonra sıyrılmıştır. Aynı serinin son numunesi 6+6.C4 numunesinde de donatının akma yükü aşılmış, akma ile beraber sıyrılmaya gerçekleşmiştir. Bu eğilim çeşitliliğine rağmen, 6+6 derinlikte temizlenmiş yüzeylerde hazırlanmış kısmi bağlı ankraj serisine ait tüm numunelerde yük – yerdeğiştirme ilişkisi benzer eğilim göstermiştir. Bu durum, donatının bir miktar akmasının ile ankre edilmiş kesitte yapışma dayanımına etkisi olmadığını göstermektedir. Şekil 6.23, 6+6.C ankrajların yük-sıyrılmaya grafiğini karşılaştırmaktadır. Bu numunelere ilişkin deney verileri Tablo 6.17’de verilmektedir. Numuneler için μ_1 değerleri 132.2 (birinci numune) ile 374.7 (dördüncü numune) arasında dağılmıştır. Bu veriler ışığında; akmanın başladığı anda gözlenen sıyrılmalarda ankrajların μ_1 değerlerinin en yüksek olduğu; akma arttıkça sünekliğin azaldığı söylenebilir. Bu durum 6+8.C numunelerin süneklik değerleri için de sağlanmaktadır.

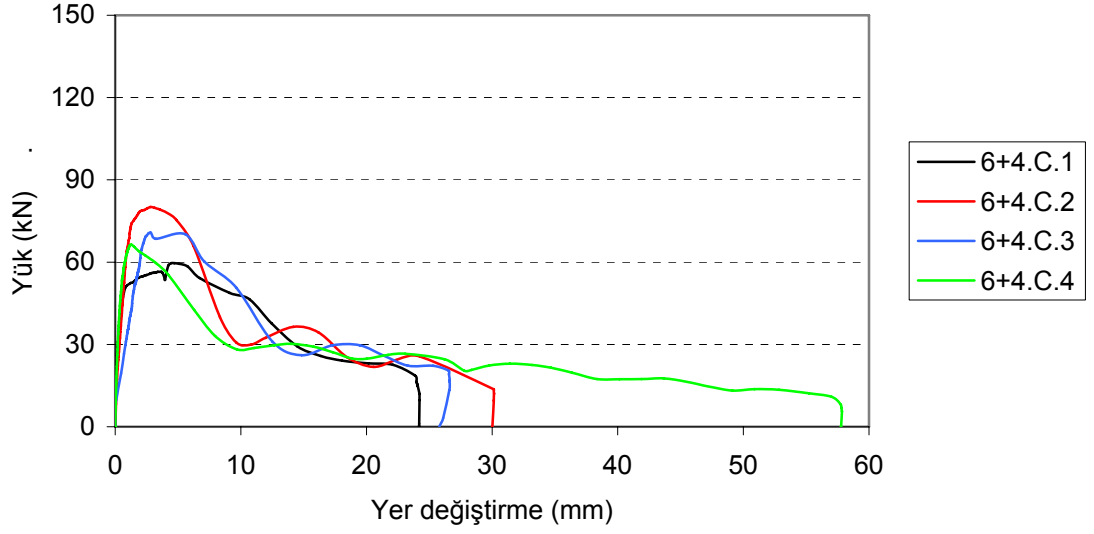


Şekil 6.23: 6+6.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.17: 6+6.C Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+6.C1	105.1	94.5	21.8	19.6	8.3	11.4
6+6.C2	85.2		17.7			
6+6.C3	91.9		19.0			
6+6.C4	95.6		19.8			

6+4.C numunelerin tamamı donatı akma gerilmesine ulaşmadan sıyrılmıştır. Bu seride yer alan ankrajların tamamı benzer davranış göstermiştir. Şekil 6.24, 6+4.C ankrajların yük-sıyrılma grafiğini karşılaştırmaktadır. Bu numunelere ilişkin deney verileri Tablo 6.18’de verilmektedir. Yutulan enerji miktarları μ_1 , 165.4 ile 272.5 arasında dağılmıştır.



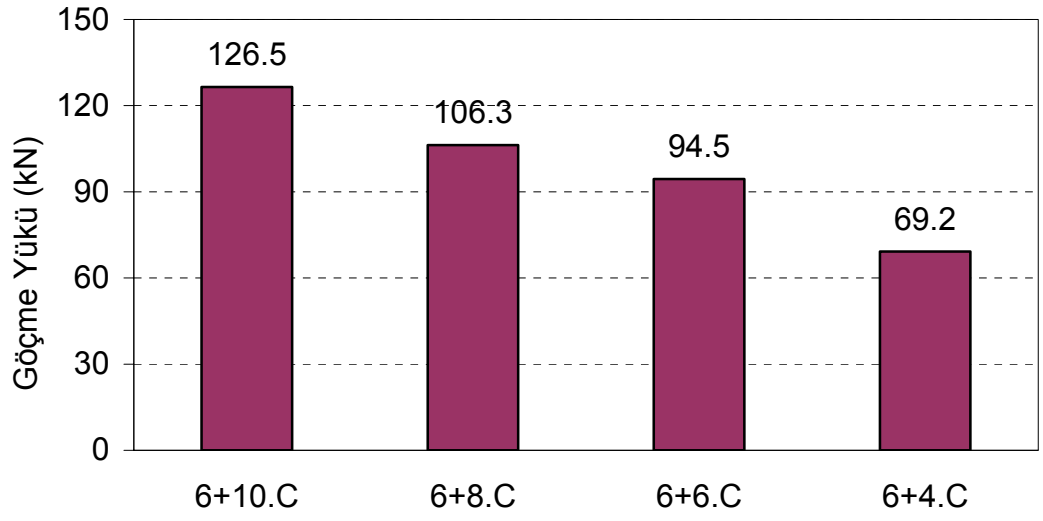
Şekil 6.24: 6+4.C Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.18: 6+4.C Numunelere Ait Deney Verileri

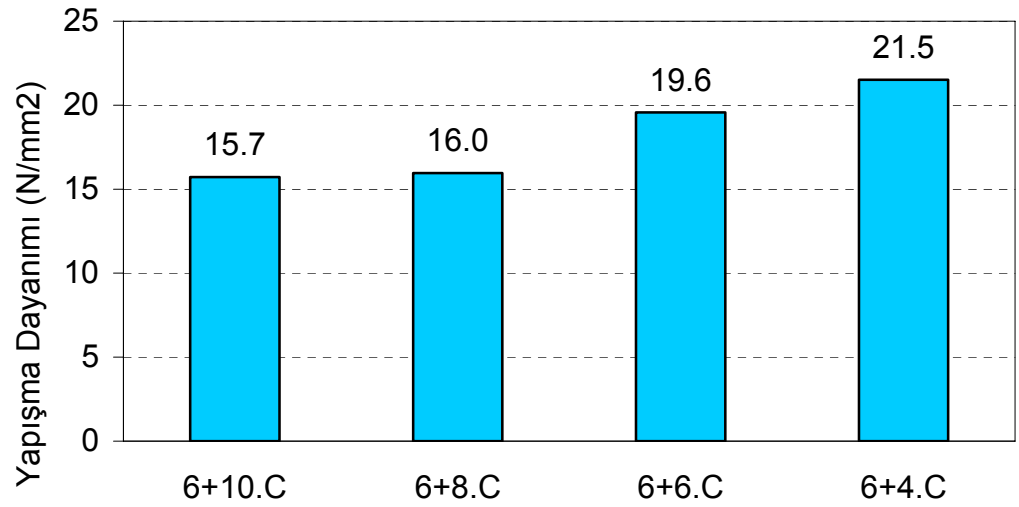
Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+4.C.1	59.6	69.2	18.5	21.5	8.6	12.4%
6+4.C.2	80.1		24.9			
6+4.C.3	70.7		22.0			
6+4.C.4	66.4		20.6			

Referans yapışma dayanımı numunelerinde olduğu gibi, kısmi bağlı ankrajlarda ortalama yapışma dayanımı derinlikle artmıştır. Ancak bu artış doğrusal olmamaktadır. Şekil 6.25 ve Şekil 6.26’da kısmi bağlı numuneler için ortalama göçme yükünün ve ortalama yapışma dayanımının derinlikle değişimi görülmektedir. Göçme yükü derinlikle, doğrusal olmayan bir şekilde artmaktadır. 6+10.C numunelerin bu eğilimin dışında kalmıştır. 6+10.C numuneler, donatının akma gerilmesinin çok üstünde yüklerde çalışarak, donatının büyük oranda pekleşmesine

müsaade etmiş, daha yüksek yüklerde ve daha gevrek göçmüşlerdir. Şekillerde ayrıca referans yapışma dayanımı numunelerinden elde edilen veriler de gösterilmektedir.



Şekil 6.25: Kısmi Bağlı Numuneler için Ortalama Göçme Yüğü

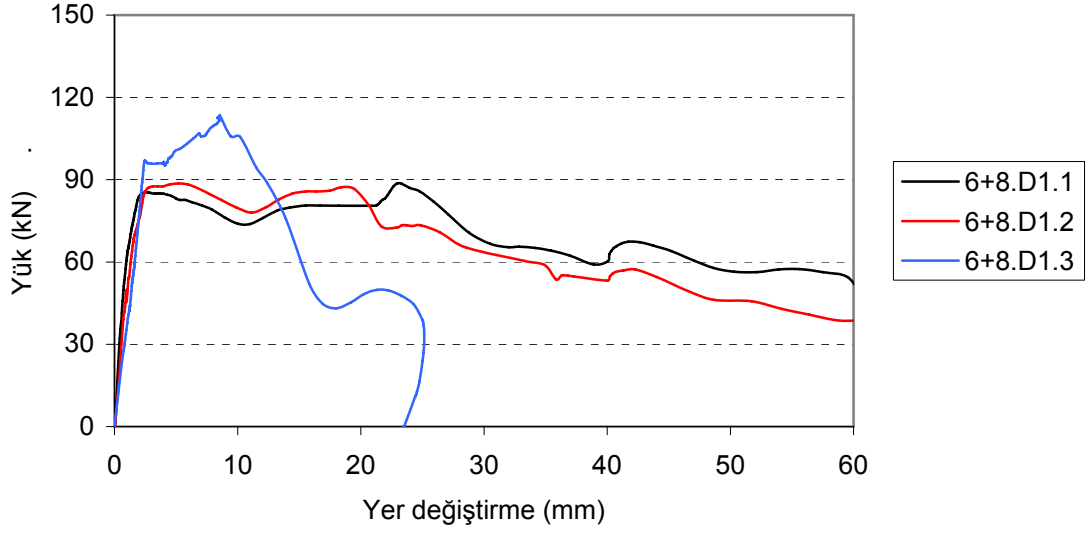


Şekil 6.26: Kısmi Bağlı Numuneler Ortalama Yapışma Dayanımı

6.6 KISMİ BAĞLI ANKRAJLARIN YAPIŞMA DAYANIMININ YÜZEY TEMİZLİĞİ KOŞULLARIYLA İLİŞKİSİ

Kısmi bağlı ankrajların yapışma dayanımının yüzey temizliği ile değişimi, iki ankraj derinliği altında üçer numune ile incelenmiş; göçme yükü ve yapışma dayanımlarına ilişkin ortalama değerler elde edilmiştir. Üç tip yüzey temizliği durumu ele alınmıştır; (C) temizlenmiş yüzeyleri, (D1) tozu atılmış yüzeyleri, (D2) hiç temizlenmemiş yüzeyleri ifade etmektedir.

6+8.D1.3 numunesi temiz yüzeyler gibi davranış göstermiştir. Bu durum temizlenmiş yüzeylerde, yüzey temizliği işlemi sırasında tel fırça ile yaratılan pürüzsüz delik yüzeyinin bu numune için tel fırça kullanılmadığı halde, agrega yerleşimi gibi betonun homojen yapıda olmamasına bağlı yerel bir durum olarak değerlendirilmektedir. 6+8.D1 numuneleri serisinin diğer iki numunesi için, mekanik sürtünme olarak yorumlanabilecek, benzer bir davranış göstermiştir. Mekanik sürtünmeye bağlı sıyrılma davranışı gösteren ilk iki numunenin μ_1 değerleri sırasıyla 1266.1 ve 1355.8'dir. Bu değerler, bu çalışmada karşılaşılan değerlerle kıyaslandığında büyüklükleri nedeniyle iyi tahlil edilmelidir. Numunelerin yük yerdeğiştirme eğrileri takip edildiğinde azami yükten sonra eğrilerin yükün %85'ine kadar inmeden bir minimum yaptığı daha sonra tekrar yükün arttığı görülmektedir. Deney düzeneğinin kısıtlamaları nedeniyle ikinci bir yükleme yapılmadan, ilk yükleme devam ettirilebilseydi eğrinin sürekli azalan bir eğilime daha yakın olacağı açıktır. Bu çeşit bir sıyrılmanın akma yükünde gerçekleşmesini sağlamanın tekrarlı ve tersinir bir yüklemede sağlayacağı avantajlar değerlendirilmelidir, ancak malzemelerin değişik yüzey koşulları altında sağladıkları yapışma dayanımlarının, malzemenin kimyasal özellikleri ile ilgili olduğu ve ürün yelpazesinde çok değişken olduğu unutulmamalıdır, [13]. 6+8.D1 serisine ait numunelerin yük – yerdeğiştirme grafikleri Şekil 6.27'de, deney verileri Tablo 6.19'da verilmiştir.

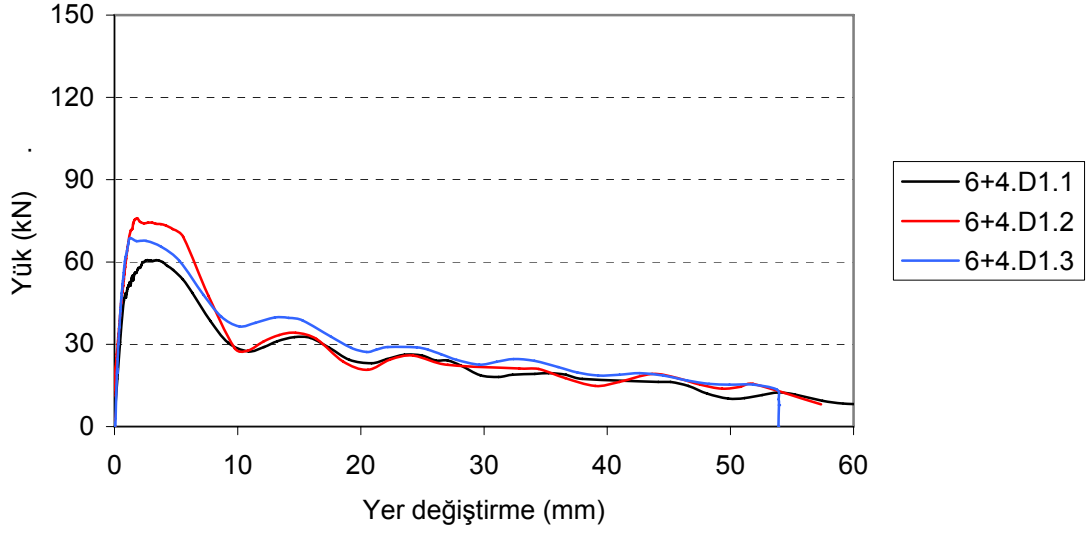


Şekil 6.27: 6+8.D1 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.19: 6+8.D1 Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+8.D1.1	85.4	95.8	13.3	14.9	15.3	16.0%
6+8.D1.2	88.6		13.8			
6+8.D1.3	113.4		17.6			

6+4.D1 numunelerin tamamı benzer davranış göstermektedir. Yapışma dayanımının aşıldığı yüke kadar elastik yerdeğiştirme gözlenmiş, bu yükten sonra mekanik sürtünme kuvveti ile sıyrılma başlamıştır. μ_1 değerleri sırasıyla 143.0, 301.8, 283.0 değerlerini almıştır. Grafikler incelendiğinde; aradaki bu farkın göçme yüküne bağlı olduğu açıktır. Temiz yüzeylerde pekleşmeyen numunelerde olduğu gibi, göçme yükü arttıkça ardışık yüklerde yutulan enerji de artmıştır. 6+4.D1 numunelerin yük – şekildeğiştirme grafikleri Şekil 6.28’de, deney verileri Tablo 6.20’de verilmiştir.

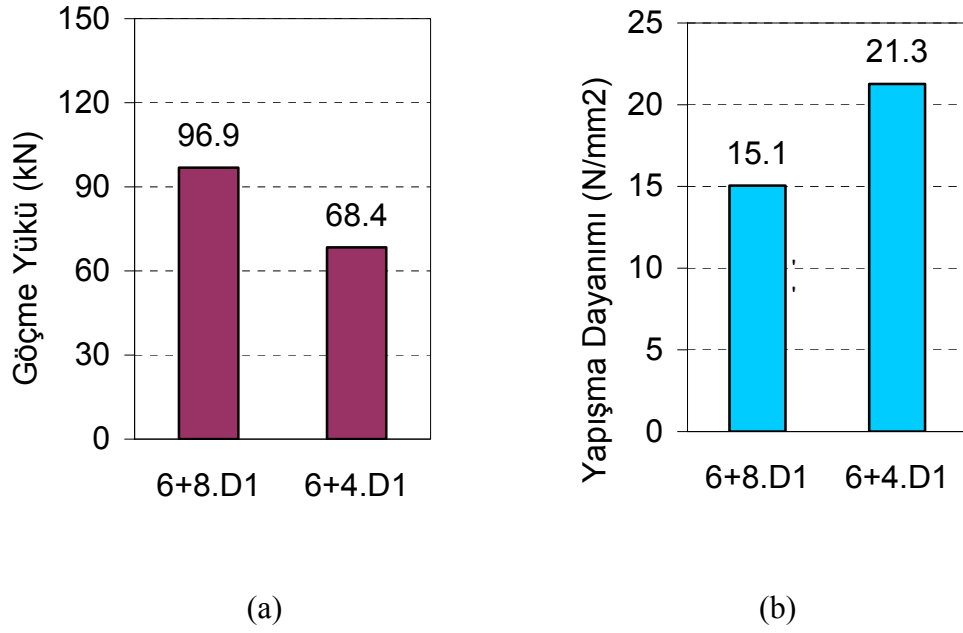


Şekil 6.28: 6+4.D1 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.20: 6+4.D1 Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N / mm ²	ort		
6+4.D1.1	60.7	68.4	18.9	21.3	7.6	11.1%
6+4.D1.2	75.9		23.6			
6+4.D1.3	68.7		21.4			

Tozu atılmış yüzeylerde, kullanılan yapı kimyasalının göçme yükünün ankraj derinliği ile değişimi (a) ve yapışma dayanımının ankraj derinliği ile değişimi (b) Şekil 6.29’da verilmiştir.

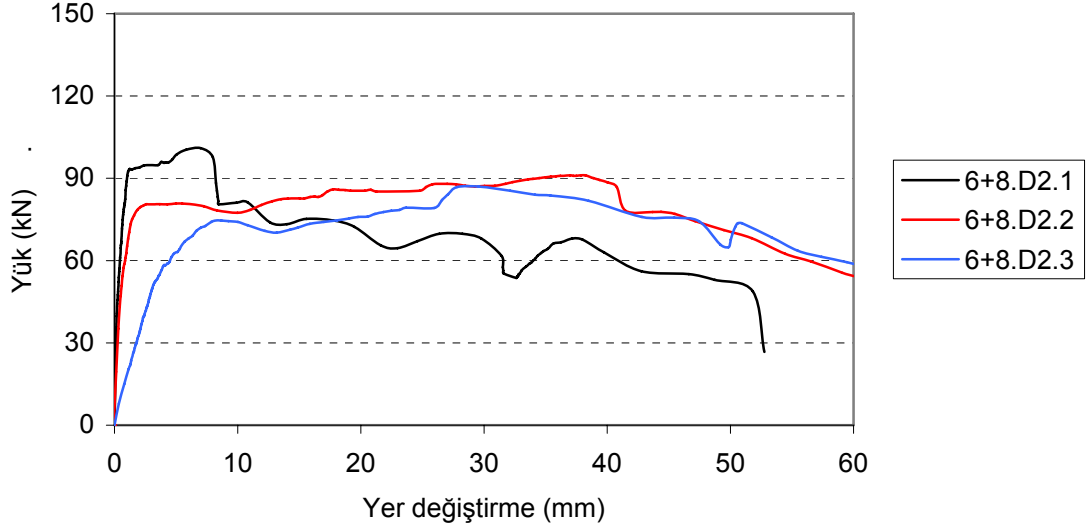


Şekil 6.29: Tozu Atılmış Yüzeylerde Kısmi Bağlı Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Yapışma Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi

6+8.D2 numunelerin davranışı genel olarak mekanik sürtünme ile özetlenebilir. Bu serinin ikinci ve üçüncü numunelerinde yapışma dayanımları, temizlenmiş ve tozu atılmış yüzeylerde aynı derinliklerde üretilmiş ankrajların yapışma dayanımından düşüktür. Serinin birinci ve ikinci numunesinin karşılaştırması göstermektedir ki, temizlenmemiş yüzeylerde, kullanılan yapı kimyasalının yüzeye nüfuz etme kapasitesi ve buna bağlı olarak ortaya koyduğu yapışma dayanımı, üretim sırasındaki standart uygulamaya rağmen farklılık göstermektedir. Üçüncü numunenin davranışındaki aykırı yük – yerdeğiştirme eğrisi bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Numune göçme davranışlarının bu kadar farklılık gösterebildiği bir yüzey temizliği detayı tavsiye edilemez. 6+8.D2 numunelerin yük – şekildeğiştirme grafikleri Şekil 6.30’da, deney verileri Tablo 6.21’de verilmiştir.

6+4 derinlikte temizlenmemiş yüzeylerde üretilmiş ankrajların (6+4.D2) davranışları benzerlik göstermekle birlikte, serinin birinci numunesine ait göçme yükü diğer numunelerden belirgin şekilde yüksek çıkmıştır. Bu numune için göçme yükü, aynı derinlikte, ankraj deliğinin tozu atılarak üretilmiş (D1) numuneler mertebesinde. Birinci numuneye ait göçme yükünün böyle bir değer alması; ankraj imalatı sırasında; kullanılan yapı kimyasalının ankraj deliğine yerleşirken delik yan yüzeyindeki serbest tozlara yapışarak bu toz örtüsünü yapışma arakesitinden uzaklaştırdığı şeklinde yorumlanmaktadır. Numune tozu atılmış yüzeylerde (D1) üretilmiş ankrajlar gibi davranmıştır. Ayrıca serinin ikinci numunesi de

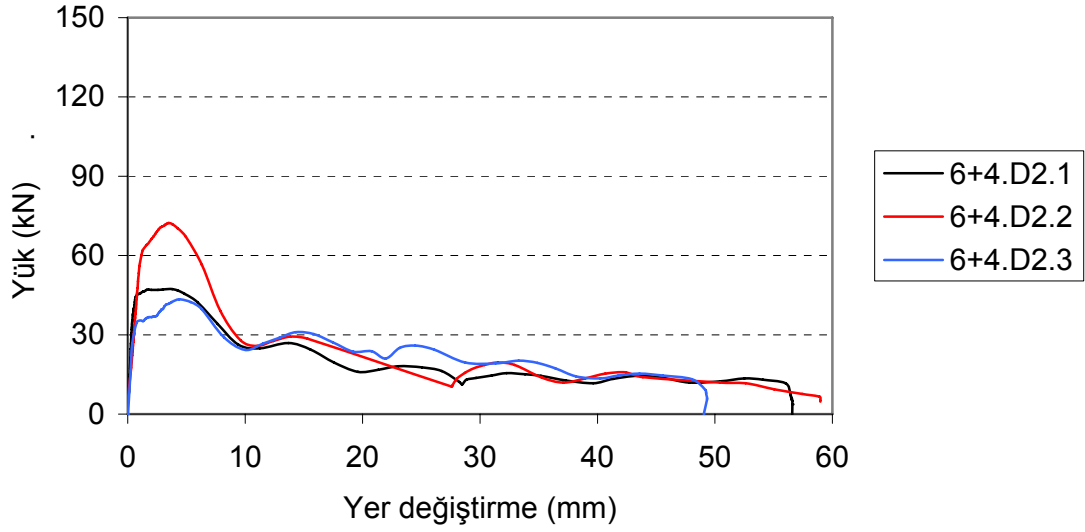
ortalamadan önemli ölçüde sapmıştır. İkinci numune Chauvenet kriteri uyarınca değerlendirmeye alınmamıştır. Yutulan enerji miktarları da oldukça yakın değerler almıştır. μ_1 100.2 ile 148.1 arasında olmuştur. 6+4.D2 numunelerin yük – şekildeğiştirme grafikleri Şekil 6.31’de, deney verileri Tablo 6.22’de verilmiştir. D2 tipi yüzey koşulu, uygun sonuçlar vermemiştir.



Şekil 6.30: 6+8.D2 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.21: 6+8.D2 Numunelere Ait Deney Verileri

Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+8.D2.1	96.0	87.1	14.9	13.5	8.4	9.6%
6+8.D2.2	86.0		13.4			
6+8.D2.3	79.3		12.3			

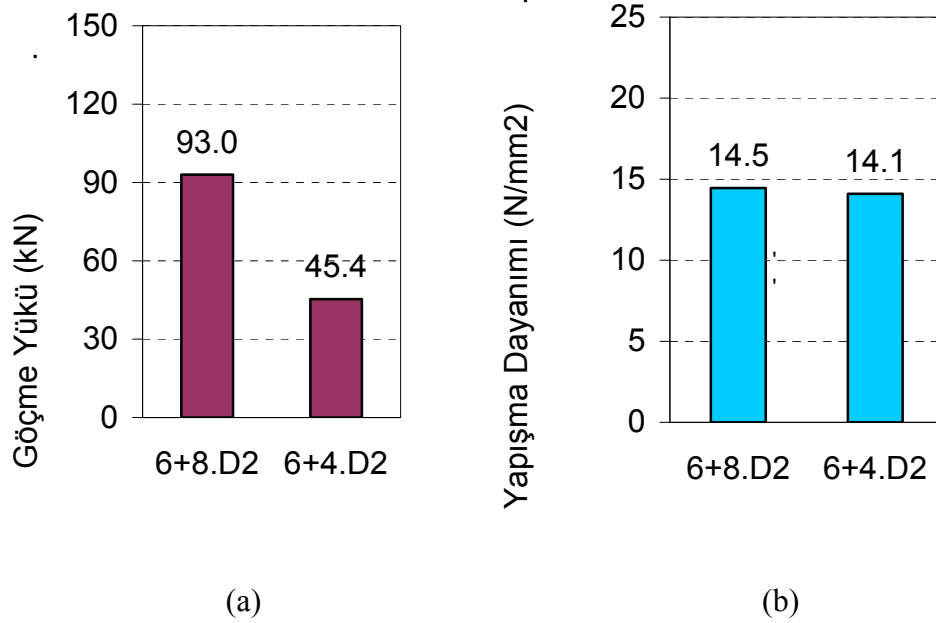


Şekil 6.31: 6+4.D2 Numunelerin Yük – Yerdeğiştirme Grafikleri

Tablo 6.22: 6+4.D2 Numunelere Ait Deney Verileri

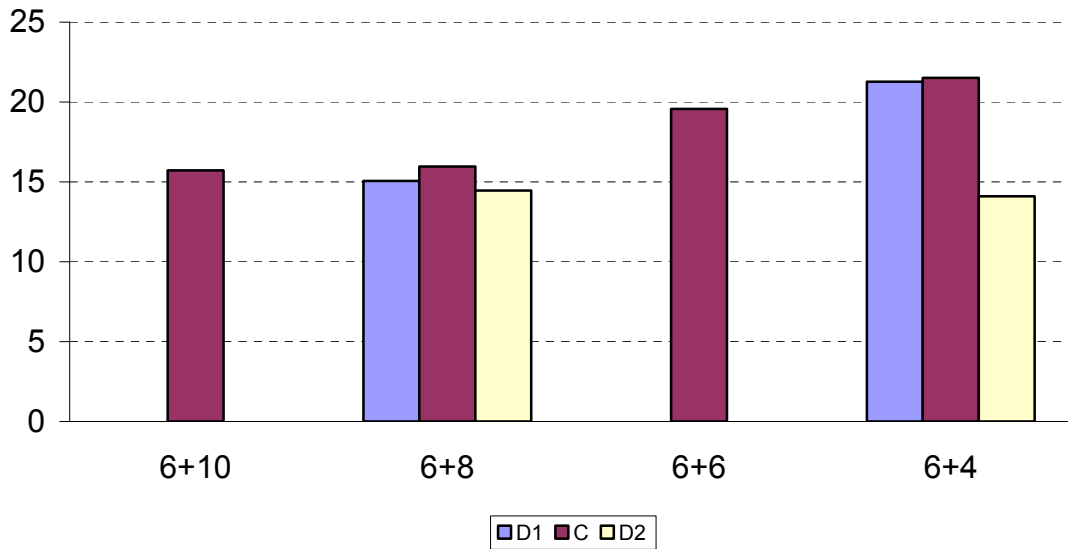
Numune	$P_{göçme}$		$\tau_{uniform}$		Göçme Yüğü için Standart Sapma (kN)	Göçme Yüğü için Çeşitlilik Katsayısı
	kN	ort	N/mm ²	ort		
6+4.D2.1	47.3	54.3	14.7	16.9	15.7	28.9%
6+4.D2.2	72.3		22.5			
6+4.D2.3	43.4		13.5			

Temizlenmemiş yüzeylerde, kullanılan yapı kimyasalının göçme yükünün ankraj derinliği ile değişimi (a) ve yapışma dayanımının ankraj derinliği ile değişimi (b) Şekil 6.32’de verilmiştir. Referans yapışma dayanımının temizlenmemiş yüzeylerde derinlikle çok hızlı şekilde azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.32: Temizlenmemiş Yüzeylerde Kısmi Bağlı Numunelerinin (a) Ortalama Göçme Yüklerinin, (b) Ortalama Yapışma Dayanımlarının Ankraj Derinliği ile Değişimi

Temizlenmemiş yüzeylerde kısmi bağlı imal edilen ankrajlarda göçme tipi çok değişken olmuştur. İki derinlikte hazırlanan altı numunenin yalnızca iki tanesi beklenen sıyrılma göçmesi şeklinde gerçekleşmiştir.



Şekil 6.33: Kısmi Bağlı Ankrajlarda Yapışma Dayanımının Ankraj Derinliği ve Yüzey işlemleri ile Değişimi

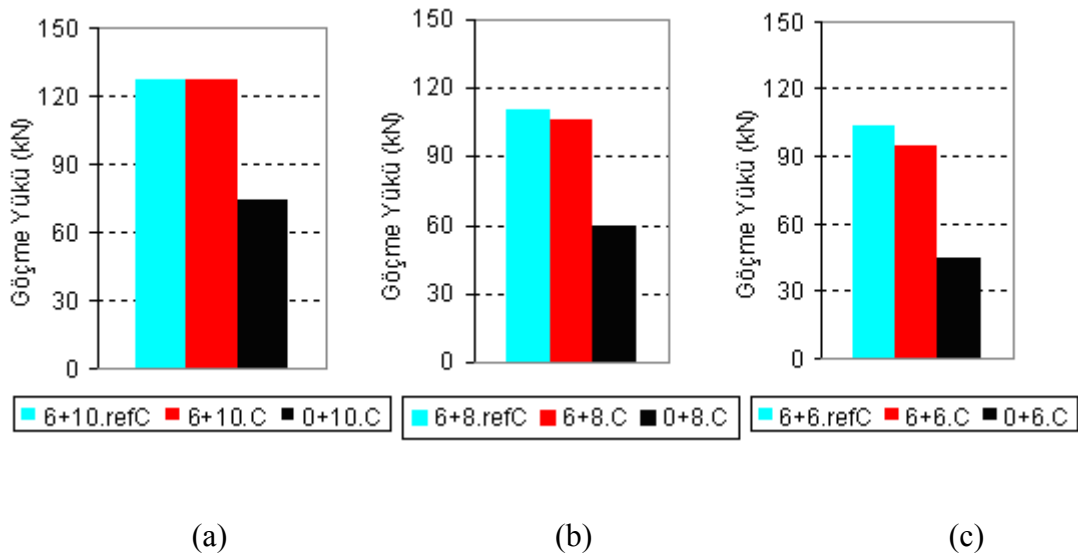
Malzemenin kimyasal özelliklerine bağlı olarak tekrarlı yükler altında göçme sonrası mekanik sürtünme kuvvetinin göçme yüküne yakın değerlerde kalması dikkate değerdir. Tozu atılmış (D1) numunelerin göçme yükleri temiz yüzeylerdekilerle oldukça yakın değerler almıştır.

Temizlenmiş yüzeylerin; tozu dışarı atılması, tel fırça ile yüzeyleri temizlenmesi ve tozun tekrar atılması olmak üzere, süresi birbirine eşit üç adımda yapıldığı düşünüldüğünde, tozu atılmış yüzeylerin yüzey temizlik işçiliğinin süresi üçte birine düşmektedir. Bu durum ayrıca işçilik maliyetlerini de düşüreceğinden, tozu atılmış yüzeylerde yapılacak tasarımların cazibesi de artmaktadır. Tozu atılmış yüzeylerde hazırlanan ankrajlar üzerinde çalışılması gereken sonuçlar vermiştir. Uygun yapı kimyasalları ve gerçek ölçekli deneysel verilere dayanan kabullerle; sünek ankrajların işçilik maliyetlerini düşürerek tasarlanması mümkün olabilecektir.

Temizlenmemiş yüzeylerde hazırlanan ankrajlar istikrarlı sonuçlar vermemiştir. Görece uygun davranış gösteren numuneler genel eğilimi yansıtmamıştır. Üretilecek ankrajların en azından tozu atılarak, mekanik sürtünmenin ötesinde bir yapışmanın sağlanması, kesitlerde var olan kılcal çatlaklara karşı ankrajların güvenli kalabilmesi için gerekli görülmektedir.

6.7 ANKRAJ DETAYININ DAYANIM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

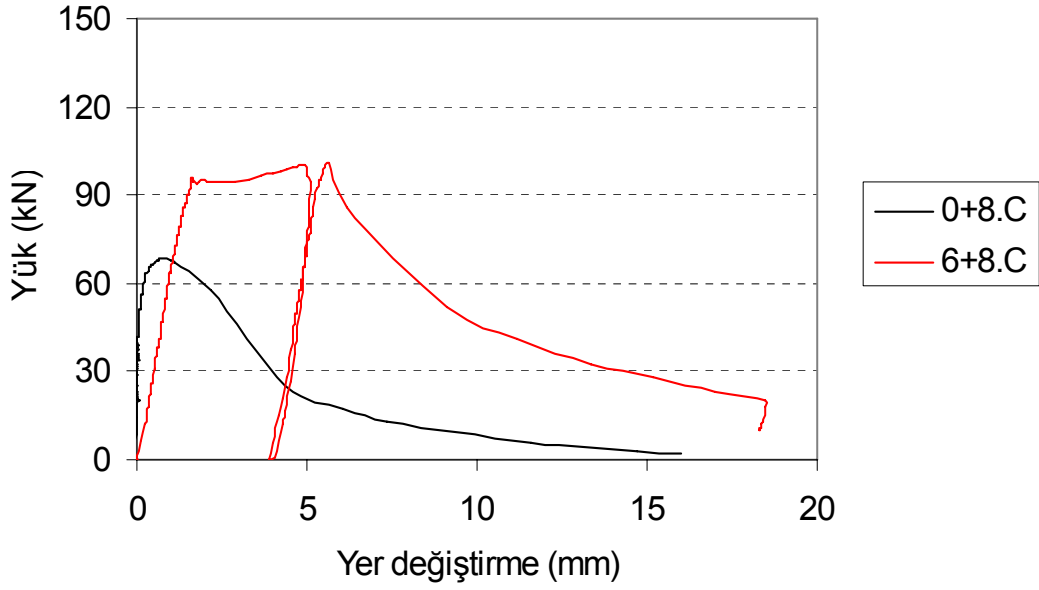
Kısmi bağlı (6+x) aynı bağlı derinliklerde (x), tam bağlı ankrajlardan (0+x) çok daha yüksek göçme yükleri ve yapışma dayanımlarına ulaşmıştır. Tam bağlı ankrajlarda yapışma dayanımı her derinlikte sabit 9 MPa civarında iken kısmi bağlı numunelerde bu dayanımın iki buçuk katından büyük değerler görülmüş, ancak düzgün yayılı olduğu kabul edilen yapışma dayanımı derinlikle azalmıştır. Aynı bağlı derinliklerde; referans yapışma dayanımı numunelerinin, kısmi bağlı ankrajların ve tam bağlı ankrajların göçme yükleri Şekil 6.34’te verilmiştir.



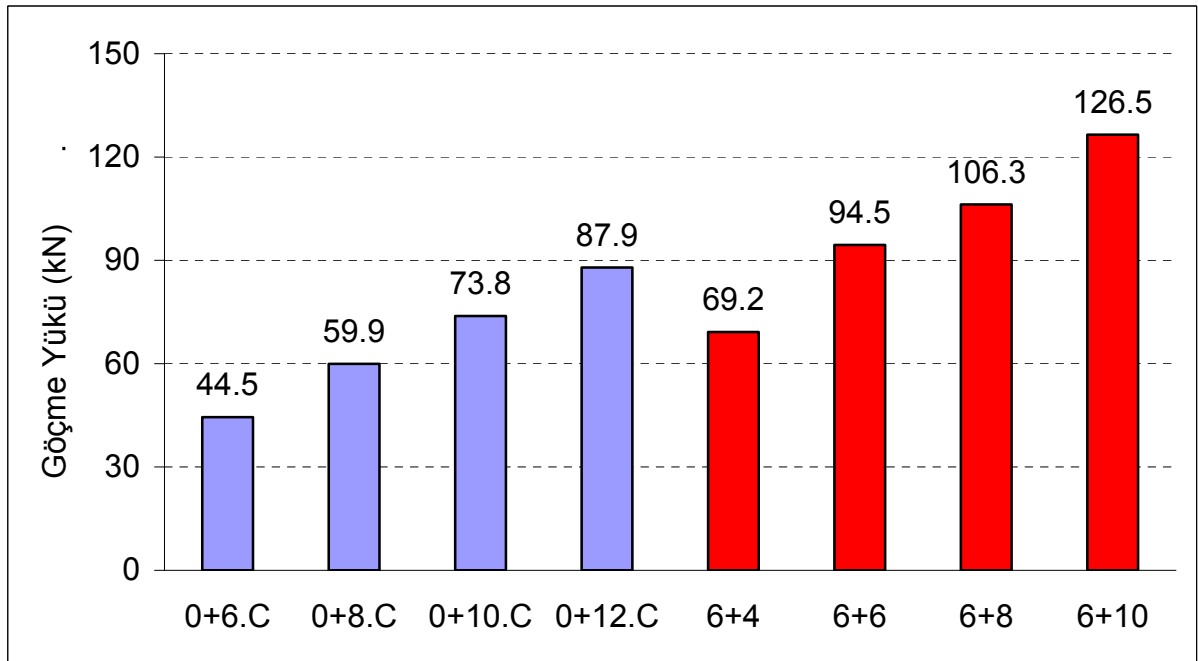
Şekil 6.34: Aynı Bağlı Derinlikte Ankrajların Göçme Yükleri; (a) 10φ bağlı derinlik, (b) 8φ bağlı derinlik, (c) 6φ bağlı derinlik

Aynı bağlı derinlikte kısmi bağlı ankrajların davranışı da ankraj detayı ile değişmektedir. 6+10 numunelerde karşılaşılan pekleşme dolayısıyla, bu derinlik uygun bulunmamaktadır. 8φ bağlı derinliği bulunan numunelerin tipik davranış eğrileri Şekil 6.35’te verilmektedir. Aynı bağlı derinliklerde kısmi bağlı ankrajların daha sünek olduğu şekilde görülmektedir. Kısmi bağlı ankrajlar, tam bağlı ankrajlara göre daha ekonomik, aynı zamanda sünek yapı tasarımı ile daha uyumlu sonuçlar vermişlerdir. Şekil 6.36’da kısmi bağlı ve tam bağlı numunelerin göçme yükleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Kısmi bağlı numuneler, aynı göçme yüklerine daha kısa bağlı derinliklerle ulaşmaktadır. Bu durum imalatın uygun koşullarda, hassas enjeksiyon tabancaları ile yapıldığı durumlarda malzeme maliyetlerini de düşürecektir. 12φ derinlikte bir ankrajın; 6+6 kısmi bağlı olarak üretildiği durumda, 0+12

şeklinde tam bağlı olarak imal edilmiş bir ankrajdan daha yüksek göçme yüklerine ulaştığı şekilden de görülmektedir.

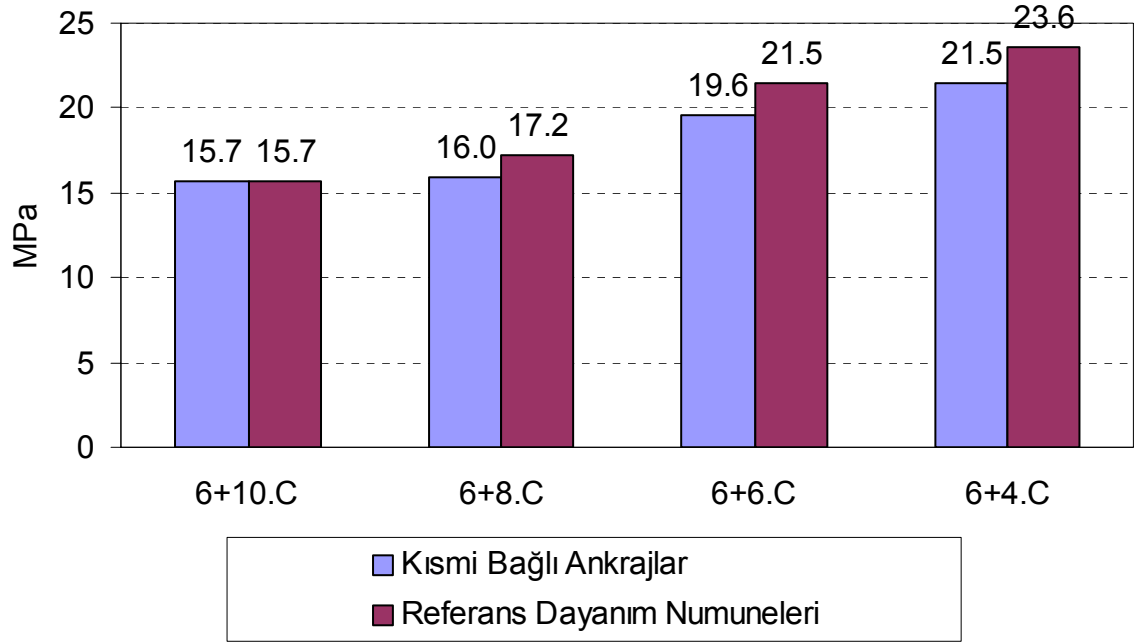


Şekil 6.35: Kısmi Bağlı ve Tam Bağlı Ankrajların Yük-Sıyrılma İlişkileri



Şekil 6.36: Farklı Derinliklerdeki Tam Bağlı ve Kısmi Bağlı Ankrajların Ortalama Göçme Yükleri

Kısmi bağı ankrajların değişik derinliklerde ortalama yapışma dayanımları, referans yapışma dayanımı numunelerinin aynı derinliklerdeki ortalama değerlerinin %90'ı mertebesinde çıkmıştır. Değişik yapı kimyasalları ile deneylerin tekrarlanarak bu durumun sağlanması, kısmi bağı ankraj tasarımına ilişkin yapılan laboratuvar ön çalışmalarında önemli deneysel kolaylıklar sağlayacaktır. Kullanılan yapı kimyasalına mahsus göçme yüklerinin, ankraj derinliğine ve detayına bağı ilişkileri Şekil 6.36'da verilmiştir.



Şekil 6.37: Referans Yapışma Dayanımı Numuneleri ve Kısmi Bağı Ankrajlarda Yapışma Dayanımının Derinlikle Değişimi

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, onarım ve güçlendirme uygulamalarında sıkça kullanılan kimyasal ankrajların; eksenel çekme ve statik yükleme altında davranışları değişik yüzey temizliği ve yüzey tozluluğu durumları için incelenmiştir. İnceleme üç ayrı deney grubu halinde yapılmıştır. Kullanılan yapı kimyasalının yalın yapışma dayanımına ait bir grup deney yapılmış bu yolla kimyasal yapıştırıcının karakteristiklerine ilişkin bir yöntem geliştirilmek amaçlanmıştır. Uygulamada kullanılagelen ankraj detayına ilişkin karşılaştırma yapılabilmesine imkan tanıyan bir dizi tam bağlı ankraj deneyi yapılmıştır. Ayrıca, ankraj donatısının ankraj deliği boyunca tamamen ankre edilmediği (yapıştırılmadığı); ankraj yüzeyinden itibaren bir serbest derinliği ve ardında bağlı derinliği bulunan kısmi bağlı ankrajlar tanımlanmış; kısmi bağlı ankraj detayı ile elde edilen veriler, diğer deney gruplarıyla karşılaştırılmıştır.

Deney verileri Chauvenet [15] kriteri ile değerlendirilerek, ortalamadan büyük sapma yapan numuneler değerlendirilmeye alınmamıştır. Ayrıca yük – yerdeğiştirme grafiklerinin taradığı alan değerlendirilerek, göçme sonrası yutulan enerjiye ilişkin bir yaklaşım getirilmiş, numunelerin yük – yerdeğiştirme ilişkileri yorumlanmıştır.

Ankraj geometrisine bağlı çoğul etkilerden kaçınmak amacıyla, delik çapı ve ankraj donatısı çapı bütün numunelerde sabit kalmıştır. Ankraj detaylarının; derinlik ve yüzey koşulları ile ilişkisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ankraj derinlikleri, ankraj donatı çapının katları şeklinde seçilmiştir. Bütün ankraj donatıları $\phi 16$ nervürlü donatı olup, mekanik fiziksel ve kimyasal özellikleri aynıdır. Mevcut yapı stoğu dikkate alınarak, düşük dayanımlı beton tercih edilmiştir. Yapı kimyasallarının değişik koşullar karşısındaki performanslarının, malzemenin kimyasal yapısı ile ilgili olduğu göz önünde bulundurularak, tek tip kimyasal yapıştırıcı tercih edilmiştir.

Üç tip yüzey temizlik işlemi tanımlanmıştır. Bunlar; temiz yüzeyler, tozu atılmış yüzeyler ve temizlenmemiş yüzeylerdir. Ankraj yapılacak delik delindikten sonra, delik tabanında beton tozu birikmektedir. Aynı şekilde delik cidarı da ince beton tozları ile örtülüdür ve delik cidarı pürüzlüdür. Temiz yüzeyler üç adımda

hazırlanmıştır. Önce delik tabanındaki ve yan yüzlerdeki toz kompresör yardımı ile uzaklaştırılmıştır. İkinci adımda, ucuna tel fırça (harbi) takılmış bir matkap yardımı ile delik cidarı zımparalanmış, son adımda, zımparalanmanın etkisiyle delik cidarından sökülen toz tekrar kompresör kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Tozu atılmış yüzeylerde bu adımlardan yalnızca birincisi gerçekleştirilirken, temizlenmemiş yüzeylerde hiçbir yüzey işlemi uygulanmamıştır. Deliğin delinmesi sırasında, delik tabanında toz birikimi dikkate alınarak; temizlenmemiş yüzeylerde üretilecek ankrajlar için delik derinliği kontrollü olarak delinmiştir. Yüzey hazırlığı işlemleri, standart bir uygulama yaratılabilmesi için, delik yüzey alanı ile orantılı sürelerle uygulanmıştır. Birden çok yüzey işlemi gören ankraj delikleri için her adımda yüzey işleminin uygulama süresi aynıdır. Bütün ankrajların delik çaplarının aynı olması ve ankraj derinliklerinin donatı çapı ile ilişkilendirilmesi yüzey hazırlık işlemleri için düşünülen standart süreyi sağlaması kolaylaşmıştır. Yüzey işlemlerinin süresi ankraj delik derinliğinin donatı çapına oranı kadar saniye olmuştur.

Ankraj gruplarının davranışı, ankrajların yüksek sıcaklıklara karşı duyarlılıkları, ortam nemi ve ortamda suya doygunluk gibi durumlar çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Referans yapışma dayanımı numunelerinin tamamı, sıyrılma ile göçmüştür. Sıyrılma donatı nervürleri yüzeyinde, yapı kimyasalı arakesitinde gerçekleşmiştir. Derin ankrajlarda sıyrılmadan önce donatının büyük oranda pekleştiği ve ardından ani göçme ile göçtüğü gözlenmiştir. Referans yapışma dayanımı numuneleri için göçme yükü derinlikle artmıştır, ancak bu artış doğrusal değildir. Artan derinliklerde, düzgün yayılı olduğu kabul edilerek değerlendirilen ortalama yapışma dayanımının azaldığı görülmüştür.
- Tam bağlı ankrajların tamamında konik göçme ya da -ankraj derinliğine bağlı olarak derin ankrajlarda- konik göçme ve ardışık boyda sıyrılma şeklinde gerçekleşmiştir. Sıyrılmalar, yapı kimyasalı ile beton arakesitinde gerçekleşmiştir. Konik göçme beton kesitte, büyük çatlaklar oluşturmuş, ankrajlarda göçme yüküne ulaşılmasıyla yükün aniden düştüğü gözlenmiştir. Göçme davranışı sünek olarak adlandırılmayacak kadar ani olmakla birlikte, göçme sonrası yutulan enerji de derinliğe bağlı olarak hafif bir artış gözlenmiştir. Bu durum, yapışma dayanımının aşılmasıyla başlayan mekanik sürtünme durumuna esas olan kesit alanla ilgilidir. 6φ'den 12φ'ye kadar

değişen derinliklerde gerçekleştirilen tam bağlı ankraj numunelerinde, göçme yükü derinlikle doğrusal bir şekilde artmıştır. Düzgün yayılı kabul edilen yapışma dayanımı tüm tam bağlı numunelerde 9 MPa dolayında çıkmıştır.

- Kısmi bağlı olarak tasarlanan ankraj numunelerinde, tüm numunelerin sıyrılma ile göçtüğü görülmüştür. Kimi numunelerde çekme çatlaklarının oluşumu tespit edilmiş, ancak bu çatlakların o numunenin davranışına önemli bir etkisi görülmemiştir. Derin ankrajlar büyük oranda pekleşme yaptıktan sonra ani göçme ile göçmüş; ankraj derinliği azaldıkça yük yerdeğiştirme eğrilerindeki farklılıkların azaldığı görülmüştür. Bütün numunelerde aynı ankraj donatısı, beton ve yapı kimyasalı kullanıldığı hatırlanırsa, farklılıkların azalışı eğiliminin yükün mertebesi ile ilgili olduğu söylenebilir.
- Kısmi bağlı ankrajlar, uygulamalarda kullanılan tam bağlı ankrajlara göre oldukça yüksek göçme dayanımları sergilemişlerdir. Bir kısmi bağlı ankrajın, aynı bağlı derinlikte tam bağlı bir ankraja göre iki kat mertebesinde daha güçlü olduğu deneylere görülmüştür.
- Kısmi bağlı ankrajlar; beton plak kesitinin ankraj derinliğini sınırlayıcı olduğu durumlarda; göçme ile birlikte kesitte büyük çatlakların oluşmaması ve sık derinliklerde tam bağlı ankrajlara yakın, daha derin ankrajlarda tam bağlı ankrajlara göre daha yüksek göçme dayanımlarının gözlenmesi sebebiyle tercih edilebilir.
- Göçme sonrası davranışta yutulan enerjiyi temel alan yaklaşım ile, en çok enerji yutan numunelerin akma dayanımına en yakın yüklerde göçen numuneler olduğu görülmüştür. Bu durum, akmayla birlikte başlayan düzgün plastik şekildeğştirmelerin ankrajın bağlı derinliklerinde de gerçekleştiğini ve ankraj donatı kesitinde gerçekleşen küçülme ile mekanik sürtünmenin azaldığını, yutulan enerjinin düştüğünü göstermektedir.
- Kısmi bağlı tasarlanmış ankrajların tamamında, aynı özelliklere sahip referans yapışma dayanımının %90'ına ulaşıldığı görülmüştür. Kimyasal yapıştırıcılara ait özelliklerin üründen ürüne farklılık göstermesi, bu malzemelerle yapılacak tasarımların deneysel verilere dayandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Referans yapışma dayanımı deneylerinin, daha kolay uygulanabilirliği ve daha ekonomik olarak gerçekleştirildiği düşünüldüğünde,

referans yapışma dayanımı deneylerinin verilerine bağlı bir tasarım yöntemi kullanışlı olacaktır. Ancak kısmi bağlı ankraj dayanımları ile referans yapışma dayanımları arasındaki ilişkinin daha geniş bir veritabanında incelenmesi gerekmektedir.

- Deneyler sırasında yapılan gözlemlerle, yüzey hazırlık işlemleri için ayrılan sürelerin tozların uzaklaştırılması için yeterli olduğu görülmüştür. Yüzey tozluluk durumları ankrajlar üzerinde çeşitli etkiler göstermiştir. Tozu atılmış yüzeylerde yapışma dayanımları, temiz yüzeylerdekilere yakın mertebededir. Tozu atılmış numunelere ilişkin hesaplanan yutulan enerji büyüklüklerine ilişkin değerler diğer tüm ankraj tiplerinden çok daha büyük çıkmıştır. Tozu atılmış yüzeylerde derin ankrajlarda sıyrılma göçmesi, sadece yapışma dayanımının aşılması şeklinde olmamaktadır. Sığ numunelerin davranışı ile beraber düşünüldüğünde; yapışma dayanımının aşılması ile birlikte başlayan, sıyrılma arakesitinde neredeyse yapışma dayanımı kadar gerilme oluşturan bir mekanik aderans söz konusudur. Bu deney programında ele alınan D1 tipi ankrajlardan daha derin tasarlanacak ankrajlarda, donatının akma gerilmesine ulaşacağı bilinmektedir. Göçme sonrası davranışın mevcut numunelerdeki gibi olacağı görülürse, akma yükünde sürekli sıyrılma yapabilecek enerji yutma kapasitesi çok yüksek ankrajlar üretilebilir. Tozu atılmış numuneler temiz numunelere çok yakın dayanımlar sergilediyse de; D1 yüzey detayı ile bu yapı kimyasalı kullanılarak hazırlanmış ankrajların kapasitelerinin temiz ankrajlara göre %5 küçültülmesi belirsizliklerin giderilmesi için tavsiye edilebilir. Ancak yüzey tozluluk koşulları altında kimyasal ankrajların davranışlarının, kullanılan yapı kimyasalının kimyasal özellikleri ile ilgili olduğu, bu tozluluk koşulları için her malzemenin farklı yapışma özellikleri sergileyecekleri unutulmamalıdır.
- Temizlenmemiş yüzeylerde (D2) hazırlanan numunelerde göçme yükleri çeşitlilik göstermiş, kimi numunelerde temiz ya da tozu atılmış numuneler mertebesinde yüklere ulaşılırken genel eğilim bu değerlerin altında kalmıştır. Hiç temizlenmemiş (D2) yüzeylerde ankraj imalatı sırasında yüzey tozu yapı kimyasalına yapışarak uzaklaşabileceği gibi, kimi durumlarda kimyasalın delik yüzeyine nüfuz etmesine engel olabilecektir. Temizlenmemiş yüzeylerde üretilen ankrajların dayanımı, bu özellikleri ile güvenilir

olmamaktadır. Üretimi herhangi bir yüzey temizlik işlemi görmeden tamamlanmış ankrajlar için, tasarım dayanımı temiz numunelere oranla en az %30 azaltılmalı, yaygın uygulamalardan kaçınılmalıdır.

- Kısmi bağlı ankrajlar aynı bağlı derinlikte; tam bağlı ankrajlara oranla çok yüksek göçme dayanımlarına ulaşmışlardır. Aynı tasarım yükleri için tam bağlı yerine kısmi bağlı üretilecek ankrajlar, ankraj yapısının en pahalı elemanı olan kimyasal yapıştırıcının sarfiyatında önemli tasarruf sağlayacaktır. Ancak kısmi bağlı ankrajların, yapı kimyasalı ile ankre edilmemiş serbest derinlikleri boyunca korozyon ve çevresel etkilere karşı özel önlemler alınması gerektiği unutulmamalıdır.
- Düşük dayanımlı betonlara yapılan kimyasal ankrajlarda, betonda oluşan çekme çatlaklarının genişliğinin; göçme yükü, göçme tipi ve göçme sonrası mekanik aderansını doğrudan etkilediği düşünülürse; tekil ankrajlar etrafında oluşan çekme gerilmelerinin üst üste düştüğü ankraj gruplarında, serbest derinliği daha yüksek kısmi bağlı ankrajlar değerlendirilmelidir.
- Laboratuvar şartları altında en uygun (optimum) sıcaklık aralığının altında kürlerini tamamlayan numunelerin malzeme deneylerinden elde edilen dayanımları daha düşük olmuştur. Malzemenin mekanik özellikleri sıcaklık karşısında daha hassasken, kimyasal özelliklerine bağlı yapışma dayanımı önerilen 5°C ile 30°C arasında kürlenen ankrajlarda yapışma dayanımları üzerinde belirgin bir etki görülmemiştir.
- Deney programı sırasında gerçekleştirilen ancak beton kesitin yarılmaması dolayısıyla yapışma dayanımını kaybetmeden göçen numunelerin derinlikleri ve içlerine ankre edildikleri beton plağın kalınlığı değerlendirilerek, ankraj derinliğinin plak kalınlığının %75'inden daha derin olmasının sakıncalı olduğu söylenebilir. Bu şekilde üretilmiş ankrajlar göçme yüklerinin çok altında yüklerde gevrek göçme mekanizmaları sergilemişlerdir. Yükleme altında, beton kesitte kılcal çatlakların mutlaka oluştuğu düşünülerek, plak için çatlamış kesitin eğilme dayanımının dikkate alınması gerekmektedir. Bu şekilde göçen ankrajlar bu çalışmada numune envanterine alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [2] **Seyhan, E. C.**, 2006. Kimyasal Ankrajların Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- [3] **Cook, R. A., Collins, D. M., Klinger, R., Polyzois, D.**, 1992. Load Deflection Behaviour of Cast-in-Place and Retrofit Concrete Anchors, *ACI Structural Journal*, **V.89**, No.6, 639-649
- [4] **Cook, R. A., Kunz, J. and Fuchs, W.**, 1998. Behaviour and Design of Single Adhesive Anchors Under Tensile Load in Uncracked Concrete, *ACI Structural Journal*, **Vol.95**, No.1, 9-26.
- [5] **Cook, R. A.**, 1993. Behaviour of Chemically Bonded Anchors, *Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE)*, **V.119**, No.9, 2744-2762.
- [6] **Eligehausen, R., Malee, R., Rehm, G.**, 1984. Befestigungen mit Verbundankern (Fixings Formed with Resin Anchors), *Betonwerk + Fertigteil – Technik*, **V.12**, 686-692
- [7] **ACI Committee 355**. 1991. State-of-the-Art Report on Anchorage to Concrete, ACI 355.1R-91, *American Concrete Institute*, Detroit, MI
- [8] **Peier, W. H.**, 1983. Model for Pullout Strength of Anchors in Concrete, *Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE)*, **V.109**, No.5, 1155-1173

- [9] **Goto, Y., Obata, M., Maeno, H., Kobayashi, Y.**, Failure Mechanism of New Bolt-Type Anchor Bolt Subject to Tension,
- [10] **Doerr, G.T, Cook R.A, Klinger,** 1989. Adhesive Anchors, Behaviour and Spacing Requirements, *Res.rep.no: 1126-2, Ctr. for Transp. Res., Univ. Of Texas, Austin, Tex.*
- [11] **Cook, R. A., Doerr, G.T, Klinger, R.E.,** 1993. Bond Stress Model for Design of Adhesive Anchors, *ACI Structural Journal*, **V.90**, 514-524
- [12] **McVay, M., Cook, R.A. and Krishnamurthy, K.,** 1996. Pullout Simulation of Post-Installed Chemically Bonded Anchors, *Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE)*, **V.122, No.9**, 1016-1024.
- [13] **Cook, R., A., Kunz, R.C.,** 2001, Factors Influencing Bond Strength of Adhesive Anchors, *ACI Structural Journal*
- [14] **ASTM E 488 – 96 (Reapproved 2003).** 2003. Standart Test Methods for Strength of Anhors in Concrete and Masonry Elements.
- [15] **Akman, S.,** 1978. Deney ve Ölçme Tekniğine Giriş, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.
- [16] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,** Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası,
<http://www.tsrsb.org.tr/tsrsb/images/deprem/DepremBolgeleri.gif>, 25 Şubat 2007

ÖZGEÇMİŞ

Yılmaz Kaya, 1979 yılında Ankara’da doğdu. İlköğretimini İzmir Fatih Kolejinde tamamlayıp, ortaokul ve liseye İzmir 60. Yıl Anadolu Lisesinde devam etti. Üniversite eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde tamamlayarak, aynı fakültede Yapı Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği, Yapıların Analizi ve Boyutlandırma Uzmanlık Alanında yüksek ihtisasına başladı.

Numune	Ankraj Detayı ve Deney Düzeneği	Serbest Derinlik (mm)	Bağlı Derinlik (mm)	Numunenin Üretildiği Plak	Kür Süresi (gün)	Beton Yaşı (gün)	Göçme Yüğü (kN)	Yapışma Dayanımı (MPa)	Göçme Tipi	μ_1 , Yutulan Enerji (kNmm)
6+10.refC.1	Referans Yapışma Numunesi	96	160	3. Kiriş	8	158	123.6	15.4	pekleşme ile sıyrılma	yerdeğiştirme alınmamıştır.
6+10.refC.2	Referans Yapışma Numunesi	96	160	3. Kiriş	8	158	128.3	16.0	pekleşme ile sıyrılma	77.1
6+10.refC.3	Referans Yapışma Numunesi	96	160	3. Kiriş	9	158	127.5	15.9	pekleşme ile sıyrılma	92.9
6+8.refC.1	Referans Yapışma Numunesi	96	128	1. Kiriş	8	90	121.8	18.9	sıyrılma	yerdeğiştirme alınmamıştır.
6+8.refC.2	Referans Yapışma Numunesi	96	128	2. Kiriş	8	131	117.2	18.2	sıyrılma	71.2
6+8.refC.3	Referans Yapışma Numunesi	96	128	3. Kiriş	9	144	92.5	14.4	mekanik sürtünme	500.9
6+8.refD1.1	Referans Yapışma Numunesi	96	128	1. Kiriş	8	90	128.1	19.9	sıyrılma	139.6
6+8.refD1.2	Referans Yapışma Numunesi	96	128	1. Kiriş	8	90	120.6	18.7	sıyrılma	258.7
6+8.refD1.3	Referans Yapışma Numunesi	96	128	4. Kiriş	8	157	112.5	17.5	sıyrılma ve sürtünme	173.6
6+8.refD2.1	Referans Yapışma Numunesi	96	128	1. Kiriş	8	90	84.2	13.1	mekanik sürtünme	1172.2
6+8.refD2.2	Referans Yapışma Numunesi	96	128	1. Kiriş	8	90	92.4	14.4	mekanik sürtünme	476.1
6+8.refD2.3	Referans Yapışma Numunesi	96	128	1. Kiriş	8	90	80.3	12.5	ani göçme	127.2
6+6.refC.1	Referans Yapışma Numunesi	96	96	1. Kiriş	8	90	103.5	21.4	sıyrılma	199.3
6+6.refC.2	Referans Yapışma Numunesi	96	96	1. Kiriş	8	90	111.3	23.1	sıyrılma	255.2
6+6.refC.3	Referans Yapışma Numunesi	96	96	1. Kiriş	8	90	103.0	21.3	sıyrılma	196.2
6+6.refC.4	Referans Yapışma Numunesi	96	96	2. Kiriş	8	131	96.5	20.0	sıyrılma	246.1
6+4.refC.1	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	67.4	21.0	sıyrılma	125.2
6+4.refC.2	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	82.4	25.6	sıyrılma	185.6
6+4.refC.3	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	78.0	24.2	sıyrılma	142.3
6+4.refD1.1	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	78.0	24.2	sıyrılma	137.1
6+4.refD1.2	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	73.6	22.9	sıyrılma	165.1

6+4.refD1.3	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	77.2	24.0	sıyrılma	193.5
6+4.refD2.1	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	72.6	22.6	sıyrılma	172.3
6+4.refD2.2	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	77.0	23.9	sıyrılma	136.6
6+4.refD2.3	Referans Yapışma Numunesi	96	64	1. Kiriş	8	92	79.0	24.6	sıyrılma ve sürtünme	91.1
0+12.C.1	Tam Bağlı Ankraj	0	192	3. Kiriş	9	144	91.6	9.5	konik göçme (ani)	124.9
0+12.C.2	Tam Bağlı Ankraj	0	192	3. Kiriş	8	143	88.5	9.2	konik göçme (ani)	89.8
0+12.C.3	Tam Bağlı Ankraj	0	192	3. Kiriş	9	144	83.6	8.7	konik göçme (ani)	108.2
0+10.C.1	Tam Bağlı Ankraj	0	160	3. Kiriş	8	143	69.4	8.6	konik göçme (ani)	39.3
0+10.C.2	Tam Bağlı Ankraj	0	160	3. Kiriş	9	144	82.3	10.2	konik göçme (ani)	90.7
0+10.C.3	Tam Bağlı Ankraj	0	160	3. Kiriş	8	143	69.8	8.7	konik göçme (ani)	54.4
0+8.C.1	Tam Bağlı Ankraj	0	128	2. Kiriş	8	139	52.0	8.1	konik göçme (ani)	78.2
0+8.C.2	Tam Bağlı Ankraj	0	128	2. Kiriş	8	126	68.2	10.6	konik göçme (ani)	82.3
0+8.C.3	Tam Bağlı Ankraj	0	128	2. Kiriş	8	139	59.6	9.3	konik göçme (ani)	79.3
0+6.C.1	Tam Bağlı Ankraj	0	64	2. Kiriş	8	126	38.8	8.0	konik göçme (ani)	40.3
0+6.C.2	Tam Bağlı Ankraj	0	64	2. Kiriş	8	139	48.8	10.1	konik göçme (ani)	45.4
0+6.C.3	Tam Bağlı Ankraj	0	64	2. Kiriş	8	139	45.8	9.5	konik göçme (ani)	36.0
6+10.C.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	160	3. Kiriş	8	158	126.3	15.7	pekleşme ile sıyrılma	710.3
6+10.C.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	160	3. Kiriş	8	158	125.4	15.6	pekleşme ile sıyrılma	463.0
6+10.C.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	160	3. Kiriş	8	158	127.8	15.9	pekleşme ile sıyrılma	81.6
6+8.C.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	1. Kiriş	8	90	109.7	17.1	sıyrılma	18.8
6+8.C.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	2. Kiriş	8	126	101.0	15.7	sıyrılma	47.5
6+8.C.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	2. Kiriş	8	126	99.4	15.4	sıyrılma	79.0
6+8.C.4	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	2. Kiriş	8	126	97.4	15.1	sıyrılma	144.8

6+8.C.5	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	3. Kiriş	9	144	76.2	11.8	mekanik sürtünme	1039.8
6+8.D1.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	3. Kiriş	8	143	85.4	13.3	mekanik sürtünme	1266.1
6+8.D1.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	3. Kiriş	9	144	88.6	13.8	mekanik sürtünme	1355.8
6+8.D1.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	4. Kiriş	8	157	113.4	17.6	siyırılma	285.8
6+8.D2.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	2. Kiriş	8	131	96.0	14.9	siyırılma ve sürtünme	128.2
6+8.D2.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	3. Kiriş	8	143	86.0	13.4	mekanik sürtünme	286.2
6+8.D2.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	128	3. Kiriş	8	143	79.3	12.3	mekanik sürtünme	1450.0
6+6.C1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	96	2. Kiriş	8	131	105.1	21.8	siyırılma	132.2
6+6.C2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	96	4. Kiriş	8	157	85.2	17.7	siyırılma	214.2
6+6.C3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	96	4. Kiriş	8	157	91.9	19.0	siyırılma	231.4
6+6.C4	Kısmi Bağlı Ankraj	96	96	4. Kiriş	8	157	95.6	19.8	siyırılma	374.7
6+4.C.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	126	59.6	18.5	siyırılma	199.6
6+4.C.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	139	80.1	24.9	siyırılma	237.4
6+4.C.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	139	70.7	22.0	siyırılma	272.5
6+4.C.4	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	139	66.4	20.6	siyırılma	165.4
6+4.D1.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	126	60.7	18.9	siyırılma	143.0
6+4.D1.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	139	75.9	23.6	siyırılma	301.8
6+4.D1.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	4. Kiriş	8	157	68.7	21.4	siyırılma	283.0
6+4.D2.1	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	2. Kiriş	8	139	47.3	14.7	siyırılma	115.4
6+4.D2.2	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	4. Kiriş	8	139	72.3	22.5	siyırılma	148.1
6+4.D2.3	Kısmi Bağlı Ankraj	96	64	4. Kiriş	8	139	43.4	13.5	siyırılma ve sürtünme	100.2