

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL ANKRAJLARIN DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Engin Cüneyt SEYHAN

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Alper İLKİ

HAZİRAN 2006

**KİMYASAL ANKRAJLARIN DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Engin Cüneyt SEYHAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Alper İLKİ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Zekai CELEP

Doç.Dr. Oğuz Cem ÇELİK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimleri ile bana her konuda destek olan Doç. Dr. Alper İlki'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince her ihtiyaç duyduğumda yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Yılmaz Kaya'ya, Doğan Akgün'e, Ozan Göray'a, Cem Demir'e, İdris Bedirhanoglu'na, Kıvanç Taşkın'a, Hakan Saruhan'a, Yapı ve Deprem Laboratuvarı personeline ve adlarını buraya sığdıramadığım tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Çalışmayı destekleyen İstanbul Teknik Üniversitesi'ne, Lafarge Beton'a, deney düzeneğinin titizlikle imalatını yapan Gelişim Torna'ya ve İlker Gelişin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen YKS ailesine teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca, maddi ve manevi açıdan her türlü desteği gösteren aileme, tüm kalbimle teşekkür ederim.

Haziran 2006

Engin Cüneyt Seyhan

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xix
ÖZET	xx
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ANKRAJLARIN TASARIMI VE ÜRETİMİ	7
2.1 Giriş.....	7
2.2 Ankrajların Tasarımı	7
2.2.1 Deney Parametrelerinin Belirlenmesi.....	7
2.2.2 Ankrajların Yapılacağı Beton Elemanların Tasarımı ve Ankraj Yerleşimi Planlarının Belirlenmesi	15
2.3 Ankrajların Üretimi	20
2.3.1 Beton Elemanların Üretimi	20
2.3.2 Ankraj Deliklerinin Açılması.....	24
2.3.3 Ankraj Deliklerinin Hazırlanması	26
2.3.3 Ankraj Uygulaması.....	27
3. MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DENEYLERİ	31
3.1 Giriş.....	31
3.2 Beton Plakların Üretiminde Kullanılan Beton.....	31
3.3 Elemanların Üretiminde Kullanılan Tamir Harcı, Kalıp Ayırıcı ve Kür Malzemeleri.....	33
3.4 Ankraj İmalatında Kullanılan Malzemeler	35
3.4.1 Ankraj Çubuğu	35
3.4.2 Kimyasal Yapıştırıcılar	36
4. DENEY DÜZENEGİ	43
4.1 Giriş.....	43
4.2 Deney Düzenegi.....	43
5. DENEY SONUÇLARI	46

5.1 Giriş.....	46
5.2 Deney Sonuçları.....	46
5.2.1 M1 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar.....	48
5.2.2 M2 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar.....	72
5.2.3 M3 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar.....	95
5.2.4 M4 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar.....	112
5.2.5 M5 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar.....	124
5.3 Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	128
5.3.1 Ankraj Deliği Çapındaki Değişimin Davranışa Etkisi	128
5.3.2 Ankraj Derinliğindeki Değişimin Davranışa Etkisi	138
5.3.3 Yüzey Hazırlığındaki Değişimin Davranışa Etkisi	147
5.3.4 Ankraj Malzemesindeki Değişimin Davranışa Etkisi	156
6. SONUÇLAR	164
KAYNAKLAR	168
ÖZGEÇMİŞ	170

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1 Deney Parametreleri	13
Tablo 2.2 Beton Plakların Boyutlandırılması	16
Tablo 2.3 Yüzey Hazırlığı Süreleri	26
Tablo 3.1 Beton Karışımı	31
Tablo 3.2 Taze Beton Çökme Deneyi Sonuçları	32
Tablo 3.3 Standart Silindir Basınç Deneylerinin Sonuçları	33
Tablo 3.4 Yapol® Kalıp Ayırıcı Teknik Özellikler Tablosu	34
Tablo 3.5 Masterkure® 107 Teknik Özellikler Tablosu	34
Tablo 3.6 Yapkret® T Teknik Özellikler Tablosu	35
Tablo 3.7 Çelik Çekme Testleri Sonuçları	36
Tablo 3.8 M1 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu	37
Tablo 3.9 M2 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu	38
Tablo 3.10 M4 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu	39
Tablo 3.11 M5 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu	40
Tablo 3.12 Prizma Numuneler Eğilme Test Sonuçları	42
Tablo 3.13 Prizma Numuneler Basınç Test Sonuçları	42
Tablo 5.1 Deney Sonuçları	46

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Betonarme Sargı Uygulaması.....	2
Şekil 1.2 : Taşıyıcı Çerçeve Sisteme Perde İlavesi Yapılabilmesi İçin Yerde Uygulanmış Ankrajlar.....	3
Şekil 1.3 : Ankraj Çubuğunun Kopması.....	4
Şekil 1.4 : Ankraj Çubuğunun Sıyırılması.....	4
Şekil 1.5 : Betonun Çatlaması.....	4
Şekil 1.6 : Betonun Konik Kopması.....	4
Şekil 1.7 : Serbest Kenarlara / Birbirlerine Yakın Olan Ankrajların Betondan Konik Olarak Kopması	5
Şekil 2.1 : 1. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	17
Şekil 2.2 : 2. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	17
Şekil 2.3 : 3. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	18
Şekil 2.4 : 4. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	18
Şekil 2.5 : 5. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	18
Şekil 2.6 : 6. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	19
Şekil 2.7 : 7. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı	19
Şekil 2.8 : 1. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşimi ve Deney Düzeneği	20
Şekil 2.9 : Kalıpların Hazırlanması	21
Şekil 2.10 : Beton Mikserin Hazırlanması ve Beton Dökümü.....	22
Şekil 2.11 : Betonun Sıkıştırılması.....	22
Şekil 2.12 : Silindir Numunelerin Alınması	23
Şekil 2.13 : Kür Uygulaması.....	23
Şekil 2.14 : Kalıp İzlerinden Kaynaklanan Bozuklukların Onarılması.....	24
Şekil 2.15 : Ankraj Deliklerinin Plaklar Üzerinde İşaretlenmesi.....	25
Şekil 2.16 : Ankraj Deliklerinin Açılması	25
Şekil 2.17 : Yüzey Hazırlık Aşamaları.....	26
Şekil 2.18 : Suya Doygun-Nemli Deliklerin Yüzey Hazırlık Aşamaları	27
Şekil 2.19 : M1 Malzemesinin Hazırlanması ve Uygulanması.....	28
Şekil 2.20 : Ankraj Donatısının Yeleştirilmesi ve Dikliğinin Ayarlanması	28
Şekil 2.21 : M2 Malzemesinin Uygulanması.....	29

Şekil 3.1	: Standart Silindir Basınç Deneyi Düzeneği.....	32
Şekil 3.2	: 70 Günlük Betonun Standart Silindir Basınç Deneyileri Sonuçları	33
Şekil 3.3	: Donatı Numunelerine Ait Gerilme – Şekil Değiştirme Grafikleri	36
Şekil 3.4	: Sırası İle M2, M3 ve M5 Malzemelerinden Alınan Prizma Numuneler	41
Şekil 3.5	: M1 Malzemesine Ait Eğilme ve Basınç Testleri.....	41
Şekil 4.1	: Deney Sehpası, Yük Ölçer, Hidrolik Kriko ve Ankraj Çubuğu.....	44
Şekil 4.2	: Deney Düzeneği	45
Şekil 5.1	: M1C20Φ16x22x96 Ankraj No:4.9.....	49
Şekil 5.2	: M1C20Φ16x22x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	49
Şekil 5.3	: M1C20Φ16x22x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	49
Şekil 5.4	: M1C20Φ16x22x128 Ankraj No:4.5.....	50
Şekil 5.5	: M1C20Φ16x22x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	50
Şekil 5.6	: M1C20Φ16x22x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	50
Şekil 5.7	: M1C20Φ16x22x160 Ankraj No:7.4.....	51
Şekil 5.8	: M1C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	51
Şekil 5.9	: M1C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	51
Şekil 5.10	: M1C20Φ16x22x192 Ankraj No:5.1	52
Şekil 5.11	: M1C20Φ16x22x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	52
Şekil 5.12	: M1C20Φ16x22x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	52
Şekil 5.13	: M1C20Φ16x24x96 Ankraj No:4.10.....	53
Şekil 5.14	: M1C20Φ16x24x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	53
Şekil 5.15	: M1C20Φ16x24x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	53
Şekil 5.16	: M1C20Φ16x24x128 Ankraj No:4.6.....	54
Şekil 5.17	: M1C20Φ16x24x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	54
Şekil 5.18	: M1C20Φ16x24x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	54
Şekil 5.19	: M1C20Φ16x24x160 Ankraj No:7.5.....	55
Şekil 5.20	: M1C20Φ16x24x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	55
Şekil 5.21	: M1C20Φ16x24x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	55
Şekil 5.22	: M1C20Φ16x24x192 Ankraj No:5.2.....	56
Şekil 5.23	: M1C20Φ16x24x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	56
Şekil 5.24	: M1C20Φ16x24x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi.....	56
Şekil 5.25	: M1C20Φ20x26x120 Ankraj No:3.1	57
Şekil 5.26	: M1C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	57

Şekil 5.27	: M1C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	57
Şekil 5.28	: M1C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	58
Şekil 5.29	: M1C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	58
Şekil 5.30	: M1C20Φ20x26x200 Ankraj No:5.5	59
Şekil 5.31	: M1C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	59
Şekil 5.32	: M1C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	59
Şekil 5.33	: M1C20Φ20x26x240 Ankraj No:2.1	60
Şekil 5.34	: M1C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	60
Şekil 5.35	: M1C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	60
Şekil 5.36	: M1C20Φ20x28x120 Ankraj No:3.2	61
Şekil 5.37	: M1C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	61
Şekil 5.38	: M1C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	61
Şekil 5.40	: M1C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	61
Şekil 5.41	: M1C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	62
Şekil 5.42	: M1C20Φ20x28x200 Ankraj No:5.6	62
Şekil 5.43	: M1C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	62
Şekil 5.44	: M1C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	63
Şekil 5.45	: M1C20Φ20x28x240 Ankraj No:2.2	63
Şekil 5.46	: M1C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	63
Şekil 5.47	: M1C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	64
Şekil 5.48	: M1C20Φ20x26x120-H Ankraj No:4.1	64
Şekil 5.49	: M1C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	64
Şekil 5.50	: M1C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	65
Şekil 5.51	: M1C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.11	65
Şekil 5.52	: M1C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	65
Şekil 5.53	: M1C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	66
Şekil 5.54	: M1C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.1	66
Şekil 5.55	: M1C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	66
Şekil 5.56	: M1C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	67
Şekil 5.57	: M1C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.1	67
Şekil 5.58	: M1C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	67
Şekil 5.59	: M1C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	68
Şekil 5.60	: M1C20Φ20x26x120-D Ankraj No:3.5	68
Şekil 5.61	: M1C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi	68

Şekil 5.62	: M1C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	69
Şekil 5.63	: M1C20Φ20x26x160-D Ankraj No:6.15	69
Şekil 5.64	: M1C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	69
Şekil 5.65	: M1C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	70
Şekil 5.66	: M1C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.3	70
Şekil 5.67	: M1C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	70
Şekil 5.68	: M1C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	71
Şekil 5.69	: M1C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.5	71
Şekil 5.70	: M1C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	71
Şekil 5.71	: M1C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	72
Şekil 5.72	: M2C20Φ16x22x96 Ankraj No:4.11	72
Şekil 5.73	: M2C20Φ16x22x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	73
Şekil 5.74	: M2C20Φ16x22x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi	73
Şekil 5.75	: M2C20Φ16x22x128 Ankraj No:4.7	73
Şekil 5.76	: M2C20Φ16x22x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	74
Şekil 5.77	: M2C20Φ16x22x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi	74
Şekil 5.78	: M2C20Φ16x22x160 Ankraj No:7.8	74
Şekil 5.80	: M2C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	75
Şekil 5.81	: M2C20Φ16x22x192 Ankraj No:5.3	75
Şekil 5.83	: M2C20Φ16x22x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi	76
Şekil 5.84	: M2C20Φ16x24x96 Ankraj No:4.12	76
Şekil 5.85	: M2C20Φ16x24x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	77
Şekil 5.86	: M2C20Φ16x24x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi	77
Şekil 5.87	: M2C20Φ16x24x128 Ankraj No:4.8	77
Şekil 5.88	: M2C20Φ16x24x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	78
Şekil 5.89	: M2C20Φ16x24x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi	78
Şekil 5.90	: M2C20Φ16x24x160 Ankraj No:7.9	78
Şekil 5.91	: M2C20Φ16x24x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	79
Şekil 5.92	: M2C20Φ16x24x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	79
Şekil 5.93	: M2C20Φ16x24x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	79
Şekil 5.94	: M2C20Φ16x24x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi	80
Şekil 5.95	: M2C20Φ20x26x120 Ankraj No:3.3	80
Şekil 5.96	: M2C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	80
Şekil 5.97	: M2C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	81

Şekil 5.98 : M2C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.1	81
Şekil 5.99 : M2C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	81
Şekil 5.100 : M2C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	82
Şekil 5.101 : M2C20Φ20x26x200 Ankraj No:5.7	82
Şekil 5.102 : M2C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	82
Şekil 5.103 : M2C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	83
Şekil 5.104 : M2C20Φ20x26x240 Ankraj No:2.3	83
Şekil 5.105 : M2C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	83
Şekil 5.106 : M2C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	84
Şekil 5.107 : M2C20Φ20x28x120 Ankraj No:3.4	84
Şekil 5.108 : M2C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	84
Şekil 5.109 : M2C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	85
Şekil 5.110 : M2C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	85
Şekil 5.111 : M2C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	85
Şekil 5.113 : M2C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	86
Şekil 5.114 : M2C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	86
Şekil 5.116 : M2C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	87
Şekil 5.117 : M2C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	87
Şekil 5.118 : M2C20Φ20x26x120-H Ankraj No:4.2	88
Şekil 5.119 : M2C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	88
Şekil 5.120 : M2C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	88
Şekil 5.121 : M2C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.12	89
Şekil 5.122 : M2C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	89
Şekil 5.123 : M2C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	89
Şekil 5.124 : M2C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.2	90
Şekil 5.125 : M2C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	90
Şekil 5.126 : M2C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	90
Şekil 5.127 : M2C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.2	91
Şekil 5.128 : M2C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	91
Şekil 5.129 : M2C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	91
Şekil 5.130 : M2C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	92
Şekil 5.131 : M2C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	92
Şekil 5.132 : M2C20Φ20x26x160-D Ankraj No:7.1	92
Şekil 5.133 : M2C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	93

Şekil 5.134 : M2C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	93
Şekil 5.135 : M2C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.4	93
Şekil 5.136 : M2C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	94
Şekil 5.137 : M2C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	94
Şekil 5.138 : M2C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.6	94
Şekil 5.140 : M2C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	95
Şekil 5.141 : M3C20Φ20x26x160 Ankraj No:3.7	96
Şekil 5.142 : M3C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	96
Şekil 5.143 : M3C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	96
Şekil 5.144 : M3C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.12	97
Şekil 5.145 : M3C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	97
Şekil 5.146 : M3C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	97
Şekil 5.147 : M3C20Φ20x26x200 Ankraj No:5.9	98
Şekil 5.148 : M3C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	98
Şekil 5.149 : M3C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	98
Şekil 5.150 : M3C20Φ20x26x240 Ankraj No:2.5	99
Şekil 5.151 : M3C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	99
Şekil 5.152 : M3C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	99
Şekil 5.153 : M3C20Φ20x28x120 Ankraj No:3.8	100
Şekil 5.154 : M3C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	100
Şekil 5.155 : M3C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	100
Şekil 5.156 : M3C20Φ20x28x160 Ankraj No:7.13	101
Şekil 5.157 : M3C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	101
Şekil 5.158 : M3C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	101
Şekil 5.159 : M3C20Φ20x28x200 Ankraj No:5.10	102
Şekil 5.160 : M3C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	102
Şekil 5.161 : M3C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	102
Şekil 5.162 : M3C20Φ20x28x240 Ankraj No:2.6	103
Şekil 5.163 : M3C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	103
Şekil 5.164 : M3C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	103
Şekil 5.165 : M3C20Φ20x26x120-H Ankraj No:4.3	104
Şekil 5.166 : M3C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	104
Şekil 5.167 : M3C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	104
Şekil 5.168 : M3C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.13	105

Şekil 5.169 : M3C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	105
Şekil 5.170 : M3C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	105
Şekil 5.171 : M3C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.6	106
Şekil 5.172 : M3C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	106
Şekil 5.173 : M3C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	106
Şekil 5.174 : M3C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.3	107
Şekil 5.175 : M3C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	107
Şekil 5.176 : M3C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	107
Şekil 5.177 : M3C20Φ20x26x120-D Ankraj No:3.11	108
Şekil 5.178 : M3C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	108
Şekil 5.179 : M3C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	109
Şekil 5.180 : M3C20Φ20x26x160-D Ankraj No:7.2	109
Şekil 5.181 : M3C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	109
Şekil 5.182 : M3C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	109
Şekil 5.183 : M3C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.8	110
Şekil 5.184 : M3C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	110
Şekil 5.185 : M3C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	110
Şekil 5.186 : M3C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.7	111
Şekil 5.187 : M3C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	111
Şekil 5.188 : M3C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	111
Şekil 5.189 : M4C20Φ20x26x160 Ankraj No:3.9	112
Şekil 5.191 : M4C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	113
Şekil 5.192 : M4C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.14	113
Şekil 5.193 : M4C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	113
Şekil 5.194 : M4C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	114
Şekil 5.195 : M4C20Φ20x26x200 Ankraj No:6.5	114
Şekil 5.196 : M4C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	114
Şekil 5.197 : M4C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	115
Şekil 5.198 : M4C20Φ20x26x240 Ankraj No:2.7	115
Şekil 5.199 : M4C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	115
Şekil 5.200 : M4C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	116
Şekil 5.201 : M4C20Φ20x26x120-H Ankraj No:4.4	116
Şekil 5.202 : M4C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	116
Şekil 5.203 : M4C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	117

Şekil 5.204 : M4C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.14	117
Şekil 5.205 : M4C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	117
Şekil 5.206 : M4C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	118
Şekil 5.207 : M4C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.7	118
Şekil 5.208 : M4C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	118
Şekil 5.209 : M4C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	119
Şekil 5.210 : M3C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.4	119
Şekil 5.211 : M4C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	119
Şekil 5.212 : M4C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi	120
Şekil 5.213 : M4C20Φ20x26x120-D Ankraj No:3.12	120
Şekil 5.214 : M4C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	120
Şekil 5.215 : M4C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	121
Şekil 5.216 : M3C20Φ20x26x160-D Ankraj No:7.3	121
Şekil 5.217 : M4C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	121
Şekil 5.218 : M4C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	122
Şekil 5.219 : M4C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.9	122
Şekil 5.220 : M4C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	122
Şekil 5.221 : M4C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	123
Şekil 5.222 : M4C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.8	123
Şekil 5.223 : M4C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	123
Şekil 5.224 : M4C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi	124
Şekil 5.225 : M5C20Φ20x30x120 Ankraj No:3.10	124
Şekil 5.226 : M5C20Φ20x30x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	124
Şekil 5.227 : M5C20Φ20x30x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi	125
Şekil 5.228 : M5C20Φ20x30x160 Ankraj No:7.15	125
Şekil 5.229 : M5C20Φ20x30x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	125
Şekil 5.230 : M3C20Φ20x30x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi	126
Şekil 5.231 : M5C20Φ20x30x200 Ankraj No:6.10	126
Şekil 5.232 : M5C20Φ20x30x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	126
Şekil 5.233 : M5C20Φ20x30x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi	127
Şekil 5.234 : M5C20Φ20x30x240 Ankraj No:2.8	127
Şekil 5.235 : M5C20Φ20x30x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi.....	127
Şekil 5.236 : M5C20Φ20x30x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi	128

Şekil 5.237 : M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	129
Şekil 5.238 : M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	129
Şekil 5.239 : M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	130
Şekil 5.240 : M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	130
Şekil 5.241 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	131
Şekil 5.242 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	131
Şekil 5.243 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	131
Şekil 5.244 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	132
Şekil 5.245 : M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	132
Şekil 5.246 : M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	133
Şekil 5.247 : M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	133
Şekil 5.248 : M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	133
Şekil 5.249 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	134
Şekil 5.250 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	134
Şekil 5.251 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	135
Şekil 5.252 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	135
Şekil 5.253 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	136
Şekil 5.254 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	136
Şekil 5.255 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	136
Şekil 5.256 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	137

Şekil 5.257 : M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	138
Şekil 5.258 : M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	139
Şekil 5.259 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	139
Şekil 5.260 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	140
Şekil 5.261 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	140
Şekil 5.262 : M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	140
Şekil 5.263 : M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	141
Şekil 5.264 : M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	141
Şekil 5.265 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	142
Şekil 5.266 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	142
Şekil 5.267 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	143
Şekil 5.268 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	143
Şekil 5.269 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	144
Şekil 5.270 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	144
Şekil 5.271 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	145
Şekil 5.272 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	145
Şekil 5.273 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	146
Şekil 5.274 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankr ajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	146
Şekil 5.275 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	146
Şekil 5.276 : M5 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+10$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	147

Şekil 5.277 : M1 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	148
Şekil 5.278 : M1 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	148
Şekil 5.279 : M1 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	149
Şekil 5.280 : M1 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	149
Şekil 5.281 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	150
Şekil 5.282 : M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	150
Şekil 5.283 : M2 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	151
Şekil 5.284 : M2 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	151
Şekil 5.285 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	152
Şekil 5.286 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	153
Şekil 5.287 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	153
Şekil 5.288 : M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	153
Şekil 5.289 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	154
Şekil 5.290 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	155
Şekil 5.291 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	155
Şekil 5.292 : M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi	155
Şekil 5.293 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	157
Şekil 5.294 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	157
Şekil 5.295 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	158
Şekil 5.296 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	158

Şekil 5.297 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	159
Şekil 5.298 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 8Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	159
Şekil 5.299 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 10Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	159
Şekil 5.300 : Φ 16 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 12Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	160
Şekil 5.301 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	160
Şekil 5.303 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 10Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	161
Şekil 5.304 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 12Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	161
Şekil 5.305 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	162
Şekil 5.306 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 8Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	162
Şekil 5.307 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 10Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	163
Şekil 5.308 : Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapında ve 12Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi.....	163

SEMBOL LİSTESİ

ϵ_c	: eksenel şekil değiştirme
E_c	: beton elastisite modülü
$E_{c,ort}$	: beton ortalama elastisite modülü
E_s	: donatı çeliği elastisite modülü
$E_{s,ort}$	: donatı çeliği ortalama elastisite modülü
f'_c	: deney gününe ait standart silindir beton basınç dayanımı
$f'_{c,ort}$	: deney gününe ait ortalama standart silindir beton basınç dayanımı
h	: dikdörtgen enkesitin derinliği

KİMYASAL ANKRAJLARIN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Sertleşmiş beton ve/veya betonarme elemanlarda oldukça sık olarak kullanılan ankrajları en genel haliyle iki farklı gruba ayırabiliriz. Bu grupların ilkinin mekanik ankrajlar oluşturur. Sertleşmiş betonda uygulanan ikinci grup ankrajlar ise kimyasal ankrajlardır. Son yıllarda polimer teknolojisindeki gelişmeler daha yüksek performanslı yapıştırıcıların üretimine imkan verirken özellikle sertleşmiş betonda donatı çubukları ile yapılacak ankraj imalatlarını da mümkün kılmıştır. Kimyasal ankrajlarda söz konusu dış yükler, ankraj çubuklarının delik içerisine yapıştırılmasında kullanılan yapıştırıcı ile beton arasındaki aderans kuvveti ile taşınır.

Kimyasal yapıştırıcılar ile yapılan ankrajların hızlı ve pratik olması maliyetlerinin düşmesine neden olurken bu imalatları oldukça cazip kılmıştır. Özellikle betonarme yapıların onarılması ve güçlendirilmesi uygulamalarında büyük miktarlarda ihtiyaç duyulan donatı ankrajları için tek uygun yöntem olarak kabul edilen kimyasal ankrajlar sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu ankrajların imalatları ile ilgili kurallar ve performans bilgileri kimyasal yapıştırıcı üreticileri tarafından genel ifadelerle verilmekte ve ankrajların davranışları konusunda herhangi bir bilgi verilmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada Türkiye'deki mevcut yapıları temsil etmek üzere seçilen düşük dayanımlı bir beton içerisine farklı tiplerde kimyasal yapıştırıcılar kullanıldığı, ankraj çapının, ankraj derinliğinin, donatı çapının ve ankraj deliklerinin hazırlanma yöntemlerinin değişken olarak incelendiği kimyasal ankrajlara yönelik bir dizi deney yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ankraj, yapıştırıcı, beton, güçlendirme, dayanım.

BEHAVIOR OF CHEMICALLY BONDED ANCHORS

SUMMARY

The most common used post-installed anchors can be divided into two main groups. The mechanical anchors consist the first group. The second main group includes the chemically bonded anchors. The recent developments in the polymer chemistry make the high performance adhesives, which could be used for anchoring, possible. The environmental loads are carried by the adhesion forces occur between the adhesive and the concrete surfaces in the anchor hole.

The post-installed chemically bonded anchors make the application fast and easier, which causes to decrease of the construction cost. Especially in the repair and strengthening projects, which needs to use chemically bonded anchors in huge amounts, become the most popular technic for anchoring. But all the application procedures and performance datas are given by adhesive manufacturers and nothing about the behaviour of anchors. Therefore, in this study, some of the variables, which could affect the anchor behavior such as adhesive type, anchor width, anchor depth, anchor bar's diameter and the surface preparation method have investigated under unidirectional tensile loads.

Key Words: anchor, adhesive, concrete, strengthening, strength.

1. GİRİŞ

Deprem, dünya üzerinde meydana gelen doğal afetlerin en önemli ve etkililerinden biridir. Dünya üzerindeki nüfus dağılımı incelendiğinde insanların büyük çoğunluğunun deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde olduğu gerçeği ile karşılaşılır. Türkiye de bu riski en üst seviyede taşıyan ülkeler arasında yer almaktadır. Tarih boyunca meydana gelen birçok büyük depremin yanı sıra son yüzyılda on binlerce insanın hayatını kaybettiği çok büyük depremlerle karşılaşmıştır. Depremlerde verilen büyük kayıplar ve edinilen tecrübeler inşaat teknolojilerinin geliştirilmesine ve yapı kalitesinin artırılmasına itici bir güç olurken zaman içerisinde yapı yönetmeliklerinin de gelişmesini zorunlu kılmıştır.

1999 yılında meydana gelen Marmara depremi büyük can kayıplarına yol açarken mevcut yönetmeliğin de yetersizliğinin adeta canlı kanıtı olmuştur. Bu nedenle yeni ve en güncel bilgileri içerecek bir deprem yönetmeliğinin hazırlıklarına başlanırken bir yandan da mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar başlatılmıştır. İnşaatlarda kullanılan yapı malzemesinin kalitesinin oldukça yetersiz olduğu ve yapıların statik açıdan da depreme dayanıklı olarak tasarlanmadıkları gerçekleri Marmara depremi ile birlikte geride ağır bir can kaybına neden olarak ortaya çıkmıştır. 11 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen büyük depremden sonra acele olarak farklı bölgelerde bazı binalarda güçlendirme uygulaması yapılmış ve 12 Kasım 1999 tarihinde meydana gelen Düzce depreminde güçlendirilen bu binaların yıkılması daha da vahim bir tabloyu gözler önüne sermiştir. Onarım ve güçlendirme uygulamalarının son derece ciddi olduğu daha iyi kavranmış ve yeni yönetmelik çalışmalarında da bu kısma ayrıca bir bölüm ayrılmıştır.

2006 yılı Mart ayı itibariyle yeni deprem yönetmeliği resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yeni yönetmelikte daha önceleri hiç bir yönetmeliğe bağlı kalınmadan tamamen uygulayıcıların inisiyatifinde yapılan onarım ve güçlendirme uygulamalarını belirli standartlara göre tarif eden yeni bir bölüm yer almaktadır. Genel olarak betonarme, çelik ve yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesi

konularında tarifler yapılırken her bir yapı çeşidi için farklı yöntemler üzerinde durulmuştur. Betonarme yapılar için bakıldığında çelik sargı ile, betonarme sargı ile ve lifli polimer ile güçlendirme yöntemleri hakkında tarifler verildiği görülmektedir. Gerçekten de bu üç yöntem Marmara depremi sonrasında betonarme yapılarda sıklıkla uygulanan güçlendirme yöntemlerini kapsamı açısından yararlı olmuştur. Özellikle betonarme sargı ile güçlendirme yöntemi ekonomik ve etkili oluşu nedeniyle en sık yapılan uygulamalardandır.



Şekil 1.1 Betonarme Sargı Uygulaması

Betonarme sargı; mevcut betonarme yapının taşıyıcı elemanlarının kesitlerinin büyütülmesi ve/veya taşıyıcı sistemine perde vb. yeni taşıyıcı elemanların eklenmesi ile yapılan güçlendirme yöntemidir. Bu yöntemde ise sıklıkla yapılan uygulamalardan biri mevcut betonarme elemanlara yeni donatı çubuklarının ekilmesidir. Ankraj olarak isimlendirilen bu uygulama özellikle son yıllarda bu güçlendirme yönteminin kullanımının artması ile yaygınlaşmış ve önemli bir konuma gelmiştir. Özellikle taşıyıcı çerçeve sistemlere perde ilavesinin yapıldığı durumlarda yeni oluşturulan perdenin perde davranışını gösterebilmesi ancak katlar arasında sürekliliğinin sağlanması ile başarılabilecektir. Bu ise perdede yer alan eğilme donatılarının taşıdıkları yükleri katlar arasındaki bindirme bölgelerinde yani ankraj bölgelerinde kesintisiz olarak aktarabilmeleri ile gerçekleştirilecek bir durumdur. Bu noktada statik ve betonarme hesaplarda yapılan kabullerin doğruluğu ilgili bölgelerde yapılan ankrajların performansları ile doğru orantılı olacaktır. Betonarme sargı ile güçlendirme uygulamalarındaki en kritik noktayı oluşturan ankrajlar konusunda Türk yönetmeliklerinde herhangi bir standart verilmemektedir.



Şekil 1.2 Taşıyıcı Çerçeve Sisteme Perde İlavesi Yapılabilmesi İçin Yerde Uygulanmış Ankrajlar

Beton ve/veya betonarme elemanlara sonradan yapılan ankrajlarda kimyasal yapıştırıcılar (epoksi, polyester ve vinilester reçineler) kullanılmaktadır. Son yıllarda polimer kimyasında yaşanan gelişmeler çok daha yüksek performanslı ve ekonomik yapıştırıcıların üretilmesini sağlarken bu yapıştırıcılar ile beton içerisine, donatı ankrajının yapılabilmesine imkan vermiştir. Kimyasal ankrajlar genel olarak ankraj çubuğunun beton içerisine açılan deliklere özel yapıştırıcılar kullanılarak yapıştırılması ile elde edilirler. Ankraj uygulamalarında yapıştırıcı olarak epoksi, polyester ve vinilester reçineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler genellikle reçine ve sertleştirici olarak iki bileşenden oluşmakla beraber bazı durumlarda içerlerine özel dolgular (kuvars agrega vs.) katılarak da kullanılmaktadır. Yapıştırıcıların kimyasal yapıları, kıvamları, mekanik ve kimyasal dayanımları, kür süreleri vb özellikleri birbirlerine göre oldukça farklı olabilmekle beraber ankraj performansını ve davranışını etkileyebilecek önemli unsurlardır.

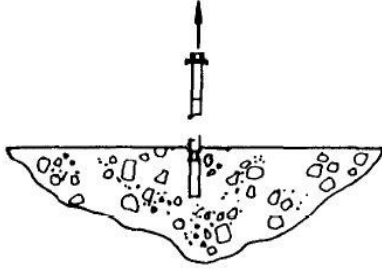
Kimyasal ankrajların çalışma prensibi en genel bakışla ankraj çubuğunun sabitlenmesi için kullanılan yapıştırıcı ile beton yüzey arasındaki sürtünme kuvveti ile açıklanabilir. Ankraj çubuğunun, maruz kaldığı yükleri taşıyacak kesit kapasitesine sahip olacak şekilde seçildiği düşünülürse tasarım yüklerinin taşınabilmesi ankraj deliği içerisindeki yapıştırıcı ile beton yüzey arasındaki sürtünme kuvvetine ve ankrajı çevreleyen beton kütesinin (ankraj konisi) dayanımına bağlı olacaktır.

Bu çalışmada; malzemelerin kürlenirken gösterdikleri davranış dolayısıyla yapışma

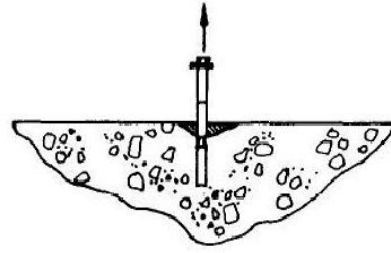
dayanımı olarak adlandırılacak ve incelenecektir. Diğer mekanik ankraj yöntemleri ile kıyaslandığında, kimyasal ankrajlar; neredeyse maksimum yüke ulaşana kadar elastik davranırlar ve yapışma dayanımı, kullanılan kimyasal yapıştırıcı ve ankrajın imalat tekniği ile değişmektedir, [3]. Ankrajların çekme yükleri altındaki davranışı pek tabi; beton dayanımı, delik yüzey temizliği, ortam nemi veya deliğin su seviyesi altında olması gibi değişkenlerin de etkisi altında olacaktır, [4].

Eksenel çekme yükleri altında ankrajların davranışları incelendiğinde genel olarak beş farklı göçme tipi gözlenmektedir, [3]. Bu tipler;

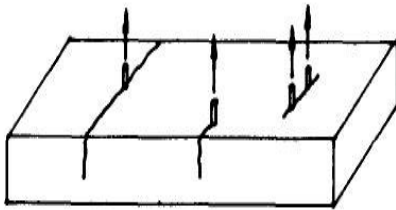
- Ankraj çubuğunun kopması
- Ankraj çubuğunun sıyrılması
- Betonun çatlaması / yarılması
- Betonun konik kopması
- Serbest kenarlara / birbirlerine yakın olan ankrajların betondan konik olarak kopması



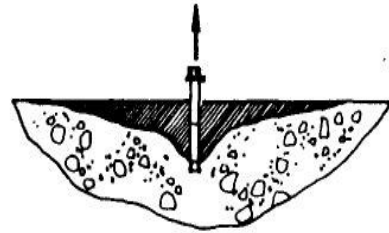
Şekil 1.3 Ankraj Çubuğunun Kopması



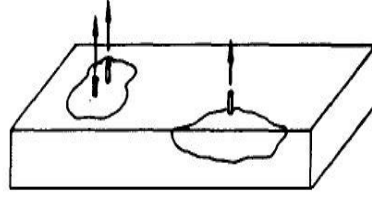
Şekil 1.4 Ankraj Çubuğunun Sıyrılması



Şekil 1.5 Betonun Çatlaması



Şekil 1.6 Betonun Konik Kopması



Şekil 1.7 Serbest Kenarlara / Birbirlerine Yakın Olan Ankrajların Betondan Konik Olarak Kopması

Diğer ankraj tiplerinden farklı olarak, kimyasal ankrajlar; nadiren belirtilen göçme durumlarından yalnızca birini, ancak sıklıkla malzeme ve geometri özellikleri gibi ankraj parametrelerine bağlı olarak karma bir davranış göstermektedirler, [7].

Ankraj çubuğunun kopması, ankraj derinliğinin betondan kaynaklanabilecek göçme tiplerinin engellenebileceği kadar fazla olduğu durumlarda karşılaşılan bir göçme türüdür, bir başka deyişle; ankrajın kimyasal yapışma dayanımı, çeliğin kopma dayanımından yüksektir, [3]. Bu göçme türünde ankrajın taşıma gücü donatı kesitiyle doğru orantılı olarak değişir.

Ankraj çubuğunun sıyrılması; yapıştırıcı kimyasalın betona yeterli aderans sağlaması veya temas yüzeyindeki sürtünme kuvvetinin çekme kuvvetini karşılayamaması sonucu; üç eksenli gerilme durumunun gelişmemesi ile gerçekleşmektedir, [5]. Bu çeşit bir göçme durumu; kullanılan yapıştırıcı kimyasalın o geometrideki ankrajlar için yetersiz teknik özellikler sergilemesi ile olabileceği gibi; düzgün kürlenmeme ve uygun hazırlanmayan yüzeylerin sonucu olarak da gerçekleşebilir, [6].

Ankraj derinliğinin, çeliğin çekme dayanımına göre etkili olduğu çeliğin kopmadan kalabildiği ve kullanılan yapı kimyasalının çelik ve betona yeterli aderans sağladığı sıyrılmanın olmadığı- sınır durumlarında; sık ankrajlarda beton konisi tipi ve yeterli derinliklerde bir koni ve koninin altındaki ankraj boyunca sıyrılma ile gerçekleşen karma tip (kombine tip) ankraj göçmesi gerçekleşir, [5,6]. Bu tip karma göçme biçimlerinde gözlenen sıyrılma; tekil sıyrılma vakalarındaki gibi beton ile kimyasal arasındaki yüzeyde aderans kaybından olabileceği gibi; çelik ile kimyasal ara yüzeyinde aderansın yitirilmesi hatta aynı ankrajın farklı bölgelerinde her iki

yüzeyde de aderans kaybolmasıyla ortaya çıkabilir, [4]. Bu tip göçme durumlarında; çekme konisi ile sıyrılma birbirinin peşisıra gerçekleşmektedir, [8].

Betonun çatlaması ile ortaya çıkan göçme durumu ve birbirine yakın ankrajlar için söz konusu olan çekme konilerinin üst üste düşmesi; çatlakların genişliklerinin serbest yan yüzeylere ulaşınca hızla artması gibi etkiler ya da diğer gerilme bölgelerinin içindeki davranışı konu alması üzerine bu çalışmada inceleme dışında tutulmuştur.

2. ANKRAJLARIN TASARIMI VE ÜRETİMİ

2.1 Giriş

Bu çalışma kapsamında; beş farklı kimyasal yapıştırıcı kullanılarak farklı ankraj deliği çaplarında, farklı derinliklerde, farklı donatı çaplarında ve farklı yüzey hazırlık aşamalarından geçmiş seksen adet ankraj imalatı yapılmış ve eksenel çekme yükleri altındaki davranışları incelenmiştir. Donatı ankrajlarının yapılabilmesi için farklı boyutlarda yedi adet beton plaka üretilmiştir. Tüm beton plakalar ve ankrajlar, İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında üretilmiş ve deneyler yine İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.2 Ankrajların Tasarımı

Ankrajların tasarımı iki farklı bölümde incelenecektir. Birinci bölümde deney parametrelerinin belirlenmesi aşaması ele alınacaktır. Litaratürde konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde çok farklı parametreler altında kimyasal ankrajların davranışlarının incelendiği ve her parametrenin çok farklı etkilere sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle ülkemizde gerçekleştirilen ankraj uygulamaları göz önünde bulundurularak incelenecek parametreler seçilmiş ve yapılacak çalışmanın bu uygulamalara ışık tutması amaçlanmıştır. İkinci bölümde ise laboratuvarın fiziksel koşulları ve deneylerin iş pratiği düşünülerek, belirlenmiş parametreler altında ankraj imalatının tasarımı ve detaylandırılması ele alınacaktır. Bu aşamada ankraj üretimi için gerekli olan beton elemanların tasarımı, ankrajların beton elemanlar üzerinde yerleşimi ve üretimi ile ilgili yapılmış tasarım çalışması anlatılmıştır.

2.2.1 Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

Tipik bir kimyasal ankrajın özellikleri düşünüldüğünde; ankraj uygulamasının yapılacağı betonun özellikleri, ankrajın beton/betonarme eleman üzerindeki geometrik konumu, komşu ankrajların birbirlerine yakınlıkları, ankraj derinliği,

ankraj deliği çapı, ankraj çubuğunun çapı, ankraj uygulamasında kullanılan kimyasal yapıştırıcının özellikleri, ortam sıcaklığı, ankraj deliklerinin hazırlanması ve fiziksel durumları, ankrajların maruz kalacağı yükler vb. farklı değişkenlerin ankrajların davranışlarını etkileyebileceği anlaşılabilmektedir. Sahip olunan fiziksel imkanlar ve çalışmanın amacı düşünüldüğünde tüm bu değişkenlerin inceleneceği bir çalışma pratiklikten uzak olacaktır. Bu nedenle yukarıda sıralanan değişkenlerden, ülkemizde yapılan ankraj uygulamalarını doğrudan etkileyebilecekler göz önünde bulundurulmuş ve diğerleri sabit tutularak deney parametreleri belirlenmiştir.

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu düşünüldüğünde kullanılan beton sınıflarının C20 veya daha düşük olduğu görülmektedir. Güçlendirme uygulamalarının da büyük çoğunlukla deprem riski yüksek olan eski yapılarda gerçekleştirilmesi nedeniyle yapılan anraj imalatlarında uygulama yapılan beton sınıfları C20'nin altında kalmaktadır. Bu nedenle çalışmada kullanılacak betonun ortalama basınç dayanımı 20 MPa olarak belirlenmiştir. Ancak malzeme deneyleri bölümünde anlatılacağı gibi beton elemanlardan alınan silindir numunelerin test edilmesi sonucu ortalama basınç dayanımının hedeften saparak 16 MPa olarak elde edildiği görülmüştür.

Ankrajların servis koşulları düşünüldüğünde eksenel çekme yüklerinin kritik olacağı öngörülmüş ve ankraj davranışlarının eksenel çekme yükleri altında incelenmesine karar verilmiştir. Güçlendirme uygulamalarının sıklıkla gerçekleştirildiği konutlar ve üretim tesislerindeki çevre koşulları düşünüldüğünde ortam sıcaklığının çok etkin olmadığı ön görülmüş ve sıcaklığın ankrajların üretimi ve test edilmesi sırasında sabit tutularak bu değişkenin etkisi incelenmemiştir.

Ankrajların, bulundukları beton elemanlar üzerindeki geometrik konumlarının da değişken olarak alınmamasına karar verilmiştir. Bu nedenle daha önce yapılmış deneysel ve teorik çalışmalardan elde edilen tecrübeler ışığında ankrajlar, davranışı etkilemeyecek şekilde belirlenen mesafelerle serbest kenarlardan ve birbirlerinden uzakta konumlandırılmışlardır.

Bu çalışmada göz önünde bulundurulacak değişkenler aşağıda verilmiştir.

- Kimyasal yapıştırıcı
- Donatı çapı
- Ankraj deliği çapı

- Ankraj derinliği
- Ankraj deliklerinin hazırlanması

2.2.1.1 Kimyasal Yapıştırıcı

Kimyasal ankrajlarda eksenel çekme yükleri, yapıştırıcı ile beton yüzey arasında oluşan sürtünme kuvveti ile taşınmaktadır. Sürtünme kuvveti, yüzeyinin geometrik özelliklerine ve fiziksel durumuna ek olarak yapıştırıcının yüzeye olan yapışma kuvvetine de bağılı olarak büyük farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle ankraj davranışını etkileyecek en önemli faktörlerden biri, kuşkusuz kimyasal yapıştırıcılardır. Sağlam ve kuvvetli bir yapışma için yapıştırıcılardan birtakım özellikler beklenmektedir, [2]. Yapıştırıcının doğru viskozitede olması, tüm yüzeye yayılmayı sağlayacak yüzey gerilimine sahip olması, yapışmanın geç veya erken olmaması, büzülmenin az olması veya hiç olmaması gibi özellikler iyi bir yapışma için gerekli koşullardır. Günümüzde en genel olarak üç farklı kimyasal malzeme ankraj imalatlarında kullanılmaktadır. Bu malzemeler epoksi, polyester ve vinilester reçineleridir. Bu üç malzeme de reçine ve sertleştiriciden oluşan iki farklı bileşene sahip olup kendi içlerinde dahi reçine ve sertleştirici tiplerinde yapılacak değişikliklerle çok farklı performanslar gösterebilir. Bu nedenle bu çalışmada beş farklı tip yapıştırıcı malzeme kullanılmıştır. Bu malzemeler sırası ile M1, M2, M3, M4 ve M5 olarak isimlendirilmiştir. M1 ve M2 malzemeleri piyasada sıklıkla kullanılan ankraj malzemelerini temsil ettikleri için bu yapıştırıcılarla üretilen ankrajlarda tüm değişkenler incelenmiştir. M3 malzemesi ile üretilen ankrajlarda da değişkenlerin büyük bölümü incelenirken M4 malzemesi farklı amaçlar için kullanılan bir malzeme olduğu için bu malzemeyle üretilen ankrajlarda daha sınırlı sayıda değişken incelenmiştir. M5 malzemesi de tamamen farklı bir amaç için üretilmiş bir malzeme olmasına karşın yüksek yapışma dayanımları ve bazı durumlarda kolay uygulama imkanı sağladığı için çalışma içine alınmış ancak sadece derinlik değişkeninin incelendiği dört adet ankraj tasarlanmıştır.

2.2.1.2 Donatı Çapı

Donatı çapının ankraj davranışı üzerinde etkili olacağı yadsınmaz bir gerçektir. Bununla beraber statik hesaplara ve uygulama koşullarına bağılı olarak mühendisler ankraj uygulamaları için çoğu zaman farklı donatı çaplarına karar verirler. Ankraj imalatlarında ülkemizde yoğun olarak kullanılan donatı çapları $\Phi 16$, $\Phi 18$ ve $\Phi 20$ ve

$\Phi 22$ 'dir. Genellikle betonarme kirişler üzerine perde imalatları için gerekli olan filizlerin ekimi için donatı ankrajı yapılmakta ve kirişin dar kesitleri düşünülerek mümkün olduğunca az ankraj yapmak için büyük donatı çapları seçilmektedir. Bir diğer gerçek ise ülkemizdeki şantiyelerde betonarme kolon ve perde imalatlarında $\Phi 16$ ve $\Phi 20$ donatıların sıklıkla kullanıldığıdır. Şantiyelerde pratiklik için mümkün olduğu kadar benzer çaplarda ve az çeşitlilikle donatı kullanılması yaygın bir alışkanlık olduğu için ankraj imalatları da aynı donatılarla yapılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada donatı çapı olarak $\Phi 16$ ve $\Phi 20$ göz önünde bulundurulmuştur.

2.2.1.3 Ankraj Deliği Çapı

Ankraj imalatlarında ankraj çubuğunu açılan ankraj deliğinin içerisine kolayca yerleştirebilmek için ankraj deliği ankraj çubuğundan bir miktar daha geniş olmak zorundadır. Bu nokta, ankraj imalatında dikkat edilmesi gereken basit bir uygulama detayını oluşturmaktadır. Ancak kimyasal ankrajların eksenel çekme yükleri altındaki davranışı düşünüldüğünde yapıştırıcı ile ankraj çubuğunun çevreleyen beton yüzey arasında oluşan sürtünme kuvveti ile taşındığı ve ankraj yüzey alanının taşıma kapasitesi ile ilişkili olduğu anlaşılabacaktır. Ankraj yüzey alanını belirleyen önemli parametrelerden biri ise ankraj deliği çapıdır. Bu nedenle ankraj deliği çapının bir uygulama detayından ziyade ankraj performansını belirleyen önemli bir parametre olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak yapılan ankraj uygulamalarında genellikle yapıştırıcı üreticisi firmaların vermiş olduğu çaplar göz önünde bulundurulmakta ve tasarımcı/mühendis tarafından atlanmaktadır. Yapıştırıcı üreticileri ise önerdikleri ankraj çaplarını belirlerken genellikle pazara sundukları malzemelerin içerdikleri dolgu yapılarını göz önünde bulundurmakta ve ankraj çubuklarının açılan deliklere kolaylıkla yerleştirilmesini amaçlamaktadırlar. Bu çalışmada da malzeme üreticisi firmanın önerdiği en küçük ankraj deliği çapı olan; Φ (donatı çapı) + 6 mm' ye ek olarak $\Phi + 8$ mm ve $\Phi + 10$ mm ölçüleri göz önünde bulundurularak ankraj tasarımı yapılmıştır.

2.2.1.4 Ankraj Derinliği

Ankraj çubuğunun beton içerisine yerleştirilebilmesi için belirli bir derinlikte delik açılması gerekmektedir. Delik derinliği en basit uygulama detayı olmakla beraber aynı zamanda ankraj performansını ve davranışını etkileyen en önemli değişkenlerden biridir. Ankraj derinliğinin artmasıyla birlikte sürtünme yüzeyinin

artması teorik olarak ankrajın taşıma yükünün de artmasını gerektirmektedir. Ancak bu artışın doğrusal olup olmadığı, diğer parametrelerle birlikte nasıl değiştiği bir soru işaretidir. Bununla birlikte ankraj davranışı üzerindeki etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Göçme tipinin sıyrılma, konik kopma veya ankraj çubuğunun kopması şeklinde olması da ankraj derinliğine bağlı olarak değişebilecek bir parametredir.

Yapıştırıcı üreticileri tarafından genellikle 10Φ yani donatı çapının on katı derinlikte bir ankraj deliği açılması tavsiye edilmektedir. Bu, ilgili üreticinin sahip olduğu pratik tecrübeler ve malzemelerinin özelliklerine göre belirlenen ve belirli güvenlik ifadeleri ile elde edilmiş bir değer olmakla beraber genel anlamda ankraj davranışı için bir şey ifade etmemektedir. Tasarımcılar da malzeme üreticilerinin tavsiyelerine uymakla beraber genellikle hesaplarını daha güvende bırakacak şekilde daha derin ankraj uygulamaları gerçekleştirmektedirler. Ancak derin ankraj uygulamalarının da yol açabileceği bir takım sorunlar olabilir. Yapıştırıcı malzemenin delik içerisine yerleştirilmesi, deliklerin uygun olarak temizlenebilmesi, ankraj çubuğu ile delik arasındaki boşluğun yapıştırıcı ile tam olarak doldurulabilmesi gibi konulardaki bazı eksiklikler derin ankraj deliklerinde yapılacak uygulamalar için söz konusu olabilir. Bu nedenle delik derinliği ile ankraj davranışının nasıl değiştiği tüm değişkenler sabit tutulup farklı derinliklerde ankrajlar üretilerek ve test edilerek saptanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ derinliklerinde ankrajlar üretilmiş ve ankraj davranışlarının derinlik değişiminden nasıl etkilendiği gözlenmeye çalışılmıştır.

2.2.1.5 Ankraj Deliklerinin Hazırlanması

Yapışma yapıştırıcı ile yüzey arasındaki temasla olmaktadır ve temasın derecesine göre yapışma gerçekleşmektedir, [2]. İstenen yapışmanın gerektiği gibi yerine gelmesi için yapıştırılacak yüzeylerden beklenen bazı hususlar bulunmaktadır. Bu hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yapışmanın olacağı yüzey temiz olmalıdır. Yapışmayı engelleyecek toz, kir, pas, yağ vb yabancı maddelerden arındırılmış olmalıdır.
- Yüzeyin pürüzlü olması, etkili yapışma yüzeyinin artması ve dolayısıyla daha kuvvetli bir yapışma için gereklidir.

- Yüzeyde serbest su bulunmamalıdır. Serbest su yapışmayı engellerken, yüzeylerin nemli olması yapıştırıcının kimyasal yapısına bağlı olarak yapışmayı olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi yüzeyin fiziksel özellikleri, yapışmayı ve dolayısıyla ankraj davranışını etkileyebilecek en önemli faktörlerden biridir. Diğer yandan ülkemizde yapılmakta olan ankraj imalatları düşünüldüğünde ankraj deliklerinin hazırlanmasında standart bir yol izlenmemekle birlikte çoğu zaman yapıştırıcı üreticilerinin tavsiyelerine de uyulmamaktadır. Böylece yetersiz kalitedeki işçiliğin neden olabileceği ciddi sorunlar göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada ülkemizde yapılmakta olan ankraj uygulamalarında sıkça kullanılan yöntemler göz önünde bulundurularak ankraj deliklerinin hazırlanmasına yönelik farklı yöntemler ele alınmış ve üç farklı yüzey durumu değişken olarak incelenmiştir. Yüzeyler; tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş ve suya doymun-nemli yüzey olarak ayrı ayrı hazırlanmıştır. İsimlendirmede tam temizlenmiş yüzeyler için herhangi bir isimlendirme yapılmazken eksik temizlenmiş yüzeyler için **D (Dusty)**, suya doymun-nemli yüzeyler için ise **H (Humid)** harfleri simge olarak kullanılmıştır. Tam temizlenmiş yüzeyler; ankraj deliği açıldıktan sonra delik yüzey alanının büyüklüğüne bağlı olarak belirlenen sürelerde basınçlı hava ile temizlenirler. Daha sonra aynı sürede elektrikli matkap ucuna takılmış silindirik tel fırça ile yüzeyde yapışmış olarak bulunan toz parçaları uzaklaştırılarak yüzeyin pürüzlendirilmesi yapılır ve tekrar aynı sürede basınçlı hava kullanılarak toplamda üç aşamada delik temizliği tamamlanır. Eksik temizlenmiş yüzeyler için ise tam temizlenmiş yüzeyler için yapılan hazırlık aşamalarından yalnızca ilk aşama olan basınçlı hava ile temizlik yapılmış ve yüzey hazırlığı bitirilmiştir. Suya doymun-nemli yüzeyler için ise tam temizlenmiş yüzeyler için yapılan hazırlık aşamaları aynen tekrarlanmış ve daha sonra delikler 48 saat boyunca su ile dolu olarak bekletilmiştir. Ankraj uygulamasından hemen önce deliklerin içindeki su şırınga yardımı ile boşaltılıp delik dibinde kalan az miktardaki su da basınçlı hava ile tahliye edilmeye çalışılmıştır.

Buraya kadar incelenen değişkenleri içeren tipik bir ankrajın isimlendirilmesi aşağıda örnek olarak verilmiştir:

M1C20Φ20x26x120-H

M1 : M1 malzemesi ile üretilmiş,

C20 : 20 MPa ortalama basınç dayanımına sahip beton kullanılmış,

Φ20 : Φ20 nervürlü donatı kullanılmış,

26 : Ankraj deliği çapı 26 mm olan,

120 : Ankraj derinliği 120 mm olan,

H : Suya doymun-nemli yüzeye sahip

bir ankrajı belirtmektedir. Tablo 2.1’de incelenen tüm değişkenlerin ve ankraj isimlerinin gösterildiği tablo verilmektedir.

Tablo 2.1 Deney Parametreleri

	Malzeme	Beton Sınıfı	Donatı Çapı (mm)	Ankraj Çapı (mm)	Ankraj Derinliği (mm)	Ankraj No	Ankraj Adı
1	M1	C20	16	22	96	4.9	M1C20Q16x22x96
2			16	22	128	4.5	M1C20Q16x22x128
3			16	22	160	7.4	M1C20Q16x22x160
4			16	22	192	5.1	M1C20Q16x22x192
5			16	24	96	4.10	M1C20Q16x24x96
6			16	24	128	4.6	M1C20Q16x24x128
7			16	24	160	7.5	M1C20Q16x24x160
8			16	24	192	5.2	M1C20Q16x24x192
9			20	26	120	3.1	M1C20Q20x26x120
10			20	26	160	7.6	M1C20Q20x26x160
11			20	26	200	5.5	M1C20Q20x26x200
12			20	26	240	2.1	M1C20Q20x26x240
13			20	28	120	3.2	M1C20Q20x28x120
14			20	28	160	7.7	M1C20Q20x28x160
15			20	28	200	5.6	M1C20Q20x28x200
16			20	28	240	2.2	M1C20Q20x28x240
17		C20 (Nemli)	20	26	120	4.1	M1C20Q20x26x120-H
18			20	26	160	6.11	M1C20Q20x26x160-H
19			20	26	200	6.1	M1C20Q20x26x200-H
20			20	26	240	1.1	M1C20Q20x26x240-H
21		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.5	M1C20Q20x26x120-D
22			20	26	160	6.15	M1C20Q20x26x160-D
23			20	26	200	6.3	M1C20Q20x26x200-D
24			20	26	240	1.5	M1C20Q20x26x240-D
25	M2	C20	16	22	96	4.11	M2C20Q16x22x96
26			16	22	128	4.7	M2C20Q16x22x128

27			16	22	160	7.8	M2C20Q16x22x160
28			16	22	192	5.3	M2C20Q16x22x192
29			16	24	96	4.12	M2C20Q16x24x96
30			16	24	128	4.8	M2C20Q16x24x128
31			16	24	160	7.9	M2C20Q16x24x160
32			16	24	192	5.4	M2C20Q16x24x192
33			20	26	120	3.3	M2C20Q20x26x120
34			20	26	160	7.10	M2C20Q20x26x160
35			20	26	200	5.7	M2C20Q20x26x200
36			20	26	240	2.3	M2C20Q20x26x240
37			20	28	120	3.4	M2C20Q20x28x120
38			20	28	160	7.11	M2C20Q20x28x160
39			20	28	200	5.8	M2C20Q20x28x200
40			20	28	240	2.4	M2C20Q20x28x240
41		C20 (Nemli)	20	26	120	4.2	M2C20Q20x26x120-H
42			20	26	160	6.12	M2C20Q20x26x160-H
43			20	26	200	6.2	M2C20Q20x26x200-H
44			20	26	240	1.2	M2C20Q20x26x240-H
45		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.6	M2C20Q20x26x120-D
46			20	26	160	7.1	M2C20Q20x26x160-D
47			20	26	200	6.4	M2C20Q20x26x200-D
48			20	26	240	1.6	M2C20Q20x26x240-D
49	M3	C20	20	26	120	3.7	M3C20Q20x26x120
50			20	26	160	7.12	M3C20Q20x26x160
51			20	26	200	5.9	M3C20Q20x26x200
52			20	26	240	2.5	M3C20Q20x26x240
53			20	28	120	3.8	M3C20Q20x28x120
54			20	28	160	7.13	M3C20Q20x28x160
55			20	28	200	5.10	M3C20Q20x28x200
56			20	28	240	2.6	M3C20Q20x28x240
57		C20 (Nemli)	20	26	120	4.3	M3C20Q20x26x120-H
58			20	26	160	6.13	M3C20Q20x26x160-H
59			20	26	200	6.6	M3C20Q20x26x200-H
60			20	26	240	1.3	M3C20Q20x26x240-H
61		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.11	M3C20Q20x26x120-D
62			20	26	160	7.2	M3C20Q20x26x160-D
63			20	26	200	6.8	M3C20Q20x26x200-D
64			20	26	240	1.7	M3C20Q20x26x240-D
65	M4	C20	20	26	120	3.9	M4C20Q20x26x120
66			20	26	160	7.14	M4C20Q20x26x160
67			20	26	200	6.5	M4C20Q20x26x200
68			20	26	240	2.7	M4C20Q20x26x240
69		C20 (Nemli)	20	26	120	4.4	M4C20Q20x26x120-H

70			20	26	160	6.14	M4C20Q20x26x160-H
71			20	26	200	6.7	M4C20Q20x26x200-H
72			20	26	240	1.4	M4C20Q20x26x240-H
73		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.12	M4C20Q20x26x120-D
74			20	26	160	7.3	M4C20Q20x26x160-D
75			20	26	200	6.9	M4C20Q20x26x200-D
76			20	26	240	1.8	M4C20Q20x26x240-D
77	M5	C20	20	30	120	3.10	M5C20Q20x30x120
78			20	30	160	7.15	M5C20Q20x30x160
79			20	30	200	6.10	M5C20Q20x30x200
80			20	30	240	2.8	M5C20Q20x30x240

2.2.2 Ankrajların Yapılacağı Beton Elemanların Tasarımı ve Ankraj Yerleşimi Planlarının Belirlenmesi

Ankraj uygulaması yapılacak beton elemanların boyutları ve ankrajların bu elemanlar üzerindeki yerleşim planları tasarım sürecinde ikinci bölümü oluşturmaktadır. Beton elemanların boyutlandırılmasında, laboratuvarın fiziksel koşulları, kalıp imalatındaki pratiklik ve ankrajların sayısı, geometrik özellikleri ve yerleşim planları etkili olmuştur. Öncelikle imal edilmesi gereken beton elemanların kiriş veya döşeme gibi temel geometrilerinin ne olması gerektiğine, donatılı veya donatısız olarak imal edilmelerine karar verilmiştir. Ankraj davranışını etkileyebileceği sebebi ile üretilecek elemanlar donatısız olarak tasarlanmıştır. Laboratuvarın fiziksel koşulları da göz önünde bulundurularak bu elemanların üzerine iki sıra donatı ankrajı yapılabilecek genişlikte ve ankraj davranışını etkilemeyecek derinlikte olmasına karar verilmiştir. Bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda beton elemanların döşeme ile kiriş arasında sıradan bir döşemeden daha dar ve derin, ortalama bir kirişten ise daha geniş ve daha alçak bir beton plak olması gerektiğine karar verilerek ön boyutlandırmaya geçilmiştir. Standart ahşap (plywood) kalıp boyutları, ankrajların derinlikleri ve iki sıra yerleşimi düşünüldüğünde beton plakların 20-30 cm arasında kalınlıkta, 90-125 cm arasında genişlikte ve 240-250 cm arasında uzunlukta olması optimum çözümü yakalamak için doğru olabilecek yaklaşım olarak benimsenmiştir. Bu genel ölçüler bir kenara kaydedildikten sonra bu elemanlar üzerinde ankrajların yerleşim planlarının hazırlanmasına başlanmıştır.

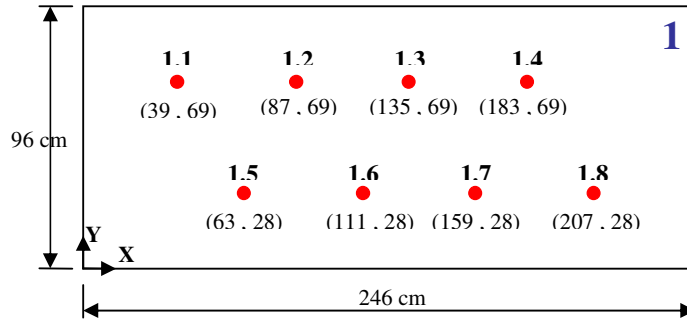
Ankrajların birbirlerine olan mesafelerinin davranışı etkilememesi için belirli sınırlarda tutulması gereklidir. Bu sınır ise komşu ankrajların derinliklerine bağlı olarak değişir. Eksenel çekme yükleri altında kalan bir ankraj çubuğu düşünüldüğünde çubuğun beton içerisinde kalan en derin noktasından beton yüzeyine doğru genişleyen ve çubuğu çevreleyecek şekilde uzanan konik bir yüzeyde beton çekme gerilmelerine maruz kalır. İki komşu ankrajın çevresinde oluşan bu koniler çakıştığında beton çakışma bölgelerinde daha büyük gerilmelere maruz kalır ve daha kolay taşıma gücüne erişerek ankrajın teorik kapasitesinin altında göçmesine neden olur. Deney değişkenleri incelenirken ankrajların birbirlerine olan etkilerinin ihmal edilebilecek boyutlarda olması hedeflendiği için ankrajların yerleşim planları hazırlanırken çekme konilerinin birbirleri ile çakışmamasına özen gösterilmiştir. Daha önce yapılmış deneysel çalışmalarla bu çekme konilerinin genellikle 45° gibi açılarla oluştuğu gözlemlenmiş ve bu noktadan hareketle çekme konilerinin beton üst yüzeyinde oluşturdukları dairenin yarıçapının ankraj derinliği kadar olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle ankraj yerleşim planları hazırlanırken iki ankraj arasındaki mesafenin ankrajların derinlikleri toplamından az olmaması gerektiğine karar verilmiş ve ön boyutlandırılması yapılmış beton plakların üzerinde ankrajlar bu esasa göre yerleştirilmeye başlanmıştır. 80 adet ankrajın yerleştirilebilmesi için daha önce belirtilen ölçülerde 7 adet beton plağın yeterli olacağı hesaplanmış ve bu plakaların nihai boyutlandırılmaları tamamlanmıştır. Tablo 2.2’de beton plakların boyutları verilmektedir.

Tablo 2.2 Beton Plakların Boyutlandırılması

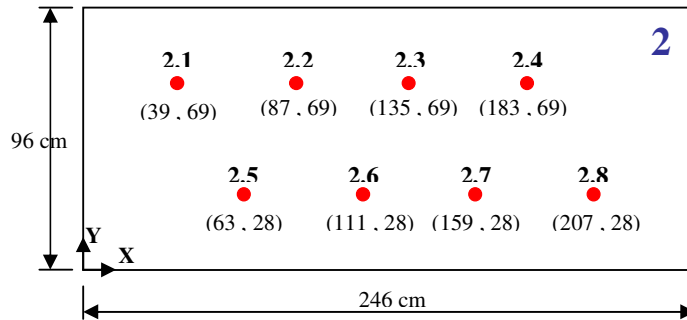
Plak No	En (cm)	Boy (cm)	Yükseklik (cm)	Hacim (m ³)	Ankraj Sayısı
1	96	246	30	0.71	8
2	96	246	30	0.71	8
3	96	246	25	0.59	12
4	96	246	25	0.59	12
5	96	246	25	0.59	10
6	120	246	25	0.74	15
7	120	246	20	0.59	15

Beton plaklar üzerinde yerleşim planları hazırlanan ankrajların her birine bulunduğu plak üzerindeki konumunu işaretleyecek şekilde ankraj numaraları verilmiştir ve bu numaralar Tablo 2.1’de görülmektedir.

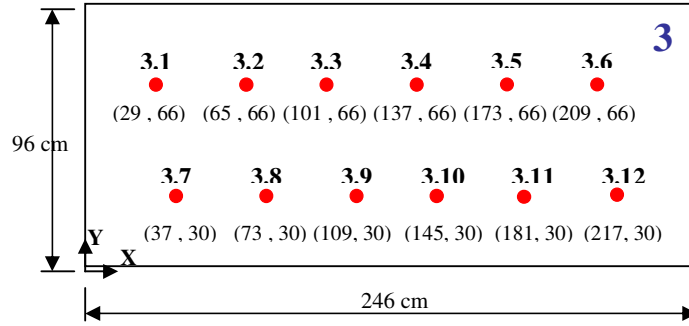
Şekil 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 ve 2.7’de ankraj yerleşim planları verilmiştir. Şekillerde görünen renkli noktalar ankrajları, noktaların üzerindeki numaralar ankraj numaralarını, parantez içindeki rakamlar ise ankrajların plak üzerindeki koordinatını (X,Y) temsil etmektedir. Şekillerin sağ üst noktasındaki renkli rakam ise plak numarasını göstermektedir.



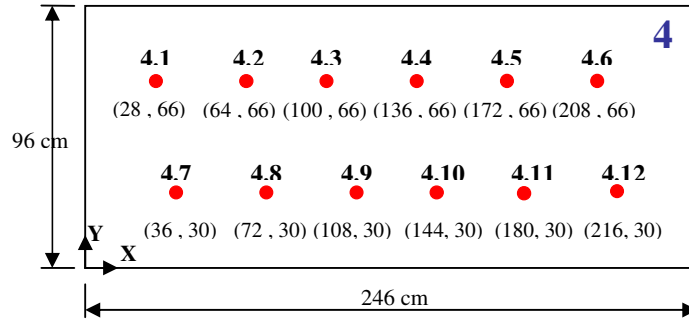
Şekil 2.1 1. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı



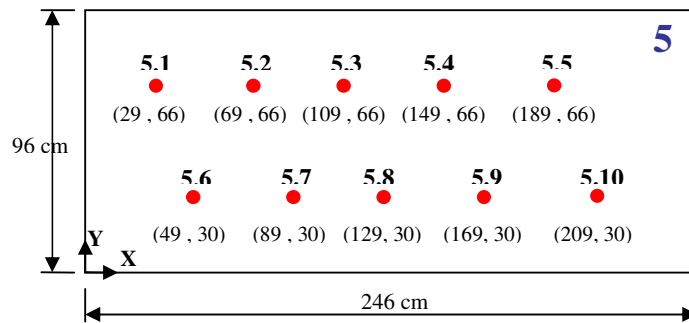
Şekil 2.2 2. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı



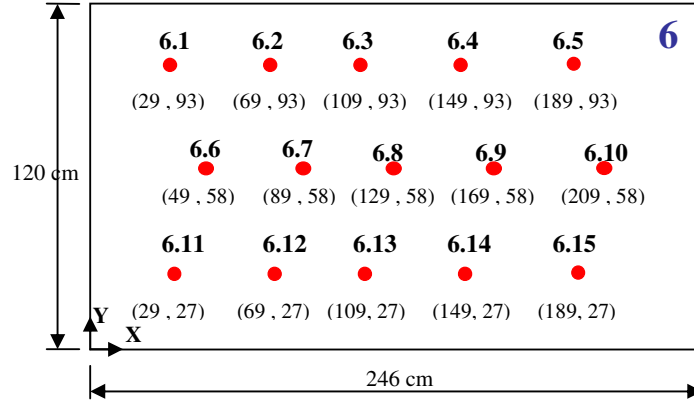
Şekil 2.3 3. No'lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı



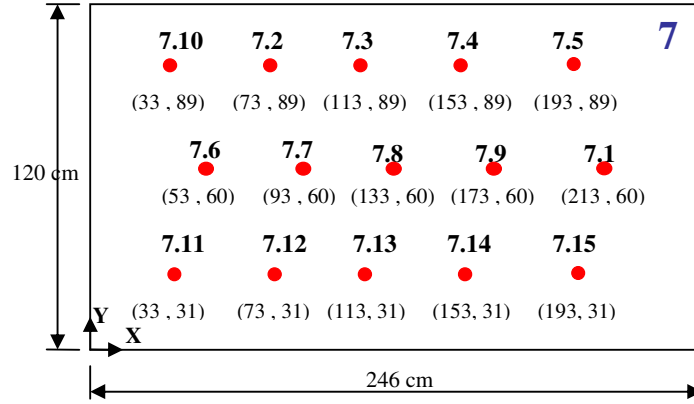
Şekil 2.4 4. No'lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı



Şekil 2.5 5. No'lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı



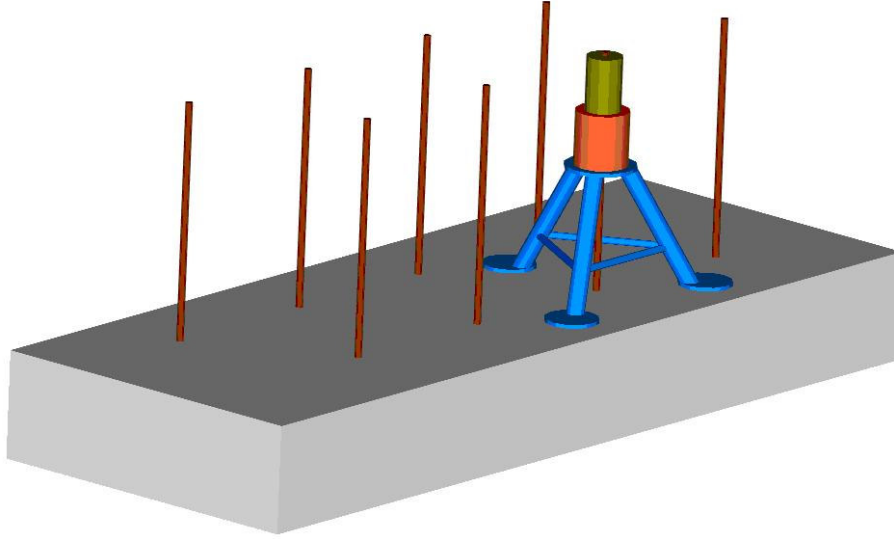
Şekil 2.6 6. No'lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı



Şekil 2.7 7. No'lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşim Planı

Ankraj yerleşim planları hazırlanırken diğer taraftan da beton plakların nihai boyutları karşılıklı olarak belirlenmiştir. Ankrajların plaklar üzerinde yerleştirilmesinde göz önünde bulundurulan bir diğer etken ise ankraj deliklerinin hazırlanması yöntemleri olmuştur. Nemli yüzeylere sahip ankrajlar mümkün olduğunca bir araya toplanarak tam temizlenmiş ve eksik temizlenmiş kuru yüzeylere sahip ankrajları etkilememesi amaçlanmıştır. Buna ek olarak deney düzeneğini oluşturan deney sehpası da ankrajların yerleşim planlarının hazırlanmasında göz önünde bulundurulmuştur. 4. Bölüm'de ele alınacağı üzere deney düzeneğini oluşturan parçalardan biri olan deney sehpasının plaklar üzerinde kolayca yerleştirilebilmesi ve deney düzeneğinin kurulabilmesi amacıyla mevcut ankrajlarla

herhangi bir şekilde temas etmemesi gerekmektedir. Bu sebeple gerçek ölçülerde üç boyutlu olarak çizilen plaklar üzerinde deney sehpası konumlandırılarak ankrajların nihai yerleşimleri tespit edilmiştir. Şekil 2.8’de 1. No’lu beton plağın üç boyutlu şematik gösterimi deney sehpasıyla birlikte görülmektedir.



Şekil 2.8 1. No’lu Plak Üzerinde Ankraj Yerleşimi ve Deney Düzeneği

2.3 Ankrajların Üretimi

Ankrajların üretimi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada ankrajların yapılacağı beton plaklar dökülmüş, ikinci aşamada ise ankraj yerleşim planına göre beton plaklar üzerinde delikler açılmış, yüzey hazırlıkları tamamlanmış ve donatıların ankrajı gerçekleştirilmiştir.

2.3.1 Beton Elemanların Üretimi

Çalışma kapsamında toplam yedi adet beton plak dökülmüştür. Beton dökümü için ahşap (plywood) kalıplar ve hazır beton tercih edilmiş, kür uygulaması için ise özel kür malzemeleri kullanılmıştır.

2.3.1.1 Kalıpların Hazırlanması

Çalışma kapsamında toplam 36 m² ahşap (plywood) inşaat kalıbı kullanılmıştır. Kalıplar standart boyutlar olan 250x125 cm'lik plakalardan kesilerek İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında imal edilmiştir. Kalıplar beton dökümünden 24 saat önce mineral yağ esaslı kalıp ayırıcı kullanılarak yağlanmıştır. Şekil 2.9'da kalıplanların hazırlanması görülmektedir.



Şekil 2.9 Kalıpların Hazırlanması

2.3.1.2 Beton Dökümü

Kalıpların hazırlanmasını takip eden 24 saat içinde beton dökümüne geçildi. Ortalama basınç dayanımının 20 MPa olacağı öngörülen C14 sınıfı hazır beton Lafarge Beton Ayazağa Santrali'nde hazırlanıp banthı mikser ile taşınarak İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarına getirilip kalıplara dökülmüştür. Betonun kalıplar içerisine düzgün yerleşebilmesini sağlamak amacıyla vibratör kullanılmıştır. Beton mikserinin hazırlanması, beton dökümü ve vibratör ile sıkıştırılması aşamaları Şekil 2.10 ve Şekil 2.11'de görülmektedir.



Şekil 2.10 Beton Mikserin Hazırlanması ve Beton Dökümü



Şekil 2.11 Betonun Sıkıştırılması

Beton dökümü sırasında dökümün başından, ortasından ve sonundan olmak üzere üç farklı aşamadan toplam 10 adet standart silindir numuneler alınmıştır, Şekil 2.12.



Şekil 2.12 Silindir Numunelerin Alınması

2.3.1.3 Kür Uygulaması ve Kalıpların Alınması

Plakların yüzeyleri ahşap çıtalar kullanılarak perdahlandıktan sonra kür uygulamasına geçildi. Su kürünü düzenli olarak uygulamak zor olacağı için Masterkure® 107 isimli, parafin esaslı kür malzemesi düşük basınçlı bir püskürtme pompası ile püskürtülerek uygulanmıştır, Şekil 2.13. Bu şekilde beton içerisindeki suyun kontrolsüz olarak buharlaşmasının önüne geçilerek rötre çatlaklarının oluşması engellenmiş, betonun mukavemet kazanımı kontrol altına alınmıştır.



Şekil 2.13 Kür Uygulaması

Beton dökümünden 28 gün sonra kalıplar sökülüş ancak plaklar üzerinde deney düzeneğinin yerleştirilmesini etkileyebilecek ölçülerde kalıp izlerinin oluştuğu gözlenmiştir. Ankrajların doğru uygulanması ve deney düzeneğinin kolay yerleştirilebilmesi amacıyla bu bozuklukların onarılmasına gidilmiştir. Yapkret® T isimli, çimento esaslı, tek bileşenli yüzey düzeltme ve tamir harcı kullanılarak

bozukluklar giderilmiştir. Şekil 2.14’de yapılan onarımla ilgili aşamalar görülmektedir.

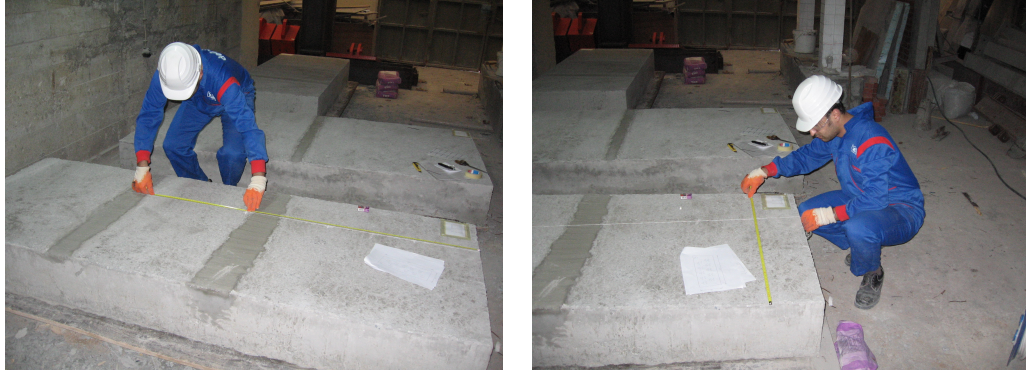


Şekil 2.14 Kalıp İzlerinden Kaynaklanan Bozuklukların Onarılması

2.3.2 Ankraj Deliklerinin Açılması

Kalıp izlerinden kaynaklanan bozuklukların onarımından sonra ankraj yerleşim planlarına göre ankraj yapılacak noktaların beton plaklar üzerine işaretlenmesine geçildi. Ankrajların plaklar üzerinde belirlenmiş koordinatlarında doğru olarak yerleştirilmesi, deney düzeneğinin hatasız olarak tüm ankrajlar üzerinde kurulabilmesi için oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle ankraj noktalarının

işaretlenmesi sırasında oldukça titiz bir yaklaşım sergilendi. Tüm ankrajlar özellikleri belirtilecek şekilde plaklar üzerine özenle işaretlendi, şekil 2.15.



şekil 2.15 Ankraj Deliklerinin Plaklar üzerinde işaretlenmesi

Tüm ankrajların beton plaklar üzerine işaretlenmesinden sonra ankraj deliklerinin açılması aşamasına geçildi. Deliklerin aılmasında kırıcı-delici özellikli güçlü bir matkap ve 22 mm, 24 mm, 26 mm, 28 mm ve 30 mm çaplarında uçlar kullanılmıştır. Delik derinlikleri önemli bir değişken olduğu için delikler kontrollü olarak açılmıştır. Delik açma işlemleriyle ilgili detaylar şekil 2.16’da verilmiştir.



şekil 2.16 Ankraj Deliklerinin Açılması

2.3.3 Ankraj Deliklerinin Hazırlanması

Bölüm 2.2.1.5’de belirtildiği üzere üç farklı tip yüzey hazırlığı planlanmıştır. Ankrajlar için delik yüzey alanları ile orantılı olarak temizlik süreleri göz önünde bulundurulmuş ve Tablo 2.3’de ankraj çapına ve derinliğine bağlı olarak verilmiştir.

Tablo 2.3 Yüzey Hazırlığı Süreleri

Yüzey Hazırlığı	Ankraj Çapı (mm)	Ankraj Derinliği (mm)	1. Aşama Basınçlı Hava (sn)	2. Aşama Tel Fırça (sn)	3. Aşama Basınçlı Hava (sn)	Suya Doygunluk (saat)
Tam Temizlenmiş	22-24	96-128	10	10	10	-
	22	160	10	10	10	-
	26-28-30	120	10	10	10	-
	22	192	13	13	13	-
	24-26-28	160	13	13	13	-
	30	160	16	16	16	-
	26-28	200	16	16	16	-
	26-28	240	20	20	20	-
	30	200-240	20	20	20	-
Suya Doygun-Nemli	26	120	10	10	10	48
	26	160	13	13	13	48
	26	200	16	16	16	48
	26	240	20	20	20	48
Eksik Temizlenmiş	26	120	10	-	-	-
	26	160	13	-	-	-
	26	200	16	-	-	-
	26	240	20	-	-	-



Şekil 2.17 Yüzey Hazırlık Aşamaları

Şekil 2.17’de sırası ile yüzey hazırlığı aşamaları görülmektedir. 1. aşamada basınçlı hava ile deliklerin açılması sırasında delik içerisinde kalan toz dışarı atılmaktadır. 2. aşamada matkap ucuna takılmış silindirik tel fırça ile delik yüzeyinde kalan zayıf parçacıklar yüzeyden uzaklaştırılırken aynı zamanda yapışma kuvvetinin artırılması için yüzey pürüzlendirilmektedir. 3. aşamada ise 2. aşamada yüzeyden uzaklaştırılan parçacıkların basınçlı hava ile ankraj deliğinden dışarı atılması gerçekleştirilmektedir. Tam temizlenmiş deliklerde ve suya doymun- nemli deliklerde bu üç aşama da sırasıyla belirtilen sürelerde uygulanırken tam temizlenmiş delikler kuru olarak korunmuş, suya doymun-nemli delikler ise 48 saat süre ile su ile dolu olarak bekletilmiştir. Eksik temizlenmiş deliklerde ise yalnızca birinci aşama basınçlı hava ile delik dibindeki birikmiş toz uzaklaştırılmış ve diğer aşamalar uygulanmadan delikler kuru olarak saklanmıştır. Suya doymun-nemli deliklerin hazırlanması aşamaları Şekil 2.18’de görülmektedir.



Şekil 2.18 Suya Doymun-Nemli Deliklerin Yüzey Hazırlık Aşamaları

Ankraj uygulamasına geçilmeden suya doymun-nemli deliklerin içerisindeki su şırınga yardımıyla tahliye edilmiş ve daha sonra delik içerisine basınçlı hava tutularak içeride kalan az miktardaki su da dışarı atılmıştır.

2.3.3 Ankraj Uygulaması

Tüm ankraj deliklerinin temizlenmesinden sonra ankraj uygulamasına geçilmiştir. Ankrajların uygulama sıraları belirlenirken kullanılacak malzemeler göz önünde bulundurulmuş ve ona göre ankrajlar gruplandırılmıştır. Ankraj malzemeleri ambalajlarına ve kıvrımlarına göre farklı yöntemlerle uygulanmıştır.

M1 malzemesi A ve B bileşeni olmak üzere iki farklı teneke ambalajda temin edilmiştir. Malzemeyi hazırlamak için öncelikle B bileşeni A bileşeninin içerisine

boşaltılmış ve homojen bir kıvam kazanıncaya kadar 2-3 dakika karıştırıcı uç takılmış düşük devirli bir matkapla karıştırılmıştır. Daha sonra hazır hale gelen karışım ağızdan dolma bir mastik tabancasına spatula yardımı ile doldurulmuş ve ankraj uygulamasına başlanmıştır, Şekil 2.19.



Şekil 2.19 M1 Malzemesinin Hazırlanması ve Uygulanması

Hazırlanan karışım mastik tabancası yardımıyla ankraj deliğinin dibinden başlanarak yaklaşık olarak deliğin yarısı doluncaya kadar sıkılmıştır. Daha sonra ankrajı yapılacak donatı yavaşça eksenine etrafında döndürülerek delik içerisine yerleştirilmiş ve yapıştırıcının delikten dışarı çıkması gözlenmiştir. Daha sonra ankrajın dik olup olmadığı su terazisi ile kontrol edilerek dikliği sağlanmıştır. Dışarı taşan yapıştırıcı ise spatula yardımıyla sıyırılarak ankrajın yapışma boyunun bozulmamasına dikkat edilmiştir, Şekil 2.20.



Şekil 2.20 Ankraj Donatısının Yeleştirilmesi ve Dikliğinin Ayarlanması

M2 ve M3 malzemeleri de M1 malzemesi gibi iki bileşenli iken kartuş ambalajda oldukları için özel bir tabanca ile uygulanmaktadırlar. Malzemeleri hazır hale getirmek için öncelikle kartuşların ağzı açılarak statik mikser takılmıştır. Daha sonra

özel kartuş tabancasına takılan kartuşlar delik içerisine dipten başlayarak sıkılmış ve yaklaşık olarak deliklerin yarısına kadar yapıştırıcı doldurulmuştur. M1 malzemesinden farklı olarak M2 ve M3 malzemeleri çok hızlı sertleştikleri için (yaklaşık 15 dakika) ankraj donatılarının yerleştirilmesi çok daha hızlı yapılmıştır. M2 malzemesinin uygulanması Şekil 2.21’de görülmektedir.



Şekil 2.21 M2 Malzemesinin Uygulanması

M4 malzemesi de M1 malzemesi gibi iki bileşenli ve teneke ambalajda temin edilmiştir. Ancak M1 malzemesinden farklı olarak akışkan kıvamda olduğu için hazırlanan karışım ankraj deliklerine doğrudan dökülmek suretiyle uygulama yapılmıştır. M5 malzemesi ise diğer malzemelerden farklı olarak üç bileşenli olmakla beraber üçüncü bileşenini özel gradasyonlu kuvars agrega oluşturmaktadır. Bu nedenle bu malzeme kullanılarak üretilen ankrajların delik çapları donatı çapından 10 mm daha geniş tutulmuştur. Böylece ankraj donatısının delik içerisine daha rahat yerleştirilebilmesi amaçlanmıştır. M5 malzemesi de M4 malzemesi gibi akışkan kıvamda olduğu için hazırlanan karışım deliklere doğrudan dökülerek uygulanmıştır.

Suya doygun-nemli yüzeyli ankraj deliklerinde ise ankraj uygulamasına geçilmeden delik içerisindeki su  ırına yardımı ile bo altıldıktan sonra basınçlı hava ile delikte kalmış küçük su birikintileri de delikten uzakla tırılmı tır. Daha sonra bu deliklerde ankraj uygulamasına geçilmiştir.

3. MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DENEYLERİ

3.1 Giriş

Beton plakların üretiminde, ülkemizdeki güçlendirme projelerinin uygulandığı yapılar göz önüne alınarak, 28 günlük standart silindir basınç dayanımı yaklaşık 20 MPa (deney günlerinde yaklaşık 16 MPa) olan beton kullanılmıştır. Ankraj uygulaması için ise ülkemizde sıklıkla epoksi malzemelerin kullanılması düşünülmüş farklı tiplerde beş adet epoksi esaslı malzeme denenmiştir. Ankraj donatısı olarak da S 420 (BÇ III) sınıfı nervürlü donatılar kullanılmıştır. Ana malzemelerin yanısıra kalıp ayırıcı, kür malzemesi ve tamir harcı da numune imalat aşamalarında kullanılan malzemelerdendir. Bu bölümde, beton plakların ve ankrajların üretimlerinde kullanılan malzemelerin genel özellikleri ile malzeme deneylerinden elde edilen sonuçlar ve kullanılan yardımcı malzemeler ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

3.2 Beton Plakların Üretiminde Kullanılan Beton

Lafarge Beton tarafından üretilen, 28 günlük standart silindir dayanımı yaklaşık 16 MPa olan hazır beton; tüm elemanlar için aynı şartlarda, 02.12.2005 tarihinde, kalıplara dökülmüştür. Beton karışımı Tablo 3.1’de verilmiştir. Su/çimento oranı 0.77 olan karışımda, Lafarge Aslan Çimento PÇ 42.5 portland çimentosu, Çayırhan Santrali uçucu külü ve %0.8 oranında Chryso plast 602LB orta akışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır. LAÇ Cendere Ocağı’ndan elde edilmiş 1 No’lu kırma taşın maksimum dane çapı 12 mm, 2 No’lu kırma taşın maksimum dane çapı 22 mm’dir . Karışımda ayrıca, Akça Kum Ocağı’ndan elde edilen kırma kum ve kuyu suyu kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Beton Karışımı

Malzemeler	Çimento	Uçucu Kül	Kum	Su	Kırma Taş I	Kırma Taş II	Katkı
Miktar (kg/m ³)	170	45	610	144	445	636	1.51

Taze betonda kıvamı belirlemek amacı ile 3 ayrı çökme (slump) deneyi yapılmıştır. Çökme konisi 3 aşamada doldurulmuş ve her aşamanın ardından uzun demir bir çubukla betonun 25 defa şişlenmesiyle iyi bir yerleşme sağlanmıştır. Tamamı doldurulan koninin yavaşça çekilmesiyle oluşan çökme, çelik şerit metre yardımıyla ölçülmüştür. Taze betonda yapılan çökme deneyi sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Taze Beton Çökme Deneyi Sonuçları

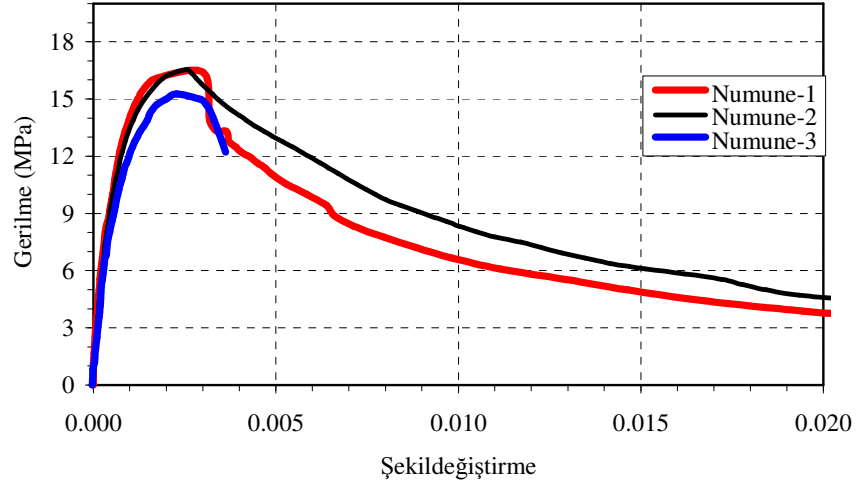
Deneme	1	2	3
Çökme (mm)	20	16	20

Beton dayanımını belirleyebilmek amacı ile alınan 10 adet standart silindir (150×300 mm) beton örneğine, ankraj çalışması kapsamındaki elemanlarla aynı şartlarda (Parafin esaslı kür malzemesi kullanarak) kür uygulanmıştır. Bu silindirlere üç tanesine, 5000 kN kapasiteli Amsler yükleme aygıtı kullanılarak; deneylerin sürdüğü periyodun ortasında, numuneler 70 günlük iken standart silindir basınç deneyleri uygulanmıştır. Deneyler sırasında gerilme-şekildeğiştirme ilişkisinin belirlenebilmesi amacıyla TML CM-15 ölçüm çerçevesi (kompresometre) kullanılmıştır. Standart silindirin ölçüm boyundaki (yükseklik boyunca ortadaki 150 mm) yerdeğiştirmeleri ölçmek üzere, ölçüm çerçevesine bağlı konumdaki iki adet yerdeğiştirmeölçer (TML CDP-5), tüm boydaki (300 mm) yerdeğiştirmeleri ölçmek üzere de iki adet yerdeğiştirmeölçer (TML CDP-25) kullanılmıştır. CDP-25 türündeki yerdeğiştirmeölçerler, standart silindire 100 mm mesafede yerleştirilmişlerdir, Şekil 3.1. Elektronik veri toplayıcı yardımıyla (TML TDS-303) kaydedilen veriler, bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1 Standart Silindir Basınç Deneyi Düzenegi

70 günlük betonun, standart silindir basınç deneylerinden elde edilen gerilme-şekildeğiştirme grafikleri, Şekil 3.2’de verilmiştir. grafikteki eksenel şekildeğiştirmelerin hesabı için orta bölgeden (yükseklik boyunca ortadaki 150 mm) alınan yerdeğiştirme değerleri kullanılmıştır.



Şekil 3.2 70 Günlük Betonun Standart Silindir Basınç Deneyleri Sonuçları

Standart silindirlerin basınç deneylerinden elde edilen beton mekanik özellikleri Tablo 3.3’de özetlenmiştir.

Tablo 3.3 Standart Silindir Basınç Deneylerinin Sonuçları

Standart Silindir	Beton Yaşı (Gün)	Basınç Dayanımı f'_c (MPa)	Ort. Basınç Dayanımı $f'_{c,ort}$ (MPa)	Elastisite Modülü E_c (MPa)	Ort. Elastisite Modülü $E_{c,ort}$ (MPa)
Numune-1	70	16.4	16.1	23132	21800
Numune-2	70	16.6		22679	
Numune-3	70	15.3		19597	

3.3 Elemanların Üretiminde Kullanılan Tamir Harcı, Kalıp Ayırıcı ve Kür Malzemeleri

Beton plakların üretiminde kullanılan ahşap kalıplara betonun yapışmasını engellemek ve plakların daha düzgün yüzeyli çıkmasına sağlamak amacıyla YKS

Yapol[®] marka kalıp ayırıcı malzeme kullanılmıştır. Yapol[®], mineral yağ esaslı, beton dökümü yapıldıktan sonra ahşap ve çelik kalıpların kolay sökülmesinde ve düzgün yüzeyli beton elde edilmesinde kullanılan, kürlenme sıcaklıklarına dayanıklı kalıp ayırıcı malzemedir. Malzemenin teknik özellikleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4 Yapol[®] Kalıp Ayırıcı Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı	Mineral Yağ Esaslı
Renk	Yağ Sarısı Parlak Likit
Yoğunluk	~0.85 kg/litre
PH Değeri	6-7
Parlama noktası	< 95 °C

Yapı kimyasalları teknolojisinde son yollarda yoğun olarak yaşanan teknolojik gelişmelerden birisi de betonun kürlenmesinde kullanılan malzemelerin yaygınlaşmasıdır. Bu çalışmada da su kürü yerine özel kimyasal kür malzemelerinin kullanımı seçilmiştir. YKS firmasından temin edilen Masterkure 107[®], parafin emülsiyon esaslı, taze dökülmüş beton üzerine uygulanan, oluşturduğu film tabakası ile suyu betonun bünyesinde tutarak optimum dayanım gelişimini sağlayan, hızlı kurumayı engelleyerek rötreyi azaltan kür malzemesidir. ASTM C 309 Tip 2, Sınıf B ve CRD-C-300 standartlarına uygundur.

Tablo 3.5 Masterkure[®] 107 Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı	Parafin Esaslı
Renk	Beyaz
Yoğunluk	~1.00 kg/litre
Parlama Noktası	Yok
Bitmiş Film Görünüşü	Şeffaf Pürüzsüz Film
Su Tutma (ASTM C 156)	Geçer
Kuruma Süresi (ASTM C 309)	2 saat 45 dakika

Beton plakların üretiminde kullanılan bir diğer yardımcı malzeme ise tamir harcı olmuştur. Kalıpların sökülmesi sırasında karşılaşılan yüzey bozukluklarının giderilmesi için yapısal olmayan yüzey düzeltme ve onarım harcı YKS-Yapkret[®] T

ürünü kullanılmıştır. Yapkret® T, çimento esaslı, tek bileşenli, polimer takviyeli, yüksek stabiliteye sahip brüt beton tamir harcıdır.

Tablo 3.6 Yapkret® T Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı	Mineral Dolgular ve Polimer Modifiyeli Özel Çimento İçerir
Renk	Gri
Harç Yoğunluğu	~1.90 kg/litre
Basınç Dayanımı	5 MPa (7 Gün) 10 MPa (28 Gün)
Uygulama Kalınlığı	5-30 mm
Uygulanacak Zeminin Sıcaklığı	5 - 30 °C
Servis Sıcaklığı	-20 - +80 °C
Kullanma Süresi	30 Dak.
Tam Kürlenme Süresi	28 Gün

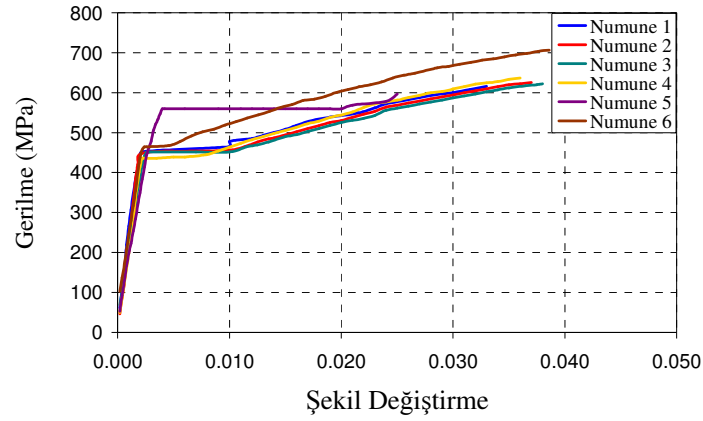
Tipik değerler: +23°C'de, %50 bağıl nem koşullarında 4x4x16 cm harç prizmasında yapılan deneyler sonucu elde edilmiştir. Yüksek sıcaklıklar süreleri kısaltır, düşük sıcaklıklar uzatır.

3.4 Ankraj İmalatında Kullanılan Malzemeler

Ankrajı oluşturun iki temel malzeme, ankraj çubuğu ve kimyasal yapıştırıcıdır. Bu çalışmada ankraj çubuğu olarak nervürlü donatı kullanılırken yapıştırıcı olarak da beş farklı tipte epoksi kullanılmıştır.

3.4.1 Ankraj Çubuğu

Çalışmada kullanılan ankraj çubukları Coşkunoglu Demir Tesislerinde üretilip deneylerde kullanılacağı boy olan 100 cm uzunlukta kesilmiş, S 420 sınıfında $\Phi 16$ ve $\Phi 20$ donatılardır. Donatılar demir tesislerinde kesilip hazırlanarak laboratuara getirilmiştir. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı Malzemesi Laboratuvarında gerçekleştirilen 3 adet $\Phi 16$ ve 3 adet $\Phi 20$ donatı numunesinin çekme testlerinden elde edilen gerilme – şekil değiştirme grafikleri Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Donatı Numunelerine Ait Gerilme – Şekil Değişirme Grafikleri

Çekme testlerinin sonucunda numunelerin davranışları birbirine oldukça yakın çıkarken 5 ve 6 numaralı numuneler diğerlerinden biraz farklı davranmışlardır. Donatı numuneleri ait test sonuçları Tablo 3.7’ de özetlenmiştir.

Tablo 3.7 Çelik Çekme Testleri Sonuçları

Çelik Donatı	Çap (mm)	Akma Dayanımı f_{yk} (MPa)	Kopma Dayanımı f_{tk} (MPa)	Elastisite Modülü E_s (MPa)	Ort. Elastisite Modülü $E_{s,ort}$ (MPa)
Numune-1	16	452	649	202000	187000
Numune-2	16	446	640	234000	
Numune-3	16	451	640	175000	
Numune-4	20	436	668	201000	
Numune-5	20	560	522	136000	
Numune-6	20	464	789	176000	

3.4.2 Kimyasal Yapıştırıcılar

Ankraj davranışını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden bir hiç kuşkusuz kullanılan yapıştırıcı malzemedir. Yapıştırıcının beton ve çelik yüzeylere sağladığı yapışma kuvveti ankrajın performansını belirleyeceği gibi göçme tipini de belirleyen önemli bir unsurudur. Bu çalışmada ülkemizde sıklıkla kullanılan farklı tip ankraj malzemelerini temsil edebilmesi amacıyla YKS firmasından temin edilen beş farklı malzeme kullanılmıştır. Bu malzemeler sırasıyla M1, M2, M3, M4 ve M5 olarak isimlendirilmişlerdir.

3.4.2.1 M1

M1 malzemesi epoksi esaslı, iki bileşenli, pasta kıvamında, çok amaçlı tamir, ankraj ve montaj harcıdır. Malzemenin özellikleri arasında betona ve çeliğe yüksek yapışma dayanımlarının olması, kimyasallara dayanıklı olması, su ve gaz geçirimsiz olması, nemli yüzeylere aderans sağlayabilmesi ve solvent içermemesi sıralanabilir. Malzeme pasta kıvamında olduğu için sarkma yapmamakta ve böylece kullanıcılara önemli avantajlar kazandırmaktadır. Hazırlanan karışım ağızdan dolma bir harç tabancasına doldurularak yatay, düşey ve baş üstü uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilir. M1 malzemesine ait teknik özellikler Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8 M1 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı Bileşen A Bileşen B	Epoksi Reçine Epoksi Sertleştirici
Renk	Gri
Karışım Oranı (Ağırlıkça) Bileşen A Bileşen B	3 1
Karışımın Yoğunluğu	~1.70 kg/litre
Basınç Dayanımı	30 MPa (1 Gün) 75 MPa (7 Gün)
Eğilme Dayanımı	17 MPa (1 Gün) 25 MPa (7 Gün)
Yapışma Dayanımı Betona Çeliğe	3.0 MPa (7 Gün) 3.5 MPa (7 Gün)
Servis Sıcaklığı	-15 - +90 °C
Tam Kurlenme Süresi	7 Gün

Tipik değerler: +23°C’de, %50 bağıl nem koşullarında 4x4x16 cm harç prizmasında yapılan deneyler sonucu elde edilmiştir. Yüksek sıcaklıklar süreleri kısaltır, düşük sıcaklıklar uzatır.

3.4.2.2 M2

M2 malzemesi epoksiakrilat esaslı, iki bileşenli, pasta kıvamında, çok hızlı sertleşen ankraj ve montaj harcıdır. Malzemenin özellikleri arasında betona ve çeliğe yüksek yapışma dayanımlarının olması, kimyasallara dayanıklı olması, su ve gaz geçirimsiz olması, nemli yüzeylere aderans sağlayabilmesi ve çok hızlı sertleşerek imalat hızını artırması sıralanabilir. Malzeme pasta kıvamında olduğu için sarkma yapmamakta ve böylece kullanıcılara önemli avantajlar kazandırmaktadır. İki hazneli kartuş ambalajda temin edilen malzemenin ucuna statik karıştırıcı takılarak özel kartuş tabancasına yerleştirilip hızlı şekilde uygulanabilir. Kartuş ambalajın getirdiği en önemli yarar kullanım açısından sağladığı kolaylık ve kullanıma hazır ambalajda

olduğu için karıştırma sırasında doğabilecek hatalardan kurtulularak işçilik hatalarına dayalı uygunsuz imalatların önüne geçilebilmektedir. Bir diğer önemli avantajı ise çok hızlı sertleşmesi ve kıvamı nedeniyle yatay, düşey ve baş üstü uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilmesi olarak söylenebilir. Böylece kartuş ambalaj, hızlı sertleşme ve sarkma yapmama özellikleri bir araya geldiğinde bu malzeme ile yapılan ankraj üretimlerinin çok hızlı ve pratik olmasını sağlamaktadır. Bu temel avantajı sayesinde de M2 malzemesi ankraj ve montaj işlerinde en çok kullanılan ankraj malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. M2 malzemesine ait teknik özellikler Tablo 3.9’de verilmiştir.

Tablo 3.9 M2 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı Bileşen A Bileşen B	Epoksiakrilat Reçine Epoksi Sertleştirici
Renk	Gri
Katı Madde Oranı	%100
Karışımın Yoğunluğu	~1.70 kg/litre
Servis Sıcaklığı	-30 - +100 °C
Tam Kurlenme Süresi	7 Gün

3.4.2.3 M3

M3 malzemesi de M2 malzemesi ile benzer, epoksiakrilat esaslı, iki bileşenli, pasta kıvamında, çok hızlı sertleşen ankraj ve montaj harcıdır. Malzeme pasta kıvamında olduğu için sarkma yapmamakta ve böylece kullanıcılara önemli avantajlar kazandırmaktadır. İki hazneli kartuş ambalajda temin edilen malzemenin ucuna statik karıştırıcı takılarak özel kartuş tabancasına yerleştirilip hızlı şekilde uygulanabilir. Kartuş ambalajın getirdiği en önemli yarar kullanım açısından sağladığı kolaylık ve kullanıma hazır ambalajda olduğu için karıştırma sırasında doğabilecek hatalardan kurtulularak işçilik hatalarına dayalı uygunsuz imalatların önüne geçilebilmektedir. Bir diğer önemli avantajı ise çok hızlı sertleşmesi ve kıvamı nedeniyle yatay, düşey ve baş üstü uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilmesi olarak söylenebilir. Böylece kartuş ambalaj, hızlı sertleşme ve sarkma yapmama özellikleri bir araya geldiğinde bu malzeme ile yapılan ankraj üretimlerinin çok hızlı ve pratik olmasını sağlamaktadır. Bu temel avantajı sayesinde de M2 malzemesi gibi ankraj ve montaj işlerinde en çok kullanılan ankraj malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.4.2.4 M4

M4 malzemesi epoksi esaslı, iki bileşenli, akıcı kıvamda, eski betonun yeni betona yapıştırılmasında kullanılan yapıştırıcıdır. Malzemenin özellikleri arasında betona ve çeliğe yüksek yapışma dayanımlarının olması, kimyasallara dayanıklı olması, su ve gaz geçirimsiz olması, nemli ve ıslak yüzeylere aderans sağlayabilmesi, hızlı dayanım kazanması ve solvent içermemesi sıralanabilir. Malzemenin ana kullanım alanı olarak yeni dökülecek betonun eski betona yapıştırılması söylenebilir. Ancak yapışma dayanımlarının çok yüksek olması ve ıslak yüzeylere dahi yapışabilmesi ve kürlenebilmesi bu malzemeyi ankraj uygulamalarında da cazip hale getirmektedir. Malzeme akıcı kıvamda olduğu için yatayda dökülerek kolayca uygulanabilmekte ve böylece kullanıcılara önemli avantajlar kazandırmaktadır. Ancak düşey ve baş üstü uygulamalarda akıcı kıvamda olduğu için kullanılamamaktadır ve ancak özel önlemler alınarak sınırlı alanlarda kullanılabilir. Hazırlanan karışım ağızdan dolma bir harç tabancasına doldurularak uygulanabildiği gibi doğrudan ankraj delikleri içerisine dökülerek de yatay uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. M4 malzemesine ait teknik özellikler Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 M4 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı	Epoksi Reçine Epoksi Sertleştirici
Bileşen A Bileşen B	
Renk	Gri-Füme
Karışım Oranı (Ağırlıkça)	
Bileşen A	2
Bileşen B	1
Karışımın Yoğunluğu	~1.55 kg/litre
Basınç Dayanımı	60 MPa (1 Gün) 88 MPa (7 Gün)
Eğilme Dayanımı	23 MPa (1 Gün) 40 MPa (7 Gün)
Yapışma Dayanımı	
Betona	3.0 MPa (7 Gün)
Çeliğe	6.5 MPa (7 Gün)
Servis Sıcaklığı	-30 - +100 °C
Tam Kürlenme Süresi	7 Gün

Tipik değerler: +23°C'de, %50 bağıl nem koşullarında 4x4x16 cm harç prizmasında yapılan deneyler sonucu elde edilmiştir. Yüksek sıcaklıklar süreleri kısaltır, düşük sıcaklıklar uzatır.

3.4.2.5 M5

M5 malzemesi epoksi esaslı, üç bileşenli, akıcı kıvamda, grout harcıdır. Malzemenin özellikleri arasında betona ve çeliğe yüksek yapışma dayanımlarının olması,

kimyasallara dayanıklı olması, su ve gaz geçirimsiz olması, mekanik dayanımlarının çok yüksek olması, ekonomik olması, hızlı dayanım kazanması ve solvent içermemesi sıralanabilir. Malzemenin ana kullanım alanı olarak makinelerin temellere montajı için yataklama ve sabitleme uygulamaları söylenebilir. Ancak mekanik dayanımlarının çok yüksek olması ve ekonomik olması bu malzemeyi ankraj uygulamalarında cazip hale getirmektedir. Malzeme akıcı kıvamda olduğu için yatayda dökülerek kolayca uygulanabilmekte ve böylece kullanıcılara önemli avantajlar kazandırmaktadır. Ancak düşey ve baş üstü uygulamalarda akıcı kıvamda olduğu için kullanılamamaktadır ve ancak özel önlemler alınarak sınırlı alanlarda kullanılabilir. Hazırlanan karışım ağızdan dolma bir harç tabancasına doldurularak uygulanabildiği gibi doğrudan ankraj delikleri içerisine dökülerek de yatay uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. M5 malzemesi ankraj uygulamalarında diğer malzemelerden farklı olarak ankraj deliğinin daha geniş açılmasını gerektirmektedir. Malzemenin üçüncü bileşenli özel gradasyonlu (agrega çapı 0-3 mm arasında değişmektedir) bir agrega olduğu için ankraj donatısının delik içerisine yerleştirilebilmesi ankraj deliğinin donatı çapından 9-12 mm daha geniş açılmasını gerektirmektedir. M5 malzemesine ait teknik özellikler Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11 M5 Malzemesi Teknik Özellikler Tablosu

Malzemenin Yapısı Bileşen A Bileşen B Bileşen C	Epoksi Reçine Epoksi Sertleştirici Kuvars Agregası
Renk	Kahverengi
Karışım Oranı (Ağırlıkça) Bileşen A Bileşen B Bileşen C	2.000 1.125 12.500
Karışımın Yoğunluğu	~2.00 kg/litre
Basınç Dayanımı	35 MPa (1 Gün) 85 MPa (7 Gün)
Eğilme Dayanımı	20 MPa (1 Gün) 30 MPa (7 Gün)
Yapışma Dayanımı Betona Çeliğe	3.5 MPa (7 Gün) 3.5 MPa (7 Gün)
Servis Sıcaklığı	-15 - +90 °C
Tam Kurlenme Süresi	7 Gün

Tipik değerler: +23°C’de, %50 bağıl nem koşullarında 4x4x16 cm harç prizmasında yapılan deneyler sonucu elde edilmiştir. Yüksek sıcaklıklar süreleri kısaltır, düşük sıcaklıklar uzatır.

3.4.2.6 Malzeme Deneyleri

Ankraj imalatında kullanılan malzemelerin her birinden uygulama sırasında numune alınmış ve ankrajlarla birlikte aynı ortamda saklanarak kürlenmeleri sağlanmıştır. Şekil 3.4’de malzemelerin bir kısmından alınan numunelerden görünüm verilmektedir.



Şekil 3.4 Sırası İle M2, M3 ve M5 Malzemelerinden Alınan Prizma Numuneler

Kalıplar 4x4x16 cm ölçülerinde olup üretici firmanın kalite kontrol testleri için laboratuvarlarında kullanılan kalıplar içinden alınmıştır. Ankraj uygulaması sırasında alınan numuneler ortalama 12 °C sıcaklıkta ankraj imalatı yapılan beton plakların yanında 7 gün boyunca bekletilerek ankrajlarla aynı şartlarda kürlenmenin sağlanması amaçlanmıştır. 7 günlük kür süresinin sonunda numuneler İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı’nda test edilmiştir. Şekil 3.5’de deneylere ait görünüm vermiştir.



Şekil 3.5 M1 Malzemesine Ait Eğilme ve Basınç Testleri

Eğilme ve basınç deneylerine ait sonuçlar Tablo 3.12 ve Tablo 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.12 Prizma Numuneler Eğilme Test Sonuçları

Numune Adı	Göçme Yüğü (KN)	Eğilme Dayanımı	Ort. Eğilme Dayanımı (MPA)
M1.1	13.0	30.5	28.6
M1.2	11.3	26.5	
M1.3	12.3	28.8	
M2.1	8.7	20.4	22.0
M2.2	8.5	19.9	
M2.3	10.9	25.5	
M3.1	9.7	22.7	22.7
M3.2	10.5	24.6	
M3.3	8.9	20.9	
M4.1	11.5	27.0	26.8
M4.2	11.9	27.9	
M4.3	10.9	25.5	
M5.1	17.0	39.8	39.5
M5.2	17.0	39.8	
M5.3	16.5	38.7	

Tablo 3.13 Prizma Numuneler Basınç Test Sonuçları

Numune Adı	Göçme Yüğü (KN)	Basınç Dayanımı	Ort. Basınç Dayanımı (MPA)
M1.1	121.5	75.9	75.6
M1.2	126.5	79.1	
M1.3	115.0	71.9	
M2.1	138.5	86.6	90.8
M2.2	145.5	90.9	
M2.3	152.0	95.0	
M3.1	112.3	70.2	69.9
M3.2	104.2	65.1	
M3.3	119.0	74.4	
M4.1	134.5	84.1	83.0
M4.2	129.5	80.9	
M4.3	134.5	84.1	
M5.1	187.5	117.2	118.8
M5.2	192.8	120.5	
M5.3	190.0	118.8	

4. DENEY DÜZENEGİ

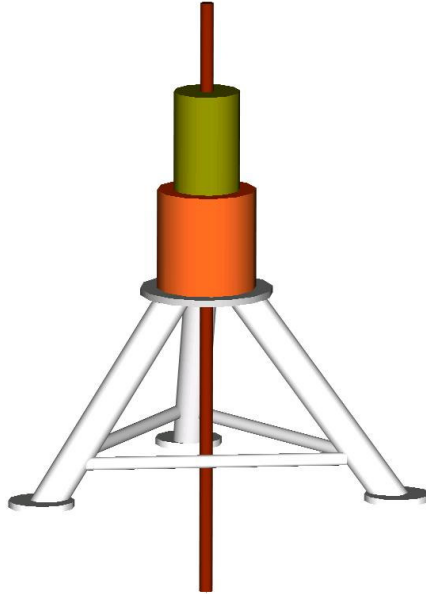
4.1 Giriş

Ankrajların tümü üretildiği yer olan İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında denenmiştir. Deney düzeneğini oluşturmak üzere ankraja uygulanan çekme yükünü beton plak üzerinde ankraj çevresinden uzağa aktarmak için çelik bir sehpa, çekme yükünü verebilmek için 15 ton kapasiteli hidrolik krikon, donatı ile krikonun stroğu arasında yük aktarımını sağlamak için kullanılacak çelik çene, yük ölçümünde kullanılacak 50 ton kapasiteli yük ölçer, donatıdaki toplam uzama ve sıyrılmayı ölçmek için 50 mm kapasiteli yerdeğiştirme ölçer (CDP 50) ve verileri toplamak için elektronik veri toplayıcı (TML TDS-303 Data Logger) kullanılmıştır.

4.2 Deney Düzeneği

Deney düzeneği tasarlanırken dikkat edilen en önemli ilke ankraj çubuklarına uygulanacak eksenel çekme yüklerinden doğacak tepkiyi ankraj çevresinden yeteri kadar uzak olan bölgelere aktarmayı sağlamak olmuştur. Litaratürde yapılmış çalışmalar incelendiğinde de deney düzeneğinin tasarımında aynı ilkenin esas alındığı gözlenmiştir. Bu sebeple çelik konstrüksiyon bir düzeneğin tasarımı yapılmış ve statik olarak gerekli hesaplar yapıp kesitleri boyutlandırılmıştır. Bu düzenek U kesitli çelik profillerden oluşan, tek açıklıklı iki çerçevenin, aralarından bir donatı geçecek kadar boşluk bırakılarak bir birbirlerine birleştirilmesi şeklinde tasarlanmıştır. Ancak deney düzeneğinin kurulum ve söküm işlerinin pratiği düşünülerek yapılan ağırlık hesaplamasında tasarlanan düzeneğinin oldukça ağır olduğu ve pratik olmadığı görülmüştür. Numune sayısının da fazla olması nedeniyle bu düzenden vazgeçilmiş ve yeni bir düzeneğin tasarımına başlanmıştır. Bu düzende ise profil kesitlerinin küçültülebilmesi için düzeneği oluşturan elemanların eğilme değil, eksenel yükler altında çalışması gerektiği düşünülerek üç ayaklı sehpa şeklinde tasarlanmasına karar verilmiştir. En büyük kesitli ankraj çubuğunun maruz

kalabileceği en büyük yük olan kopma yükü yeterli güvenlik katsayılarıyla büyütülmüş ve statik hesaplar yapılarak sehpa ayakları boyutlandırılmıştır. Sehpayı oluşturan ayakların aksenal yükler altında ankraj çubuğunun çevresinde oluşacak çekme bölgesinin dışında kalabilmesi için yatay düzlemde sehpanın merkezinden belirli mesafede olması gerekmektedir. Bu ilke doğrultusunda sehpa ayaklarının en büyük ankraj derinliği olan 24 cm derinlik ve literatürde yapılmış çalışmalar ışığında ortalama 45° olarak verilmiş ankraj konisi açısı göz önünde bulundurularak beton plak yüzeyinde ankraj çubuğunu merkez alan ve 24 cm çapında olan bir dairenin dışında kalması gerektiğine karar verilerek ayakları merkezden 25 cm uzakta beton yüzeye temas edecek şekilde imal edilmiştir. Şekil 4.1’de deney düzeneğinin üç boyutlu bir görünümü verilmektedir.



Şekil 4.1 Deney Sehpası, Yük Ölçer, Hidrolik Kriko ve Ankraj Çubuğu

Deney sehpasının tasarımından sonra deney düzeneğinin parçası olacak bir diğer önemli parçanın tasarımına geçilmiştir. Bu parça donatıya kenetlenerek donatı ile arasında oluşacak sürtünme kuvveti ile hidrolik krikoya ait stroğun sağlayacağı yerdeğiştirmeyi ankraj çubuğuna aktararak çubuğun yük almasını sağlayacak kenetlenme çenesidir. Stroğun açılması ile oluşan hareketi sıyrılma olmadan ankraj çubuğuna aktarılabilmesi için çene ile donatı arasında kenetlenmenin mükemmel olması gerekmektedir. Bu nedenle stroğun her hareketi ile donatıyı daha sıkı saracak ve donatı çevresinde büyük basınç kuvveti oluşturacak şekilde geometrik özelliklere

sahip bir tasarım yapılmış ve sehpanın tasarımında göz önünde bulundurulmuş yüklere göre boyutları belirlenmiştir.

Çekme yüklerini ankraja verebilmek amacıyla 15 ton kapasiteli hidrolik bir krika ve uygulanan yükü ölçebilmek amacıyla 50 ton kapasiteli bir yük ölçer kullanılmıştır. Ankraj çubuğunda meydana gelecek yerdeğiştirmeleri ölçebilmek için ise 50 mm kapasiteli bir adet yerdeğiştirmeölçer (TML CDP-50 Displacement Transducer) ankraj çubuğunun mümkün olduğu kadar betona yakın noktasından ölçüm alacak şekilde sabitlenmiştir. Ölçüm alınacak nokta için ise küçük metal profiller donatı çevresine kenetlenerek düzgün referans yüzeyi teşkil edilmeye çalışılmıştır. Yükölçerden ve yerdeğiştirmeölçerden sağlanacak verilerin toplanması için ise elektronik veri toplayıcı (TML TDS-303 Data Logger) hemen deney düzeneğine yakın olacak şekilde kurulmuştur. Hazırlıkları tamamlanmış ve kurulmuş bir deney düzeneği Şekil 4.2’de görünmektedir.



Şekil 4.2 Deney Düzeneği

5. DENEY SONUÇLARI

5.1 Giriş

Bu çalışmada beş farklı malzeme kullanılarak üretilmiş toplam 80 adet ankraj eksenel çekme yükleri altında denenmiştir. Ankrajların yapıldığı betonun deney sırasındaki basınç dayanımı 16 MPa olup her ankraj incelenen değişkenlere bağlı olarak birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Deneylerden elde edilen sonuçlar bu bölümde her bir malzeme için hazırlanmış ayrı başlıklar altında verilecektir. Daha sonra deney sonuçları her bir değişken için diğer değişkenler sabit tutularak ayrı ayrı değerlendirilerek değişkenlerin ankraj davranışı üzerindeki etkileri incelenecektir.

5.2 Deney Sonuçları

Bu bölümde deney sonuçları her bir malzeme için ayrı başlıklar altında verilecektir. Tablo 5.1’de deney sonuçları özetlenmiştir.

Tablo 5.1 Deney Sonuçları

	Malzeme	Beton Sınıfı	Donatı Çapı (mm)	Ankraj Çapı (mm)	Ankraj Derinliği (mm)	Ankraj No	Ankraj Adı	Göçme Yüğü kN
1	M1	C14	16	22	96	4.9	M1C20Q16x22x96	42.8
2			16	22	128	4.5	M1C20Q16x22x128	52.2
3			16	22	160	7.4	M1C20Q16x22x160	76.9
4			16	22	192	5.1	M1C20Q16x22x192	113.1
5			16	24	96	4.10	M1C20Q16x24x96	46.3
6			16	24	128	4.6	M1C20Q16x24x128	75.8
7			16	24	160	7.5	M1C20Q16x24x160	85.7
8			16	24	192	5.2	M1C20Q16x24x192	112.8
9			20	26	120	3.1	M1C20Q20x26x120	77.6
10			20	26	160	7.6	M1C20Q20x26x160	103.0
11			20	26	200	5.5	M1C20Q20x26x200	142.5
12			20	26	240	2.1	M1C20Q20x26x240	152.6
13			20	28	120	3.2	M1C20Q20x28x120	66.0

14			20	28	160	7.7	M1C20Q20x28x160	103.2
15			20	28	200	5.6	M1C20Q20x28x200	95.6
16			20	28	240	2.2	M1C20Q20x28x240	183.7
17		C20 (Nemli)	20	26	120	4.1	M1C20Q20x26x120-H	68.5
18			20	26	160	6.11	M1C20Q20x26x160-H	116.5
19			20	26	200	6.1	M1C20Q20x26x200-H	104.5
20			20	26	240	1.1	M1C20Q20x26x240-H	146.6
21		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.5	M1C20Q20x26x120-D	67.0
22			20	26	160	6.15	M1C20Q20x26x160-D	106.3
23			20	26	200	6.3	M1C20Q20x26x200-D	154.8
24			20	26	240	1.5	M1C20Q20x26x240-D	154.6
25	M2	C20	16	22	96	4.11	M2C20Q16x22x96	40.3
26			16	22	128	4.7	M2C20Q16x22x128	49.5
27			16	22	160	7.8	M2C20Q16x22x160	60.4
28			16	22	192	5.3	M2C20Q16x22x192	85.5
29			16	24	96	4.12	M2C20Q16x24x96	42.3
30			16	24	128	4.8	M2C20Q16x24x128	56.3
31			16	24	160	7.9	M2C20Q16x24x160	60.2
32			16	24	192	5.4	M2C20Q16x24x192	87.3
33			20	26	120	3.3	M2C20Q20x26x120	49.3
34			20	26	160	7.10	M2C20Q20x26x160	95.3
35			20	26	200	5.7	M2C20Q20x26x200	99.5
36			20	26	240	2.3	M2C20Q20x26x240	83.6
37			20	28	120	3.4	M2C20Q20x28x120	59.5
38			20	28	160	7.11	M2C20Q20x28x160	78.0
39			20	28	200	5.8	M2C20Q20x28x200	97.0
40			20	28	240	2.4	M2C20Q20x28x240	121.8
41		C20 (Nemli)	20	26	120	4.2	M2C20Q20x26x120-H	51.0
42			20	26	160	6.12	M2C20Q20x26x160-H	86.1
43			20	26	200	6.2	M2C20Q20x26x200-H	112.3
44			20	26	240	1.2	M2C20Q20x26x240-H	85.3
45		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.6	M2C20Q20x26x120-D	49.3
46			20	26	160	7.1	M2C20Q20x26x160-D	39.8
47			20	26	200	6.4	M2C20Q20x26x200-D	91.1
48			20	26	240	1.6	M2C20Q20x26x240-D	51.7
49	M3	C20	20	26	120	3.7	M3C20Q20x26x120	37.0
50			20	26	160	7.12	M3C20Q20x26x160	58.6
51			20	26	200	5.9	M3C20Q20x26x200	52.5
52			20	26	240	2.5	M3C20Q20x26x240	72.8
53			20	28	120	3.8	M3C20Q20x28x120	43.3
54			20	28	160	7.13	M3C20Q20x28x160	66.7

55			20	28	200	5.10	M3C20Q20x28x200	72.9
56			20	28	240	2.6	M3C20Q20x28x240	107.1
57		C20 (Nemli)	20	26	120	4.3	M3C20Q20x26x120-H	33.8
58			20	26	160	6.13	M3C20Q20x26x160-H	78.8
59			20	26	200	6.6	M3C20Q20x26x200-H	78.8
60			20	26	240	1.3	M3C20Q20x26x240-H	74.3
61		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.11	M3C20Q20x26x120-D	38.5
62			20	26	160	7.2	M3C20Q20x26x160-D	35.5
63			20	26	200	6.8	M3C20Q20x26x200-D	43.9
64			20	26	240	1.7	M3C20Q20x26x240-D	44.7
65	M4	C20	20	26	120	3.9	M4C20Q20x26x120	65.1
66			20	26	160	7.14	M4C20Q20x26x160	93.0
67			20	26	200	6.5	M4C20Q20x26x200	104.5
68			20	26	240	2.7	M4C20Q20x26x240	139.6
69		C20 (Nemli)	20	26	120	4.4	M4C20Q20x26x120-H	73.3
70			20	26	160	6.14	M4C20Q20x26x160-H	119.3
71			20	26	200	6.7	M4C20Q20x26x200-H	135.6
72			20	26	240	1.4	M4C20Q20x26x240-H	149.8
73		C20 (Tozlu)	20	26	120	3.12	M4C20Q20x26x120-D	75.3
74			20	26	160	7.3	M4C20Q20x26x160-D	112.6
75			20	26	200	6.9	M4C20Q20x26x200-D	129.5
76			20	26	240	1.8	M4C20Q20x26x240-D	136.1
77	M5	C20	20	30	120	3.10	M5C20Q20x30x120	68.6
78			20	30	160	7.15	M5C20Q20x30x160	119.6
79			20	30	200	6.10	M5C20Q20x30x200	122.8
80			20	30	240	2.8	M5C20Q20x30x240	130.1

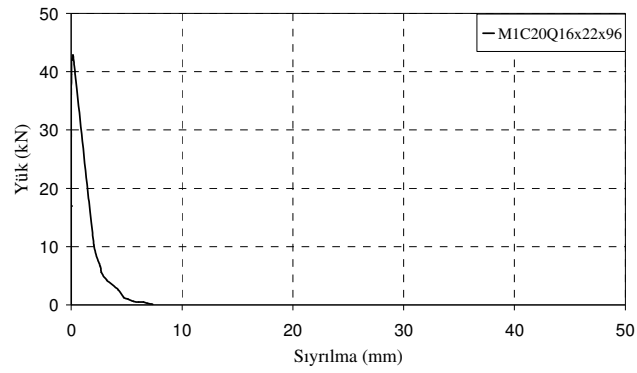
5.2.1 M1 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar

Bu bölümde M1 malzemesi kullanılarak üretilen 8 adet $\Phi 16$ ve 16 adet $\Phi 20$ donatı kullanılmış ankrajlara ait deney sonuçları incelenecektir.

5.2.1.1 M1C20 Φ 16x22x96 Ankraj No:4.9



Şekil 5.1 M1C20 Φ 16x22x96 Ankraj No:4.9



Şekil 5.2 M1C20 Φ 16x22x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 42.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.3'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

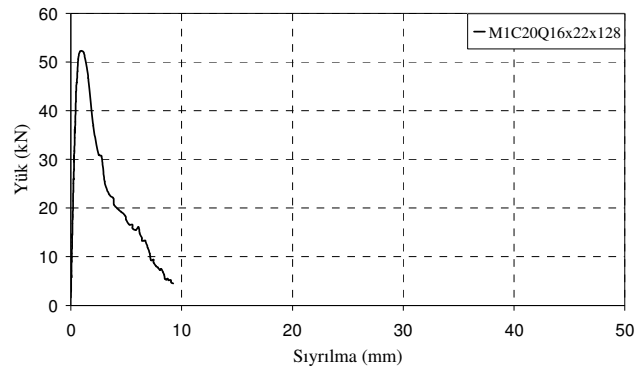


Şekil 5.3 M1C20 Φ 16x22x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.2 M1C20Φ16x22x128 Ankraj No:4.5



Şekil 5.4 M1C20Φ16x22x128 Ankraj No:4.5



Şekil 5.5 M1C20Φ16x22x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 52.2 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.6'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

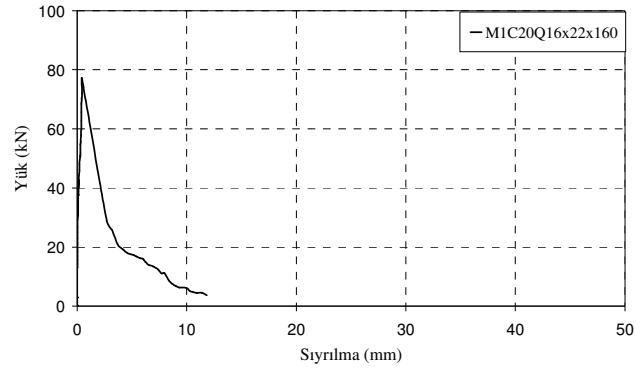


Şekil 5.6 M1C20Φ16x22x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.3 M1C20Φ16x22x160 Ankraj No:7.4



Şekil 5.7 M1C20Φ16x22x160 Ankraj No:7.4



Şekil 5.8 M1C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 76.9 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.9'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

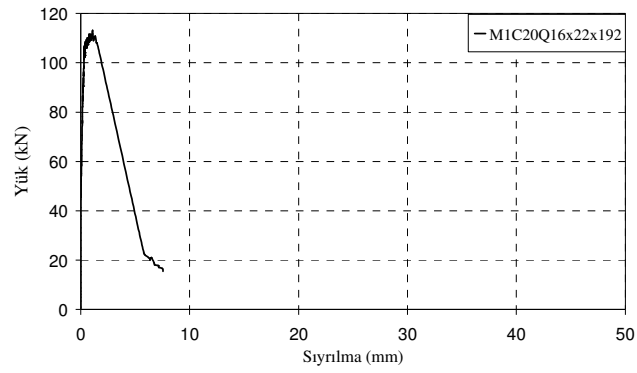


Şekil 5.9 M1C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.4 M1C20 Φ 16x22x192 Ankraj No:5.1



Şekil 5.10 M1C20 Φ 16x22x192 Ankraj No:5.1



Şekil 5.11 M1C20 Φ 16x22x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 113.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.12'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

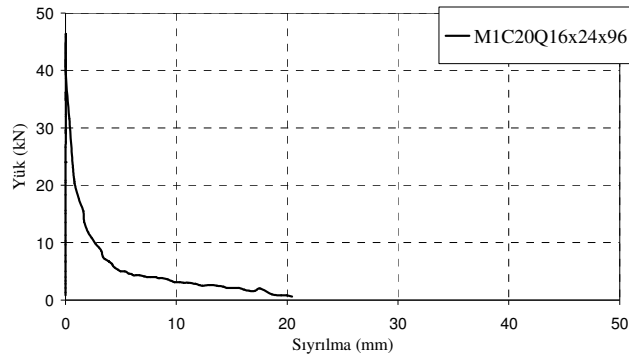


Şekil 5.12 M1C20 Φ 16x22x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.5 M1C20 Φ 16x24x96 Ankraj No:4.10



Şekil 5.13 M1C20 Φ 16x24x96 Ankraj No:4.10



Şekil 5.14 M1C20 Φ 16x24x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 46.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.15'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

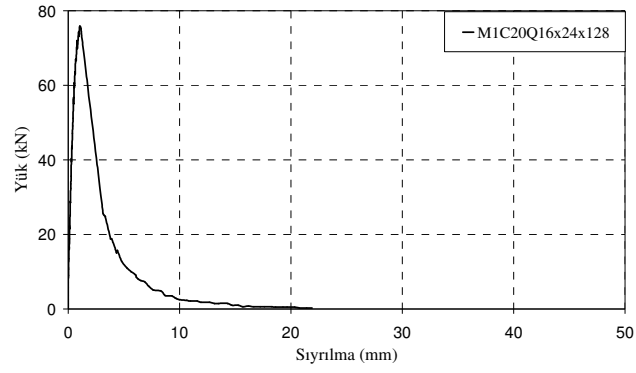


Şekil 5.15 M1C20 Φ 16x24x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.6 M1C20 Φ 16x24x128 Ankraj No:4.6



Şekil 5.16 M1C20 Φ 16x24x128 Ankraj No:4.6



Şekil 5.17 M1C20 Φ 16x24x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 75.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.18'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

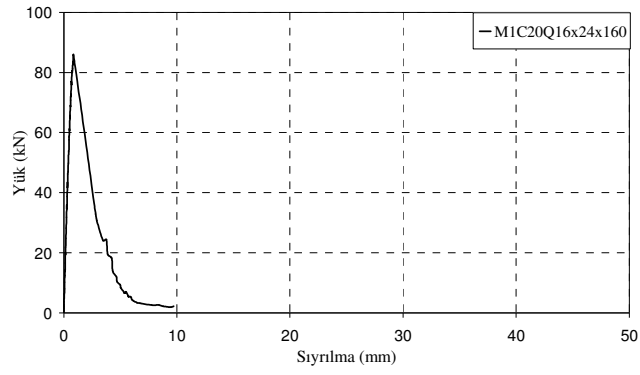


Şekil 5.18 M1C20 Φ 16x24x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.7 M1C20 Φ 16x24x160 Ankraj No:7.5



Şekil 5.19 M1C20 Φ 16x24x160 Ankraj No:7.5



Şekil 5.20 M1C20 Φ 16x24x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 85.7 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.21’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

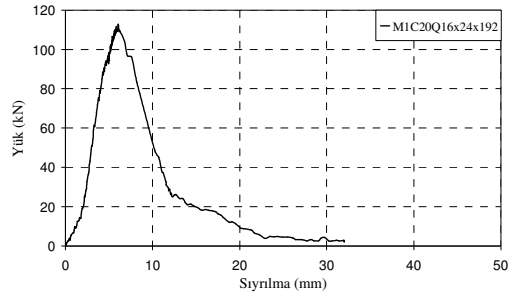


Şekil 5.21 M1C20 Φ 16x24x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.8 M1C20 Φ 16x24x192 Ankraj No:5.2



Şekil 5.22 M1C20 Φ 16x24x192 Ankraj No:5.2



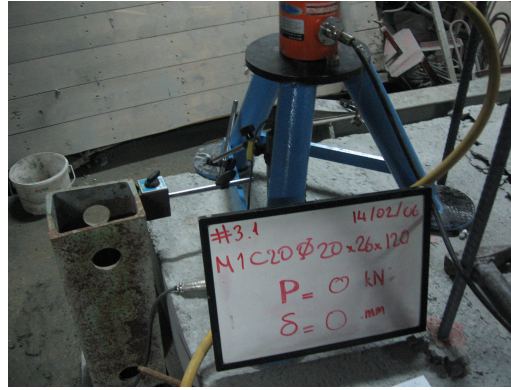
Şekil 5.23 M1C20 Φ 16x24x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 112.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.24'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

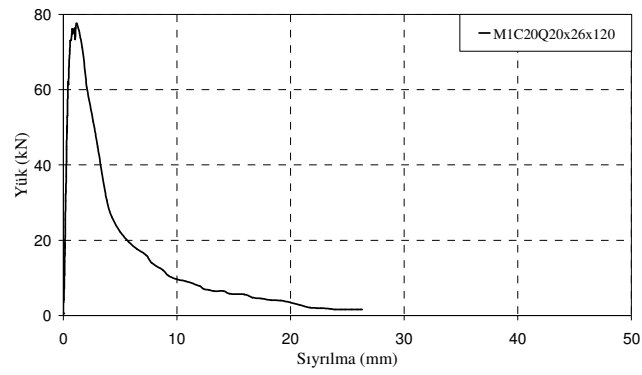


Şekil 5.24 M1C20 Φ 16x24x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.9 M1C20 Φ 20x26x120 Ankraj No:3.1



Şekil 5.25 M1C20 Φ 20x26x120 Ankraj No:3.1



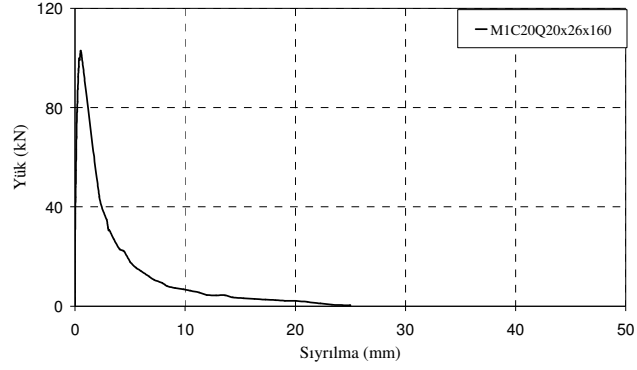
Şekil 5.26 M1C20 Φ 20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 77.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.27'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.



Şekil 5.27 M1C20 Φ 20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.10 M1C20 Φ 20x26x160 Ankraj No:7.6



Şekil 5.28 M1C20 Φ 20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 103.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.29'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

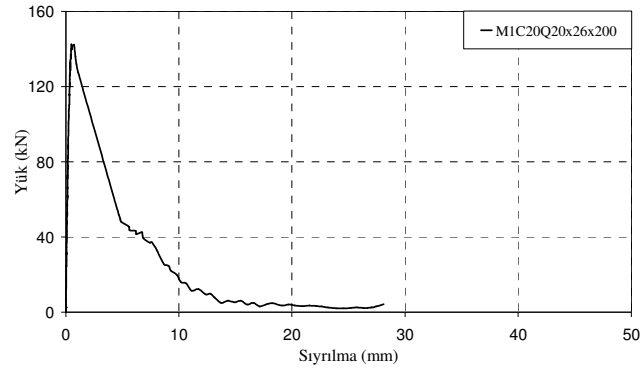


Şekil 5.29 M1C20 Φ 20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.11 M1C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:5.5



Şekil 5.30 M1C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:5.5



Şekil 5.31 M1C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 142.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.32'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

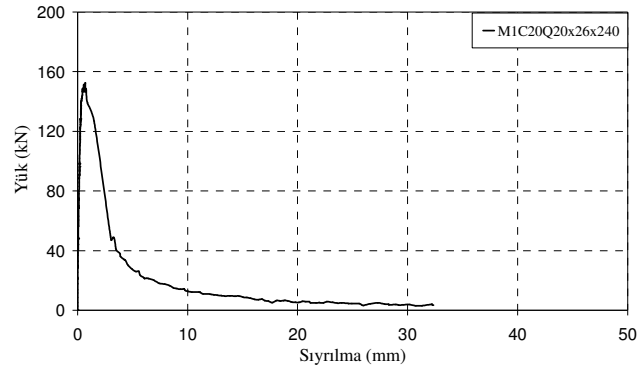


Şekil 5.32 M1C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.12 M1C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.1



Şekil 5.33 M1C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.1



Şekil 5.34 M1C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 152.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.35'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

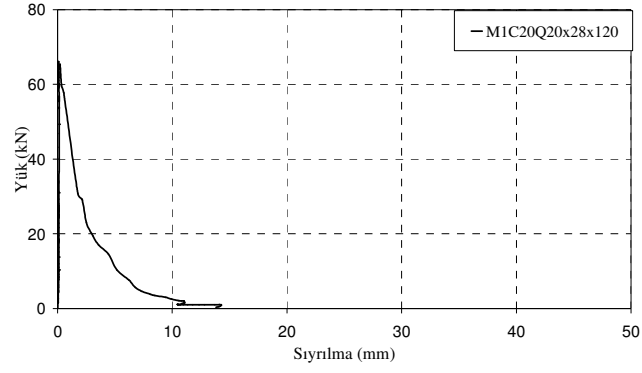


Şekil 5.35 M1C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.13 M1C20 Φ 20x28x120 Ankraj No:3.2



Şekil 5.36 M1C20 Φ 20x28x120 Ankraj No:3.2



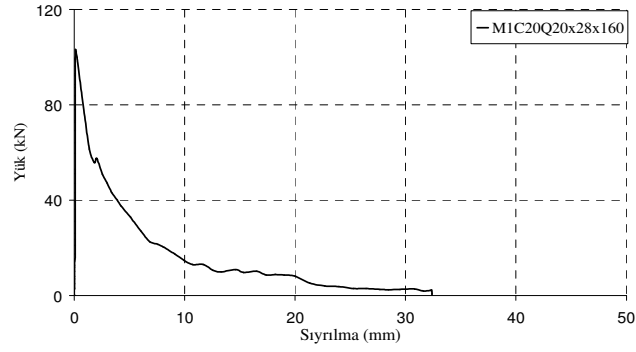
Şekil 5.37 M1C20 Φ 20x28x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 66.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.38'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.



Şekil 5.38 M1C20 Φ 20x28x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.14 M1C20 Φ 20x28x160 Ankraj No:7.7



Şekil 5.40 M1C20 Φ 20x28x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 103.2 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.41'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

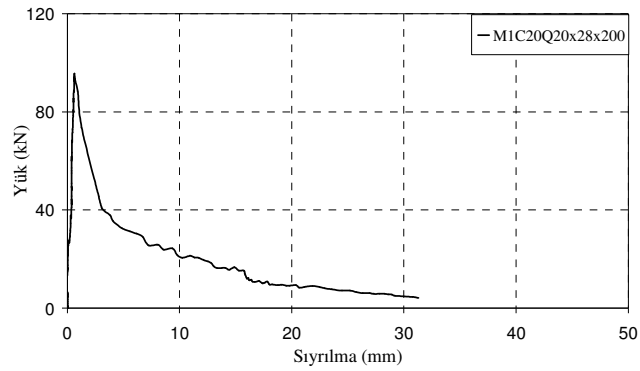


Şekil 5.41 M1C20 Φ 20x28x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.15 M1C20 Φ 20x28x200 Ankraj No:5.6



Şekil 5.42 M1C20 Φ 20x28x200 Ankraj No:5.6



Şekil 5.43 M1C20 Φ 20x28x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 95.6 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.44’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

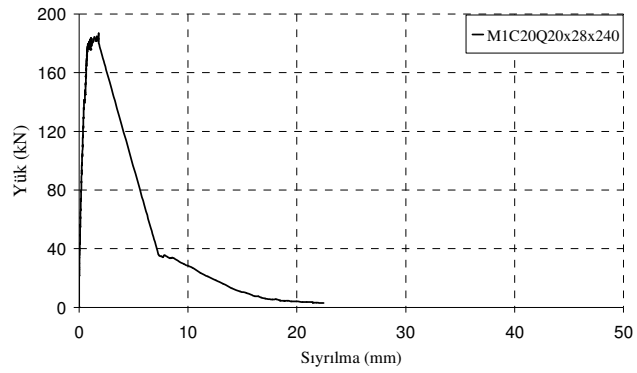


Şekil 5.44 M1C20Φ20x28x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.16 M1C20Φ20x28x240 Ankraj No:2.2



Şekil 5.45 M1C20Φ20x28x240 Ankraj No:2.2



Şekil 5.46 M1C20Φ20x28x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 183.7 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.47'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

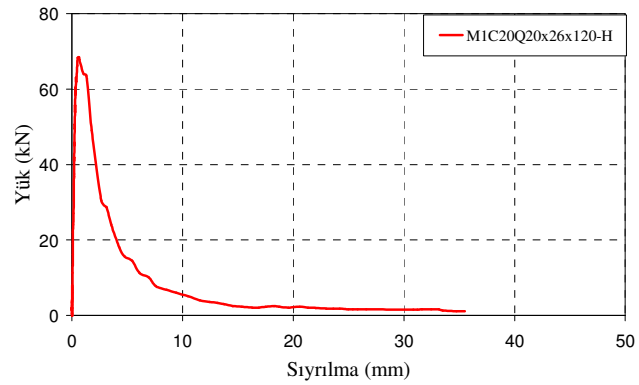


Şekil 5.47 M1C20 Φ 20x28x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.17 M1C20 Φ 20x26x120-H Ankraj No:4.1



Şekil 5.48 M1C20 Φ 20x26x120-H Ankraj No:4.1



Şekil 5.49 M1C20 Φ 20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 68.5 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.50’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur. Aynı zamanda serbest kenara olan yakınlığa nedeni ile beton plağın yarılmasına da neden olmuştur, Şekil 5.48.

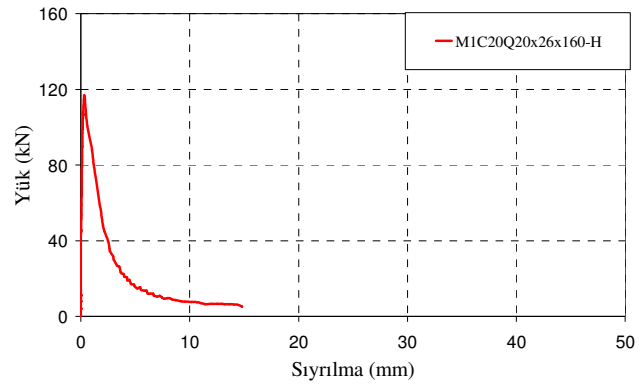


Şekil 5.50 M1C20 Φ 20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.18 M1C20 Φ 20x26x160-H Ankraj No:6.11



Şekil 5.51 M1C20 Φ 20x26x160-H Ankraj No:6.11



Şekil 5.52 M1C20 Φ 20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 116.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.53'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

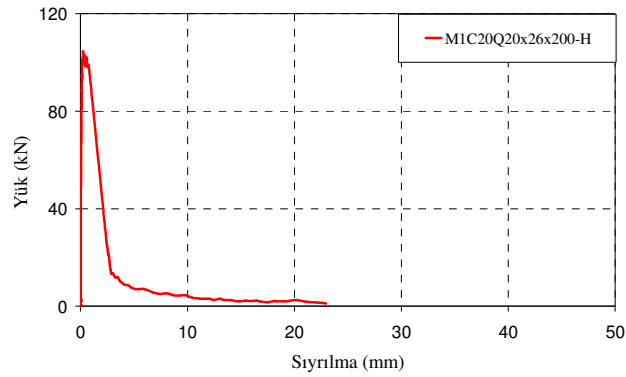


Şekil 5.53 M1C20 Φ 20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.19 M1C20 Φ 20x26x200-H Ankraj No:6.1



Şekil 5.54 M1C20 Φ 20x26x200-H Ankraj No:6.1



Şekil 5.55 M1C20 Φ 20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 104.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.56'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

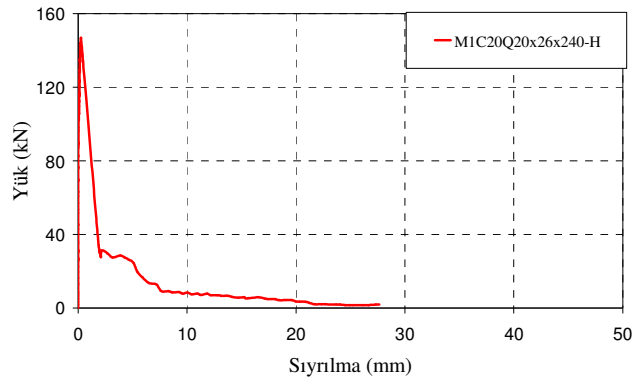


Şekil 5.56 M1C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.20 M1C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.1



Şekil 5.57 M1C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.1



Şekil 5.58 M1C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 146.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.59'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

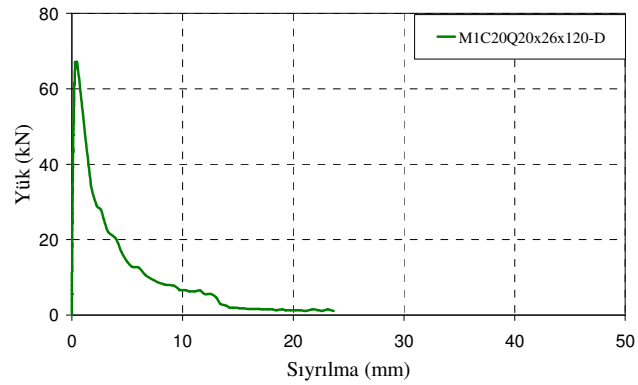


Şekil 5.59 M1C20 Φ 20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.21 M1C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.5



Şekil 5.60 M1C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.5



Şekil 5.61 M1C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 67.0 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.62’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

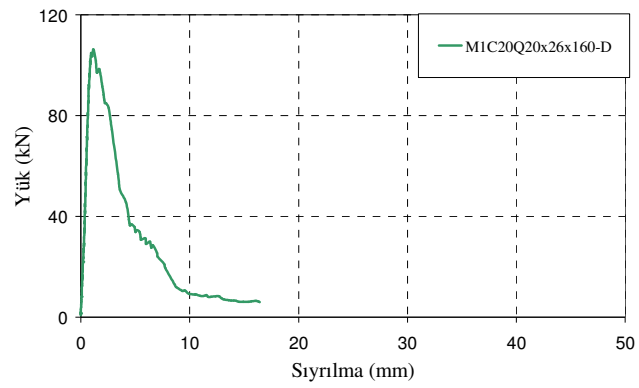


Şekil 5.62 M1C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.22 M1C20 Φ 20x26x160-D Ankraj No:6.15



Şekil 5.63 M1C20 Φ 20x26x160-D Ankraj No:6.15



Şekil 5.64 M1C20 Φ 20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 106.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.65'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

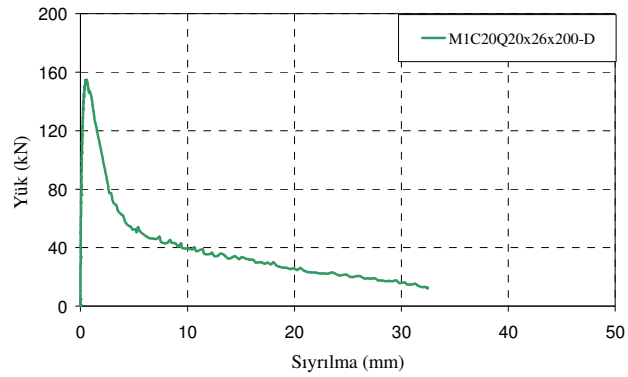


Şekil 5.65 M1C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.23 M1C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.3



Şekil 5.66 M1C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.3



Şekil 5.67 M1C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 154.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.68'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

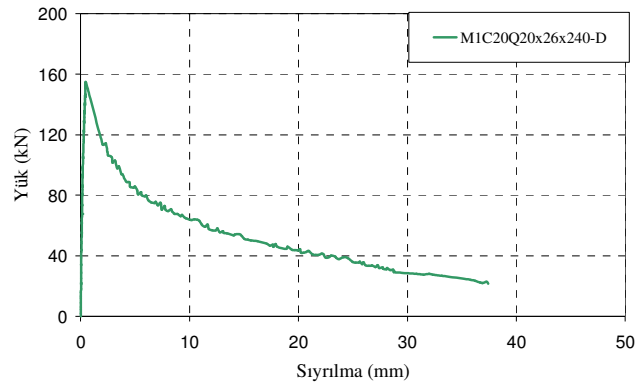


Şekil 5.68 M1C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.1.24 M1C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.5



Şekil 5.69 M1C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.5



Şekil 5.70 M1C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 154.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.71'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.



Şekil 5.71 M1C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

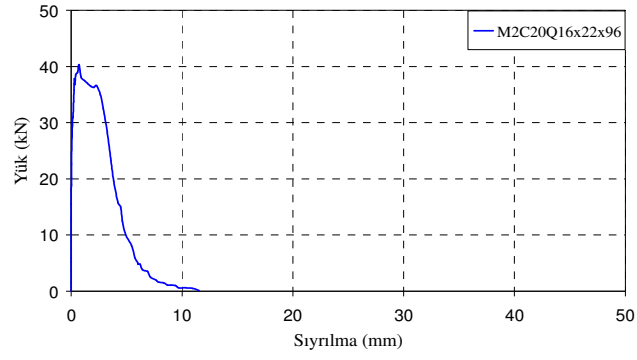
5.2.2 M2 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar

Bu bölümde M2 malzemesi kullanılarak üretilen 8 adet $\Phi 16$ ve 16 adet $\Phi 20$ donatı kullanılmış ankrajlara ait deney sonuçları incelenecektir.

5.2.2.1 M2C20Φ16x22x96 Ankraj No:4.11



Şekil 5.72 M2C20Φ16x22x96 Ankraj No:4.11



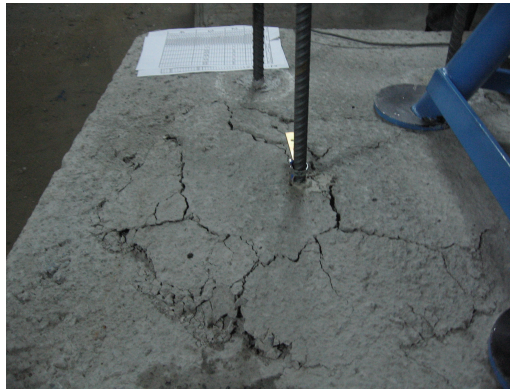
Şekil 5.73 M2C20Φ16x22x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 40.3 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.74’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

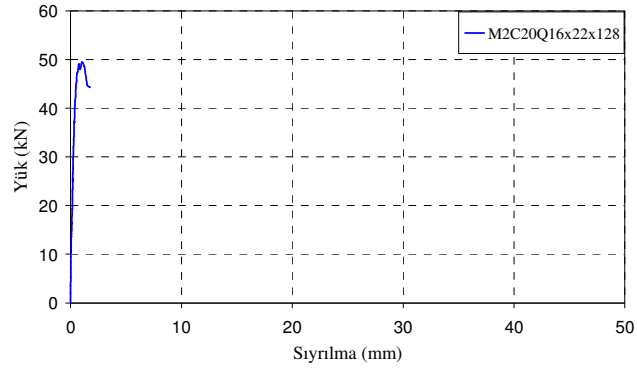


Şekil 5.74 M2C20Φ16x22x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.2 M2C20Φ16x22x128 Ankraj No:4.7



Şekil 5.75 M2C20Φ16x22x128 Ankraj No:4.7



Şekil 5.76 M2C20 Φ 16x22x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 49.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.77'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

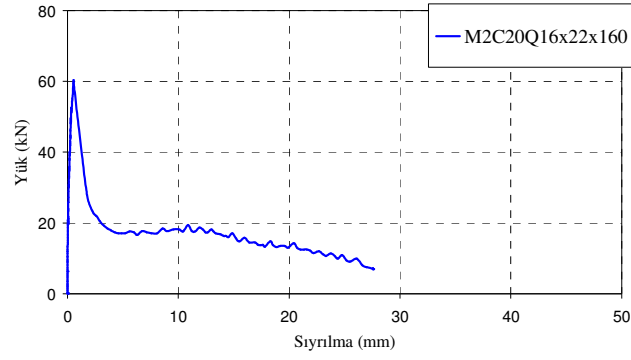


Şekil 5.77 M2C20 Φ 16x22x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.3 M2C20 Φ 16x22x160 Ankraj No:7.8



Şekil 5.78 M2C20 Φ 16x22x160 Ankraj No:7.8



Şekil 5.79 M2C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 60.4 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.80'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

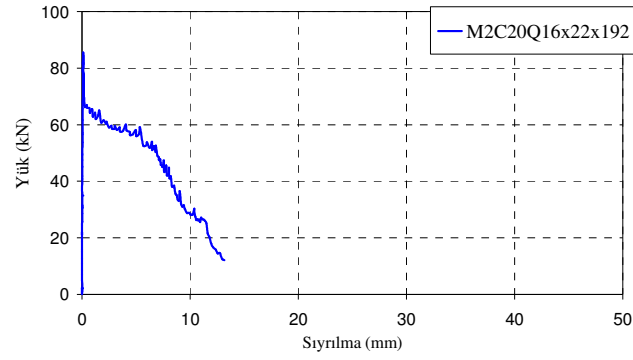


Şekil 5.80 M2C20Φ16x22x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.4 M2C20Φ16x22x192 Ankraj No:5.3



Şekil 5.81 M2C20Φ16x22x192 Ankraj No:5.3



Şekil 5.82 M2C20Φ16x22x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 85.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.83'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

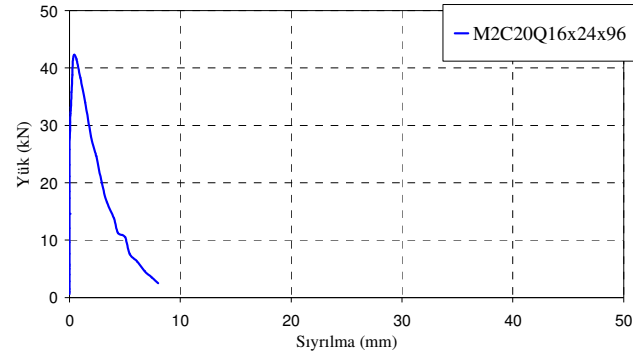


Şekil 5.83 M2C20Φ16x22x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.5 M2C20Φ16x24x96 Ankraj No:4.12



Şekil 5.84 M2C20Φ16x24x96 Ankraj No:4.12



Şekil 5.85 M2C20Φ16x24x96 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 42.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.86'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

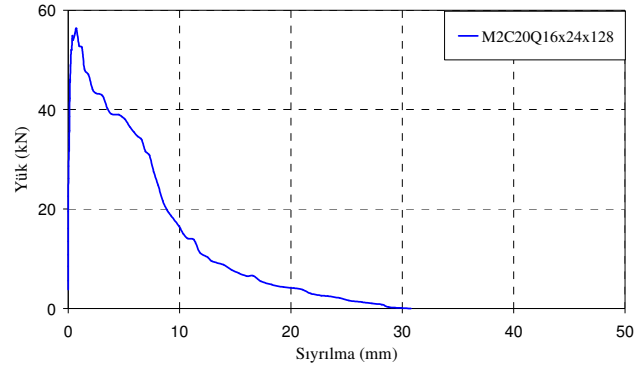


Şekil 5.86 M2C20Φ16x24x96 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.6 M2C20Φ16x24x128 Ankraj No:4.8



Şekil 5.87 M2C20Φ16x24x128 Ankraj No:4.8



Şekil 5.88 M2C20Φ16x24x128 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 56.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.89'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

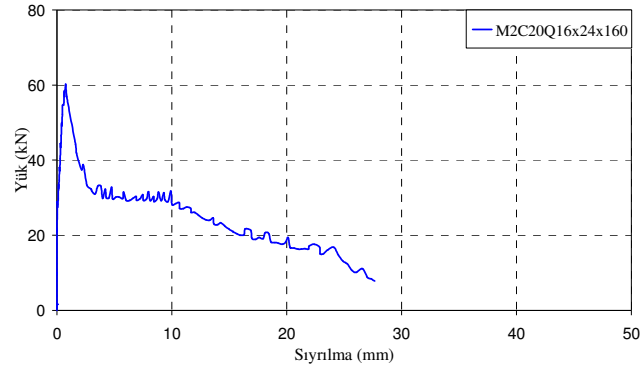


Şekil 5.89 M2C20Φ16x24x128 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.7 M2C20Φ16x24x160 Ankraj No:7.9



Şekil 5.90 M2C20Φ16x24x160 Ankraj No:7.9



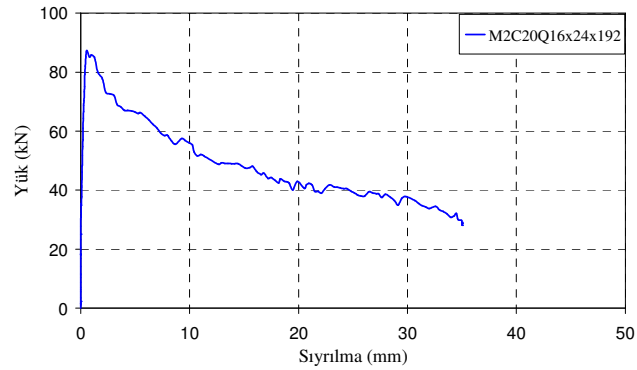
Şekil 5.91 M2C20Φ16x24x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 60.2 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.92'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.



Şekil 5.92 M2C20Φ16x24x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.8 M2C20Φ16x24x192 Ankraj No:5.4



Şekil 5.93 M2C20Φ16x24x192 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 87.3 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.94’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

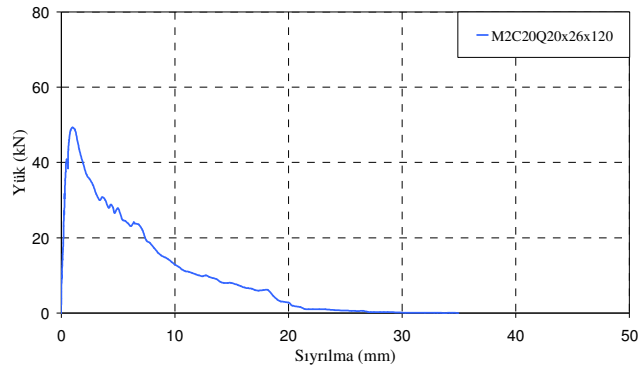


Şekil 5.94 M2C20 Φ 16x24x192 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.9 M2C20 Φ 20x26x120 Ankraj No:3.3



Şekil 5.95 M2C20 Φ 20x26x120 Ankraj No:3.3



Şekil 5.96 M2C20 Φ 20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 49.3 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.97’de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

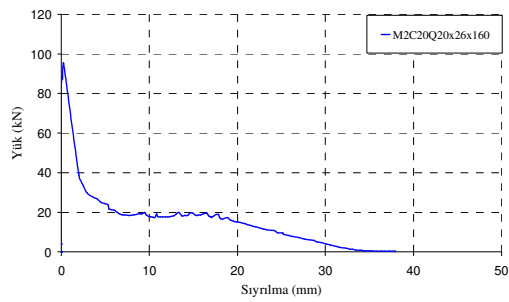


Şekil 5.97 M2C20 Φ 20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.10 M2C20 Φ 20x26x160 Ankraj No:7.10



Şekil 5.98 M2C20 Φ 20x26x160 Ankraj No:7.1



Şekil 5.99 M2C20 Φ 20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 95.3 kN’da gerçekleşmiştir. Şekil 5.29’da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

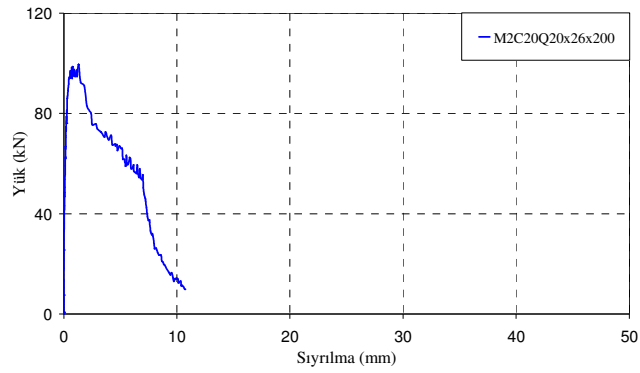


Şekil 5.100 M2C20 Φ 20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.11 M2C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:5.7



Şekil 5.101 M2C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:5.7



Şekil 5.102 M2C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 99.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.103'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

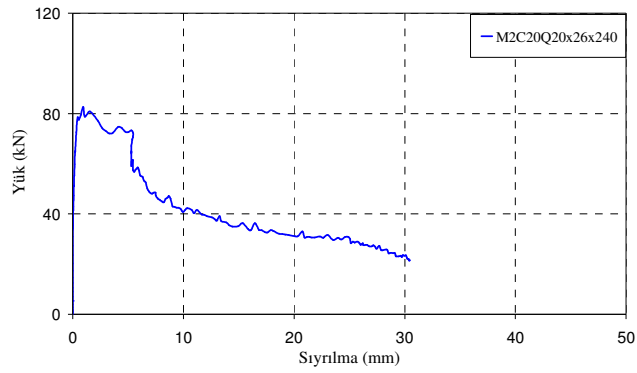


Şekil 5.103 M2C20Φ20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.12 M2C20Φ20x26x240 Ankraj No:2.3



Şekil 5.104 M2C20Φ20x26x240 Ankraj No:2.3



Şekil 5.105 M2C20Φ20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 82.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.106'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

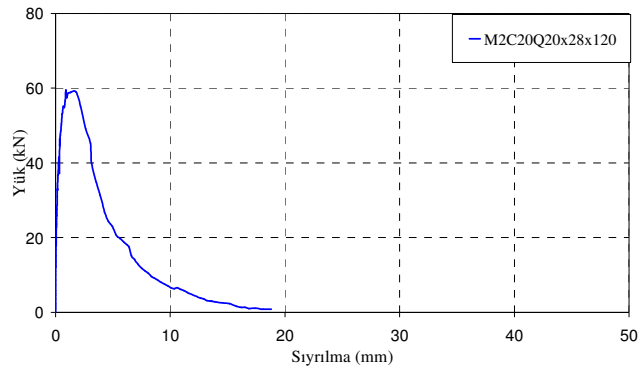


Şekil 5.106 M2C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.13 M2C20 Φ 20x28x120 Ankraj No:3.4



Şekil 5.107 M2C20 Φ 20x28x120 Ankraj No:3.4



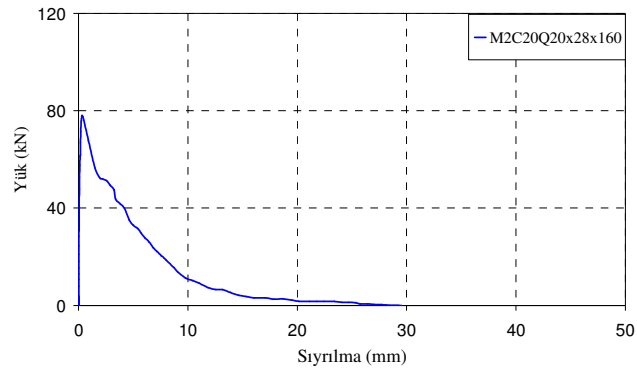
Şekil 5.108 M2C20 Φ 20x28x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 59.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.109'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.



Şekil 5.109 M2C20Φ20x28x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.14 M2C20Φ20x28x160 Ankraj No:7.11



Şekil 5.110 M2C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 78.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.41'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

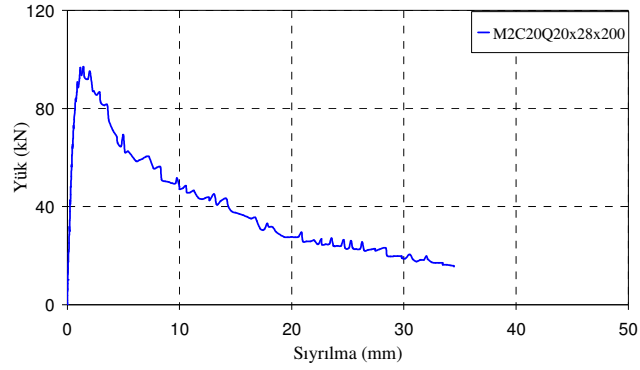


Şekil 5.111 M2C20Φ20x28x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.15 M2C20 Φ 20x28x200 Ankraj No:5.8



Şekil 5.112 M2C20 Φ 20x28x200 Ankraj No:5.8



Şekil 5.113 M2C20 Φ 20x28x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 97.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.114'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

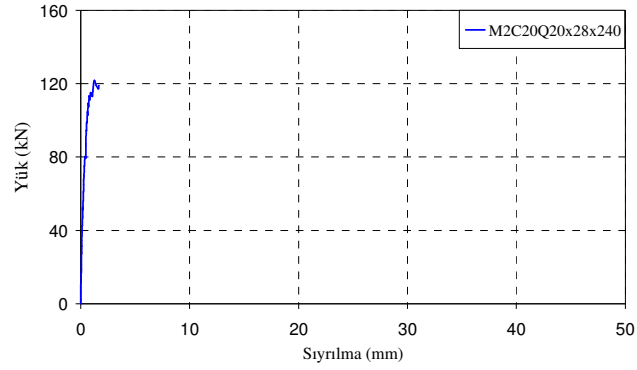


Şekil 5.114 M2C20 Φ 20x28x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.16 M2C20 Φ 20x28x240 Ankraj No:2.4



Şekil 5.115 M2C20 Φ 20x28x240 Ankraj No:2.4



Şekil 5.116 M2C20 Φ 20x28x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 121.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.117'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

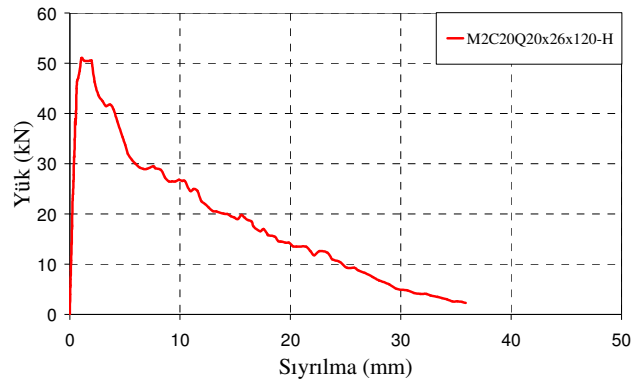


Şekil 5.117 M2C20 Φ 20x28x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.17 M2C20 Φ 20x26x120-H Ankraj No:4.2



Şekil 5.118 M2C20 Φ 20x26x120-H Ankraj No:4.2



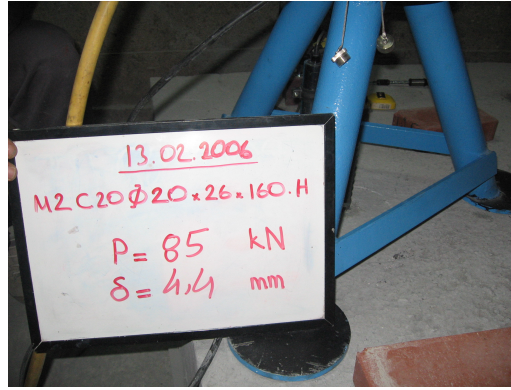
Şekil 5.119 M2C20 Φ 20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 51.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.120'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur. Aynı zamanda serbest kenara olan yakınlığe nedeni ile beton plağın yarılmasına da neden olmuştur, Şekil 5.48.

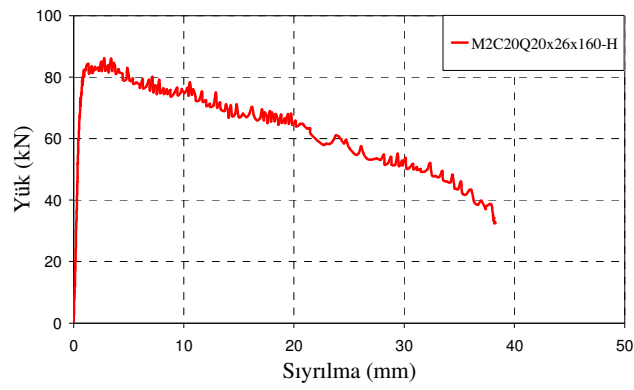


Şekil 5.120 M2C20 Φ 20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.18 M2C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.12



Şekil 5.121 M2C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.12



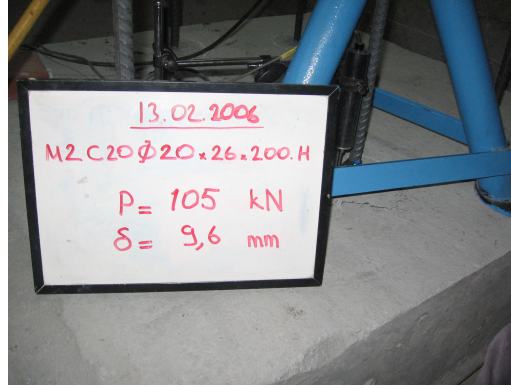
Şekil 5.122 M2C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 86.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.123'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

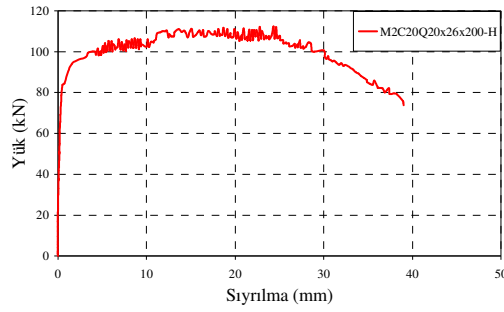


Şekil 5.123 M2C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.19 M2C20 Φ 20x26x200-H Ankraj No:6.2



Şekil 5.124 M2C20 Φ 20x26x200-H Ankraj No:6.2



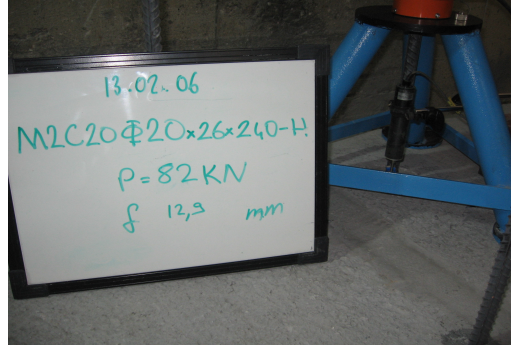
Şekil 5.125 M2C20 Φ 20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 112.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.126'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

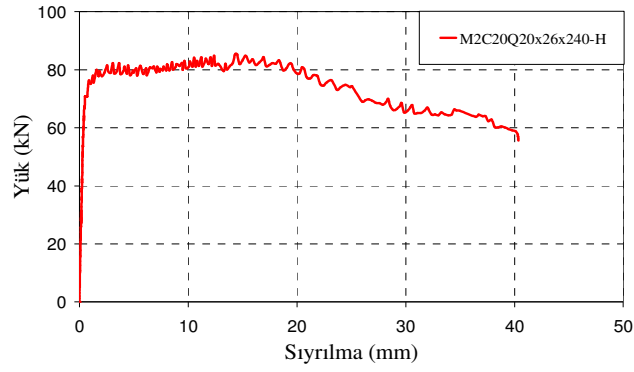


Şekil 5.126 M2C20 Φ 20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.20 M2C20 Φ 20x26x240-H Ankraj No:1.2



Şekil 5.127 M2C20 Φ 20x26x240-H Ankraj No:1.2



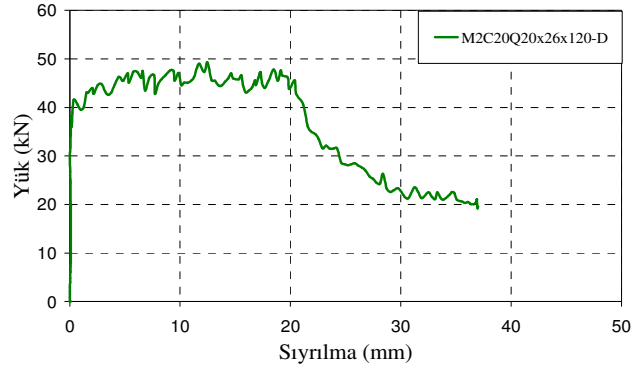
Şekil 5.128 M2C20 Φ 20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 85.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.129'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.



Şekil 5.129 M2C20 Φ 20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.21 M2C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.6



Şekil 5.130 M2C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 49.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.131'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

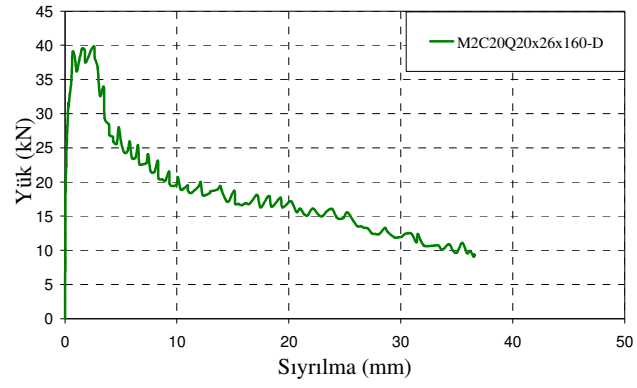


Şekil 5.131 M2C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.22 M2C20 Φ 20x26x160-D Ankraj No:7.1



Şekil 5.132 M2C20 Φ 20x26x160-D Ankraj No:7.1



Şekil 5.133 M2C20 Φ 20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 39.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.134'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

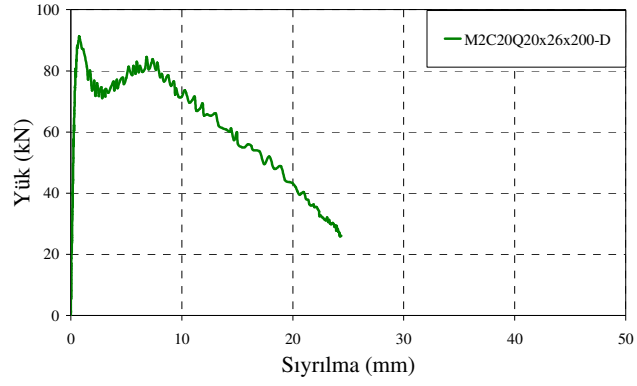


Şekil 5.134 M2C20 Φ 20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.23 M2C20 Φ 20x26x200-D Ankraj No:6.4



Şekil 5.135 M2C20 Φ 20x26x200-D Ankraj No:6.4



Şekil 5.136 M2C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 91.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.137'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

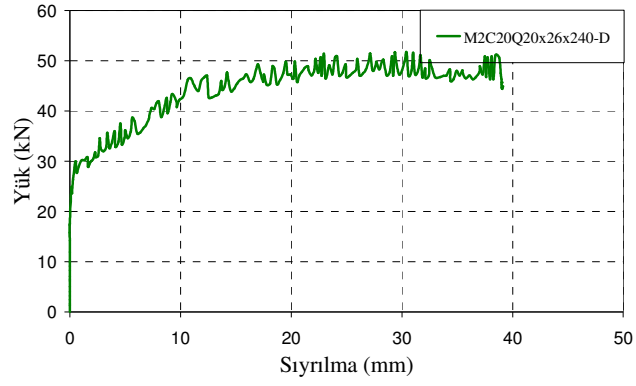


Şekil 5.137 M2C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.2.24 M2C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.6



Şekil 5.138 M2C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.6



Şekil 5.139 M2C20 Φ 20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 51.7 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.71'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.



Şekil 5.140 M2C20 Φ 20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

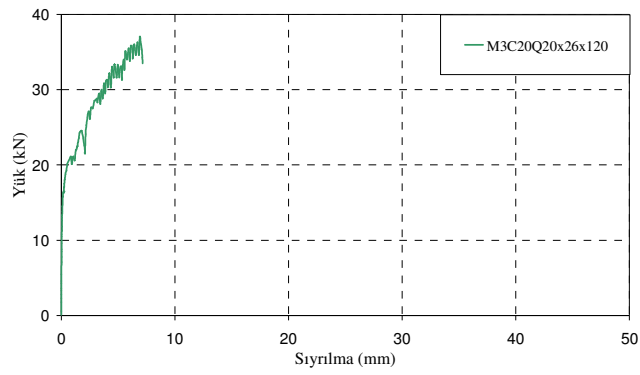
5.2.3 M3 Malzemesi ile Üretilen Ankrajlar

Bu bölümde M3 malzemesi kullanılarak üretilen 16 adet Φ 20 donatı kullanılmış ankrajlara ait deney sonuçları incelenecektir.

5.2.3.1 M3C20Φ20x26x120 Ankraj No:3.7



Şekil 5.141 M3C20Φ20x26x160 Ankraj No:3.7



Şekil 5.142 M3C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 37.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.143'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden sıyırılma şeklinde olmuştur.

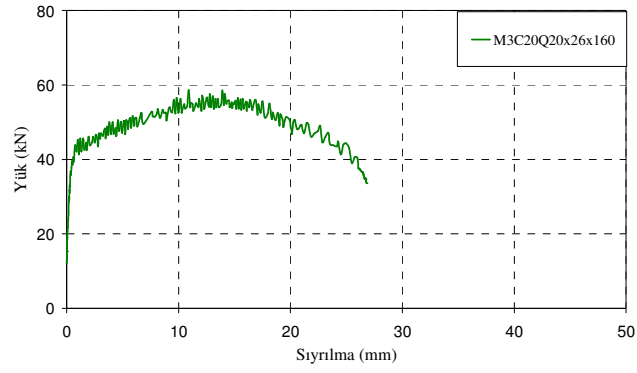


Şekil 5.143 M3C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.2 M3C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.12



Şekil 5.144 M3C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.12



Şekil 5.145 M3C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 58.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.146'da görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden sıyırılma şeklinde olmuştur.

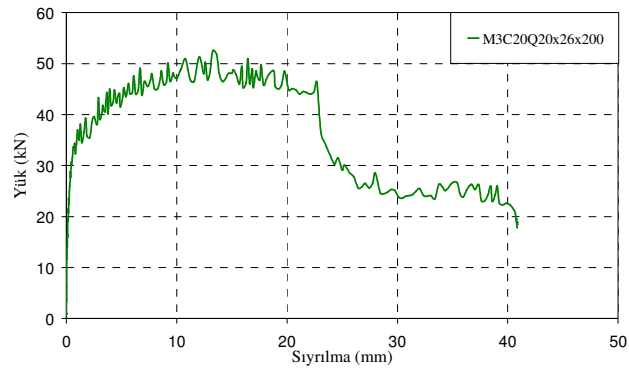


Şekil 5.146 M3C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.3 M3C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:5.9



Şekil 5.147 M3C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:5.9



Şekil 5.148 M3C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 52.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.149'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve beton yüzeyden sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

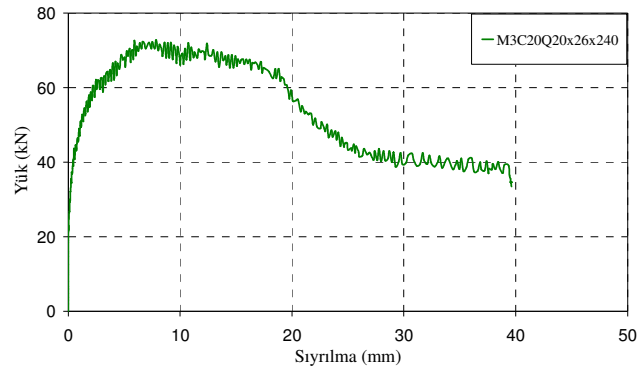


Şekil 5.149 M3C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.4 M3C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.5



Şekil 5.150 M3C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.5



Şekil 5.151 M3C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 72.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.152'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden sıyılma şeklinde olmuştur.

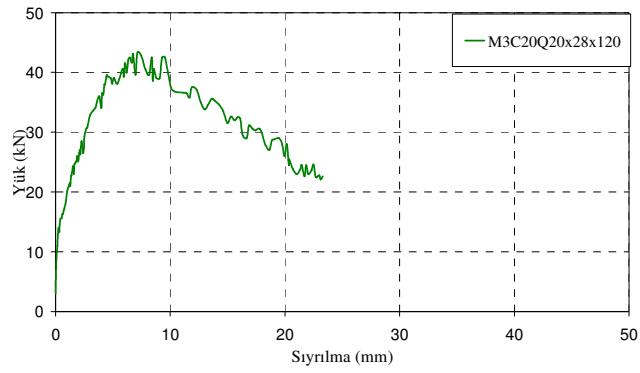


Şekil 5.152 M3C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.5 M3C20 Φ 20x28x120 Ankraj No:3.8



Şekil 5.153 M3C20 Φ 20x28x120 Ankraj No:3.8



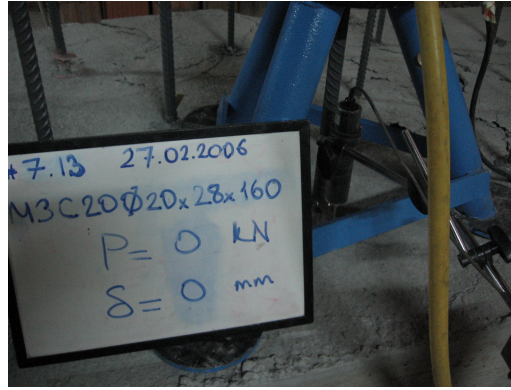
Şekil 5.154 M3C20 Φ 20x28x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 43.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.155'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden sıyrılma şeklinde olmuştur.

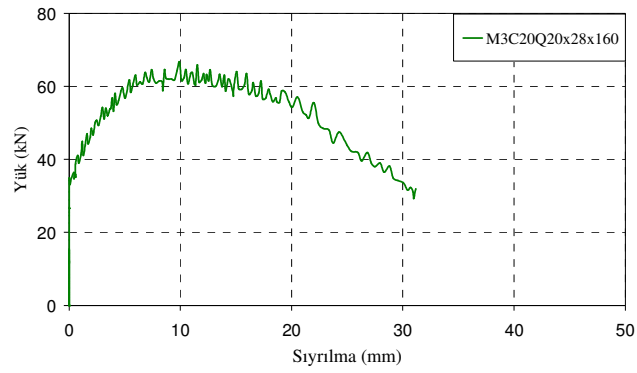


Şekil 5.155 M3C20 Φ 20x28x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.6 M3C20 Φ 20x28x160 Ankraj No:7.13



Şekil 5.156 M3C20 Φ 20x28x160 Ankraj No:7.13



Şekil 5.157 M3C20 Φ 20x28x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 66.7 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.158'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden sıyırılma şeklinde olmuştur.

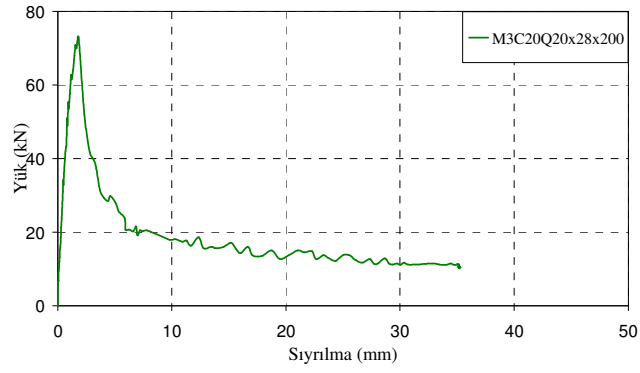


Şekil 5.158 M3C20 Φ 20x28x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.7 M3C20 Φ 20x28x200 Ankraj No:5.10



Şekil 5.159 M3C20 Φ 20x28x200 Ankraj No:5.10



Şekil 5.160 M3C20 Φ 20x28x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 72.9 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.161'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve beton yüzeyden sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

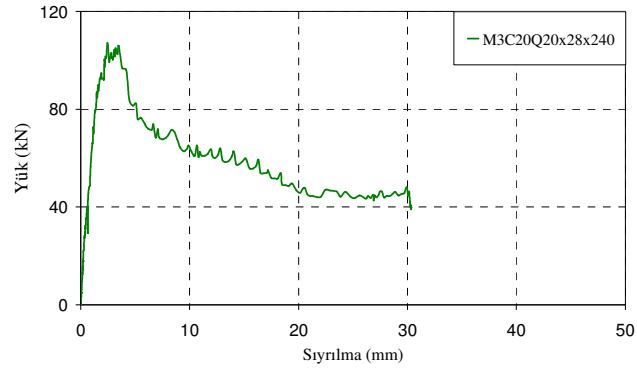


Şekil 5.161 M3C20 Φ 20x28x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.8 M3C20 Φ 20x28x240 Ankraj No:2.6



Şekil 5.162 M3C20 Φ 20x28x240 Ankraj No:2.6



Şekil 5.163 M3C20 Φ 20x28x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 107.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.164'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden ve donatı yüzeyinden sıyılma şeklinde olmuştur.

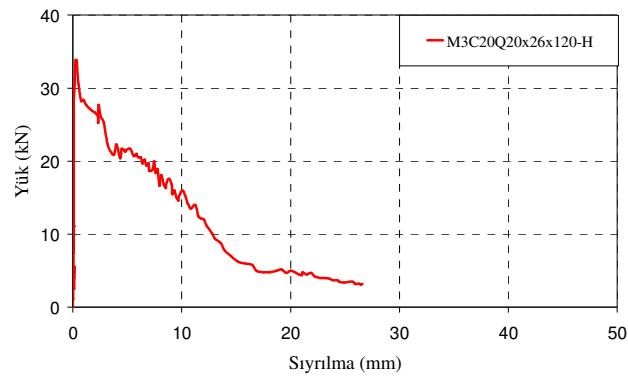


Şekil 5.164 M3C20 Φ 20x28x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.9 M3C20Φ20x26x120-H Ankraj No:4.3



Şekil 5.165 M3C20Φ20x26x120-H Ankraj No:4.3



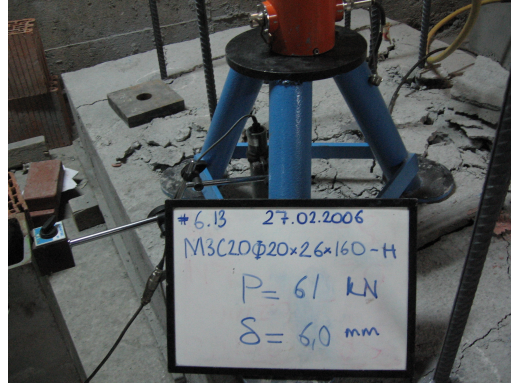
Şekil 5.166 M3C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 33.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.167'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve beton yüzeyden sıyılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

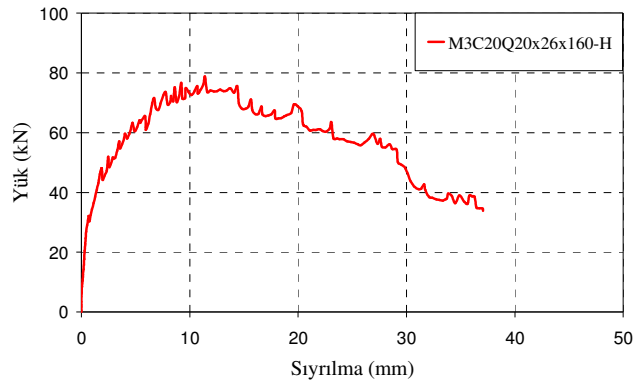


Şekil 5.167 M3C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.10 M3C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.13



Şekil 5.168 M3C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.13



Şekil 5.169 M3C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 78.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.170'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden ve donatı yüzeyinden sıyırılma şeklinde olmuştur.

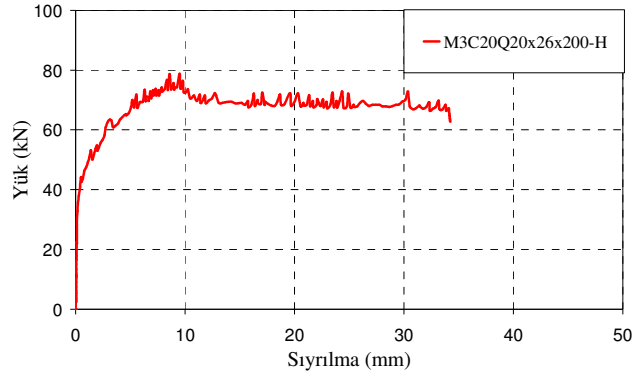


Şekil 5.170 M3C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.11 M3C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.6



Şekil 5.171 M3C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.6



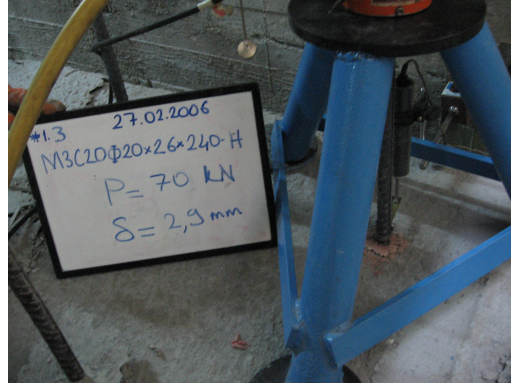
Şekil 5.172 M3C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 78.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.173'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden ve donatı yüzeyinden sıyılma şeklinde olmuştur.

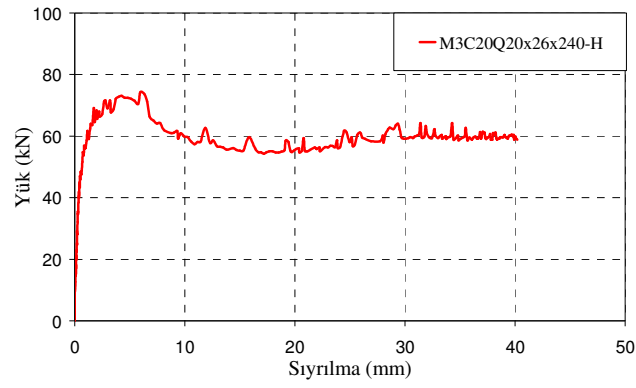


Şekil 5.173 M3C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.12 M3C20 Φ 20x26x240-H Ankraj No:1.3



Şekil 5.174 M3C20 Φ 20x26x240-H Ankraj No:1.3



Şekil 5.175 M3C20 Φ 20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 74.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.176'da görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden ve donatı yüzeyinden sıyılma şeklinde olmuştur.

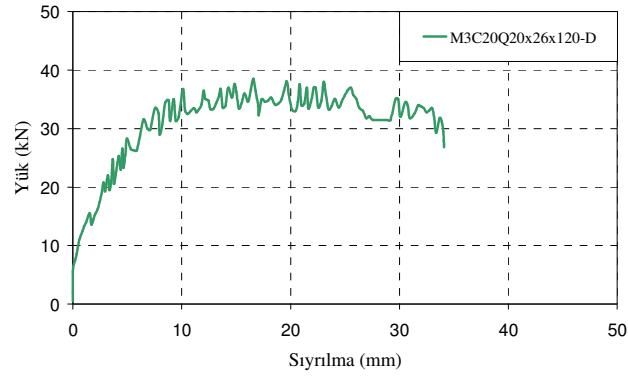


Şekil 5.176 M3C20 Φ 20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.13 M3C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.11



Şekil 5.177 M3C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.11



Şekil 5.178 M3C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 38.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.179'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve beton yüzeyden sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

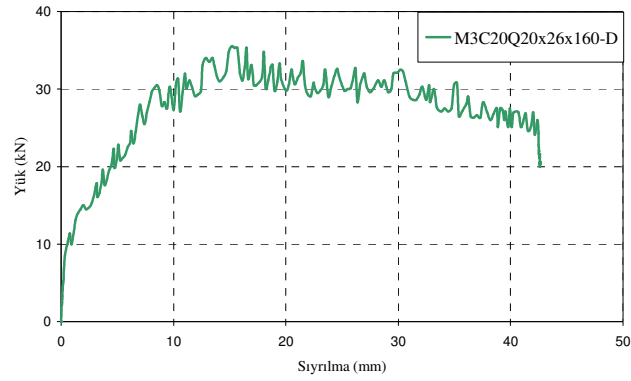


Şekil 5.179 M3C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.14 M3C20 Φ 20x26x160-D Ankraj No:7.2



Şekil 5.180 M3C20 Φ 20x26x160-D Ankraj No:7.2



Şekil 5.181 M3C20 Φ 20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 35.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.134'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden ve donatı yüzeyinden sıyırılma şeklinde olmuştur.

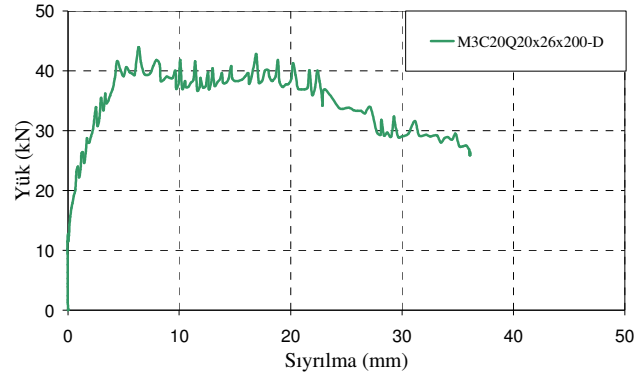


Şekil 5.182 M3C20 Φ 20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.15 M3C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.8



Şekil 5.183 M3C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.8



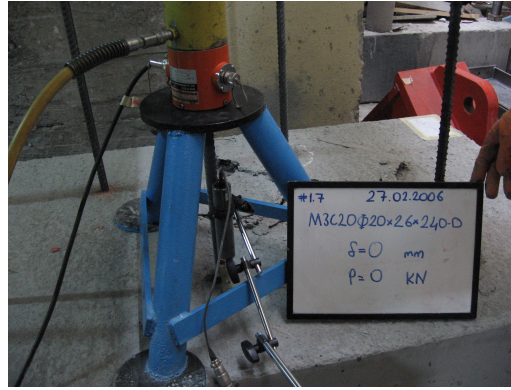
Şekil 5.184 M3C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 43.9 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.137'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

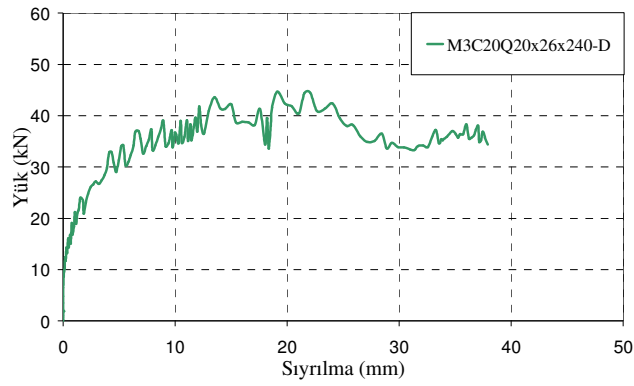


Şekil 5.185 M3C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.3.16 M3C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.7



Şekil 5.186 M3C20Φ20x26x240-D Ankraj No:1.7



Şekil 5.187 M3C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyılma Eğrisi

Göçme 44.7 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.188'de görüldüğü gibi göçme tipi beton yüzeyden ve donatı yüzeyinden sıyılma şeklinde olmuştur.



Şekil 5.188 M3C20Φ20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

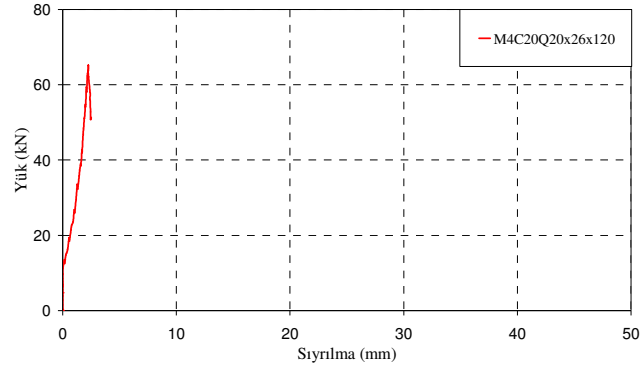
5.2.4 M4 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar

Bu bölümde M4 malzemesi kullanılarak üretilen 12 adet $\Phi 20$ donatı kullanılmış ankrajlara ait deney sonuçları incelenecektir.

5.2.4.1 M4C20 Φ 20x26x120 Ankraj No:3.9



Şekil 5.189 M4C20 Φ 20x26x160 Ankraj No:3.9



Şekil 5.190 M4C20 Φ 20x26x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 65.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.191'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

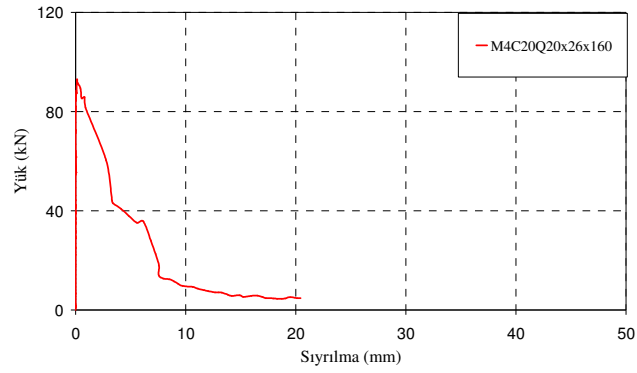


Şekil 5.191 M4C20Φ20x26x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.2 M4C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.14



Şekil 5.192 M4C20Φ20x26x160 Ankraj No:7.14



Şekil 5.193 M4C20Φ20x26x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 93.0 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.194'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun yarılması şeklinde olmuştur.

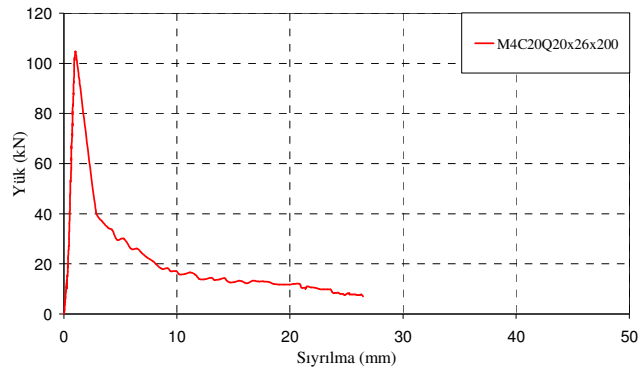


Şekil 5.194 M4C20 Φ 20x26x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.3 M4C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:6.5



Şekil 5.195 M4C20 Φ 20x26x200 Ankraj No:6.5



Şekil 5.196 M4C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 104.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.197'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

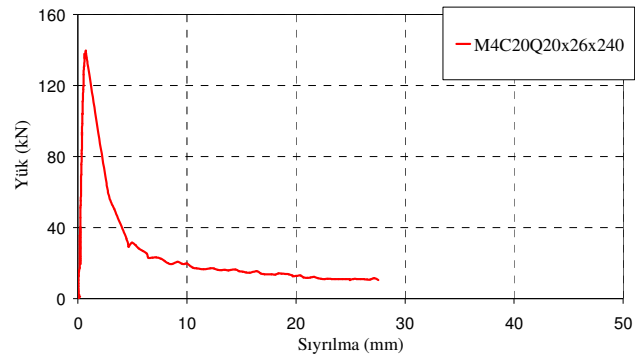


Şekil 5.197 M4C20 Φ 20x26x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.4 M4C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.7



Şekil 5.198 M4C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.7



Şekil 5.199 M4C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 139.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.200'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

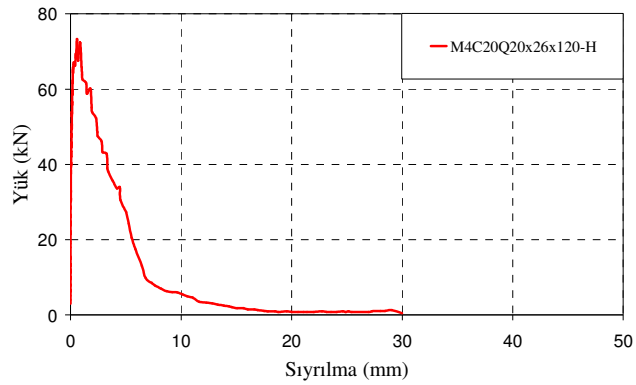


Şekil 5.200 M4C20 Φ 20x26x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.5 M4C20 Φ 20x26x120-H Ankraj No:4.4



Şekil 5.201 M4C20 Φ 20x26x120-H Ankraj No:4.4



Şekil 5.202 M4C20 Φ 20x26x120-H Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 73.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.203'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

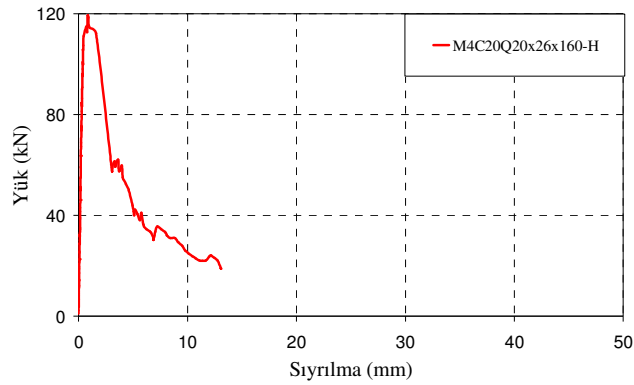


Şekil 5.203 M4C20Φ20x26x120-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.6 M4C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.14



Şekil 5.204 M4C20Φ20x26x160-H Ankraj No:6.14



Şekil 5.205 M4C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 119.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.206'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

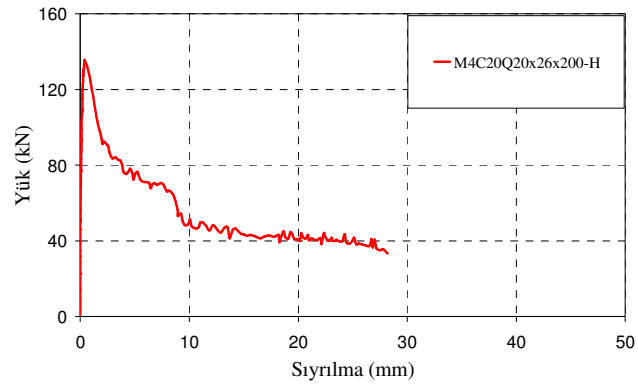


Şekil 5.206 M4C20Φ20x26x160-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.7 M4C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.7



Şekil 5.207 M4C20Φ20x26x200-H Ankraj No:6.7



Şekil 5.208 M4C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 135.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.209'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

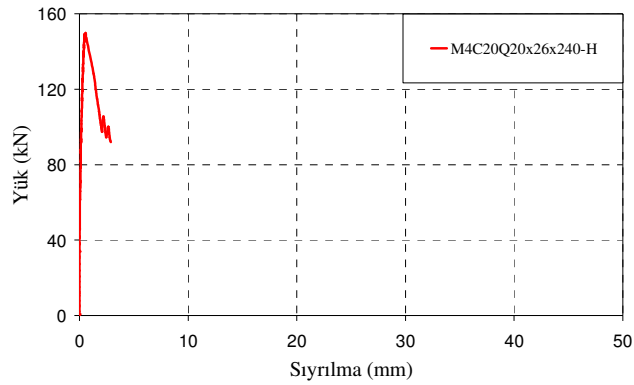


Şekil 5.209 M4C20Φ20x26x200-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.8 M4C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.4



Şekil 5.210 M3C20Φ20x26x240-H Ankraj No:1.4



Şekil 5.211 M4C20Φ20x26x240-H Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 149.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.212'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

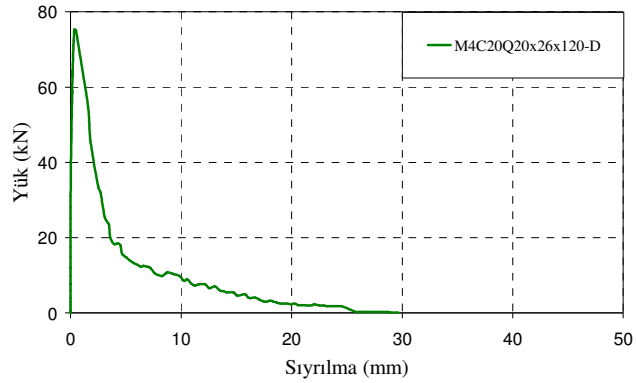


Şekil 5.212 M4C20 Φ 20x26x240-H Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.9 M4C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.12



Şekil 5.213 M4C20 Φ 20x26x120-D Ankraj No:3.12



Şekil 5.214 M4C20 Φ 20x26x120-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 75.3 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.215'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

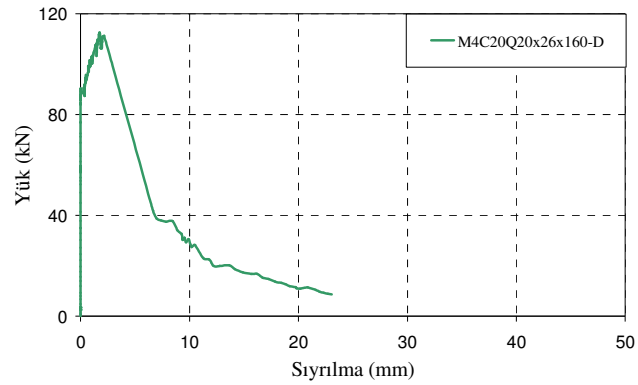


Şekil 5.215 M4C20Φ20x26x120-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.10 M4C20Φ20x26x160-D Ankraj No:7.3



Şekil 5.216 M3C20Φ20x26x160-D Ankraj No:7.3



Şekil 5.217 M4C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 112.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.218'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

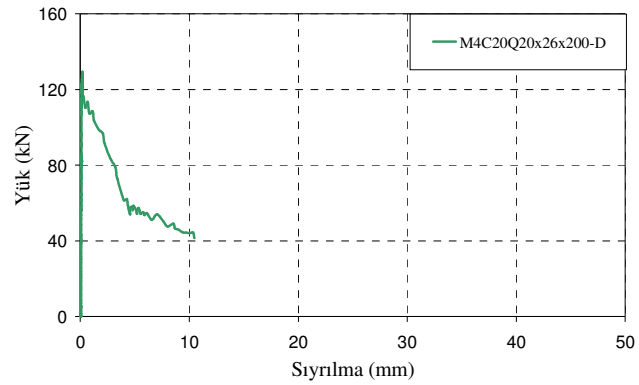


Şekil 5.218 M4C20Φ20x26x160-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.11 M4C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.9



Şekil 5.219 M4C20Φ20x26x200-D Ankraj No:6.9



Şekil 5.220 M4C20Φ20x26x200-D Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 129.5 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.221'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

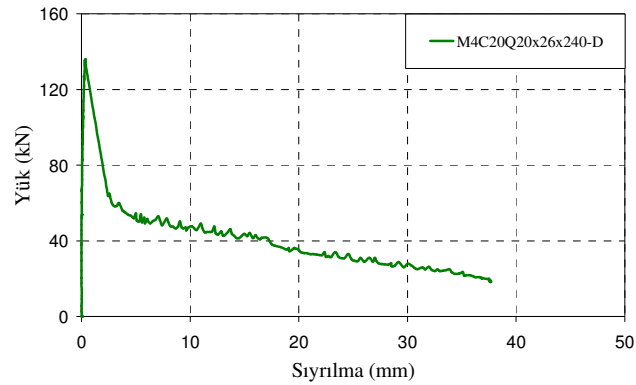


Şekil 5.221 M4C20 Φ 20x26x200-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.4.12 M4C20 Φ 20x26x240-D Ankraj No:1.8



Şekil 5.222 M4C20 Φ 20x26x240-D Ankraj No:1.8



Şekil 5.223 M4C20 Φ 20x26x240-D Ankrajına Ait Yük-Sıyırılma Eğrisi

Göçme 136.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.224'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.



Şekil 5.224 M4C20 Φ 20x26x240-D Ankrajına Ait Çekme Konisi

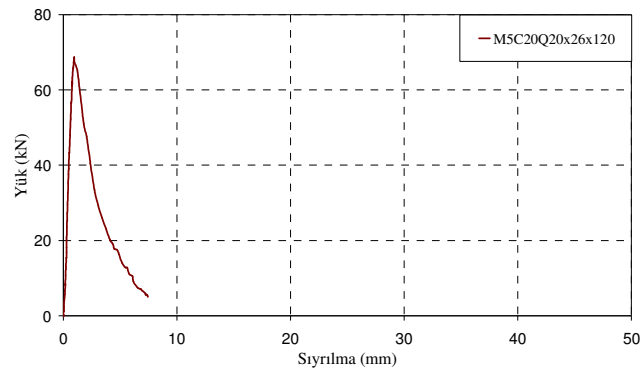
5.2.5 M5 Malzemesi İle Üretilen Ankrajlar

Bu bölümde M5 malzemesi kullanılarak üretilen 4 adet Φ 20 donatı kullanılmış ankrajlara ait deney sonuçları incelenecektir.

5.2.5.1 M4C20 Φ 20x30x120 Ankraj No:3.10



Şekil 5.225 M5C20 Φ 20x30x120 Ankraj No:3.10



Şekil 5.226 M5C20 Φ 20x30x120 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 68.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.227'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması şeklinde olmuştur.

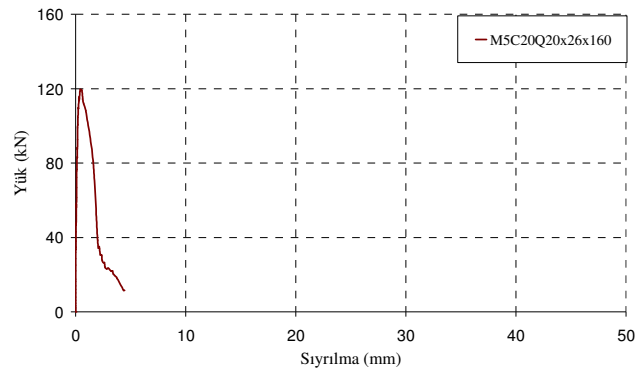


Şekil 5.227 M5C20Φ20x30x120 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.5.2 M5C20Φ20x30x160 Ankraj No:7.15



Şekil 5.228 M5C20Φ20x30x160 Ankraj No:7.15



Şekil 5.229 M5C20Φ20x30x160 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 119.6 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.230'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun yarılması şeklinde olmuştur.

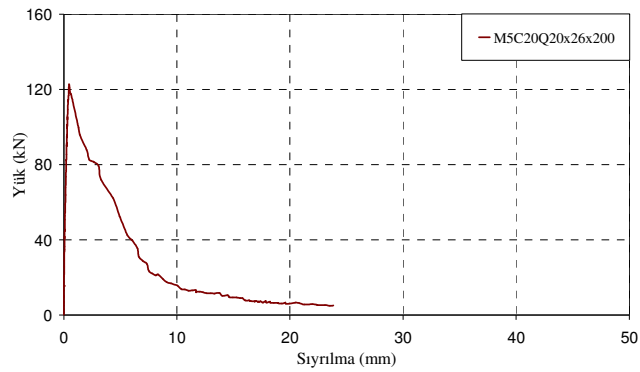


Şekil 5.230 M3C20Φ20x30x160 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.5.3 M5C20Φ20x30x200 Ankraj No:6.10



Şekil 5.231 M5C20Φ20x30x200 Ankraj No:6.10



Şekil 5.232 M5C20Φ20x30x200 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 122.8 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.233'de görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.

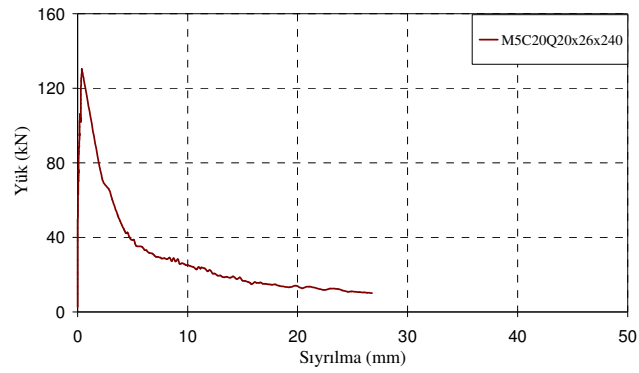


Şekil 5.233 M5C20 Φ 20x30x200 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.2.5.4 M4C20 Φ 20x26x240 Ankraj No:2.8



Şekil 5.234 M5C20 Φ 20x30x240 Ankraj No:2.8



Şekil 5.235 M5C20 Φ 20x30x240 Ankrajına Ait Yük-Sıyrılma Eğrisi

Göçme 130.1 kN'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.236'da görüldüğü gibi göçme tipi betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde olmuştur.



Şekil 5.236 M5C20 Φ 20x30x240 Ankrajına Ait Çekme Konisi

5.3 Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde elde edilen deney sonuçları kullanılan değişkenlere göre ayrı ayrı karşılaştırılarak değişkenlerin ankraj performansı ve davranışı üzerindeki etkileri incelenecektir.

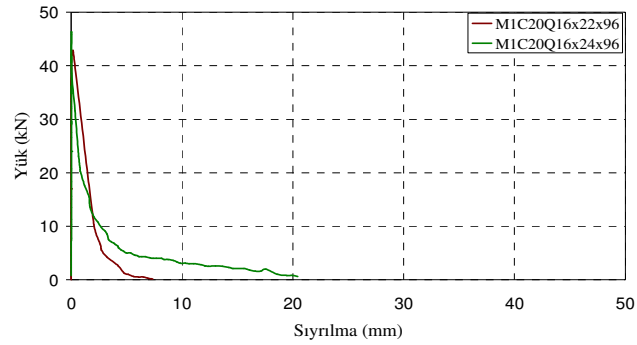
5.3.1 Ankraj Deliği Çapındaki Değişimin Davranışa Etkisi

Çalışma kapsamında üç farklı ankraj deliği çapı kullanılırken bunlardan yalnız ikisi farklı malzemeler için kullanılıp ankraj deliği çapındaki değişimin etkisi incelenmiştir. $\Phi + 6$ mm ve $\Phi + 8$ mm olarak belirlenen ankraj deliği çapları M1, M2 ve M3 malzemeleri ile üretilmiş ankrajların tümünde kullanılırken, $\Phi + 10$ mm yalnızca M5 malzemesi için kullanılmış ve davranışa olan etkisi için değil malzeme özelliklerinden kaynaklanan zorluklardan dolayı uygulamayı kolaylaştırmak için seçilmiştir. M4 malzemesi ile üretilen ankrajlarda ise ankraj deliği çapları yalnızca $\Phi + 6$ mm olarak kullanılmış ve ankraj deliği çapının etkisi bu malzeme için incelenmemiştir.

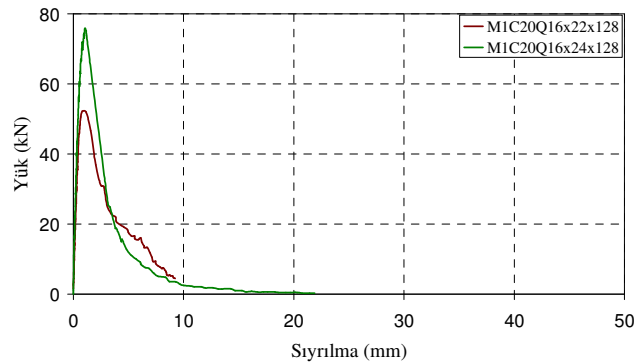
5.3.1.1 M1 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

Bu bölümde M1 malzemesi kullanılarak üretilmiş ve tüm değişkenlerin sabit tutularak donatı ve ankraj deliği çaplarının değiştirildiği 16 adet numune incelenmiştir. Bu numunelerin yarısında $\Phi 16$, diğer yarısında da $\Phi 20$ çapında çelik

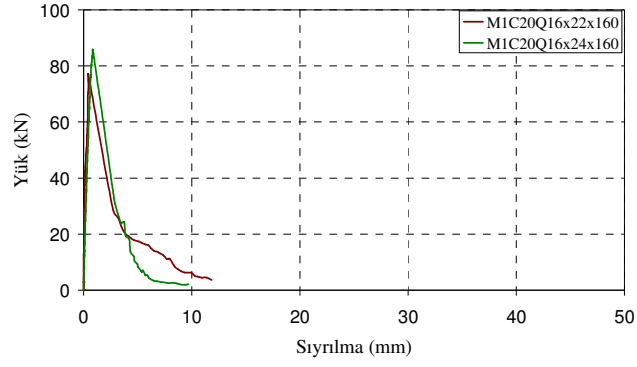
donatılar ankraj çubuğu olarak kullanılmıştır. Φ 16 ankraj çubuklarında ankraj deliği çapı 22 mm ve 24 mm olarak hazırlanırken, Φ 20 ankraj çubuklarında ankraj deliği çapı 26 mm ve 28 mm olarak hazırlanmıştır. Şekil 5.237, 5.238, 5.239 ve Şekil 5.240'da Φ 16 donatılarla yapılmış ankrajlardan elde edilen yük-sıyırılma eğrileri verilmiştir.



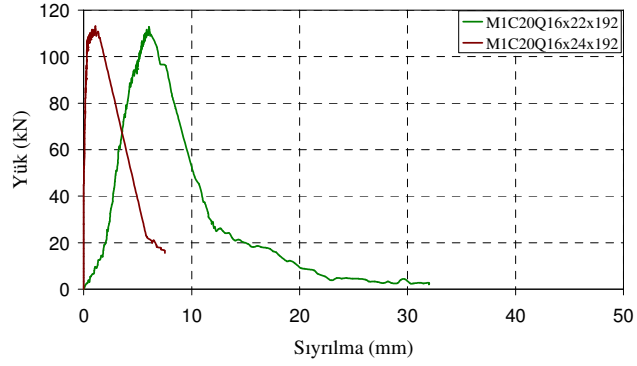
Şekil 5.237 M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.238 M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 8Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



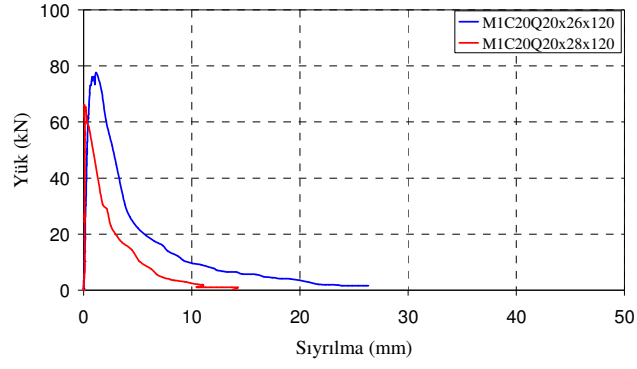
Şekil 5.239 M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



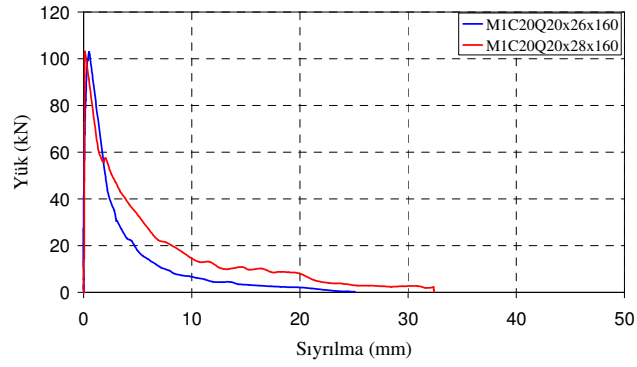
Şekil 5.240 M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

Grafikler incelendiğinde Φ 16 donatı ile üretilmiş ankrajlarda ankraj çapında yapılan değişikliğin ankraj davranışı ve performansı üzerinde anlamlı bir değişiklik yapmadığı sonucuna varılmaktadır.

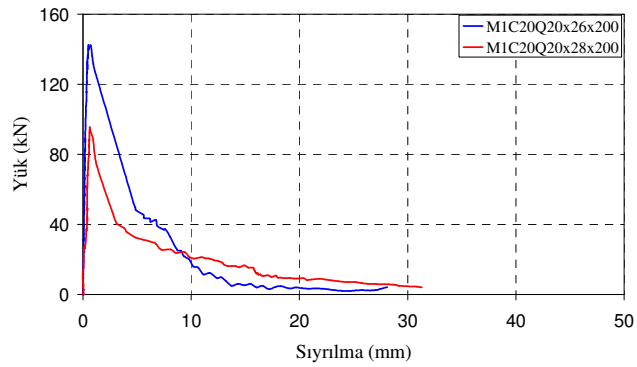
Şekil 5.241, 5.242, 5.243 ve Şekil 5.244'de ise Φ 20 donatılarla yapılmış ankrajlardan elde edilen yük-sıyırılma eğrileri verilmiştir.



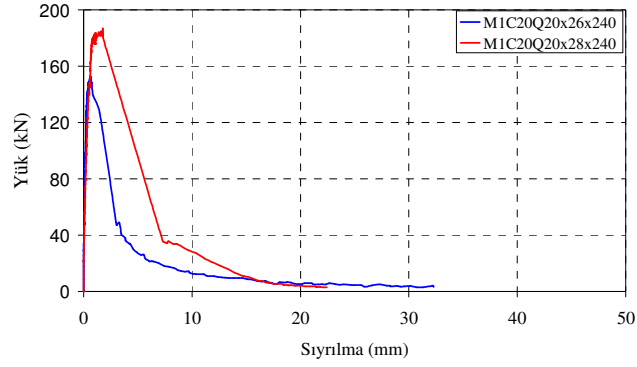
Şekil 5.241 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.242 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.243 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

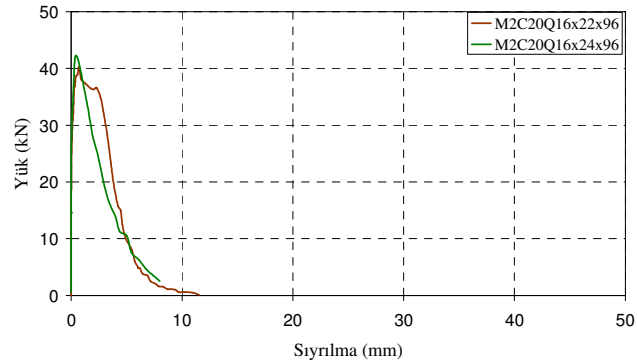


Şekil 5.244 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

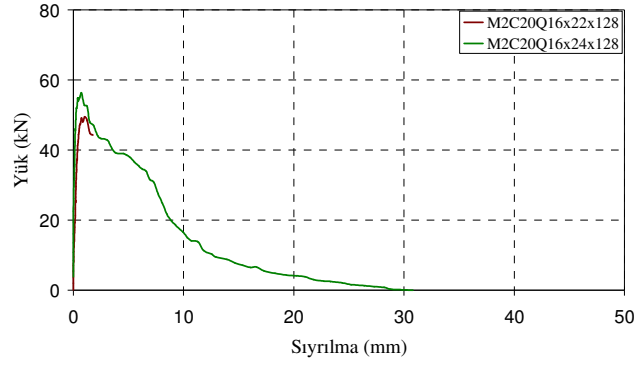
Grafikler incelendiğinde Φ 20 donatı ile üretilmiş ankrajlarda da ankraj çapında yapılan değişikliğin ankraj davranışı ve performansı üzerinde anlamlı bir değişiklik yapmadığı sonucuna varılmaktadır.

5.3.1.2 M2 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

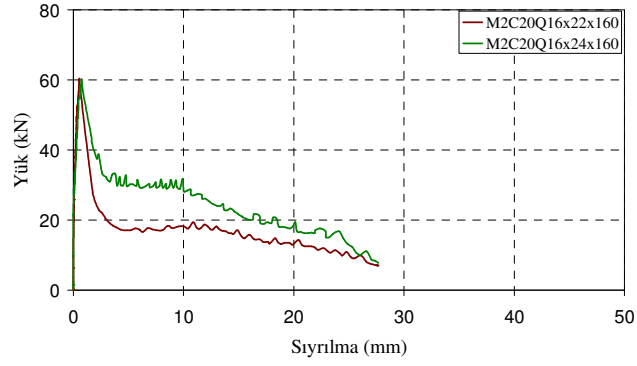
Bu bölümde M2 malzemesi kullanılarak üretilmiş ve tüm değişkenlerin sabit tutularak donatı ve ankraj deliği çaplarının değiştirildiği 16 adet numune incelenmiştir. Bu numunelerin yarısında Φ 16, diğer yarısında da Φ 20 çapında çelik donatılar ankraj çubuğu olarak kullanılmıştır. Φ 16 ankraj çubuklarında ankraj deliği çapı 22 mm ve 24 mm olarak hazırlanırken, Φ 20 ankraj çubuklarında ankraj deliği çapı 26 mm ve 28 mm olarak hazırlanmıştır. Şekil 5.245, 5.246, 5.247 ve Şekil 5.248'de Φ 16 donatılarla yapılmış ankrajlardan elde edilen yük-sıyırılma eğrileri verilmiştir.



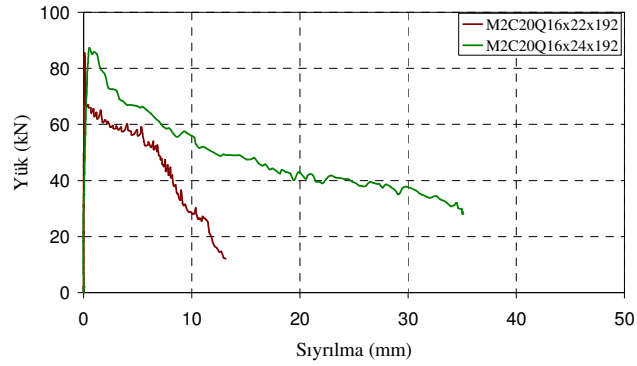
Şekil 5.245 M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.246 M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



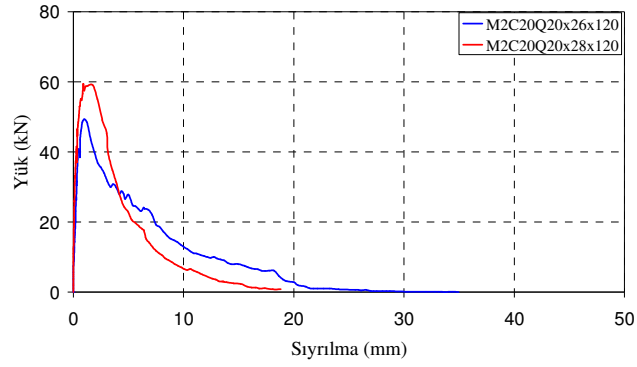
Şekil 5.247 M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



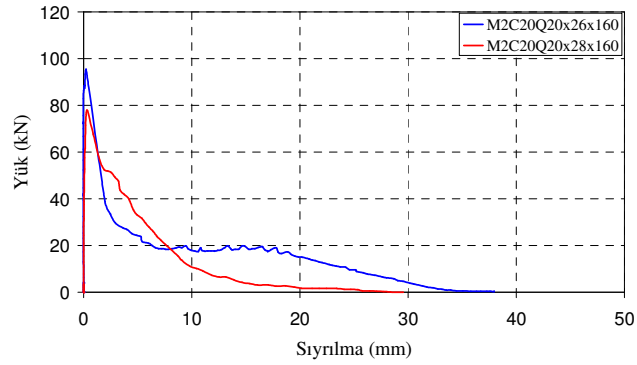
Şekil 5.248 M2 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

Grafikler incelendiğinde M1 malzemesinden farklı olarak M2 malzemesi ile üretilen Φ 16 donatı kullanılmış ankrajlarda ankraj deliği çapının artmasıyla ankraj dayanımının az da olsa arttığı gözlenmektedir.

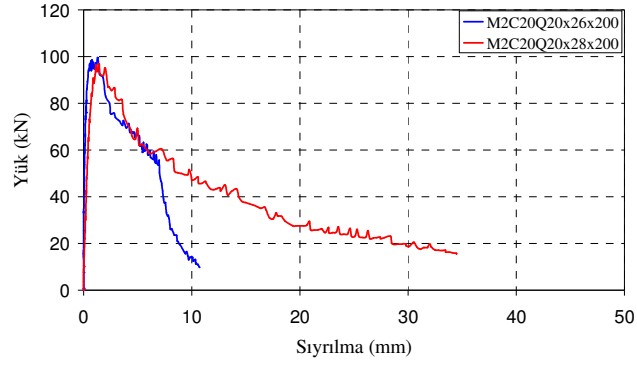
Şekil 5.249, 5.250, 5.251 ve Şekil 5.252’de ise Φ 20 donatılarla yapılmış ankrajlardan elde edilen yük-sıyırılma eğrileri verilmiştir.



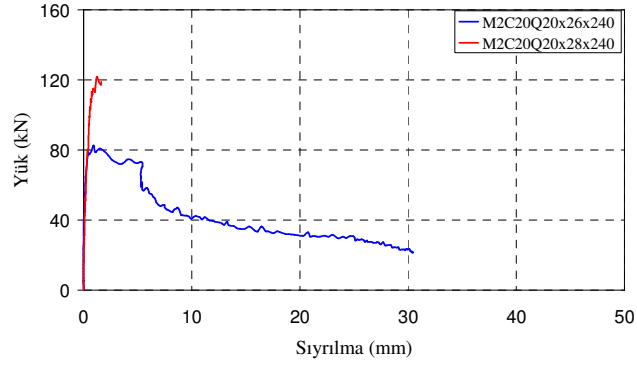
Şekil 5.249 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.250 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.251 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

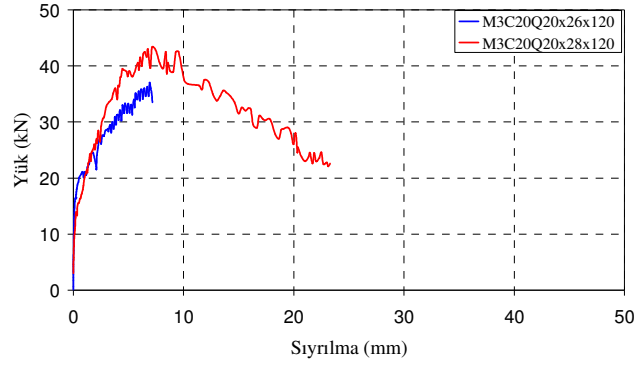


Şekil 5.252 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

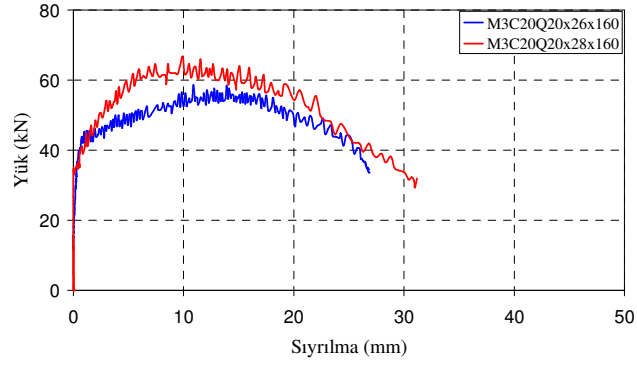
Grafikler incelendiğinde Φ 16 donatı kullanılmış ankrajlardan farklı olarak Φ 20 donatı kullanılmış ankrajlarda ankraj deliği çapının artmasıyla ankraj davranışında anlamlı bir değişimin olmadığı görülmektedir.

5.3.1.3 M3 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

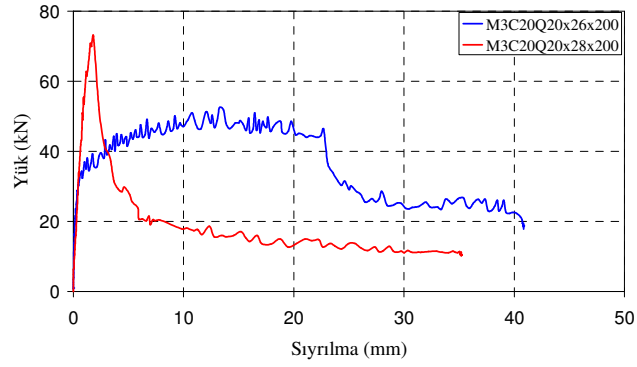
Bu bölümde M3 malzemesi kullanılarak üretilmiş ve tüm değişkenlerin sabit tutularak ankraj deliği çaplarının değiştirildiği 8 adet numune incelenmiştir. Bu numunelerde Φ 20 çapında çelik donatılar ankraj çubuğu olarak kullanılmış, ankraj deliği çapları ise 26 mm ve 28 mm olarak hazırlanmıştır. Şekil 5.253, 5.254, 5.255 ve Şekil 5.256'da bu ankrajlardan elde edilen yük-sıyılma eğrileri verilmiştir.



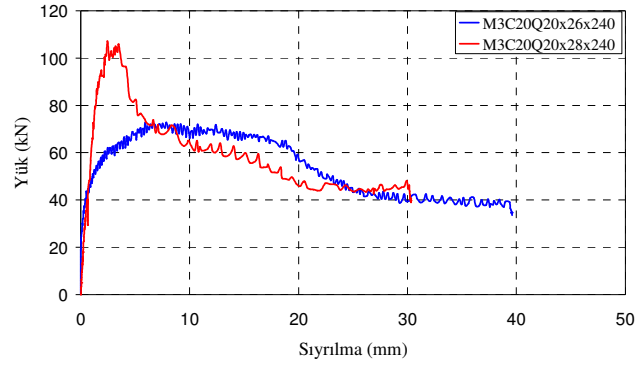
Şekil 5.253 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.254 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.255 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.256 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış 12Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

Grafikler incelendiğinde M1 ve M2 malzemelerinden farklı olarak M3 malzemesi ile üretilen Φ 20 donatı kullanılmış ankrajlarda ankraj deliği çapının artmasıyla ankraj dayanımının arttığı gözlenmektedir. Ayrıca derin ankrajlarda (10Φ ve 12Φ) ankraj davranışının da değiştiği, $\Phi+6$ mm çapındaki ankrajlarda sıyrılma olarak güzlenen göçme tipinin $\Phi+8$ mm çapındaki ankrajlarda sıyrılma ve konik kopma yani kombine olarak gerçekleştiği görülmektedir.

Davranışlar açısından incelendiğinde şu sonuçlar çıkarılabilir. M1 ve M2 malzemeleri ile üretilen tüm ankrajlarda hakim göçme tipi sığ ankrajlarda (Ankraj derinliği : 6Φ) betondan konik kopma şeklinde gerçekleşirken derin ankrajlarda (Ankraj derinliği $> 6\Phi$) ise betondan konik kopma ile sıyrılmanın aynı anda gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme oluşmuştur. Ankraj deliği çapında yapılan değişimden ise ankraj davranışı ve performansı etkilenmemektedir. M3 malzemesinde ise hakim göçme tipi sıyrılma olarak gerçekleşmiştir. Bu ankrajlarda ise ankraj deliği çapının artması ankraj dayanımını artırmıştır. Teorik olarak da sıyrılarak göçen bir ankrajın göçme dayanımı tamamen ankraj donatısıyla yüzey arasında yapıştırıcı malzeme ile sağlanan yapışma ve oluşan sürtünme kuvvetiyle karşılanmaktadır. Ankraj çapının artması sürtünme alanını artıracığı için ankraj dayanımının da artması beklenen bir sonuçtur. Ancak farklı göçme tiplerinde, özellikle betonun konik kopması şeklinde gerçekleşen göçme tiplerinde ankraj çapının artması herhangi bir dayanım artışına neden olmazken davranış üzerinde de etkili olmamaktadır.

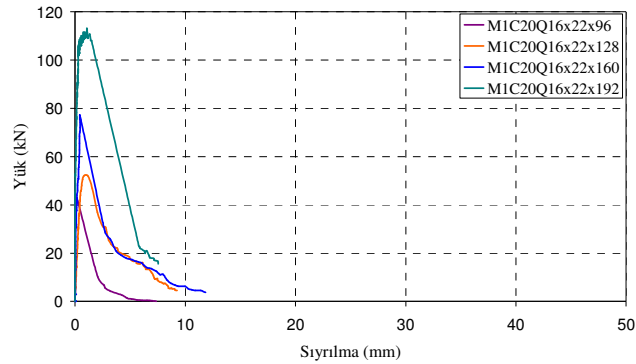
5.3.2 Ankraj Derinliğindeki Değişimin Davranışa Etkisi

Çalışma kapsamında ankraj derinliğinin ankraj davranışı üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi için tüm ankrajlar dört farklı derinlikte uygulanmıştır. Sırası ile 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ olan ankraj derinlikleri hem Φ 16 hem de Φ 20 donatı kullanılan ankrajlarda kullanılmıştır. Bu bölümde sırası ile tüm malzemeler için ankraj derinliğinin ankraj davranışı üzerindeki etkisi incelenecektir.

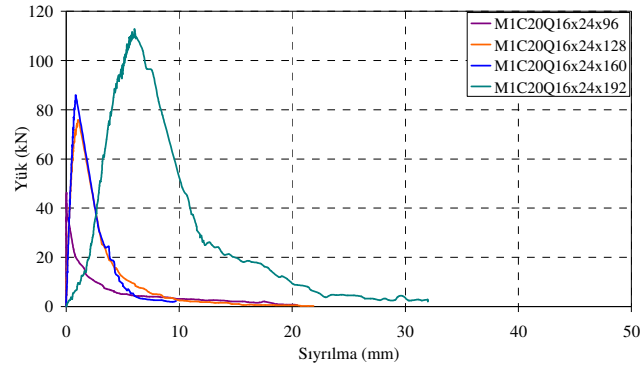
5.3.2.1 M1 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

Bu bölümde M1 malzemesi ile üretilmiş toplam 24 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca derinliği değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir.

Şekil 5.257 ve Şekil 5.258’de Φ 16 donatı kullanılan ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri verilmektedir.



Şekil 5.257 M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ+6 mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

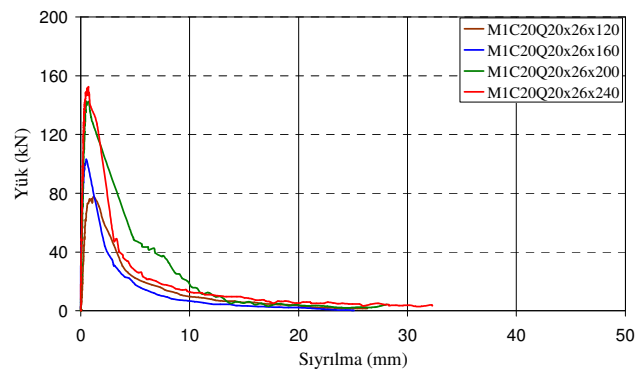


Şekil 5.258 M1 Malzemesi ve Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

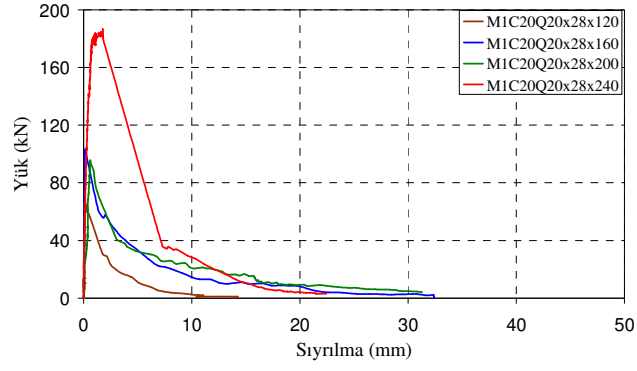
Grafikler incelendiğinde ankraj derinliğinin artmasıyla birlikte ankraj dayanımının da arttığı gözlenmektedir. Bununla birlikte ankraj göçme tipinde de değişme olmaktadır. Sığ ankrajlarda (Ankraj derinliği : 6Φ) betondan konik kopma şeklinde göçme gerçekleşirken derin ankrajlarda betonun konik kopması ve sıyırılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme olmuştur.

M1C20 Φ 16x24x192 ankrajının denenmesi sırasında yerdeğiştirmeölçerin kayması sonucu Şekil 5.258’de görülen yük – sıyırılma eğrisindeki sapma oluşmuştur. Ancak bu sapma göçme yükü değerlerini ve genel davranışı etkilememektedir.

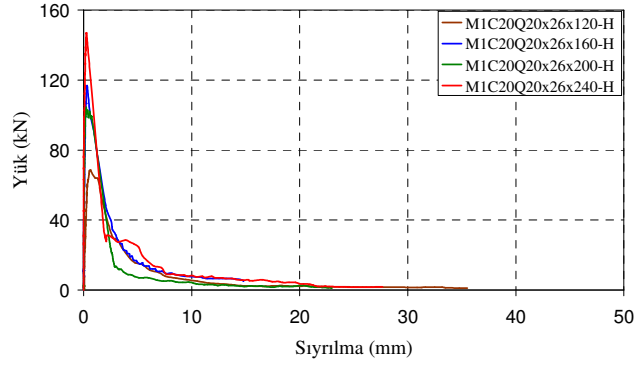
Φ 20 donatı kullanılarak yapılan deneylere ait sonuçlar Şekil 5.259, 5.260, 5.261 ve Şekil 5.262’de verilmektedir.



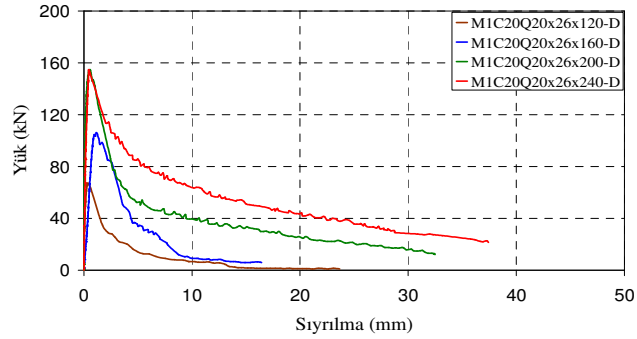
Şekil 5.259 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.260 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.261 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



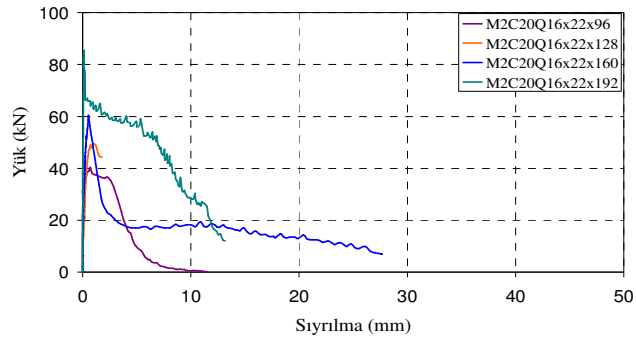
Şekil 5.262 M1 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

Grafikler incelendiğinde $\Phi 20$ donatıların kullanıldığı ankrajlarda da derinlik arttıkça ankraj dayanımının arttığı ve ankraj göçme tipinde de değişme olduğu görülmektedir. Sığ ankrajlarda (Ankraj derinliği : 6Φ) betondan konik kopma şeklinde göçme gerçekleşirken derin ankrajlarda betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme olmuştur.

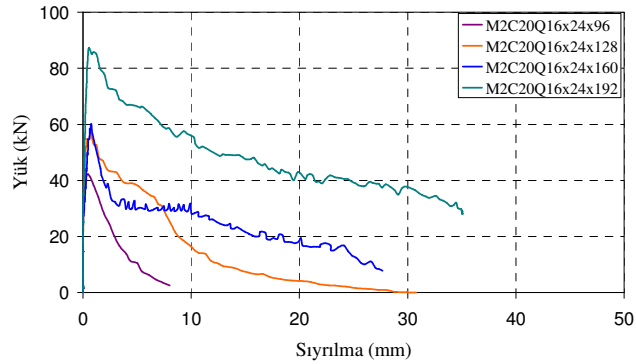
5.3.2.2 M2 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

Bu bölümde M2 malzemesi ile üretilmiş toplam 24 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca derinliği değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir.

Şekil 5.263 ve Şekil 5.264’de $\Phi 16$ donatı kullanılan ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri verilmektedir.



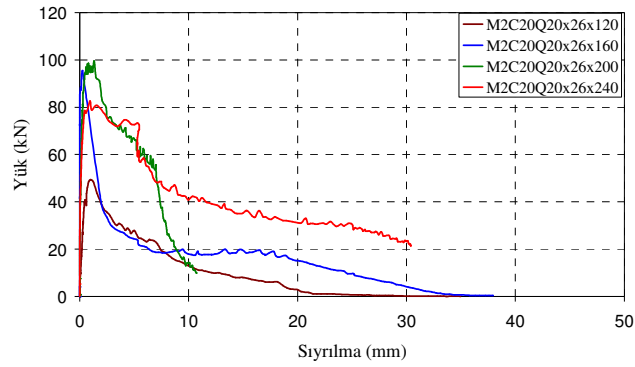
Şekil 5.263 M2 Malzemesi ve $\Phi 16$ Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



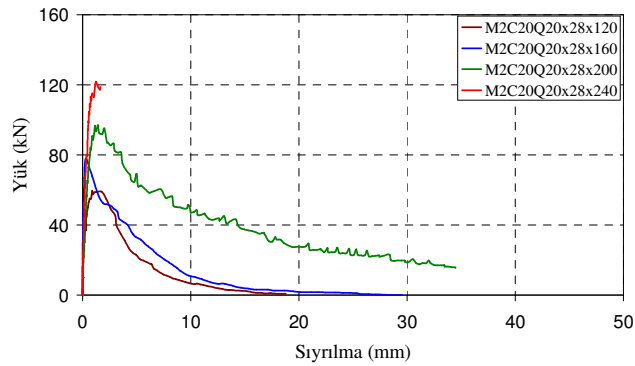
Şekil 5.264 M2 Malzemesi ve $\Phi 16$ Donatı Kullanılmış $\Phi+8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

Grafikler incelendiğinde ankraj dayanımının derinliğe bağlı olarak arttığı anlaşılmaktadır. Yine M1 malzemesinde olduğu gibi burada da derinliğin değişmesi ankraj davranışını değiştirmektedir. Sığ ankrajlarda (Ankraj derinliği : 6Φ) betondan konik kopma şeklinde göçme gerçekleşirken derin ankrajlarda betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme olmuştur.

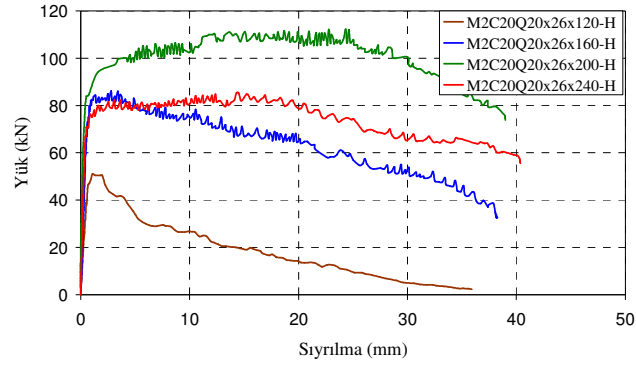
$\Phi 20$ donatı kullanılan ankrajlarla yapılan deneylere ait sonuçlar ise Şekil 5.265, 5.266, 5.267 ve Şekil 5.268’de verilmektedir.



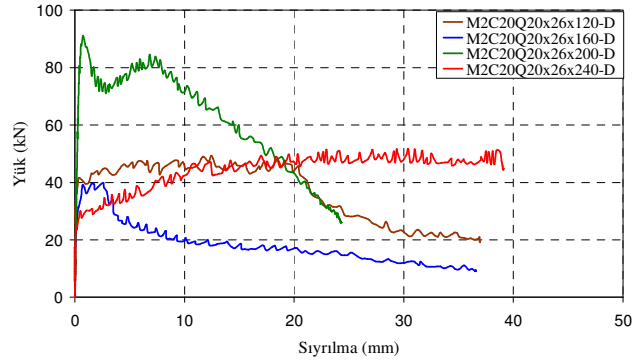
Şekil 5.265 M2 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.266 M2 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.267 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



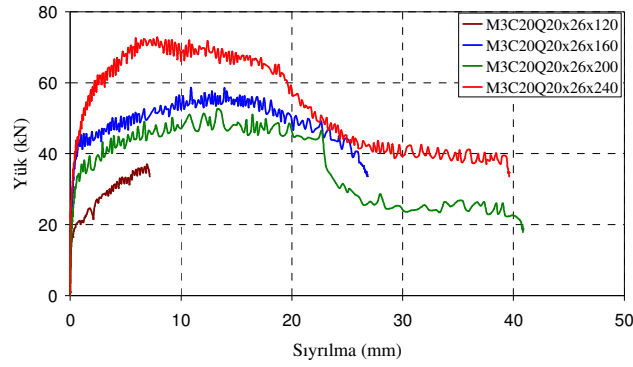
Şekil 5.268 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

Grafikler incelendiğinde tam temizlenmiş ankrajlarda derinliğin artmasıyla birlikte ankraj dayanımının da arttığı görülmektedir. Ancak bu artış doğrusal olmamakla beraber 12 Φ derinliğindeki ankrajlarda 10 Φ derinliğindeki ankrajlara göre göçme yükünde düşüşler gözlenmiştir. Nemli ve eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda ise bu düşüş daha çarpıcı olarak görülmektedir. Teorik olarak bu düşüş beklenmezken deney kayıtları incelenmiş ve deney sırasında gözlenmiş herhangi bir hata kaydına rastlanmamıştır. Ankraj davranışları incelendiğinde isederinliğin değişmesiyle birlikte göçme tiplerinde de değişim olduğu görülmüştür. Sığ ankrajlarda (Ankraj derinliği : 6 Φ) betonun konik kopma şeklinde göçme gerçekleşirken derin ankrajlarda betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme olmuştur.

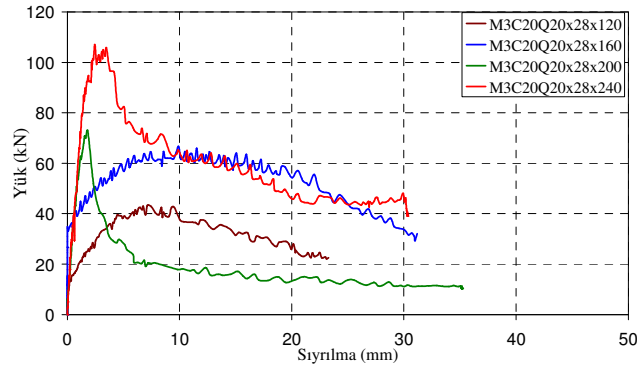
5.3.2.3 M3 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

Bu bölümde M3 malzemesi ile üretilmiş toplam 16 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca derinliği değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir.

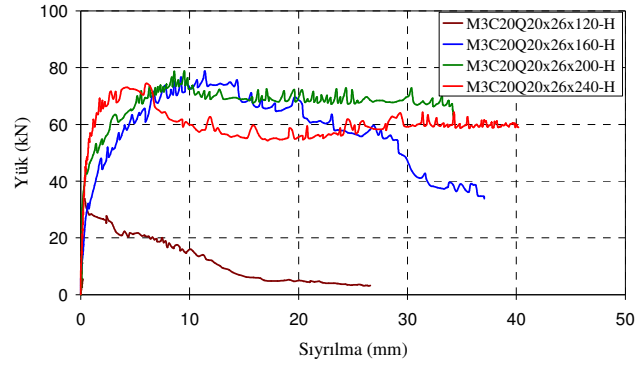
Şekil 5.269, 5.270, 5.271 ve Şekil 5.272’de $\Phi 20$ donatı kullanılan ankrajlarla yapılan deneylere ait yük – sıyrılma eğrileri verilmiştir.



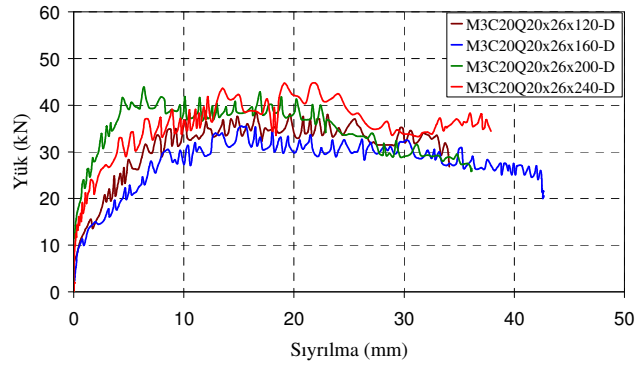
Şekil 5.269 M3 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +6$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.270 M3 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +8$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.271 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Nemli Yüzeyli Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

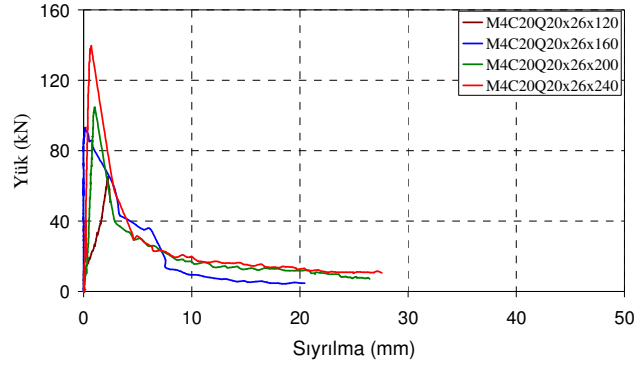


Şekil 5.272 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

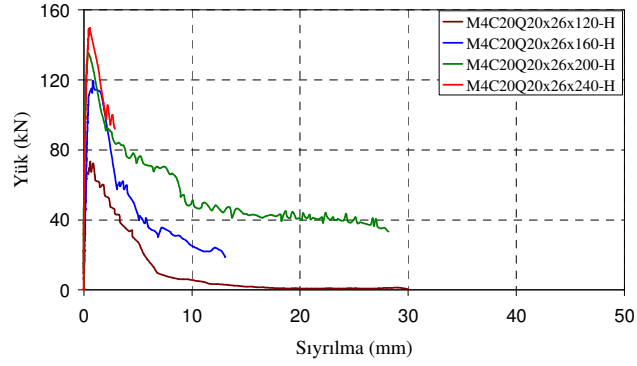
Grafikler incelendiğinde tam temizlenmiş yüzeylere sahip ankrajlarda göçme yükü derinliğe bağlı olarak artarken nemli yüzeyli ve eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda ise anlamlı bir artış olmadığı ve göçme yüklerinin birbirine çok yakın gerçekleştiği görülmektedir. Göçme tiplerinde ise herhangi bir farklılık oluşmamış ve tüm ankrajlarda göçme tipi olarak sıyılma gözlenmiştir.

5.3.2.4 M4 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

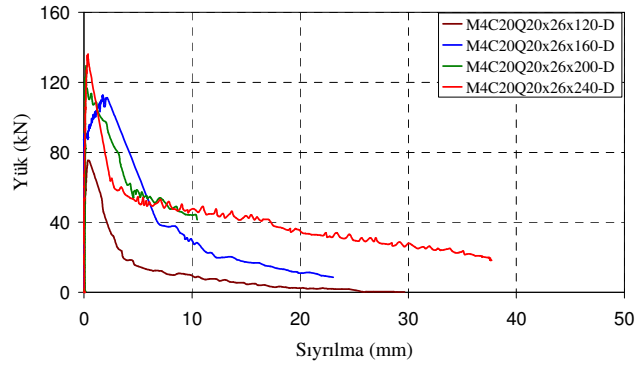
Bu bölümde M4 malzemesi ile üretilmiş toplam 12 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca derinliği değişen ankrajlara ait yük – sıyılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir. Şekil 5.273, Şekil 5.274 ve Şekil 5.275’de M4 malzemesi ile üretilmiş ankrajlara ait yük – sıyılma eğrileri verilmektedir.



Şekil 5.273 M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.274 M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Nemli Yüzeyle Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

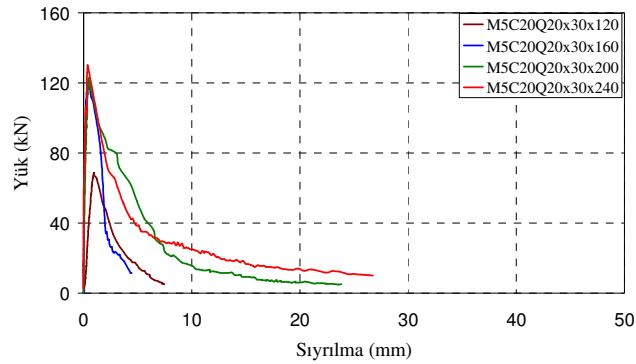


Şekil 5.275 M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapındaki Eksik Temizlenmiş Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

Grafiklerden anlaşılabacağı üzere ankraj derinliğinin artmasıyla birlikte ankraj dayanımı da artmaktadır. Bununla birlikte ankraj göçme tipinde de değişme olmaktadır. Sığ ankrajlarda (Ankraj derinliği : 6Φ) betondan konik kopma şeklinde göçme gerçekleşirken derin ankrajlarda betonun konik kopması ve sıyrılmanın eşzamanlı gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme olmuştur.

5.3.2.5 M5 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

Bu bölümde M5 malzemesi ile üretilmiş toplam 4 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca derinliği değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir. Şekil 5.276’da M5 malzemesi ile üretilmiş ankrajlara ait yük – sıyrılma eğrisi verilmiştir.



Şekil 5.276 M5 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış $\Phi+10$ mm Çapındaki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

Grafik incelendiğinde 120 mm derinliğindeki ankrajın göçme yükü 80 kN’un altında kalırken 160, 200 ve 240 mm derinliğindeki ankrajlarda 120 kN civarında birbirine çok yakın değerler almıştır. 120 mm derinliğindeki M5C20 Φ 20x30x120 isimli numunede betonun konik kopması şeklinde bir göçme tipi gözlenirken diğer derinliklerdeki numunelerde betonun yarılmaması şeklinde göçme gerçekleşmiştir. Ankraj çapının 30 mm oluşu ve bu ankrajların serbest kenarlara yakın oluşları bu göçme tipinin oluşmasında etkili olmuştur.

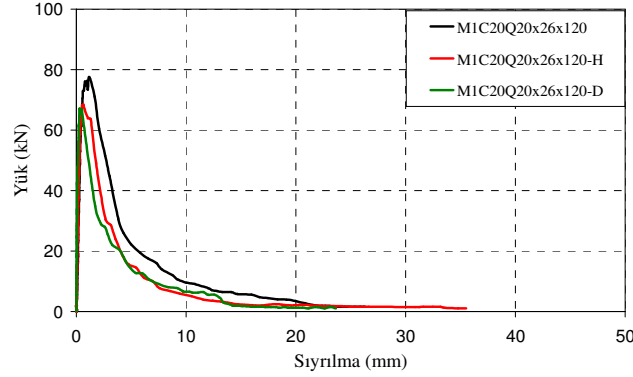
5.3.3 Yüzey Hazırlığındaki Değişimin Davranışa Etkisi

Çalışma kapsamında yüzey hazırlığının ankraj davranışı üzerindeki etkisinin gözlenebilmesi için M1, M2, M3 ve M4 malzemesinin ve Φ 20 donatıların

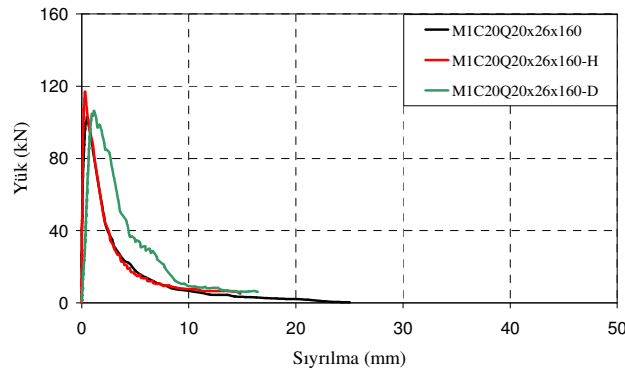
kullanıldığı ankrajlarda ankraj çapı $\Phi+6$ mm olarak sabit tutularak farklı derinliklere sahip ankrajlarda tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş ve nemli olmak üzere üç farklı yüzey hazırlığı yapılmıştır. Bu bölümde sırası ile tüm malzemeler için yüzey hazırlığının ankraj davranışı üzerindeki etkisi incelenecektir.

5.3.3.1 M1 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

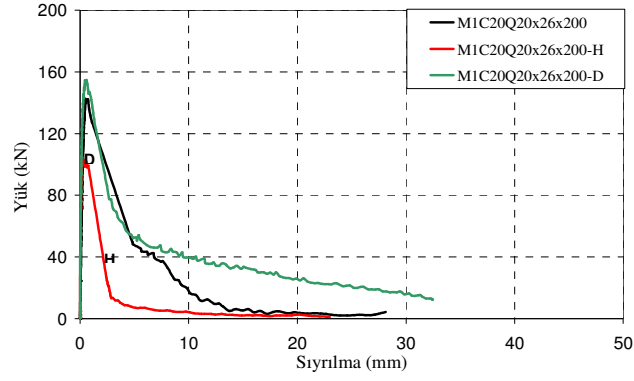
Bu bölümde M1 malzemesi ile üretilmiş ve $\Phi 20$ donatıların kullanıldığı $\Phi+6$ mm çapında 12 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca yüzey hazırlık tipi değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir. Şekil 5.277, 5.278, 5.279 ve Şekil 5.280’de M1 malzemesi ve $\Phi 20$ donatı kullanılarak üretilen ankrajların deneylerine ait yük – sıyrılma eğrileri verilmiştir.



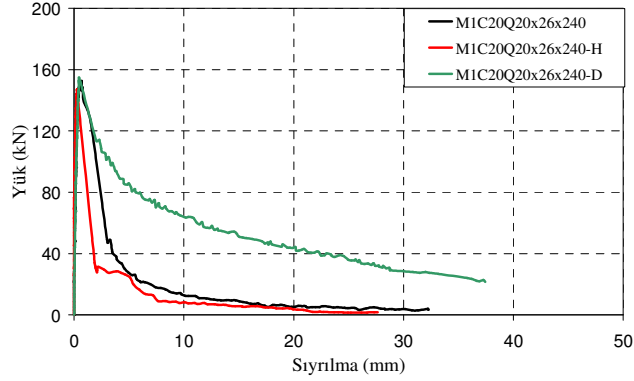
Şekil 5.277 M1 Malzemesi Ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.278 M1 Malzemesi Ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi+6$ mm Çapında ve 8Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.279 M1 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

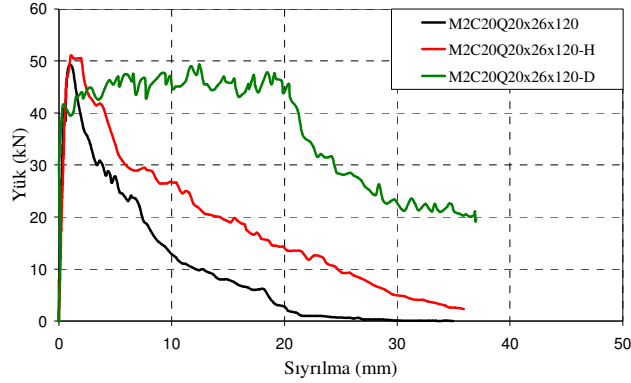


Şekil 5.280 M1 Malzemesi Ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

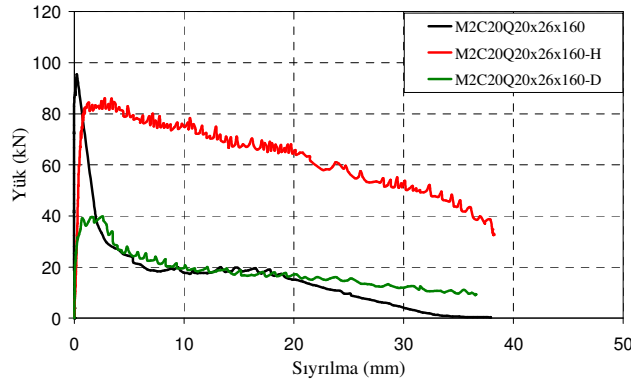
Grafikler incelendiğinde yüzey hazırlığındaki değişimin performans ve davranış üzerinde etkili olmadığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre M1 malzemesinin nemli yüzeylerde de yapışma performansının yüksek olduğu söylenebilir. Geleneksel olarak epoksi esaslı yapıştırıcı malzemelerin nem toleransları olmamakla beraber nem ortamlarda kürlenmeleri de zorlaşır. Ancak M1 malzemesinin gösterdiği performansa bakılarak nemli yüzeylerde de kullanımının uygun olduğu sonucuna varılabilir. Yine grafikler incelendiğinde eksik temizlenmiş yüzeylere sahip ankrajlarda da M1 malzemesinin performansının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu davranış ise malzemenin beton yüzeyleri yeterince ıslatabildiği varsayımıyla açıklanabilir. Böylece beton yüzeyinde temizliğin tam yapılmaması sonucunda kısmen daha zayıf olan en dış yüzeyi geçerek içerdeki sağlam beton yüzeyine ulaştığını ve yeterli yapışmayı sağladığı anlaşılr.

5.3.3.2 M2 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

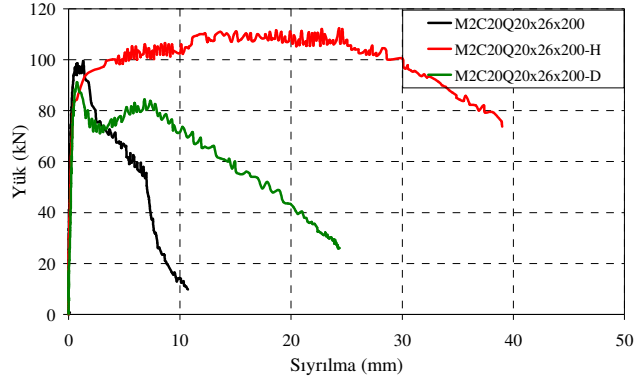
Bu bölümde M2 malzemesi ile üretilmiş ve $\Phi 20$ donatıların kullanıldığı $\Phi +6$ mm çapında 12 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca yüzey hazırlık tipi değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir.



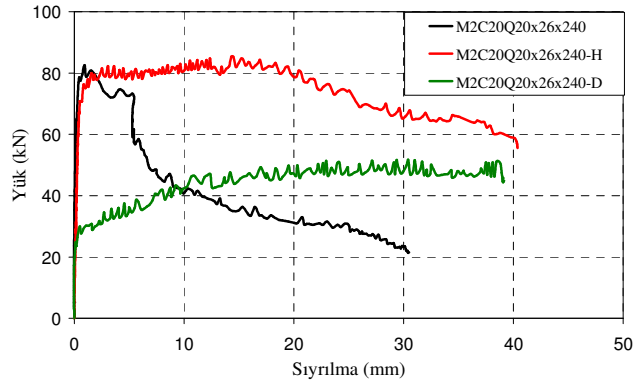
Şekil 5.281 M2 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +6$ mm Çapında ve 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.282 M2 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +6$ mm Çapında ve 8Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.283 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.284 M2 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

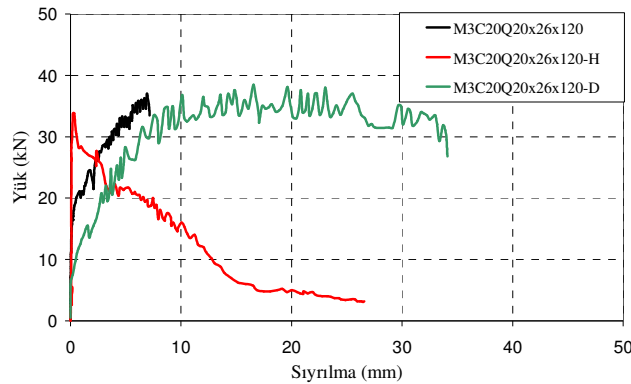
Şekil 5.2815 incelendiğinde 120 mm derinliğindeki tam temizlenmiş yüzeyli ankraj ile nemli yüzeyli ankrajda göçme betonun konik kopması ve sıyırılmanın birlikte olduğu kombine tipi şeklinde gerçekleşirken eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajda sıyırılma şeklinde göçme olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara bakılarak 120 mm derinliğindeki eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda M2 malzemesi ile beton yüzey arasında yeterli yapışmanın sağlanamaması nedeniyle sıyırılmanın olduğu söylenebilir.

Şekil 5.282, Şekil 5.283 ve Şekil 5.284 incelendiğinde 120 mm derinliğindeki ankrajlardan farklı olarak 160 mm, 200 mm ve 240 mm derinliğindeki ankrajlarda yüzey hazırlığının etkisi daha açık şekilde görülmektedir. Tam temizlenmiş yüzeyli ve nemli yüzeyli ankrajlarda benzer performans değerleri elde edilirken davranışta ciddi farklılıklar gözlenmiştir. Tam temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda betonun konik

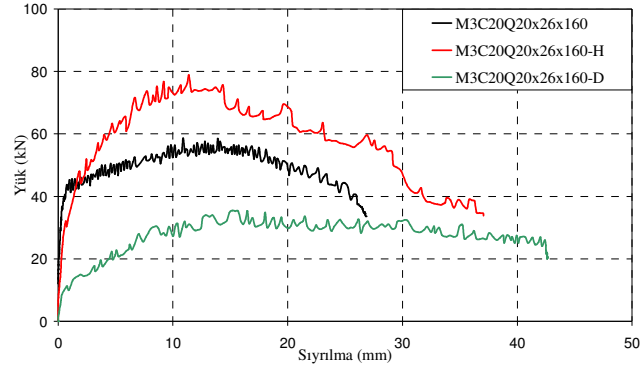
kopması ve sıyrılmanın bir arada görüldüğü kombine şeklinde göçme gerçekleşirken nemli yüzeyli ankrajlarda göçme tipinde sıyrılma hakim olmaktadır. Eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda ise nemli yüzeyli ankrajlarda olduğu gibi göçme tipi sıyrılma olarak gerçekleşmiştir. Bu nedenle malzemenin beton yüzeylerde yeterli yapışmayı sağlayamadığı anlaşılmaktadır. Davranışdaki bu farklılığın bir kısmı M2 malzemesinin kimyasal ve fiziksel özellikleri ile açıklanabilir. M2 malzemesi M1, M4 ve M5 malzemelerine göre daha kuru kıvamda olup çok hızlı sertleşmektedir. Çok hızlı sertleşmesinin getirdiği olumsuzluklardan biri beton yüzeyini yeteri kadar ıslatmaya fırsat bulamadan sertleşmesi ve yüzeye yeteri kadar kenetlenememesidir. Bu tarzda çok hızlı sertleşen ankraj malzemeleri yüzeylere çok iyi aderans sağlayamazlar. Özellikle iyi temizlenmemiş yüzeylerde bu etki daha da net görülür. Nemli yüzeyli ankrajlarda ise performans değerleri oldukça iyi çıkmıştır. Burada etkin olan faktör ise yüzeylerdeki ıslaklıktır. Yüzeydeki nem ankraj malzemesinin sertleşmesini yavaşlatarak yüzeyleri daha iyi ıslatabilmesini sağlamıştır. Böylelikle nemli yüzeyli ankrajlarda daha uzun süre ıslatılmış yüzeylere yapışma da daha iyi sağlanacağından performans değerleri kuru yüzeyli ankrajlara göre daha yüksek çıkmıştır.

5.3.3.3 M3 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

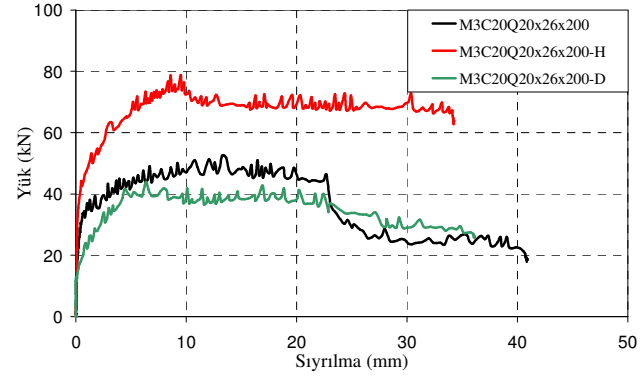
Bu bölümde M3 malzemesi ile üretilmiş ve $\Phi 20$ donatıların kullanıldığı $\Phi +6$ mm çapında 12 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca yüzey hazırlık tipi değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir.



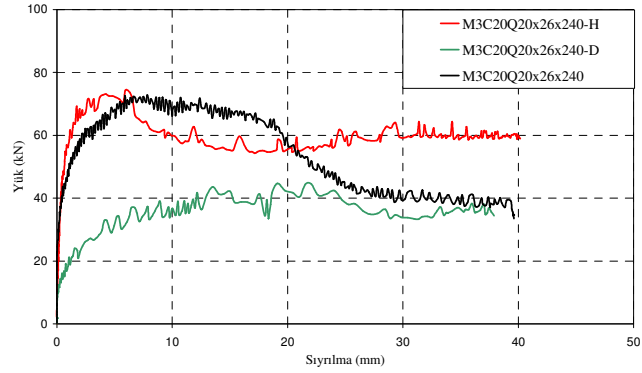
Şekil 5.285 M3 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +6$ mm Çapında ve 6Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.286 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi



Şekil 5.287 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

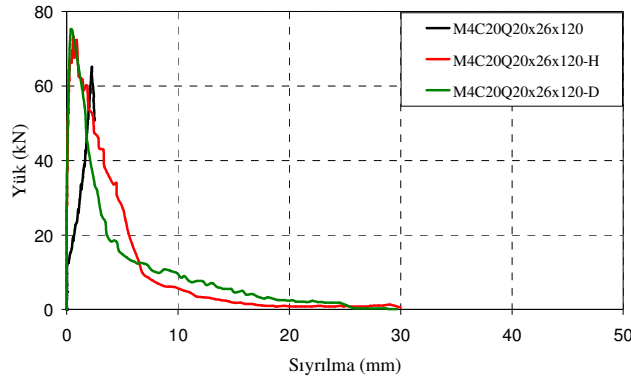


Şekil 5.288 M3 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

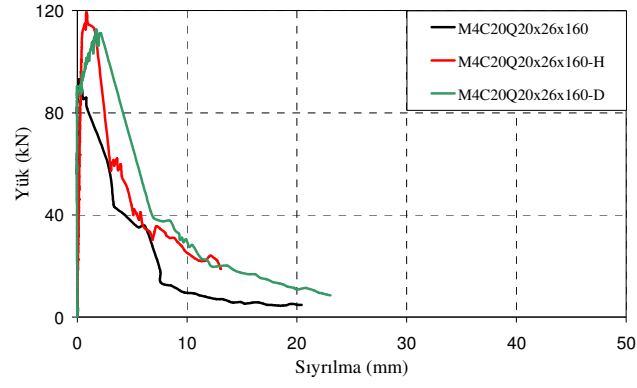
Grafikler incelendiğinde M2 malzemesi ile üretilmiş ankrajlara benzer bir davranış görülmektedir. 120 mm derinliğindeki nemli yüzeyli ankrajda yapıştırıcı ile beton yüzey arasında yeterli yapışma kuvveti elde edildiği için betonun konik kopması şeklinde bir göçme gerçekleşmiştir. Tam temizlenmiş ve eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda ise yeterli yapışma sağlanamadığından sıyrılma şeklinde göçme oluşmuştur. Daha derin ankrajlarda ise M2 malzemesi ile elde edilen sonuçlara benzer olarak nemli yüzeyli ankrajlarda en yüksek performans elde edilirken eksik temizlenmiş yüzeyli ankrajlarda yaklaşık yarı yarıya dayanım kaybı gözlenmiştir. M3 malzemesi de M2 malzemesi gibi daha kuru kıvamda olan ve hızlı sertleşen bir yapıştırıcıdır. Malzeme nemli yüzeylerde sertleşme süresi uzadığı için yüzeyi daha uzun süre ıslatabilmiş ve böylece daha yüksek yapışma sağlayabilmiştir. Eksik temizlenmiş yüzeylerde ise hızlı sertleşmenin ve kuru kıvamın getirdiği olumsuzluklar nedeniyle sağlam beton yüzeylere yeteri kadar ulaşamamış ve yeterli yapışma sağlanamamıştır. Böylece ankraj performansları ciddi oranlarda azalmıştır.

5.3.3.4 M4 Malzemesi ile Üretilmiş Ankrajlar

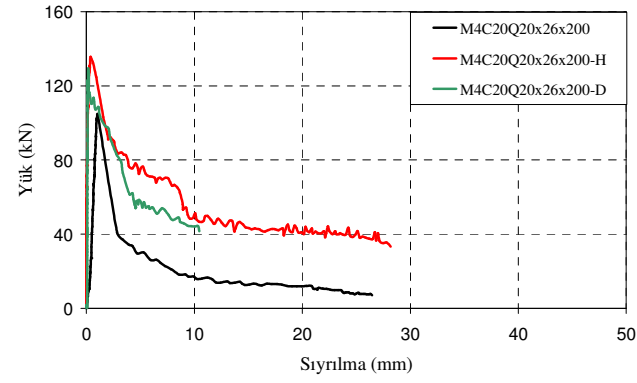
Bu bölümde M4 malzemesi ile üretilmiş ve $\Phi 20$ donatıların kullanıldığı $\Phi +6$ mm çapında 12 adet ankraja ait sonuçlar incelenecektir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulurken yalnızca yüzey hazırlık tipi değişen ankrajlara ait yük – sıyrılma grafikleri üzerinde davranış irdelenecektir.



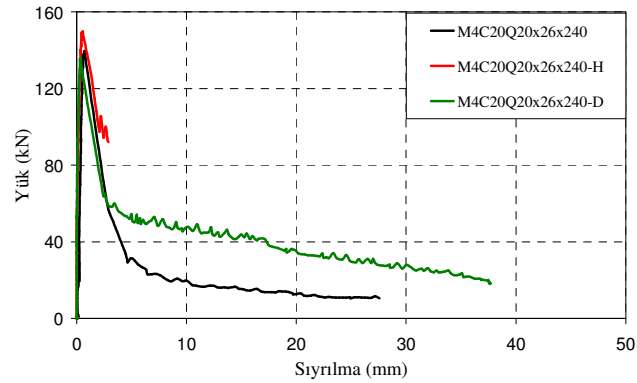
Şekil 5.289 M4 Malzemesi ve $\Phi 20$ Donatı Kullanılmış $\Phi +6$ mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.290 M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.291 M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.292 M4 Malzemesi ve Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

M4 malzemesi de fiziksel yapı olarak M1 malzemesinden farklı olmasına karşın benzer performansları göstermiştir. Malzemenin sahip olduğu yüksek nem toleransı özelliği deneyler sırasında etkisini göstermiş ve nemli yüzeyli ankrajlarda da oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Grafikler incelendiğinde yüzey hazırlık yönteminin ankraj performansı ve ankraj davranışı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir. Sığ ankrajlar (Ankraj derinliği: 6Φ) betonun konik kopması şeklinde göçerken, derin ankrajlarda (Ankraj derinliği $>6\Phi$) betonun konik kopması ve sıyrılmanın bir arada gerçekleştiği kombine tipi şeklinde göçme gözlenmiştir. Diğer malzemelere kıyasla göçme genellikle daha gevrek gerçekleşmiş, yani yük boşalması çok hızlı olmuştur. Bunun da M4 malzemesinin yüzeylere mükemmel aderans sağladığının bir göstergesi olduğu söylenebilir.

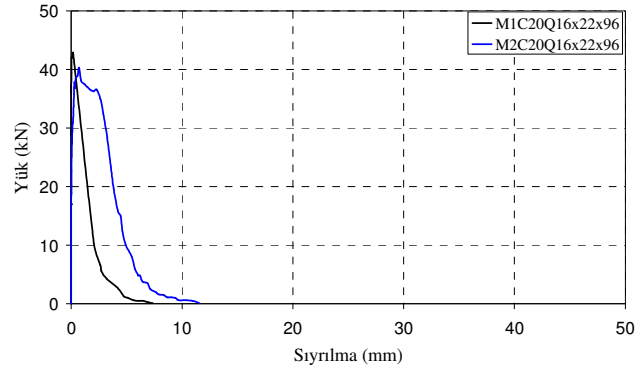
Sonuçlar incelendiğinde yüzey hazırlığının ankraj davranışı ve performansı üzerindeki etkisinin esas olarak kullanılan yapıştırıcı malzemenin özelliklerine bağlı olarak değiştiği sölenebilir. M1 ve M4 malzemesinde yüzey hazırlığı ankraj davranışı ve performansı üzerinde etkili değilken M2 ve M3 malzemelerinin davranışlarında ve performanslarında ciddi değişikliklere neden olmaktadır. Kimyasal yapıştırıcıdan bağımsız olarak yüzey hazırlığının ankraj davranışı üzerinde yapacağı etkinin genelleştirilmesi doğru olmayan yargılara neden olacaktır. Bu nedenle yüzey hazırlığının ankraj davranışı üzerindeki etkisi tartışılırken kullanılan yapıştırıcının da özellikleri muhakkak göz önünde bulundurulmalıdır.

5.3.4 Ankraj Malzemesindeki Değişimin Davranışa Etkisi

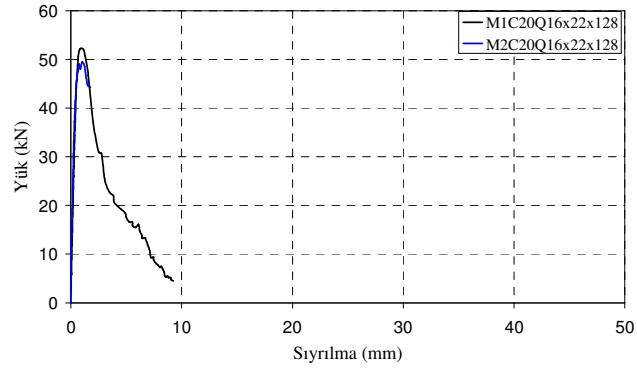
Çalışma kapsamında ankraj malzemesinin ankraj davranışı üzerindeki etkisinin gözlenebilmesi için $\Phi 20$ donatılarının kullanıldığı $\Phi +8$ mm ve $\Phi +10$ mm çapında tam temizlenmiş ankrajlarda M1, M2, M3, M4 ve M5 malzemeleri kullanılmıştır. Bu bölümde sırası ile $\Phi 16$ ve $\Phi 20$ donatıları için ankraj malzemesinin ankraj davranışı üzerindeki etkisi incelenecektir.

5.3.4.1 $\Phi 16$ Donatı ile Yapılan Ankrajlar

Bu bölümde $\Phi 16$ ile yapılmış, M1 ve M2 malzemelerinin kullanıldığı 16 adet ankraja ait sonuçlar verilmiştir.

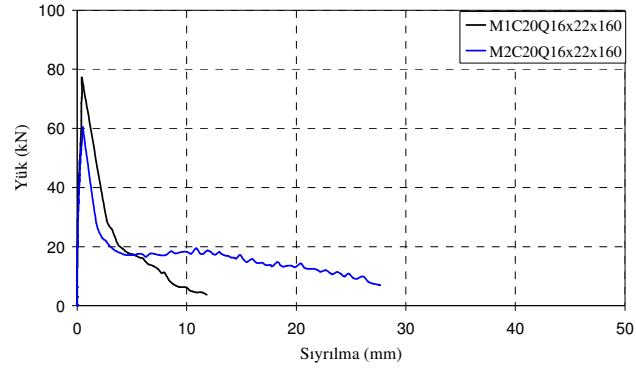


Şekil 5.293 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

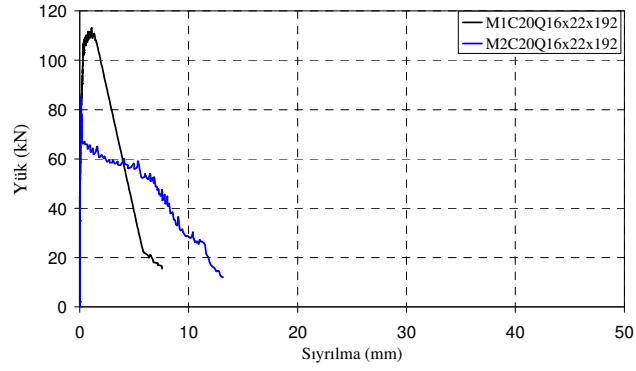


Şekil 5.294 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

Şekil 5.293 ve Şekil 5.294 incelendiğinde Φ 16 donatı kullanılarak yapılan ankrajlarda M1 malzemesi ve M2 malzemesi arasında performans ve davranış açısından net bir farklılık gözlenmemektedir. Ankraj derinliklerinin az olması göçme tipinin konik kopma şeklinde gerçekleşmesine neden olurken malzemeler arasında olabilecek farklılıkların da belirlenememesine neden olmuştur.

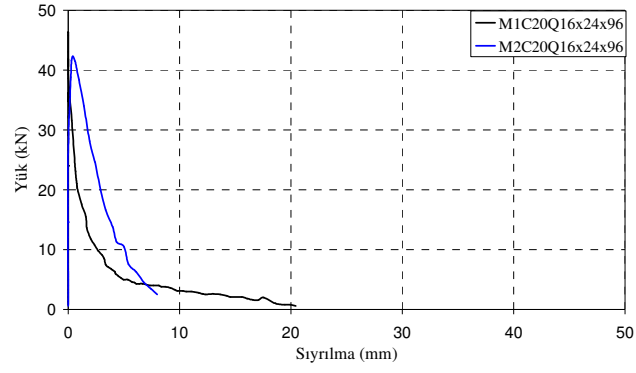


Şekil 5.295 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

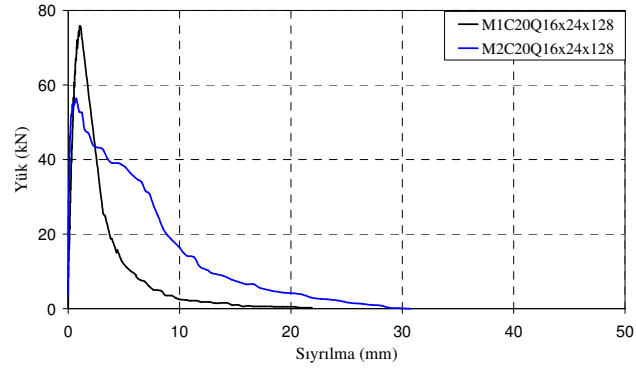


Şekil 5.296 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyılma Eğrisi

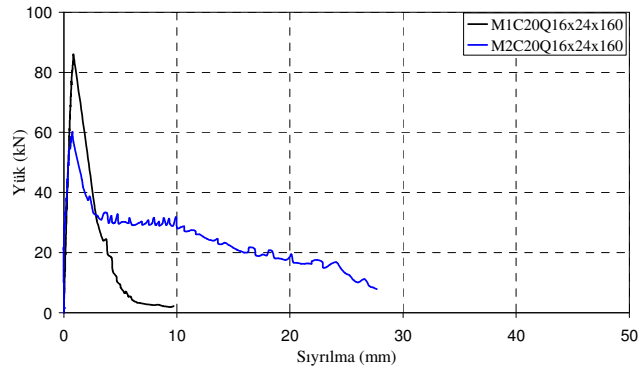
Şekil 5.295 ve Şekil 5.296 incelendiğinde ise ankraj derinliğinin artmasıyla birlikte performanslarda ve davranışlarda farklılaşma göze çarpmaktadır. M1 malzemesi ile üretilen ankrajların performansı daha yüksek iken göçme tipi ise sığ ankrajlarda betonun konik kopması, derin ankrajlarda ise betonun konik kopması ve sıyırılmanın birlikte olduğu kombine tipi şeklinde gerçekleşmektedir. M2 malzemesinde de derinliğe bağlı olarak göçme tipi konik kopmadan, sıyırılma ve konik kopmanın birlikte görüldüğü kombine tipe doğru değişmekte ancak göçme üzerinde sıyırılma daha hakim olmaktadır.



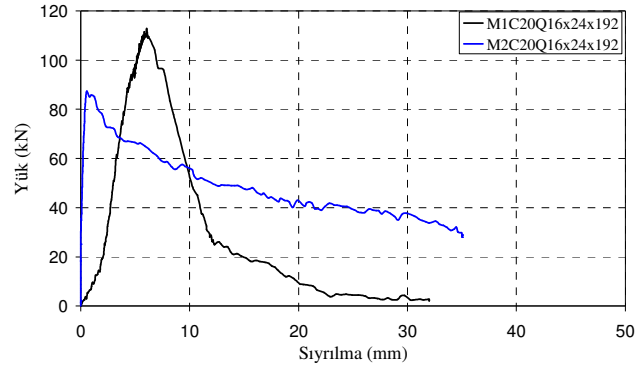
Şekil 5.297 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.298 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.299 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

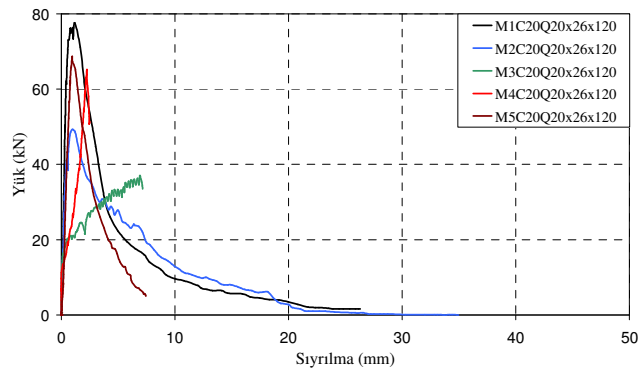


Şekil 5.300 Φ 16 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi

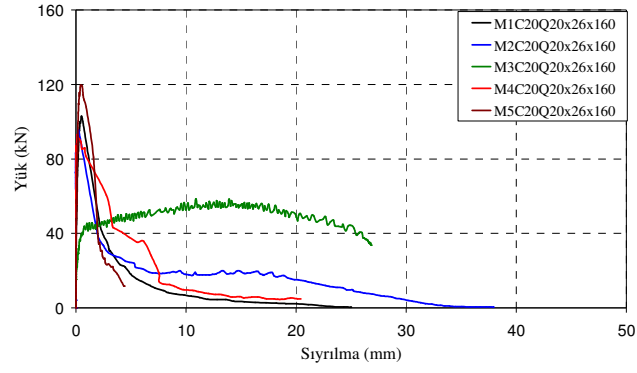
Şekil 5.297, 5.298, 5.299 ve Şekil 5.300 incelendiğinde iki malzeme arasındaki farklılıkların 22 mm çapındaki ankrajlara benzer şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Ankraj derinliği arttıkça performanslar ve davranışlar farklılaşmakta, M1 malzemesinin performansı daha yüksek çıkmaktadır. M2 malzemesinde ise derinlik arttıkça sıyrılma etkisi göçme tipinde etkili olurken performans da M1 malzemesine göre geride kalmaktadır.

5.3.4.2 Φ 20 Donatı ile Yapılan Ankrajlar

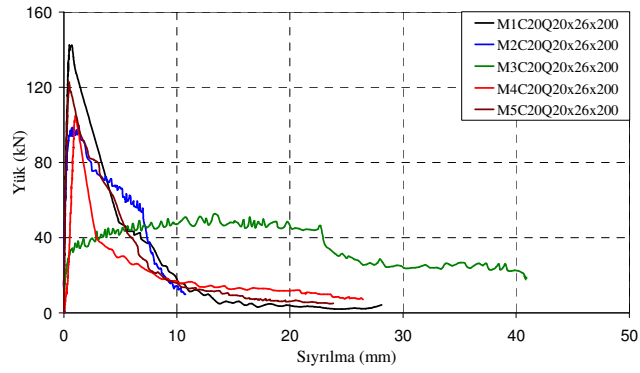
Bu bölümde Φ 20 ile yapılmış M1, M2, M3, M4, M5 malzemelerinin kullanıldığı 64 adet ankraja ait sonuçlar verilmiştir.



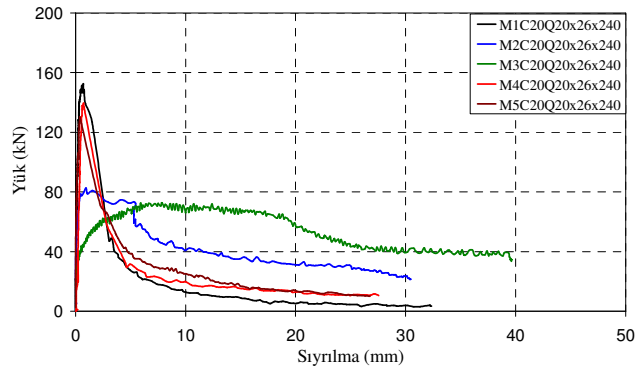
Şekil 5.301 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.302 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

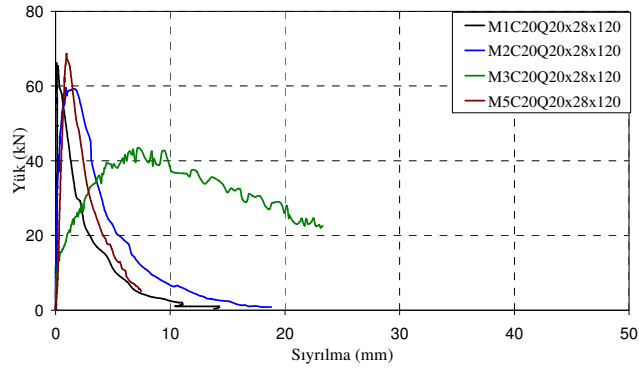


Şekil 5.303 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

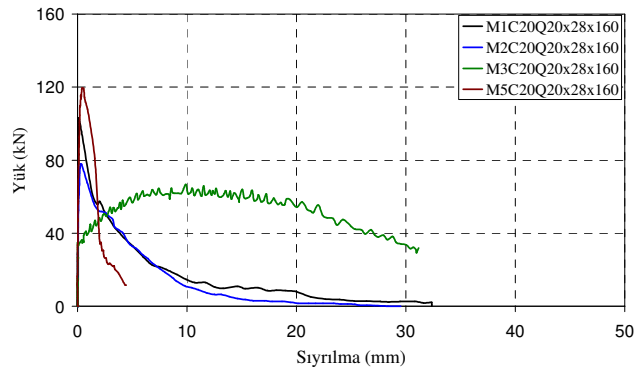


Şekil 5.304 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +6 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

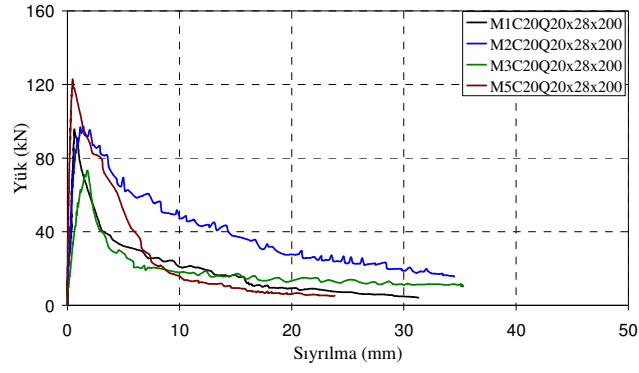
Şekil 5.301, 5.302, 5.303 ve Şekil 5.304 incelendiğinde malzemeler arasındaki performans ve davranış farkı belirgin biçimde görülmektedir. M1, M4 ve M5 malzemeleri benzer davranışlara ve performans değerlerine sahipken M2 ve M3 malzemeleri farklılıklar göstermektedir. M1, M4 ve M5 malzemelerinde göçme tipinde betonun konik kopması hakimken M2 malzemesinde sıyrılma ve betonun konik kopması bir arada gözlenmektedir. M3 malzemesinde ise sıyrılma tipi göçme gözlenmekte ve performans M1, M4 ve M5 malzemelerine oranla yaklaşık olarak yarı yarıya daha düşük gerçekleşmektedir.



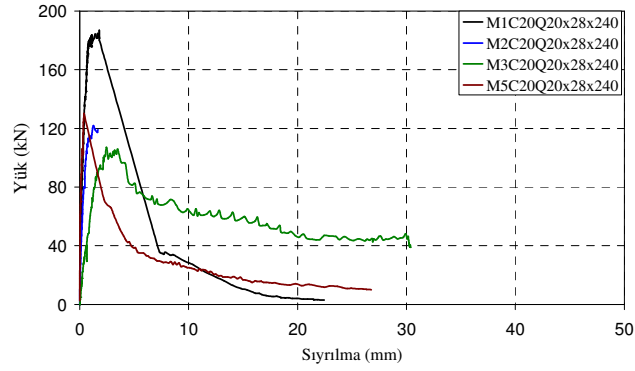
Şekil 5.305 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 6 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.306 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 8 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyrılma Eğrisi



Şekil 5.307 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 10 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi



Şekil 5.308 Φ 20 Donatı Kullanılmış Φ +8 mm Çapında ve 12 Φ Derinliğindeki Ankrajlara Ait Yük - Sıyırılma Eğrisi

Φ +8 mm genişliğindeki ankrajlarda da Φ +6 mm genişliğindeki ankrajlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. M2 ve M3 malzemeleri diğer malzemelere oranla daha farklı davranış göstermiş, özellikle M3 malzemesi ciddi performans farklılıkları göstermiştir. Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklar deney sonuçlarını da ciddi boyutlarda etkilemiştir. Malzemelerin ankraj yüzeyini yeteri kadar ıslatabilmeleri reçine tiplerine, kıvamlarına ve sertleşme sürelerine doğrudan bağlı olduğu için bu faktörlerin değişmesiyle birlikte ankraj davranışı ve performansı ciddi değişiklikler göstermiştir.

6. SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmada; beş farklı kimyasal yapıştırıcı kullanılarak farklı ankraj çaplarında, farklı derinliklerde, farklı donatı çaplarında ve farklı yüzey hazırlığı yöntemleri kullanılmış seksen adet ankraj imalatı yapılmış ve bu ankrajların eksenel çekme yükleri altındaki davranışları incelenmiştir. Ankrajların yapıldığı beton plakların dökümünde mevcut yapı stoğunu temsil edebilmek amacıyla 16 MPa karakteristik basınç dayanımına sahip beton kullanılmıştır. Çalışmada esas olarak

- Ankraj deliği çapı (Φ +6mm, Φ +8mm),
- Ankraj derinliği (6 Φ , 8 Φ , 10 Φ , 12 Φ),
- Ankraj yüzey hazırlığı (Tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş, nemli),
- Ankraj malzemesi (M1, M2, M3, M4, M5 yapıştırıcıları),

olmak üzere toplam dört adet değişkenin ankraj davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen deney sonuçları yukarıda verilen dört değişkene göre ayrı ayrı karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Ankraj deliği çapındaki değişim diğer değişkenlere de bağlı olarak ankraj davranışını farklı yönlerde etkilemektedir. Ankraj göçme tipine bağlı olarak ankraj deliği çapındaki değişim ankraj davranışını etkilemektedir. Beton ile yapıştırıcı arasında yapışmanın kaybolduğu ve sıyrılma şeklinde göçen ankrajlarda ankraj deliği çapının artması ankraj dayanımının da artmasına neden olmaktadır. Beton yüzeyden sıyrılarak göçen ankrajlarda ankraj dayanımını yapıştırıcı ile beton yüzey arasındaki mekanik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü belirlemektedir. Ankraj deliği çapının artması gibi sürtünme yüzey alanının artmasına neden olacak herhangi bir değişim ankraj dayanımını da artıracaktır. Ankraj deliği çapının artırılması derin ankrajlarda (derinlik>10 Φ) ankraj davranışı üzerinde de sınırlı bir etki gösterebilmektedir. Sıyrılma şeklinde göçme tipi olan ankrajlarda ankraj

deliği çapındaki artış göçme tipinin betonun konik kopması ve sıyrılmanın birlikte olduğu kombine göçme şekline doğru dönüşmesine neden olmaktadır. Bu değişim de yüzey alanının artmasına bağlı olarak artan sürtünme kuvvetinin betonun çekme dayanımını kısmen de olsa aşıarak betonu konik kopmaya zorlaması ile açıklanabilir. Beton ile mkemmел yapışıma sağlayan yapıştırıcılarda ise ankraj deliği çapındaki değişim ankraj davranışı üzerinde belirgin bir etki göstermemektedir. Ankraj deliği çapının değişmesi bazı ankrajlarda dayanımın azalmasına, bazı ankrajlarda artmasına neden olurken bazı ankrajlarda ise herhangi bir değişmeye yol amamaktadır.

- Ankraj derinliğindeki değişim ankraj davranışını doğrudan etkilemektedir. Farklı değişkenlere bağlı olarak ankraj derinliğinin etkisi de farklılaşmaktadır. Beton yüzeyle yeterli yapışıma dayanımına sahip olmayan malzemelerle yapılan ankrajlarda ankraj derinliğinin artması ankraj dayanımını artırmaktadır. Teorik olarak da bu değişim beklenen bir sonuçtur. Ankraj derinliğinin artmasıyla yapışıma yüzeyi de artmakta bu da mekanik sürtünme dayanımını artırmaktadır. Bu artış genellikle doğrusal olarak gerçekleşmektedir. Ankraj dayanımındaki değişime karşın ankrajlarda göçme tipinde herhangi bir farklılaşma olmamaktadır. Tüm derinliklerde ankrajlar beton yüzeyden sıyrılarak gmektedirler. Beton yüzeyle yeterli yapışıma dayanımına sahip olan yapıştırıcıların kullanıldığı ankrajlarda ise ankraj derinliğinin artması ankraj dayanımını ve beraberinde göçme tipini etkilemektedir. Ankraj derinliğinin artması ankraj dayanımını artırmaktadır. Ancak bu artış doğrusal olarak gerçekleşmemekte ve ankraj derinliği arttıkça dayanımdaki artış azalmaktadır. Sığ ankrajlarda (ankraj derinliği: 6Φ) betonun konik kopması şeklinde göçme tipi gözlenirken ankraj derinliği arttıkça betonun konik kopması ve sıyrılmanın birlikte gerçekleştiği kombine tipi göçme oluşmaktadır. Sığ ankrajlarda beton yüzeyle sağlanan mkemmел yapışıma sonucu yapışıma dayanımı beton içerisinde oluşun çekme konisinin dayanımından yüksek olmakta ve bu da betonun konik kopmasına ve ankrajın göçmesine neden olmaktadır. Ankraj derinliği arttıkça beton içerisinde oluşun çekme konisinin dayanımı yapışıma dayanımı ile dengelenmekte ve kombine göçme tipi görülmektedir.

- Ankraj yüzeyinin fiziksel durumu bazı durumlarda ankraj davranışını etkilemektedir. Ankraj deliği çapından ve ankraj derinliğinden bağımsız olarak ankraj imalatında kullanılan yapıştırıcı malzemeye göre ankraj deliklerinin fiziksel durumları çok farklı etkiler göstermektedir. Hızlı sertleşen ve daha kuru kıvamda (az akışkan) olan yapıştırıcılarda ankraj deliklerinin yüzeylerinin temiz-kuru, tozlu veya nemli olması çok farklı sonuçlara neden olmaktadır. Yeterince temizlenmiş, kuru yüzeylere sahip ankrajlarla karşılaştırıldığında eksik temizlenmiş (tozlu) yüzeyli ankrajlarda ciddi dayanım kayıpları oluşmaktadır. Eksik temizlenmiş yüzeylere yapıştırıcı malzeme (hızlı sertleşen, kuru kıvamlı) yeteri kadar bağlanamamakta ve daha düşük gerilmelerde yüzeye olan yapışma kuvvetini kaybetmektedir. Bu nedenle göçme tipinde de beton yüzeyden sıyrılma daha etkin olmaktadır. Nemli yüzeyli ankrajlarda ise yüzeyin temiz olması daha iyi bir yapışmaya imkan verirken, yüzeydeki ıslaklık yapıştırıcının sertleşme süresini uzatarak beton yüzeyi daha uzun süre ıslatabilmesini ve yüzeye daha iyi yapışabilmesini sağlamaktadır. Böylece bu tip yapıştırıcılar kullanılarak üretilen ankrajlarda yüzeylerin tozlu olması ankraj dayanımını azaltırken yüzeylerin nemli oluşu ankraj dayanımını artırmaktadır. Daha akışkan kıvamda ve yavaş sertleşen yapıştırıcıların kullanıldığı ankrajlarda ise ankraj yüzeylerinin fiziksel durumu ankraj davranışı üzerinde anlamlı bir etki göstermemektedir. Yapıştırıcının akıcı kıvamlı olması ve yavaş sertleşmesi beton yüzeyleri daha uzun süre ıslatabilmesine yani beton yüzeylere daha iyi emilebilmesini sağlamaktadır. Beton yüzeylere daha iyi emilebilen malzeme yüzeyde bulunan zayıf toz tabakasını da geçerek sağlam betona ulaşabilmekte ve yeterli yapışma dayanımına ulaşabilmektedir. Böylece yüzeyin tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş veya nemli oluşu ankraj davranışı üzerinde etki gösterememektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan birisi kullanılan yapıştırıcı malzemelerin nem toleranslarının olmasıdır. Nem toleransı olmayan yapıştırıcı malzemeler nemli yüzeylerde sertleşemez ve yeterli yapışma kuvvetini sağlayamaz. Bu nedenle yüzeyin fiziksel durumunun ankraj davranışı üzerindeki etkisi açıklanırken yapıştırıcı malzemenin özellikleri muhakkak göz önünde bulundurulmalıdır.

- Ankraj imalatında kullanılan yapıştırıcı malzeme ankraj davranışını doğrudan etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri ankraj dayanımını ve göçme tipini belirleyen önemli etkilere sahiptir. Yapıştırıcıların beton ve çelik yüzeylerde sağlamış oldukları yapışma dayanımı reçine ve sertleştirici tiplerine, polimer yapılarına ve fiziksel kıvamlarına göre değişmektedir. Hızlı sertleşen ve kuru kıvamlı olan yapıştırıcılar beton ve çelik yüzeyi yeteri kadar ıslatamamakta ve yüzeyle gerekli kenetlenmeyi sağlayamamaktadır. Aynı zamanda reçine ve sertleştirici tipinin değişmesi, kalitesizleşmesi de yapıştırıcıların beton ve çelik yüzeylere olan yapışma kuvvetlerini azaltmaktadır. Yüzeylere olan yapışma dayanımının azalması da ankraj dayanımını azaltmakta, göçme tipinin beton ve/veya çelik yüzeyden sıyrılma şeklinde gerçekleşmesine neden olmaktadır. Tozlu, nemli gibi farklı yüzey durumlarında bu etki daha da belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Yavaş sertleşen ve daha akıcı kıvamdaki yapıştırıcılarda ise beton yüzeyler daha uzun süre ıslatılabilmekte ve yüzeylere daha iyi kenetlenme sağlanmaktadır. Yapıştırıcının polimer yapısı da yüzeylere bağlanma özelliklerini etkilerken ankraj performansını da belirlemektedir. Beton ve çelik yüzeylere sağlanan mükemmel yapışma betonun konik kopmasına ve/veya betonun çatlamasına neden olmaktadır. Aynı zamanda beton yüzeyinin fiziksel durumundaki farklılıklardan da daha az etkilenilmektedir. Nem toleransına sahip olan, normal sürede sertleşen ve akıcı kıvamda bir yapıştırıcı farklı yüzey koşullarında bile yüksek performans sağlayabilmektedir. Bu nedenle ankraj davranışı incelenirken kullanılan yapıştırıcının özellikleri her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [2] **Kaya, Feramuz, 2004.** Ana Hatları İle Yapıştırıcılar, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [3] **ACI Committee 355.**, 1991. State-of-the-Art-Report on Anchorage to Concrete, ACI 355.1R-91, *American Concrete Institute*, Detroit, MI
- [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] **Peier, W. H.**, 1983. Model For Pull-Out Strength of Anchors in Concrete, *Journal of Structural Engineering*, **Vol. 109, No.5**, 1155-1173
- [6] **Cook, R. A., Kunz, J. and Fuchs, W.**, 1993. Bond Stress Model for Design of Adhesive. Anchors, *ACI Structural Journal*, **V. 90, No. 4**, 514-424
- [7] **Obata, M., Inoue, M. and Goto, Y.**, 1998. The Failure Mechanism and the Pull-Out Strength of a Bond-Type Anchor Near a Free Edge , *İmechanics of Materials*, **Vol 28**, 113-122
- [8] **Cook, R. A., Collins, D. M., Klingner, R. E., and Polyzois, D.**,1992. Load-Deflection Behavior of Cast-in-Place and Retrofit Concrete Anchors, *ACI Structural Journal*, **V. 89, No. 6**, 639-649.
- [9] **McVay, M. C., 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.
- [10] **Cook, R. A.**, 1993. Behavior of Chemically Bonded Anchors, *Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE)*, **V. 119, No. 9**, 2744-2762.

- [11] **Wisser, E. K. R., Kunz, J., Geiss, P. L.,** 2000. Behavior and Design of Adhesive Anchors under Tensile Load, *Proceedings of the 23rd Annual Meeting of the Adhesion Society*, Myrtle Beach
- [12] **Simons, I., Eligehausen, R. and Kirtzakis, V.,** 2005. Behaviour of Post-Installed Rebars in Uncracked and Cracked Concrete, *Budapest University of Technology and Economics*. Budapest, 669-674.
- [13] **ACI Committee 355.,** 2004. Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete, ACI 355.2-04, *American Concrete Institute*, Detroit, MI

ÖZGEÇMİŞ

Engin Cüneyt Seyhan, 1979 yılında Amasya'da doğmuştur. 1997 yılında Turhal Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı yıl Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde üniversite eğitime başlamıştır. 1998 senesinde Mimar Sinan Üniversitesi'nden ayrılarak Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne başlamış, 2000 senesinde ise İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yaparak eğitime burada devam etmiştir. 2001 senesinde aynı üniversitede İşletme Fakültesi, İşletme Mühendisliği Bölümü ile çift anadal programına başlamıştır. 2003 senesinde İnşaat Mühendisliği, 2004 senesinde ise İşletme Mühendisliği lisans eğitimlerini tamamlamış ve 2003 senesinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği programında yüksek lisans eğitime başlamıştır.