



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME ELEMANLARDA DONATI ORANININ ANKRAJ
UYGULAMALARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Veli BAYAZIT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Mehmet Emin KARA

AKSARAY, 2016



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME ELEMANLARDA DONATI ORANININ ANKRAJ
UYGULAMALARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Veli BAYAZIT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Mehmet Emin KARA

AKSARAY, 2016

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışmada alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Veli BAYAZIT

imza

TEŞEKKÜR

Bu deneysel çalışmanın yapılmasına imkân sağlayan Aksaray Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na ve İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, deney elemanlarının hazırlanması ve deneylerin yapılması aşamasındaki katkılarından dolayı Laboratuvar sorumlusu Uzman Yakup BÖLÜKBAŞ(Aksaray Üniversitesi)'a, çalışmalarım boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve bu çalışmanın ortaya çıkmasını sağlayan değerli hocam Doç.Dr. Mehmet Emin KARA (Aksaray Üniversitesi)'ya teşekkür ederim. Ayrıca, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli eşim Ayşegül BAYAZIT'a çalışmalarım süresince gösterdiği manevi destek ve sabırlarından dolayı, teşekkür ederim.

Veli BAYAZIT

Aksaray, Ocak 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOĞRULUK BEYANI	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	3
3. DENEY ELEMANLARI VE YÖNTEM	12
3.1 Genel	12
3.2 Deney Elemanları ve Deneysel Değişkenler	12
3.3 Malzemeler	18
3.3.1 Deney elemanları olarak kullanılan ankrajlar	18
3.3.2 Kolon elemanlarının üretiminde kullanılan donatı	19
3.3.3 Kolon elemanlarında kullanılan beton	20
3.3.4 Epoksi	20
3.4 Kolon Elemanlarının Üretilmesi ve Deney İçin Hazırlanması.....	22
3.5 Deney ve Ölçüm Düzeni	29
4. DENEYLER	31
5. DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	79
5.1 Donatı Oranının Etkisi.....	79
5.2 Etriye Aralığının Etkisi	87
5.3 Ankraj Derinliğinin Etkisi	95
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
KAYNAKÇA	105
ÖZGEÇMİŞ	107

ÖZET

BETONARME ELEMANLARDA DONATI ORANININ ANKRAJ UYGULAMALARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Yapılarda yapılan güçlendirme çalışmalarında ankraj uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca prefabrik yapıların saha montajlarında, reklam vb. panoların ve dış cephe kaplamalarının yapılara montajlarında da sıklıkla kullanılmaktadır. Ankraj uygulamaları üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar çoğunlukla donatısız beton üzerine yapılan ankrajları kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında ankraj yapılan yapı elemanlarının sahip olduğu donatı oranının ankraj dayanımına olan etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlarda donatı yerleştirilmiş ve etriye aralığı değişen toplam 4 adet kolon elemanı üretilmiştir. Üretilen kolon elemanları üzerine farklı derinliklerde (6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ) 48 adet 16 mm çapında ankraj yerleştirilmiştir. Yerleştirilen ankrajlar üzerinde eksenel çekme testi yapılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda donatı oranı ve etriye aralığının değişmesinin dayanımı pek fazla etkilemediği, ancak göçme modlarını etkilediği görülmüştür. Ayrıca ankraj derinliğinin dayanımı etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal ankraj, Ankraj derinliği, Donatı oranı, Etriye aralığı

ABSTRACT

THE STUDY ON THE EFFECT OF THE REINFORCEMENT SCALE TO THE ANCHORAGE APPLICATIONS AT CONCRETE COMPONENTS

Anchorage applications are used in reinforcement works of constructions very often. They are also used very often at field of building-up of prefabricates, billboards, external covering. Lots of researches have been made about anchorage applications. These studies mostly include unreinforced concrete. Within the scope of this study, different percentages of reinforcements were located on anchorage applications to determine the effect of reinforcement ratio to the anchorage strength and 4 pilot components were produced which had variable stirrup spacing. 48 anchorages of 16 mm diameter were located on these components having different depths. Axial tension test was applied on the fixed-up anchorages. According to the experimental study, it was understood that the change of reinforcement scale and stirrup spacing didn't have much effect on the strength, but the collapse modes. Meanwhile, it was observed that anchorage depth was one of the most important factors for the strength.

Keywords: Chemical anchorage, Anchorage depth, Reinforcement scale, Stirrup spacing

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Kolon elemanı-1'in geometrisi ve donatı özellikleri.....	13
Şekil 3.2: Kolon elemanı-2'nin geometrisi ve donatı özellikleri.....	13
Şekil 3.3: Kolon elemanı-3'ün geometrisi ve donatı özellikleri.....	14
Şekil 3.4: Kolon elemanı-4'ün geometrisi ve donatı özellikleri.....	14
Şekil 3.5: Deney elemanlarına ait ankraj etki alanları.....	15
Şekil 3.6: Ankraj donatı testlerine ait görüntüler.....	18
Şekil 3.7: Etriye donatısı detay çizimi.....	19
Şekil 3.8: MasterBrace ADH 1406 kimyasal yapıştırıcı	21
Şekil 3.9: Hazırlanmış kalıplara ait görüntüler.....	22
Şekil 3.10: Kolon elemanları	23
Şekil 3.11: Delik yerleri işaretlenmiş kolon elemanı	24
Şekil 3.12: Kolon elemanlarına ankraj delikleri açmak için kullanılan delici.....	24
Şekil 3.13: Kolon elemanlarının ankraj deliklerinin açılmış görüntüsü	25
Şekil 3.14: Ankraj donatıları.....	26
Şekil 3.15: Ankraj deliklerinin temizlenmesine ait görüntüler.....	26
Şekil 3.16: Ankraj ekimleri yapılan deney elemanlarına ait görüntüler	27
Şekil 3.16 (Devam): Ankraj ekimleri yapılmış deney elemanlarına ait görüntüler	28
Şekil 3.17: ASTM Standardında yer alan deney düzeneği (2003)	29
Şekil 3.18: Tasarlanan deney düzeneği	30
Şekil 4.1: 1/0.005/300mm/96mm deneyine ait grafik	31
Şekil 4.2: 1/0.005/300mm/96mm deneyine ait resim.....	31
Şekil 4.3: 2/0.005/300mm/128mm deneyine ait grafik	32
Şekil 4.4: 2/0.005/300mm/128mm deneyine ait resim.....	32
Şekil 4.5: 3/0.005/300mm/160mm deneyine ait grafik	33
Şekil 4.6: 3/0.005/300mm/160mm deneyine ait resim.....	33
Şekil 4.7: 4/0.005/300mm/192mm deneyine ait grafik	34
Şekil 4.8: 4/0.005/300mm/192mm deneyine ait resim.....	34
Şekil 4.9: 5/0.005/200mm/96mm deneyine ait grafik	35
Şekil 4.10: 5/0.005/200mm/96mm deneyine ait resim.....	35
Şekil 4.11: 6/0.005/200mm/128mm deneyine ait grafik	36
Şekil 4.12: 6/0.005/200mm/128mm deneyine ait resim.....	36
Şekil 4.13: 7/0.005/200mm/160mm deneyine ait grafik	37
Şekil 4.14: 7/0.005/200mm/160mm Deneyine Ait Resim.....	37
Şekil 4.15: 8/0.005/200mm/192mm deneyine ait grafik	38
Şekil 4.16: 8/0.005/200mm/192mm deneyine ait resim.....	38
Şekil 4.17: 9/0.005/100mm/96mm deneyine ait grafik	39
Şekil 4.18: 9/0.005/100mm/96mm deneyine ait resim.....	39

Şekil 4.19: 10/0.005/100mm/128mm deneyine ait grafik	40
Şekil 4.20: 10/0.005/100mm/128mm deneyine ait resim	40
Şekil 4.21: 11/0.005/100mm/160mm deneyine ait grafik	41
Şekil 4.22: 11/0.005/100mm/160mm deneyine ait resim	41
Şekil 4.23: 12/0.005/100mm/192mm deneyine ait grafik	42
Şekil 4.24: 12/0.005/100mm/192mm deneyine ait resim	42
Şekil 4.25: 13/0.015/300mm/96mm deneyine ait grafik	43
Şekil 4.26: 13/0.015/300mm/96mm deneyine ait resim	43
Şekil 4.27: 14/0.015/300mm/128mm deneyine ait grafik	44
Şekil 4.28: 14/0.015/300mm/128mm deneyine ait resim	44
Şekil 4.29: 15/0.015/300mm/160mm deneyine ait grafik	45
Şekil 4.30: 15/0.015/300mm/160mm deneyine ait resim	45
Şekil 4.31: 16/0.015/300mm/192mm deneyine ait grafik	46
Şekil 4.32: 16/0.015/300mm/192mm deneyine ait resim	46
Şekil 4.33: 17/0.015/200mm/96mm deneyine ait grafik	47
Şekil 4.34: 17/0.015/200mm/96mm deneyine ait resim	47
Şekil 4.35: 18/0.015/200mm/128mm deneyine ait grafik	48
Şekil 4.36: 18/0.015/200mm/128mm deneyine ait resim	48
Şekil 4.37: 19/0.015/200mm/160mm deneyine ait grafik	49
Şekil 4.38: 19/0.015/200mm/160mm deneyine ait resim	49
Şekil 4.39: 20/0.015/200mm/192mm deneyine ait grafik	50
Şekil 4.40: 20/0.015/200mm/192mm deneyine ait resim	50
Şekil 4.41: 21/0.015/100mm/96mm deneyine ait grafik	51
Şekil 4.42: 21/0.015/100mm/96mm deneyine ait resim	51
Şekil 4.43: 22/0.015/100mm/128mm deneyine ait grafik	52
Şekil 4.44: 22/0.015/100mm/128mm deneyine ait resim	52
Şekil 4.45: 23/0.015/100mm/160mm deneyine ait grafik	53
Şekil 4.46: 23/0.015/100mm/160mm deneyine ait resim	53
Şekil 4.47: 24/0.015/100mm/192mm deneyine ait grafik	54
Şekil 4.48: 24/0.015/100mm/192mm deneyine ait resim	54
Şekil 4.49: 25/0.025/300mm/96mm deneyine ait grafik	55
Şekil 4.50: 25/0.025/300mm/96mm deneyine ait resim	55
Şekil 4.51: 26/0.025/300mm/128mm deneyine ait grafik	56
Şekil 4.52: 26/0.025/300mm/128mm deneyine ait resim	56
Şekil 4.53: 27/0.025/300mm/160mm deneyine ait grafik	57
Şekil 4.54: 27/0.025/300mm/160mm deneyine ait resim	57
Şekil 4.55: 28/0.025/300mm/192mm deneyine ait grafik	58
Şekil 4.56: 28/0.025/300mm/192mm deneyine ait resim	58
Şekil 4.57: 29/0.025/200mm/96mm deneyine ait grafik	59

Şekil 4.58: 29/0.025/200mm/96mm deneyine ait resim.....	59
Şekil 4.59: 30/0.025/200mm/128mm deneyine ait grafik	60
Şekil 4.60: 30/0.025/200mm/128mm deneyine ait resim.....	60
Şekil 4.61: 31/0.025/200mm/160mm deneyine ait grafik	61
Şekil 4.62: 31/0.025/200mm/160mm deneyine ait resim.....	61
Şekil 4.63: 32/0.025/200mm/192mm deneyine ait grafik	62
Şekil 4.64: 32/0.025/200mm/192mm deneyine ait resim.....	62
Şekil 4.65: 33/0.025/100mm/96mm deneyine ait grafik	63
Şekil 4.66: 33/0.025/100mm/96mm deneyine ait resim.....	63
Şekil 4.67: 34/0.025/100mm/128mm deneyine ait grafik	64
Şekil 4.68: 34/0.025/100mm/128mm deneyine ait resim.....	64
Şekil 4.69: 35/0.025/100mm/160mm deneyine ait grafik	65
Şekil 4.70: 35/0.025/100mm/160mm deneyine ait resim.....	65
Şekil 4.71: 36/0.025/100mm/192mm deneyine ait grafik	66
Şekil 4.72: 36/0.025/100mm/192mm deneyine ait resim.....	66
Şekil 4.73: 37/0.035/300mm/96mm deneyine ait grafik	67
Şekil 4.74: 37/0.035/300mm/96mm deneyine ait resim.....	67
Şekil 4.75: 38/0.035/300mm/128mm deneyine ait grafik	68
Şekil 4.76: 38/0.035/300mm/128mm deneyine ait resim.....	68
Şekil 4.77: 39/0.035/300mm/160mm deneyine ait grafik	69
Şekil 4.78: 39/0.035/300mm/160mm deneyine ait resim.....	69
Şekil 4.79: 40/0.035/300mm/192mm deneyine ait grafik	70
Şekil 4.80: 40/0.035/300mm/192mm deneyine ait resim.....	70
Şekil 4.81: 41/0.035/200mm/96mm deneyine ait grafik	71
Şekil 4.82: 41/0.035/200mm/96mm deneyine ait resim.....	71
Şekil 4.83: 42/0.035/200mm/128mm deneyine ait grafik	72
Şekil 4.84: 42/0.035/200mm/128mm deneyine ait resim.....	72
Şekil 4.85: 43/0.035/200mm/160mm deneyine ait grafik	73
Şekil 4.86: 43/0.035/200mm/160mm deneyine ait resim.....	73
Şekil 4.87: 44/0.035/200mm/192mm deneyine ait grafik	74
Şekil 4.88: 44/0.035/200mm/192mm deneyine ait resim.....	74
Şekil 4.89: 45/0.035/100mm/96mm deneyine ait grafik	75
Şekil 4.90: 45/0.035/100mm/96mm deneyine ait resim.....	75
Şekil 4.91: 46/0.035/100mm/128mm deneyine ait grafik	76
Şekil 4.92: 46/0.035/100mm/128mm deneyine ait resim.....	76
Şekil 4.93: 47/0.035/100mm/160mm deneyine ait grafik	77
Şekil 4.94: 47/0.035/100mm/160mm deneyine ait resim.....	77
Şekil 4.95: 48/0.035/100mm/192mm deneyine ait grafik	78
Şekil 4.96: 48/0.035/100mm/192mm deneyine ait resim.....	78

Şekil 5.1: $s = 300$ mm, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ...	81
Şekil 5.2: $s = 300$ mm, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	81
Şekil 5.3: $s = 300$ mm $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	82
Şekil 5.4: $s = 300$ mm, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	82
Şekil 5.5: $s = 200$ mm, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri...	83
Şekil 5.6: $s = 200$ mm $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	83
Şekil 5.7: $s = 200$ mm $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	84
Şekil 5.8: $s = 200$ mm, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	84
Şekil 5.9: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri...	85
Şekil 5.10: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.....	85
Şekil 5.11: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.....	86
Şekil 5.12: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.....	86
Şekil 5.13: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ...	87
Şekil 5.14: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri...	88
Şekil 5.15: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ..	88
Şekil 5.16: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ..	89
Şekil 5.17: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	89
Şekil 5.18: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri...	90
Şekil 5.19: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri...	90
Şekil 5.20: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri..	91
Şekil 5.21: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri....	91
Şekil 5.22: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ..	92
Şekil 5.23: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ..	92
Şekil 5.24: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ..	93
Şekil 5.25: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri....	93
Şekil 5.26: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ...	94
Şekil 5.27: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri .	94
Şekil 5.28: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri ..	95
Şekil 5.29: $\rho = 0.005$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	96
Şekil 5.30: $\rho = 0.005$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	96
Şekil 5.31: $\rho = 0.005$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	97
Şekil 5.32: $\rho = 0.015$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	97
Şekil 5.33: $\rho = 0.015$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	98
Şekil 5.34: $\rho = 0.015$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	98
Şekil 5.35: $\rho = 0.025$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	99
Şekil 5.36: $\rho = 0.025$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri	99

- Şekil 5.37:** $\rho = 0.025$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri 100
- Şekil 5.38:** $\rho = 0.035$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri... 100
- Şekil 5.39:** $\rho = 0.035$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri... 101
- Şekil 5.40:** $\rho = 0.035$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri 101

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Kolon elemanlarına ait donatı oranları	15
Çizelge 3.2: Deney değişkenleri ve ankraj gösterimleri	17
Çizelge 3.3: Ankraj donatılarının deney sonuçları	18
Çizelge 3.4: Boyuna donatıların deney sonuçları	19
Çizelge 3.5: Etriye donatılarının deney sonuçları.....	19
Çizelge 3.6: Beton karışım oranı (1 m ³ beton için)	20
Çizelge 3.7: Standart beton küp basınç dayanımları	20
Çizelge 3.8: Epoksi reçinesinin mekanik özellikleri	21
Çizelge 3.9: Ankraj delik boyları.....	25
Çizelge 5.1: Deney sonuçları	79
Çizelge 5.1 (Devam): Deney sonuçları.....	80

SİMGELER DİZİNİ

- h_{ef}** Ankraj Gömülme Boyu
 s Etriye Aralığı
 ρ Boyuna Donatı Oranı

KISALTMALAR DİZİNİ

DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
LVDT	Elektronik Doğrusal Deplasman Ölçer

1. GİRİŞ

Türkiye konumuna bakıldığı zaman önemli fay hatları üzerinde bulunan bir ülkedir. Ülkemizde bulunan mevcut yapı stoku incelendiğinde büyük bir kısmının 2007 yılında yayımlanan Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü şartları sağlamadığı görülmektedir. Yakın zamanda yaşanan Van Depreminde olduğu gibi Erzincan, Dinar ve Adapazarı depremlerinde de yapıların yeterince depreme karşı sağlam olmaması sebebiyle birçok bina ayakta kalamamıştır. Bunun en büyük sebepleri arasında yapıların projede tasarlandığı amacın dışında kullanılması, bina tasarımında yapılan hatalar, şantiyede yapılan uygulama hataları ve denetim eksiliği gibi sorunlar sayılabilir.

Ülkemizde yer alan mevcut yapı stoku incelendiğinde geçmiş yıllarda yapılan birçok betonarme yapının deprem kuvvetlerine karşı yeterli dayanıma sahip olmadığı görülmektedir. Deprem kuvvetlerine karşı yetersiz olan yapıların yıkılarak yerine yenilerinin yapılması durumunda ortaya çıkan ekstra zaman ve para kaybını azaltmak için, mevcut bulunan yapıların güçlendirilmesinin de üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. 2007 Mart ayında yürürlüğe giren “DBYBHY” içerisinde, mevcut yapıların onarım ve güçlendirme uygulama esaslarını içeren ve bu uygulamaların yapılmasını açıklayan ve belirli sınırlamalar koyan bir bölüm oluşturulmuştur.

Mevcut yapıların yük taşıma kapasitesinin artırılmasında; kolonların, kirişlerin, döşemelerin kesitlerinin büyütülmesi ve ilave deprem yüklerine karşı mevcut sisteme perdelerin eklenmesi ile yapılan güçlendirmelerde ve ayrıca prefabrik yapıların zemine montajında, mevcut binaların dış cephe kaplamasının yapılmasında ve ilave pano vb. gibi elemanların bağlanmasında da ankraj uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır. Dolayısıyla son yıllarda güçlendirme projelerinin artması ile birlikte ankraj ile ilgili ülkemizde ve uluslararası çapta birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar kapsamında kullanılan ankraj çeşidi, kullanılan kimyasal yapıştırıcının türü, deneylerde kullanılan betonun dayanımı, ankrajın çapı, ankrajın derinliği, ankraj yüzeyinin temizlik durumu, ankraj yüzeyinin nemlilik-kuruluk durumu gibi pek çok parametre incelenmiştir.

Geçmişte yapılan birçok çalışma incelendiğinde ankraj uygulamalarının donatısız betonlarda olan uygulamalarının incelendiği görülmüştür. Fakat gerçek hayatta yapılan uygulamalara baktığımızda ankraj uygulamalarının genellikle donatılı betonlarda yani betonarme elemanlarda kullanıldığı görülmektedir. Yapılan bu çalışma kapsamında; betonarme elemanlarda ankraj dayanımları konusu değişen boyuna donatı oranları, değişen etriye aralığı ve değişen ankraj gömülme boyu dikkate alınarak deneysel olarak araştırılmıştır.

Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS 500) Standardında yer alan maksimum ve minimum sınır şartları dikkate alınarak 0.005, 0.015, 0.025 ve 0.035 boyuna donatı oranı olan ve aynı eleman içerisinde olmak üzere 300 mm, 200mm ve 100 mm aralıklarla etriye yerleştirilmiş toplam dört adet kolon elemanı üretilmiştir. Üretilen kolon elemanlarında piyasada sıklıkla kullanılması sebebiyle C20/25 sınıfı hazır beton tercih edilmiştir.

2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliğinde, mevcut yapıların onarım ve güçlendirme uygulama esaslarını içeren, bu uygulamaların yapılışını açıklayan ve belirli sınırlamalar koyan bir bölüm oluşturulmuştur. Oluşturulan bu bölümdeki çerçeve düzlemlerine perde eklenmesinde kullanılacak ankrajların çapının minimum 16 mm olması sınır şartı dikkate alınarak ankraj donatısı olarak 16 mm çapında nervürlü inşaat donatısı seçilmiştir.

2. DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Mevcut yapılarda güçlendirme özellikle 2007 Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesinden sonra önem kazanmıştır. Yapılarda yapılan birçok güçlendirme çalışmalarında mevcut yapı ile kullanılacak güçlendirme elemanlarının birbirine bağlanması için ankrajlar kullanılmaktadır. Ayrıca prefabrik yapıların saha montajlarında, büyük sanayi makinelerinin zemine montajında, reklam vb. panoların yapılara montajında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı ankraj uygulamaları birçok çalışmaya konu olmuştur.

Ankrajlar uygulama yöntemine göre; betona önceden yerleştirilen ve betona sonradan yerleştirilen ankrajlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Betona sonradan yerleştirilen ankrajlar ise kendi içinde genel olarak kimyasal ve mekanik ankrajlar olarak ikiye ayrılır. Herhangi bir kimyasal kullanmadan uygulanan ankrajlar mekanik ankraj olarak adlandırılmaktadır. Bu tip ankrajlarda elemanların mekanik taşıma kapasiteleri kullanılmaktadır. Bu tip ankrajlar daha çok düşük dayanım gerektiren işlerde kullanılmaktadır. Örneğin çanak antenlerin betonarme döşemelere montajı çoğunlukla mekanik ankrajlarla gerçekleştirilmektedir. Kimyasal ankrajlar yüksek dayanımlı yapı kimyasalları kullanılarak ekimi yapılan ankrajlardır. Birçok uygulamada bu tip ankrajlar tercih edilmektedir.

Literatürde, ankraj uygulamaları üzerine yapılmış olan temel çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Zamora vd. 2003, 1970 yılı ortalarında ankrajlar için kullanılabilir ilk tasarım standardı çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar çeşitli standartlarda kaynak olarak gösterilmiştir. ACI 349 ve PCI Desing Handbook bu çalışmayı referans olarak kabul etmiştir. Ancak bu iki yayın sonradan yerleştirilen ankraj türlerini kapsamamaktadır. Bu iki yayın sadece betonlama işleminden önce sertleşmemiş betona yerleştirilen ankraj çeşitlerini kapsamaktadır. Fakat ACI 318 Appendix D, sertleşmiş ve sertleşmemiş betona yerleştirilen her iki mekanik ankraj türünü de kapsamaktadır. Yapılan yeni araştırmalar kimyasal ankrajların tasarım şartnamelerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmuştur.

Peier (1983), ankrajların çekme dayanımlarını tespit etmek amacıyla tekil ankrajların statik davranışında geçerli olmak üzere matematiksel bir model geliştirmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen matematiksel model deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde geliştirilen matematiksel modelin deneysel verilerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Cook vd., (1992), bu çalışma kapsamında yerinde dökülen betona ve güçlendirilmiş betona uygulanan ankrajların statik ve yorulma yüklemeleri altındaki davranışlarını ve dizayn yöntemlerini araştırmışlardır. Kimyasal (epoksi, poliester ve vinilester), harçlı, genişleyen ve öngerilmeli ankraj çeşitleri üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışma farklı çekme yükleme koşulları altında 24 adet deney elemanına ait 178 adet testi içermektedir. Çalışma sonucunda statik ve yorulma yükleri altında ankraj davranış modlarını tespit etmişlerdir. Ayrıca çekme yükleri etkisi ve ankraj çeşitleri bu davranış modlarına göre kategorize edilmiştir.

Cook (1993), bu çalışma kapsamında kimyasal bağlı ankrajların çekme dayanımlarını belirlemek için oransal tasarım önerileri üzerine çalışmıştır. Çalışma dayanım testlerinde gözlenen her türlü göçme modları (beton koni göçmesi, bağ göçmesi ve daha yaygın olan bağ-koni göçme modları) için tasarım önerilerini kapsar. Tasarım önerileri Teksas Üniversitesinde 113 adet test, Florida Üniversitesinde 167 adet test olmak üzere toplam 280 adet test sonucuna dayandırılmıştır. Sunulan tasarım önerilerini test sonuçları ve gözlenen göçme modlarının bağdaşması ile oransal analize uygunluğu gözlenmiştir.

Fuchs vd. (1995), yaptıkları çalışmalarda sertleşmemiş betona yerleştirilen başlıklı vida veya civatalar veya sertleşmiş betona sonradan ankre edilen çelik ankrajlar için beton kapasitesi dizayn yaklaşımı olarak adlandırılan kullanışlı ve anlaşılması kolay olan bir model geliştirmişlerdir. Ayrıca bu modeli ACI 349-85 ile kıyaslamışlardır. Bu çalışmada; tekil ankrajların kenar mesafesi, ankraj grupları, çekme yüklemesi ve kesme yüklemesi değişken olarak belirlenmiştir. Avrupa ve Amerika'da testi yapılan yaklaşık 1200 adet testin sonuçları veri tabanında bulunmaktadır. İncelenen uygulamaların tamamında CCD metodunun bağlayıcıların beton göçme yükünün tam olarak tahminini yapmak için iyi bir yol olduğunu belirtmişlerdir. ACI 349'da bulunan tahminlerin her zaman tutucu olmadığını ifade etmişlerdir. CCD metodunun dizayn için daha kullanışlı olduğunu gözlemlemişlerdir. Birçok ankraj uygulaması için ACI 349'un kullanımının uygun olmadığını ifade etmişlerdir.

Darwid ve Zavaregh (1996), yaptıkları ankraj dayanımı ile ilgili çalışmalarında; delik hazırlama yöntemi, harç çeşidi, delik çapı, kullanılan ankraj elemanı boyutu, ankraj gömülme boyu, ankraj elemanı yüzeyinin durumu (epoksi kaplanmış veya kaplanmamış olması), ankraj elemanlarının yerleştirme düzeni, ve kullanılan beton dayanımının ankraj dayanımına olan etkilerini araştırmışlardır. Açılan ankraj deliklerinin hazırlanmasında yüksek hızlı vakumlu matkap veya elde tutulan elektrikli çekiç kullanılmıştır. Açılan deliklerin temizlenmesinde ise su ile birlikte fiber şişe fırçası, su kullanılmadan sadece fiber şişe fırçası ve basınçlı hava kullanılması yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kullanılan delik çapları 16 mm çaplı ankraj elemanları için 19-38 mm arasında değişmektedir. 25 mm çaplı ankraj elemanları için 32 mm'dir. Gömülme uzunlukları 16 mm çaplı elemanlar için 102-305 mm aralığında, 25 mm çaplı elemanlar için 150-380 mm aralığında yer almaktadır. Ankraj elemanları dikey, eğimli ve yatay olarak yerleştirilmiştir. Ankraj yapışma dayanımının gömülme uzunluğu ve ankraj elemanı boyutu ile orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Kullanılan betonun dayanımına bağlı olarak dikey ve yatay ankraj elemanlarının farklı dayanımlar sergileyeceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca ankraj dayanımının yaklaşık olarak beton basınç dayanımının karekökü ile orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

McVay vd. (1996), Epoksi esaslı kimyasal bağlayıcılar kullanarak ankrajların deneysel ve sayısal çalışmalarını yapmışlardır. Deneysel çalışma; beton basınç dayanımı 39 il 43,4 MPa aralığında olan deney elemanlarında 16 mm çaplı vidalı çubuk ve epoksi esaslı bağlayıcı kullanılarak 4 farklı derinlikte (76, 102, 127, 152 mm) çekme testini içermektedir. Sayısal çalışmada ise konik göçmenin kimyasal yapıştırıcı ile beton ara yüzündeki yapışma yüzeyinde başladığı ve bölgesel göçmeler olarak yüzeye doğru yayıldığı tespit edilmiştir. Deney sonuçları ile sayısal tahminlerin birbiri ile uyumlu olduğunu tespit etmişlerdir.

Primavera vd. (1997), yaptıkları çalışma kapsamında taze betona ekilen ankrajların ve yüksek dayanıma sahip betonlara ekilen ankrajların çekme davranışlarını araştırmışlardır. Yüksek dayanımlı betonlarda (beton basınç dayanımı 51.7 MPa ve 82.7 MPa olan betonlarda) önceden ve sonradan yerleştirilen öngerilmeli ankrajlar için göçme koni geometrisi, yük-deformasyon davranışı ve çekme kapasitesi üzerine çalışmışlardır. Sonradan ekilen öngerilmeli ankrajlar için 203 mm gömme derinliği kullanılmıştır. Taze betona yerleştirilen ankrajlarda ise gömme derinliği 102 ile 203 mm aralığındadır. Yapılan çalışma sonucunda önceden ve sonradan yerleştirilen 152

ve 203 mm derinliğe sahip ankrajlar için beton çekme kapasitesinin daha yüksek beton basınç dayanımıyla arttığı gözlenmiştir. Taze betona 102 mm derinliğinde önceden yerleştirilen ankrajlar için ise çekme kapasitesinin yüksek basınç dayanımlı betonlarda artmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca buldukları sonuçların 45^o koni modeli ile çeliştiği tespit edilmiştir.

Cokk vd. (1998), Yaptıkları çalışmada çekme yüklemesi etkisindeki kimyasal ankrajların çatlamamış betonda dizaynı için kullanılabilirliği yüksek olan bir model sunmuşlardır. Ayrıca yapılan çalışma kapsamında kimyasal ankrajlarla ilgili daha önce yapılan tasarım modellerinin özetine yer verilmiştir. Çalışma kapsamında sunulan kullanılabilirliği yüksek olan modelin geliştirilmesinde Avrupa ve Amerika'ya ait toplam 888 adet testi kapsayan veri tabanı karşılaştırılması da kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda basit kullanıcı dostu bir modelin daha önce sunulan daha karmaşık tasarım modellerine göre veri tabanına daha iyi uyum sağladığını tespit etmişlerdir. Sunulan tasarım modelinin ileride ankraj gruplarının ve ankraj kenar mesafe etkisinin tespiti için yapılacak çalışmalar için temel oluşturabileceği ifade edilmiştir.

Obata vd. (1998), bağ tipi ankrajlarda serbest kenar etkisini dikkate alarak ankrajların çekme dayanımı ve göçme mekanizması üzerine deneysel analitik verileri içeren bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında sonradan yerleştirilen bağ tipi ankrajlar kullanılmıştır. Beton basınç dayanımı 24.6 ve 28.9 MPa olan beton kullanılmıştır. Yerleştirilen ankraj civatalarının çapı ise 35 mm'dir. Çalışma sonucunda koni göçme dayanımını tahmin edebilmek için yeni bir metot geliştirilmiştir. ACI 349-85 (1985)'e göre beton göçme yüzeyinde uniform gerilme dağılımı ve kritik yükteki kararsız çatlak büyümesi olmak üzere iki farklı varsayım kullanmışlardır. Doğrusal göçme mekanizmasının derinliğin 1.5 katı ile orantılı olduğunu görmüşlerdir.

Cook ve Konz (2001), polimer esaslı yapıştırıcı kullanılan ankrajların bağ dayanımına etki eden faktörleri inceleyen kapsamlı bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışma 12 farklı üreticiden temin edilen, 20 farklı ürün üzerine 765 adet testi içermektedir. Kullanılan ürünlerin 6'sı ester ve 14'ü epoksi esaslı kimyasallardır. Ester esaslı ürünlerin ortalama dayanımı 8.3 MPa, epoksi esaslı ürünlerin ortalama dayanımı ise 18.4 MPa'dır. Toplam kimyasalların ortalama dayanımı ise 15.4 MPa'dır. Çalışma kapsamında 17.2 MPa ve 37.9 MPa olmak üzere iki farklı dayanıma sahip beton kullanmışlardır. Çalışma kapsamında referans bağ dayanımı olarak temizlenmiş ve kuru deliklere yerleştirilen ankrajların oda sıcaklığındaki

dayanımı dikkate alınmıştır. Ankraj dayanımına sıcaklığın etkisini belirlemek için oda sıcaklığı ve 43°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ankraj çekme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; nemli yüzeylere uygulanan ankrajlarda bağ dayanımı, referans bağ dayanımının %77'si kadar olmuştur. Islak yüzeylerde ise bu oran %43'e düşmüştür. Tozlu yüzeylerde beton-kimyasal yapıştırıcı arasında yapışmanın sürekli oluşmamasından dolayı bağ dayanımı referans bağ dayanımının %71'i kadar olabilmıştır. 24 saatte ankrajların bağ dayanımlarının ortalama %88'ini kazandığı tespit edilmiştir. Beton dayanımının artmasıyla ufak bir miktar olsa da bağ dayanımını artırdığı tespit edilmiştir.

Fujikake vd. (2003), yaptıkları çalışma kapsamında hızlı çekme yüküne maruz ankrajların nihai çekme dayanımı üzerine bir dizi araştırmalar yapmışlardır. Dinamik nihai dayanımdaki yükleme oranının etkisi koni, bağ ve koni-bağ göçme modları altında araştırılmıştır. Çalışma kapsamında ankraj yapılan betonların ortalama dayanımları 32 MPa'dır. Çalışma kapsamında hızlı çekme yükleme testleri-nihai bağ dayanımına yükleme oranı etkisini belirlemek için, taze betonda başlıklı ankrajlarda toplam 24 adet test, kimyasal ankrajlarda toplam 60 adet test yapılmıştır. Ayrıca koni-bağ göçmesi modunda kimyasal ankrajların hızlı çekme yükleme testleri-dinamik maksimum direncini tahmin etmek için nihai direnç üzerine yükleme oranının etkilerini araştırmak için toplam 8 adet test yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda gömme derinliği olarak 40, 65, 70, 90, ve 120 mm derinlikler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yükleme oranının artması ile birlikte nihai koni direnci ve bağ dayanımının arttığı saptanmıştır.

Özturan vd. (2004), betona sonradan yerleştirilen ankrajların statik çekme, tekrarlı çekme ve statik yüklemesi altındaki yük-deplasman davranışlarını, yük taşıma kapasitelerini ve göçme modlarını incelemek için toplam 130 adet deneyi içeren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında katkısız (yalın) ve lif katkılı normal ve yüksek dayanımlı beton bloklar kullanılmıştır. Bloklar üzerine harçlı, kimyasal ve genişleyen tip mekanik ankrajlar yerleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ankrajlar arası uzaklık ve kenar uzaklıkları için ASTM E 488'de verilen alt sınır değerleri derin ankrajlar için yeterli olduğu tespit edilmesine karşın sıg ve orta derinlikteki ankrajlar için yetersiz olduğu gözlenmiştir. Statik çekme deneylerinde betona katılan çelik liflerin ankrajların yük taşıma kapasitelerini etkilemediği gözlenmiştir. Tekrarlı çekme deneylerinde ise harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajların maksimum göçme yüklerinin çelik lif katılması ile bir miktar azaldığı

tespit edilmiştir. Kimyasal ankrajlarda ise küçük bir miktar artış görülmüştür. Kimyasal ve harçlı ankrajların statik çekme yükleri altındaki taşıma kapasiteleri beton basınç dayanımının artışıyla birlikte yaklaşık olarak %30 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Genişleyen tip mekanik ankrajlarda ise bu oran %20 civarında olduğu görülmüştür. Statik çekme yükleri altında sığ kimyasal ankrajlarda ekme boyu ile ankraj çekme yükleri doğru orantılı olarak artarken derin ankrajların göçme yüklerinde daha az oranda artış olduğu tespit edilmiştir.

Ashour ve Alqedra (2005), taze betona ve sertleşmiş betona uygulanan mekanik ankrajların çekme etkisi altında beton koparma gücünü tespit etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada yapay sinir ağları modelini kullanmışlardır. Oluşturulan yapay sinir ağının giriş katmanında, ankrajların gömülme derinliğini, ankraj çapını, ankraj yerleştirme sistemini ve beton dayanımını temsil etmesi için düğümler oluşturulmuştur. Yapay sinir ağlarının çıkış katmanı ise beton koparma gücünü oluşturan çekme kapasitesini temsil edecek şekilde tasarlanmıştır. Yapay sinir ağlarının girdi katmanında ankraj montaj sistemini temsil edecek üç farklı teknik kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı modeli daha önce laboratuvarında yapılan 451 adet testin verileri kullanılarak eğitilmiştir. Eğitilen yapay sinir ağı test edilerek doğrulanmıştır. Eğitimi yapılan yapay sinir ağı test tahminlerinin, önceden taze betona ve sonradan sertleşmiş betona yerleştirilen mekanik ankrajlar için iyi denecek tahminlerde bulunduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; yerleştirilen ankraj çapının, ankrajların beton koparma dayanımına etkisinin ihmal edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Önceden taze betona ve sonradan sertleşmiş betona yerleştirilen tekil mekanik ankrajlar için beton koparma gücünün efektif gömme derinliğinin yaklaşık olarak 1.5 katı olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak oluşturulan yapay sinir ağı modelinden elde edilen tahminler ACI 318-02 Appendix D'de yer alan formüllerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Sakla ve Ashour (2005), tekil kimyasal ankrajların çekme kapasitesini belirlemek için yapay sinir ağlarını modelini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada yapay sinir ağı geri yayılma algoritması ile eğitilen bir katmanlı ileri beslemeli sinir ağı ağ girişleri ve tek çıkış olarak kimyasal bağlı ankrajların uniform yapışma gücü olarak 7 adet tasarım değişkeni kullanılarak inşa edilmiştir. ACI Committee 355 tarafından gerçek testlerle oluşturulmuş ve internette yer alan kimyasal bağlı ankraj veri tabanı kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağı modeli doğrulanmıştır. Çalışma kapsamında beton sınıfı C10 ile C60 aralığında değişen

beton ve 20 ile 300 mm aralığında değişen gömme derinliği kullanılmıştır. Yaptıkları alışma sonucunda ankrajların çekme kapasitesinin ankraj çap ve gömülme derinliği ile doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Kimyasal ankrajların çekme kapasitesine beton basınç dayanımlarının etkisinin nerdeyse doğrusal olduğu ve ayrıca kimyasal reçine türüne bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak düzgün bağ stres modeli kimyasal ankrajların çekme kapasitesine farklı parametrelerin etkisini tahmin etmek için literatürde mevcut olanlar arasında en uygunlardan biri olduğu ifade edilmiştir.

Gesoğlu vd. (2005), yaptıkları bu çalışmada elik lifler kullanılarak güçlendirilmiş normal dayanımlı ve yüksek dayanımlı betonlar üzerine yerleştirilen ankrajların davranışlarını incelemişlerdir. Kimyasal ankrajlarda çapları 12 ve 16 mm olan ankraj çubukları kullanılmıştır. Harçlı ankrajlarda ise çapı 16 mm olan ankraj çubukları kullanılmıştır. Çalışma kapsamında; gömme derinliği 40 ile 160 mm aralığında değişen 39 adet kimyasal ankraj testi ve gömme derinliği 80, 120 ve 160 mm olan 18 adet harçlı ankraj testi yapılmıştır. Yapılan alışma neticesinde genel olarak ankrajların çekme kapasitesinin beton basınç dayanımının artması ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Yapılan testlerde maksimum yüklemedeki deplasmanların elik lifle güçlendirilmiş betonlarda genel olarak yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Gömme derinliğinin küçük olduğu durumlarda 12 ve 16 mm çapları olan kimyasal ve harçlı ankrajlar için ACI 349-85 metodunun ankraj kapasitesinde CCD metottan daha iyi olduğu ifade edilmiştir.

Seyhan (2006), yaptığı bu tez çalışmasında kimyasal ankrajlara yönelik bir dizi deney yapmıştır. Yapılan bu deneyler kapsamında; kimyasal yapıştırıcı, donatı çapı, ankraj deliği çapı, ankraj derinliği, ve ankraj deliklerinin hazırlanışı değişken olarak incelenmiştir. Bu değişkenlerin incelendiği toplam seksen adet ankraj testi yapılmıştır. Türkiye'deki mevcut yapıları temsil etmesi için ankraj testlerinde düşük dayanımlı (C16 sınıfı) 7 adet beton plaka kullanılmıştır. Bu plakalara $\Phi 16$ ve $\Phi 20$ donatı çaplarında, 6Φ , 8Φ , 10Φ ve 12Φ derinliklerde, $\Phi+6$ mm ve $\Phi+8$ mm ankraj deliği çaplarında ve tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş ve suya doğgun-nemli yüzey hazırlık aşamalarından geçmiş 80 adet kimyasal ankraj imalatı yapılmış ve aksenal çekme yükleri altındaki davranışları incelenmiştir. Yapılan alışma sonucunda; ankraj deliği çapının artması gibi sürtünme yüzeyi alanının artmasına neden olacak herhangi bir değişimin ankraj dayanımını da artıracadığı, ankraj delik çapının artırılması derin ankrajlarda (derinlik $>10\Phi$) ankraj davranışları üzerinde de

sınırlı bir etki gösterebildiği ifade edilmiştir. Ayrıca ankraj imalatında kullanılan yapıştırıcı malzeme ankraj davranışını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu ifade edilmiştir.

Gürbüz, vd. (2007), bu çalışmalarında farklı dayanımlara sahip iki tip beton blok içerisine, iki farklı kimyasal yapıştırıcı kullanarak, ankraj derinliğinin (6Φ, 8Φ, 10Φ, ve 12Φ) ve ankraj donatı çapının (16Φ ve 20Φ) değişken olarak araştırıldığı toplam 24 adet ankraj numunesinin çekip çıkarma deneylerini yapmışlardır. Deney elemanlarının yük-yer değiştirme ilişkileri, eksenel yük kapasiteleri ve göçme biçimleri araştırılmıştır. Türkiye'deki mevcut betonarme binalardaki beton kalitesinin temsil edebilmesi amacıyla basınç dayanımları 12MPa ve 16MPa olan iki farklı kalitede düşük dayanımlı beton kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan deney düzenekleri göçme anında beton konisi oluşumunu engellemeyecek şekilde tasarlanmıştır. M1 kimyasal yapıştırıcı ile yapılan 6Φ derinliğindeki ankrajlarda betonun konik olarak göçmesi gözlenirken daha derin ankrajlarda beton konisi ve ankraj sıyrılması birlikte gerçekleştiği gözlemlenmiştir. M2 kimyasal yapıştırıcı ile yapılan tüm ankrajlar daha düşük çekme kuvvetinde sıyrılarak göçmüştür. Artan derinlik ile eşdeğer düzgün yayılı yapışma dayanımlarında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Genel olarak M1 kimyasal yapıştırıcı kullanılan ankrajlarda yapışma dayanımı 9-10 MPa, M2 kimyasal yapıştırıcı kullanılan ankrajlarda 4-5 MPa düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Buradan kimyasal yapıştırıcıların kalitesinin ankraj dayanımına çok büyük etkisi olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Gürbüz (2007), yaptığı bu tez çalışması kapsamında onarım ve güçlendirme çalışmalarında sıkça kullanılan kimyasal ankrajlarda ankraj derinliğinin ve ankraj deliği koşullarının değişken olarak incelendiği bir dizi eksenel çekme deneyi gerçekleştirmiştir. Yapılan bu deneyler kapsamında kısmi bağlı ve tam bağlı olmak üzere iki farklı ankraj yerleştirme detayı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ankraj çapı 16 mm ve ankraj deliği çapı 22 mm olarak tüm testlerde sabit tutulmuştur. Deneyler kapsamında kullanılan betonun dayanımı 12.7 MPa olarak belirlenmiştir. 6Φ, 8Φ, 10Φ, ve 12Φ derinliklerde toplam 85 adet ankraj numunesinin çekip çıkarma testleri yapılmıştır. Yapılan bu testler sonucunda; kısmi bağlı ankrajlar ile tam bağlı ankrajların göçme tiplerinin birbirinden farklı olduğu gözlemlenmiştir. Kısmi bağlı ankrajların tam bağlı ankrajlara göre daha sünek davranış gösterdiği ve daha yüksek göçme dayanımlarına ulaştığı gözlemlenmiştir. Temizlenmemiş numunelerde ankraj eksenel yük kapasitesinde temizlenmiş ankrajlara oranla %40'lara varan düşüş

gözlemlenmiştir. Nemli yüzeylere uygulanan ankrajların göçme yüklerinin %30 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Testlerde kullanılan kimyasal yapıştırıcının yapışma dayanımı 15-23 MPa değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bulunan bu değerler, üretici firmanın verdiği yapışma dayanımı değeri olan 3 MPa değerinin çok üstünde olduğu gözlemlenmiştir.

Kaya (2007), yaptığı bu tez çalışmasında ankraj uygulamalarında sıkça kullanılan epoksi bazlı kimyasal ankraj malzemesi ile; güçlendirme çalışmalarında sıkça karşılaşılan örnekleri temsil edecek düşük dayanımlı beton bloklara yapılan ankrajların aksel çekme ve statik çekme yükleme altındaki davranışlarını incelemiştir. Yapılan çalışma kapsamında yüzey temizliği ve yüzey tozluluğu durumlarında ankraj dayanımları araştırılmıştır. Deneylede ankraj donatısının ankraj deliği boyunca tamamen yapıştırılmadığı; ankraj yüzeyinden itibaren bir serbest derinliği ve ardında bağlı derinliği bulunan kısmi bağlı ankrajlar üzerine çalışılmıştır. Yapılan çalışmada ankraj derinlikleri ankraj çapının katları şekilde değişen boylarda seçilmiştir. Bütün ankraj donatıları mekanik ve kimyasal özellikleri aynı olan 16 mm çapında nervürlü donatıdır. Deney kapsamında ankraj donatıları temizlenmiş, tozu atılmış ve temizlememiş olmak üzere üç farklı yüzeyde yerleştirilmiştir. Çalışma sonucunda 6Φ'den 12Φ'ye kadar değişen derinliklerde gerçekleştirilen tam bağlı ankraj numunelerinde, göçme yükü derinlikle doğrusal bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Düzgün yayılı kabul edilen yapışma dayanımı tüm bağlı numunelerde 9 MPa civarında çıkmıştır. Kısmi bağlı olarak tasarlanan ankraj numunelerinin tamamında sıyrılma ile göçme gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bir kısmi bağlı ankrajın, aynı bağlı derinlikte tam bağlı bir ankraja göre iki kat mertebesinde daha güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Deney programı sırasında gerçekleştirilen ancak beton kesitin yarıması dolayısıyla yapışma dayanımını kaybetmeden göçen numunelerin derinlikleri ve içlerine ankre edildikleri beton plağın kalınlığı değerlendirilerek, ankraj derinliğinin plak kalınlığının %75'inden daha derin olmasının sakıncalı olduğu ifade edilmiştir.

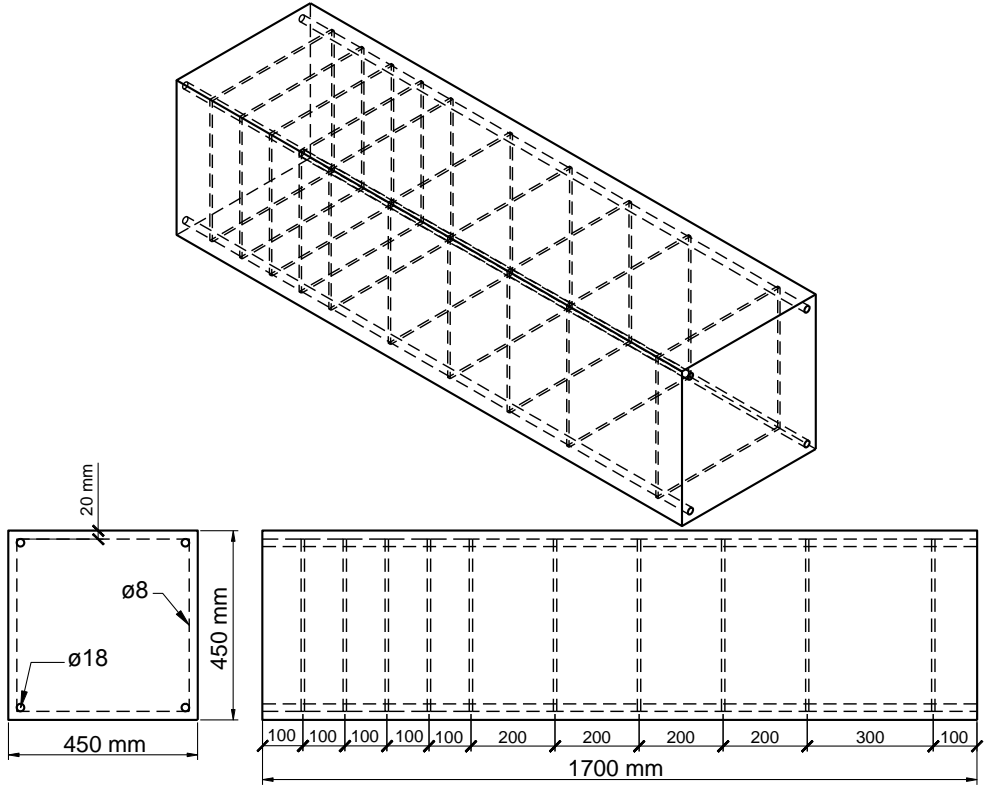
3. DENEY ELEMANLARI VE YÖNTEM

3.1 Genel

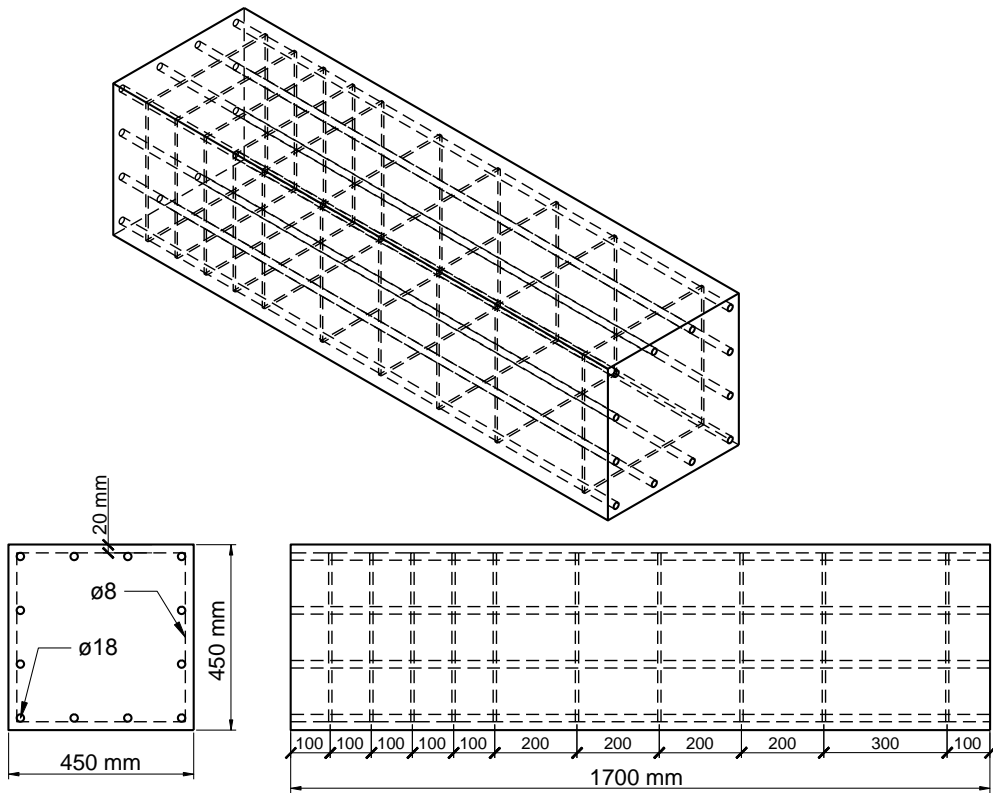
Literatüre bakıldığında yapılan birçok çalışmada ankraj deneyleri donatısız beton üzerinde yapıldığı görülmektedir. Fakat incelenen birçok güçlendirme çalışmasında kullanılan ankrajların donatılı kolon, kiriş vb. yapı taşıyıcı elemanlarına yapıldığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında ankraj yapılan yapı elemanın sahip olduğu donatı oranının ankraj dayanımına olan etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlarda donatı yerleştirilmiş ve etriye aralığı değiştirilmiş toplam 4 adet kolon üzerinde her bir yüzeyde 3 adet olmak üzere farklı derinliklerde 48 adet ankraj uygulaması ve çekme deneyi yapılmıştır. Yapılan bu deneylerde amaç ankraj dayanımına, ankraj yapılan elemanda bulunan donatıların etkisi olup olmadığının belirlenmesi ve varsa değişen donatı oranlarında bu etkinin ne kadar olduğunu gözlemlemektir.

3.2 Deney Elemanları ve Deneysel Değişkenler

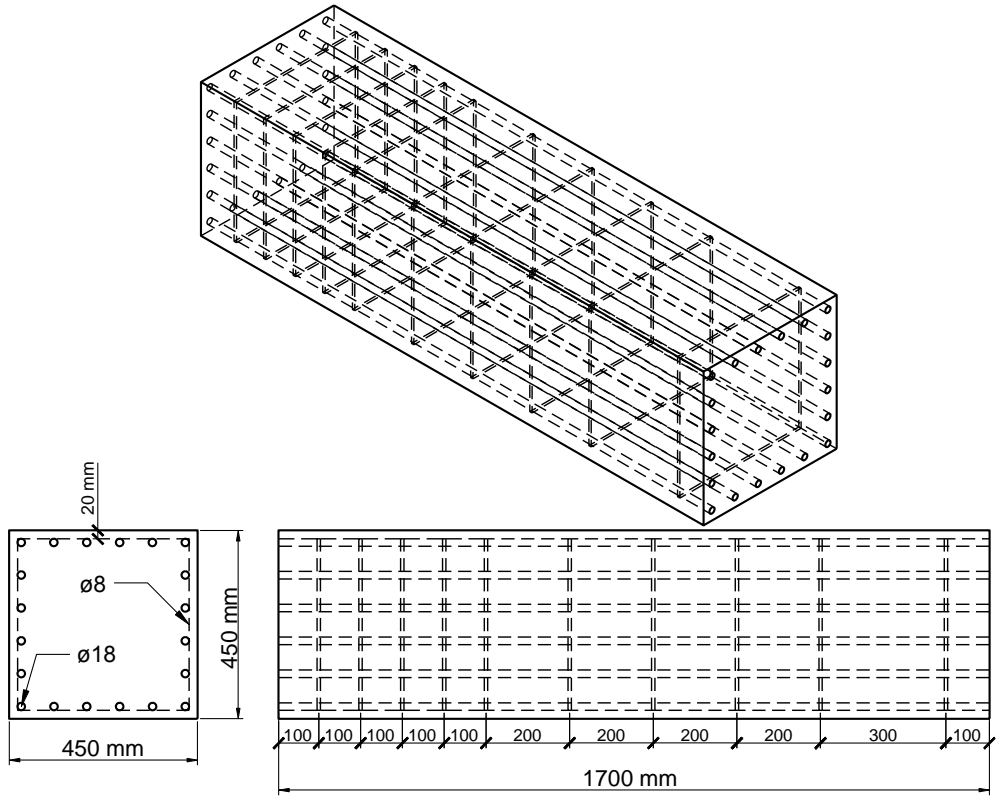
Bu çalışmada çekme kuvveti etkisindeki çelik ankraj elemanlarının donatılı betona ankrajla bağlanması deneysel olarak araştırılmıştır. Deney kapsamında toplam dört adet kesiti 450 x 450 mm olan 2700 mm boyunda kolon elemanı üretilmiştir. Kolon elemanlarının birincisinde 4 adet 18 mm çapında, ikincisinde 12 adet 18 mm çapında, üçüncüsünde 20 adet 18 mm çapında ve dördüncüsünde 28 adet 18 mm çapında boyuna donatı kullanılarak farklı donatı oranlarına sahip kolonlar üretilmiştir. Kolon elemanlarına ait donatı oranları Çizelge 3.1'de yer almaktadır. Aynı zamanda kolon elemanlarının her birinde 300mm, 200mm ve 100 mm aralıklarla 8 mm çapında etriyeler yerleştirilmiştir. Deneylerde kullanılacak kolon elemanlarının geometrik özellikleri ve donatı detayı; kolon elemanı-1 Şekil 3.1'de, kolon elemanı-2 Şekil 3.2'de, kolon elemanı-3 Şekil 3.3'de ve kolon elemanı-4 Şekil 3.4'te yer almaktadır.



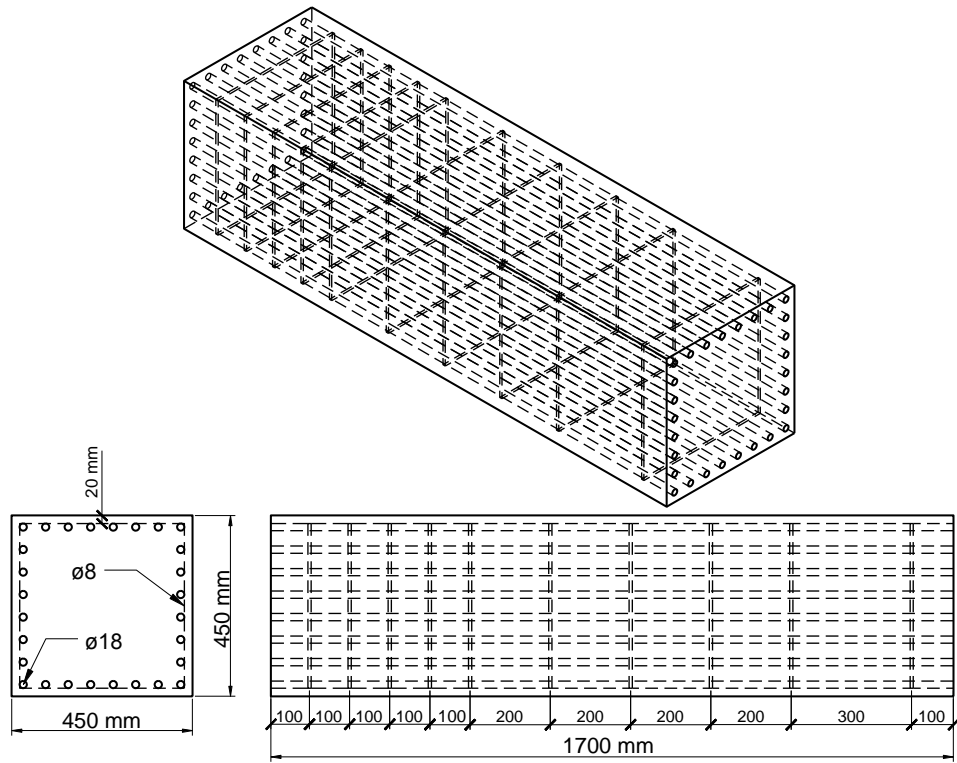
Şekil 3.1: Kolon elemanı-1'in geometrisi ve donatı özellikleri.



Şekil 3.2: Kolon elemanı-2'nin geometrisi ve donatı özellikleri.



Şekil 3.3: Kolon elemanı-3'ün geometrisi ve donatı özellikleri.

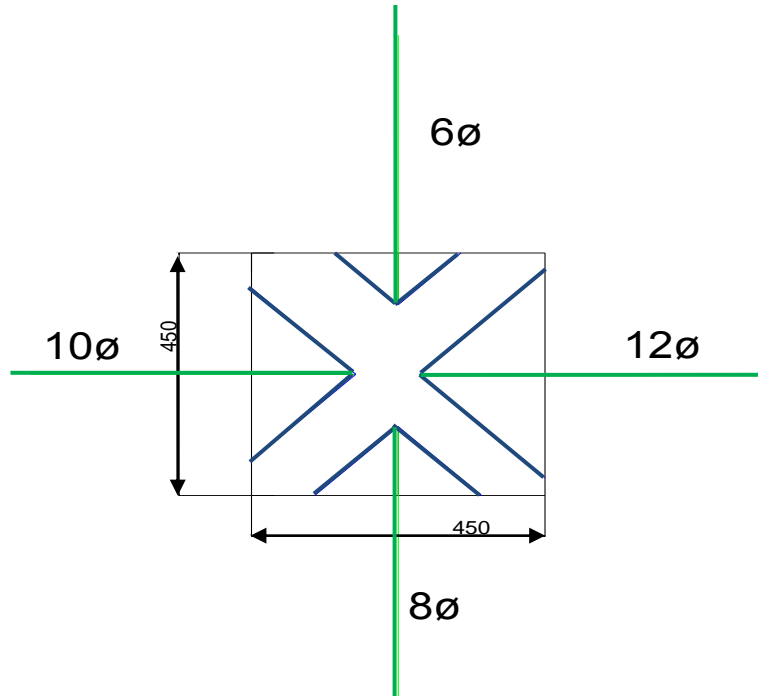


Şekil 3.4: Kolon elemanı-4'ün geometrisi ve donatı özellikleri.

Çizelge 3.1: Kolon elemanlarına ait donatı oranları.

Kolon Elemanlarına Ait Donatı Oranları			
	Kesit Boyutları	Boyuna Donatı Miktarı	Boyuna Donatı Oranı
Kolon Elemanı-1	450x450x1700mm	4ø18	0,005
Kolon Elemanı-2	450x450x1700mm	12ø18	0,015
Kolon Elemanı-3	450x450x1700mm	20ø18	0,025
Kolon Elemanı-4	450x450x1700mm	28ø18	0,035

Kolon elemanlarının dört yüzeyi de deney için kullanılacaktır. Literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda yüzeylerde yapılan testlerin birbirinde etkilenmemesi için yeterli kesit boyutu olarak 450x450 mm belirlenmiştir. Literatürde yer alan bilgilerin irdelenmesi sonucunda ankraj etki alanı olarak ankraj derinliğinin iki katı mesafeler dikkate alınarak kurgulanan ankraj etki alanları mavi renk çizgiler ile Şekil-3.5'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5: Deney elemanlarına ait ankraj etki alanları.

Bu çalışma kapsamında araştırılan değişkenler;

- Boyuna donatı oranının ankraj dayanım kapasitesine etkisi,
- Etriye aralığının ankraj dayanım kapasitesine etkisi,
- Ayrıca bu iki değişkenle birlikte değişen ankraj derinliğinin ankraj dayanım kapasitesine etkisidir.

Bu bölümde anlatılan değişkenleri içeren tipik bir ankraj gösterimi deney elemanı-1 için aşağıda örnek olarak verilmiştir:

1/0.005/300mm/96mm

1: Birinci sırada yapılan,

0.005: Donatı oranı (ρ) 0.005 olan bir kolona yapılan,

300mm: Etriye aralığı (s) 300 mm olan alana yapılan,

96mm: Gömme derinliği (h_{ef}) 96 mm olan

bir ankrajı belirtmektedir. Tüm değişkenleri ve ankraj gösterimlerini içeren Çizelge 3.2'de yer almaktadır.

Çizelge 3.2: Deney değişkenleri ve ankraj gösterimleri.

Deney Sırası	Donatı Oranı	Etriye Aralığı	Ankraj Derinliği	Ankrajın Gösterimi
1	0.005	300 mm	96 mm	1/0.005/300mm/96mm
2			128 mm	2/0.005/300mm/128mm
3			160 mm	3/0.005/300mm/160mm
4			192 mm	4/0.005/300mm/192mm
5		200 mm	96 mm	5/0.005/200mm/96mm
6			128 mm	6/0.005/200mm/128mm
7			160 mm	7/0.005/200mm/160mm
8			192 mm	8/0.005/200mm/192mm
9		100 mm	96 mm	9/0.005/100mm/96mm
10			128 mm	10/0.005/100mm/128mm
11			160 mm	11/0.005/100mm/160mm
12			192 mm	12/0.005/100mm/192mm
13	0.015	300 mm	96 mm	13/0.015/300mm/96mm
14			128 mm	14/0.015/300mm/128mm
15			160 mm	15/0.015/300mm/160mm
16			192 mm	16/0.015/300mm/192mm
17		200 mm	96 mm	17/0.015/200mm/96mm
18			128 mm	18/0.015/200mm/128mm
19			160 mm	19/0.015/200mm/160mm
20			192 mm	20/0.015/200mm/192mm
21		100 mm	96 mm	21/0.015/100mm/96mm
22			128 mm	22/0.055/100mm/128mm
23			160 mm	23/0.015/100mm/160mm
24			192 mm	24/0.015/100mm/192mm
25	0.025	300 mm	96 mm	25/0.025/300mm/96mm
26			128 mm	26/0.025/300mm/128mm
27			160 mm	27/0.025/300mm/160mm
28			192 mm	28/0.025/300mm/192mm
29		200 mm	96 mm	29/0.025/200mm/96mm
30			128 mm	30/0.025/200mm/128mm
31			160 mm	31/0.025/200mm/160mm
32			192 mm	32/0.025/200mm/192mm
33		100 mm	96 mm	33/0.025/100mm/96mm
34			128 mm	34/0.025/100mm/128mm
35			160 mm	35/0.025/100mm/160mm
36			192 mm	36/0.025/100mm/192mm
37	0.035	300 mm	96 mm	37/0.035/300mm/96mm
38			128 mm	38/0.035/300mm/128mm
39			160 mm	39/0.035/300mm/160mm
40			192 mm	40/0.035/300mm/192mm
41		200 mm	96 mm	41/0.035/200mm/96mm
42			128 mm	42/0.035/200mm/128mm
43			160 mm	43/0.035/200mm/160mm
44			192 mm	44/0.035/200mm/192mm
45		100 mm	96 mm	45/0.035/100mm/96mm
46			128 mm	46/0.035/100mm/128mm
47			160 mm	47/0.035/100mm/160mm
48			192 mm	48/0.035/100mm/192mm

3.3 Malzemeler

3.3.1 Deney elemanları olarak kullanılan ankrajlar

Deney elemanı olarak kullanılan ankraj elemanları inşaatlarda sıklıkla kullanılan nervürlü inşaat çeliğinden seçilmiştir. Tüm ankraj çubukları donatı çapı 16 mm olarak aynı tip mekanik özelliklere sahip S420 sınıfı inşaat çeliği ve nervür detayı aynı olan kangal inşaat çeliğinden deneylerde kullanılmak üzere 72 cm uzunlukta kesilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan ankraj elemanları yapılacakları ankraj derinlikleri üzerlerine titizlikle işaretlenmiştir. Ankraj donatılarına ait akma ve kopma dayanımları Çizelge 3.3’de, yapılan testlere ait görüntü Şekil 3.6’da yer almaktadır.

Çizelge 3.3: Ankraj donatılarının deney sonuçları.

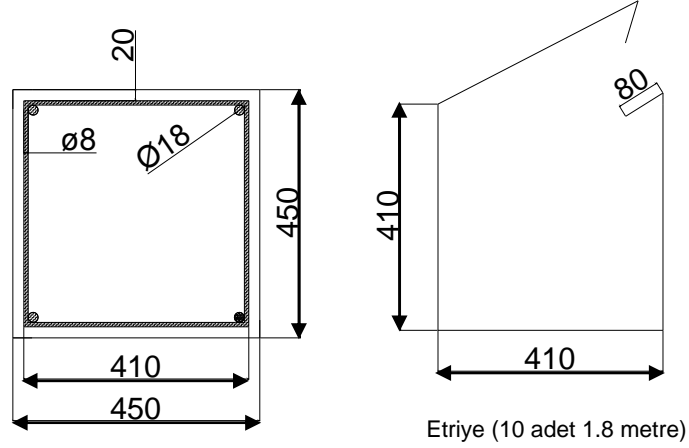
Deney Nu.	Donatı Sınıfı	Çap (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Akma Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	S420	16	200.96	474.64	558.93	480.27	566.38
2	S420	16	200.96	480.26	568.12		
3	S420	16	200.96	485.92	572.09		



Şekil 3.6: Ankraj donatı testlerine ait görüntüler.

3.3.2 Kolon elemanlarının üretiminde kullanılan donatı

Kolon elemanlarının üretiminde S420 sınıfı 18 mm çapında boyuna donatı ve S420 sınıfı 8 mm çapında etriye donatısı olmak üzere iki tip donatı kullanılmıştır. Kullanılan etriye donatısına ait detay çizimi Şekil 3.7’de verilmiştir. Boyuna donatılara ait akma ve kopma dayanımları Çizelge 3.4’te, etriye donatılarına ait akma ve kopma dayanımları Çizelge 3.5’te yer almaktadır.



Şekil 3.7: Etriye donatısı detay çizimi.

Çizelge 3.4: Boyuna donatıların deney sonuçları.

Deney Nu.	Donatı Sınıfı	Çap (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Akma Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	S420	18	254.34	483.19	570.54	487.31	584.64
2	S420	18	254.34	487.88	583.05		
3	S420	18	254.34	490.88	600.35		

Çizelge 3.5: Etriye donatılarının deney sonuçları.

Deney Nu.	Donatı Sınıfı	Çap (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Akma Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	S420	8	50.26	465.51	550.94	465.23	553.43
2	S420	8	50.26	460.23	548.58		
3	S420	8	50.26	469.96	560.77		

3.3.3 Kolon elemanlarında kullanılan beton

Yapılacak deneylerde amaç donatı oranının ankraj dayanımına etkisini araştırmak olması sebebiyle piyasada sıklıkla bulunan ve kullanılan C20/25 sınıfı hazır beton tercih edilmiştir. Kullanılan betona ilişkin temini yapılan hazır beton firmadan alınan karışım oranları Çizelge 3.6'da verilmiştir. 1 m³ karışımda 240 kg çimento kullanılmıştır. Su/çimento oranı ise 0,70 olarak belirlenmiştir. Beton dökülürken; beton dayanımını tespit edebilmek için değişik aşamalarda, standart küp deneylerinde kullanılmak üzere 3 adet standart (15x15x15 cm³) küp numune alınmıştır. Betona ilişkin malzeme deneyleri 28. günde Aksaray Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mekaniği Laboratuvarında yapılmıştır. Standart silindir deneylerinden elde edilen basınç dayanımları ve bu büyüklüklere ilişkin ortalama değerler Çizelge 3.7'de yer almaktadır.

Çizelge 3.6: Beton karışım oranı (1 m³ beton için).

Malzemeler	Çimento	Kum (0/4)	Kırmataş (4/11)	Kırmataş (11/22)	Uçucu Kül	Kimyasal Katkı
Miktarı (kg/m ³)	240	945	302	625	50	3.12

Çizelge 3.7: Standart beton küp basınç dayanımları.

Standart Küp Deneyi Numunesi	Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Silindir Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Ortalama Silindir Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	28.30	22.64	22.9
2	28.57	22.85	
3	29.10	23.28	

3.3.4 Epoksi

Ankrajların yerleştirilmesinde güçlendirme uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir ürün olan BASF Yapı – YKS grubunun, MasterBrace ADH 1406 isimli ve epoksi bazlı kimyasal yapıştırıcısı kullanılmıştır. Kullanılan bu kimyasal malzemeye ait görsel Şekil 3.8'de, üretici firmadan temin edilen teknik özellikler Çizelge 3.8'de yer almaktadır.



Şekil 3.8: MasterBrace ADH 1406 kimyasal yapıştırıcı.

Çizelge 3.8: Epoksi reçinesinin mekanik özellikleri.

Malzemenin Yapısı MasterBrace® ADH 1406 Bileşen A MasterBrace® ADH 1406 Bileşen B	Epoksi Reçine Epoksi Sertleştirici
Renk	Gri
Karışım Yoğunluğu	1,70 ± 0,05 kg/litre
*Basınç Dayanımı (TS EN 196) 1 gün 7 gün	30 N/mm ² 75 N/mm ²
*Eğilme Dayanımı (TS EN 196) 1 gün 7 gün	17 N/mm ² 25 N/mm ²
Yapışma Dayanımı (28 gün) Betona Çeliğe	3,0 N/mm ² 3,5 N/mm ²
Uygulama Kalınlığı	Min. 2 mm Maks. 30 mm
Uygulanacak Zeminin Sıcaklığı	+5°C +30°C
Kullanma Süresi (+20°C)	40 dakika
Yeniden Kaplanabilme Süresi (+20°C)	18-24 saat
Üzerinde Yürünebilme Süresi (+20°C)	24 saat
Servis Sıcaklığı	-15°C +90°C
Tam Kurlenme Süresi (+20°C)	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 Kolon Elemanlarının Üretilmesi ve Deney İçin Hazırlanması

Çalışma kapsamında toplam 48 adet ankraj çekme deneyi yapmak amacıyla 4 adet kolon elemanı üretilmiştir. Kolon elemanları ve deney düzeneği ile ilgili yapılan tüm çalışmalar Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Kolon elemanlarının hazırlanmasında ahşap kalıplardan faydalanılmıştır. Beton dökülmeden önce kalıpların yüzeyinde gerekli hazırlıklar yapılmıştır. Beton dökümü hazır beton firmasından transmikser vasıtasıyla getirilmiş ve boşluksuz bir eleman olması için vibratör kullanılmıştır. Hazırlanmış kalıplara ait görüntüler Şekil 3.9'da yer almaktadır. Kolon elemanları 28 gün boyunca gerekli kür uygulamaları yapılarak bekletilmiştir. Hazırlanmış kolon elemanlarının görüntüleri Şekil 3.10'da yer almaktadır.



Şekil 3.9: Hazırlanmış kalıplara ait görüntüler.



Şekil 3.10: Kolon elemanları.

Prizini almış deneye hazır olan kolonların üzerinde açılacak ankraj deliklerinin yerleri özenle işaretlenmiştir. Delik yerleri işaretlenmiş kolon elemanının görüntüsü Şekil 3.11’de yer almaktadır. İşaretlenen delikler delici ile hassas bir şekilde delinmiştir. Açılan deliklerin düşey hizalarının düzgün olması için gerekli tedbirler alınmıştır. Delik açmada kullanılan delici Şekil 3.12’de, açılan deliklere ait görüntü Şekil 3.13’te yer almaktadır.



Şekil 3.11: Delik yerleri işaretlenmiş kolon elemanı.



Şekil 3.12: Kolon elemanlarına ankraj delikleri açmak için kullanılan delici.



Şekil 3.13: Kolon elemanlarının ankraj deliklerinin açılmış görüntüsü.

Her bir kolon elemanına farklı derinliklerde ve tamamı 20 mm çapında olan toplam 12 adet delik açılmıştır. Kolon elemanlarına açılan delik boyları Çizelge 3.9’da yer almaktadır.

Çizelge 3.9: Ankraj delik boyları.

Ankraj Delik Boyları				
	Ankraj Derinliği (Yüzey-1)	Ankraj Derinliği (Yüzey-2)	Ankraj Derinliği (Yüzey-3)	Ankraj Derinliği (Yüzey-4)
Kolon Elemanı-1	6ø(96mm)	8ø(128mm)	10ø(160mm)	12ø(192mm)
Kolon Elemanı-2	6ø(96mm)	8ø(128mm)	10ø(160mm)	12ø(192mm)
Kolon Elemanı-3	6ø(96mm)	8ø(128mm)	10ø(160mm)	12ø(192mm)
Kolon Elemanı-4	6ø(96mm)	8ø(128mm)	10ø(160mm)	12ø(192mm)

Açılan ankraj deliklerine yerleştirilmek üzere 16 mm çapında ve 72 cm boyunda nervürlü inşaat çeliği kullanılarak ankraj deney elemanları hazırlanmıştır. Ankraj donatılarının görüntüsü Şekil 3.14’te yer almaktadır. Ankraj elemanları ankraj deliklerine yerleştirilmeden önce hava kompresörü yardımıyla deliklerin titizlikle

temizlenmesi sağlanmıştır. Deliklerin temizlenme aşamasına ait görüntüler Şekil 3.15'te yer almaktadır.



Şekil 3.14: Ankraj donatıları.

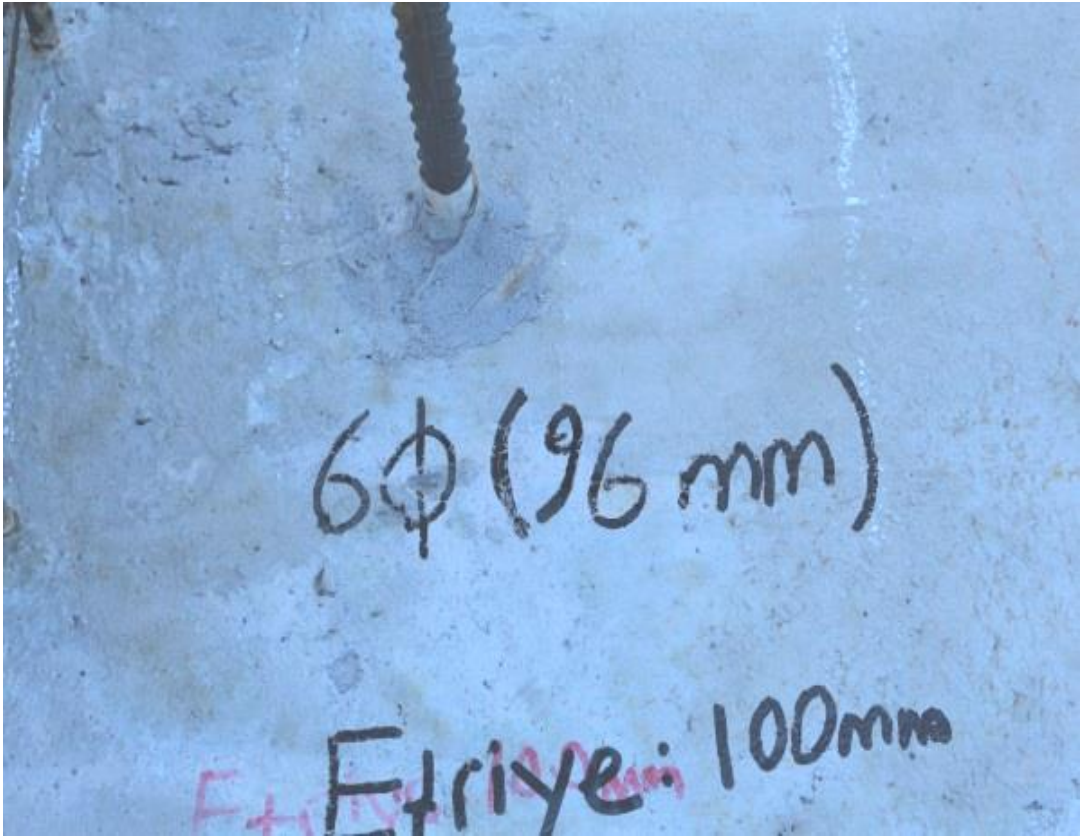


Şekil 3.15: Ankraj deliklerinin temizlenmesine ait görüntüler.

Ankrajlar, çekme deneyi zamanı da dikkate alınarak epoksi kimyasal yapıştırıcı için tavsiye edilen 7 günlük bekleme süresi sonunda denenmek üzere deliklere ekimi yapılmıştır. Ankraj için kullanılan kimyasal yapıştırıcı üretici firmanın uygulama şartnamesi dikkate alınarak kullanılmıştır. Deneyler kullanılan kimyasal yapıştırıcının teknik özelliklerinde yer alan bilgiler doğrultusunda uygun hava koşullarında yapılmıştır. Öncelikle ankraj için açılan delikler kimyasal yapıştırıcı ile tamamen doldurulmuş ve ankraj donatısının etrafı da kimyasal yapıştırıcı ile titizlikle kaplandıktan sonra ankraj deliğine yerleştirilmiştir. Ankrajların deliklere yerleştirilmesi sırasında deliklerde hava kabarcığı ve boşluk kalmamasına özen gösterilmiştir. Ankraj ekimlerine ait görüntüler Şekil 3.16'da yer almaktadır.



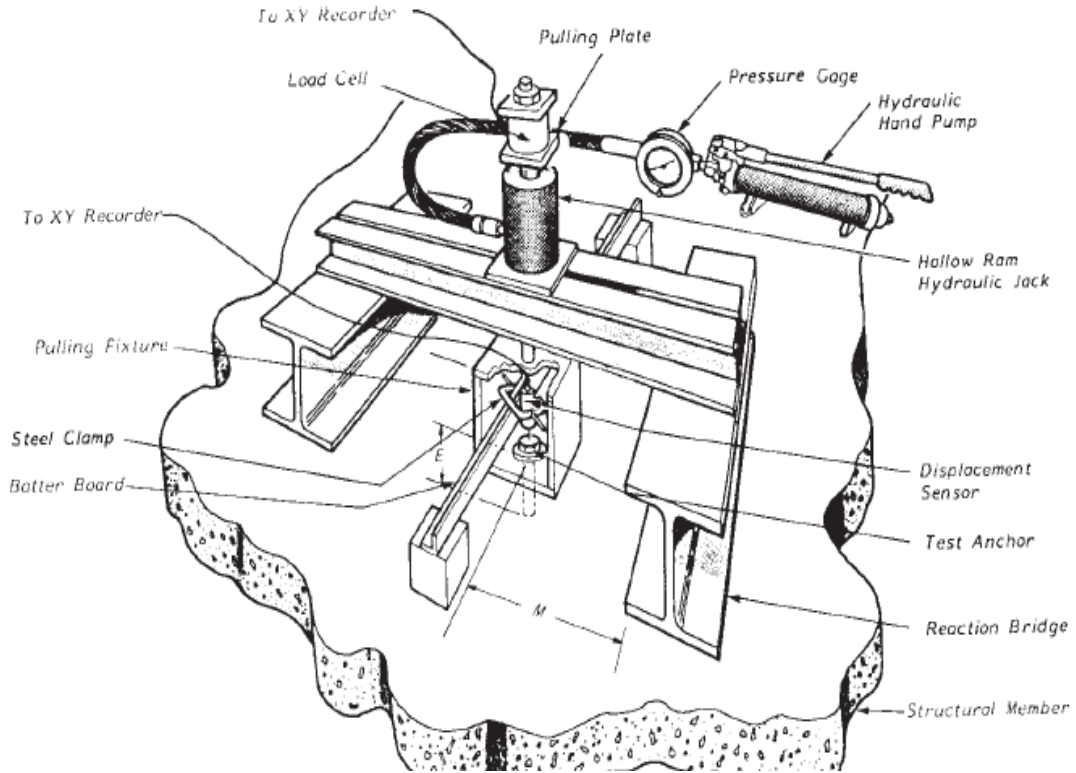
Şekil 3.16: Ankraj ekimleri yapılan deney elemanlarına ait görüntüler.



Şekil 3.16 (Devam): Ankraj ekimleri yapılmış deney elemanlarına ait görüntüler.

3.5 Deney ve Ölçüm Düzeni

Tasarlanan deney düzeneği Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda oluşturulmuştur. Deney düzeneği tasarlanırken ankraj donatılarına uygulanan aksel çekme yüklerinden dolayı oluşacak tepkiyi ankraj çevresinden yeterince uzağa aktarılacak şekilde tasarlanmıştır. Literatürde yer alan deneysel çalışmalar incelendiğinde deney düzeneği tasarımlarında aynı koşulun esas alındığı görülmüştür. Ankraj donatılarının aksel çekme yüklemesi esnasında kaymasını önlemek amacıyla yüklemeye miktarı arttıkça donatıyı daha iyi kavrayan özel metal kamalar temin edilerek kullanılmıştır. Tasarlanan deney düzeneği ve gerçekleştirilen ankraj testleri ASTM E488-96 (2003)'da belirtilen şartlara uygundur. ASTM E488-96 (2003)'da yer alan deney düzeneği Şekil 3.17'de, tasarlanan deney düzeneği Şekil 3.18'de yer almaktadır.



Şekil 3.17: ASTM Standardında yer alan deney düzeneği (ASTM 488-96, 2003).



Şekil 3.18: Tasarlanan deney düzeneği.

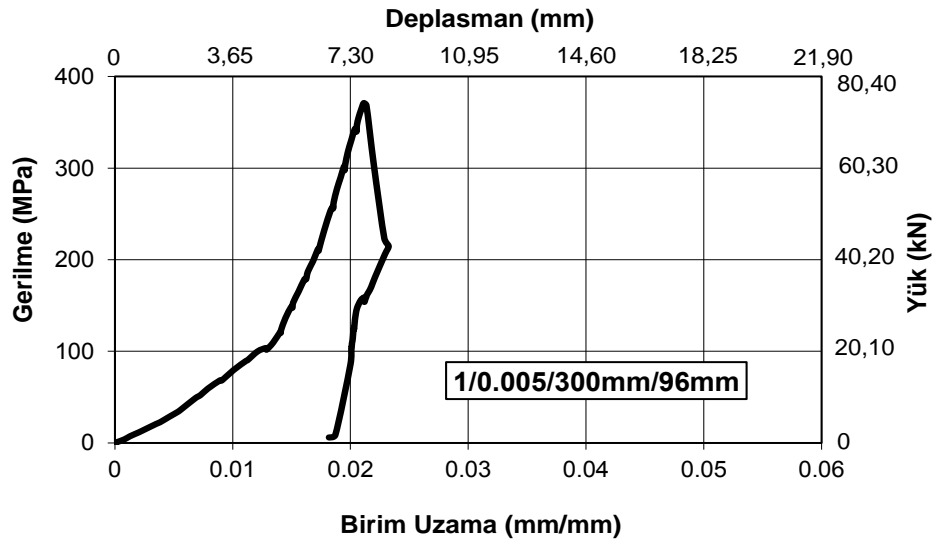
Yükleme Laboratuvarına ait 500 kN kapasiteli hidrolik kriko ve elden kumandalı hidrolik pompa vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Yük okumaları ise 500 kN kapasiteli bir yük hücresi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yükleme kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ani yüklemelerden kaçınılmıştır. Testlere göçme gerçekleşene kadar devam edilmiştir. Deney elemanlarında yer değiştirme miktarı bir adet 50 mm kapasiteli LVDT (Linear Variable Differential Transformer) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerde veriler 16 kanallı bir veri toplama ünitesi kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kayıtlar 1 saniyede 8 veri alınarak oluşturulmuştur.

4. DENEYLER

Deney Elemanı 1 (1/0.005/300mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 96 mm

74 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.2’de görüldüğü gibi iki etriye arasında diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1: 1/0.005/300mm/96mm deneyine ait grafik.

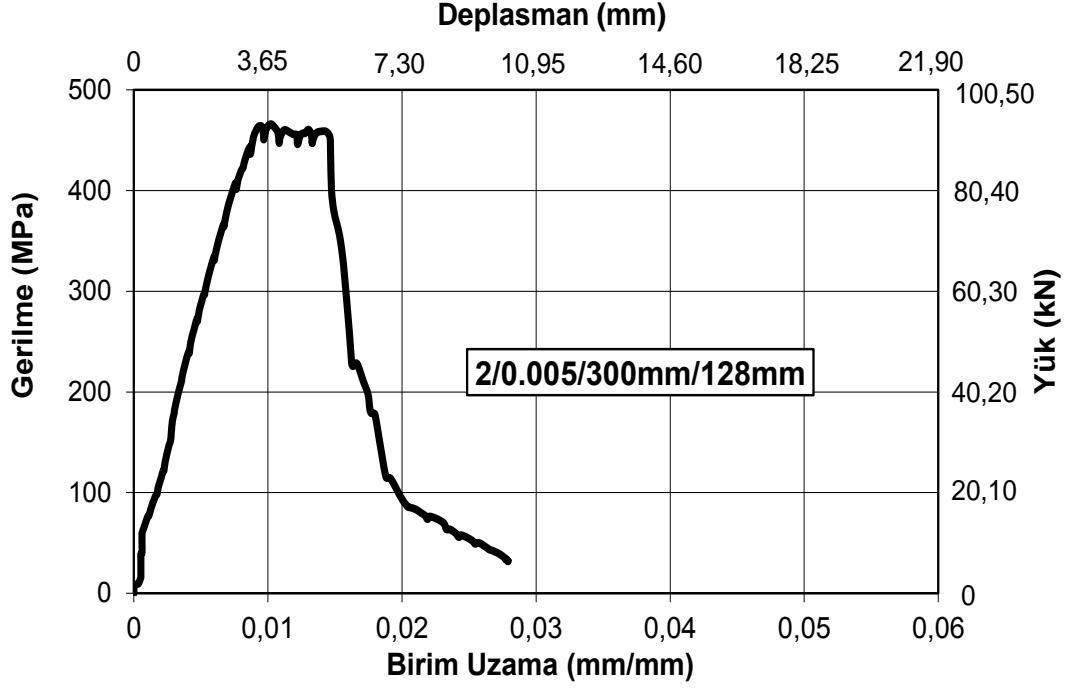


Şekil 4.2: 1/0.005/300mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 2 (2/0.005/300mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 128 mm

93 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.4'te görüldüğü gibi iki etriye arasında diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3: 2/0.005/300mm/128mm deneyine ait grafik.

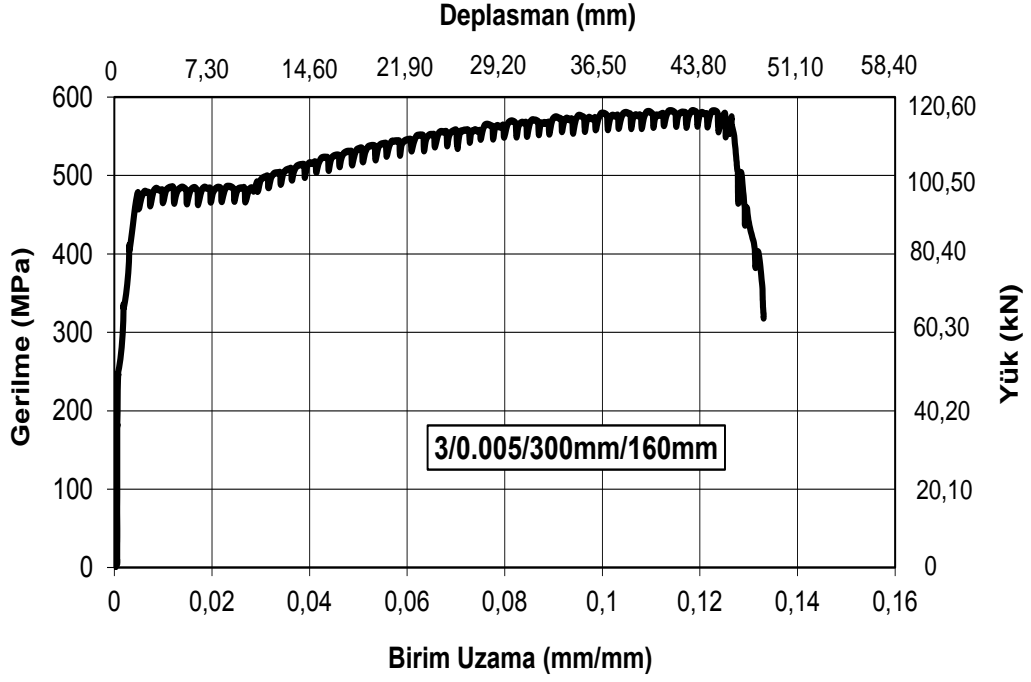


Şekil 4.4: 2/0.005/300mm/128mm deneyine ait resim.

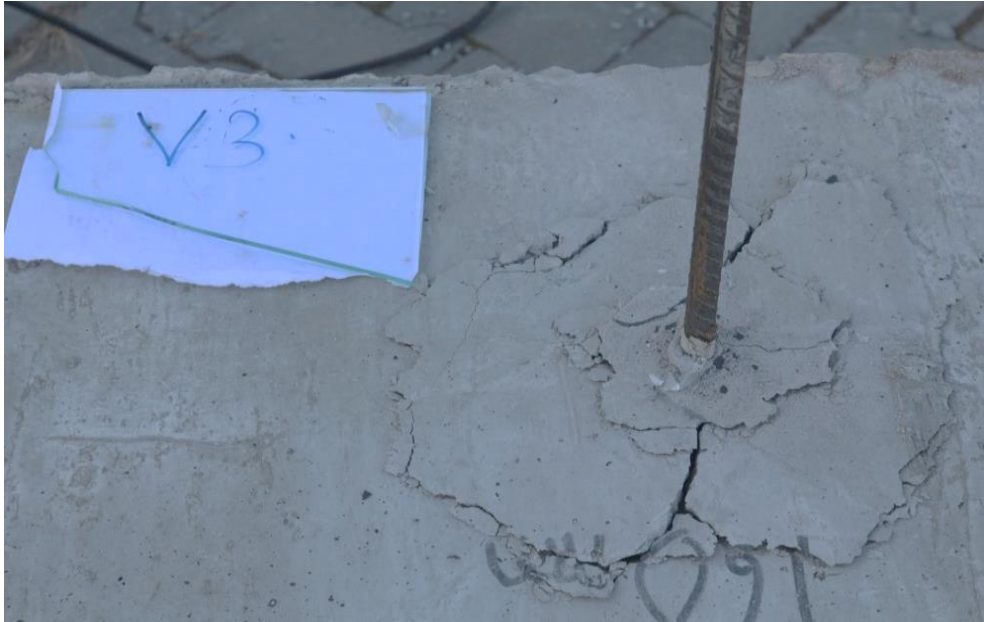
Deney Elemanı 3 (3/0.005/300mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 160 mm

117 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.6'da görüldüğü gibi çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5: 3/0.005/300mm/160mm deneyine ait grafik.

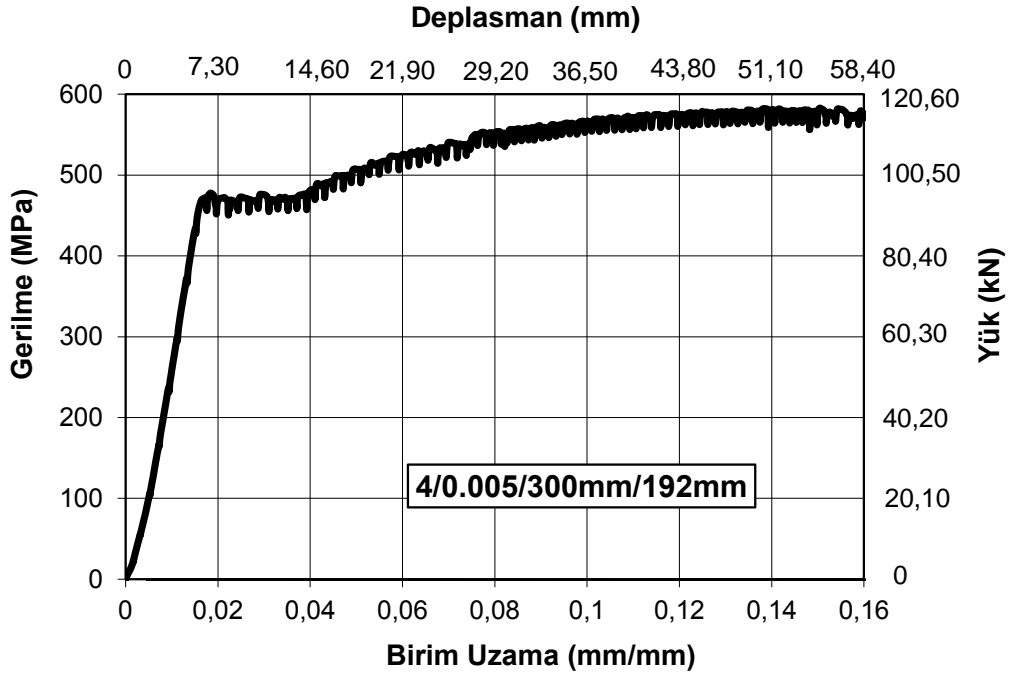


Şekil 4.6: 3/0.005/300mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 4 (4/0.005/300mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 192 mm

117 kN yük düzeyinde Şekil 4.8’de görüldüğü gibi ankraj elemanın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7: 4/0.005/300mm/192mm deneyine ait grafik.

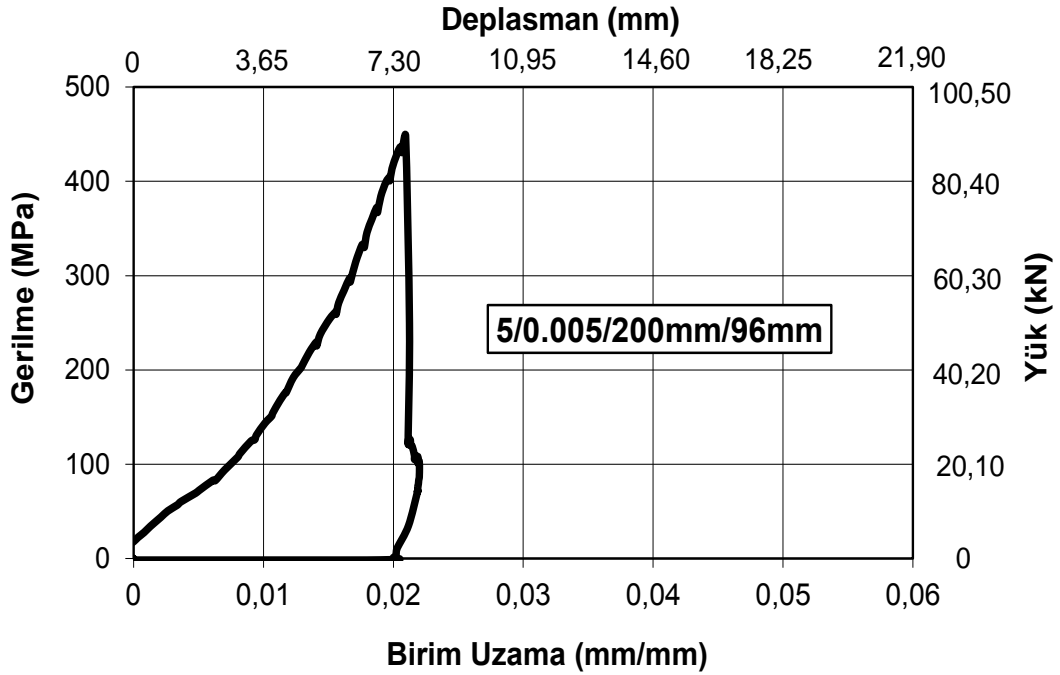


Şekil 4.8: 4/0.005/300mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 5 (5/0.005/200mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 96 mm

90 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.10'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9: 5/0.005/200mm/96mm deneyine ait grafik.

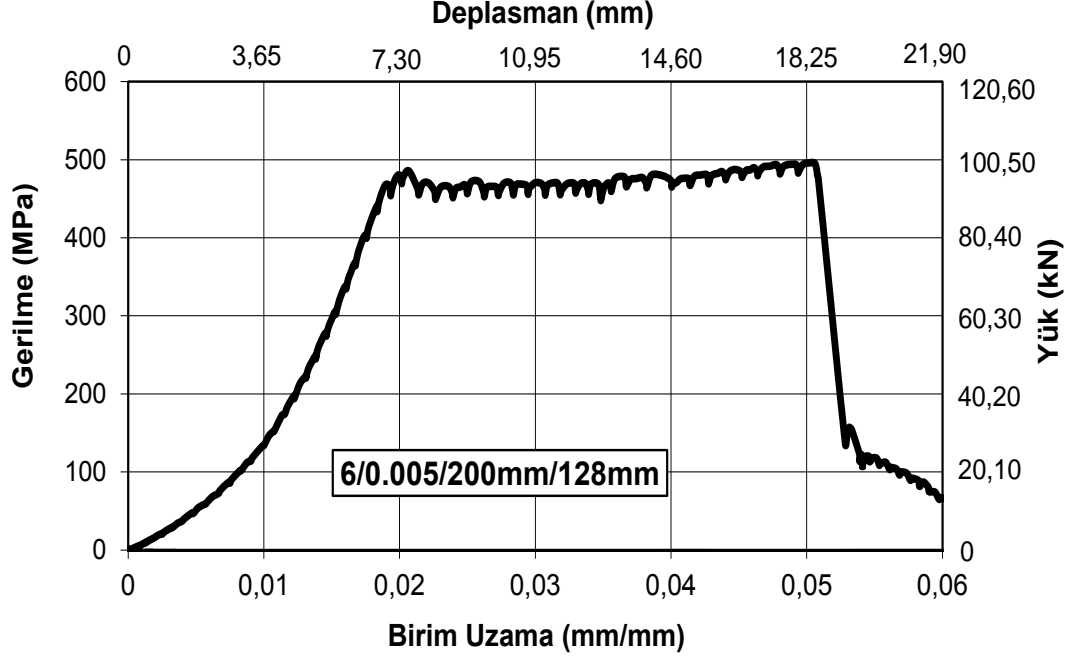


Şekil 4.10: 5/0.005/200mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 6 (6/0.005/200mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 128 mm

99 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.12’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11: 6/0.005/200mm/128mm deneyine ait grafik.

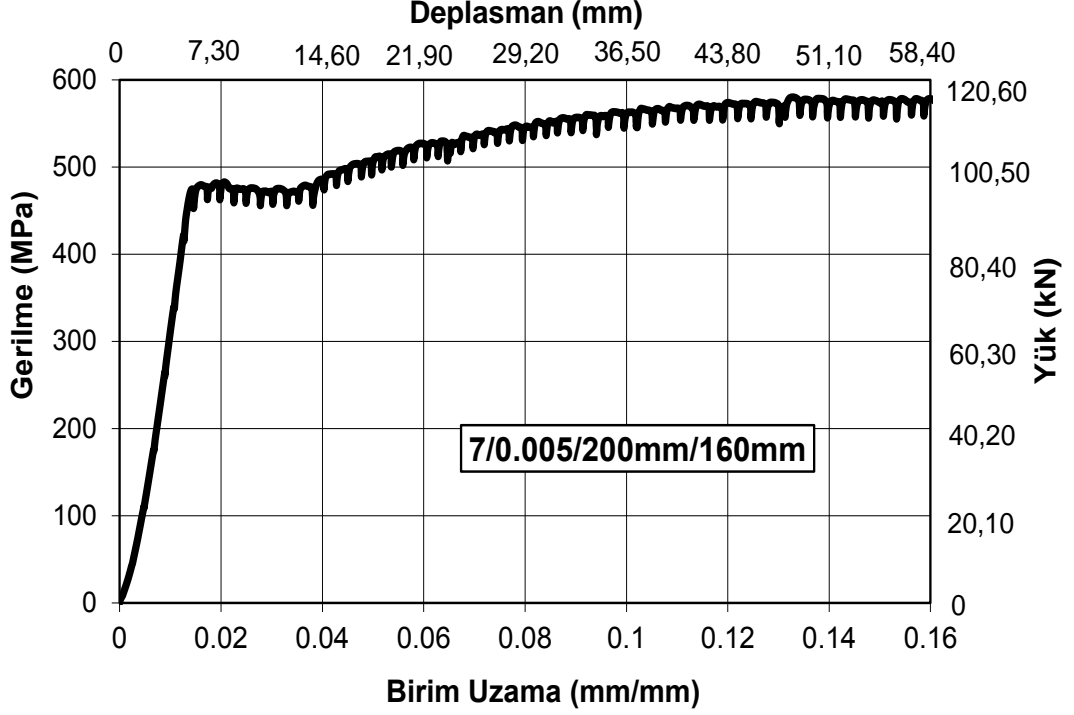


Şekil 4.12: 6/0.005/200mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 7 (7/0.005/200mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 160 mm

116 kN yük düzeyinde Şekil 4.14'te görüldüğü gibi ankrajın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13: 7/0.005/200mm/160mm deneyine ait grafik.

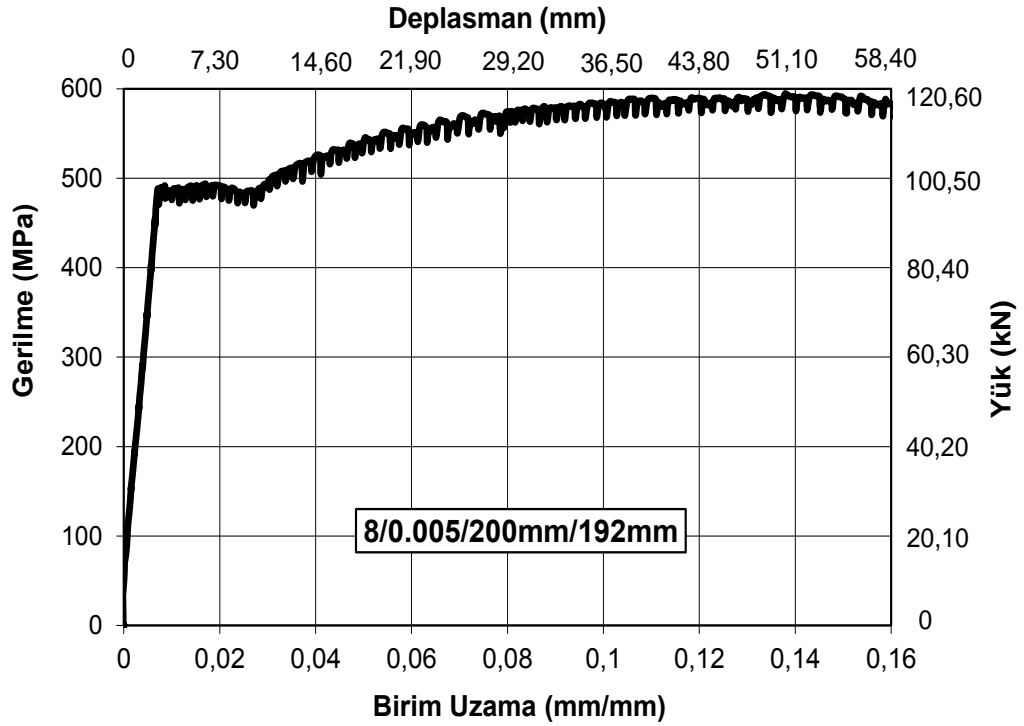


Şekil 4.14: 7/0.005/200mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 8 (8/0.005/200mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 192 mm

119 kN yük düzeyinde Şekil 4.16'da görüldüğü gibi ankrajın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15: 8/0.005/200mm/192mm deneyine ait grafik.

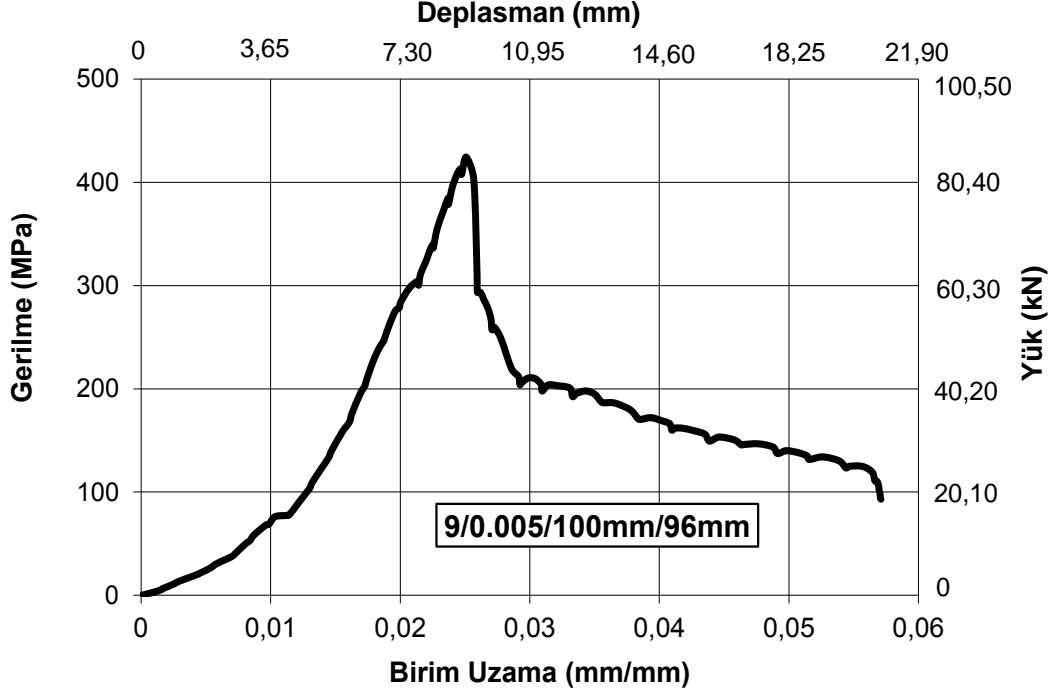


Şekil 4.16: 8/0.005/200mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 9 (9/0.005/100mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 96 mm

85 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.18’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17: 9/0.005/100mm/96mm deneyine ait grafik.

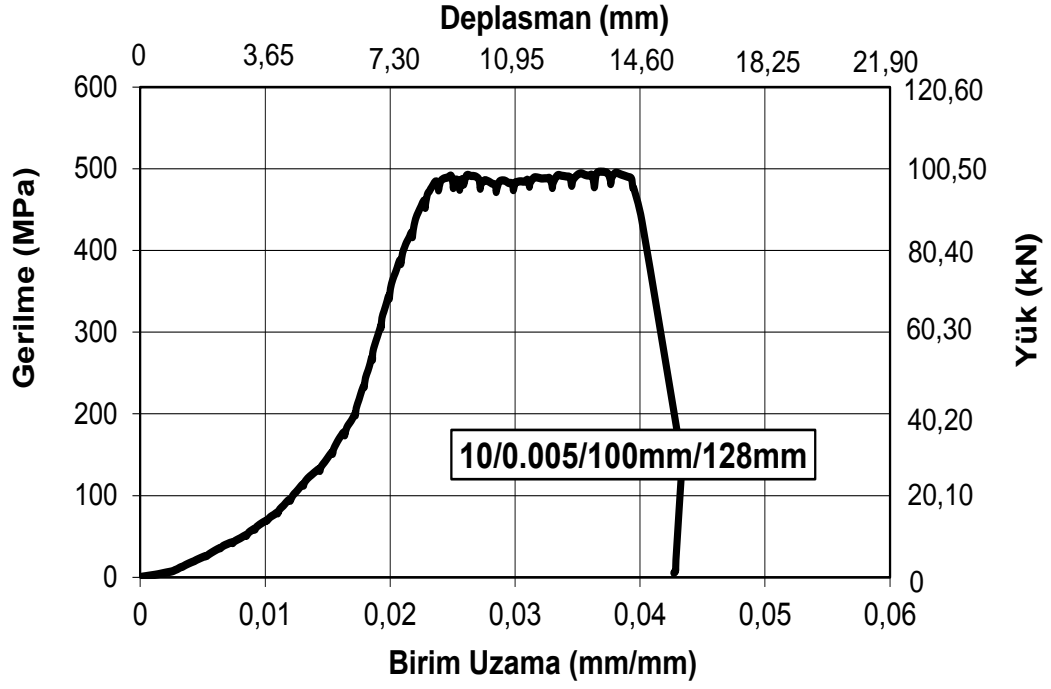


Şekil 4.18: 9/0.005/100mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 10 (10/0.005/100mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 128 mm

99 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.20’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19: 10/0.005/100mm/128mm deneyine ait grafik.

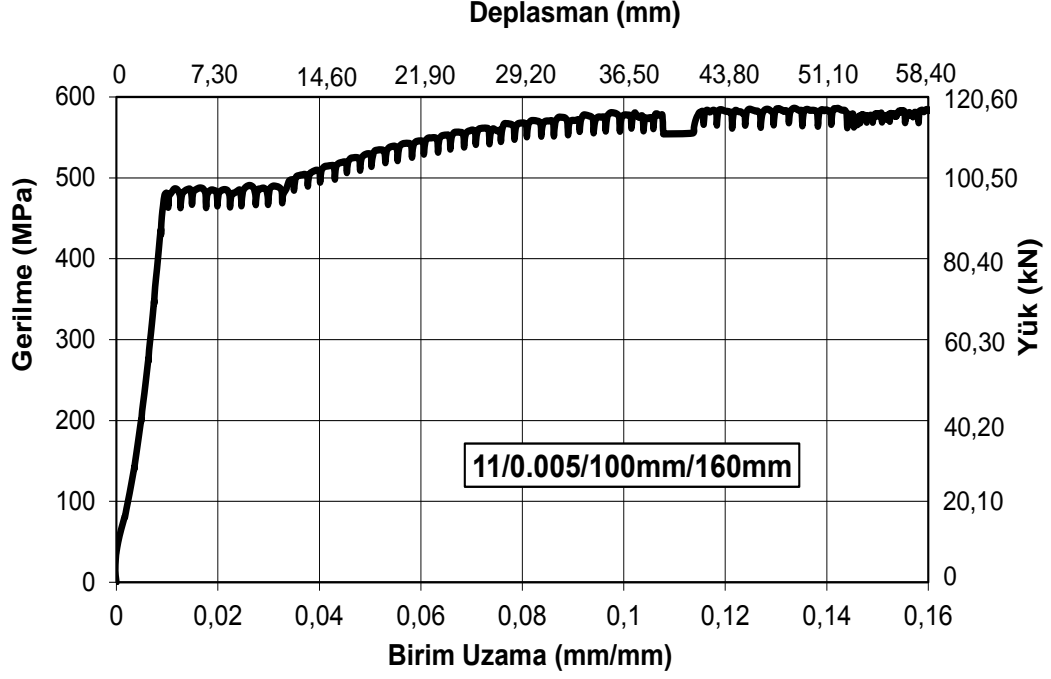


Şekil 4.20: 10/0.005/100mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 11 (11/0.005/100mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 160 mm

117 kN yük düzeyinde Şekil 4.22’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21: 11/0.005/100mm/160mm deneyine ait grafik.

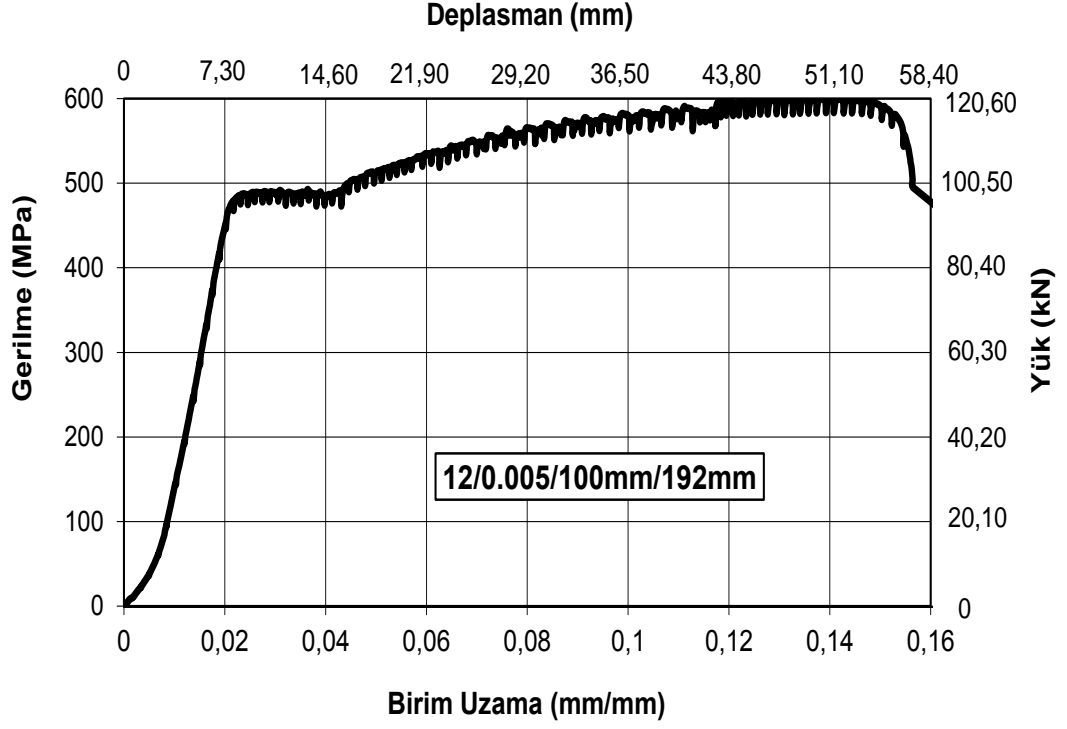


Şekil 4.22: 11/0.005/100mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 12 (12/0.005/100mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.005, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 192 mm

120 kN yük düzeyinde Şekil 4.24'te görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.23'te verilmiştir.



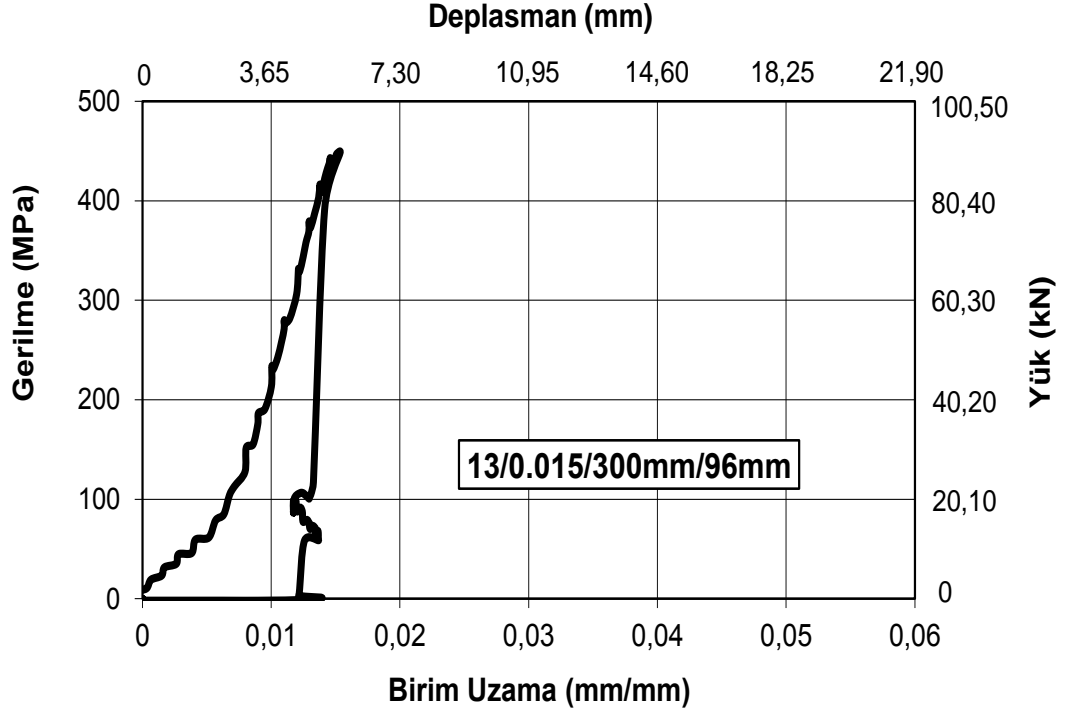
Şekil 4.23: 12/0.005/100mm/192mm deneyine ait grafik.



Şekil 4.24: 12/0.005/100mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 13 (13/0.015/300mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 96 mm
90 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.26'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25: 13/0.015/300mm/96mm deneyine ait grafik.

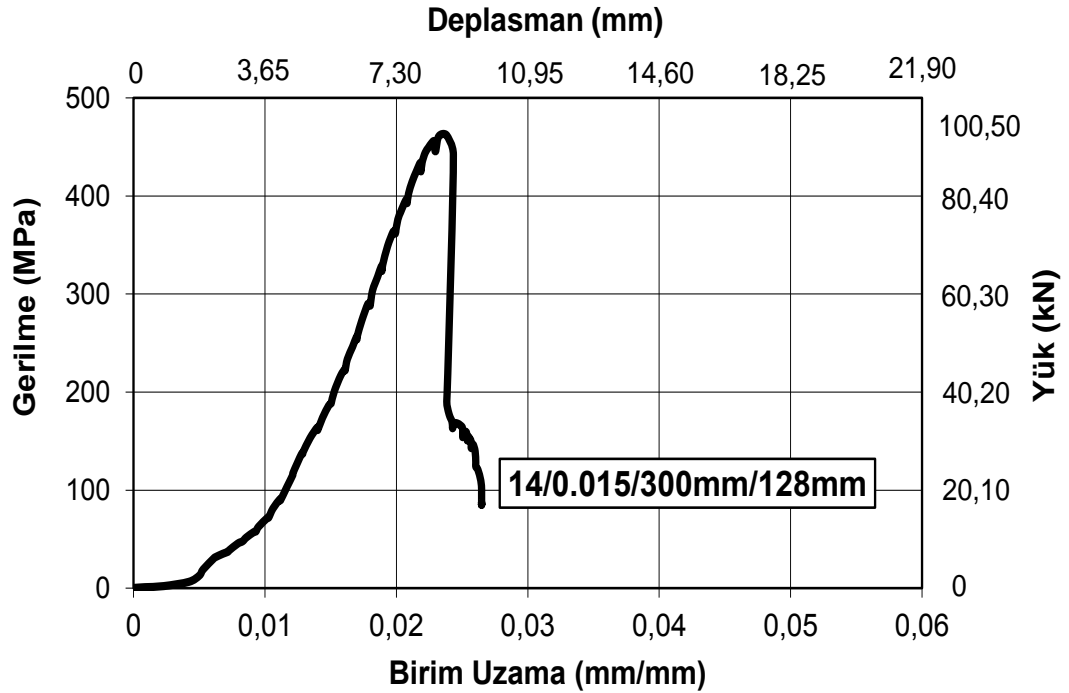


Şekil 4.26: 13/0.015/300mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 14 (14/0.015/300mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 128 mm

93 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.28’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27: 14/0.015/300mm/128mm deneyine ait grafik.

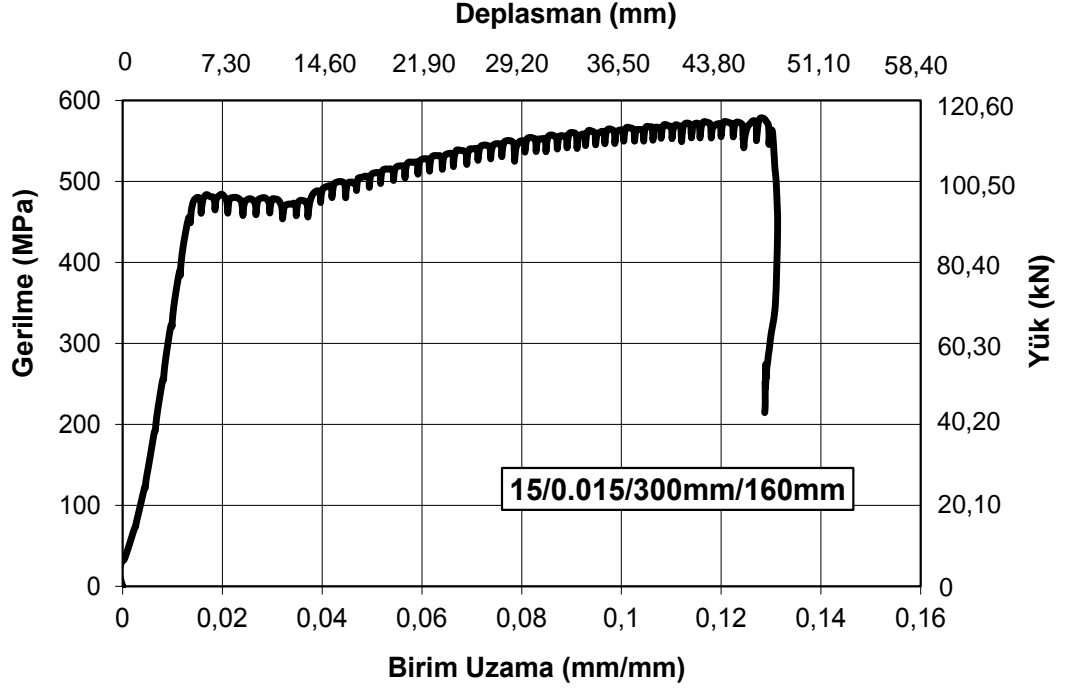


Şekil 4.28: 14/0.015/300mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 15 (15/0.015/300mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 160 mm

116 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.30'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.29: 15/0.015/300mm/160mm deneyine ait grafik.

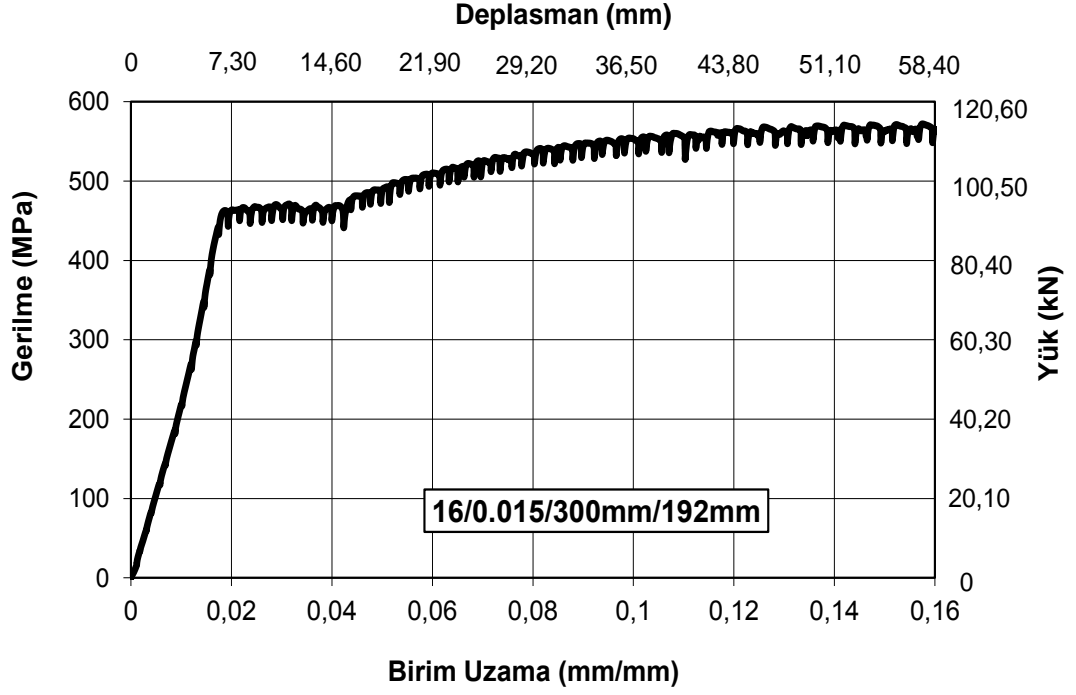


Şekil 4.30: 15/0.015/300mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 16 (16/0.015/300mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 192 mm

114 kN yük düzeyinde Şekil 4.32’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.31: 16/0.015/300mm/192mm deneyine ait grafik.

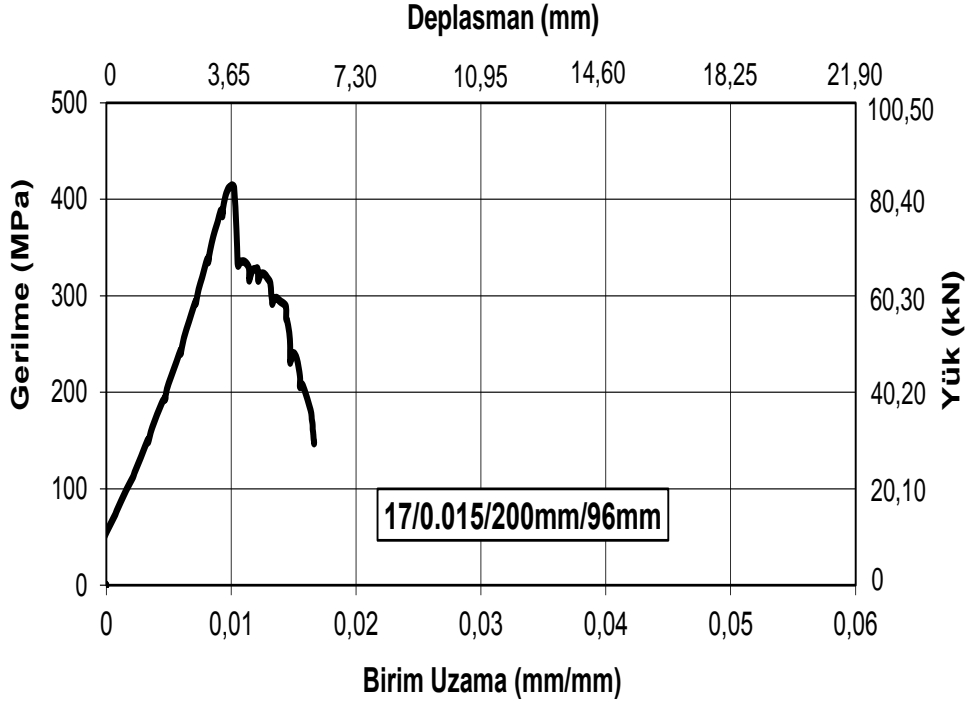


Şekil 4.32: 16/0.015/300mm/192mm deneyine ait resim.

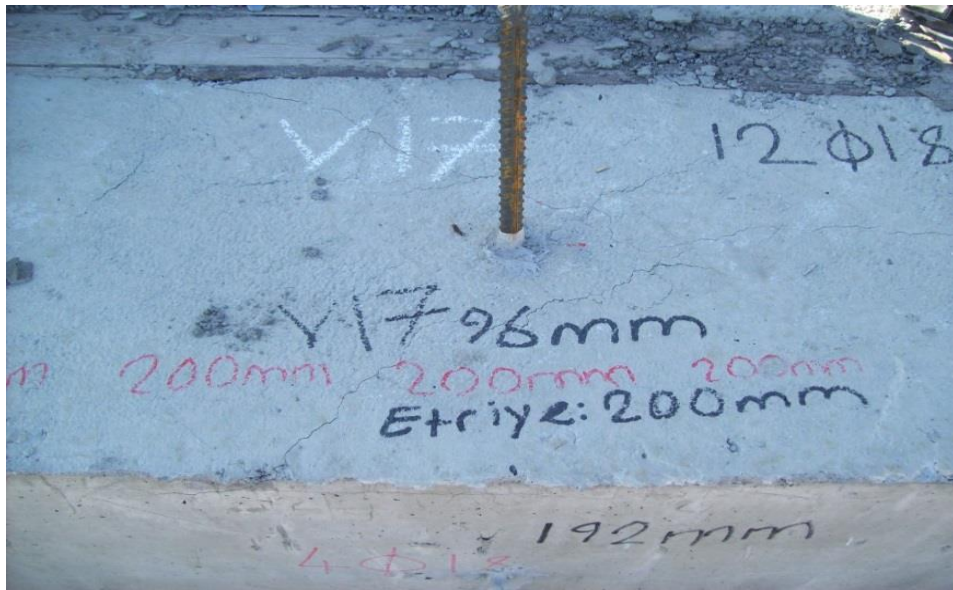
Deney Elemanı 17 (17/0.015/200mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 96 mm

83 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.34'te görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.33: 17/0.015/200mm/96mm deneyine ait grafik.

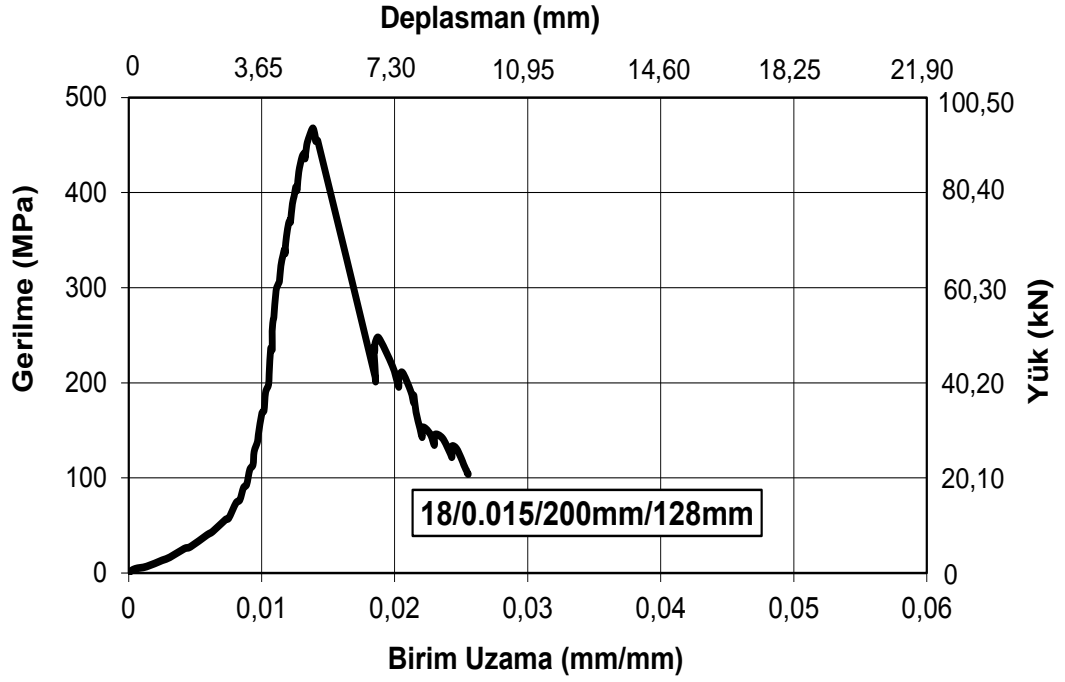


Şekil 4.34: 17/0.015/200mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 18 (18/0.015/200mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 128 mm

94 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.36'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.35'te verilmiştir.



Şekil 4.35: 18/0.015/200mm/128mm deneyine ait grafik.

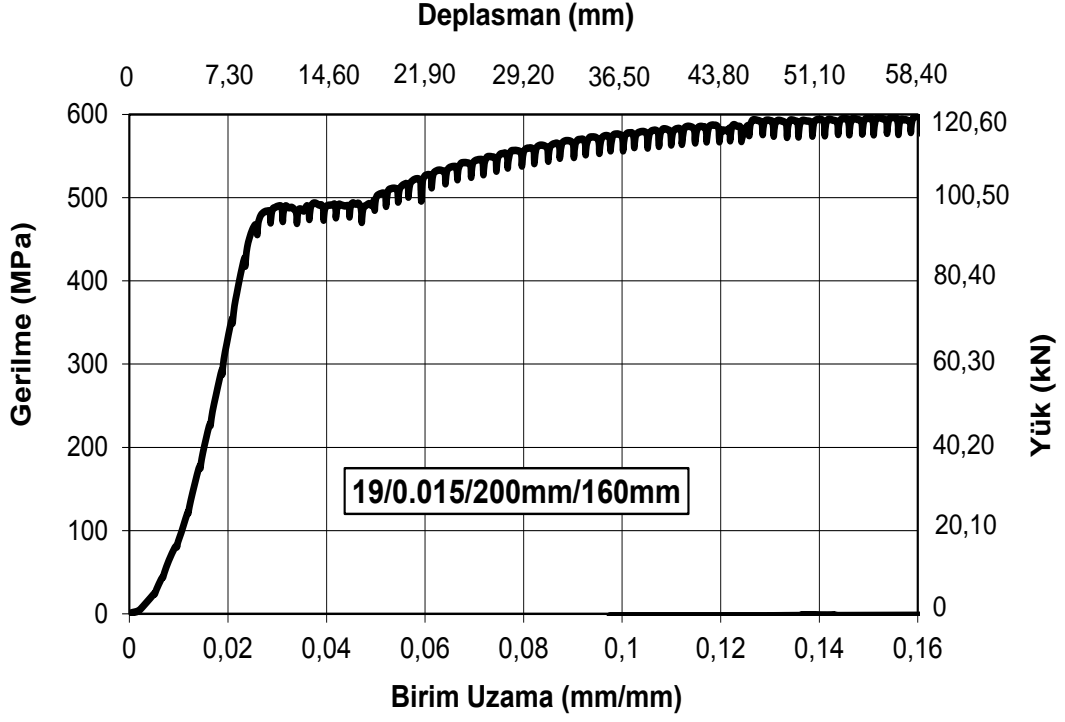


Şekil 4.36: 18/0.015/200mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 19 (19/0.015/200mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 160 mm

120 kN yük düzeyinde Şekil 4.38’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.37’de verilmiştir.



Şekil 4.37: 19/0.015/200mm/160mm deneyine ait grafik.

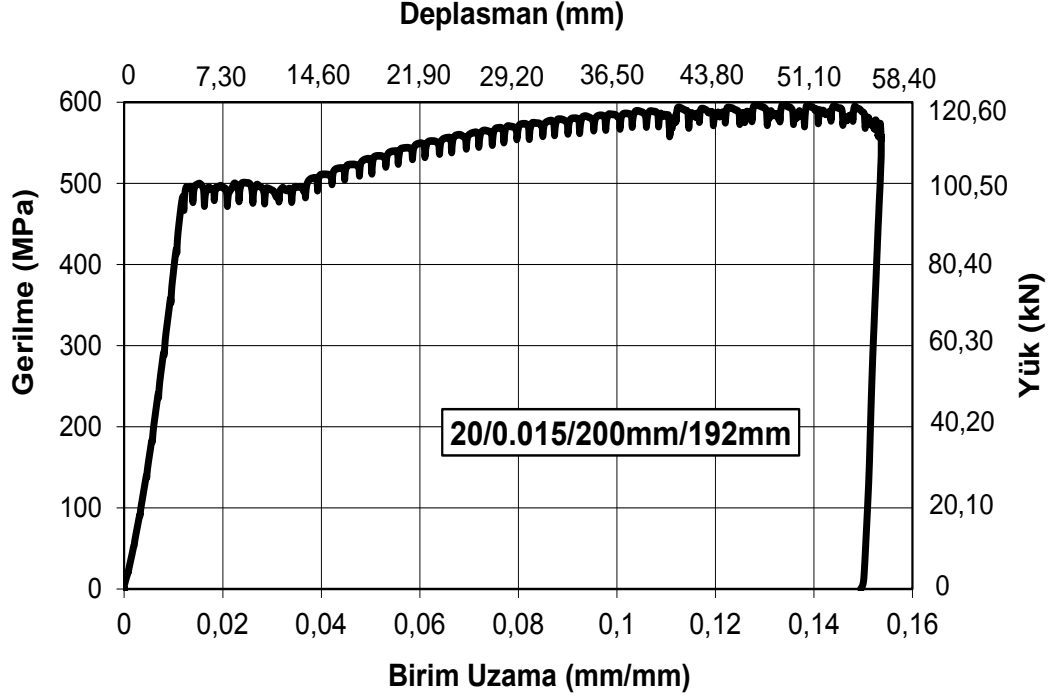


Şekil 4.38: 19/0.015/200mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 20 (20/0.015/200mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 192 mm

120 kN yük düzeyinde Şekil 4.40'ta görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı geçmiştir. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.39: 20/0.015/200mm/192mm deneyine ait grafik.

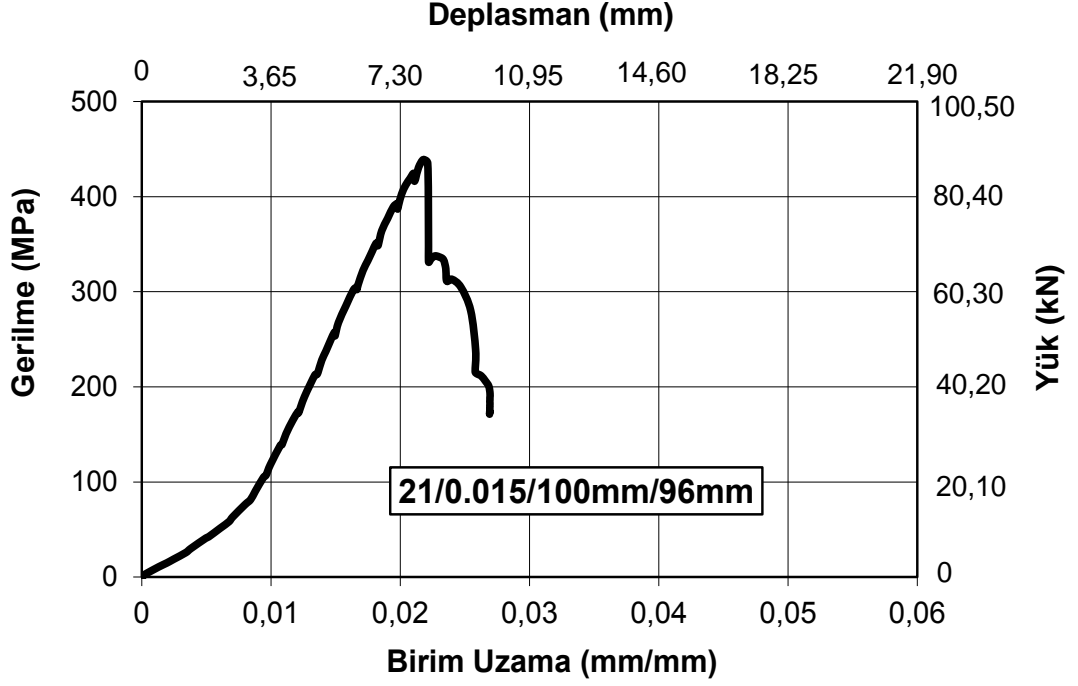


Şekil 4.40: 20/0.015/200mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 21 (21/0.015/100mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 96 mm

88 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.42’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.41’de verilmiştir.



Şekil 4.41: 21/0.015/100mm/96mm deneyine ait grafik.

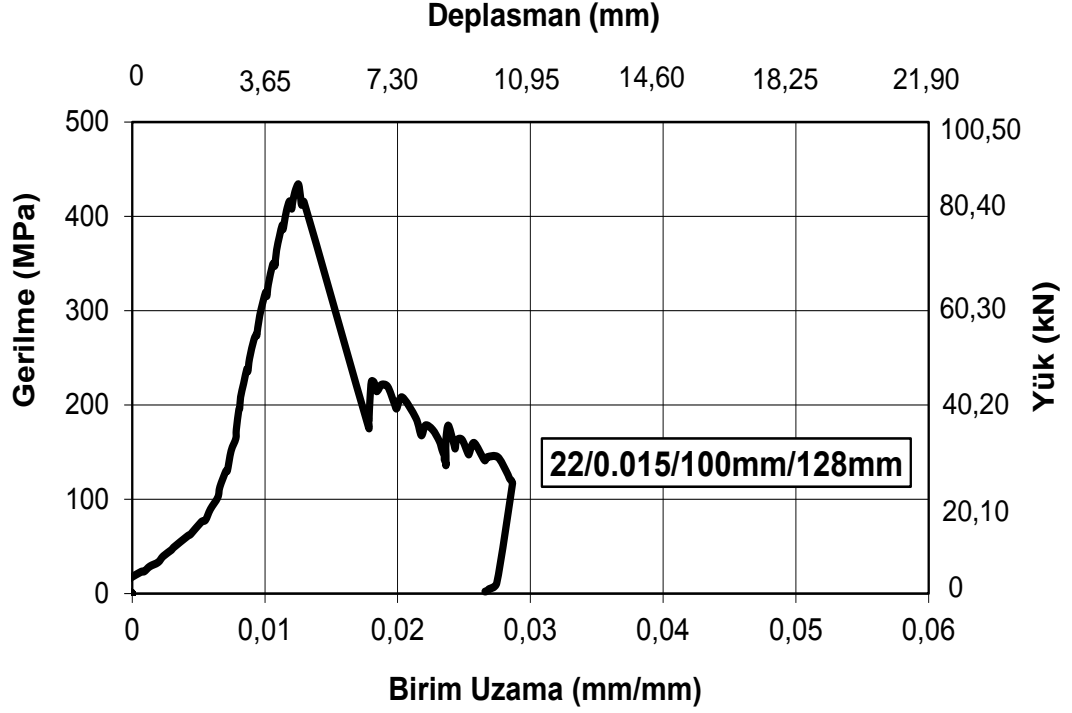


Şekil 4.42: 21/0.015/100mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 22 (22/0.015/100mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 128 mm

87 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.44'te görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.43'te verilmiştir.



Şekil 4.43: 22/0.015/100mm/128mm deneyine ait grafik.

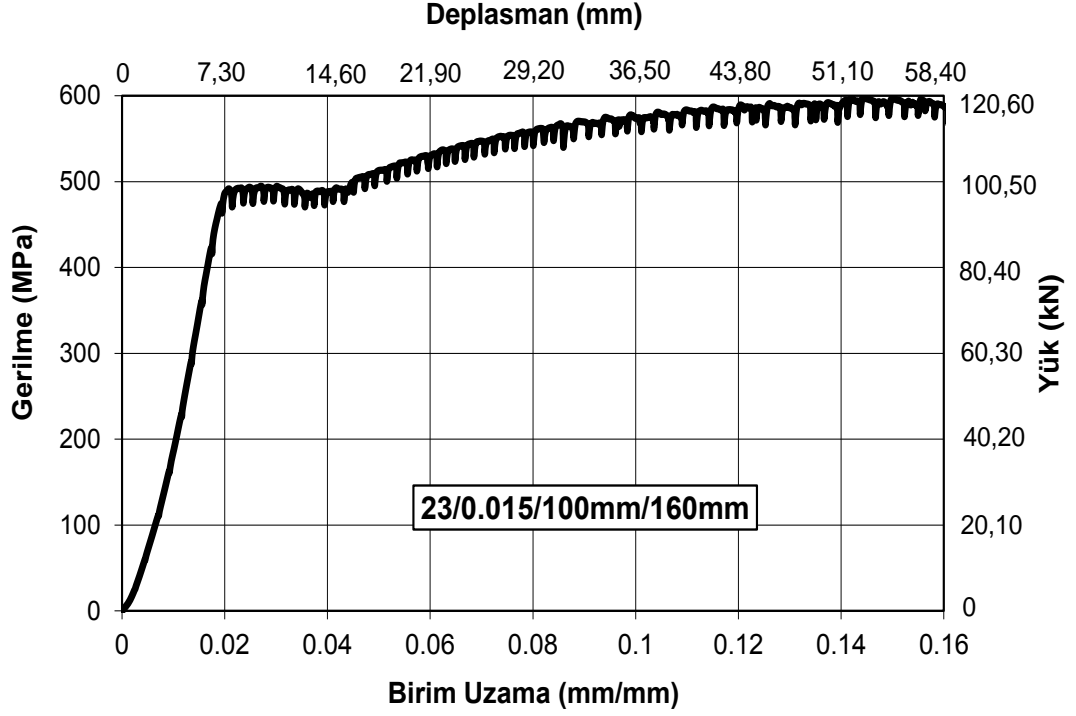


Şekil 4.44: 22/0.015/100mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 23 (23/0.015/100mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 160 mm

120 kN yük düzeyinde Şekil 4.46’da görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.45’te verilmiştir.



Şekil 4.45: 23/0.015/100mm/160mm deneyine ait grafik.

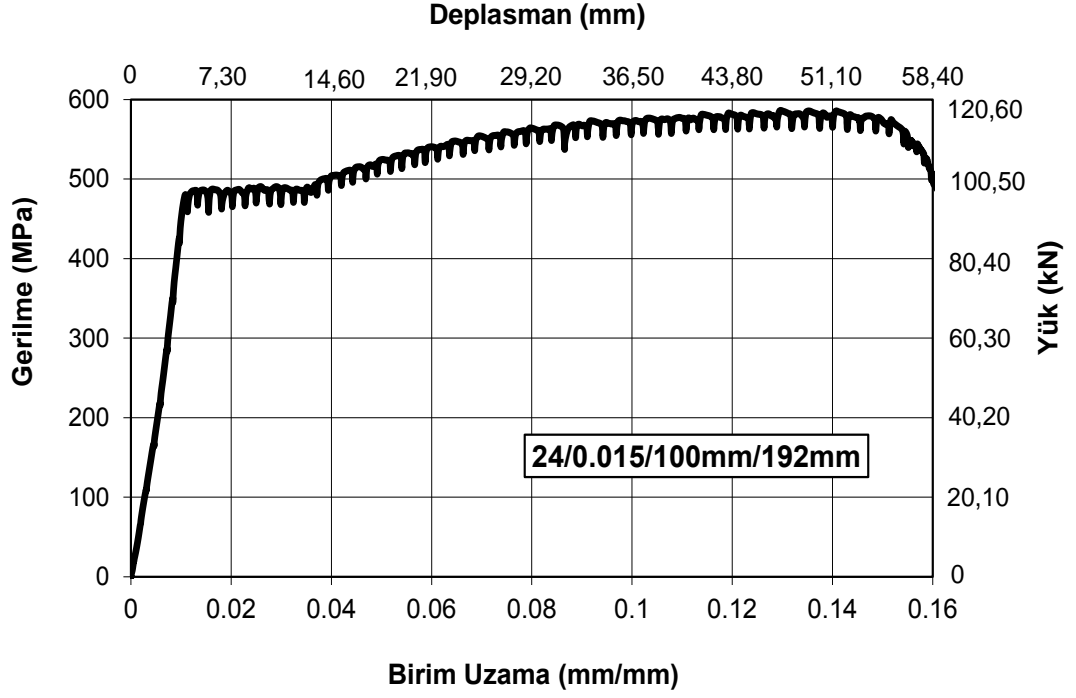


Şekil 4.46: 23/0.015/100mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 24 (24/0.015/100mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.015, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 192 mm

118 kN yük düzeyinde Şekil 4.48’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.47’de verilmiştir.



Şekil 4.47: 24/0.015/100mm/192mm deneyine ait grafik.

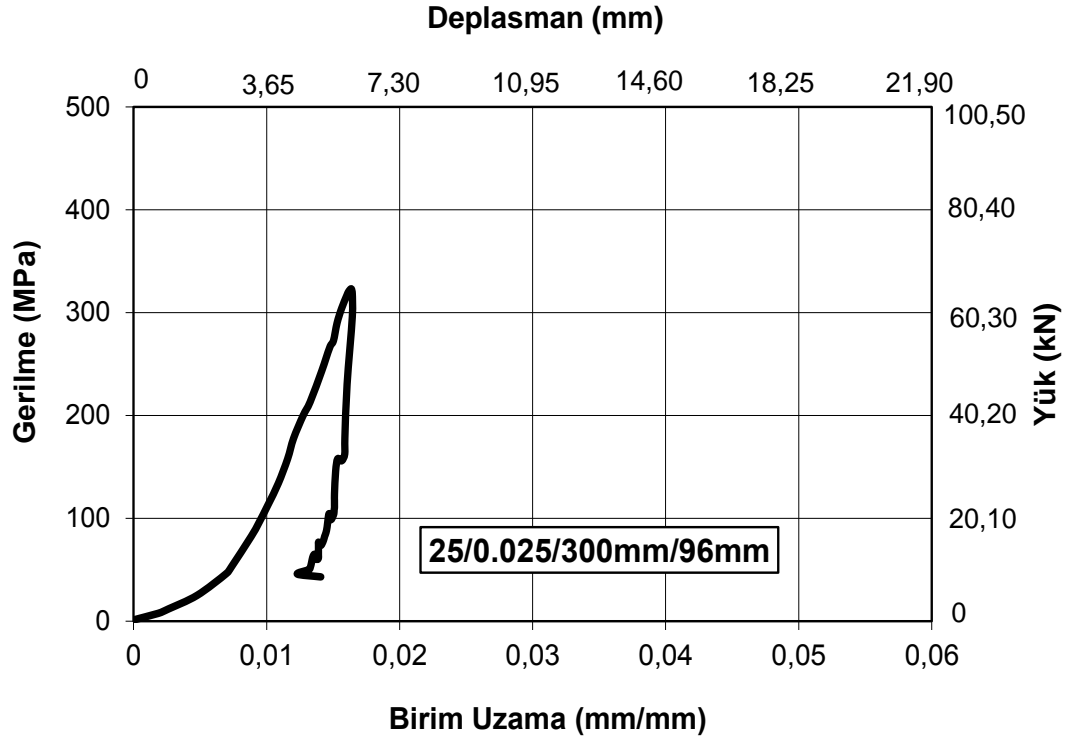


Şekil 4.48: 24/0.015/100mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 25 (25/0.025/300mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 96 mm

65 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.50’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.49’da verilmiştir.



Şekil 4.49: 25/0.025/300mm/96mm deneyine ait grafik.

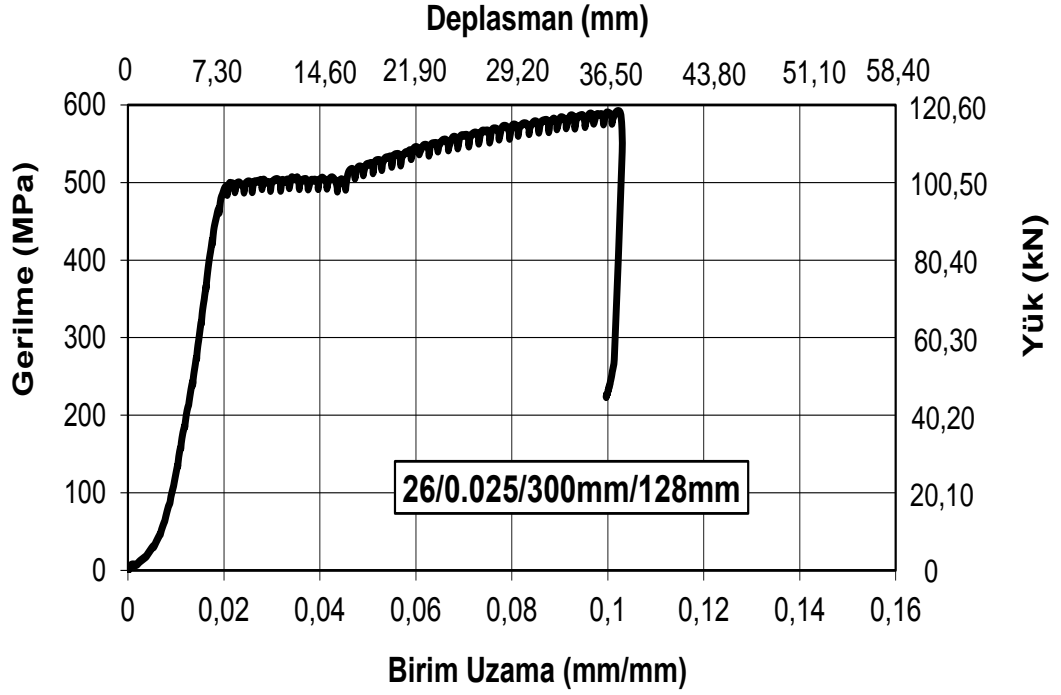


Şekil 4.50: 25/0.025/300mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 26 (26/0.025/300mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 128 mm

118 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.53'te görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.51'de verilmiştir.



Şekil 4.51: 26/0.025/300mm/128mm deneyine ait grafik.

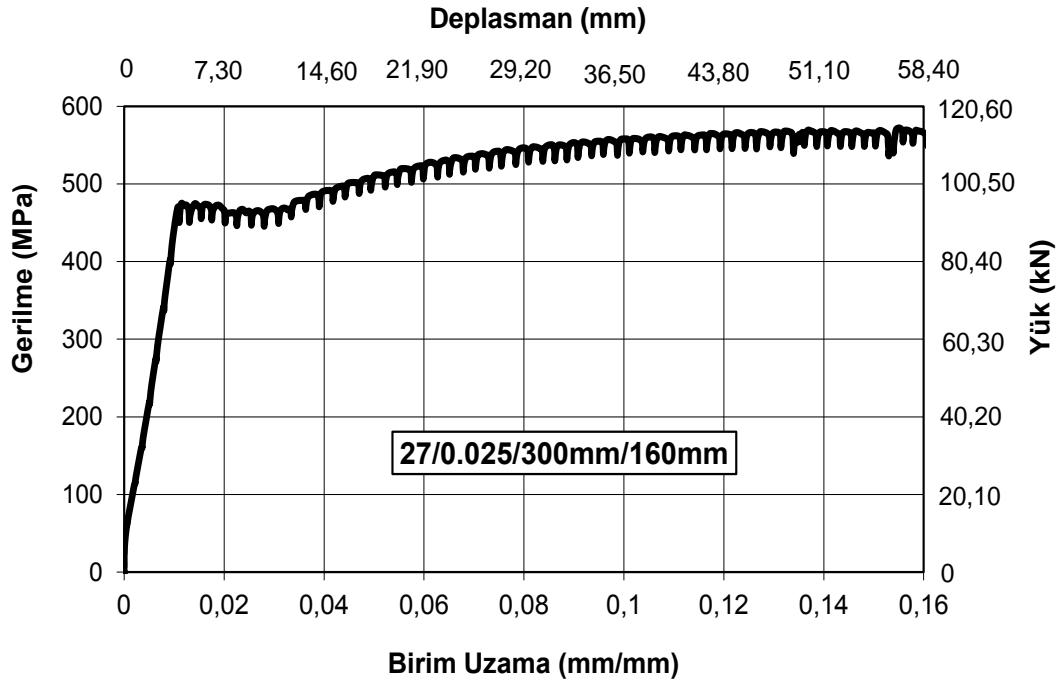


Şekil 4.52: 26/0.025/300mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 27 (27/0.025/300mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 160 mm

115 kN yük düzeyinde Şekil 4.54'te görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.53'te verilmiştir.



Şekil 4.53: 27/0.025/300mm/160mm deneyine ait grafik.

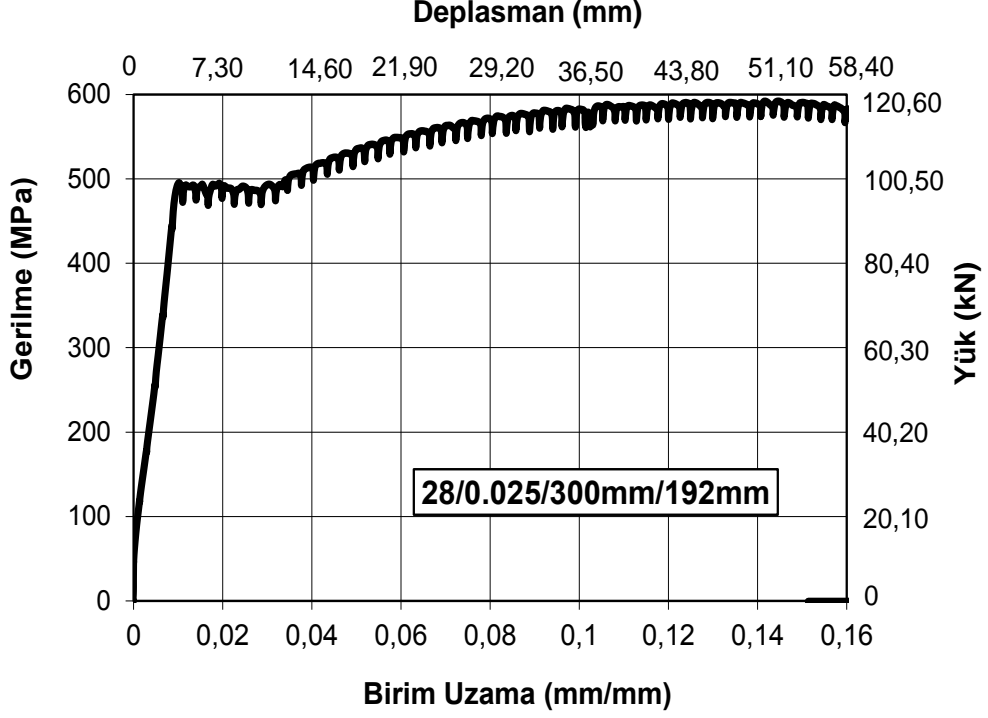


Şekil 4.54: 27/0.025/300mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 28 (28/0.025/300mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 192 mm

119 kN yük düzeyinde Şekil 4.56'da görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı geçmiştir. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.55'te verilmiştir.



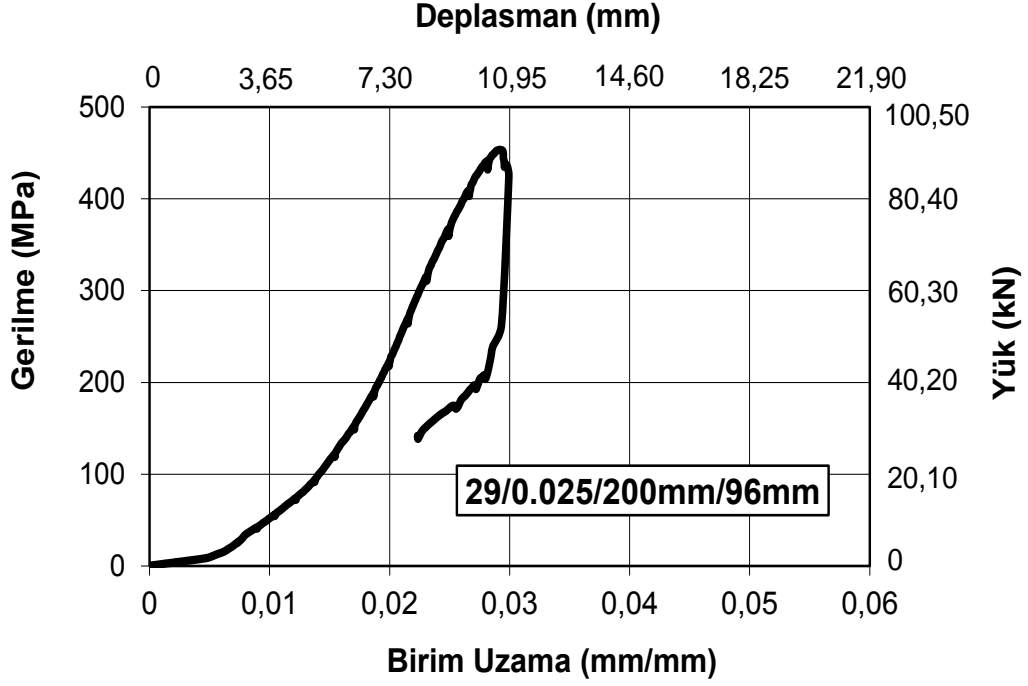
Şekil 4.55: 28/0.025/300mm/192mm deneyine ait grafik.



Şekil 4.56: 28/0.025/300mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 29 (29/0.025/200mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 96 mm
91 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.58’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.57’de verilmiştir.



Şekil 4.57: 29/0.025/200mm/96mm deneyine ait grafik.

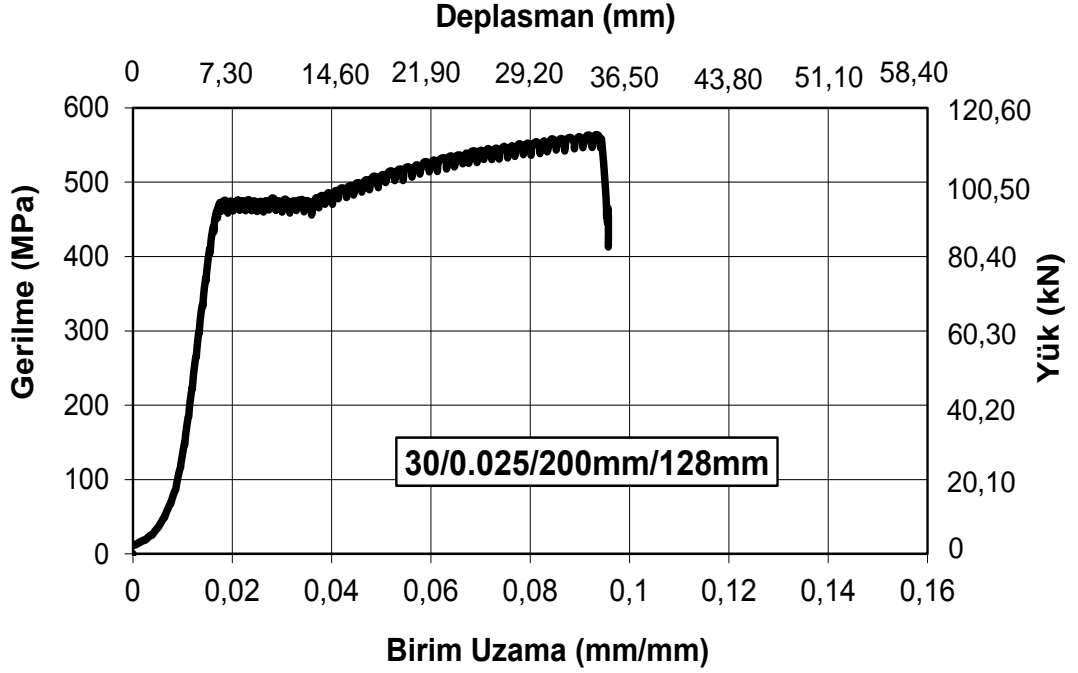


Şekil 4.58: 29/0.025/200mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 30 (30/0.025/200mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 128 mm

113 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.60'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.59'da verilmiştir.



Şekil 4.59: 30/0.025/200mm/128mm deneyine ait grafik.

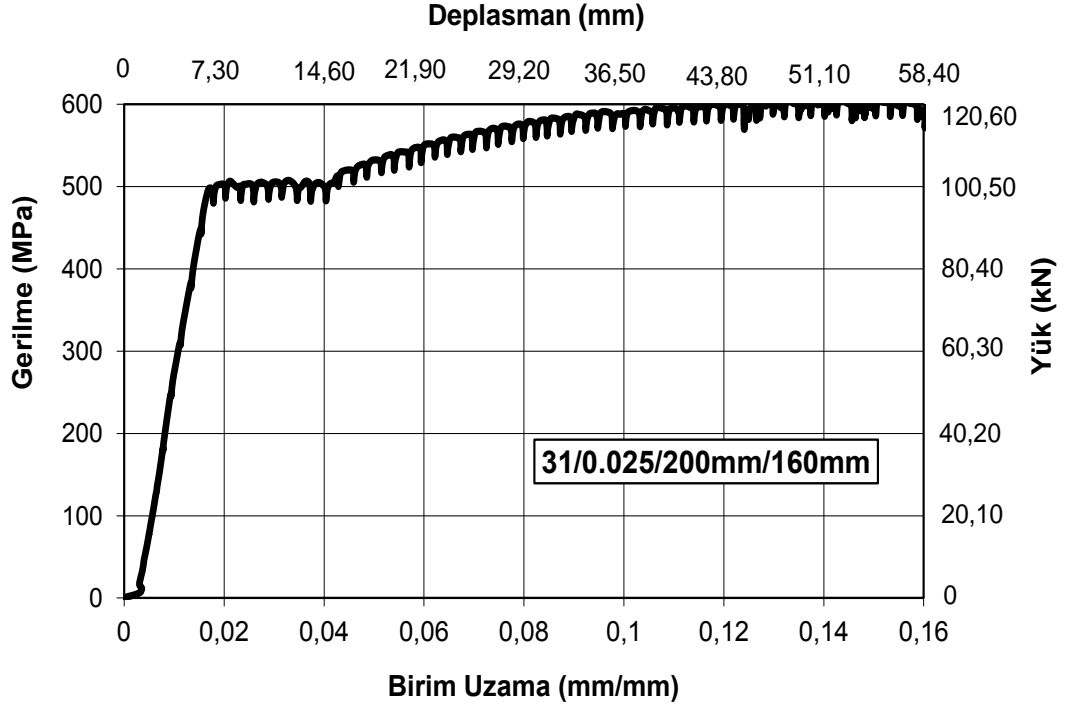


Şekil 4.60: 30/0.025/200mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 31 (31/0.025/200mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 160 mm

121 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.62’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.61’de verilmiştir.



Şekil 4.61: 31/0.025/200mm/160mm deneyine ait grafik.

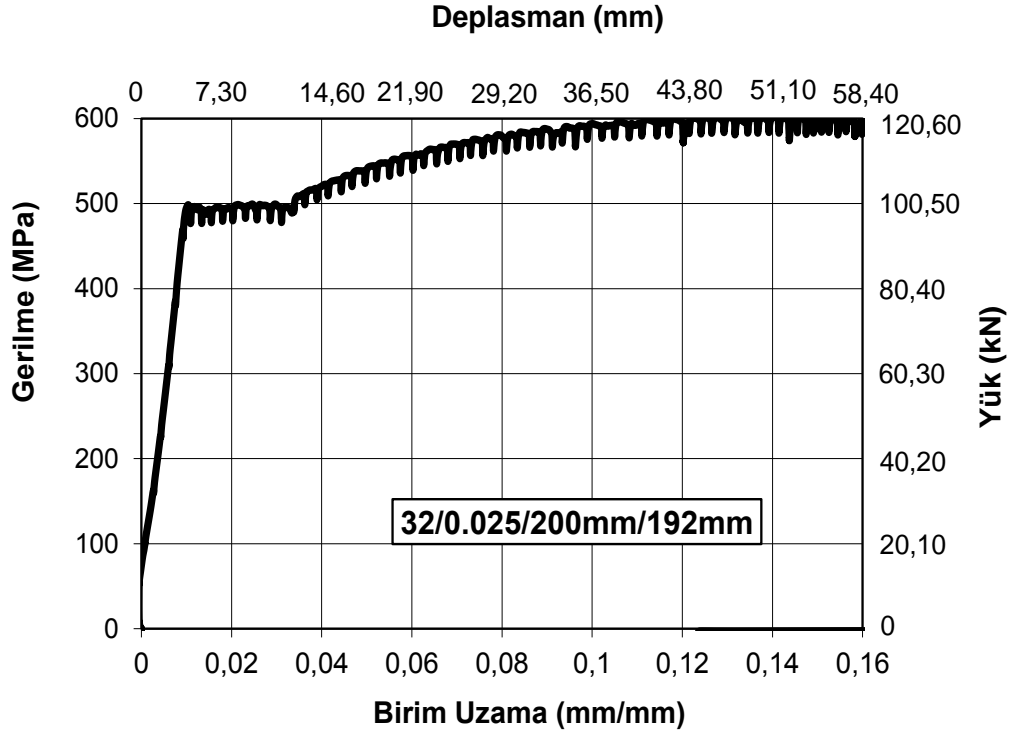


Şekil 4.62: 31/0.025/200mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 32 (32/0.025/200mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 192 mm

121 kN yük düzeyinde Şekil 4.64'te görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.63'te verilmiştir.



Şekil 4.63: 32/0.025/200mm/192mm deneyine ait grafik.

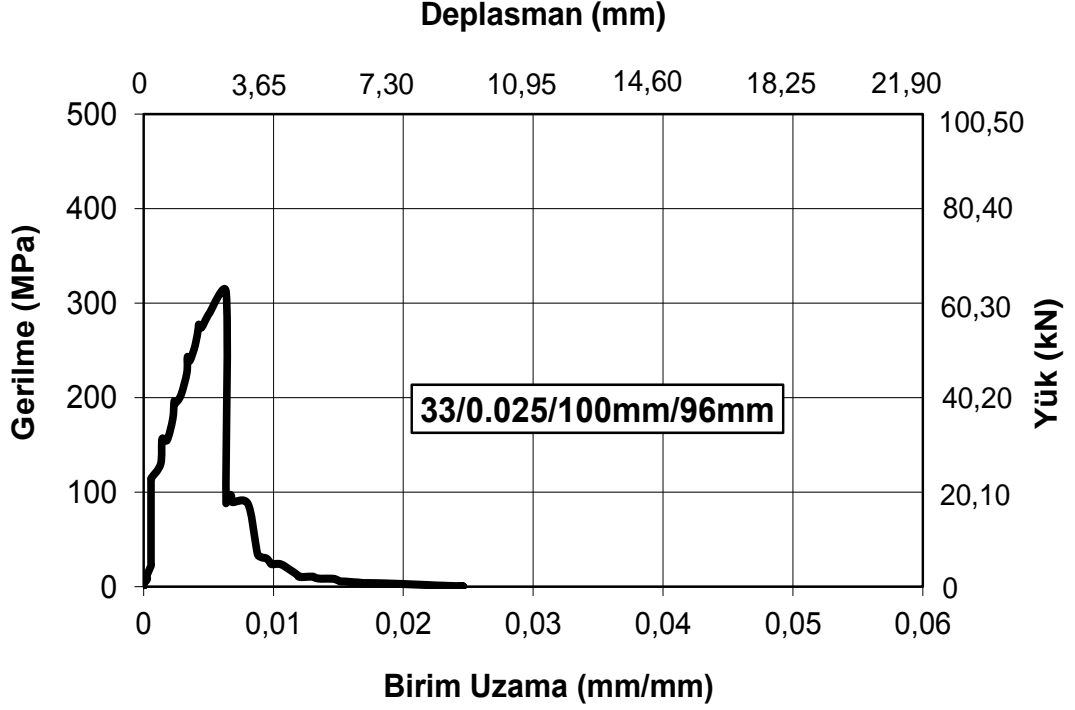


Şekil 4.64: 32/0.025/200mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 33 (33/0.025/100mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 96 mm

62 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.66'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.65'te verilmiştir.



Şekil 4.65: 33/0.025/100mm/96mm deneyine ait grafik.

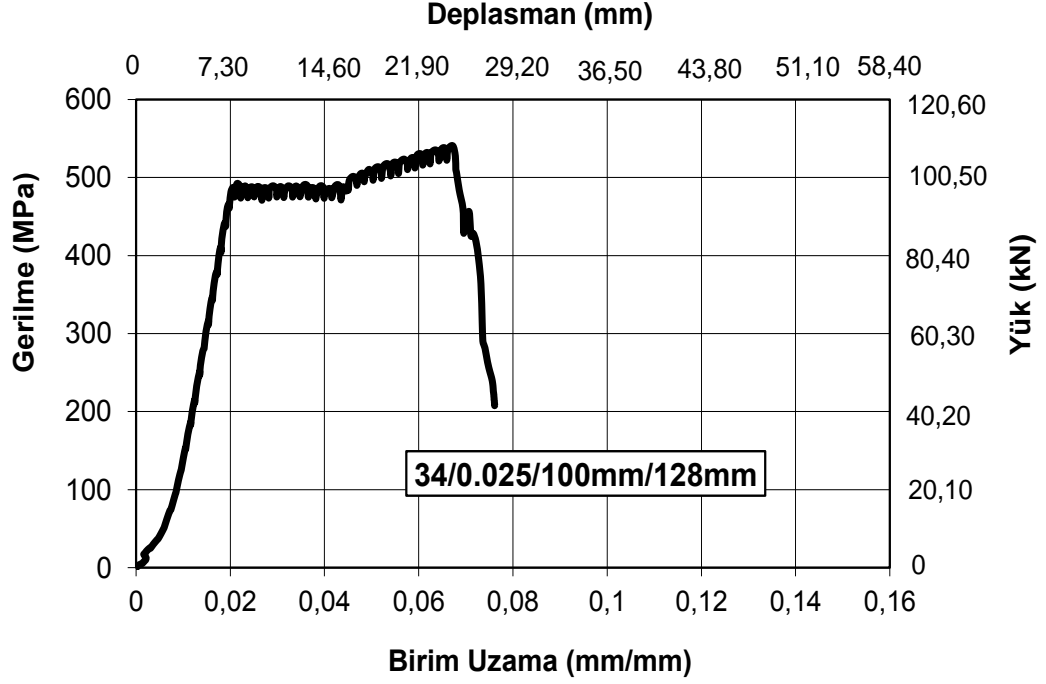


Şekil 4.66: 33/0.025/100mm/96mm deneyine ait resim.

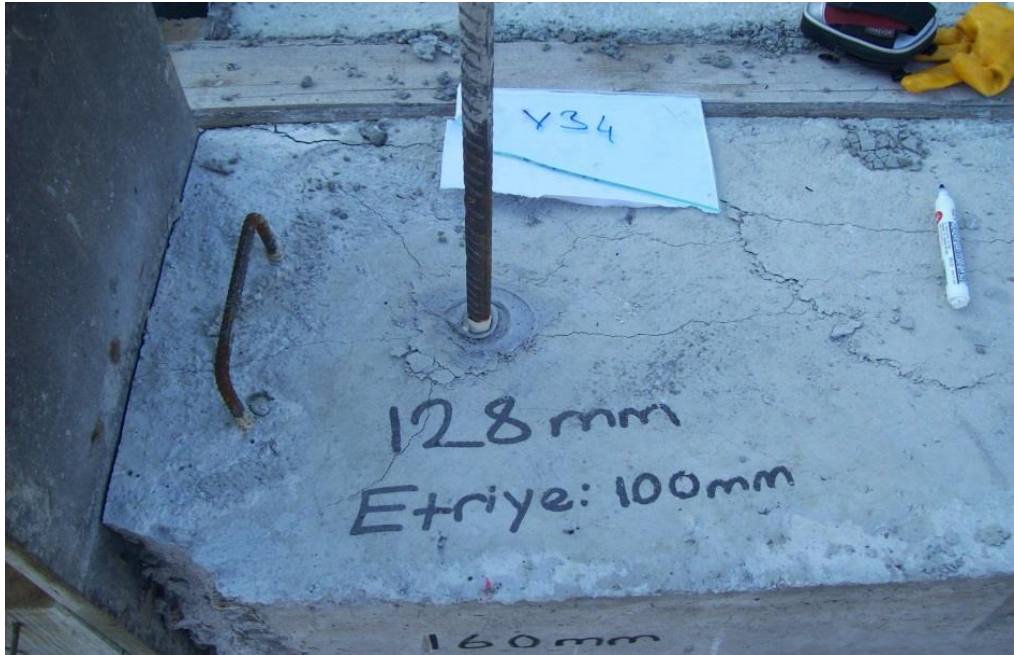
Deney Elemanı 34 (34/0.025/100mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 128 mm

108 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.68’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük deplasman grafiği Şekil 4.67’de verilmiştir.



Şekil 4.67: 34/0.025/100mm/128mm deneyine ait grafik.

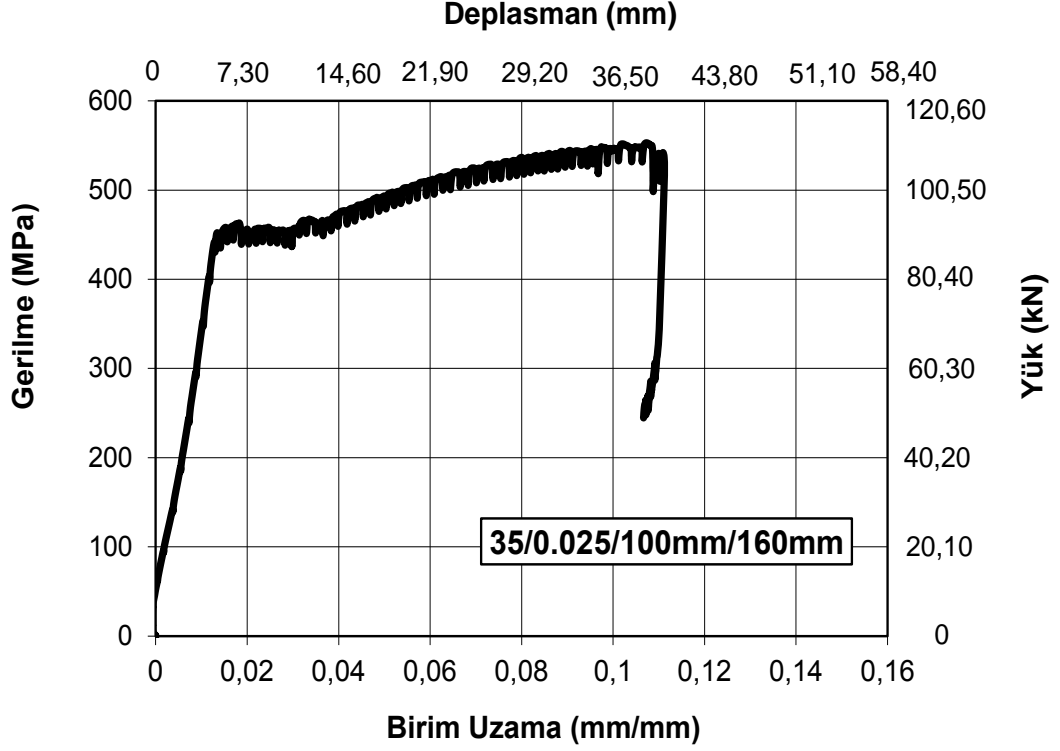


Şekil 4.68: 34/0.025/100mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 35 (35/0.025/100mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 160 mm

111 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.70’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.69’da verilmiştir.



Şekil 4.69: 35/0.025/100mm/160mm deneyine ait grafik.

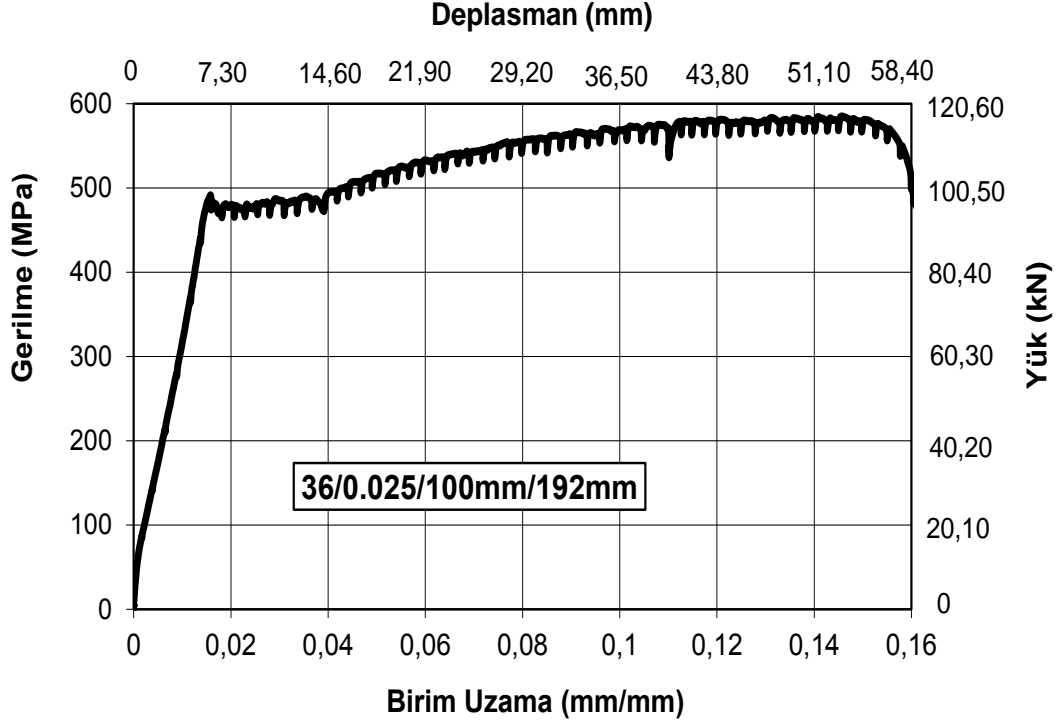


Şekil 4.70: 35/70.025/100mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 36 (36/0.025/100mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.025, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 192 mm

117 kN yük düzeyinde Şekil 4.72’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.71’de verilmiştir.



Şekil 4.71: 36/0.025/100mm/192mm deneyine ait grafik.

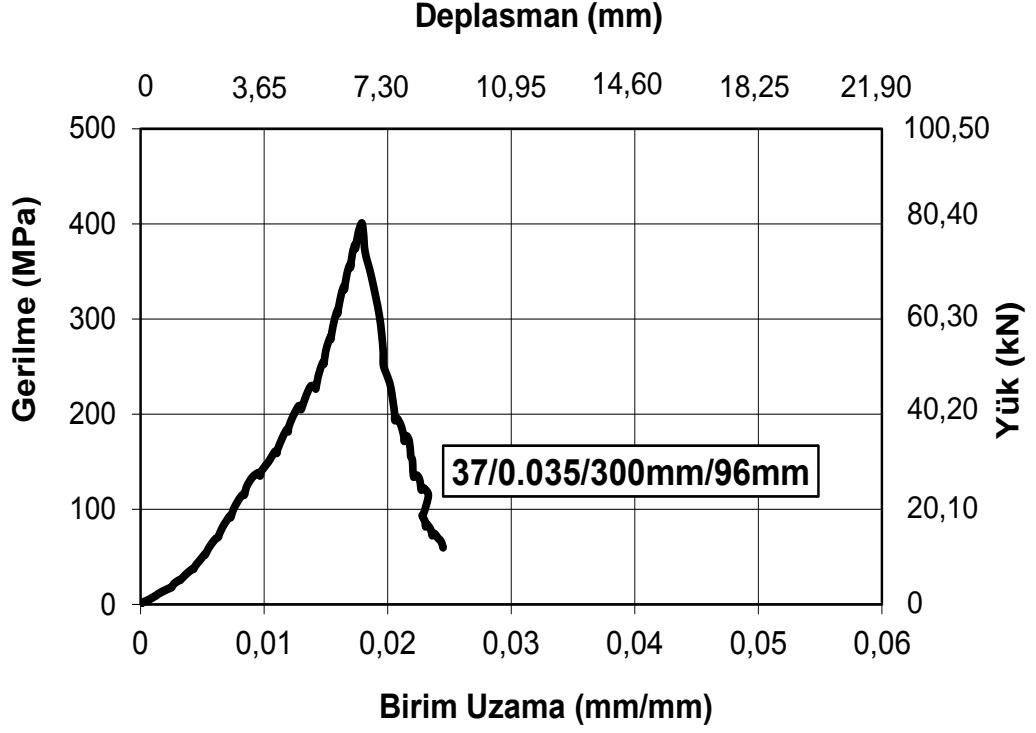


Şekil 4.72: 36/0.025/100mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 37 (37/0.035/300mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 96 mm

80 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.74'te görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.73'te verilmiştir.



Şekil 4.73: 37/0.035/300mm/96mm deneyine ait grafik.

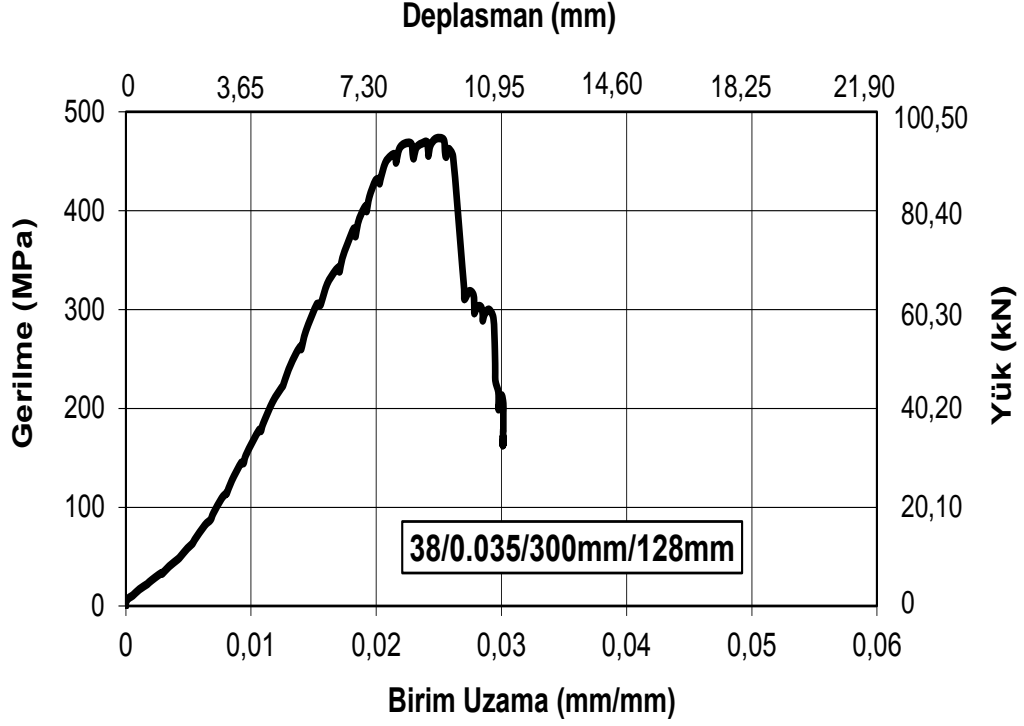


Şekil 4.74: 37/0.035/300mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 38 (38/0.035/300mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 128 mm

95 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.76'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.75'te verilmiştir.



Şekil 4.75: 38/0.035/300mm/128mm deneyine ait grafik.

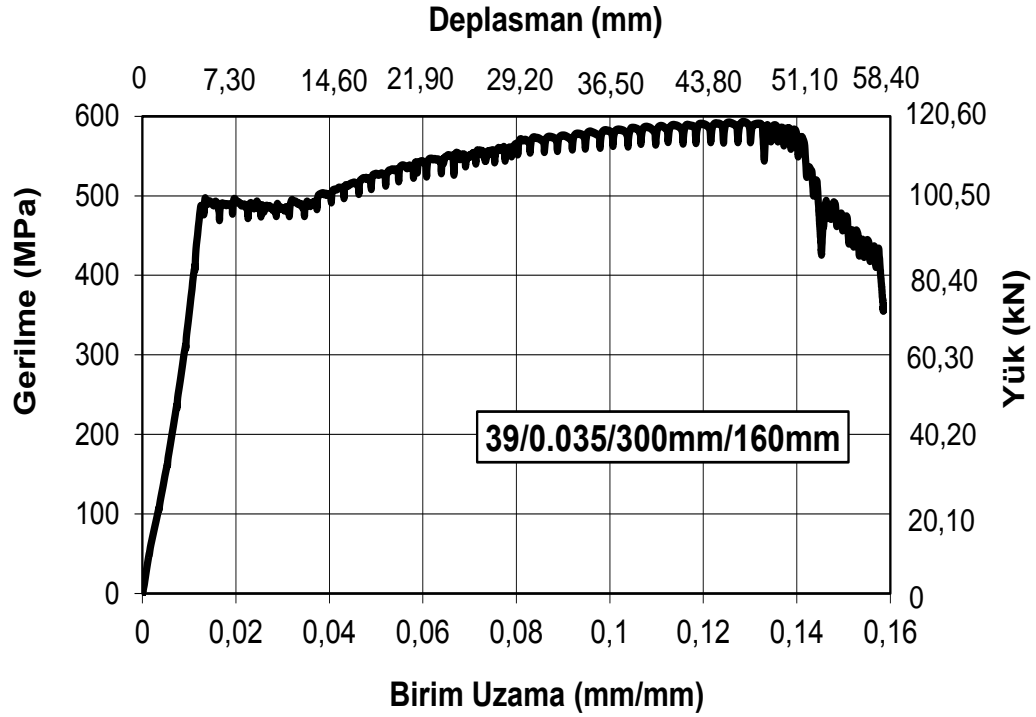


Şekil 4.76: 38/0.035/300mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 39 (39/0.035/300mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 160 mm

Deney elemanı 119 kN yük düzeyinde Şekil 4.78’de görüldüğü gibi görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.77’de verilmiştir.



Şekil 4.77: 39/0.035/300mm/160mm deneyine ait grafik.

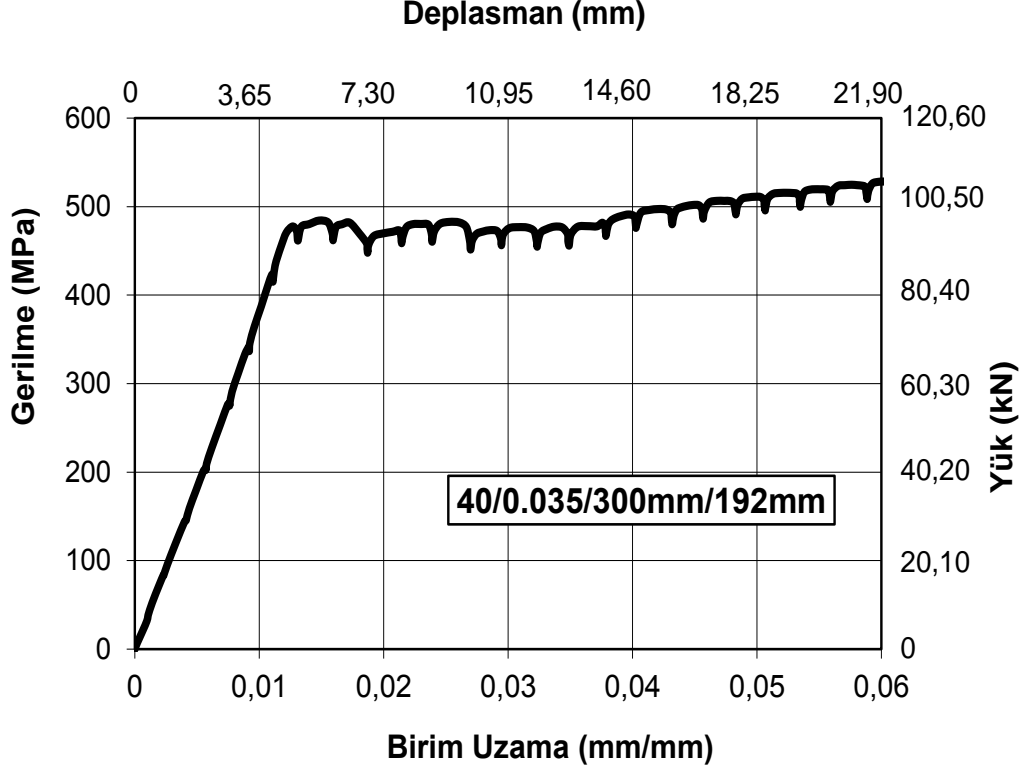


Şekil 4.78: 39/0.035/300mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 40 (40/0.035/300mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 300mm, Gömülme boyu: 192 mm

114 kN yük düzeyinde Şekil 4.80’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı geçmiştir. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.79’da verilmiştir.



Şekil 4.79: 40/0.035/300mm/192mm deneyine ait grafik.

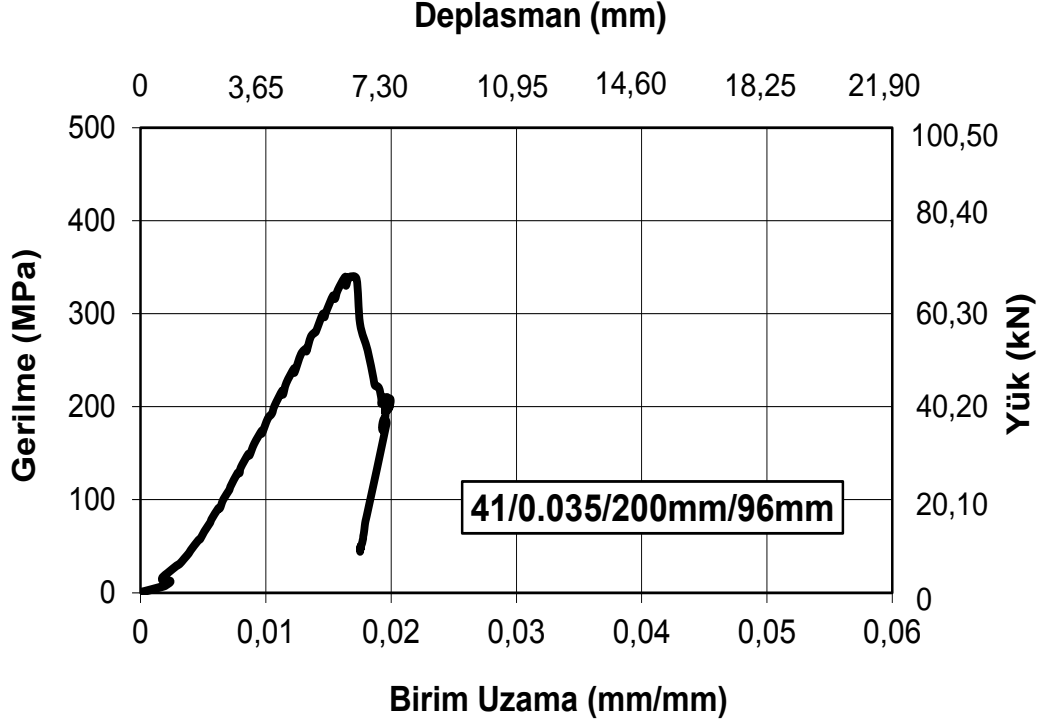


Şekil 4.80: 40/0.035/300mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 41 (41/0.035/200mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 96 mm

68 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.82’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.81’de verilmiştir.



Şekil 4.81: 41/0.035/200mm/96mm deneyine ait grafik.

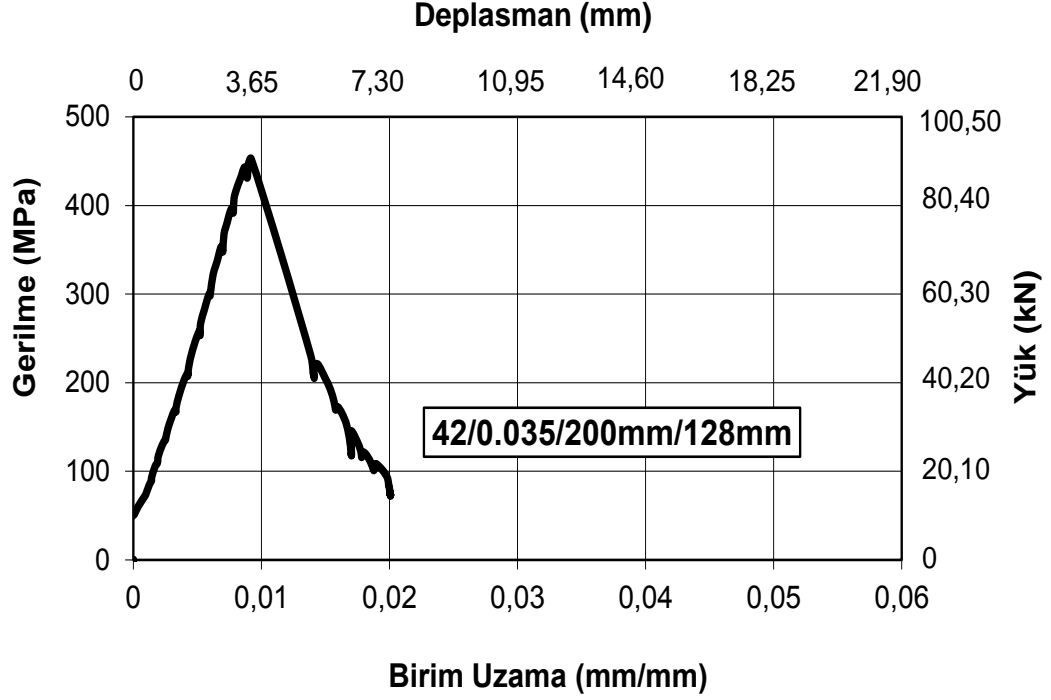


Şekil 4.82: 41/0.035/200mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 42 (42/0.035/200mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 128 mm

90 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.84'te görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.83'te verilmiştir.



Şekil 4.83: 42/0.035/200mm/128mm deneyine ait grafik.

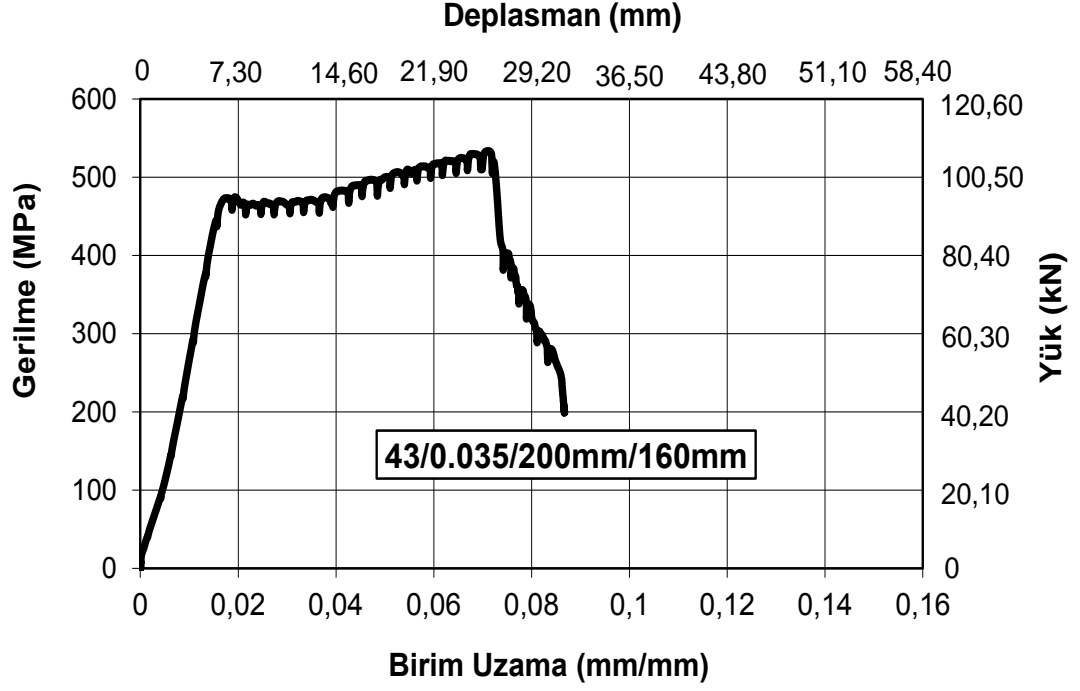


Şekil 4.84: 42/0.035/200mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 43 (43/0.035/200mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 160 mm

107 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.86’da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.85’te verilmiştir.



Şekil 4.85: 43/0.035/200mm/160mm deneyine ait grafik.

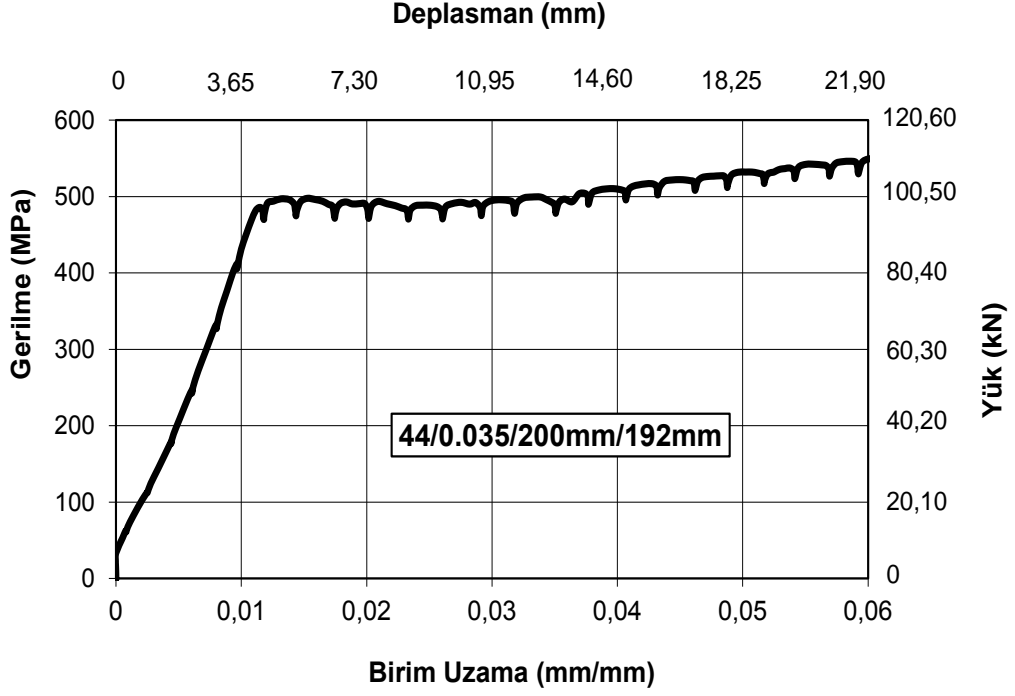


Şekil 4.86: 43/0.035/200mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 44 (44/0.035/200mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 200mm, Gömülme boyu: 192 mm

118 kN yük düzeyinde Şekil 4.88’de görüldüğü gibi ankraj donatısının kopmasıyla deney elemanı geçmiştir. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.87’de verilmiştir.



Şekil 4.87: 44/0.035/200mm/192mm deneyine ait grafik.

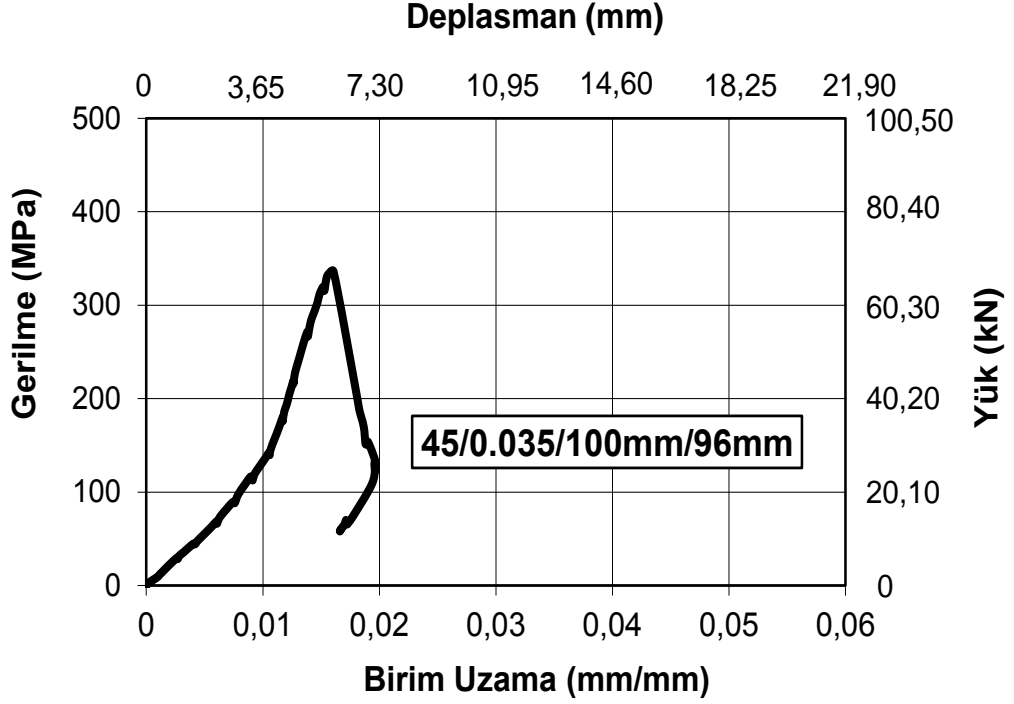


Şekil 4.88: 44/0.035/200mm/192mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 45 (45/0.035/100mm/96mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 96 mm

67 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.90'da görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.87'de verilmiştir.



Şekil 4.89: 45/0.035/100mm/96mm deneyine ait grafik.

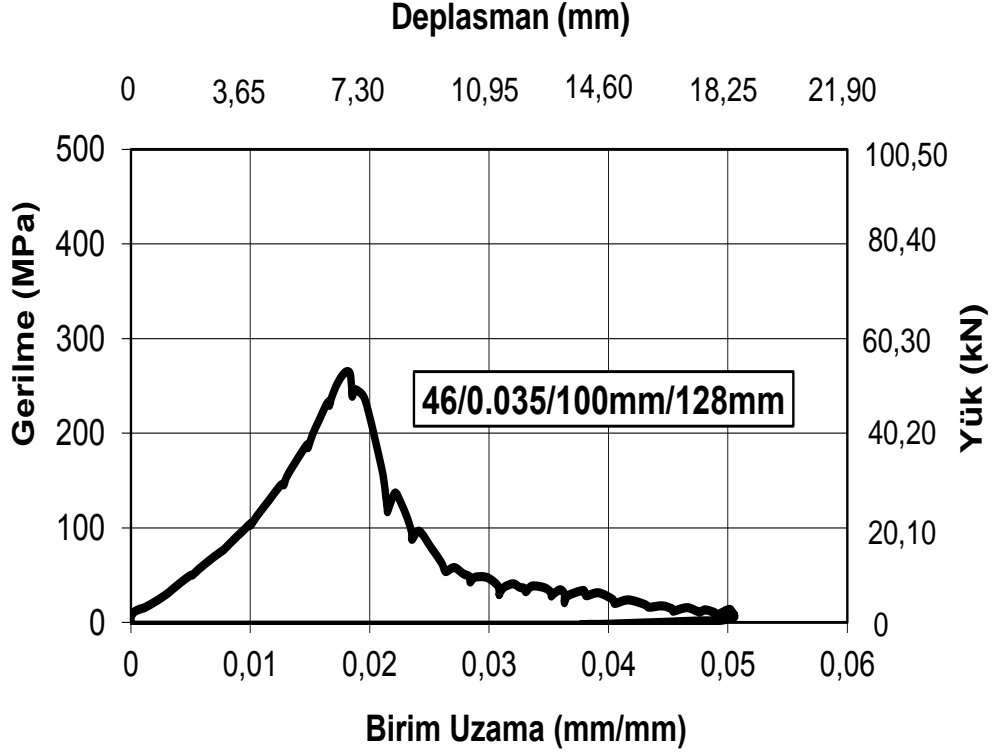


Şekil 4.90: 45/0.035/100mm/96mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 46 (46/0.035/100mm/128mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 128 mm

53 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.92’de görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.91’de verilmiştir.



Şekil 4.91: 46/0.035/100mm/128mm deneyine ait grafik.

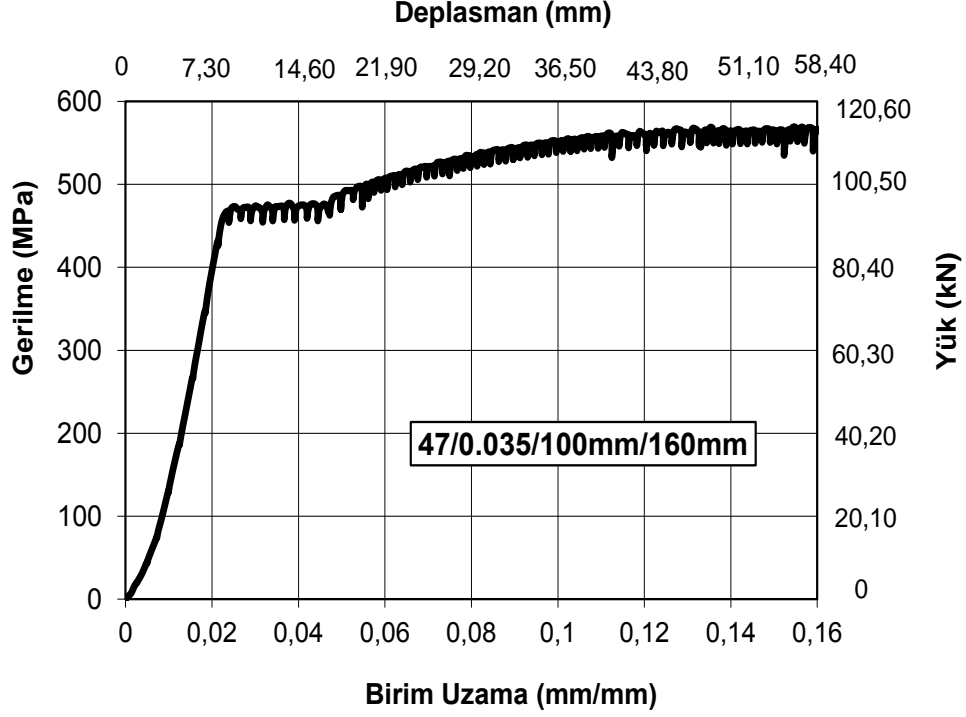


Şekil 4.92: 46/0.035/100mm/128mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 47 (47/0.035/100mm/160mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 160 mm

114 kN yük düzeyinde donatı çevresinde Şekil 4.94'te görüldüğü gibi diyagonal çatlaklar oluşmuş ve betonun kırılmasıyla deney elemanı göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.93'te verilmiştir.



Şekil 4.93: 47/0.035/100mm/160mm deneyine ait grafik.

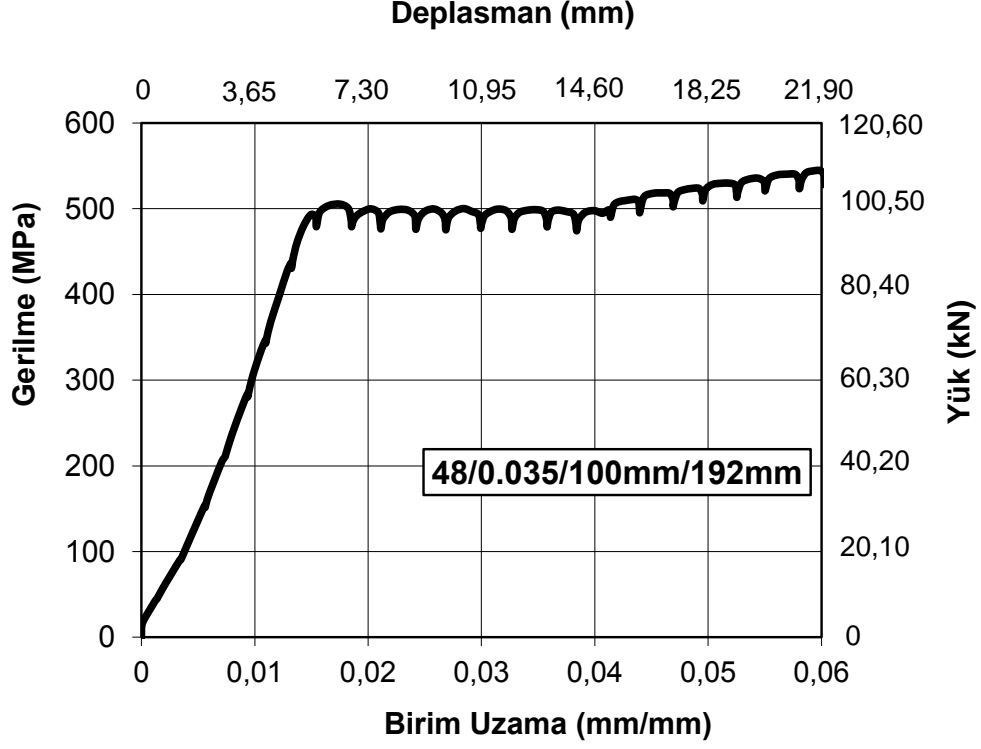


Şekil 4.94: 47/0.035/100mm/160mm deneyine ait resim.

Deney Elemanı 48 (48/0.035/100mm/192mm):

Boyuna donatı oranı: 0.035, Etriye aralığı: 100mm, Gömülme boyu: 192 mm

119 kN yük düzeyinde Şekil 4.96'da görüldüğü gibi deney elemanı ankraj donatısının kopmasıyla göçmüştür. Deney elemanının gerilme-birim uzama ve yük-deplasman grafiği Şekil 4.95'te verilmiştir.



Şekil 4.95: 48/0.035/100mm/192mm deneyine ait grafik.



Şekil 4.96: 48/0.035/100mm/192mm deneyine ait resim.

5. DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde deney sonuçları belirlenen değişkenler dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Belirlenen değişkenler olan; boyuna donatı oranı, etriye aralığı ve bu iki değişkene bağlı olarak ankraj gömülme derinliği dikkate alınarak deney sonuçlarında karşılaştırma yapılmıştır. Deneylere ait tüm sonuçlar Çizelge 5.1’de yer almaktadır.

Çizelge 5.1: Deney sonuçları.

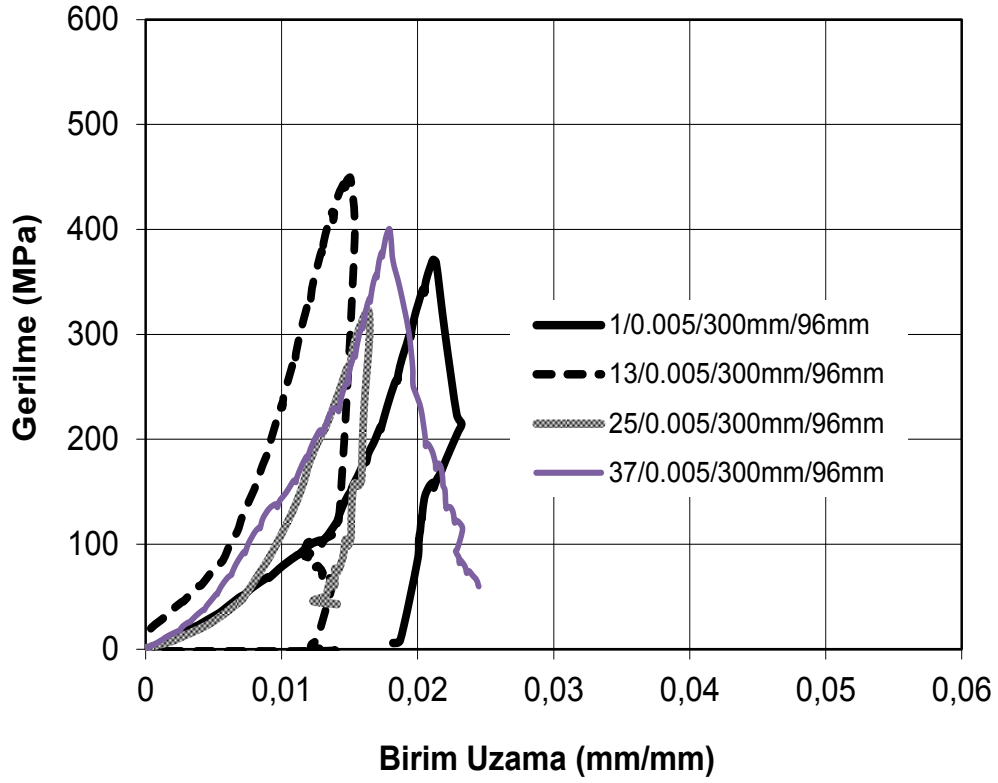
D deney Nu.	Ankrajın Gösterimi	Akma Yüğü (kN)	Akma Gerilmesi (MPa)	Maksimum Yüğü (kN)	Maksimum Gerilme (MPa)	Ankraj Davranışı
D deney 1	1/0.005/300mm/96mm	x	x	74,6	371,1	Göçme
D deney 2	2/0.005/300mm/128mm	91,2	453,4	93,7	466,0	Akma
D deney 3	3/0.005/300mm/160mm	94,8	471,5	117,2	582,7	Akma
D deney 4	4/0.005/300mm/192mm	95,0	472,3	117,2	582,8	Akma
D deney 5	5/0.005/200mm/96mm	x	x	90,1	448,2	Göçme
D deney 6	6/0.005/200mm/128mm	93,7	465,9	99,7	495,9	Akma
D deney 7	7/0.005/200mm/160mm	96,1	478,1	116,6	579,9	Akma
D deney 8	8/0.005/200mm/192mm	97,4	484,4	119,5	594,3	Akma
D deney 9	9/0.005/100mm/96mm	x	x	85,3	424,5	Göçme
D deney 10	10/0.005/100mm/128mm	96,0	477,3	99,8	496,3	Akma
D deney 11	11/0.005/100mm/160mm	96,8	481,2	117,8	586,0	Akma
D deney 12	12/0.005/100mm/192mm	97,1	483,0	120,6	600,0	Akma
D deney 13	13/0.015/300mm/96mm	x	x	90,2	448,8	Göçme
D deney 14	14/0.015/300mm/128mm	x	x	93,1	463,2	Göçme
D deney 15	15/0.015/300mm/160mm	95,9	476,8	116,3	578,2	Akma
D deney 16	16/0.015/300mm/192mm	92,5	460,2	114,9	571,6	Akma
D deney 17	17/0.015/200mm/96mm	x	x	83,3	414,1	Göçme
D deney 18	18/0.015/200mm/128mm	x	x	94,0	467,6	Göçme
D deney 19	19/0.015/200mm/160mm	98,2	488,3	120,1	597,5	Akma
D deney 20	20/0.015/200mm/192mm	100,1	497,9	120,0	597,0	Akma
D deney 21	21/0.015/100mm/96mm	x	x	88,2	438,9	Göçme
D deney 22	22/0.015/100mm/128mm	x	x	87,3	434,0	Göçme
D deney 23	23/0.015/100mm/160mm	98,8	491,4	120,1	597,5	Akma
D deney 24	24/0.015/100mm/192mm	97,6	485,4	117,8	585,7	Akma

Çizelge 5.1 (Devam): Deney sonuçları.

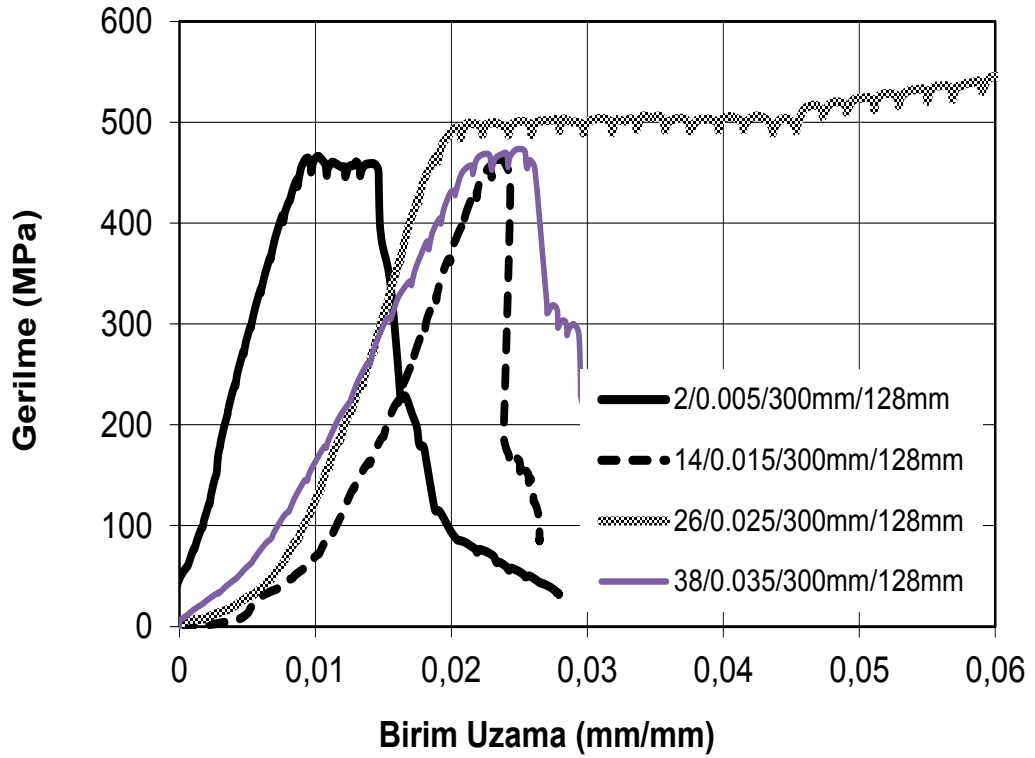
Deney Nu.	Ankrajın Gösterimi	Akma Yüğü (kN)	Akma Gerilmesi (MPa)	Maksimum Yüğü (kN)	Maksimum Gerilme (MPa)	Ankraj Davranışı
Deney 25	25/0.025/300mm/96mm	x	x	65,2	324,1	Göçme
Deney 26	26/0.025/300mm/128mm	99,0	492,5	118,8	590,8	Akma
Deney 27	27/0.025/300mm/160mm	92,6	460,6	115,0	572,0	Akma
Deney 28	28/0.025/300mm/192mm	98,7	491,0	119,0	591,9	Akma
Deney 29	29/0.025/200mm/96mm	x	x	91,2	453,6	Göçme
Deney 30	30/0.025/200mm/128mm	93,1	462,8	113,1	562,3	Akma
Deney 31	31/0.025/200mm/160mm	100,6	500,2	121,9	606,1	Akma
Deney 32	32/0.025/200mm/192mm	99,6	495,1	121,1	602,4	Akma
Deney 33	33/0.025/100mm/96mm	x	x	62,7	311,7	Göçme
Deney 34	34/0.025/100mm/128mm	98,9	491,7	108,6	540,3	Akma
Deney 35	35/0.025/100mm/160mm	92,1	458,0	111,1	552,8	Akma
Deney 36	36/0.025/100mm/192mm	97,0	482,5	117,6	584,9	Akma
Deney 37	37/0.035/300mm/96mm	x	x	80,5	400,6	Göçme
Deney 38	38/0.035/300mm/128mm	93,0	462,4	95,1	472,9	Akma
Deney 39	39/0.035/300mm/160mm	98,0	487,2	119,1	592,5	Akma
Deney 40	40/0.035/300mm/192mm	95,9	477,2	114,7	570,6	Akma
Deney 41	41/0.035/200mm/96mm	x	x	68,2	339,4	Göçme
Deney 42	42/0.035/200mm/128mm	x	x	91,0	452,5	Göçme
Deney 43	43/0.035/200mm/160mm	95,2	473,3	107,2	533,3	Akma
Deney 44	44/0.035/200mm/192mm	100,1	497,6	118,6	589,6	Akma
Deney 45	45/0.035/100mm/96mm	x	x	67,6	336,0	Göçme
Deney 46	46/0.035/100mm/128mm	x	x	53,2	264,8	Göçme
Deney 47	47/0.035/100mm/160mm	93,2	463,6	114,4	569,2	Akma
Deney 48	48/0.035/100mm/192mm	101,7	505,9	119,4	593,8	Akma

5.1 Donatı Oranının Etkisi

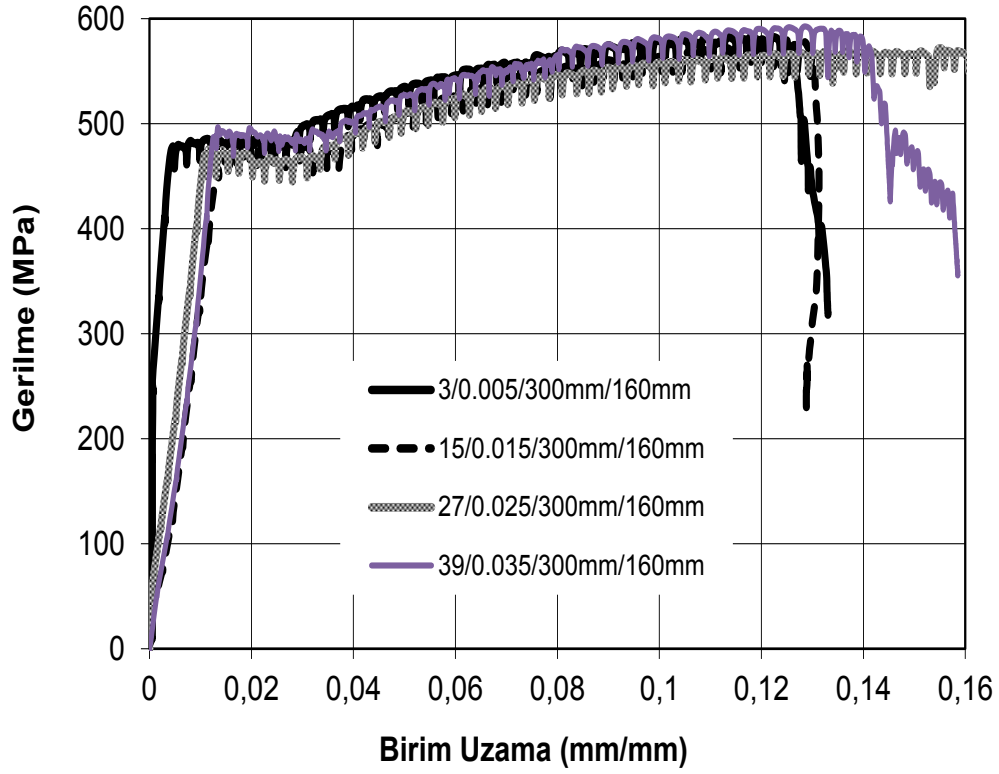
Deneyisel çalışmada boyuna donatı oranları %0.5, %1.5, %2.5 ve %3.5 oranlarında değiştirilmiştir. Bu donatı oranlarında olan yüzeylere ankraj donatıları 6φ, 8φ, 10φ ve 12φ derinliklerinde gömülmüştür. Deney sonuçları her bir gömülme boyu ve etriye aralığı için dört farklı boyuna donatı oranının değişimini belirlemek amacıyla gruplandırılarak Şekil 5.1 - Şekil 5.12’de sunulmuştur.



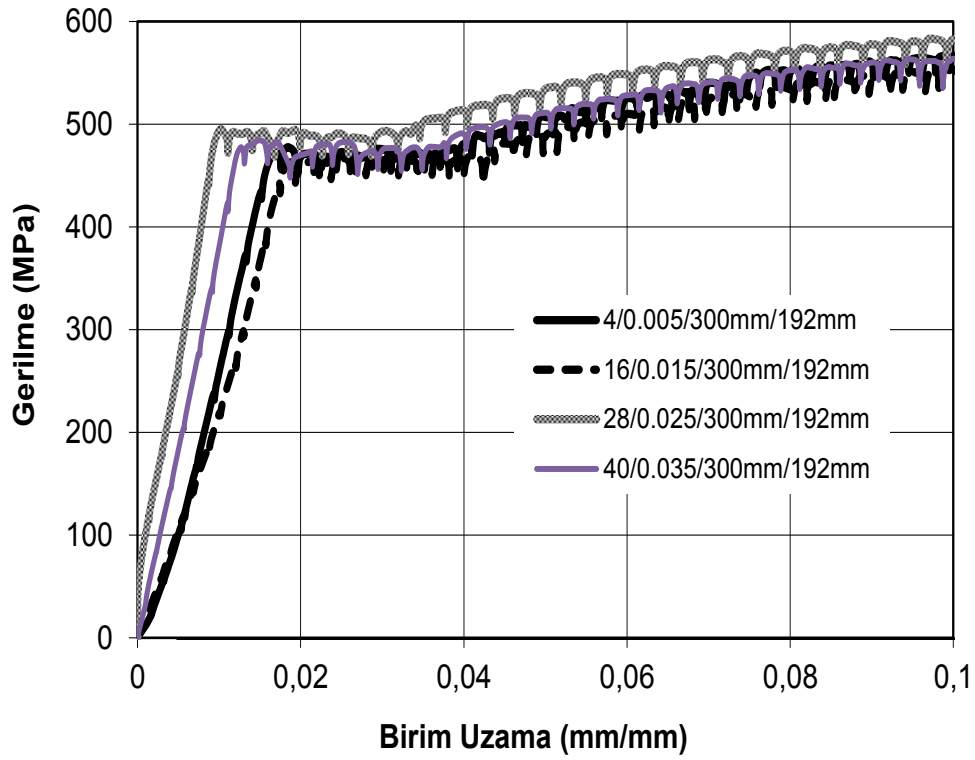
Şekil 5.1: $s = 300$ mm, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri



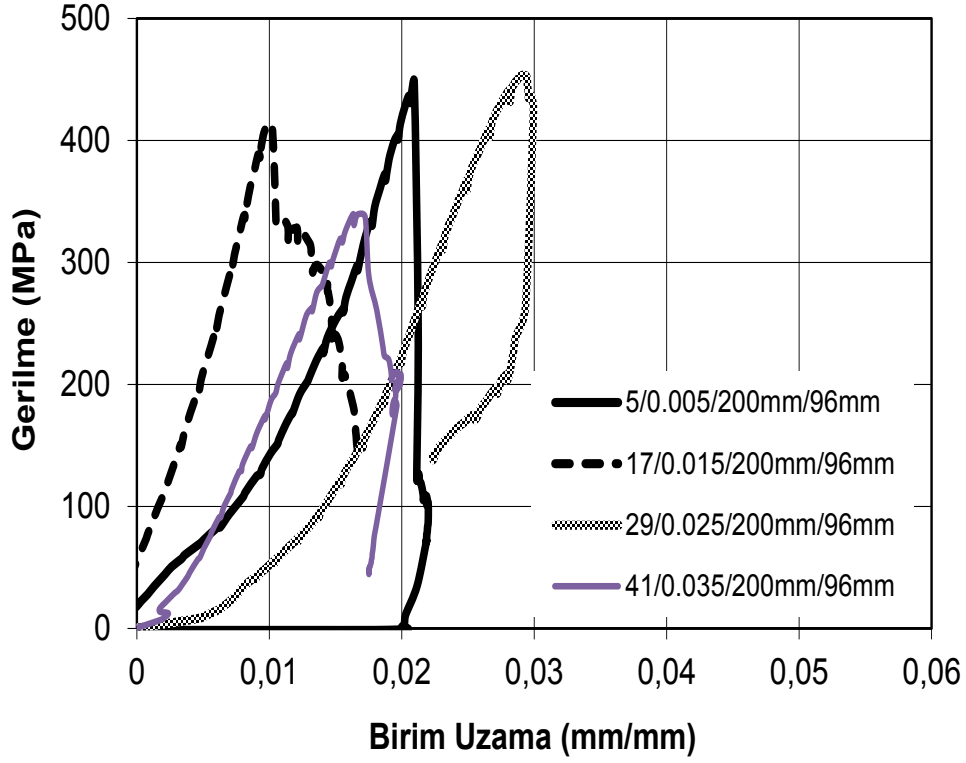
Şekil 5.2: $s = 300$ mm, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



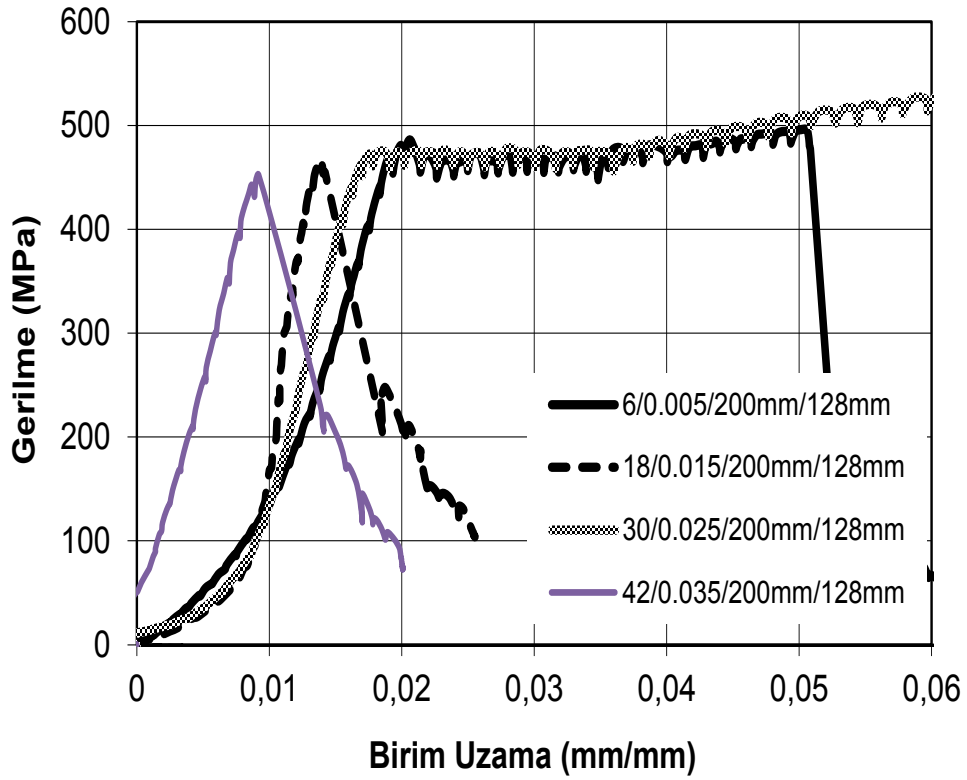
Şekil 5.3: $s = 300$ mm $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



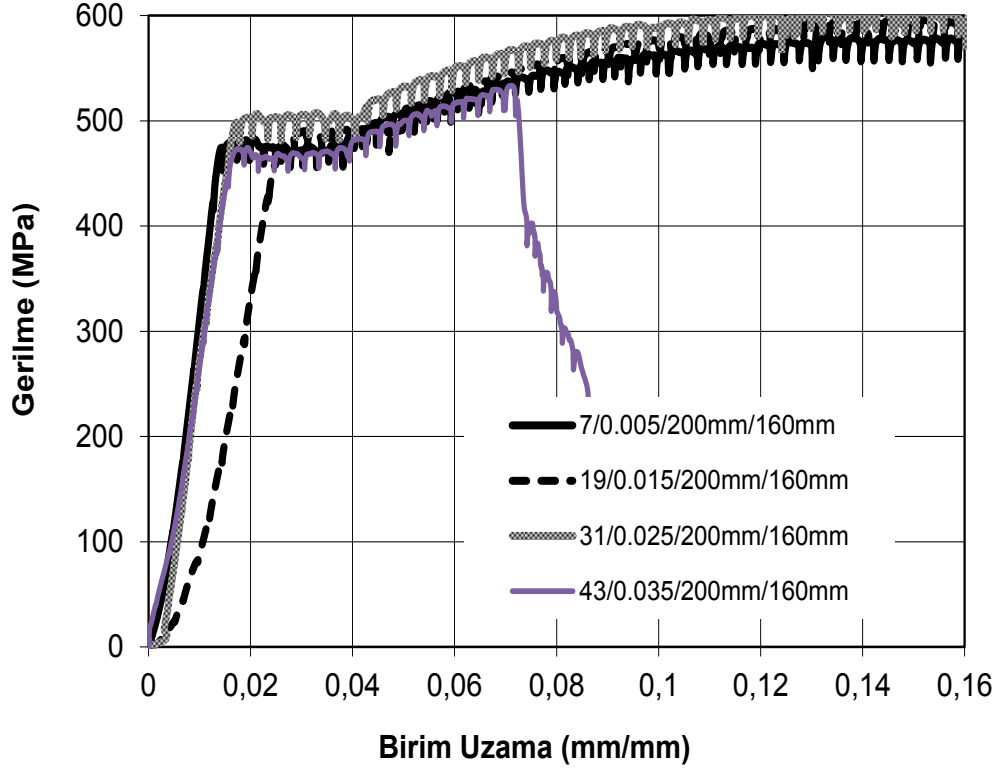
Şekil 5.4: $s = 300$ mm, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



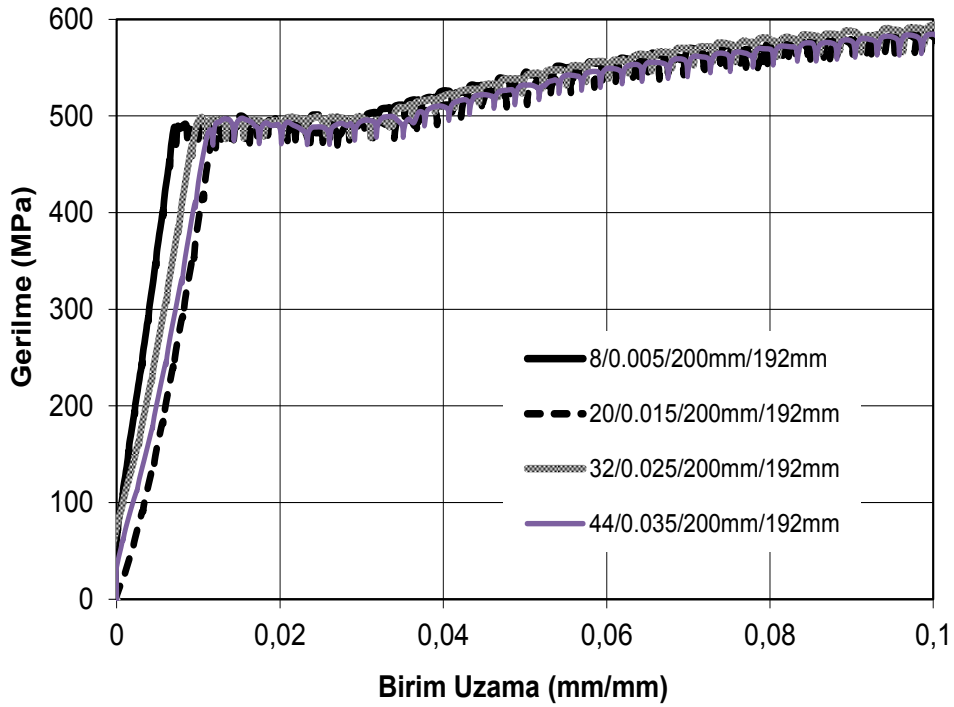
Şekil 5.5: $s = 200$ mm, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



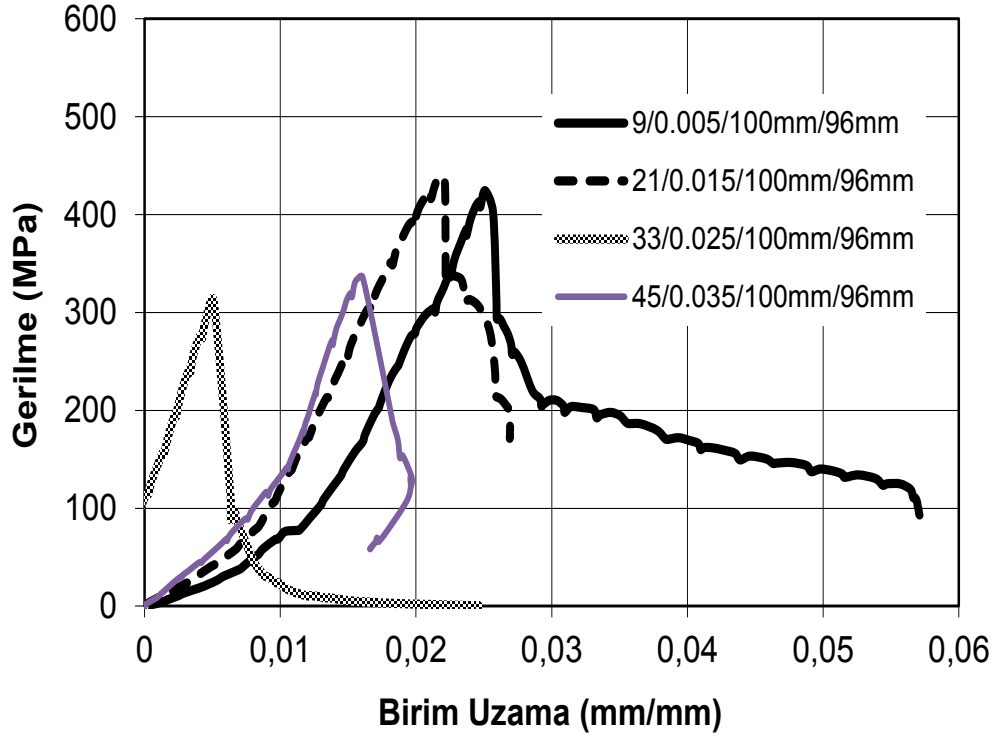
Şekil 5.6: $s = 200$ mm $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



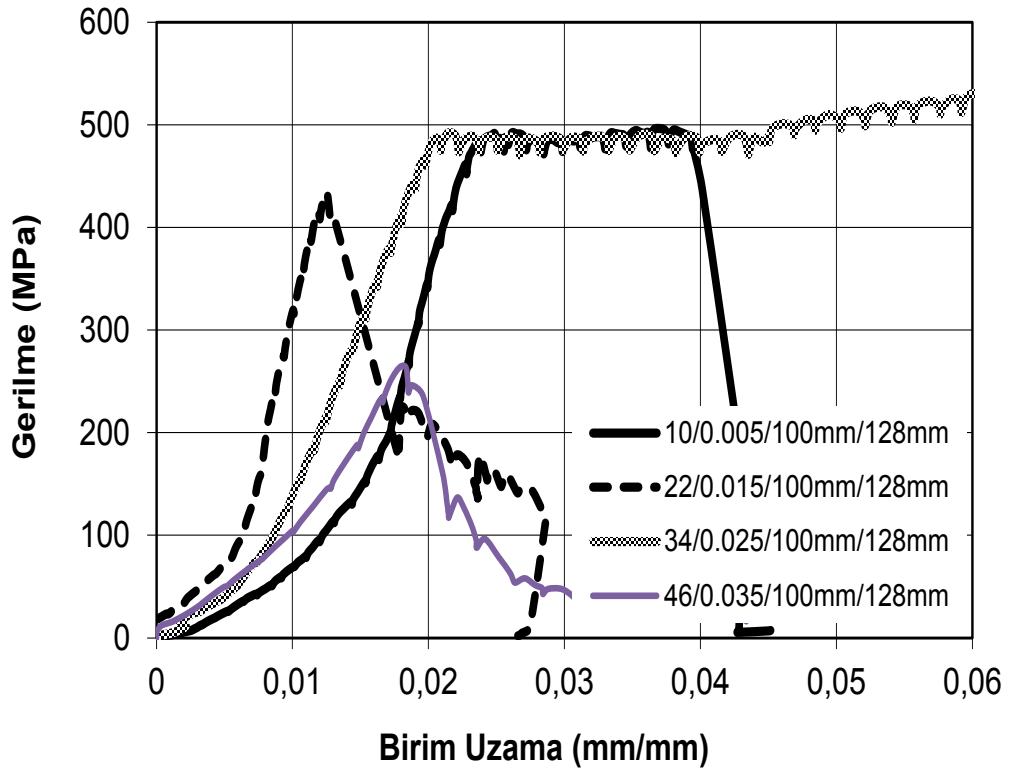
Şekil 5.7: $s = 200$ mm $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



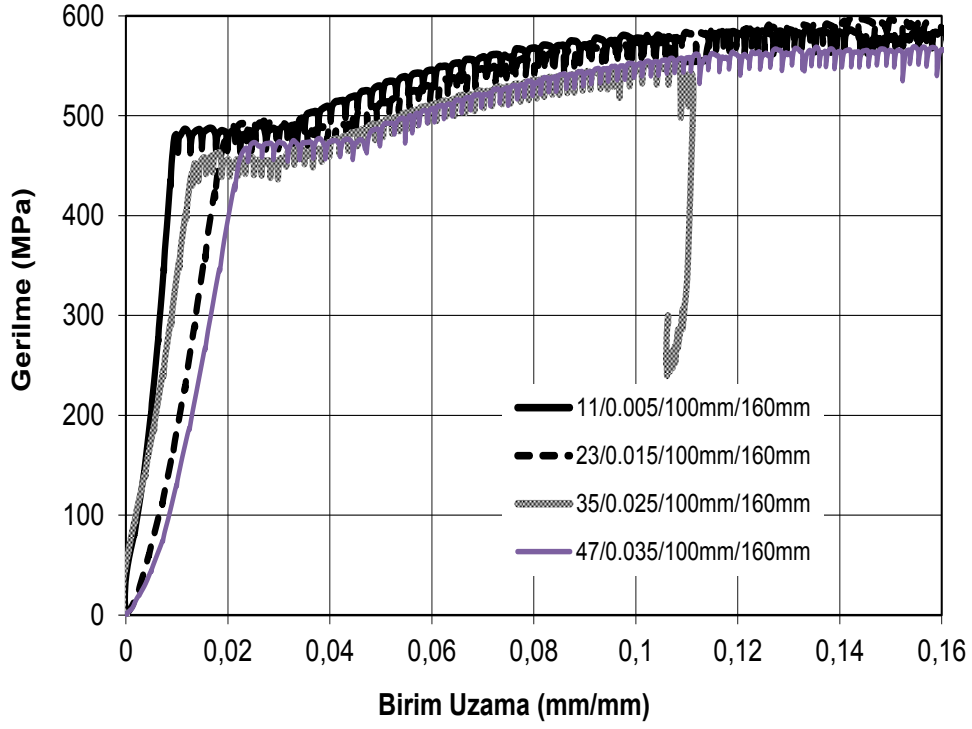
Şekil 5.8: $s = 200$ mm, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



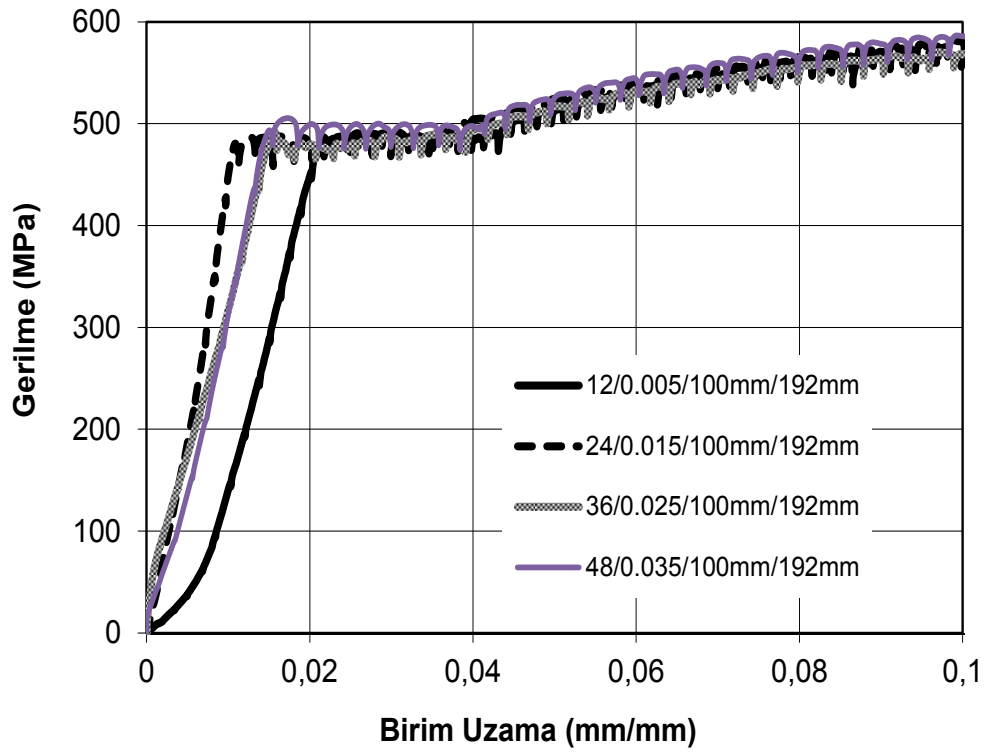
Şekil 5.9: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.10: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.11: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



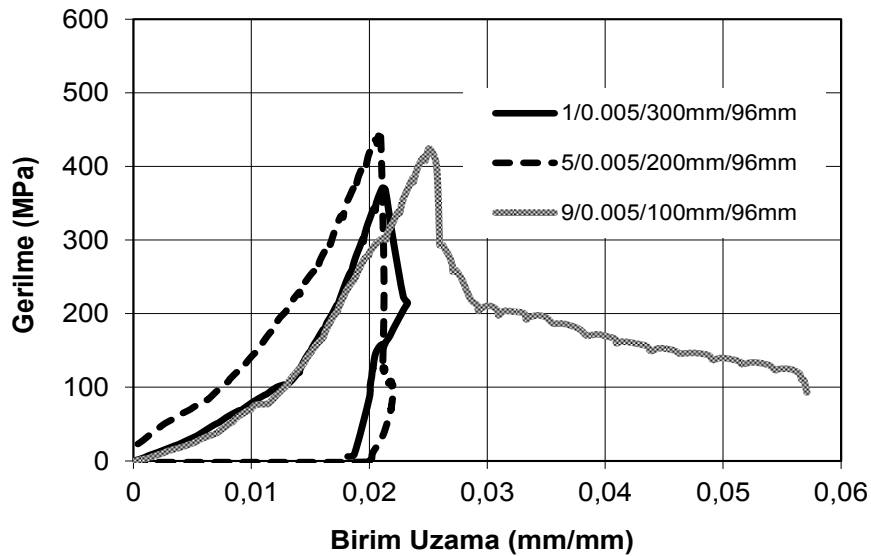
Şekil 5.12: $s = 100$ mm, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.

6 ϕ (96 mm) gömülme boyunda hiçbir deney numunesinde akma gerçekleşmemiştir. Grafikler incelendiğinde donatı oranının artması ile davranış ve yük taşıma kapasitesi arasında düzenli bir ilişki belirlenmemiştir. 8 ϕ (128 mm) gömülme boyunda bazı deney elemanlarında akma dayanımına, hatta pekleşme bölgesine ulaşılmıştır. Ancak bazılarında ise 350 MPa yük düzeyinde göçme gerçekleşmiştir. Boyuna donatı oranının değişmesi 8 ϕ (128 mm) gömülme boyunda da etkili olmamıştır. Gömülme boyları 10 ϕ (160 mm) ve 12 ϕ (196 mm) olan bütün ankrajlarda akma ve pekleşme gerçekleşmiştir. Deney elemanlarının şekilde verilen grafikleri incelendiğinde boyuna donatı oranlarının davranış ve dayanım üzerine düzenli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

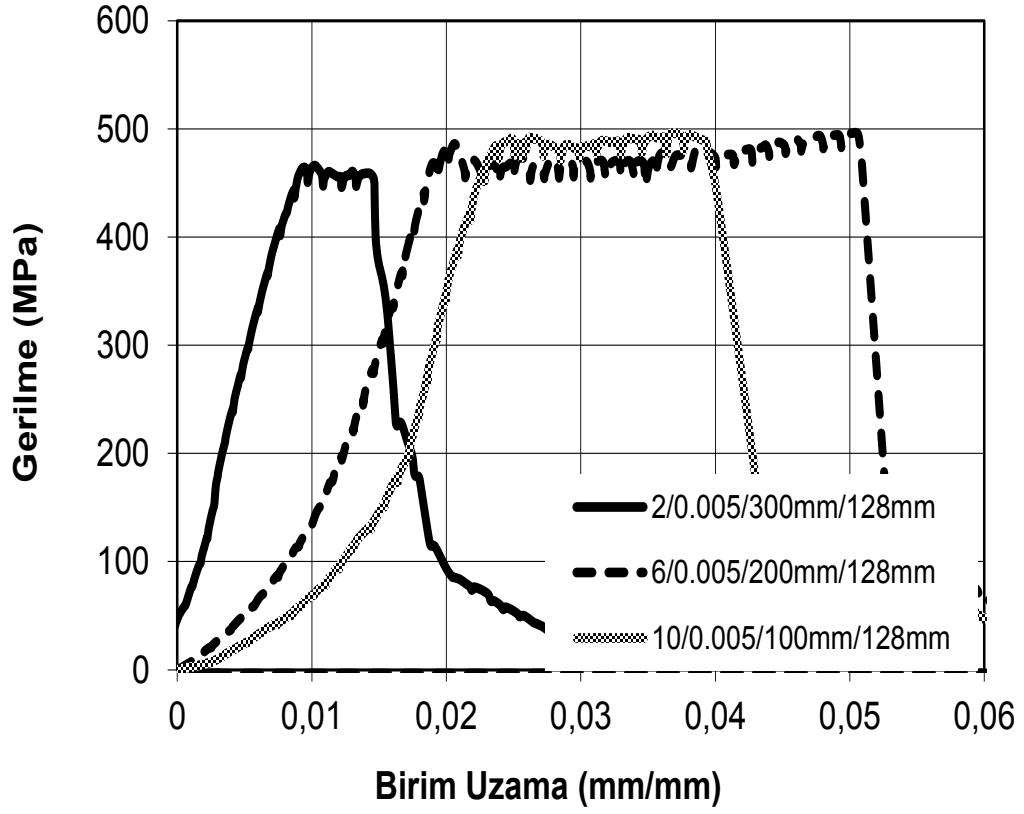
Sonuç olarak boyuna donatı oranının en azından %3.5 gibi büyük bir değerde davranış ve dayanım üzerine etkide bulunması beklenmekteydi, ancak bazı deney elemanlarında donatının artmasının dayanımı değiştirmedeği, uzamayı ise olumsuz etkilediği sonuçları elde edilmiştir. Boyuna donatı oranının artmasının veya azalmasının yapılan deneyler sonucunda olumlu veya olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiştir.

5.2 Etriye Aralığının Etkisi

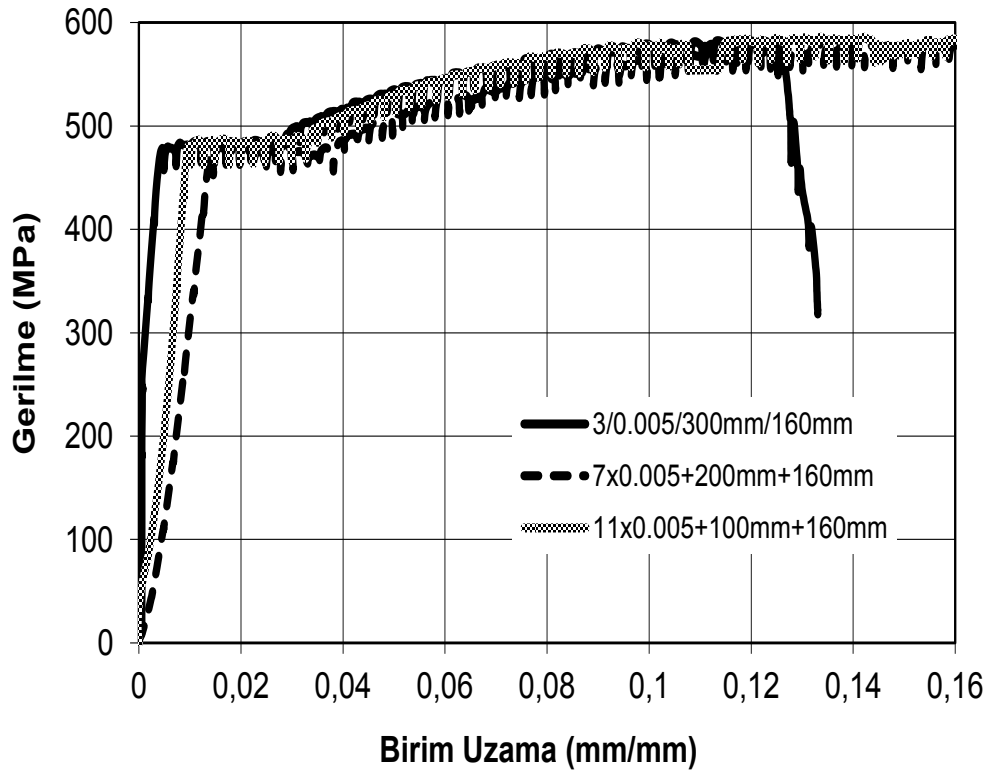
Deney elemanlarında üç farklı etriye aralığı, boyuna donatı ve gömülme boyu değişkenleri göz önüne alınarak irdelenmiştir. Etriye aralığının boyuna donatı oranı ve gömülme boyu değişkenleri gözetilerek gruplandırıldığı gerilme-birim uzama grafikleri Şekil 5.13 - Şekil 5.28'de verilmiştir.



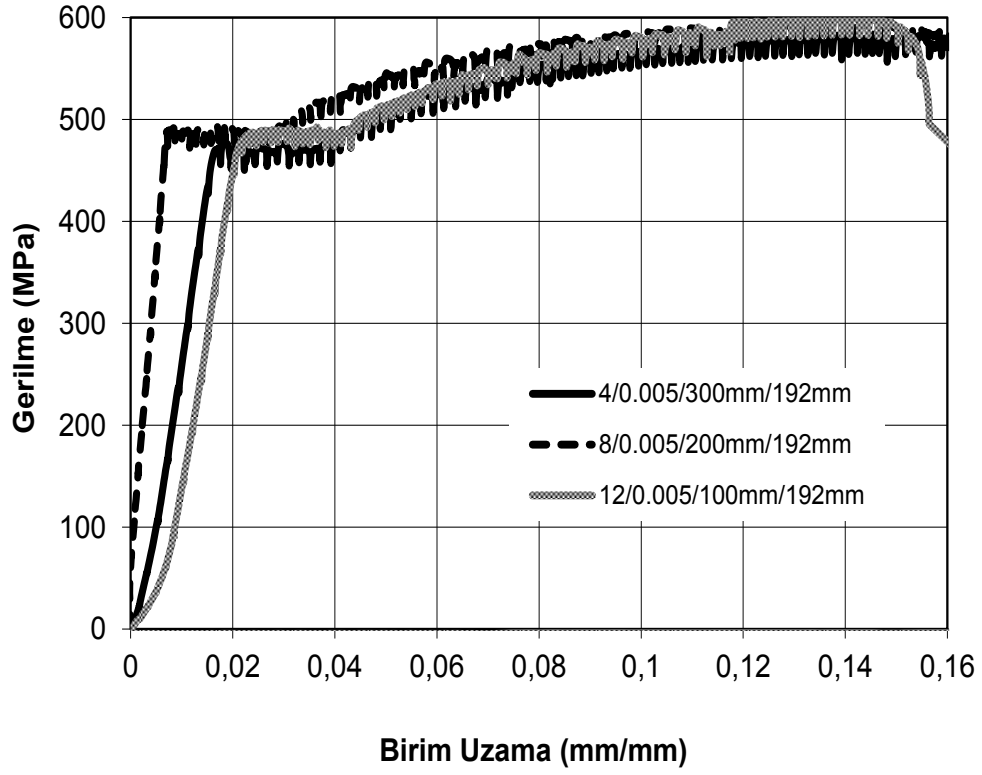
Şekil 5.13: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



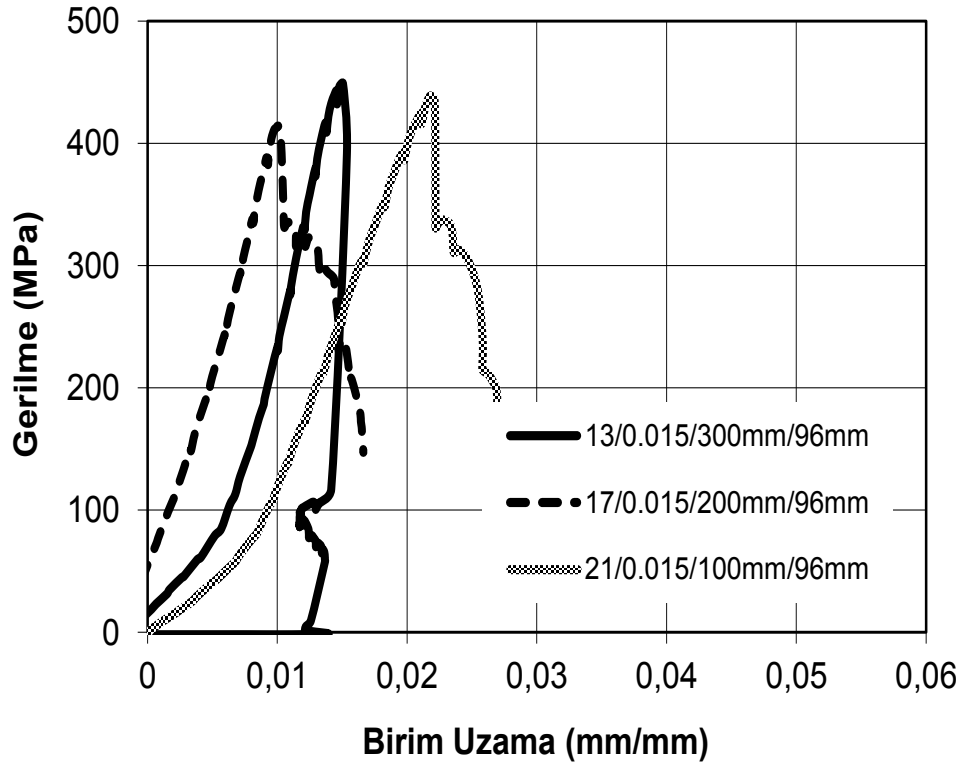
Şekil 5.14: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



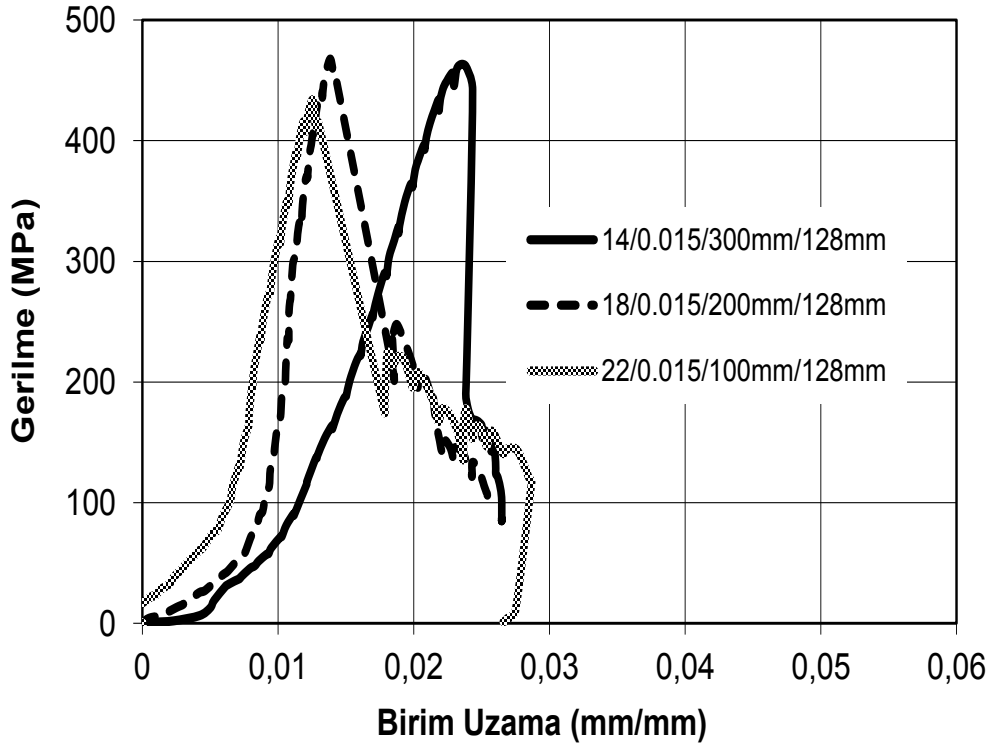
Şekil 5.15: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



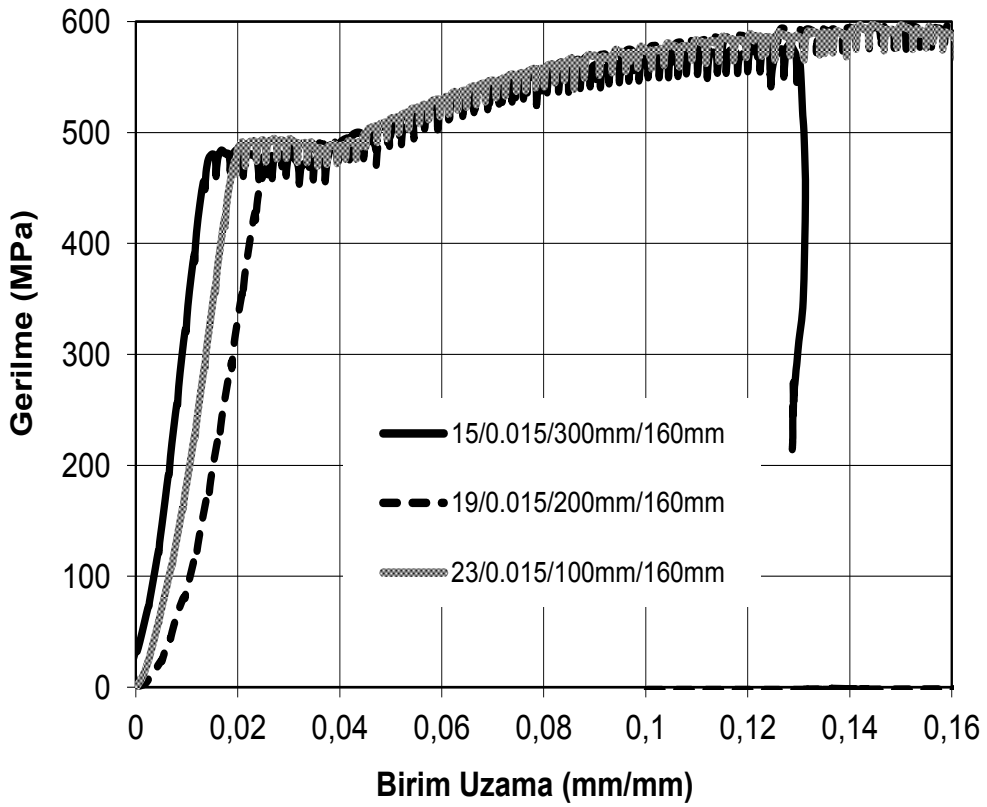
Şekil 5.16: $\rho = 0.005$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



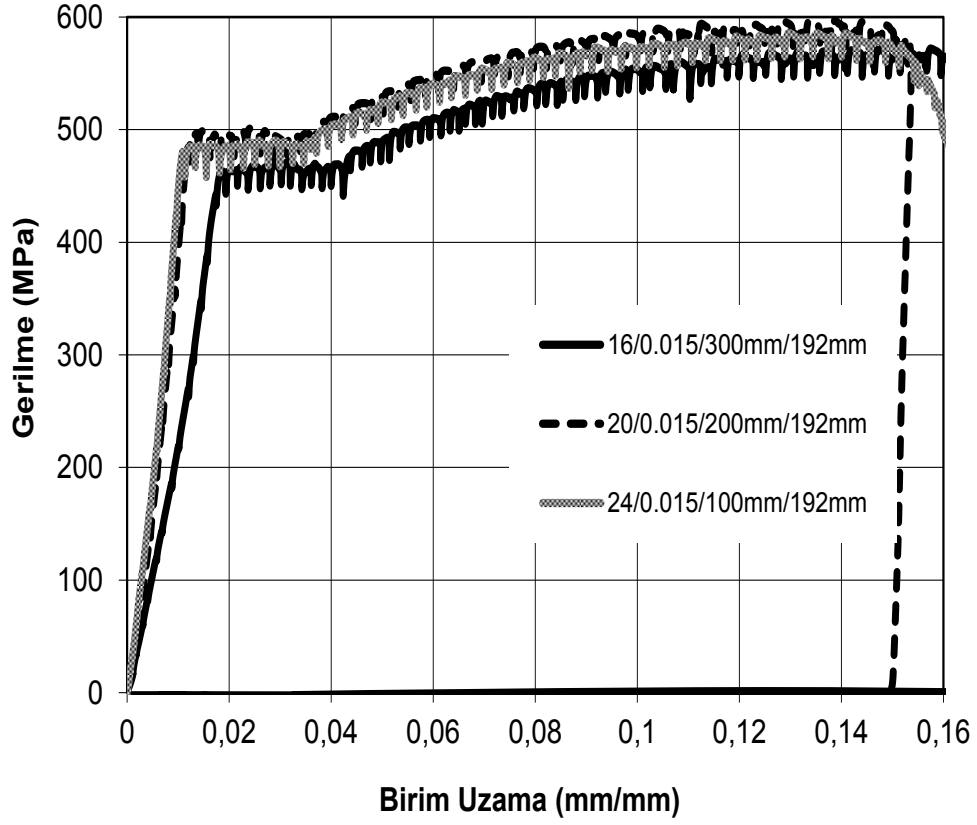
Şekil 5.17: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



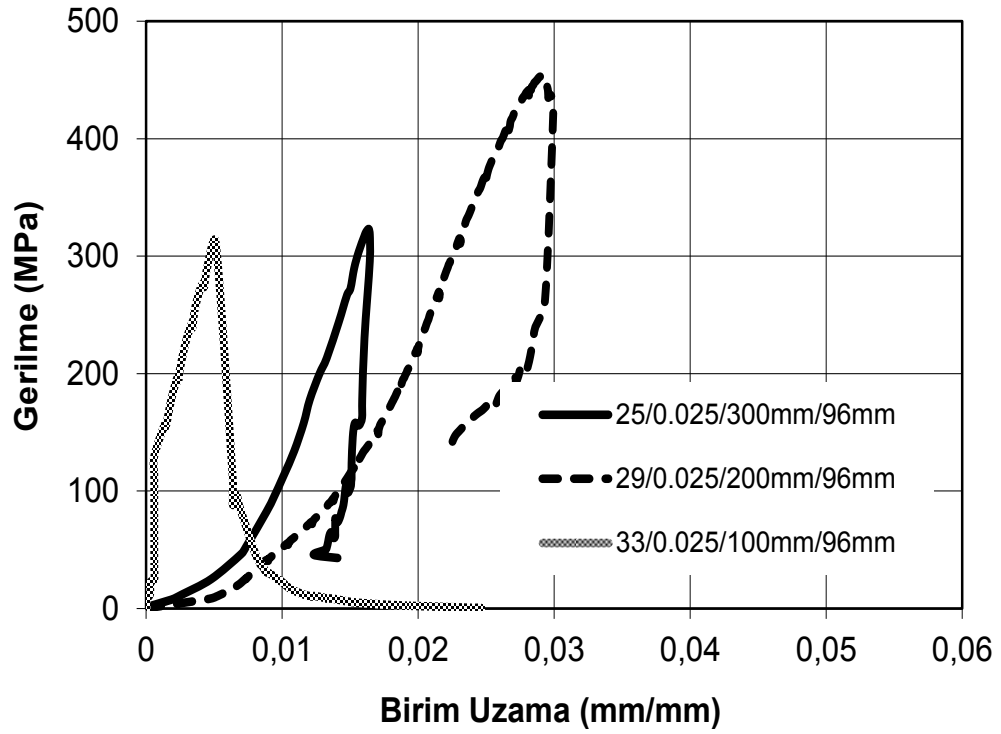
Şekil 5.18: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



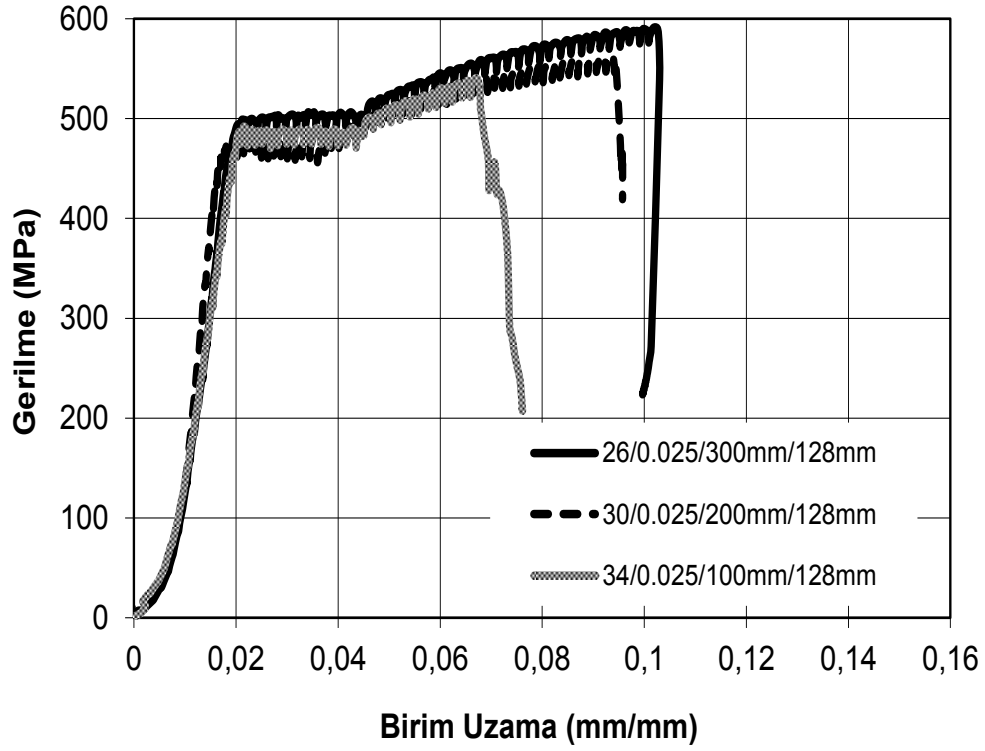
Şekil 5.19: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



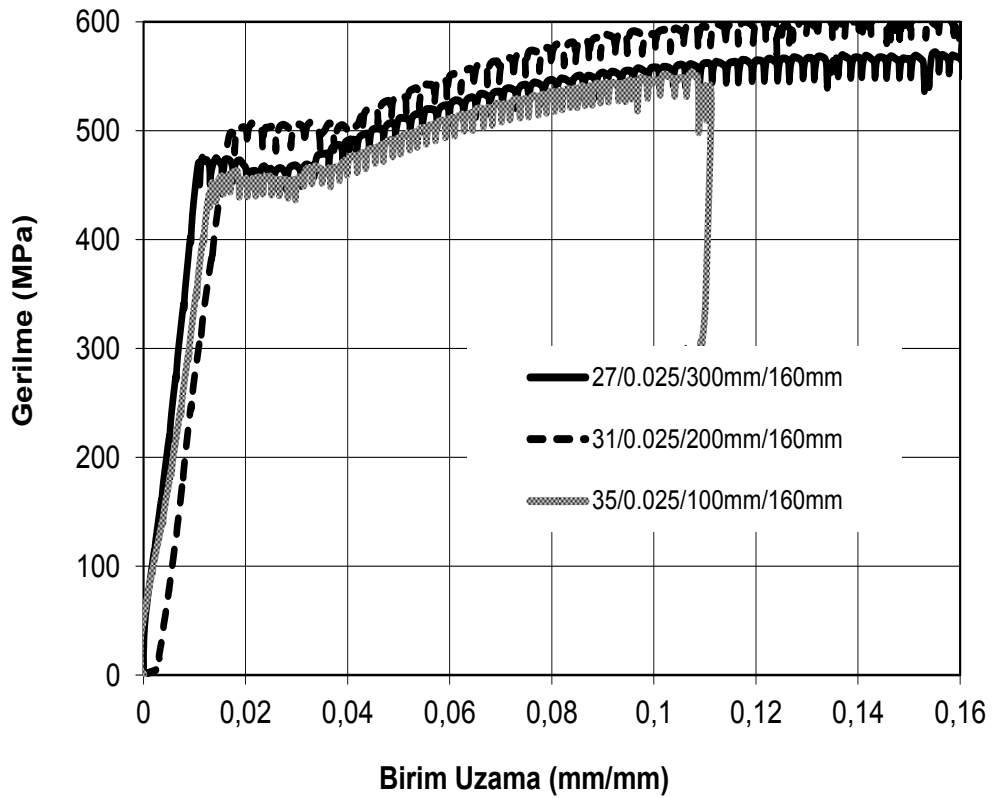
Şekil 5.20: $\rho = 0.015$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



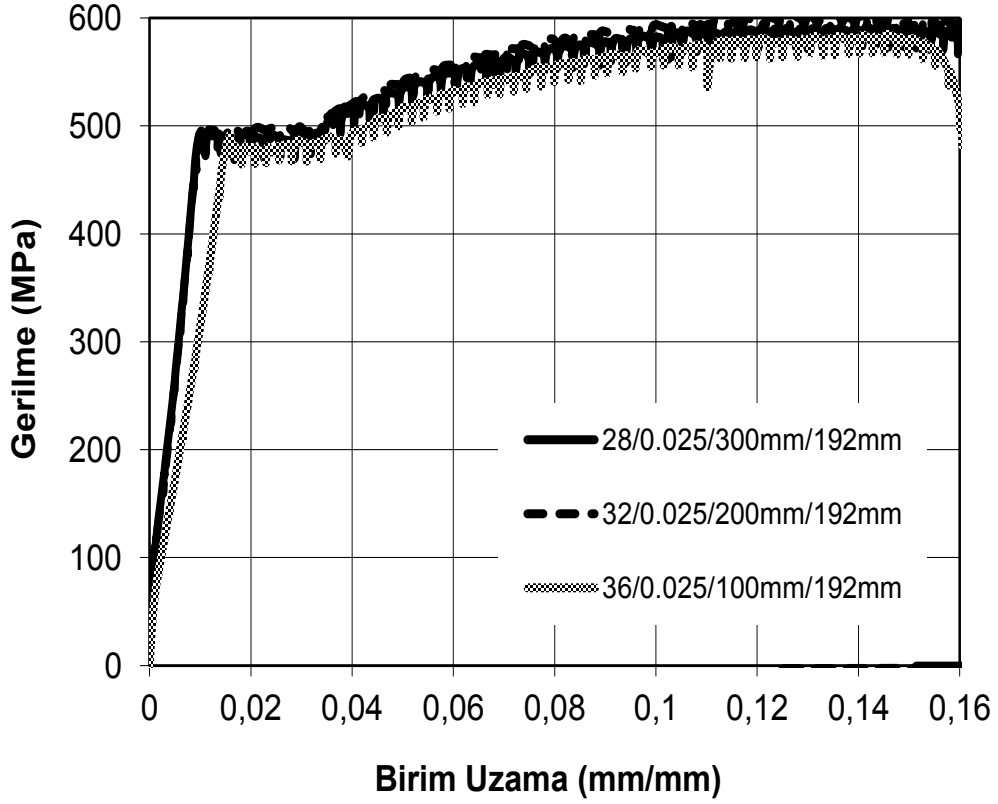
Şekil 5.21: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



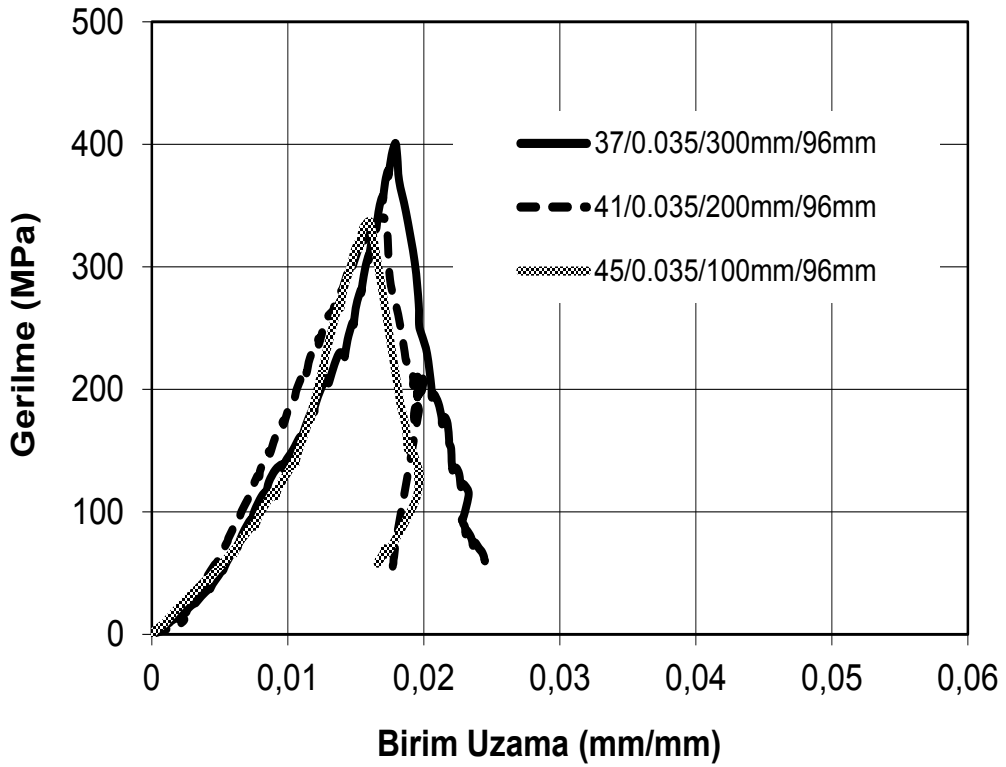
Şekil 5.22: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



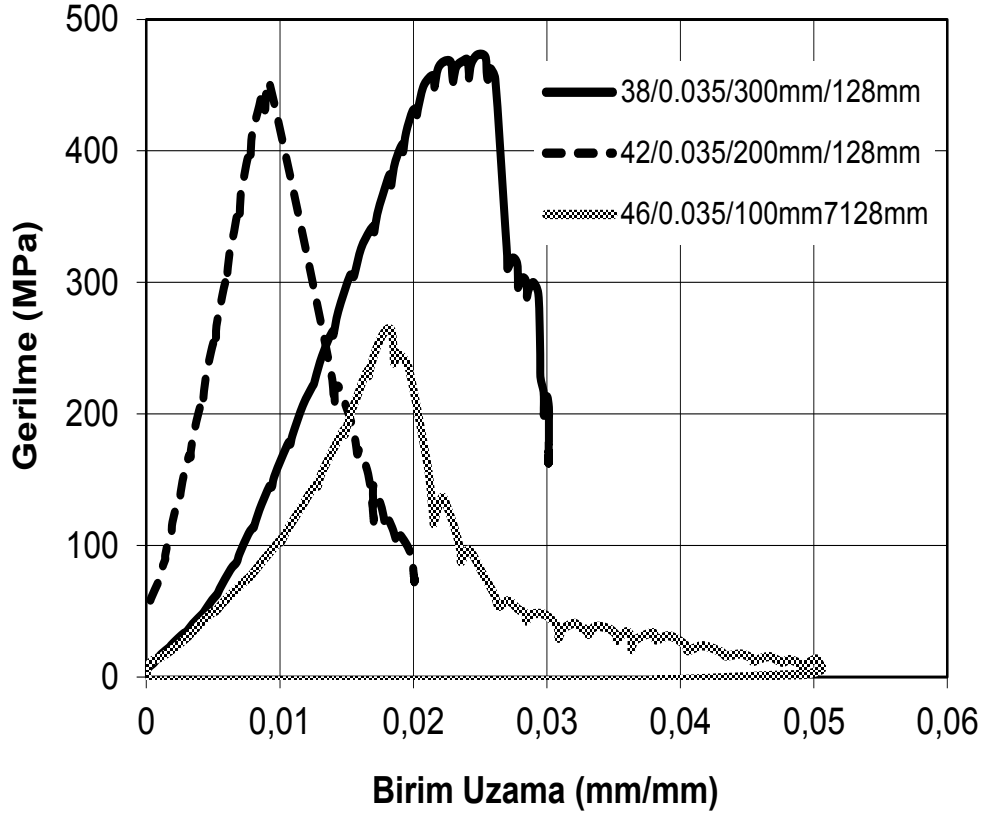
Şekil 5.23: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



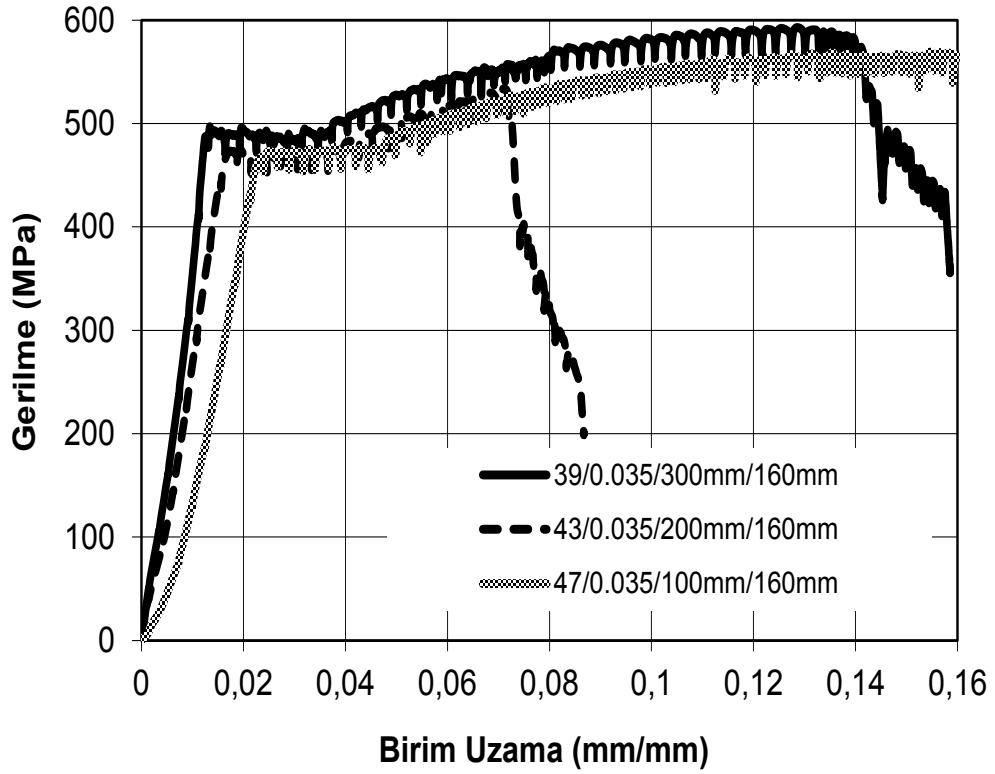
Şekil 5.24: $\rho = 0.025$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



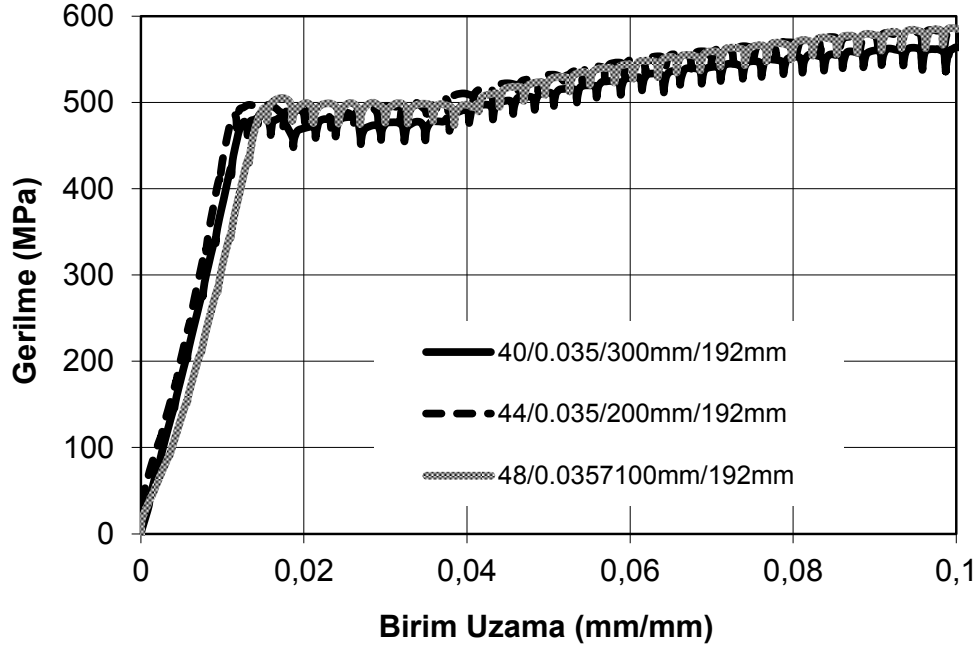
Şekil 5.25: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 96$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.26: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 128$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.27: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 160$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



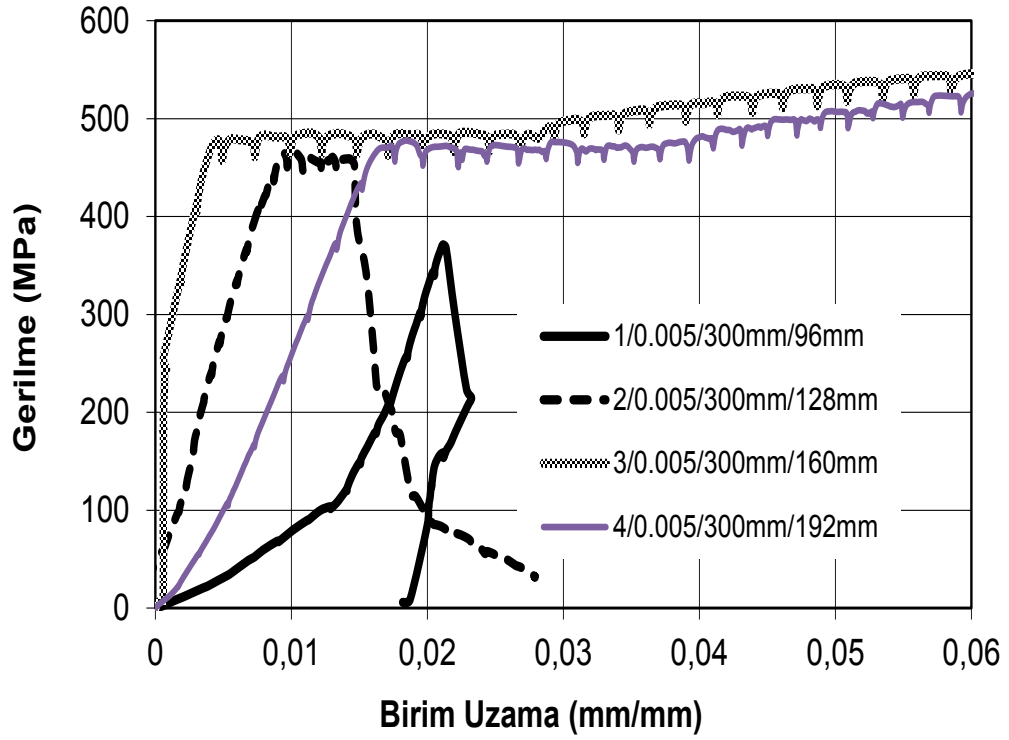
Şekil 5.28: $\rho = 0.035$, $h_{ef} = 192$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.

Gömülme boyu 6ϕ (96 mm) olan deney elemanlarında etriye aralığının değişmesi davranış ve dayanımı etkilememiştir. Gömülme boyu 8ϕ (128 mm) olan deneylerde boyuna donatı oranının değişiminde olduğu gibi etriye aralığının değişimi deney sonuçları üzerinde etkili olmamıştır. Bazı donatılar akma ve pekleşme dayanımına ulaşmış, bazıları daha düşük yük düzeylerinde göçmüştür. Gömülme boyları 10ϕ (160 mm) ve 12ϕ (196 mm) olan bütün ankrajlarda akma ve pekleşme gerçekleşmiştir. Deney elemanlarının şekilde verilen grafikleri incelendiğinde etriye donatısı oranının, davranış ve dayanım üzerine düzenli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

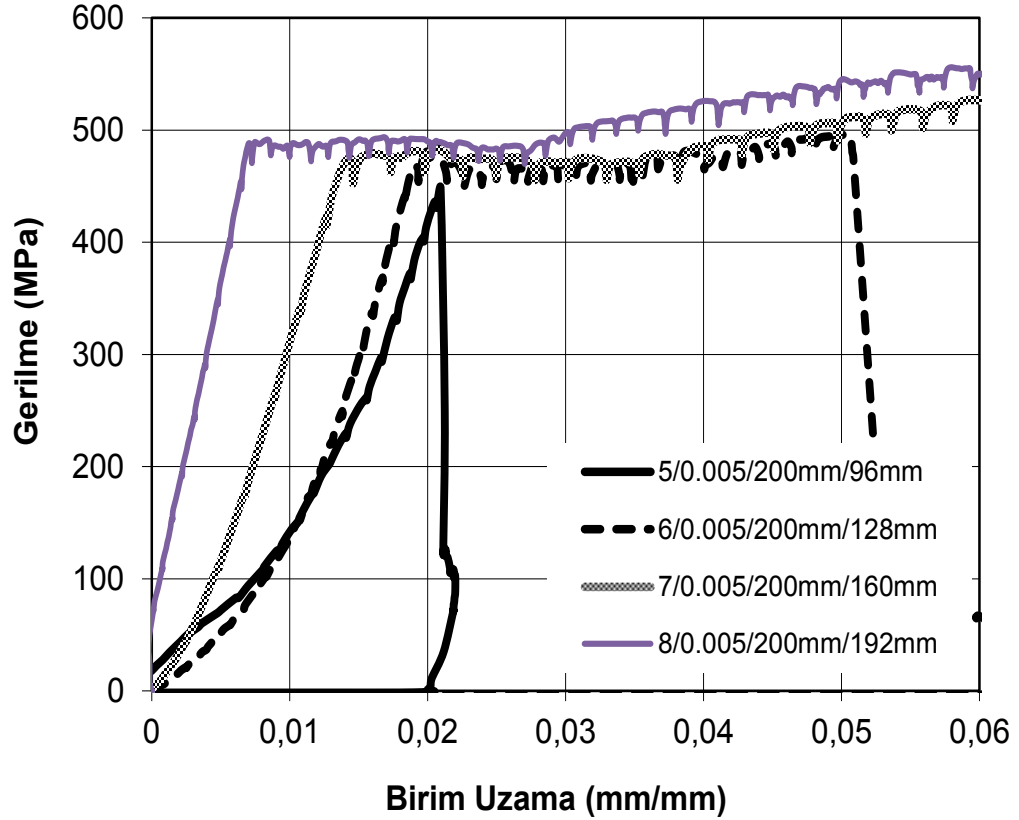
Sonuç olarak ankraj yapılacak yüzeyde bulunan etriye donatısı aralığının 300 mm, 200 mm ve 100 mm olacak şekilde değişmesinin yapılan deneyler sonucunda davranış ve dayanım üzerinde olumlu veya olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiştir.

5.3 Ankraj Derinliğinin Etkisi

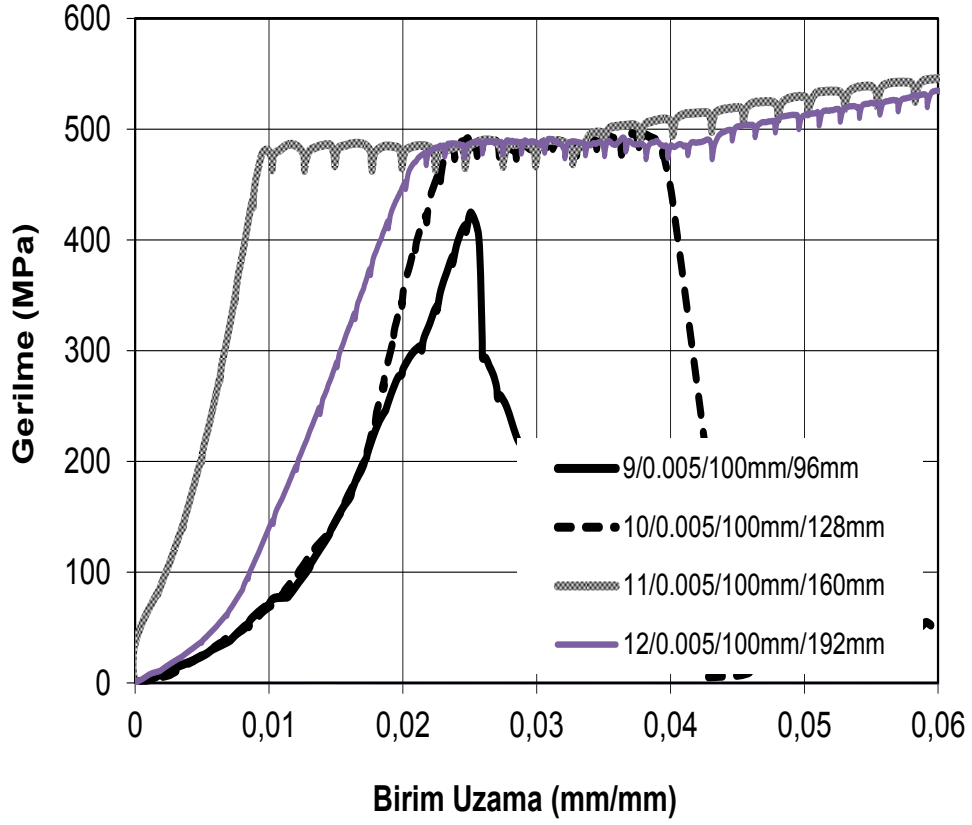
Deneyisel çalışmada ankraj donatıları 6ϕ , 8ϕ , 10ϕ ve 12ϕ derinliklerinde gömülmüştür. Her bir gömülme boyu, dört farklı boyuna donatı oranı ve üç farklı etriye aralığı için gruplandırılmıştır. Deney elemanlarının her bir boyuna donatı oranı ve her bir etriye aralığı ile karşılaştırmalı grafikleri Şekil 5.29 - Şekil 5.40'ta verilmiştir.



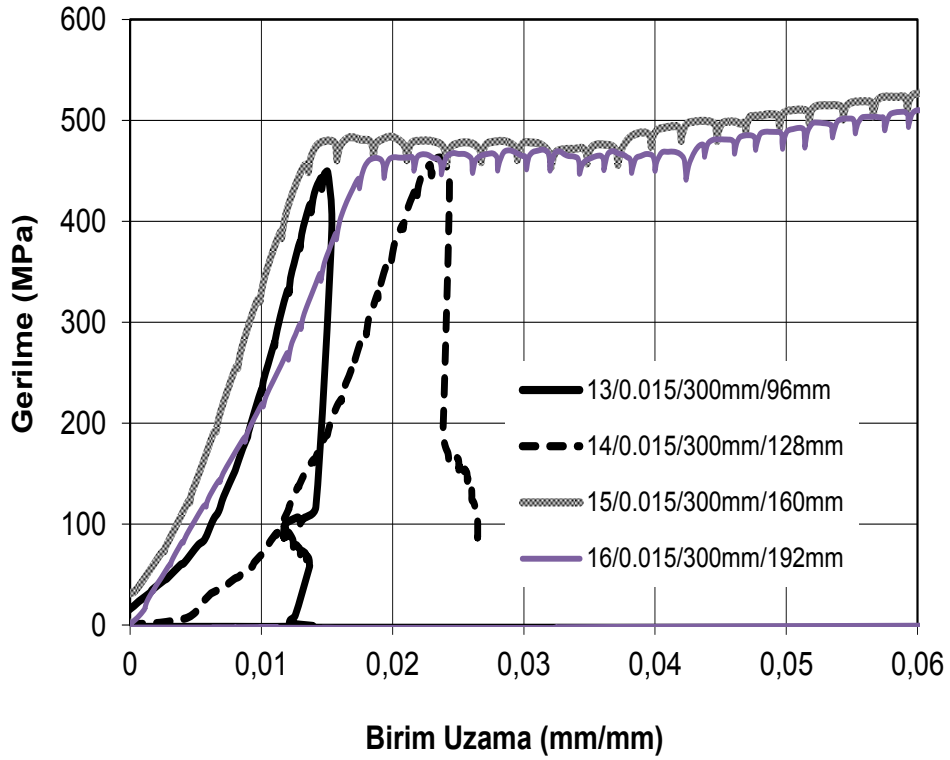
Şekil 5.29: $\rho = 0.005$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



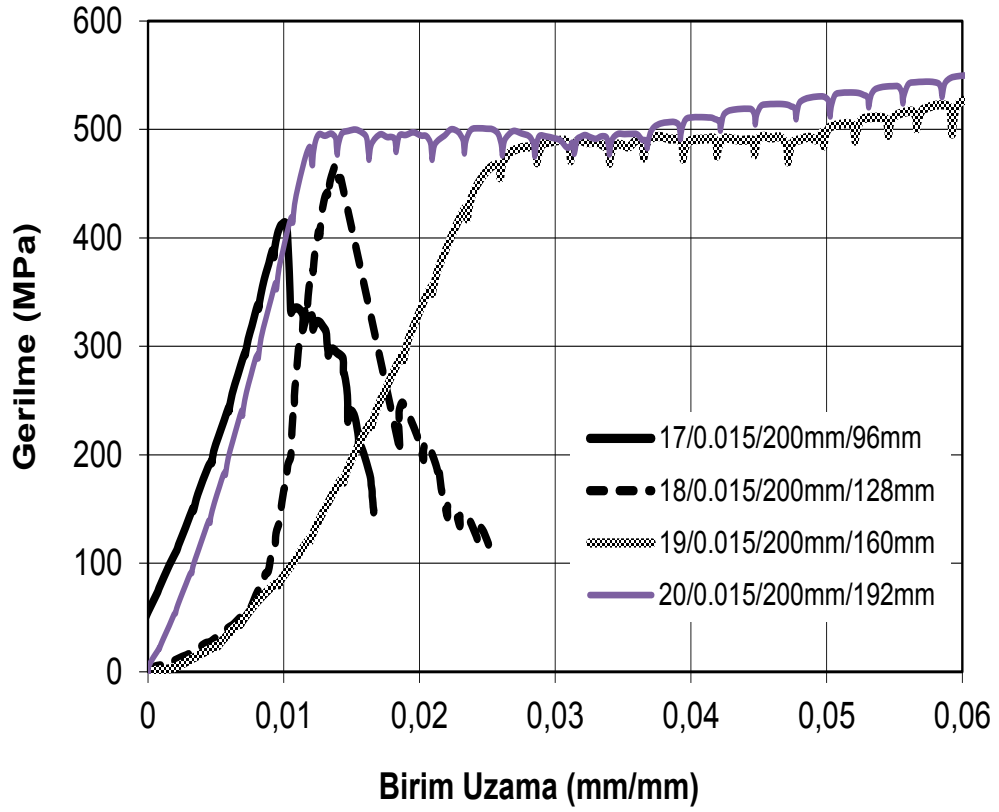
Şekil 5.30: $\rho = 0.005$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



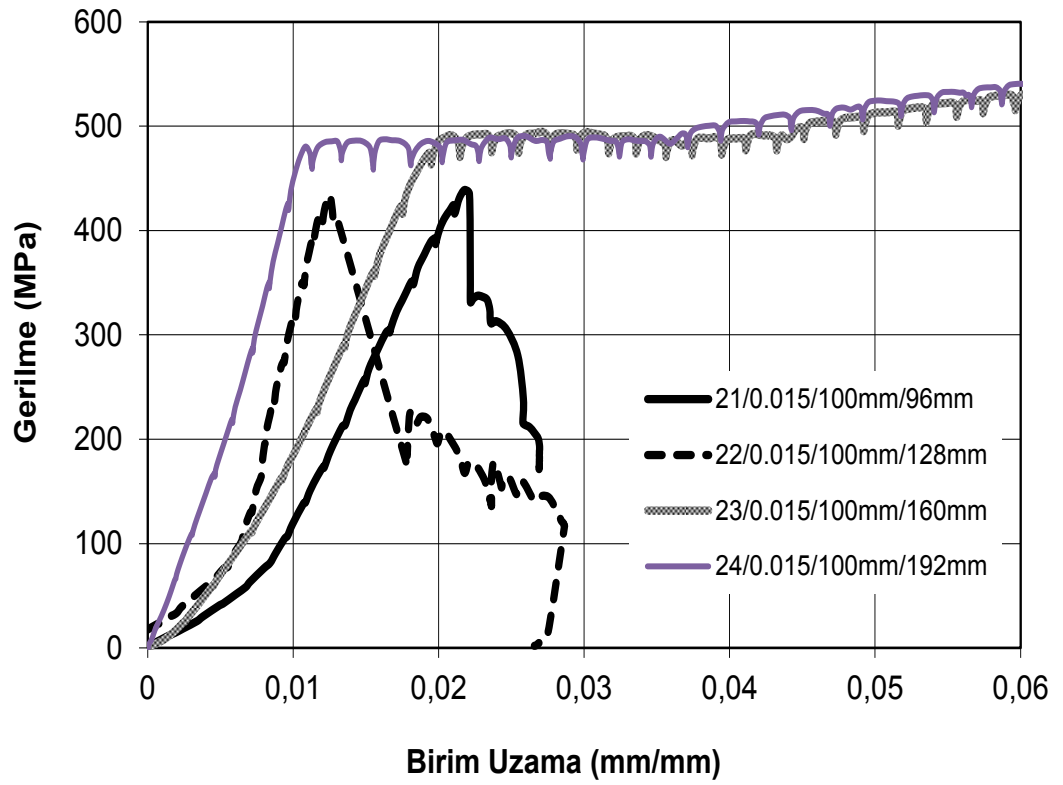
Şekil 5.31: $\rho = 0.005$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



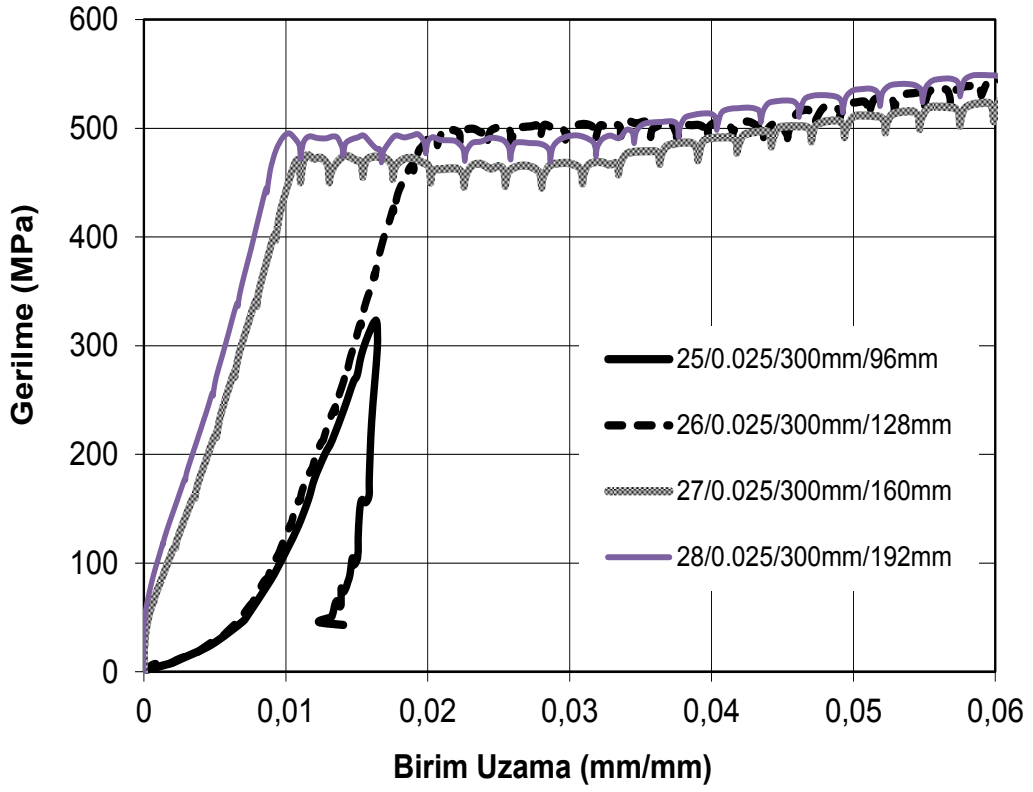
Şekil 5.32: $\rho = 0.015$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



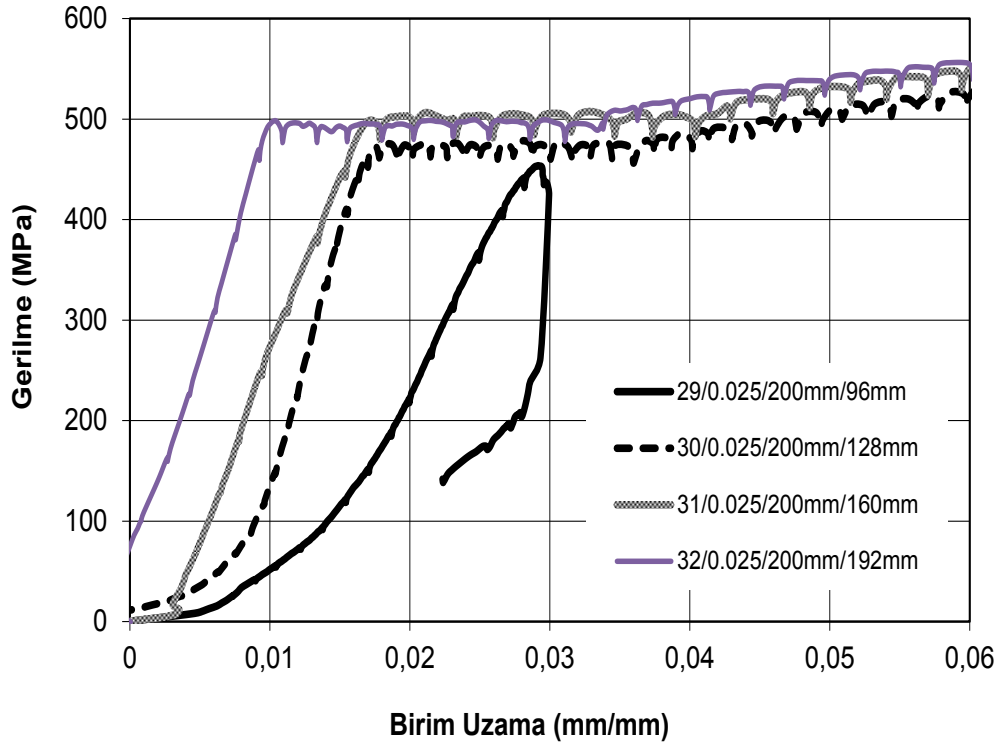
Şekil 5.33: $\rho = 0.015$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



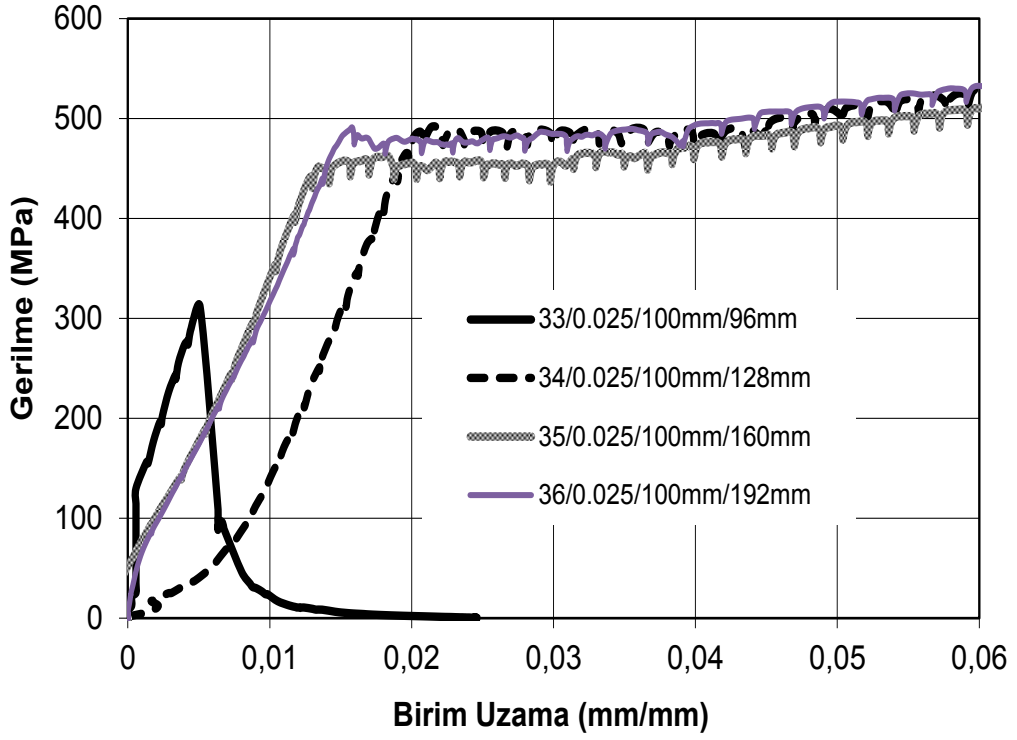
Şekil 5.34: $\rho = 0.015$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



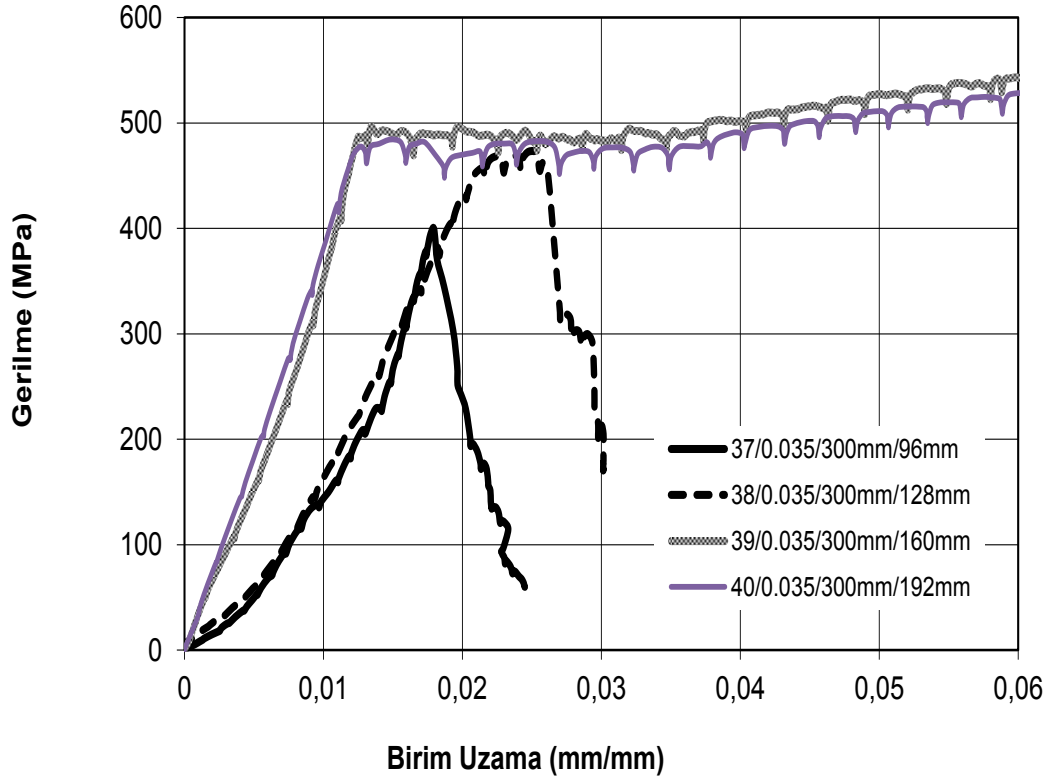
Şekil 5.35: $\rho = 0.025$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



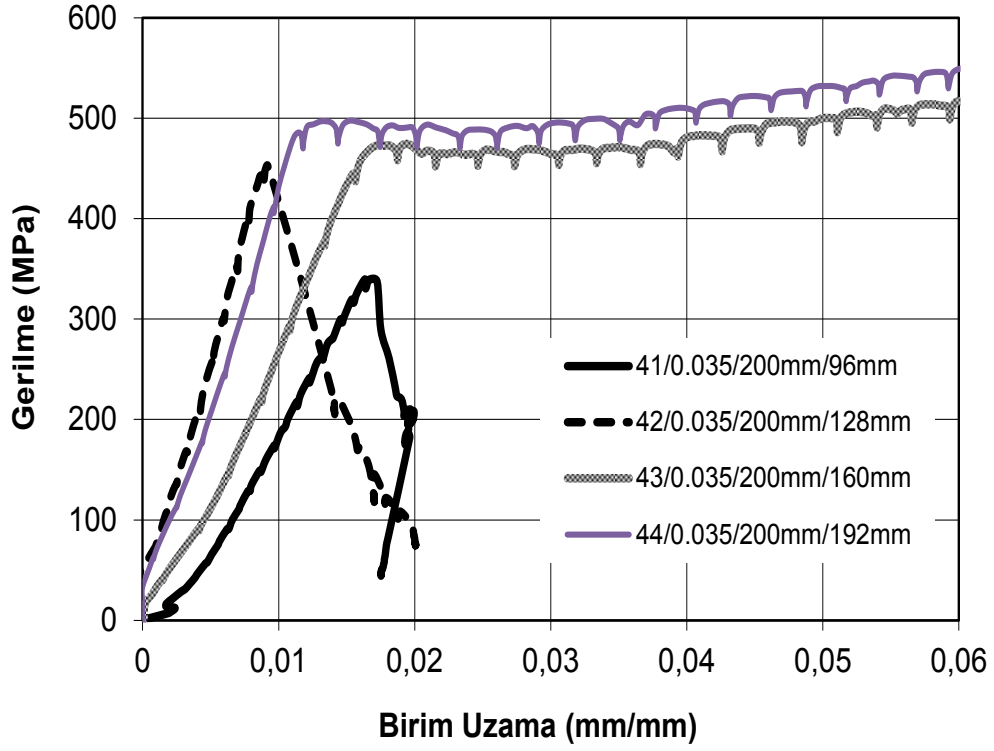
Şekil 5.36: $\rho = 0.025$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



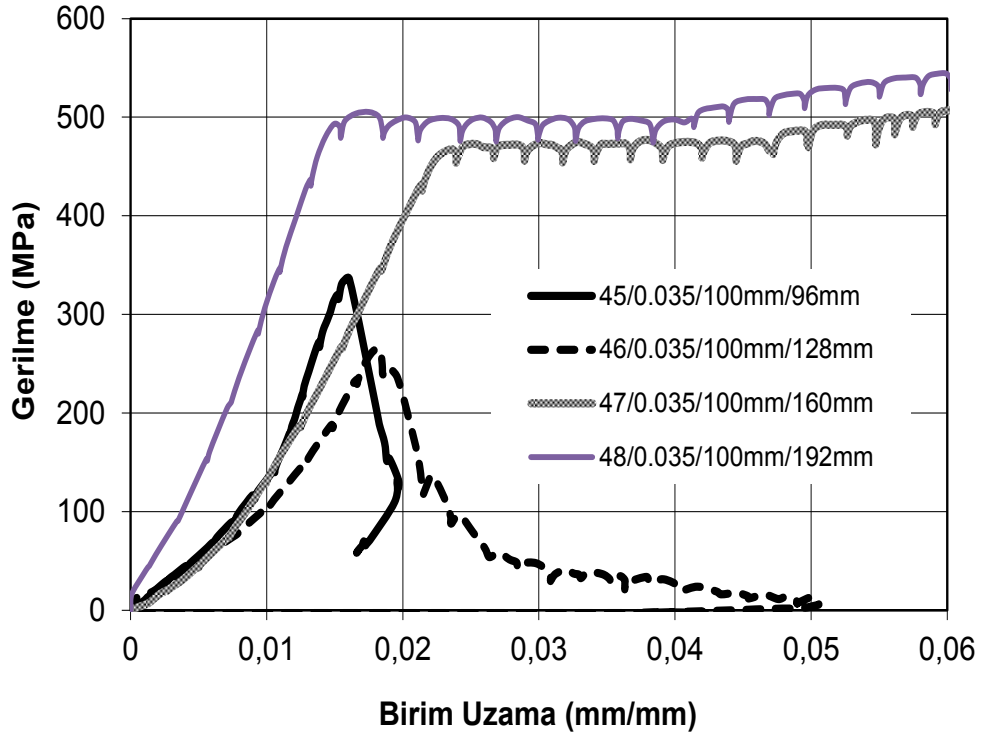
Şekil 5.37: $\rho = 0.025$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.38: $\rho = 0.035$, $s = 300$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.39: $\rho = 0.035$, $s = 200$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.



Şekil 5.40: $\rho = 0.035$, $s = 100$ mm olan ankrajların gerilme-birim uzama grafikleri.

Yapılan testler sonucunda 6 ϕ (96 mm) gömülen hiçbir donatıda akma gerçekleşmemiştir. Buna rağmen gömülme boyunun 8 ϕ (128 mm) olması dayanımı önemli oranda artırmıştır. Ancak elde edilen sonuçlar düzenli olmamıştır. Bazı deney elemanlarında akma gerçekleşmiş, bazılarında donatı pekleşme sınırına ulaşmış, bazıları ise düşük yük düzeylerinde göçmüştür. Gömülme boyunun 10 ϕ ve 12 ϕ derinliklerinde olduğu deney elemanlarının tamamında akma ve pekleşme gerçekleşmiştir. Sonuç olarak yapılacak ankraj uygulamalarında 16 mm çapında BÇIII sınıfında donatının 10 ϕ (160 mm) derinliğinde gömülerek betona ankre edilmesi yeterli olmuştur. Bütün deney elemanlarında donatı akma ve pekleşme dayanımlarına ulaşmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu deneysel yüksek lisans çalışması kapsamında donatı oranının ve etriye aralığının değişen ankraj derinliklerinde ankraj dayanımında meydana getirdiği etkiyi araştırılmıştır. Bu kapsamda farklı donatı oranı ve değişen etriye aralığına sahip toplam 4 adet kolon elemanı üretilmiştir. Üretilen kolon elemanlarının üzerine farklı derinliklerde toplam 48 adet ankraj ekimi yapılmış ve bu ankrajlarda eksenel çekme yükleri altında meydana gelen davranışlar incelenmiştir. Kolon elemanlarının üretiminde C20/25 sınıfı hazır beton kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ekimi yapılan tüm ankraj elemanları 16 mm çapında S420 sınıfı nervürlü inşaat donatısıdır. Çalışmada değişken olarak;

- Kolon elemanında bulunan boyuna donatı oranı (0.005, 0.015, 0.025, 0.035),
- Kolon elemanında bulunan etriye aralığı (300 mm, 200 mm, 100 mm),
- Ankraj derinliği,

olmak üzere üç farklı parametrenin ankraj davranışı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen deney sonuçları yukarıda yer alan üç değişkenden ikisinin sabit olması durumu için ankraj davranışında oluşan etkiler ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 6φ (96 mm) gömülme boyunda hiçbir deney numunesinde akma gerçekleşmemiştir. Boyuna donatı oranının artması ile davranış ile yük taşıma kapasitesi arasında düzenli bir ilişki belirlenmemiştir. 8φ (128 mm) gömülme boyunda bazı deney elemanlarında akma dayanımına, hatta pekleşme bölgesine ulaşılmıştır. Ancak bazılarında ise akma dayanımına ulaşmadan göçme gerçekleşmiştir. Boyuna donatı oranının değişmesi 8φ (128 mm) gömülme boyunda da etkili olmamıştır. Gömülme boyları 10φ (160 mm) ve 12φ (192 mm) bütün ankrajlarda akma ve pekleşme gerçekleşmiştir. Ancak boyuna donatı oranının davranış ve dayanım üzerine düzenli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

- Ankraj yapılacak yüzeylerde bulunan etriye donatı aralığının 300 mm, 200 mm ve 100 mm olacak şekilde değişmesinin yapılan deneyler sonucunda olumlu veya olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiştir.
- Değişen boyuna donatı oranının ve etriye aralığının ankraj dayanımlarına olumlu veya olumsuz bir etkisi gözlemlenmemiştir. Ancak boyuna donatı oranının artması ve etriye aralığının sıklaşması ankrajların göçme biçimini etkilemiştir. Donatı oranının artması ve etriye aralığının sıklaşması ile birlikte betonda konik göçme yerine daha geniş yüzeyi kapsayan bir göçme oluşmuştur. Ankraj çevresinde daha uzun ve geniş çatlaklar oluşmuştur.
- Ankrajların dayanımı üzerinde gömülme boyu en önemli değişken olarak elde edilmiştir. 6φ ve 8φ gömülme derinliklerinde dayanım tahmin edilememektedir. 10φ ve 12φ gömülme derinliklerinde uygulanan bütün ankrajlar tasarım yükünü taşımıştır. 10φ ve 12φ gömülme derinliklerinde bütün deney elemanlarında akma ve pekleşme gerilmelerine ulaşılmıştır.
- Sonuç olarak ankraj uygulamalarında dayanımı 22 MPa olan betonda 16 mm donatı için 10φ (160 mm) gömülme derinliği yeterli olmaktadır.
- Yapılan deneysel çalışmada 16 mm çapında donatılar 20 mm çapında açılan deliklere epoksi ile bağlanmıştır. Yapılan 48 adet ankrajın hiç birinde sadece donatının sıyırılması şeklinde göçme gerçekleşmemiştir. Donatı oranı çatlakların oluşumunda etkili olmuştur.

Bu çalışma sonucunda dayanımı 22 MPa olan betona, 16 mm çapında S420 sınıfı nervürlü inşaat demiri kullanılarak yapılan ankrajlarda 10φ (160 mm) gömülme derinliğinin yeterli olacağı önerilmektedir. Yapılacak çalışmalar kapsamında değişen beton dayanımında ve ankraj çaplarında ankraj dayanımları konusu araştırılabilir ve ayrıca bilgisayar ortamında modelleme yapılarak elde edilen sonuçlar kıyaslanarak uygun bir ankraj dayanım modeli oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

- ACI318, 2005. Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA.
- Ashour A. F. ve Alqedra M. A., 2005. Concrete breakout strength of single anchors in tension using neural Networks, *Advances in Engineering Software* 36, 87-97.
- ASTM E 488 – 96 (Reapproved 2003), 2003. Standart Test Methods for Strength of Anhors in Concrete and Masonry Elements, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA.
- Cook R. A. ve Konz R. C., 2001. Factors influencing bond strength of adhesive anchors, *ACI Structural Journal*, V.98, No.1, 76-86.
- Cook R. A., Collins D. M.i., Klingner R. E. ve Polyzois D., 1992. Load-deflection behavior of cast-in-place and retrofit concrete anchors, *ACI Strucrtal Journal*, V. 89, No.6, 639-649.
- Cook R. A., Kunz J., Fuchs W. ve Konz R. C., 1998. Behavior and design of single adhesive anchors under tensile load in uncracked concrete, *ACI Structural Journal*, V.95, No.1, 9- 26.
- Cook R.A., 1993. Behavior of chemically bonded anchors, *ASCE Journal of Structural Engineering*”, Vol. 119, No. 9, 2744-2762.
- Darwin D. ve Zavaregh S. S., 1996. Bond strength of grouted reinforcing bars, *ACI Structural Journal*, Vol.93, No.4, 486-495.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Fuchs W., Eligehausen R. ve Breen J.E., 1995. Concrete capacity design (CCD) approach for fastening to concrete, *ACI Structural Journal*, Vol. 92, No. 1, 73-94.
- Fujikake K., Nakayama J., Sato H., Mindess S. ve Ishibashi T., 2003. Chemically bonded anchors subjected to rapid pullout loading, *ACI Materials Journal*, V.100, No.3, 246- 252.
- Gesoğlu M., Özturan T., Özel M. ve Guneyisi E., 2005. Tensile behavior of post-installed anchors in plain and steel fiber-reinforced normal- and high strength concretes, *ACI Structural Journal*, V.102, No.2, 224-231.
- Gürbüz T., 2007. Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajların aksenal çekme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Gürbüz T., Seyhan E., İlki A. ve Kumbasar N., 2007. Güçlendirme çalışmalarında kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altında davranışları, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim İstanbul, 649-659.
- Kaya Y., 2007. Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılabilecek kısmi bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların eksenel çekme davranışlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- McVay, M., Cook, R. A. ve Krishnamurthy, K., 1996. Pullout simulation of postinstalled chemically bonded anchors, *Journal of Structural Engineering*, V.122, No.9, 1016-1024.
- Obata M., Inoue M. ve Goto Y., 1998. The failure mechanism and the pull-out strength of a bond-type anchor near a free edge, *Mechanics of Materials* 28, 113-122.
- Özturan T., Gesoğlu M., Özel M. ve Güneyisi E., 2004. Kimyasal, harçlı ve mekanik ankrajların çekme ve kesme yükleri altındaki davranışları, *İMO Teknik Dergi*, Yazı 208, 3105-3124.
- Peier W. H., 1983. Model for pullout strength of anchors in concrete, *Journal of Structural Engineering*, American Society of Civil Engineers ASCE, V.109, No.5, 1155-1173.
- Primavera E. J., Pinelli J. P. ve Kalajian E. H., 1997. Tensile behavior of cast-in-place and undercut anchors in high-strength concrete, *ACI Structural Journal*, V.94, No.5, 583- 594.
- Sakla S.S.S. ve Ashour A. F., 2005. Prediction of tensile capacity of single adhesive anchors using neural networks, *Computers & Structures* 83, 1792-1803.
- Seyhan E.C., 2006. Kimyasal Ankrajların Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TS500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Zamora N. A., Cook R. A., Konz R. C. ve Consolazio G. R., 2003. Behavior and design of single, headed and unheaded, grouted anchors under tensile load, *ACI Structural Journal*, V.100, No.2, 222-230.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Veli BAYAZIT

Doğum Tarihi ve Yeri: 18.11.1988/ Kahramanmaraş

E-posta adresi : velibayazit@hotmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2010

Yüksek Lisans : -

Doktora : -

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı, İnşaat Plan Subaylığı, 2011-2012

Kara Harp Okulu Dekanlığı İnşaat Mühendisliği Bölümü, Öğretim Görevlisi 2012-