

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞÜK VE NORMAL DAYANIMLI BETONLARDA EPOKSİ
ANKRAJLARIN ÇEKME DAVRANIŞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Muhammet Ali ÖZEN**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Salih YILMAZ

KASIM 2010

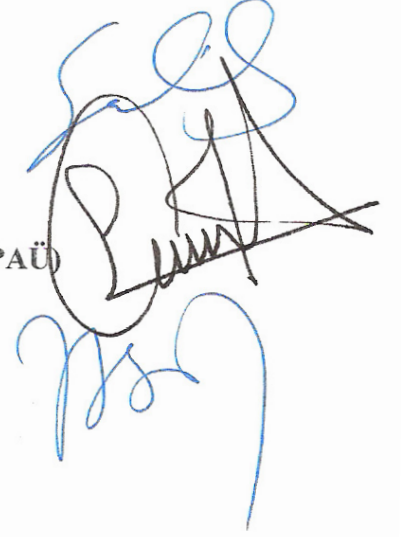
YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 081131005 nolu öğrencisi Muhammet Ali ÖZEN tarafından hazırlanan “**Düşük ve Normal Dayanımlı Betonlarda Epoksi Ankrajların Çekme Davranışı**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Salih YILMAZ (PAÜ)
(Jüri Başkanı)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Yavuz Selim TAMA (PAÜ)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Recep BİRGÜL (MÜ)



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 05.01.2017 tarih ve ...01/17... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Halil KARAHAN

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza

:



Öğrenci Adı Soyadı

: Muhammet Ali ÖZEN

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, düşük ve normal dayanımlı kimyasal ankrajların beton dayanımı, donatı tipi ve çapı, kenar mesafesi ve gömülme derinliği gibi parametreler karşısında çekme davranışları üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla 337 adet deney yapılmış, her bir deneyin aksenal gerilme-zaman, kenar mesafe ve gömülme derinliği ile aksenal gerilme ilişkisi grafikleri çizilmiştir. Yapılan deney sonuçlarının ACI 318, 2005 ankraj tasarım dayanımları ile kıyaslandığı grafikler sunulmuştur. Sonuçlar ve uygulamaya yönelik tavsiyeler verilmiştir.

Deneysel çalışma tecrübesi ile bana yol gösteren, deneylerim öncesinde ve sonrasında karşılaştığım güçlüklerde pratik çözüm önerileriyle değerli zamanını benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Salih YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimin bir bölümünde aynı çalışma odasını paylaştığım Mehmet PALANCI, Emrah MERAL, Orhan Alp ÇETİN, Engin NACAROĞLU, A. Utku SERHAT ve Mehmet BUCAKLI'ya, birlikte aynı laboratuvar ortamını paylaştığımız, tecrübe ve bilgi birikimini paylaşan Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇALIŞKAN'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 2009FBE025 no'lu proje kapsamında Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmiştir. Pamukkale Üniversitesi Deprem ve Yapı Teknolojileri Araştırma Laboratuvarındaki tüm idareci ve çalışanlara, ankrajların hazırlanmasındaki desteklerinden dolayı OK-SU Yapı Kimyasalları ve Hadid Makina çalışanlarına teşekkür ederim.

Burada ismini saymadığım her zaman yanımda olduklarını hissettiren herkese çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen üzerimde çok emekleri olan sevgili aileme gösterdikleri hoşgörü, teşvik ve anlayış için şükranlarımı sunarım.

KASIM 2010

Muhammet Ali ÖZEN

(Öğretim Elemanı)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konu	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Tezin Kapsamı	3
1.4 Tezin Düzeni	4
2. ANKRAJ TÜRLERİ ve ANKRAJ DAVRANIŞI.....	5
2.1 Sertleşmiş Betona Yapılan Ankrajlar	6
2.1.1 Bağ Tipi Ankrajlar	7
2.1.1.1 Kimyasal Bağlı Ankrajlar	7
2.1.1.2 Harçlı Ankrajlar	8
2.1.3 Mekanik Ankrajlar.....	9
2.2 Taze Betona Yapılan Ankrajlar	9
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	13
3.1 Ankraj Davranışına Yönelik Çalışmalar	13
3.2 Literatür Değerlendirmesi.....	22
4. MATERYAL VE METOD	24
4.1 Deney Elemanları.....	24
4.1.1 Geometrik Özellikler	24
4.1.2 Malzeme.....	26
4.1.2.1 Kimyasal Yapıştırıcı	26
4.1.2.2 Beton	28
4.1.2.3 Ankraj Donatıları.....	29
4.1.3 Ankrajların Ekilmesi.....	30
4.2 Deney Sistemi	32
4.3 ACI 318'e Göre Ankraj Çekme Kapasitesi	33
4.3.1 Donatı Kapasitesi	34
4.3.2 Beton Koni Kapasitesi	35
4.3.3 Sıyırılma Kapasitesi.....	36
4.3.4 Deney Elemanlarının ACI 318'e Göre Kapasiteleri.....	37
5. DENEY SONUÇLARI.....	41
5.1 S420a Ankraj Donatıları ile Yapılan Deneyler	41
5.1.1 C5 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri	41
5.1.2 C10 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri	49
5.1.3 C16 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri	56
5.1.4 C20 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri	64
5.1.5 C25 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri	71
5.2 S420b Gevrek Ankraj Donatıları ile Yapılan Deneyler	77
5.3 Kenar Mesafesinin Ankraj Dayanımına Etkisi	99
5.3.1 S420a Ankraj Çubuklarında Kenar Mesafesi Dayanım İlişkisi	99

5.3.2 S420b Ankrajlarda Kenar Mesafesi ve Gömülme Derinliği ile Dayanım İlişkisi	106
5.4 Gömülme Derinliğinin Ankraj Dayanımına Etkisi	111
5.5 ACI 318 Tasarım ekme Dayanımı ile Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	117
5.6 Ankrajların ACI 318'e Göre Güvenlik Düzeyleri.....	120
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	125
KAYNAKLAR.....	129

KISALTMALAR

C	Beton sınıfı
c	Ankraj çubuğunun serbest kenara uzaklığı
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
f	Ankraj donatısı çapı (mm)
GDO	Ankraj gömülme derinliğinin ankraj çapına oranı
KMO	Ankrajın serbest kenardan uzaklığının donatı çapına oranı
L	Ankraj gömülme derinliği
LC	Load cell (yük hücresi)
S420a	Sıcak haddeleme işlemi ile imal edilen donatı
S420b	Soğukta mekanik işlem uygulanarak imal edilen donatı

TABLO LİSTESİ

Tablolar

1.1 : Kullanılan Kimyasal Yapıştırıcının Teknik Özellikleri.....	27
1.2 : Kullanılan Kimyasal Yapıştırıcının Mekanik Özellikleri	27
1.3 : Epoksi deney sonuçları	28
1.4 : Beton Karışım Oranları (ağırlıkça).	29
1.5 : Beton basınç dayanımları.	29
1.6 : S420a Donatılarının mekanik özellikleri.	30
1.7 : S420b Çubukların mekanik özellikleri.	30
1.8 : ACI 318 Ankraj Dayanım Azaltma Katsayıları (Çekme).	37
1.9 : S420a Ankrajların ACI 318'e Göre Kapasiteleri	38
1.10 : S420b Ankrajların ACI 318'e Göre Kapasiteleri	39

ŞEKİL LİSTESİ

Şekiller

1.1 : Bir ankraj uygulaması örneği (mantolama).....	20
1.2 : Bir ankraj uygulaması örneği (dış perde).....	20
2.1 : Sertleşmiş betona sonradan ekilen ankrajlar (ACI 318, 2005).....	23
2.2 : Beton dökümünden önce yapılan ankrajlar (ACI 318, 2005).....	23
2.3 : Ankraj tipleri (ACI 318, 2005).....	24
2.4 : Kimyasal Bağlı Ankraj Bileşenleri.....	25
2.5 : Kimyasal bağlı ankrajlar.....	26
2.6 : Harçlı ankrajlar.....	27
2.7 : Bulonlu Ankrajlar.....	27
2.8 : Kanca Tipi Ankraj.....	28
2.9 : Harçlı veya Kimyasal Bağlı Ankraj.....	28
2.10 : Ankraj göçme mekanizmaları (Yılmaz vd, 2010).....	30
4.1 : Ankraj elemanlarının geometrik özellikleri (enkesit).....	42
4.2 : Ankraj ekim şeması (üst görünüş).....	43
4.3 : Kullanılan epoksi esaslı kimyasal yapıştırıcı.....	44
4.4 : Epoksi basınç deneyi.....	45
4.5 : Epoksi eğilme deneyi.....	46
4.6 : Betonlardan numune alınması ve basınç deneyine tabi tutulması.....	46
4.7 : S420a donatı çekme testi.....	47
4.8 : S420b donatı çekme testi.....	48
4.9 : Ankraj deliklerinin temizlenmesi ve ankraj ekilmesi.....	50
4.10 : Deney Düzeneği Modeli.....	51
4.11 : Ankraj Göçme Modları (ACI 318, 2005).....	52
4.12 : İdeal ankraj davranışı gerilme-şekil değiştirme grafiği.....	58
4.13 : Ankraj Göçme Modlarına göre Gerilme-Uzama Grafikleri.....	58
5.1 : C5 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	60
5.2 : C5 Temele ekilen 12 mm çaplı ankrajların deney sonuçları.....	61
5.3 : C5 Temele ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	63
5.4 : C5 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	64
5.5 : C5 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	65
5.6 : C5 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	66
5.7 : C10 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	68
5.8 : C10 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	69
5.9 : C10 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	70
5.10 : C10 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	71
5.11 : C10 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	72
5.12 : C10 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	73
5.13 : C16 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	75
5.14 : C16 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	76
5.15 : C16 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	78

5.16 : C16 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	79
5.17 : C16 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	80
5.18 : C16 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	81
5.19 : C20 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	83
5.20 : C20 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	84
5.21 : C20 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	85
5.22 : C20 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	86
5.23 : C20 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	87
5.24 : C20 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	88
5.25 : C25 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	90
5.26 : C25 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	91
5.27 : C25 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	91
5.28 : C25 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	92
5.29 : C25 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri.....	93
5.30 : C25 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	94
5.31 : B5 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	96
5.32 : B5 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	97
5.33 : B5 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	98
5.34 : B5 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	99
5.35 : B10 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	101
5.36 : B10 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	102
5.37 : B10 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	103
5.38 : B10 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	104
5.39 : B16 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	105
5.40 : B16 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	106
5.41 : B16 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri.....	107
5.42 : B16 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	108
5.43 : B20 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	109
5.44 : B20 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	110
5.45 : B20 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	111
5.46 : B20 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları	112
5.47 : B25 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri	113
5.48 : B25 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	114
5.49 : B25 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri.....	115
5.50 : B5 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları.....	116
5.51 : C5, C10 temelerde 12 mm S420a donatılarda dayanım - KMO ilişkisi	118
5.52 : C16, C20, C25 temelerde 12 mm, S420a donatılarda eksenel dayanım - KMO ilişkisi	119
5.53 : C5, C10 temelerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi	120
5.54 : C16, C20, C25 temelerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi	121
5.55 : C5, C10, temelerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi	122
5.56 : C16, C20, C25 temelerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi	123
5.57 : C5 , C10 temelerde 8mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO, GDO ilişkisi	125
5.58 : C16 , C20, C25, temelerde 8mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO,GDO ilişkisi	126

5.59 : C5 , C10 temelerde 16mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO,GDO ilişkisi	127
5.60 : C16 , C20, C25 temelerde 16mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO,GDO ilişkisi	128
5.61 : C5, C10 temelerde 12 mm S420a donatı için eksenel dayanım - GDO ilişkisi	129
5.62 : C5, C10 temelerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi	130
5.63 : C16, C20, C25 temelerde 12 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi	131
5.64 : C16, C20, C25 temelerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi	132
5.65 : C5, C10 temelerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi	133
5.66 : C16, C20, C25 Temelerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi	134
5.67 : C5,C10 temelerde S420a Donatıların Deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması	135
5.68 : C16, C20, C25 temelerde S420a donatıların deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması	136
5.69 : C5,C10 temelerde S420b donatılar için Deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması	137
5.70 : C16, C20, C25 temelerde S420b donatılar için Deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması	138
5.71 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (beton dayanımı açısından).....	139
5.72 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (donatı çapı açısından)	139
5.73 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (KMO açısından) ...	140
5.74 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (GDO açısından)....	140
5.75 : S420b donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (beton dayanımı açısından).....	141
5.76 : S420b donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (donatı çapı açısından)	141
5.77 : S420b donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (KMO,GDO açısından)	142

SEMBOL LİSTESİ

A_{NC}	Tekil ya da grup ankrajlar için planlanan beton hasar alanı, mm^2
A_{NCO}	Serbest kenardan yada bir boşluktan uzak olduğu durumla kısıtlanmadığı tekil ankrajlar için planlanan beton hasar alanı, mm^2
d_o	Ankraj donatı çapı
e_h	Ankrajın aks iç yüzünden dış ucuna olan uzaklık (mm)
f_c	Belirlenmiş beton basınç dayanımı
f_{uta}	Belirlenmiş ankraj nihai dayanımı
f_{ya}	Belirlenmiş ankraj akma dayanımı
h_{ef}	Etkin gömülme derinliği
k_c	Beton çekip koparma dayanımı ile ilgili temel bir katsayı
N_b	Esas beton koni kapasitesi
N_{cb}	Nominal beton koni kapasitesi
N_p	Esas sıyrılma kapasitesi
N_{pn}	Nominal sıyrılma kapasitesi
N_{sa}	Donatı kapasitesi
ϕ	Ankraj çapı
$\psi_{c,N}$	Betonda çatlak bulunması ile ilgili azaltma katsayısı
ψ_{cp}	Çatlak azaltma katsayısı
$\psi_{cp,N}$	Donatısız betondaki çatlaklarla ilgili azaltma katsayısı
$\psi_{ed,N}$	Serbest kenara olan mesafe ile ilgili azaltma katsayısı

ÖZET

DÜŞÜK VE NORMAL DAYANIMLI BETONLARDA EPOKSİ ANKRAJLARIN ÇEKME DAVRANIŞI

Bu çalışma kapsamında, düşük ve normal dayanımlı betonlara ekilen kimyasal (epoksi) ankrajların çekme dayanımlarını araştırmak üzere 337 adet ankraj numunesinin çekme deneyleri tamamlanmıştır. Bu deneylerde 5 - 25 MPa beton basınç dayanımına sahip taban betonarme elemanlarına S420a ve S420b donatı çubukları ekilmiş ve çekme testine tabi tutulmuştur.

Çalışmanın sonunda özellikle kenara yakın ekilen ankrajlarda donatının akma ve/veya çekme dayanımlarına ulaşmadan gevrek beton hasarları gözlenmiştir. Bunun sonucunda hem dayanım hem de ciddi bir süneklik kaybı görülmüştür. Sağlıklı bir kimyasal ankraj uygulaması için kenar mesafesinin donatı çapının en az 15 katı olması gerektiği belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kenara yakın ankrajlarda donatı hasarı öncesinde beton hasarı görülme olasılığının arttığı görülmüştür.

ACI 318 ankraj nominal kapasitesinin %95 güvenli olarak belirlenmesini esas alan bir yaklaşıma sahiptir. Ancak, S420a deney elemanlarının %82'sinde ACI 318 nominal dayanımı aşılabilmektedir. S420b ankrajlarda bu oran %37'ye düşmektedir. S420a çeliğinden imal edilen kimyasal ankrajların çekme dayanımlarının tahmini ve tasarımı için ACI 318 yönteminin daha büyük dayanım azaltma katsayıları ile kullanılabileceği görülmüştür. S420b donatı ile yapılan ankrajlar için ise ACI 318 yönteminin kullanılması önerilmemektedir.

SUMMARY

AXIAL BEHAVIOR OF EPOXY BONDED ANCHORS TO LOW AND NORMAL STRENGTH CONCRETE

In this study, axial pull-out tests were carried out on 337 chemical (epoxy) anchors embedded to low and normal strength concrete to investigate tensile behavior. Mean compressive strength of the base concrete varies between 5 and 35 MPa. Embedded anchor bars were of type S420a and S420b, which are ductile and brittle rebar elements respectively.

Experimental observations proved that especially anchors near to free edge can suffer from concrete failures before yielding the steel bar. Such a failure causes significant losses in strength and ductility. For an ideal behaviour, where steel fails before the concrete, free edge distance should be 15 times the bar diameter at least according to experimental results. Anchors near to free edge are more vulnerable against concrete failure and probability of observing concrete failure increases for closer edge distances.

According to ACI 318, The nominal anchor strength shall be based on the 5% fractile of the basic individual anchor strength. Experimental capacities are higher than the ACI 318 nominal strength with an average exceedance ratio of 82%. This value reduces to 37%. According to this result ACI 318 nominal capacities can be used for S420a bars with increasing the strength modification factors and it is not recommended to use ACI 318 formulation for S420b anchors.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Mevcut yapıların onarım ve güçlendirilmesi çalışmalarında yapıya yeni elemanlar eklenmesi işlemlerinde kimyasal ankrajlardan yaygın olarak faydalanılmaktadır. Kimyasal ankrajlar düşük maliyetli olup, yüksek yapışma dayanımı vermektedir ve uygulanması hızlı bir yöntemdir (Çalışkan, 2010).

Güçlendirme çalışmalarında mevcut beton ile ankrajın birlikte çalışabilmesinin sağlanabilmesi için uygulanan ankrajın farklı yükleme tipleri altındaki davranışının bilinmesi tasarımcı açısından oldukça önemlidir. Tasarımı veya uygulaması yapılan ankrajın çekme, kesme, çekme ve kesme yüklemelerinden hangisine maruz kalacağı ve bu yükleme biçimi altında nasıl bir davranış sergileyeceği tasarımcı ve uygulamacı tarafından dikkate alınmalıdır.

Güçlendirme işlerinde ankrajların çeşitli uygulama alanları vardır. Eksenel yük bakımından ve/veya kesme kapasitesi bakımından yetersiz kolonlara boyuna donatı ve/veya enine donatı ilave ederek kolonun mantolanması durumunda eski kolon ile manto ara yüzeyinde oluşan kayma gerilmeleri kimyasal ankrajlarla karşılanabilir. Bir başka uygulama şeklinde mevcut temellere ekilen ankraj elemanları ile yeni ilave edilecek perdenin boyuna donatıları kenetlenerek; perdede eğilme kapasitesi ankraj çekme kuvvetleri ile sağlanır. Kimyasal ankrajların bazı uygulama alanları Şekil 1.1-2'de görülmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte 2007 yılında yapılan değişiklikle güçlendirme ile ilgili yeni hükümler getirilmiştir. Ancak, verilen bu hükümler içerisinde ankrajlarla ilgili detayların yeterli olmadığı görülmektedir. Bunun yanında ülkemizde ankraj tasarım ve uygulamasına yönelik bir Standard da bulunmamaktadır. Hâlbuki güçlendirme tasarımında ankrajların doğru tasarlanmaması durumunda gevrek davranışla karşılaşılması olası bir durumdur.

Özellikle düşük dayanımlı betonlarda gözlenebilecek bu tür davranış şekillerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi şarttır. Bu nedenlerle ülkemiz için standart ve yönetmeliklerin değerlendirilmesi ve bunlara bir katkı sağlanması da amaçlanmıştır.



Şekil 1.1 : Bir ankraj uygulaması örneği (mantolama)



Şekil 1.2 : Bir ankraj uygulaması örneği (dış perde)

Ankrajların dayanımları güçlendirme elemanlarının dayanımlarını doğrudan etkilemektedir. Ankraj uygulamaları esnasında ankrajların kontrolü gerçekleştirilmektedir. Fakat ülkemizde güçlendirme çalışması yapılan pek çok yapıda ankraj çekme dayanımları yanlış bir yaklaşımla donatı taşıma kapasitelerinin belli bir yüzdesine kadar (örneğin $0.70 \times f_{yd}$) çekme deneyi yapılarak kontrol edilmektedir (Yılmaz ve Kaplan, 2009). Hâlbuki bu kuvvetin aşılmasından sonra istenmeyen gevrek bir hasarın ortaya çıkma ihtimali daha da büyümektedir. Bu riskin özellikle düşük dayanımlı betonlarda daha fazla olacağı da öngörülebilir bir durumdur. Bunun yanında, ankraj çekme deneylerinde sadece ankraj elemanında sıyrılma veya kopma hasarlarına izin verilmektedir. Hâlbuki özellikle kenara yakın ankrajlarda beton kaynaklı hasarların da oluşması muhtemeldir. Bu sebeple, ankraj tasarımından başlayarak kenar mesafeleri dikkate alınarak uygulama yapılması büyük önem taşımaktadır.

Özellikle düşük dayanımlı betonlarda koni göçmesi de beklenebilecek bir davranıştır. Ülkemizde güçlendirilmekte olan yapıların önemli bir kısmı 7-14 MPa ve daha düşük beton dayanımına sahiptirler (Kaplan vd, 2004; Kaltakci vd, 2010). Dolayısıyla bu tür düşük dayanımlı betonlarda kimyasal ankrajlarının performanslarının araştırılması konusundaki çalışmaların artması gerekmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmada 5-25 MPa gibi düşük beton basınç dayanımına sahip betonarme temel elemanlara yapılacak ankrajların çekme davranışı incelenmiştir. Ekilen ankrajlar kenara yakın ve uzak mesafelerde, farklı gömülme derinliğine sahip olacak şekilde ekilerek bu parametrelerin etkileri de dikkate alınmıştır. Ayrıca, ankraj donatısı olarak 3 farklı donatı çapı kullanılmıştır. Çap değişimi ile hasar şeklinde değişim olup olmayacağı test edilmiştir.

Ayrıca çalışma kapsamında ACI 318, 2005 Ek D'de verilen ankraj tasarım yönteminin düşük dayanımlı betonlara ekilen kimyasal ankrajlar için kullanılabilirliğinin araştırılması da amaçlanmıştır.

1.3 Tezin Kapsamı

Tez kapsamında ülkemizde en sık uygulanan kimyasal ankraj türü olan epoksi ankrajlar incelenmiştir. Özellikle mevcut yapı stoğunu yansıtmaları bakımından deneylerde 5, 10, 16, 20, 25 MPa basınç dayanımına sahip beton bloklar

kullanılmıştır. Bloklara S420a ve S420b çelik çubuklar epoksi yapıştırıcı ile ekilmiştir. Deneyler kapsamında 9 adet beton bloğa 337 adet ankraj ekimi yapılmış ve çekme testine tabi tutulmuştur. Deneylerle ortaya çıkan nihai yük ve deplasmanlar her bir adımda veri toplama sistemi yardımı ile bilgisayara aktarılmıştır. Yapılan çalışmada epoksi türü sabit tutulmuştur. Ankraj çapı ise S420a için 12 mm, 16 mm, 20 mm, S420b için 8 mm ve 16 mm olarak seçilmiştir. Gömülme derinliği donatı çapının 10, 15 ve 20 katı belirlenmiştir. Serbest kenardan uzaklıklar donatı çapının 10, 15 ve ≥ 20 katı olarak seçilmiştir. Ankraj ekimi esnasında ortam sıcaklığındaki değişim oldukça sınırlıdır ve ihmal edilmiştir (28-30 °C). Deneyler laboratuvar sahası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ankraj kimyasalları genellikle kısa sürede (24 saat) dayanımlarını büyük oranda kazanırlar. (Cook, Konz, 2001)

Ankraj filizleri ekilmeden hemen önce ortam ve ankraj delikleri nemden ve tozdan arındırılmıştır. Ankraj ekim sırasındaki beton yüzey nemi, ortam ve beton sıcaklıkları tespit edilmiştir. Yüzey nemi, temizliği ile ortam ve beton sıcaklıkları bu çalışmada incelenen parametreler arasında bulunmamaktadır.

1.4 Tezin Düzeni

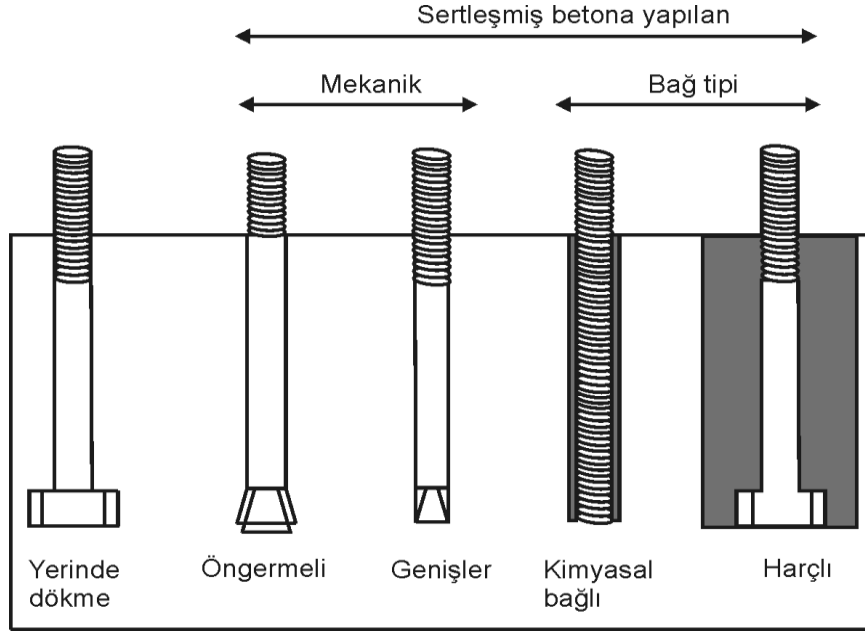
Çalışmanın ilk bölümünde çalışmanın amacı ortaya konulmuş ve kapsamı çizilmiştir.

İkinci bölümde, ankraj türleri ve ankraj göçme biçimleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Ankrajlarla ilgili olarak yapılmış önceki çalışmalara ise üçüncü bölümde değinilmiştir.

Dördüncü bölümde, deneylerde kullanılan malzemeler ve deney düzeneği hakkında gerekli bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde, deneyler sonucunda elde edilen davranışa ait bilgiler sayısal grafikler ve şekiller eşliğinde sunulmuştur. Ayrıca, ankraj çekme dayanımları ACI 318'e göre belirlenerek deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde, çalışmadan elde edilen çıkarımlar ve öneriler sunulmuş, deneysel bulgular tartışılmıştır. Uygulamaya yönelik öneriler de getirilmiştir.



Şekil 2.3 : Ankraj tipleri (ACI 318, 2005)

Betona sonradan yerleştirilen ankrajlarda çekip çıkarma kapasitesi, önceden taze betona yerleştirilen ankrajlardan %10 daha düşüktür (Muratlı vd., 2004).

2.1 Sertleşmiş Betona Yapılan Ankrajlar

Sertleşmiş betonda sonradan açılan deliğe ekilen ankrajlar, kendi içlerinde mekanik ve bağ tipi ankrajlar olarak ikiye ayrılırlar. Çalışmanın kapsamında sertleşmiş betona yapılan ankrajlar ele alınmıştır.

Sertleşmiş betona yapılan ankrajlar genellikle mevcut yapıların onarım ve güçlendirmesinde kullanılmakta ve taşıyıcı sisteme yeni betonarme elemanlar eklenmesine fırsat verecek biçimde kullanılmaktadır. Bu tür ankrajlar; betona açılan silindirik şeklindeki deliğe yerleştirilen ve genişleyerek betona sürtünme kuvvetleri yolu ile yük aktaran elemanlar, betona açılan deliğe yerleştirildikten sonra delik cidarı ile arasındaki boşluk bağlayıcı bir malzeme ile doldurulan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılır. Bağlayıcı malzeme açısından da bağlayıcısı polimer esaslı olanlar ve çimento esaslı döküm harçlı olanlar olmak üzere farklı ankraj türlerine rastlanılabilir (Özkul vd., 2001).

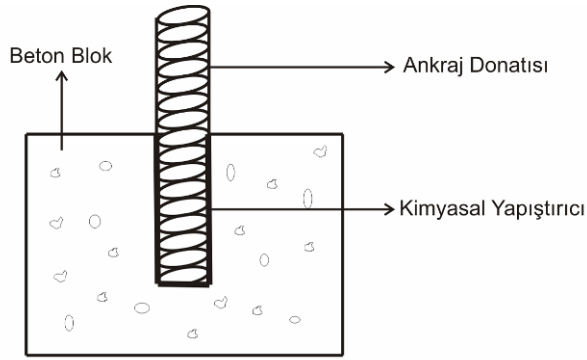
2.1.1 Bağ Tipi Ankrajlar

2.1.1.1 Kimyasal Bağlı Ankrajlar

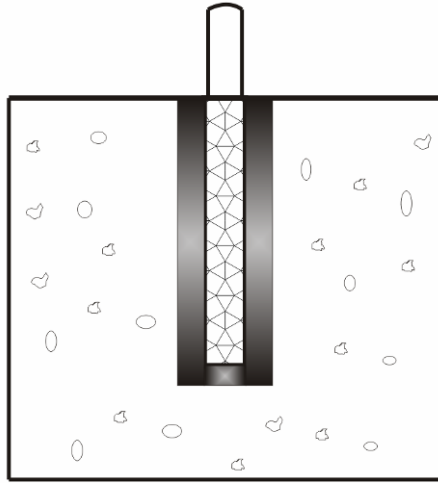
Güçlendirmede uygulanan kimyasal ankrajlar; ankraj donatısı, beton blok ve kimyasal yapıştırıcı olmak üzere üç temel bileşenden oluşur (Şekil 2.4).

Kimyasal ankrajlar, etkisi altında oldukları kuvveti derinliğince oluşan aderans ile betona aktarırlar. Ankrajlarda yapıştırıcı malzeme olarak reçine malzemeler kullanılır. Reçinelerin; polyester, vinylester, epoksi, poliüretan, akrilik olmak üzere çeşitleri vardır. Epoksi ankraj çubuklarında kullanılan en yaygın bağlayıcı polimerlerdir. Sertleştirici polimer ile reçine karıştırıldıktan sonra deliğe doldurulur, kum ilavesi yapılan türleri de vardır. Ankraj elemanları mevcut elemanlar arasında iyi bir yük aktarımının sağlanması için açılan deliklerin iyice doldurulması ve ankraj macununun uygun kıvamda ekiminin yapılması gerekir.

Kimyasal ankrajlarda; sertleşmiş mevcut betona delici uçlu alet yardımıyla açılan deliğe doldurulan kimyasalın ara yüzeyde oluşturduğu yapışma yardımıyla ankraj donatısının beton ile birlikte çalışması sağlanır (Şekil 2.5).



Şekil 2.4 : Kimyasal Bağlı Ankraj Bileşenleri



Şekil 2.5 : Kimyasal bağlı ankrajlar

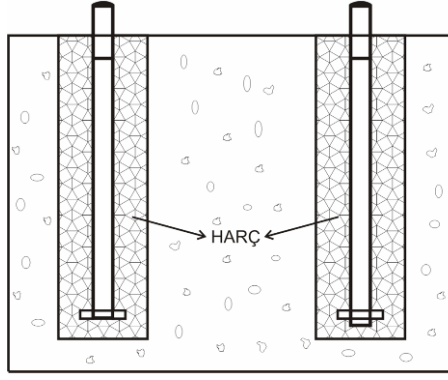
Kimyasal ankrajlarda, donatı-epoksi ara yüzeyindeki veya beton-epoksi ara yüzeyindeki tutunmayı sağlayan kayma gerilmelerine aderans denir.

Kimyasal ankrajlarda aderansın bileşenleri;

- Epoksi ile beton arasındaki sürtünme
- Epoksi ile çelik arasındaki sürtünme
- Epoksi ile beton arasında oluşan kimyasal bağ
- Epoksi ile çelik arasındaki kimyasal bağ
- Çelik üzerindeki mekanik diş kuvvetleri (Gürbüz, 2007).

2.1.1.2 Harçlı Ankrajlar

Harçlı ankrajlar da kimyasal ankrajlar gibi güçlendirme işlemlerinde kullanılabilir fakat istenen dayanımı vermemektedir. (Şekil 2.6)



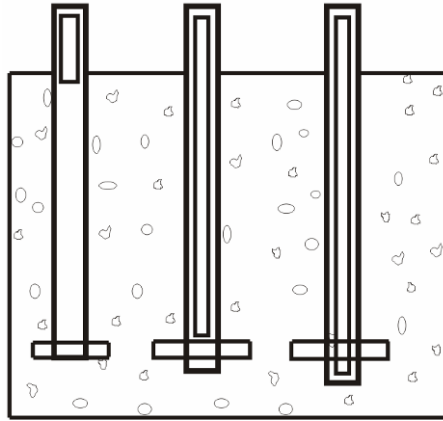
Şekil 2.6 : Harçlı ankrajlar

2.1.2 Mekanik Ankrajlar

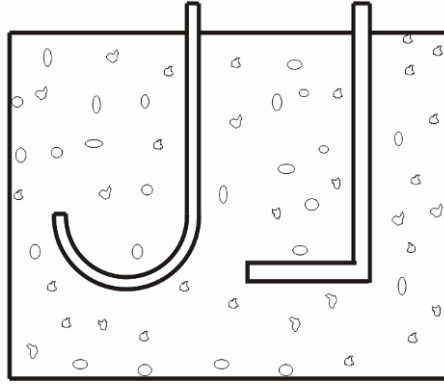
Mekanik ankrajlar, etkisi altında oldukları kuvveti ankraj derinliğince oluşan mekanik sürtünme ve kilitlenme mekanizmaları ile betona aktarır. Ön germeli ve ucu genişler olmak üzere iki tipi mevcuttur.

2.2 Taze Betona Yapılan Ankrajlar

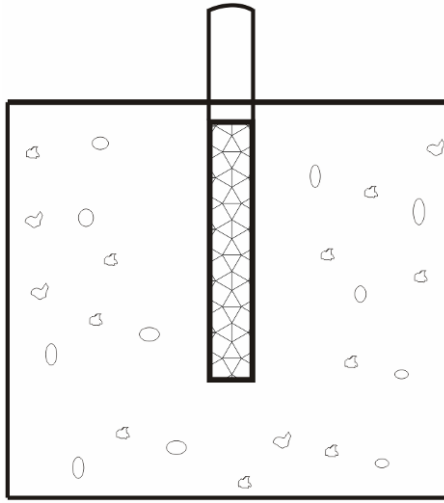
Taze betona uygulanan ankrajlar genellikle çelik ve betonarme elemanların birleştiği elemanlarda uygulanır. (Şekil 2.7 - 9)



Şekil 2.7 : Bulonlu Ankrajlar



Şekil 2.8 : Kanca Tipi Ankraj



Şekil 2.9 : Harçlı veya Kimyasal Bağlı Ankraj

Taze betona yapılan ankrajların tasarımında sünek davranış göstermeleri amacıyla beton güç tükenmesine ulaşmadan ankraj donatısının akması istenir.

Mekanik Ankrajlar, etkisi altında oldukları yükü ankraj deliği boyunca oluşan mekanik sürtünme ve kilitleme mekanizmaları ile betona aktarır. Kimyasal ankrajlar, etkisi altında oldukları yükü ankraja bağlı derinlik boyunca oluşan aderans ile aktarırlar.

Kimyasal yapıştırıcılar, harçlı birleşimlere göre genellikle daha pahalı olmalarına karşın yüksek çekme dayanımları, yüksek basınç dayanımları ve yeterli bağ kuvvetleri ile avantajlı hale gelirler.

Güçlendirme amaçlı kullanılan kimyasal ankrajların tasarımı aşamasında farklı yükleme tipleri (eksenel çekme, kesme, eğilme) altında ankraj davranışının tasarımcı ve uygulamacı tarafından bilinmesi gerekir.

ACI 355.2-07’de tanımlanan ankrajların etkisinde kaldığı yükleme tipleri;

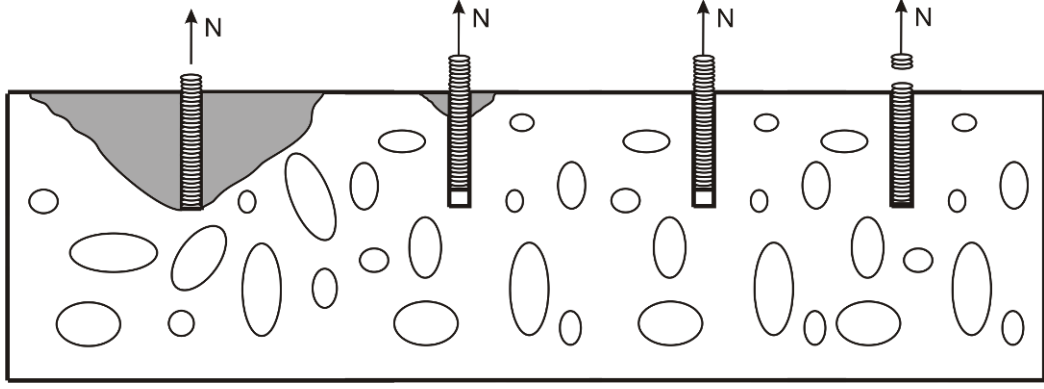
- Eksenel çekme etkisi altındaki ankrajlar
- Kesme etkisi altındaki ankrajlar
- Eksenel çekme ve kesme etkisi altındaki ankrajlar
- Eğilme etkisi altındaki ankrajlar

Çekme etkisi altındaki kimyasal ankrajlar, göçme mekanizmalarının oluşumuna göre beş şekilde sınıflandırılabilirler (Cook 1993, Eligehausen vd., 1984, ACI355, 2007) (Şekil 2.10). Bunlar;

1. Ankraj donatısının kopması
2. Ankraj donatısının sıyırılması
3. Betonun konik kopması
4. Konik kopma ve sıyırmanın birlikte oluşumu
5. Betonun yarılarak göçmesi

Ankraj donatısının kopmasına, küçük donatı çaplı ankrajlarda ve yüksek beton dayanımına sahip ya da derin ankrajlarda rastlanır (ACI355, 2007). Bu göçme tipi ankrajın göçme yükünün üst sınırını belirler. Delik cidarında yapışma dayanımın aşılması ile sıyırma gerçekleşir (Eligehausen vd., 1984, Goto vd., 1993). Sıyırma yükü; kullanılan kimyasal ve betonun özelliklerine ve birbiri ile etkileşimine bağlıdır (Peier, 1983). Malzemenin yapışma dayanımının yetersiz olması, kötü kür, tozlu yüzeyin temizliğinin yetersizliği gibi durumlarda sıyırma görülür (Cook, 1993). Sıyırma tipi göçme sonucu büyük çatlaklar görülmez (Goto vd., 1993).

Yeteri kadar derin olmayan ankrajlarda betonun çekme gerilmelerini karşılayamadığı durumlarda konik kopma biçiminde göçme mekanizmasına rastlanır. Daha derin ankrajlarda ise sıyırma ve beraberinde konik kopma biçiminde göçme görülür. Kılcal çatlakların koni biçiminde oluşmaya başlaması ile yapışmaya çalışan boyu aniden kısalan ankrajda, yapışma dayanımına aniden ulaşılması ile konik kopma ve sıyırma birlikte oluşur (Cook, 1993 Eligehausen vd., 1984, ACI355 2007, Cook vd., 1993).



Şekil 2.10 : Ankraj göçme mekanizmaları (Yılmaz vd, 2010)

Kılcal çatlakların koni biçiminde oluşmaya başlaması ile yapışmaya çalışan boyu aniden kısalan ankrajda, yapışma dayanımına aniden ulaşılması ile konik kopma ve sıyrılma birlikte oluşur (Cook, 1993 Eligehausen vd., 1984, ACI355 2007, Cook vd., 1993).

Kullanılan malzemelerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak; karma göçme tiplerinde sıyrılma bölgesi boyunca kimyasal ile beton ya da kimyasal ile donatı ara yüzünde gerçekleşebilir (Cook vd., 1992, Cook vd., 1998).

Yüksek dayanımlı betonlarda çekme konilerinin daha düzgün yanal yüzeylerle koptuğu görülmüştür (Peier, 1983).

Beton konisi oluşumu için yeterli alanın olmadığı ya da ankrajların birbirlerine ya da serbest kenarlara yakın olduğu durumlarda betonun yarılmaması tipte göçme oluşur. Bu şekilde bir göçme mekanizmasının azami yükü, aynı değişkenlere sahip ama daha kalın bir kesitte ya da uzak aralıklardaki ankrajların oluşturacağı koni göçme yüklerinden genellikle daha küçüktür (Goto vd., 1993). Bu durumda göçme yükünü belirleyen beton plağın eğilme kapasitesidir.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3.1 Ankraj Davranışına Yönelik Çalışmalar

Ankrajlar için ilk tasarım standardı 1970’de çıkmıştır. ACI 349 ve PCI Design Handbook bu yayını referans göstermelerine rağmen, bu iki yayın yalnız betonlama işinden önce yerleştirilen ve başlıklı ankrajların tasarım metotlarını içermektedir ve sonradan yerleştirilen ankraj türlerini kapsamamaktadır. ACI 318 Appendix D, betonlama öncesi ve sertleşmiş betona sonradan yerleştirilen mekanik ankrajların her ikisini de kapsamaktadır. Kimyasal ve harçlı ankrajlar kapsam dışıdır. Yeni araştırmalar kimyasal ankrajlar için tasarım şartnamelerinin gelişmesinde katkı sağlamışlardır (Zamora vd., 2003).

Çekme yükleri altındaki ankrajlarda, betonda yerel gerilme yığılmaları ve buna bağlı kılcal çatlaklar oluşur (Peier, 1983). Peier, çalışmalarında genişler ve kimyasal ankrajları kullanmıştır. 20 ve 50 MPa basınç dayanımına sahip betonlara ekilen ankrajların çekme davranışı üzerine araştırmalar yapmıştır. Tekil ankrajların statik davranış modelini matematiksel yöntemlerle belirlemeye çalışmıştır. Araştırmalarında analitik sonuçların deneysel sonuçlar ile tutarlı sonuçlar içerdiğini görmüştür. Beton göçme modeline dayandırılan bağ modelinin tekil ankrajların statik davranışını plastik modele kıyasla daha iyi tanımladığı sonucuna varmıştır.

Eligehausen vd. (1984)’de yaptıkları çalışmada ankraj çapının 9 katı derinlikteki ankrajlar ile; konik kopma ile gerçekleşen göçme durumlarında, göçme yükünün betonun çekme dayanımı ve ankraj derinliği ile değiştiğini gözlemlemiştir. Küp dayanımı 15 MPa ile 40 MPa arası beton numuneler ile 89 numune ile yaptığı inceleme sonucu koni açısının 45 ile 60 derece arasında olduğunu görmüştür.

Cook vd. (1992)’de yaptıkları çalışmada, taze betona ve sertleşmiş betona ekilen ankrajların yük-deplasman davranışını incelemişlerdir. Çalışmada tekil ankrajların statik, yorulma ve darbe çekme yükleri altındaki davranışlarını ve tasarımını araştırmışlardır. Kimyasal, harçlı, ucu genişler ve öngermeli ankraj tiplerinde 16 mm

çaplı donatılar ile 34,5 MPa basınç dayanımına sahip betonlarda çalışmışlardır. Çalışmada 24 farklı yapıştırıcı ile 178 deney yapılmıştır. Kimyasal ankrajların kapasitesi, kullanılan kimyasalın beton ve çelik yüzeylerle gösterdiği aderansa bağlıdır.

Cook (1993), yaptığı çalışmada bağ tipi ankrajların çekme dayanımını belirlemek için oransal tasarım önerileri sunmuştur. Tasarım önerileri, çekme testlerinde gözlenen tüm göçme durumlarını (beton koni göçmesi, ankraj kimyasalı göçmesi ve koni ve kimyasalın birlikte göçtüğü modlar) kapsar. Tasarım önerileri, Texas Üniversitesi'nde 113, Florida Üniversitesi'nde 167 deney olmak üzere toplam 280 adet deney sonuçlarıyla çıkarılan önerilerdir. Sunulan tasarım önerileri deney sonuçları ve gözlenen göçme modlarının bağdaşması ile oransal analize dayandırmıştır.

Cook vd. (1993), kimyasal ankrajların tasarımı için bağ gerilme modeli üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapışma dayanımının, ankraj boyunca, düzgün yayılı dağıldığını öngören "Düzgün Yayılı Bağ (Uniform) Modeli"ni önermiş, göçme anında yapışma dayanımından kaynaklanan yükün, konik kopma yüküne eşit olduğunu varsayarak, yükü derinlik üzerinde minimize ederek, teorik koni yüksekliği ve karma göçme yüküne ilişkin analitik bağıntılar geliştirmiştir. 16 mm çaplı dişli donatı ile 6 farklı yapıştırıcı türü ile 97 adet çekme deneyi yapmışlardır. Ankrajlar; tamamı bağ tipi tekil ankrajlar, kısmi bağlı tekil ankrajlar ve tamamı bağlı çift donatılı ekilmiş ankrajlar şeklinde teşkil edilmiştir. Elastik formülasyonu temel alan bir davranış modeli geliştirmişlerdir. Tekil ve çoklu kimyasal bağlı ankraj tasarımı için tavsiyeler sunmuşlardır. Deneyler kapsamında, 100 ve 150 mm derinliklerde tamamı bağlı tekil ankrajlar (25 deney), 100, 150 ve 200 mm derinliklerde ve 50 mm serbest derinlikte kısmi bağlı tekil ankrajlar (36 deney), 200 mm gömülme derinliğinde 100, 150 ve 200 mm aralıklarında ankraj çiftleri (36 deney) testlerini yapmışlardır. Deneylerde 24,8 MPa basınç dayanımlı beton kullanmışlardır. Tamamı bağlı ankrajların aralık mesafesinin etkisinin düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Aralarındaki mesafenin gömülme derinliğinin yarısı teşkil edilen çift ankrajların dayanım kapasitesi, ayrı iki tek ankraj yükünün %94'ü kadardır. Kimyasal ankrajlar arasındaki mesafenin ankraj gömülme derinliği kadar olduğunda, tek ankrajın dayanım kapasitesine erişebildiğini gözlemlemişlerdir.

Fuchs vd. (1995), sertleşmiş betona sonradan ekilen betonarme çeliği veya taze betona yerleştirilen başlıklı vida ve/veya bulonlar için beton kapasitesi tasarım yaklaşımı olarak adlandırılan bir model sunmuşlar ve bu yaklaşımı ACI 349-85 ile karşılaştırmışlardır. Parametre olarak ankrajların kenar mesafesi, ankraj grupları, çekme yüklemesi ve kesme yüklemesini almışlardır. Veri tabanı, Avrupa ve Amerika'da yapılan 1200 deneydir. Çalışma ile CCD metodunun incelenen deneylerin tamamında beton göçme yükünün tahmini için uygun sonuçlar verdiği sonucuna varmışlardır. ACI 349'daki tahminlerin bazen tutucu bazen de tutucu olmadığını ifade etmişlerdir. CCD metodunun tasarımda kullanılmasının daha uygun olacağına karar vermişlerdir. ACI 349'un kullanımının uygun olmadığını belirtmişlerdir.

Darwin ve Zavaregh (1996), çalışmalarında harçlı ankrajların bağ dayanımı üzerine çalışmışlardır. Delik hazırlama metodu, harç tipi, delik çapı, çubuk boyu, gömülme derinliği, çubuk yüzey durumu (epoksili veya epoksisiz), ankrajların yerleşme düzeni ve beton dayanımının harçlı ankrajların bağ dayanımına etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan delik çapları $\Phi 16$ lık çubuklar için 19-38 mm aralığındadır. $\Phi 25$ lık çubuklar için ise 32 mm dir. Gömme derinlikleri ise; $\Phi 16$ lık çubuklar için 102-305 mm, $\Phi 25$ lık çubuklar için 150-380 mm dir. Çubuklar düşey, eğimli ve yatay olarak yerleştirilmiştir. Gömülme derinliği ve çubuk boyu arttığında bağ dayanımında da artış olduğu sonucuna varmışlardır. Düşey, eğimli ve yatay ankrajların kullanılan harca da bağlı olarak bağ dayanımının değişkenlik gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Deneyi yapılan harçların bağ dayanımının beton basınç dayanımının karekökü ile değiştiğini belirtmişlerdir.

Mcvay vd. (1996), $\Phi 16$ vidalı çubuk ve epoksi amin esaslı bağlayıcı kullanarak 4 farklı derinlikte (76, 102, 127 ve 152 mm) çekme deneyi yapmışlardır. 18 numune ile yaptığı deneylerde kullanılan betonların 90 günlük silindir basınç dayanımları 39 ile 43,4 MPa aralığındadır. Beton göçme konisinin beton-yapıştırıcı bağ yüzeyinde başladığını ve olası göçme alanlarının aralıklarıyla bölgesel göçme olarak yüzeye doğru yayıldığını göstermiştir. Her bir derinlik için gözlenen göçme konilerinin sayısal tahminlerle oldukça uyumlu olduğunu gözlemlemişlerdir. Kimyasal bağlı ankrajlar için beton-yapıştırıcı ara yüzey yapışma dayanımı direk kesme testinden yeterli derecede tahmin edilemeyeceğini ve gömme derinliği arttığında beton-

yapıştırıcı bağ ara yüzeyindeki kesme gerilmesinin daha çok üniform hale geleceğini ifade etmişlerdir. Mcvay vd. (1996), yaptıkları deneylerin sonucunda koni yan yüzeyinin ankraj eksenine ile yaptığı açılar 56-65 derece arasında olduğunu görmüştür.

Primavera vd. (1997), taze betona ekilen öngermeli ankrajların yüksek dayanımlı betonlardaki çekme davranışını incelemişlerdir. Beton basınç dayanımı 51,7 MPa ve 82,7 MPa olan yüksek dayanımlı betonlarda önceden ekilen ve sonradan ekilen öngermeli ankrajların yük-deformasyon ilişkisi, göçme konisi geometrisi ve çekme kapasitesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Taze betona ekilen ankrajlarda gömülme derinliklerini 102 mm, 152 mm ve 203 mm olarak teşkil etmişlerdir. Sonradan ekilen öngermeli ankrajlar için 203 mm derinlik seçmişlerdir. 152 ve 203 mm derinlikte önceden ve sonradan yerleştirilen ankrajlar için beton çekme kapasitesinin yüksek beton basınç dayanımıyla arttığını gözlemlemişler. 102 mm derinlikteki taze betona yapılan ankrajlar için çekme kapasitesinin yüksek basınç dayanımına sahip betonlarda artmadığını gözlemlemişlerdir. Koni yüzeyi göçme açılarını tüm ankrajlar için 21°-28° olarak elde etmişlerdir. Buldukları sonuçların 45° koni modeliyle çeliştiğini görmüşlerdir.

Cook vd. (1998), çatlama betonda çekmeye çalışan tekil kimyasal ankrajların tasarımı için bir model önermişlerdir. Beton serbest kenarından uzağa yerleştirilen tekil kimyasal ankrajlar için değişik tasarım modellerini dünya çapındaki veritabanı ile karşılaştırmışlardır. Üniform bağ modelinin uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Önerdikleri tasarım modelinin ankraj grupları için geliştirilmesini ve kenar mesafe etkisinin de modele dahil edilmesini gerekli bulmuşlardır. Yük aktarma özelliği iyi olan yüksek yapışma dayanımına sahip malzemelerde beton dayanımı arttıkça ankraj performansı artar. Fakat bazı tür kimyasal yapıştırıcılarda ankraj performansı beton dayanımından etkilenmez

Obata vd. (1998), serbest kenara yakın bağ tipi ankrajların çekme dayanımı ve göçme modlarını kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, bağ tipi ankrajları beton basınç dayanımı 24,6 – 28,9 MPa olan betonlarda test etmişlerdir. 35 mm çaplı ankraj civatası kullanmışlardır. Serbest kenar mesafesi etkisi altındaki bağ tipi ankrajların davranışı üzerine hem deneysel hem analitik bir çalışma yapmışlardır. Koni göçme dayanımını tahmin etmek için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Koni

göçme dayanımını hesaplamak için ACI 349 (1985)'e göre beton göçme yüzeyinde üniform gerilme dağılımı ve kritik yükteki kararsız çatlak büyümesi kabulleri ile çalışmışlardır.

Higgins vd. (1998), taze betona yapılan ve sertleşmiş betona ekilen ankrajlarının (genişler, öngermeli ve kimyasal) çevresel etkilere karşı performanslarını incelemişlerdir. 5 farklı çevresel koşulda simülasyon yapmışlardır. Ultraviyole ışık, donma ve çözülme, doğal tuz solüsyonunda korozyon, asit yağmurlarında ıslanma ve kuruma durumların kombinasyonu olacak şekilde 5 farklı çevresel koşulda çalışmışlardır. Çevresel faktörlerin etkisini belirlemek için çekme yükü ile deplasman değişimini, çevresel etkilere maruz bırakılmamış ankrajlarla karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada ultraviyole ışığının ankraj performansını etkilemediğini görmüşlerdir. Donma ve çözünme betona zarar verebilir, bundan dolayı genişler ankrajların performansı etkilenebilir. Asit yağmurlarında ıslanma ve kuruma etkisi kimyasal ankrajların davranışını önemli oranda etkilemez. Etkilerin kombinasyonu bazı genişler ankrajların rijitliğini azaltır, taze betona yerleştirilmiş ankrajların davranışını ise etkilemez.

Lotze vd. (2001), çekme ve kesme yüklemesini birlikte uyguladıkları ankrajların davranışlarını incelemişlerdir. Çekme ankrajlarının statik ve dinamik davranışını incelemek üzere Amerika'daki nükleer santrallerde en çok kullanılan ankraj tür ve boylarına benzer şekilde ettikleri 179 ankrajı incelemişlerdir.

Gross vd. (2001), tek ve çift ankrajların statik ve dinamik davranışını inceledikleri 150 adet deney yapmışlardır. Çalışma kapsamında kullanılan beton basınç dayanımı 32,4 MPa'dır. Tekil ankrajların kenar mesafesi 100 mm, çift ankrajların kenar mesafeleri 100 ve 300 mm, iki ankraj arası uzaklık 200 mm'dir. Çatlamış betona ekilen ankraj kapasitesi çatlammamış betona ekilen ankraj kapasitesinden %18 daha düşük çıkmıştır.

Cook ve Konz (2001), kimyasal ankrajların yapışma dayanımına etki eden faktörleri araştırmışlardır. Bu çalışmada, 12 üreticiden 20 farklı üründe 765 deney yapmışlardır. Bu 20 farklı ürünün 14'ü epoksi, 6'sı ester bazlıdır. Temiz ve kuru deliklere ekilen ankrajların oda sıcaklığındaki performansları referans yapışma dayanımı olarak alınmıştır. Beton olarak 17,2 MPa ve 37,9 MPa basınç dayanımına

sahip betonlarla çalışmışlardır. Sıcaklık etkisinin ankraj dayanımında oluşturduğu değişikliği incelemek için oda sıcaklığı ve 43°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ankraj çekme deneyleri yapmışlardır. 20 farklı ürünün referans yapışma dayanımlarının ortalaması 15,4 MPa olarak bulunmuştur. Epoksi esaslı ürünlerin ortalama dayanımları 18,4 MPa, ester esaslı ürünlerin ise 8,3 MPa'dır. Sonuç olarak, nemli yüzeylere yapılan ankrajlarda oluşan yapışma dayanımı, kuru ve temiz yüzeylerde bulunan referans yapışma dayanımlarının ortalama %77'si ve ıslak yüzeylerde oluşan yapışma dayanımı ise referans dayanımın ortalama %43'ü kadar olmuştur. Tozlu deliklere yapılan ankrajlarda yapışma dayanımı referans yapışma dayanımının %71'idir. Kısa kür süresinde (24 saat) ankrajların yapışma dayanımlarının ortalama %88'ini kazandığı görülmüştür. Beton basınç dayanımındaki artışın yapışma dayanımları üzerindeki etkisi düşük bir orada artış sağlamıştır.

Özkul vd. (2001), sertleşmiş betona bağlayıcı bir madde ile 3 farklı çapta nervürlü donatıyı ($\Phi 14$, $\Phi 18$ ve $\Phi 22$ mm) 3 ayrı dayanımdaki betona ekmişlerdir (C14, C20 ve C25). Bağlayıcı olarak iki farklı epoksi reçinesi ile bir döküm harcı (grout) kullanmışlardır. 3 ayrı bağlayıcı ile oluşturulan sistemlerden en büyük ankraj kapasitesinin döküm harcı ile ekilen sistemde elde edildiğini gözlemlemişlerdir. Çapa göre karşılaştırma yaptıklarında, en büyük aderans gerilmesinin sırası ile $\Phi 14$ mm, 22 mm ve 18 mm'lik donatılarda oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

Fujikake vd. (2003), kimyasal ankrajların çekme dayanımı üzerine çalışmışlardır. Koni oluşumu, sıyrılma ve koni ile sıyrılmanın birlikte olduğu göçme modları altında dinamik nihai dayanımdaki yükleme oranının etkisini araştırmışlardır. 32 MPa basınç dayanımında betonlarda çalışılmıştır. Toplamda 92 adet deney yapmışlardır. Ankraj gömülme derinlikleri olarak 40, 65, 70, 90 ve 120 mm seçilmiştir. Sonuç olarak konik kopma direnci ve nihai yapışma dayanımının yükleme oranı artışı ile arttığını gözlemlemişlerdir. Dinamik konik kopma dayanımı ve dinamik yapışma dayanımını tahmin etmek için ampirik denklemler önermişlerdir.

Zamora vd. (2003), tekil, başlıklı ve başlıksız harçlı ankrajların çekme davranışını incelemişlerdir. Çalışmanın amacı harçlı ankraj tipleri için makul bir tasarım modeli geliştirmek ve çekme yüklerindeki davranışlarını belirlemektir. Çalışmada 3 polimer

harcı ve 6 çimento harcı ile başlıklı ve başlıksız ekilen 237 ankrajın çekme deneyi yapılmıştır. Beton basınç dayanımı olarak 30 ile 64 MPa aralığında betonlarda çalışmışlardır. Çapları 15,9 - 19,1 ve 25,4 mm ankrajlar kullanmışlardır. Ekilen ankrajların etkili gömülme derinliği 76 ile 178 mm aralığında değişmektedir. Başlıksız harçlı ankrajlarının davranışının kimyasal ankrajlara, başlıklı harçlı ankrajların yerinde dökülmüş başlıklı ankrajlara benzediğini gözlemlemişlerdir.

Shirvani vd. (2004), ankrajların çekme davranışı üzerine çatlamış ve çatlamamış betondaki statik ve dinamik yükleme altında beton göçme kapasitelerinin tahmini için 3 farklı prosedürü değerlendirmişlerdir. Çekme ankrajları için mevcut veritabanını değerlendirmişlerdir. Beton kaynaklı göçen ankrajlarının gözlenen kapasiteleri 3 metodun tahminleri ile karşılaştırılmıştır. 45° koni metodu, beton kapasitesi (CC) metodu, teorik metot. Çatlamamış betondaki ankraj veritabanının istatistiksel değerlendirmesi 6 aşamada gerçekleştirilmiştir: 1- tekil çekme ankrajları, etkili derinlik ≤ 188 mm, kenar etkisi yok (1130 test) 2- tekil çekme ankrajları, etkili derinlik > 188 mm, kenar etkisi yok (77 test) 3- tekil çekme ankrajları, etkili derinlik ≤ 188 mm, kenar etkisinde (137 test) 4- tekil çekme ankrajları, etkili derinlik > 188 mm, kenar etkisinde (33 test) 5- 2 li ve 4 lü çekme ankraj grupları, etkili derinlik ≤ 188 mm, kenar etkisi yok (170 test), 6- 4 lü çekme ankraj grupları, etkili derinlik > 188 mm, kenar etkisi yok (19 test). Sonuç olarak, çekme kapasitesinin tahmininde beton kapasitesi metodu (CC) ve teorik metodun 45° koni metoduna göre daha gerçekçi sonuçlar verdiğini bulmuşlardır.

Özturan vd. (2004), betona sonradan yerleştirilen ankrajların statik çekme, tekrarlı çekme ve statik kesme yüklemesi altındaki yük-deplasman davranışları ile yük taşıma kapasitelerini ve göçme modlarını incelemek için yalın ve lif katkılı normal ve yüksek dayanımlı betonlar kullanarak kimyasal, harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajlar olmak üzere 130 deney yapmışlardır. Sonuç olarak ASTM E 488'de verilen ankrajlar arası mesafe ve serbest kenardan uzaklık minimum değerlerini derin ankrajlar için yeterli, sığ ve orta derinlikteki ankrajlar için yetersiz bulmuşlardır. Statik çekme yükleri altındaki sığ kimyasal ankrajlarda ekme boyunun artmasıyla ankraj çekme yükleri doğrusal olarak artarken, derin ankrajların göçme yüklerinde daha az oranda artış görülmüş ayrıca normal ve yüksek dayanımlı yalın betonlara 6 ve 8 cm gömülme derinliği ile ekilen ankrajlarda ankraj çapının artmasıyla ankraj

kapasitesi artmaktadır. Ankraj çapındaki artışla statik çekme altındaki ankraj rijitliğinin de arttığını gözlemlemişlerdir.

Gesoğlu vd. (2005), elik liflerle güçlendirilmiş normal ve yüksek dayanımlı betonlara sonradan ekilen ankrajların çekme davranışı üzerine çalışmışlardır. Kimyasal ankrajlarla 39 adet çekme deneyini 12 mm ve 16 mm çaplı ankrajlar kullanarak yapmışlardır. Gömülme derinliği olarak 40 ila 160 mm aralığını seçmişlerdir. Harçlı ankrajlarda 16 mm çap ile 80, 120 ve 160 mm gömülme derinliği seçerek 18 adet deney yapmışlardır. Sonuç olarak ankrajların nihai kapasitesinin beton basınç dayanımı ile genelde arttığını gözlemlemişlerdir. elik lifli betonlarda göçme yükündeki deplasmanların genelde yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Sığ derinliklere ekilen 12 ve 16 mm çaplı kimyasal ve harçlı ankrajlar için ACI 349-85 metodunun ankraj kapasitesinde CCD metottan daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Seyhan (2006), yaptığı tez çalışmasında Türkiye’de mevcut yapıları temsil etmek için düşük dayanımlı betonlara ekilen farklı tiplerde kimyasal yapıştırıcılar kullanarak, ankraj çapının, ankraj derinliğinin, donatı çapının ve ankraj deliklerinin hazırlanma yöntemlerinin değişken olarak incelemiştir. Beton karakteristik basınç dayanımı olarak 16 MPa, ankraj çapı olarak 16 ve 20 mm, gömülme derinliği olarak donatı çapının 6, 8, 10 ve 12 katı, delik çapı olarak $\Phi+6$ mm ve $\Phi+8$ mm değişkenler seçmiştir. Delik yüzeyi olarak tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş ve suya doygun-nemli 80 adet ankraj ekmiş ve eksenel çekme davranışlarını incelemiştir. Sonuç olarak, ankraj deliği çapının arttırılması derin ankrajlarda (derinlik $>10\Phi$) ankraj davranışı üzerinde sınırlı bir etki gösterdiği, ankraj derinliğinin artmasının ankraj dayanımını arttırdığı, kullanılan yapıştırıcı malzemenin ankraj davranışını doğrudan etkileyen en önemli etkenlerden biri olduğu belirtilmiştir.

Eligehausen vd. (2006), kimyasal bağlı ankrajların tasarımıını içeren bir davranış modeli kurmak için nümerik ve deneysel bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, davranış modelini kimyasal ankraj gruplarının 415 deneyi ve serbest kenara ekilen kimyasal ankrajların 133 deneyini içeren dünya çapındaki veritabanı ile karşılaştırmışlardır. Ankraj gruplarında 16 MPa, kenara yakın tekil ankrajlarda ise 21,8 MPa basınç dayanımındaki betonlarda deneyler yapmışlardır. Kullanılan ankraj çapı 8 ile 24 mm aralığındadır. 415 deney için %15,4 lk varyasyon ile deney/tahmin

oranını ortalama 0,99 olarak tespit etmişlerdir. Kimyasal ankrajların kritik aralık ve kritik kenar mesafesinin ankraj gömme derinliğine değil, ankraj çapına ve bağ dayanımına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Kenara yakın tekil ankrajların 133 deneyi ile karşılaştırıldığında önerilen modelinin uygun olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yapışma dayanımı, kullanılan malzemenin bileşenlerinin kimyasal özellikleri ile olduğu gibi, ankrajların uygulanış biçimleri, işçilik kalitesi ve ortam şartları ile de değişkenlik gösterir (ACI355.2, 2007). Bağ tipi ankrajlar, göçme yüküne çok yakın değerlere kadar elastik davranış gösterirler. Aynı kimyasal ankraj malzemeleri kullanılarak aynı derinlikte aynı çaplı donatı ile yapılan ankrajlarda, elastik yük sınırına gelene kadar ankrajların rijitlikleri eşit olur (ACI 355.2, 2007).

Gürbüz (2007), yaptığı tez çalışmasında 12,7 MPa basınç dayanımına sahip betonlarda farklı ankraj derinliklerinin etkisi, ankraj delik temizliğinin etkisi, nem etkisi, tam ve kısmi bağlı ankraj davranışları araştırılmıştır.

Kaya (2007) tarafından yapılan tez çalışmasında 14 MPa basınç dayanımına sahip betonlarda kimyasal yapıştırıcı, delik çapı ve ankraj donatısı çapı (16 mm) sabit tutularak farklı ankraj derinliği ve farklı yüzey koşulları altında deneyler yapılmıştır.

Mazılıgüney (2007) tarafından yapılan tez çalışmasında 5 ile 16 MPa arası basınç dayanımına sahip betonarme mevcut binalarda yatay doğrultuda çekme testleri yapılmıştır ve maksimum taşıma yükleri belirlenmiştir. Bu çalışmada, delik temizliği etkisi, beton basınç dayanımı etkisi, ankraj derinliği ve ankraj çapı etkisinin ankraj performansını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Yılmaz vd. (2010), yapıları çalışmada kimyasal ankrajlarla ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalar derlenerek ankraj dayanımını etkileyen faktörler irdelenmiştir. Bağlayıcı cinsi, ankraj deliğinin temizliği, ankraj deliğinin ıslaklığı, yüksek sıcaklık ve sünme, ankraj kenar uzaklığı ve ankrajlar arası uzaklık, ekme boyunun etkisi, beton dayanımının etkisi, ankraj çapının etkisi, kısa kür süresi etkisi ve ankrajların bağlılık durumlarına göre ankraj performanslarını değerlendirmiştir. Sonuç olarak ankraj dayanımını etkileyen faktörlerden bağlayıcı cinsi ve ankraj deliğinin temizlik durumunun diğerlerine göre daha baskın olduğu görülmüştür. Ekme boyunun ve beton sınıfının belli bir değere kadar etkili olduğu daha sonrasında ise dayanıma etkisinin sınırlı kaldığı gözlenmiştir.

Çalışkan (2010) tarafından yapılan tez çalışmasında 5, 10, 16, 20, 25 MPa basınç dayanımına sahip betonarme bloklara 12, 16, 20 mm çaplı donatılar, donatı çapının 10, 15 ve 20 katı derinliklerde ekilmiştir. Ankrajlar deplasman kontrollü piston ile tersinir tekrarlı kesme yüklerine maruz tabi tutulmuştur. Aynı çalışmanın bir diğer aşamasında mevcut çerçeve sistemleri dış perde duvar uygulaması ile güçlendirmede kimyasal ankrajlardan yararlanılmıştır. Bu amaçla 48 adet ankraj numunesi üretilmiş ve tersinir tekrarlı yükler altında denenmiştir. Elde edilen deney sonuçları ile ACI 318 Ek-D ve TS500 sürtünme kesmesi ile elde edilen kesme kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Ankraj çapı olarak 6, 8, 10 mm seçilmiştir. Mevcut sistem için 5, 10 ve 20 MPa ilave edilen perde için 30 MPa basınç dayanımlı beton seçilmiştir. Rijit döşemeye bağlı üzerine aksel yük verilen sistem 2 farklı kat hizasında hidrolik pistonlar yardımı ile üçgen yayılı yatay yüke maruz bırakılmıştır. Deneyler sonucunda da beton basınç dayanımının ankraj kesme kapasitesi üzerinde anlamlı bir etkisine rastlanmamıştır. 10Φ ve daha derin ankrajlarda, gömülme derinliğinin kesme kapasitesine anlamlı bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Çap artışı ile birlikte ankraj kesme kuvvetinin doğrusal bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Ancak, donatı alanının artışı donatı çapının karesi ile orantılıdır. Bu sebeple, ankrajların taşıyabildikleri nihai kesme gerilmeleri ankraj çapındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. Çalışmanın mevcut çerçeveye güçlendirme perdesi ilavesi aşamasında kolon ve kirişlere çeşitli oranlarda ankraj donatısı ilavesi yapılmış ve güçlendirilmiş sistemin kapasiteleri ile kıyaslanmıştır. Üst kat kiriş ankrajının miktarının artırılmasının olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

3.2 Literatür Değerlendirmesi

Yapılan çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların çalışmalarında işçilik kalitesi, ortam şartları, sıcaklık etkisi, nem etkisi, kötü kür etkisi, yetersiz yüzey temizliği etkisi, derinlik etkisi, koni biçimi ve göçme tahmini modellemeleri üzerinde durulduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde serbest kenardan ve ankrajların birbirlerinden uzaklıkları, kullanılan ankraj kimyasalının veya ankraj betonunun özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmaların büyük kısmında beton basınç dayanımı 20 MPa ve üzerindedir. Bu değer altında 12-20 MPa aralığında da az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Ancak, literatürde çok düşük basınç dayanımlı (12 MPa ve altı) betonlara yapılan ankrajlar üzerine yetince çalışılmadığı görülmüştür. Hâlbuki beton

dayanımı ankraj çekme dayanımını doğrudan etkileyen etmenlerdendir. Ülkemiz mevcut betonarme yapıları içerisinde bu beton dayanımına sahip yapıların sayısı yadsınamayacak seviyededir.

DBYBHY'e 2007 yılında ilave edilen 7. bölümle birlikte ankraj çubuklarının kesme tasarımında TS-500'deki sürtünme kesmesi esaslarının kullanılması gerektiği belirtilmektedir fakat çekme için ankraj çapı alt sınırı olarak 16 mm, ankraj gömülme derinliği alt sınırı olarak çubuk çapının 10 katı ve en geniş çubuk aralığı için ise 40 cm kısıtlamaları getirilmektedir. Bunun yanında ankraj çapı için bir üst sınır ve ankraj aralığı için bir alt sınır belirtilmemiştir. Ayrıca ankrajların serbest kenardan uzaklıkları için bir alt sınırdan da bahsedilmemiştir. Betonarme perde ile mevcut çerçeve ve betonarme perde ile temel arasındaki yük aktarımını sağlayan ankrajlarda farklı hasar şekilleri dikkate alınmaksızın sadece donatı kapasitesine bağlı bir tasarımın yanıltıcı sonuçlar verebileceği gözden kaçırılmaması gereken bir gerçektir. Özellikle beton dayanımının düşük olması durumunda bu şekilde yapılacak yanlış bir ankraj tasarımı tüm sistemin performansını olumsuz etkileyebilir. Bu sebeple düşük dayanımlı betonlara ekilen kimyasal ankrajların performanslarının araştırılması hayati öneme sahip bir konudur.

Ülkemizin mevcut yapı stoğunun büyük bölümünü oluşturan düşük dayanımlı beton sınıfları da bu çalışmanın kapsamındadır. Çalışmada 5MPa, 10MPa basınç dayanımına sahip deney numunelerine de ankraj ekimi yapılmış olması sebebiyle diğer çalışmalardan ayrı bir yeri vardır.

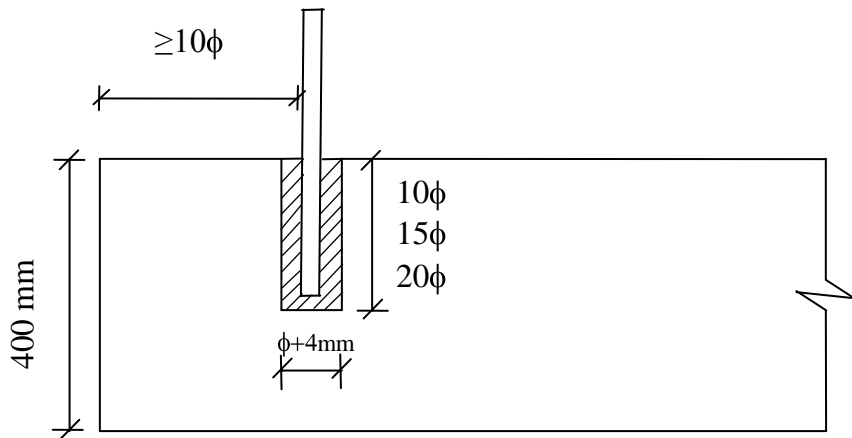
4. MATERYAL VE METOD

4.1 Deney Elemanları

Bu çalışma kapsamında 337 adet ankraj çekme deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu ankrajlar 150x350x40cmlik beton bloklara ekilmiştir. Ankraj ekimi için 12, 16 ve 20mm çaplı S420a çelik çubukları ve 8 ve 16 mm çaplı S420b kullanılmıştır. Hidrolik piston ile çekilen bu çubukların piston uzunluğu ve gömülme derinliğinden yeteri kadar daha uzun olması sağlanmıştır. Donatılar beton blok üst yüzüne dik olarak ekilmiştir.

4.1.1 Geometrik Özellikler

Taban betonunun basınç dayanımının ankraj dayanımına etkisinin incelenebilmesi için ankrajlar C5, C10, C16, C20, C25 olarak isimlendirilen bloklara ekilmiştir. Ortam sıcaklığı laboratuvar şartlarında değişkenlik göstermemiştir. Ankrajlar gömülme derinliği olarak donatı çapının 10, 15 ve 20 katı bir derinliğe gömülmüştür. Açılan delik çapı ise donatı çapından 4 mm fazla olarak belirlenmiştir. Ankrajlar bir düzen halinde 9 adet betonarme temele ekilmiştir (Şekil 4.1-2).



Şekil 4.1 : Ankraj elemanlarının geometrik özellikleri (enkesit)

4.1.2 Malzeme

4.1.2.1 Kimyasal Yapıştırıcı

Ankrajların üretiminde kullanılan ve ankrajın performansını doğrudan etkileyen temel malzemelerden biri de kullanılan kimyasal yapıştırıcıdır. Kimyasal yapıştırıcının mekanik özellikleri ankrajın kapasitesini ve göçme tipini doğrudan etkilemektedir (Çalışkan 2010). Ankrajların üretiminde Duratek firmasının 3 bileşenli, solventsiz epoksi esaslı kimyasal dübel ve ankraj macunu (GSM 509) kullanılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Kullanılan epoksi esaslı kimyasal yapıştırıcı

GSM 509 uygulamasında bileşenler ağırlıkça %30A + %20B + %50C oranında karıştırılarak homojen bir karışım haline getirilir. Karışımın ömrü 50-70 dakikadır. Üretici firma tarafından malzemeye ait verilen özelliklerin başında, kısa sürede sertleşmesi, beton, sac, taş granit gibi yüzeylere mükemmel bir yapışma, suyun ve tozun uzaklaştırıldığı nemli yüzeylere rahatlıkla tatbik edilmesi yer almaktadır. Kullanım alanı olarak da beton üzerine gelecek yeni kolon, kiriş veya perde gibi yapı elemanı donatılarının filiz ekiminde kullanılır. Üretici firmanın verdiği teknik özellikler Tablo 4.1’de, mekanik özellikleri de Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 1.1: Kullanılan Kimyasal Yapıştırıcının Teknik Özellikleri

Bileşen Sayısı	3
Karışım Oranı	A/B/C
Ağırlıkça	30/20/50
Hacimsel	40/25/35
Karışım Yoğunluğu (g/cm ³ , 20 °C' de)	1.70 – 1.90
Karışım Ömrü (dak., 23 °C)	50 -70
Renk	Gri
Tam Sertleşme (gün)	7

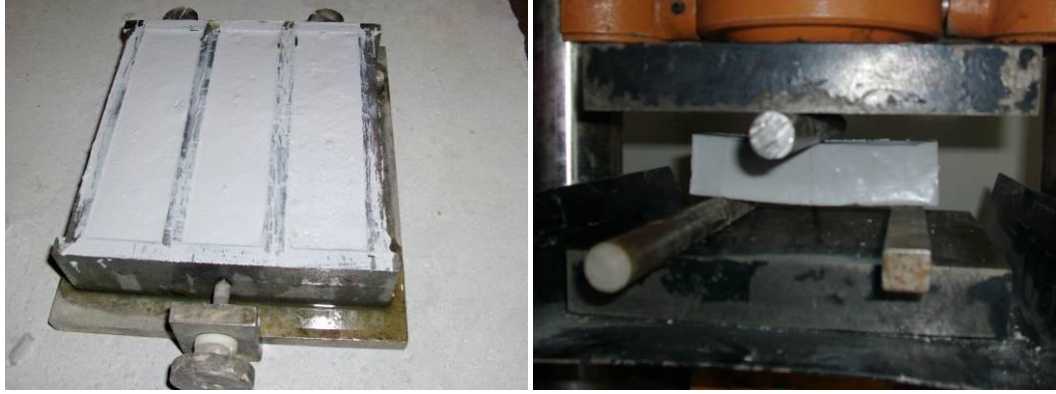
Tablo 1.2 : Kullanılan Kimyasal Yapıştırıcının Mekanik Özellikleri

Çekme Mukavemeti (N/mm ²) (TS 1967, DIN 53504)	≈ 20
Çekme Uzaması (%) (TS 1967, DIN 53504)	≈ 0,7
Elastisite Modülü (N/mm ²) (DIN 52371, TS 985)	≈ 4500
Eğilme Mukavemeti (N/mm ²) (DIN 52371, TS 985)	≈ 44

Kullanılan epoksi malzemesine eğilme ve basınç deneyleri yapılmıştır (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Çekme ve basınç deneyinin sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.4 : Epoksi basınç deneyi



Şekil 4.5 : Epoksi eğilme deneyi

Tablo 1.3: Epoksi deney sonuçları/

Numune No	Eğilme Dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)	Ort. Basınç Dayanımı (MPa)
1	19,0	16,9	70,1	69,5
2	14,9		70,5	
3	19,3		70,3	
4	15,2		69,7	
5	14,6		70,1	
6	18,5		66,5	

4.1.2.2 Beton

Ankrajların yapılacağı beton temeller C5, C10, C16, C20 ve C25 beton sınıflarında üretilmiştir. Elemanların üretimi sırasında numuneler alınmıştır. 2, 7, 28 günlük ve deney günü olmak üzere alınan numunelere basınç deneyi yapılmıştır (Şekil 4.6). Üretici firma tarafından teslim edilen betonun karışım oranları Tablo 4.4'deki gibidir. Alınan numunelerin 2, 7 ve 28 günlük dayanımları Tablo 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.6 : Betonlardan numune alınması ve basınç deneyine tabi tutulması

Tablo 1.4: Beton Karışım Oranları (ağırlıkça).

Malzeme (kg/m ³)	C5	C10	C16	C20	C25
0-5 agregası	1300	1235	1152	1115	1065
5-15 agregası	390	400	417	300	295
15-22 agregası	390	427	430	540	560
CEM I 42,5	100	185	210	260	310
Su	175	150	173	170	168
Katkı	0.8	1.5	2.1	3.2	4.5

Tablo 1.5: Beton basınç dayanımları.

Beton Yaşı	C5 (N/mm ²)	C10 (N/mm ²)	C16 (N/mm ²)	C20 (N/mm ²)	C25 (N/mm ²)
2 Günlük	1,50	5,22	4,11	12,13	16,70
	1,48	5,16	4,20	10,87	17,64
	1,25	5,16	3,94	11,37	15,81
7 Günlük	4,06	8,22	11,17	19,24	27,00
	3,93	9,14	10,56	18,28	24,69
	4,18	8,92	11,29	18,43	24,79
28 Günlük	6,12	11,22	17,14	24,61	35,82
	5,94	11,02	17,04	25,38	36,58
	5,74	10,57	16,96	24,98	34,31
Ortalama f_{c28}	5,93	10,94	17,04	24,99	35,57

4.1.2.3 Ankraj Donatıları

Deneilerde kullanılan S420a donatı çubuklarının çekme testleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7). Donatı mekanik özellikleri Tablo 4.6'da gösterilmektedir.

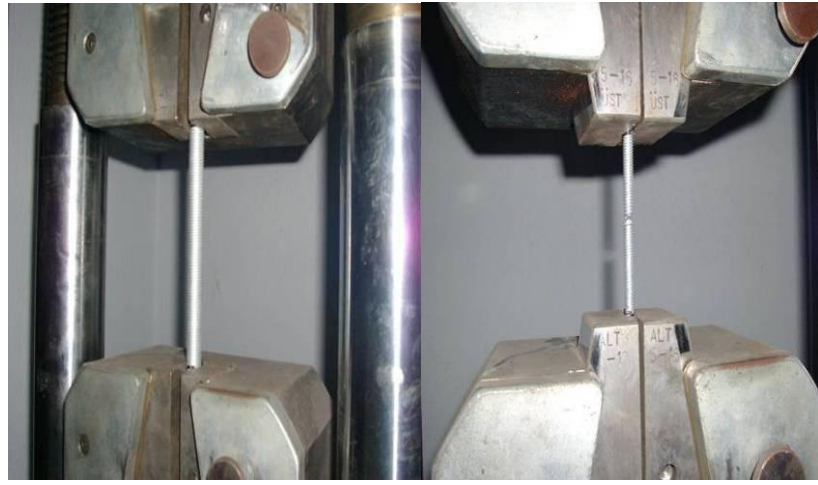


Şekil 4.7 : S420a donatı çekme testi

Tablo 1.6: S420a Donatılarının mekanik özellikleri.

Donatı Çapı (mm)	Akma Dayanımı (MPa)	Kopma Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
12	425	521	21
16	508	618	20.5
20	435	560	21

Deneyleerde kullanılan S420b çelik çubukların çekme testleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8). Donatı mekanik özellikleri Tablo 4.7’de gösterilmektedir.



Şekil 4.8 : S420b donatı çekme testi

Tablo 1.7: S420b çubukların mekanik özellikleri.

Donatı Çapı (mm)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Kopma Dayanımı (MPa)
8	447	458
16	414	441

4.1.3 Ankrajların Ekilmesi

Ekim sırasında deneyin dış şartlardan etkilenmemesi için laboratuvar sahası kullanılmıştır. Ekimden önce beton yüzeyü tozdan ve nemden arındırılmıştır. Bu işlemlerde kompresör kullanılmıştır.

Ankraj ekim işlemleri iki ayrı tarihte yapılmıştır. Ekimlerden önce açılan delikler yağsız ve kuru basınçlı hava ile yeterince temizlenmiştir. Her iki ekim esnasında

beton yüzey sıcaklığı 28-29 C° olarak ölçülmüştür. Beton yüzey nemi ise her iki ekimde ve her beton sınıfı için yaklaşık %1.0 olarak tespit edilmiştir. Ekimlerden sonra da ankraj numuneleri laboratuvar koşullarında beklemiştir.

Devir hızı yüksek darbeli matkaplar ile açılan deliklere kimyasal yapıştırıcılar profesyonel bir ekip tarafından üretici firmanın ekim tavsiyelerine uygun bir şekilde ekilmiştir. Ankraj deliğinin açılıp temizlenmesi ile kimyasal yapıştırıcı ile çubukların ekimi farklı günlerde yapılmıştır (Şekil 4.9).

Laboratuvar ortamında, ankrajlar betonarme bloklar üzerinde yerleri işaretlendikten sonra yüksek hızlı darbeli matkaplar ile delme işlemleri yapılmıştır. Delik çapı olarak ankraj çelik çubuk çapından 4 mm daha fazla seçildiği için 16, 20, 24 mm matkap uçları kullanılmıştır. Delik delme işlemleri bittikten sonra yağsız ve kuru çalışan kompresör ile tüm delikler önce bir sıra içindeki toz tamamen boşalana kadar temizlenmiştir. Temizleme işlemlerinde, temizliği biten diğer deliklerin üstü kapalı olacak şekilde çalışılmıştır. Laboratuvar ortamında oluşan tozu çeken yüksek emme gücüne sahip vakum boruları kullanılarak ortamın tozu mümkün olduğunca azaltılmıştır. Aynı gün bir sıra daha temizleme işlemi yapıldıktan sonra ertesi gün tekrar temizleme işlemi yapılarak deliklerde hiç toz kalmaması sağlanmıştır.

Ortamdaki hava tozdan tamamen arındırıldıktan sonra ankraj karma işlemleri başlamıştır. 3 bileşeni teknik kılavuzunda belirli olan karışım oranlarında karıştırılan epoksi kimyasal yapıştırıcılar karıştırıldıktan sonra yerine uygulanmıştır. Ekimler tamamen profesyonel bir ekip tarafından yapılmıştır. Ekimlerde delik içinde hiç hava kalmaması sağlanmıştır. Ekimlerde öncelikle epoksi yapıştırıcı delik içinde belli seviyeye kadar doldurulduktan sonra spatula yardımı ile donatı yüzeyine de boşluk kalmayacak şekilde sürülerek ankrajlar ekilmiştir. Ekimlerde donatılar ekseni etrafında çevrilerek içi kimyasal yapıştırıcı ile dolu deliğe yerleştirilmiştir ve delik içinde havanın kalmadığını ispatlayan sesin gelip gelmediği takip edilmiştir. Gerektiğinde deliğe tekrar epoksi doldurularak ekim yenilenmiştir. Delik kenarında arta kalan epoksi spatula ile temizlenmiştir. Bir ankrajın ekim işlemi donatı çapına ve derinliğine de bağlı olarak genellikle 1 dakikadan çok daha az bir süre içerisinde bitmektedir. Ekimi tamamlanan ankraj çubuğuna dokunulmadan diğer deliklere ankrajlar ekilmiştir.

Ankraj deliklerinde epoksi bazlı yapıştırıcının ulaşamadığı yer kalması olasılığı ankrajlar yeryüzüne dik ekildiği için oldukça düşüktür. Ankraj ekimi sonrası 5 gün süre ile donatıların kıpırdamaması için gerekli tedbirler alınmıştır.

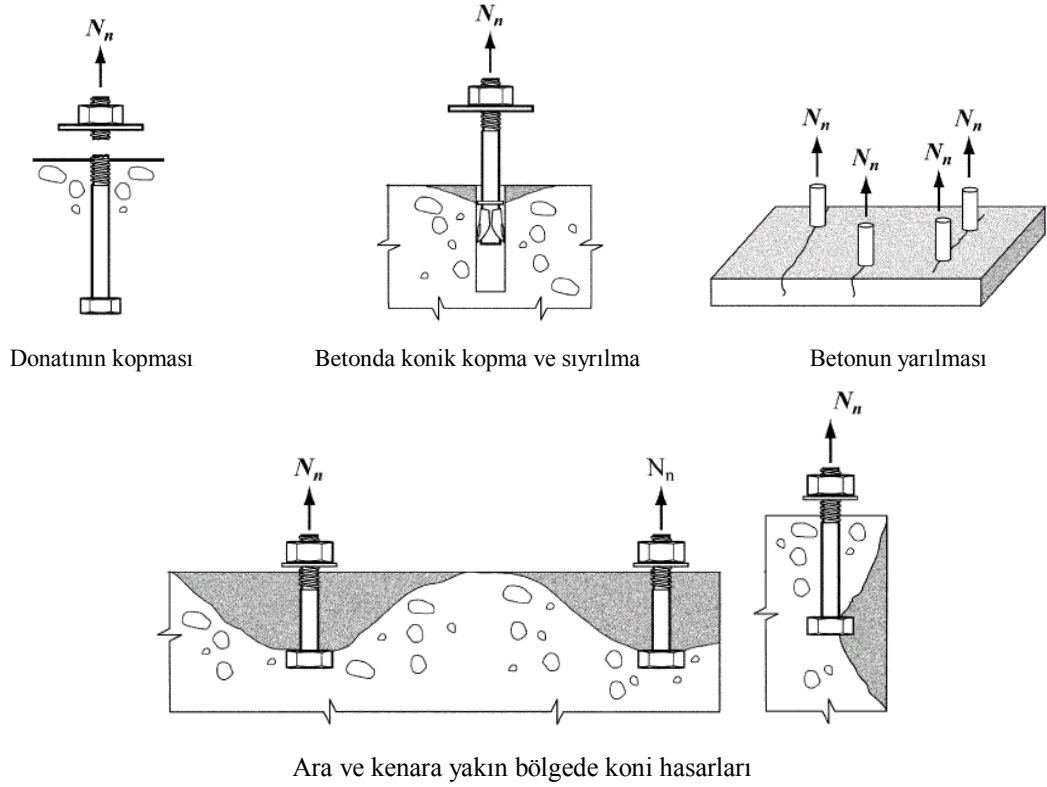


Şekil 4.9 : Ankraj deliklerinin temizlenmesi ve ankraj ekilmesi

4.2 Deney Sistemi

Piston ile çekme testi işlemlerinde pistonu yük hücresi (LC) bağlanmıştır ve yük ölçümü yapılmıştır. Aynı şekilde donatıya da deplasman ölçer bağlanarak ölçümler her deney için yapılmıştır. Deney numunelerinin çekimi için 2 adet U profilinin birleşiminden elde edilmiş çelik kiriş ve 2 adet destek ile numunenin kopma biçiminin rahat görüntülenmesi için piston yükseltilmiştir. Deney sistemi Şekil 4.10'da görülmektedir.

çok düşük değerler çıktığı için ankraj kapasitesinin belirlenmesinde bu tez kapsamında sıyırılma kapasiteleri hesaba katılmamıştır.



Şekil 4.11 : Ankraj Göçme Modları (ACI 318, 2005)

Fakat ACI 318'deki sıyırılma kapasiteleri çok düşük değerler çıktığı için ankraj kapasitesinin belirlenmesinde bu tez kapsamında sıyırılma kapasiteleri hesaba katılmamıştır.

ACI 318'e göre ankraj kapasitesi hesaplanmasında, ankraj elemanlarından kapasitesi en düşük olanı o ankrajın kapasitesini vermektedir. Bu çıkan kapasite değeri Tablo 4.8'de verilen azaltma katsayısı ile çarpılarak ACI 318 ankraj tasarım dayanımı elde edilir.

4.3.1 Donatı Kapasitesi

Donatının koptuğu ankrajların kapasitesi için ACI 318'de verilen (4.1) formülü kullanılacaktır.

$$N_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad (4.1)$$

Tekil veya grup ankrajların çekme yüklemesinde nominal dayanımı (N_{sa}) (4.1)'deki değeri geçemeyecektir. Bu denklemde n ankraj sayısıdır, f_{uta} ise 860 MPa ve $1.9f_{ya}$ 'dan küçük olanı seçilecektir. (4.1)'de geçen f_{ya} ise ankraj donatısını akma dayanımıdır.

4.3.2 Beton Koni Kapasitesi

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ed, N} \psi_{c, N} \psi_{cp, N} N_b \quad (4.2)$$

(4.2)'deki A_{Nc} beton öngörülen göçme alanı, A_{Nco} 1.5 hef kenar mesafesi olan ankrajın öngörülen göçme alanı, N_b , nominal beton göçme dayanımı, N_b ise Beton koni kapasitesidir.

$$A_{Nco} = 9h_{ef}^2 \quad (4.3)$$

(4.3)'deki hef değeri ankrajın etkin gömülme derinliğidir. Bu tez kapsamında etkin gömülme derinliği olarak ankraj gömülme derinliği alınmıştır.

$$N_b = k_c \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad (4.4)$$

(4.4)'te geçen sonradan ekilen ankrajlar için k_c değeri olarak 17 alınır. f'_c ise belirlenmiş beton basınç dayanımıdır.

$$c_{a, \min} \geq 1.5h_{ef} \Rightarrow \psi_{ed, N} = 1 \quad (4.5)$$

$$c_{a, \min} \leq 1.5h_{ef} \Rightarrow \psi_{ed, N} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a, \min}}{1.5h_{ef}} \quad (4.6)$$

$$\psi_{c, N} = 1.4 \quad (4.7)$$

(4.5-6) ve (4.8-9)'da geçen $c_{a, \min}$ değerleri ankrajın kenara olan en yakın mesafesidir. c_a değerleri ankrajın kritik kenar mesafesi olarak tanımlanmaktadır.

$\Psi_{ed,N}$ değeri serbest kenara olan uzaklıkla ilgili azaltma katsayısıdır, $\Psi_{c,N}$ değeri ise betonda çatlak bulunması ile alakalı azaltma katsayısıdır.

Betona sonradan ekilen ankrajlarda;

$$c_{a,min} \geq c_{ac} \Rightarrow \Psi_{cp,N} = 1.0 \quad (4.8)$$

$$c_{a,min} \leq c_{ac} \Rightarrow \Psi_{cp,N} = \frac{c_{a,min}}{c_{ac}} \quad (4.9)$$

4.3.3 Sıyırılma Kapasitesi

$$N_p = 0,9f'_c e_h d_o \quad (4.10)$$

(4.10)'da geçen N_p değeri ACI 318'de tanımlanan esas sıyırılma kapasitesidir, N_{pn} değeri ise nominal sıyırılma kapasitesi olarak tanımlanmıştır. f'_c belirlenmiş beton basınç dayanımıdır, d_o değeri ise ankraj donatı çapıdır. (4.10)'da geçen e_h değeri ise ankraj donatının J veya L tipinde kancalı olmasına göre değişen bir katsayıdır.

$$N_{pn} = \Psi_{c,p} N_p \quad (4.11)$$

(4.12)'de geçen $\Psi_{c,p}$ değeri betonda çatlak olmasıyla ilgili bir azaltma katsayısıdır.

$$\Psi_{c,p} = 1.4 \quad (4.12)$$

$$3d_o \leq e_h \leq 4,5d_o \quad (4.13)$$

ACI 318 sonradan ekilen ankrajlar için sıyırılma kapasitesinin hesapla bulunmasını değil, deneysel olarak elde edilen verilerden %95 güvenli yönde kalacak şekilde nominal sıyırılma dayanımının hesaplanmasını öngörmektedir.

Bu tez çalışmasında ekilen ankrajların sonradan ekilmiş olması dolayısıyla N_{pn} sıyrılma dayanımı dikkate alınmamıştır. Ankraj kapasitesi N_{sa} ile N_{cb} 'den küçük olanı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 1.8: ACI 318 Ankraj Dayanım Azaltma Katsayıları (Çekme).

Göçme Şekli	Diğer Etkin Parametreler		Dayanım Azaltma Katsayısı	
			ACI 318, 9.2'ye Göre Yükleme	ACI 318, EK-C'ye Göre Yükleme
Çelik Hasarı	Sünek çelik		0.75	0.80
	Gevrek çelik		0.65	0.70
Sıyrılma Hasarı Konik Kopma Beton Hasarı	Durum A (Donatılı beton)	C1	0.75	0.85
		C2	0.65	0.75
		C3	0.55	0.65
	Durum B (Donatısız beton)	C1	0.65	0.75
		C2	0.55	0.65
		C3	0.45	0.55
C1: İşçilik kalitesi ve ortam koşullarından az etkilenen, güvenilirliği yüksek				
C2: İşçilik kalitesi ve ortam koşullarından orta derecede etkilenen, güvenilirliği orta				
C3: İşçilik kalitesi ve ortam koşullarından çok etkilenen, güvenilirliği düşük				

Bu tezde, ACI 318 EK-C'deki yükleme kombinasyonları için verilen dayanım azaltma katsayıları kullanılmıştır. Ankraj ekimi yapılan blokların donatılı beton olması dolayısı ile A durumu ve deneylerin laboratuvar şartlarında yapılmasından dolayı da C1 durumu için verilen dayanım azaltma katsayıları ile ACI 318 kapasite dayanımları azaltılmıştır.

4.3.4 Deney Elemanlarının ACI 318'e Göre Kapasiteleri

Tüm deney elemanlarının çelik kapasiteleri, konik kopma kapasiteleri, sıyrılma kapasiteleri ile göçme türüne göre dayanım azaltma katsayıları ve tüm bu kapasitelerin en küçüğü olanın ACI Kapasite dayanımı olarak verildiği ve dayanım azaltma katsayısı ile bu kapasitenin tasarım dayanımına çevrildiği ankraj kapasiteleri Tablo 4.9-10'da verilmiştir.

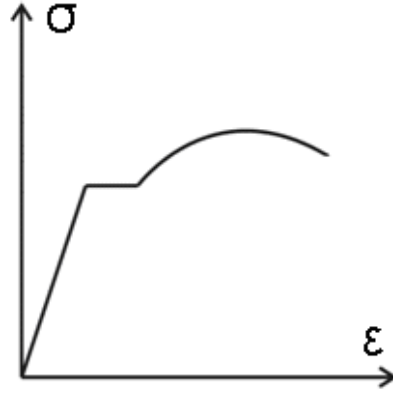
Tablo 1.9: S420a Ankrajların ACI 318'e Göre Kapasiteleri

Deney Elemanı	Çelik Kapasitesi	Koni Kapasitesi	Dayanım Azaltma Katsayısı (ϕ)	ACI Kapasite Dayanımı (kN)	ACI Tasarım Dayanımı (kN)
C5f12d12	58.92	19.68	0.85	19.68	16.72
C5f12d18	58.92	36.15	0.85	36.15	30.72
C5f12d24	58.92	55.65	0.80	55.65	44.52
C5f16d16	124.26	30.29	0.85	30.29	25.75
C5f16d24	124.26	88.63	0.85	88.63	75.33
C5f16d32	124.26	116.62	0.80	116.62	93.30
C5f20d20	175.93	42.33	0.85	42.33	35.98
C5f20d30	175.93	75.26	0.85	75.26	63.97
C10f12d12	58.92	27.83	0.85	27.83	23.65
C10f12d18	58.92	51.12	0.80	51.12	40.89
C10f12d24	58.92	78.70	0.80	58.92	47.14
C10f16d16	124.26	42.84	0.85	42.84	36.41
C10f16d24	124.26	125.34	0.80	124.26	99.41
C10f16d32	124.26	164.93	0.80	124.26	99.41
C10f20d20	175.93	59.87	0.85	59.87	50.89
C10f20d40	175.93	210.97	0.80	175.93	140.74
C16f12d12	58.92	35.20	0.85	35.20	29.92
C16f12d18	58.92	64.66	0.85	58.92	50.09
C16f12d24	58.92	158.54	0.85	58.92	50.09
C16f16d16	124.26	54.19	0.85	54.19	46.06
C16f16d24	124.26	158.54	0.80	124.26	99.41
C16f16d32	124.26	208.62	0.80	124.26	99.41
C16f20d20	175.93	75.73	0.85	75.73	64.37
C16f20d30	175.93	139.13	0.80	139.13	111.30
C16f20d40	175.93	248.71	0.85	175.93	149.54
C20f12d12	58.92	39.35	0.80	39.35	31.48
C20f12d18	58.92	72.29	0.80	58.92	47.14
C20f12d24	58.92	111.30	0.80	58.92	47.14
C20f16d16	124.26	60.58	0.80	60.58	48.47
C20f16d24	124.26	177.26	0.80	124.26	99.41
C20f16d32	124.26	233.24	0.80	124.26	99.41
C20f20d20	175.93	84.67	0.85	84.67	71.97
C20f20d30	175.93	155.55	0.85	155.55	132.22
C20f20d40	175.93	359.22	0.85	175.93	149.54
C25f12d12	58.92	44.00	0.80	44.00	35.20
C25f12d18	58.92	80.83	0.80	58.92	47.14
C25f12d24	58.92	198.18	0.80	58.92	47.14
C25f16d16	124.26	67.74	0.80	67.74	54.19
C25f16d24	124.26	198.18	0.80	124.26	99.41
C25f16d32	124.26	260.77	0.80	124.26	99.41
C25f20d20	175.93	103.69	0.80	103.69	82.95
C25f20d30	175.93	244.76	0.80	175.93	140.74
C25f20d40	175.93	333.57	0.80	175.93	140.74

Tablo 1.10: S420b Ankrajların ACI 318'e Göre Kapasiteleri

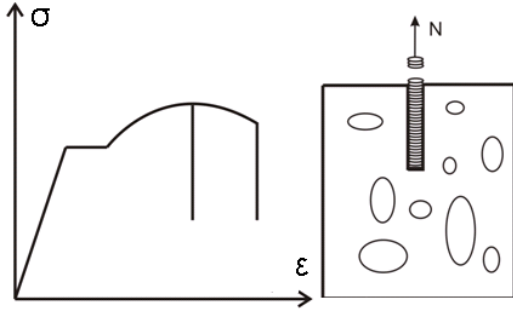
Deney Elemanı	Çelik Kapasitesi	Koni Kapasitesi	Dayanım Azaltma Katsayısı (ϕ)	ACI Kapasite Dayanımı (kN)	ACI Tasarım Dayanımı (kN)
B5f8d8	28.91	10.71	0.85	10.71	9.10
B5f8d12	28.91	19.68	0.85	19.68	16.72
B5f8d16	28.91	30.29	0.70	28.91	20.24
B5f16d16	115.66	30.29	0.85	30.29	25.75
B5f16D24	115.66	55.65	0.85	55.65	47.30
B5f16d32	115.66	85.68	0.85	85.68	72.83
B10f8d8	28.91	15.15	0.85	15.15	12.87
B10f8d12	28.91	27.83	0.85	27.83	23.65
B10f8d16	28.91	27.83	0.85	27.83	23.65
B10f16d16	115.66	42.84	0.85	42.84	36.41
B10f16d24	115.66	78.70	0.85	78.70	66.90
B10f16d32	115.66	121.17	0.70	115.66	80.96
B16f8d8	28.91	19.16	0.85	19.16	16.28
B16f8d12	28.91	35.20	0.70	28.91	20.24
B16f8d16	28.91	54.19	0.70	28.91	20.24
B16f16d16	115.66	54.19	0.85	54.19	46.06
B16f16d24	115.66	99.55	0.85	99.55	84.62
B16f16d32	115.66	153.27	0.70	115.66	80.96
B20f8d8	28.91	21.42	0.85	21.42	18.21
B20f8d12	28.91	39.35	0.70	28.91	20.24
B20f8d16	28.91	60.58	0.70	28.91	20.24
B20f16d16	115.66	60.58	0.85	60.58	51.50
B20f16d24	115.66	111.30	0.85	111.30	94.61
B20f16d32	115.66	171.36	0.70	115.66	80.96
B25f8d8	28.91	23.95	0.85	23.95	20.36
B25f8d12	28.91	44.00	0.70	28.91	20.24
B25f8d16	28.91	67.74	0.70	28.91	20.24
B25f16d16	115.66	67.74	0.85	67.74	57.58
B25f16d24	115.66	124.44	0.70	115.66	80.96
B25f16d32	115.66	191.59	0.70	115.66	80.96

Donatının kopması biçiminde hasarın ideal ankraj davranışı olduğu bu hasar biçiminin sünek bir göçme ile gerçekleştiği için söyleyenebilir, ayrıca en yüksek kapasite değerleri de ankraj donatısının koptuğu durumlarda elde edilmektedir. Şekil 4.12'de ideal ankraj davranışı olan donatının koptuğu durumdaki gerilme-şekil değiştirme grafiği verilmiştir. Donatının kopması biçiminde hasar, donatı akma dayanımına ulaştıktan hemen sonra da gerçekleşebilir. Konik kopma biçiminde hasar donatı akma dayanımına ulaştıktan sonra ya da akma dayanımına ulaşmadan da gerçekleşebilir. Konik kopma hasarı gevrek bir hasar türü olduğu için ani bir dayanım kaybına neden olur. Sıyrıma hasarı, donatı akmaya başlamadan, akarken yada pekleşirken gerçekleşebilir.

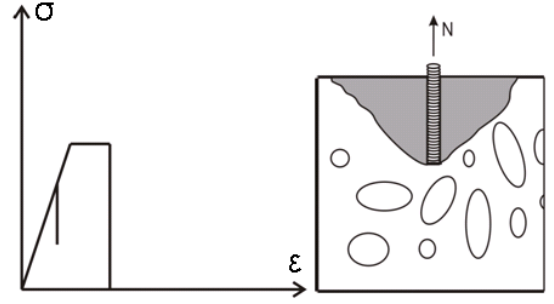


Şekil 4.12 : İdeal ankraj davranışı gerilme-şekil değiştirme grafiği

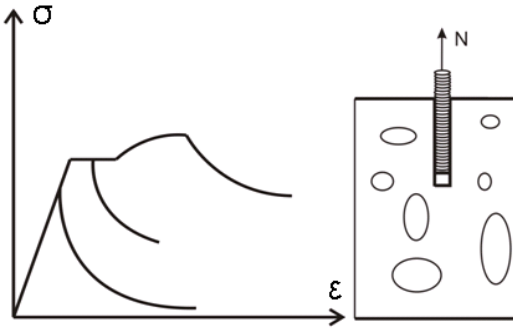
Sıyrılmada hasarında konik kopma hasarına kıyasla dayanım kaybı daha yavaş gerçekleşir. Konik kopma ve sıyrılmada ise bu iki hasarın kombinasyonu şeklinde bir gerilme-şekil değiştirme grafiği çizilebilir.



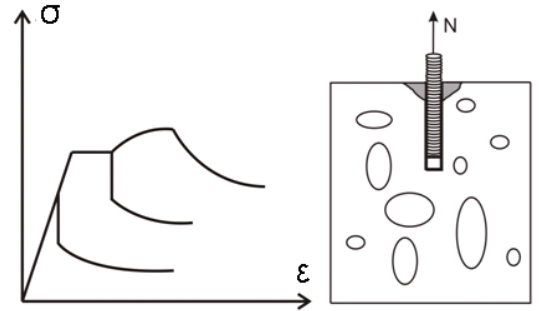
Donatının kopması durumunda gerilme-uzama grafiği



Konik kopma durumunda gerilme-uzama grafiği



Sıyrılmada gerilme-uzama grafiği



Koni ve sıyrılmada gerilme-uzama grafiği

Şekil 4.13 : Ankraj Göçme Modlarına göre Gerilme-Uzama Grafikleri

5. DENEY SONUÇLARI

Bu çalışmada 2 farklı tipte donatı kullanılmıştır. Ankrajlar, beş farklı dayanıma sahip beton bloklara, 3 farklı derinlik ve 3 farklı kenardan uzaklık ile ekilmiştir. Ekilen toplam 337 adet epoksi ankraj aksenal çekme deneyine tabi tutulmuştur.

C5-10-16-20-25 betonarme temellere ekilmiş S420a ve S420b donatı sınıfına ait ankrajların aksenal çekme deneylerine göre derinlikle değişken gerilme-zaman grafikleri ve deney sonucunda oluşan hasar biçimlerinin görüldüğü resimler bu bölümde verilmiştir. Aynı donatı sınıfına ait ankrajların donatı çapının 10, 15 ve 20 katı derinliklerde gösterdiği gerilme değerleri grafik halinde verilmiştir.

5.1 S420a Ankraj Donatıları ile Yapılan Deneyler

5.1.1 C5 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri

Şekil 5.2’de C5f12 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 120, 180 ve 240 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm’dir. Ancak gömülme derinliğinin 240 mm olduğu durumda iki ankraj elemanı kenar mesafesi 500 mm olacak şekilde ekilmiştir.

C5f12L12c12 deney elemanlarının tümü donatı akma dayanımına ulaşmadan önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Bu elemanlarla yapılan 5 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 201-410 MPa aralığında değişmektedir. C5f12L18c18 deney elemanları da benzer şekilde donatı akma dayanımına ulaşmadan önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Ancak bu deney elemanlarının kapasitelerinde gözlenen değişim daha küçük bir aralıktadır (420-463 MPa). Bu iki grubun aksine C5f12L24c24 ve C5f12L24c50 deney elemanlarının tümünde donatı akması gözlenmiştir. Yapılan 6 deneyden sadece birinde hemen akma sonrasında sıyrılma ve konik kopmanın birlikte olduğu hasar şekli görülmüş, bir başka deneyde ise akma platosunun sonunda pekleşme öncesi sıyrılma ve konik kopmanın birlikte olduğu hasar şekli ortaya çıkmıştır. Diğer tüm deney elemanları pekleşerek taşıma kapasitelerine

ulaşmışlardır. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.1'de verilmiştir.



Konik kopma ve sıyırılma f12c12



Konik kopma ve sıyırılma f12c24



Donatının kopması f12c24



Betonun yarılması f12c12



Konik kopma ve sıyırılma f12c24



Sıyırılma f12c50

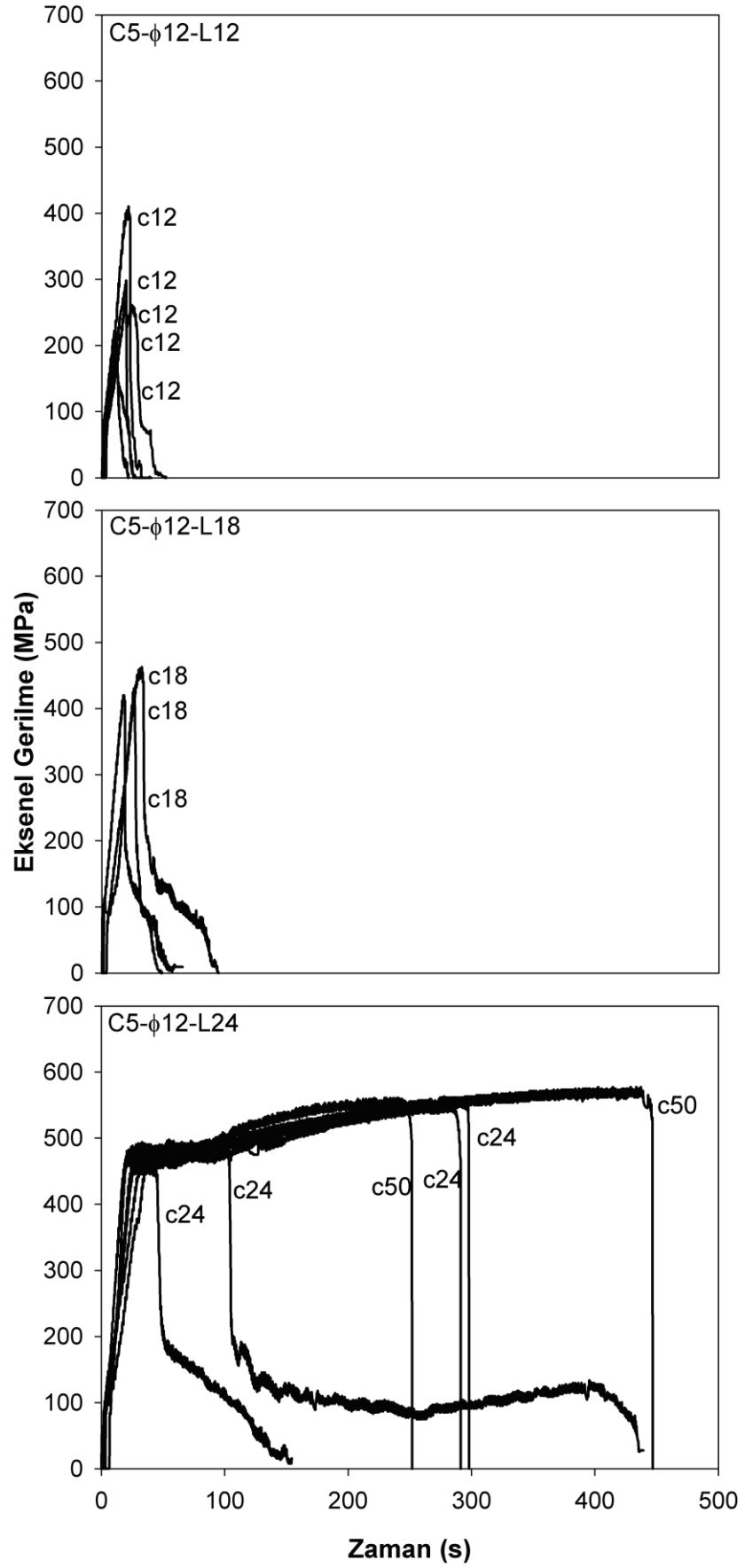


Betonun yarılması f12c18



Betonun yarılması f12c12

Şekil 5.1 : C5 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.2 : C5 temele ekilen 12 mm çaplı ankrajların deney sonuçları

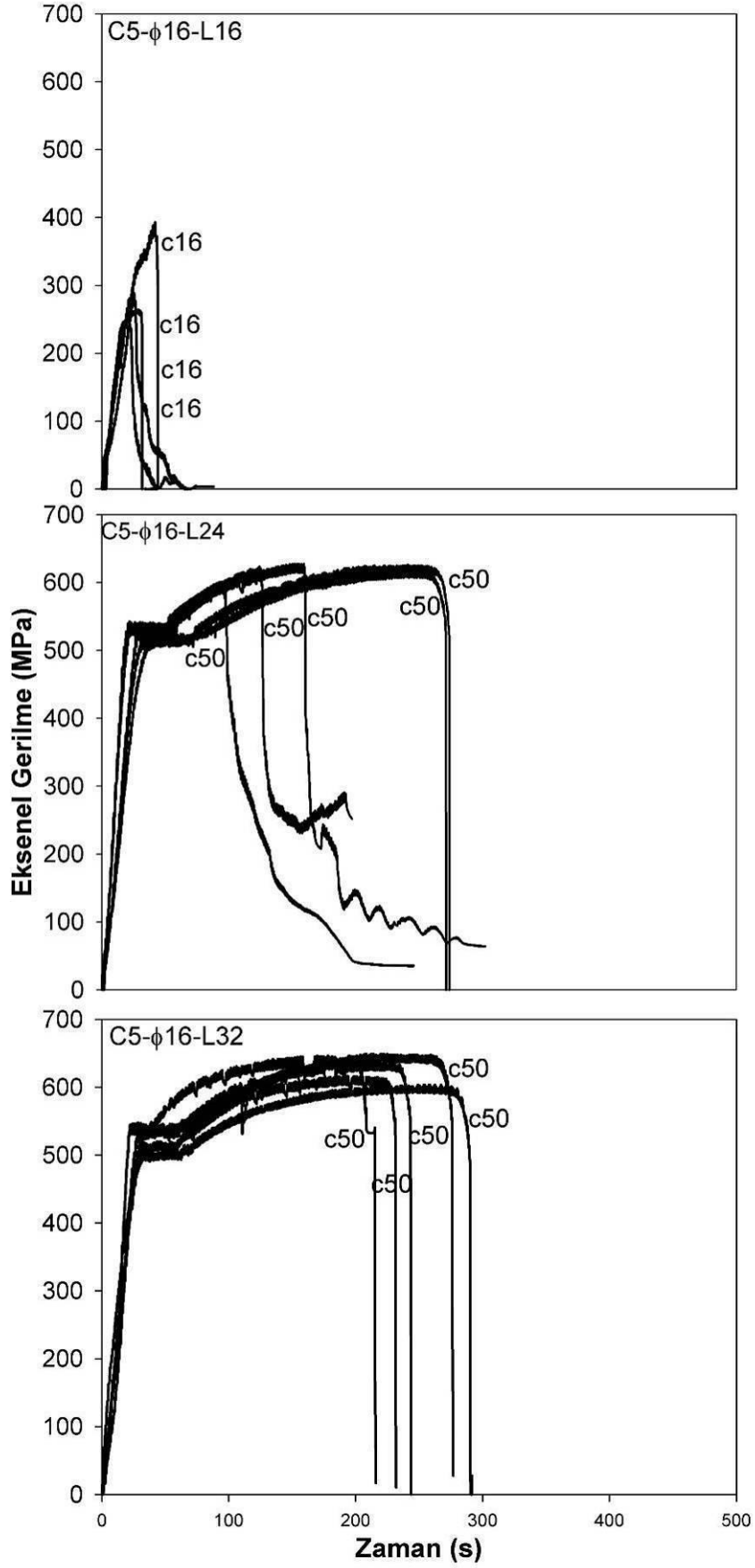
Şekil 5.3’de C5f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 160, 240 ve 320 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 500, 500 mm’dir.

C5f16L16c16 deney elemanlarının tümü donatı akmasından önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Yapılan 5 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 420-463 MPa aralığında değişmektedir. C5f16L24c50 deney elemanları donatı akmasından sonra 5 ankrajdan 3 tanesi konik kopma, 2 tanesi donatının nihai dayanımına ulaşip kopması ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. C5f16L32c50 deney elemanlarının tümünde donatı akması gözlenmiştir. Yapılan 5 deneyden tamamında donatının pekleşerek kopması biçiminde ankraj hasarı ortaya çıkmıştır. Bazı deneylerin sonucunda çekilen ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.4’de verilmiştir.

Şekil 5.6’da C5f20 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 200, 300 ve 400 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 200, 300ve 400 mm’dir. Ancak gömülme derinliğinin 300mm olduğu durumda iki ankraj elemanı kenar mesafesi 500 mm olacak şekilde ekilmiştir. Gömülme derinliğinin 400 mm olduğu ankrajlardan biri 370 mm diğeri 500 mm kenardan mesafe ile ekilebilmiştir.

C5f20L20c20 deney elemanlarının tümü donatı dayanımından önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Yapılan 4 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 273-390 MPa aralığında değişmektedir. C5f20L30c30 deney elemanları ise donatı akmaya başladıktan sonra sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. C5f20L30c50 deney elemanlarında ise 2 adet numuneden birinde donatı akmaya başladıktan hemen sonra sıyrılarak diğeri ise donatı nihai kopma dayanımına kadar ulaştıktan sonra kapasitelerini kaybetmişlerdir.

C5f20L40c37 ve C5f20L40c50 deney elemanlarının birinde donatı akması gözlenmiştir diğeri ise 340 MPa bir dayanıma eriştikten sıyrılma ya da beton hasarı sonucu ankraj nihai kapasitesine ulaşılmıştır. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.5’de verilmiştir. C5 olarak isimlendirilen 5,9 MPa basınç dayanımına sahip betonarme elemanlara ekilmiş ankrajlarda donatı çapının 10 katı bir derinliğe ekilmiş ankrajın göçme biçimini beton belirlemektedir.



Şekil 5.3 : C5 Temele ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Betonun yarılmamas ve sıyrılmamas f16c16



Betonun yarılmamas ve sıyrılmamas f16c16



Donatının kopması f16c50



Betonun yarılmamas ve konik kopma f16c16



Donatının kopması f16c50



Donatının kopması f16c50

Şekil 5.4 : C5 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

Donatı çapının 15 katı derinliğe ekilmiş ankrajlarda özellikle 12 mm çapındaki S420a donatısının göçme biçiminin gömülme derinliğinin 10 katı olduğu durumdan çok farklı olmadığı Şekil 5.2.'de görülebilmektedir. 16 ve 20 mm çaplı (S420a) donatılarda 15f gömülme derinliğinin bazı numunelerde yeterli sonuç verdiği bazı numunelerde ise donatıda pekleşme başladıktan sonra göçmenin başladığı Şekil 5.3-5'te görülmektedir. Bu noktadan hareketle C5 betonuna sahip betonarme temele ekilen ankrajlar için 15f gömülme derinliğinin tasarım gömülme derinliği için uygun olabileceği görülmekle beraber, 20f gömülme derinliğinin daha iyi sonuçlar verdiği grafiklerden anlaşılabilir. Tüm bunların yanında C5 betonda 20f gömülme

derinliğindeki 2 adet ankrajdan birinde oldukça düşük bir dayanım değeri ile göçmenin gerçekleştiği, diğerinde ise donatının koptuğu Şekil 5.6'da görülmektedir. 5 MPa gibi düşük dayanımlı betonarme temellere ekilen ankrajlardan 20 mm gibi büyük donatı çaplarına sahip ankrajlarda gerilme yığılmalarının oluşturduğu ani göçme tiplerinin de bu deney sonuçlarında etken olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



Konik Kopma ve sıyrılma f20c20



Betonun yarılması ve konik kopma
f20c20



Donatının kopması f20c40



Konik kopma f20c30

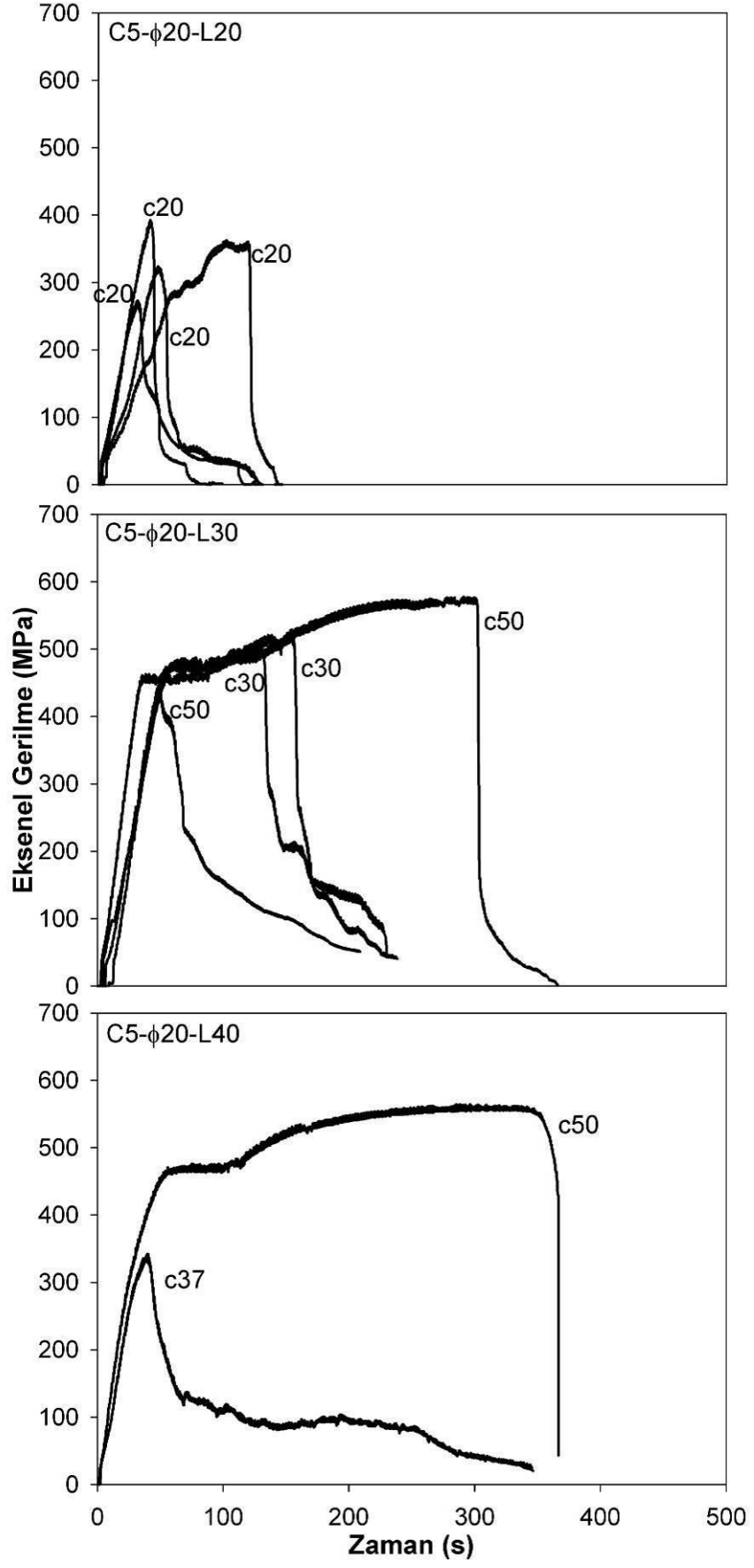


Betonun yarılması ve konik kopma f20c30



Konik kopma ve sıyrılma f20c40

Şekil 5.5 : C5 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.6 : C5 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

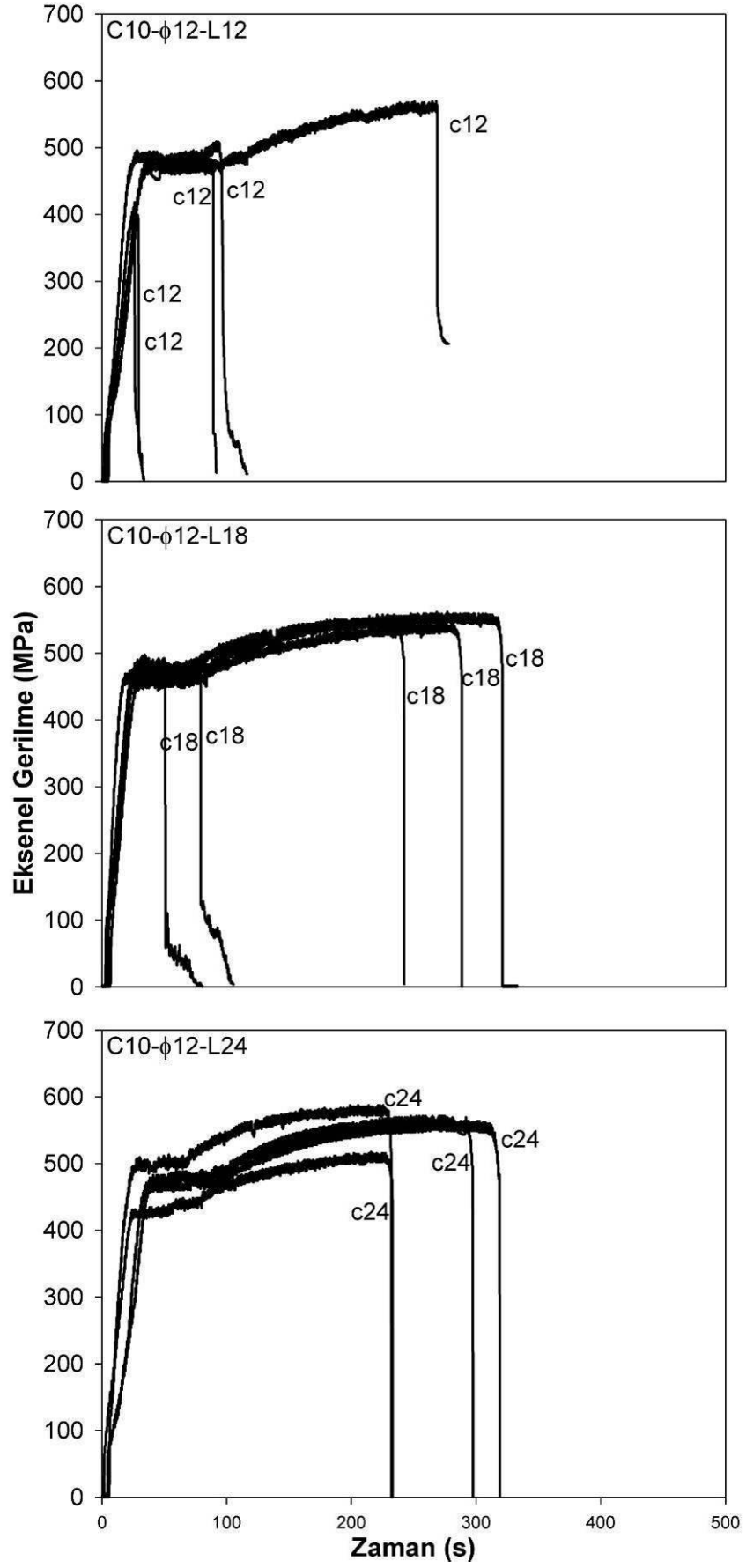
5.1.2 C10 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri

C10f12 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 120, 180 ve 240 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm’dir.

C10f12L12c12 deney elemanlarının 2 tanesi donatı akmasından önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Bu 2 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 411-399 MPa aralığında değişmektedir. C10f12L12c12 deney elemanlarından 2 tanesi ise donatı akmaya başladıktan belli bir süre sonra göçmeye uğramıştır. C10f12L12c12 deney elemanlarıyla yapılan 5 ankrajdan sadece 1 tanesi donatı kopma dayanımına eriştikten sonra nihai kapasitesine ulaşmıştır.

C10f12L18c18 deney elemanlarının 5 tanesinden 2si donatı akmaya başladıktan belli bir süre sonra sıyrılma ya da beton hasarı nedeniyle nihai kapasitesine erişirken 3 tanesi donatının kopması ile kapasiteye erişmişlerdir. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.8’de verilmiştir.

C10f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.9’de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 120, 500 ve 500 mm’dir. C10f16L16c16 deney elemanlarının tümü donatı akmasından önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Bu 3 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 331-535 MPa aralığında değişmektedir. C10f16L24c50 deney elemanlarının 5 tanesinden 2si donatı akmaya başladıktan sonra sıyrılma ya da beton hasarı nedeniyle nihai kapasitesine erişirken 3 tanesi, C10f16L32c50 deney elemanların tamamı donatının kopması ile kapasiteye ulaşmıştır. Ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.10’de verilmiştir. C10f20 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 200, 300 ve 400 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 200, 500 ve 500 mm’dir. Yalnız 300 mm derinliğe ekilen ankrajlardan 1 tanesi 300 mm kenardan uzaklığa sahip olarak ekilmiştir. C10f20L20c20 deney elemanlarından 4 taneden 2’si donatı akmasından önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Bu 2 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 380-422 MPa aralığında değişmektedir.



Şekil 5.7 : C10 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Betonun yarılmaması f12c12



Betonun yarılmaması f12c12



Donatının kopması f12c50



Konik kopma ve sıyrılma f12c18



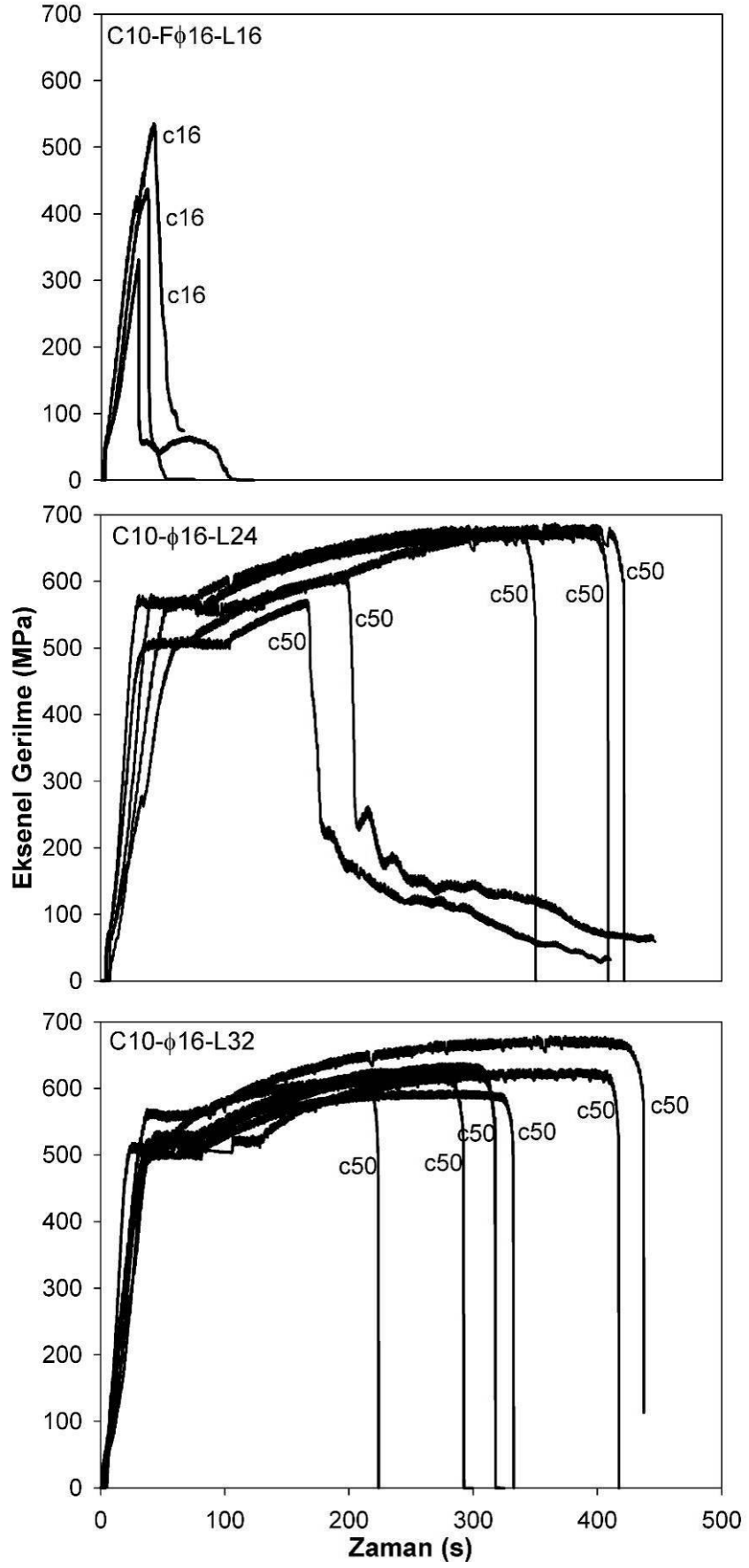
Konik kopma f12c12



Konik kopma ve sıyrılma f12c18

Şekil 5.8 : C10 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

Diğer 2 taneden biri donatının kopması ile biri de donatı akma dayanımına erişerek fakat yine beton ya da epoksi kaynaklı bir göçme ile sonuçlanmıştır. C10f20L30c30 deney elemanlarının 5 tanesinden 4'ü donatının kopma dayanımına ulaşması ile yalnızca 1 tanesi ise donatı akmaya başladıktan sonra sıyrılma ya da beton hasarı nedeniyle nihai kapasitesine erişmiştir. C10f20L40c50 deney elemanların tamamı donatının kopması ile kapasiteye ulaşmıştır. Ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.9 : C10 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Donatının Kopması f16c50



Sıyırılma f16c50



Donatının kopması f16c50



Konik kopma ve sıyırılma f16c16



Konik kopma ve betonun yarılması f16c16



Sıyırılma f16c24

Şekil 5.10 : C10 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

12 mm donatı çaplı ankrajların kullanıldığı ve 12 cm derinliğe ekilen 5 adet ankrajın çekme deneyinde 5 ankrajdan sadece 1 tanesi donatı akma dayanımını geçmiş ve yeterince pekleştikten sonra yine betondaki bir hasar nedeniyle göçmüştür yani betonun yarılması biçiminde bir göçme ile deney sonuçlanmıştır. Bu ankrajlardan 2 tanesi akma dayanımına ulaşmış ve göçmüş, diğer 2 tanesi ise akma dayanımının altında göçmüştür. 12 mm donatı çaplı ve 18 cm görölme derinliği olan ankrajlarda donatı akma dayanımına ulaşmış 2 tanesinde betondan kaynaklan göçme 3 tanesinde ise donatının kopması biçiminde göçme meydana gelmiştir. 16 mm ve 20

mm donatı çapındaki ankrajlarda da durum 12 mm ankrajlardakine yakındır. C5 betonuna benzer olarak C10 betonarme temele ekilen ankrajlar için de 15f gömülme derinliğinin tasarım gömülme derinliği için uygun olabileğeği görülmekle beraber, 20f gömülme derinliğinin daha iyi sonuçlar verdiği grafiklerden anlaşılabilmektedir.



Konik kopma ve sıyrılma f20c20



Sıyrılma f20c50



Konik kopma ve sıyrılma f20c20



Sıyrılma f20c20

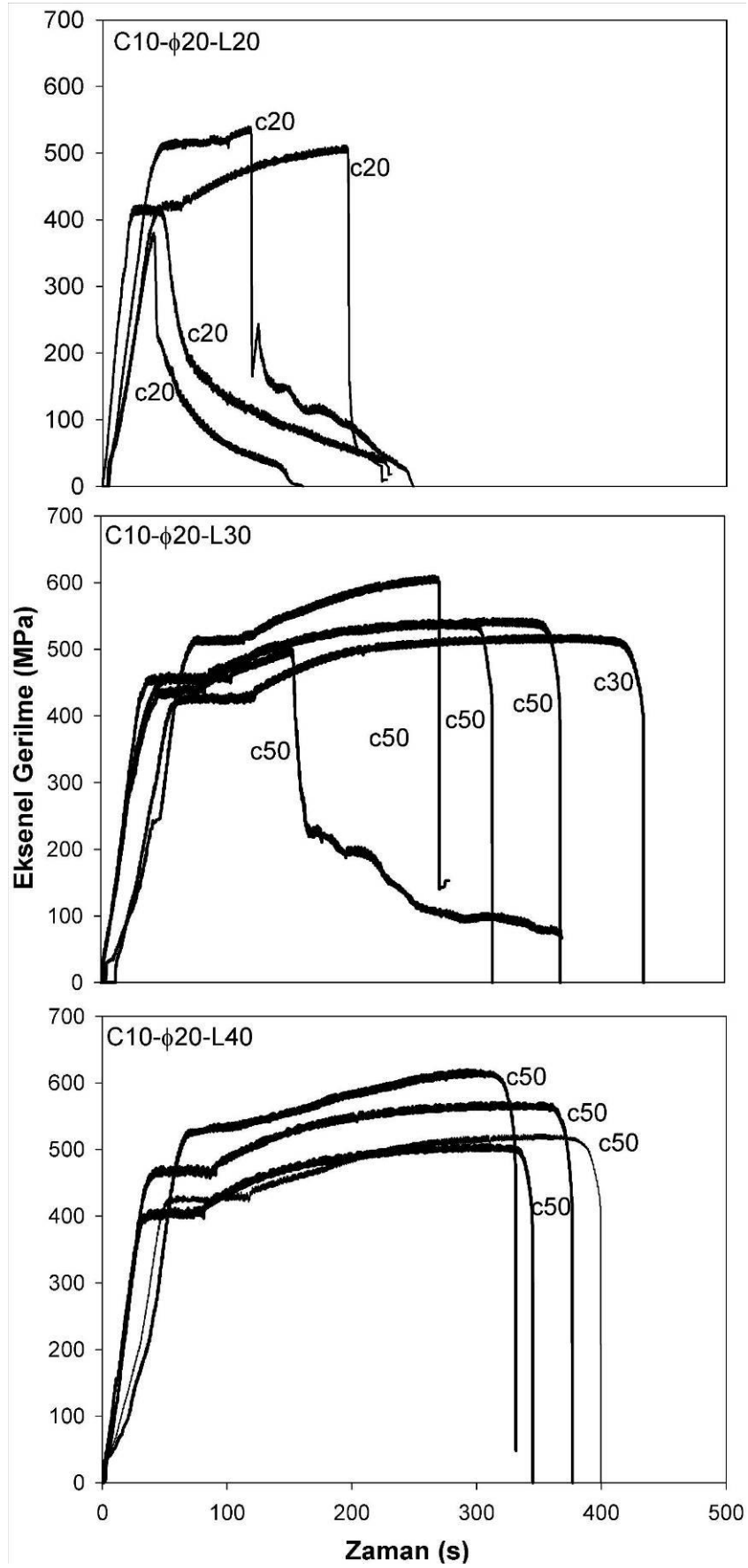


Donatının kopması f20c30



Donatının kopması f20c40

Şekil 5.11 : C10 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.12 : C10 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

5.1.3 C16 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri

C16f12 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.13'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm'dir. Ancak gömülme derinliğinin 240 mm olduğu durumda iki ankraj elemanı kenar mesafesi 500 mm olacak şekilde ekilmiştir.

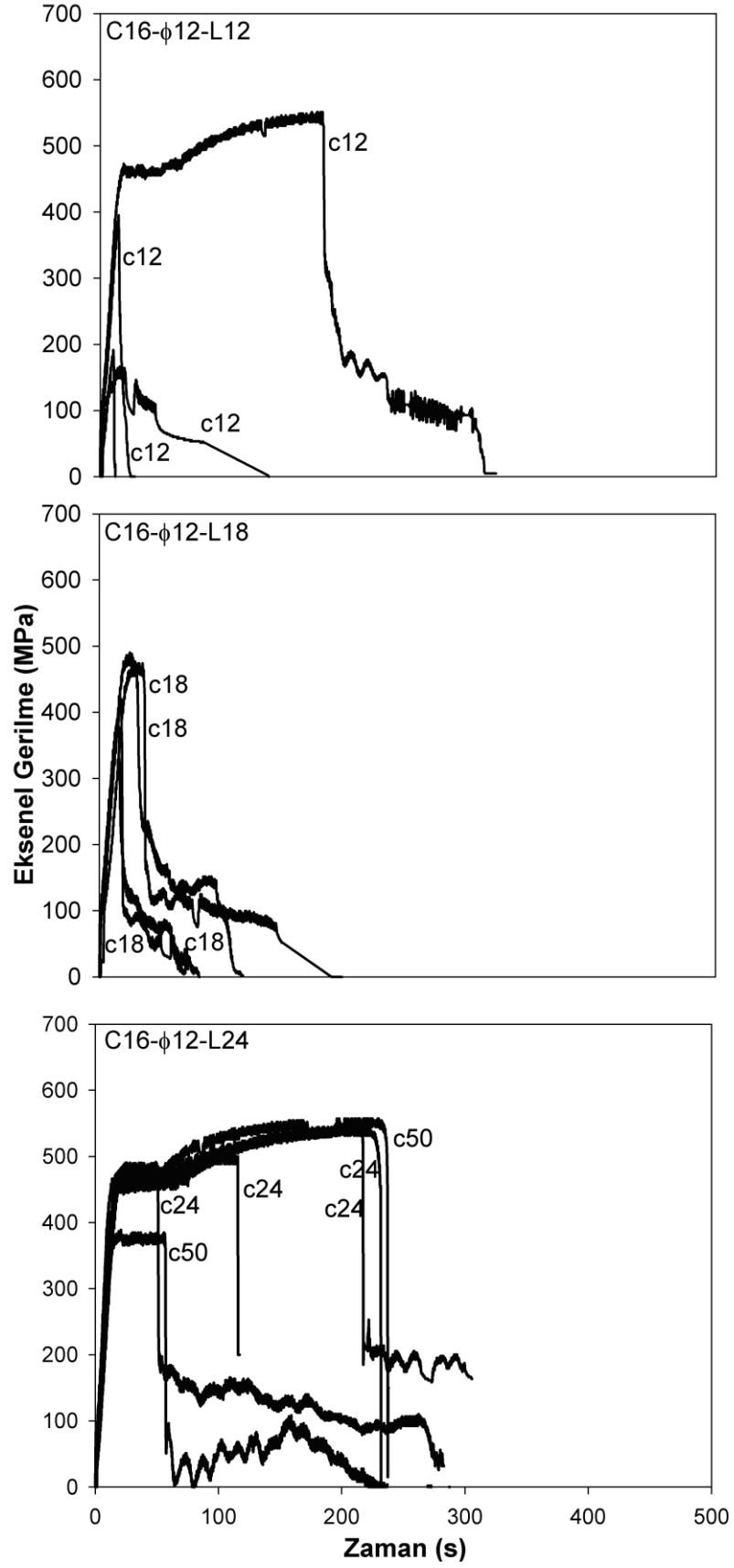
C16f12L12c12 deney elemanlarının hiçbirisi donatının kontrol ettiği göçme biçimiyle kapasitesine ulaşmamıştır. Yapılan 4 deneyden 1 tanesi donatının akma dayanımına ulaşip pekleşmesi esnasında sıyrılma ya da beton hasarı ile kapasitesini kaybetmiş diğer 3 tanesinin ise nihai gerilme değerleri 164-395 MPa aralığında değişmektedir.

C16f12L18c18 deney elemanları da benzer şekilde donatı akmasından önce sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitelerini kaybetmişlerdir. Ancak bu deney elemanlarının kapasitelerinde gözlenen değişim daha küçük bir aralıktadır (393-489 MPa). Bu iki grubun aksine

C16f12L24c24 ve C16f12L24c50 deney elemanlarının tümünde donatı akması gözlenmiştir. Yapılan 6 deneyden dördünde akma sonrasında sıyrılma ve konik kopmanın birlikte olduğu hasar şekli görülmüş, bir başka deneyde ise akma platosunun sonunda pekleşme öncesi sıyrılma ve konik kopma hasarı birlikte ortaya çıkmıştır. Diğer 2 deney elemanı ise pekleşerek taşıma kapasitelerine ulaşmışlardır. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.14'de verilmiştir.

C16f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.15'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 500 ve 500 mm'dir.

C16f16L16c16 deney elemanlarının hiçbirisi donatının kontrol ettiği göçme biçimiyle kapasitesine ulaşmamıştır. Yapılan 4 deneyden tamamı donatının akma dayanımına ulaşmadan sıyrılma ya da beton hasarı ile kapasitesini kaybetmiş ve gerilme değerleri gerilme değerleri 299-455 MPa aralığında kalmıştır.



Şekil 5.13 : C16 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Konik kopma ve sıyırılma f12c24



Konik kopma ve sıyırılma f12c24



Konik kopma ve sıyırılma f12c18



Betonun yarılması f12c12



Betonun yarılması f12c18



Konik kopma ve sıyırılma f12c18

Şekil 5.14 : C16 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

C16f16L24c50 deney elemanları ile yapılan 6 adet çekme deneyinden birinde donatı akma dayanımına ulaşmadan sıyrılarak ya da beton hasarı ile kapasitesini kaybetmiştir. C16f16L24c50 deney elemanları ile yapılan 6 adet çekme deneyinden bir diğerinde ise donatı akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra sıyırılma ya da beton kontrolünde bir göçme modu gerçekleşmiştir diğer 4 tanesinde ise donatının koptuğu ana kadar ankraj elemanı yük taşımaya devam etmiştir.

C16f16L32c50 deney elemanlarının aksenal çekme deneylerinde 5 deneyden dördünde donatı akması sonucu taşıma kapasitesine ulaşıldığı gözlenmiştir. Yapılan

deneylerden sadece birinde ise akma sonrasında sıyrılma+konik görülmüştür. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.16'da verilmiştir.

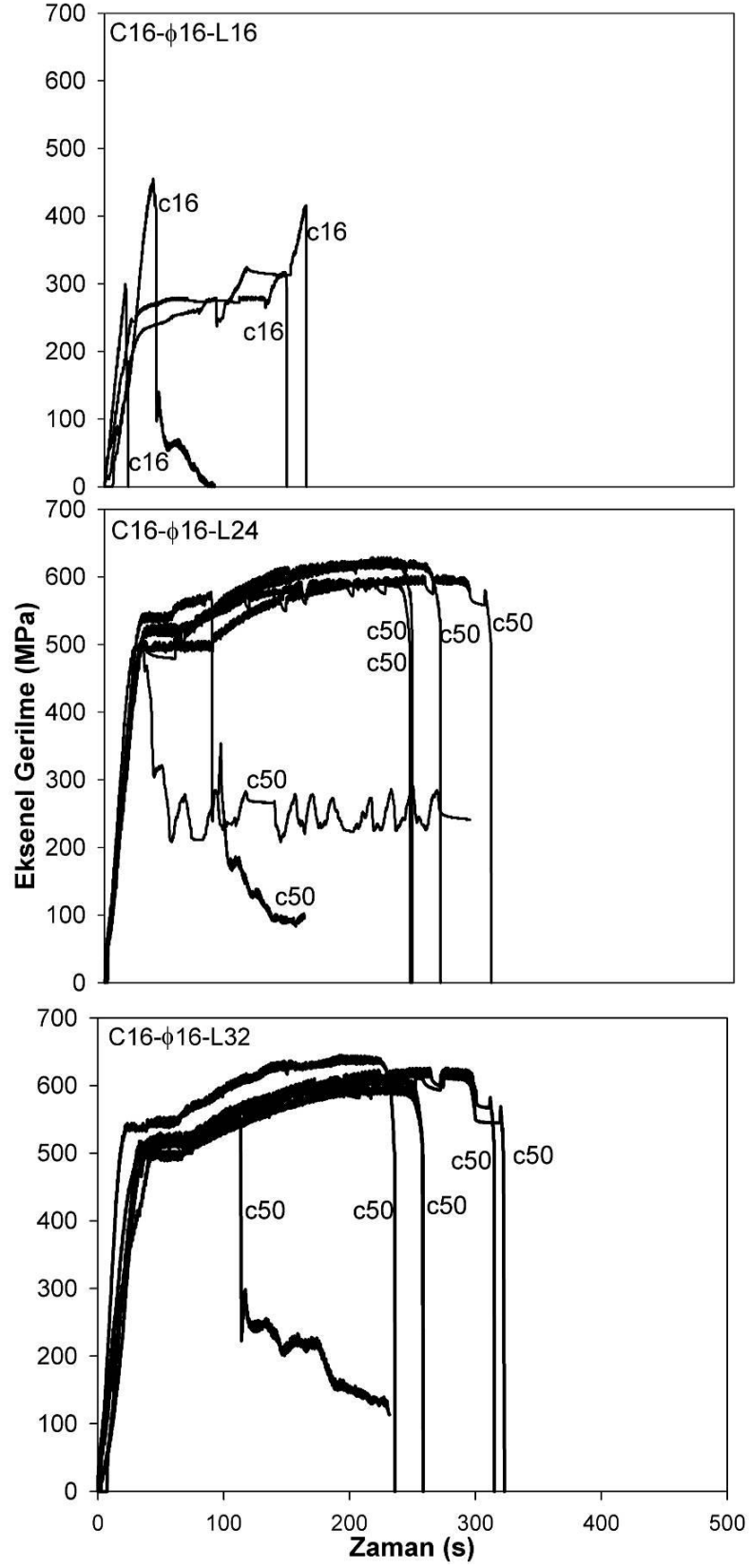
C16f20 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.17'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 200, 300 ve 400 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 200, 500 ve 500 mm'dir. Ancak 300 mm derinliğe ekilen ankrajlardan sadece 1 tanesi 300 mm serbest kenardan uzaklığa ekilmiştir.

C16f20L20c20 deney elemanlarının hiçbirisi donatının kontrol ettiği göçme biçimiyle kapasitesine ulaşmamıştır. Yapılan 3 deneyden tamamı donatının akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra sıyrılma ya da beton hasarı ile kapasitesini kaybetmiştir. Bu 3 ankrajdan sadece biri donatı pekleşmeye başladıktan sonra göçmüştür. C16f20L30c50 deney elemanları ile yapılan 4 adet çekme deneyinden tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür yani bir başka ifade ile donatı koptuğu anda ankraj nihai kapasitesine ulaşmıştır. C16f20L30c30 deney elemanı ile yapılan 1 adet çekme deneyinde ise donatı akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra sıyrılma ya da beton kontrolünde bir göçme gerçekleşmiştir

C16f20L40c50 deney elemanlarının aksel çekme deneylerinde 2 deneyden birinde donatı kopması sonucu taşıma kapasitesine ulaşıldığı gözlenmiştir. Yapılan deneylerden diğerinde ise akma sonrasında sıyrılma ve konik kopma birlikte görülmüştür. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.18'de verilmiştir.

C16 olarak isimlendirilen 17 MPa basınç dayanımına sahip betonarme elemanlara ekilmiş ankrajlarda beton sınıfının yüksek olmasına rağmen özellikle 10f gömülme derinliğine sahip ankrajlarda 12mm çaplılarda ise 15f gömülme derinliğine sahip ankrajlarda da konik kopma ve/veya sıyrılma biçiminde göçmeler görülmüştür.

10f derinliğe ekilmiş ve aynı zamanda kenar mesafeden da 10f uzaklıkta olan ankrajların tamamı yeterli kapasiteye ulaşmadan konik kopma, sıyrılma gibi ankraj çeliğinden bağımsız göçme modları ile nihai dayanıma ulaşmışlardır. Yani tasarım açısından 10f gömülme derinliği C16 sınıfı betonlarda da yeterli gelmemektedir.



Şekil 5.15 : C16 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Sıyırılma f16c16



Donatının kopması f16c50



Donatının kopması f16c50



Konik Kopma f16c50



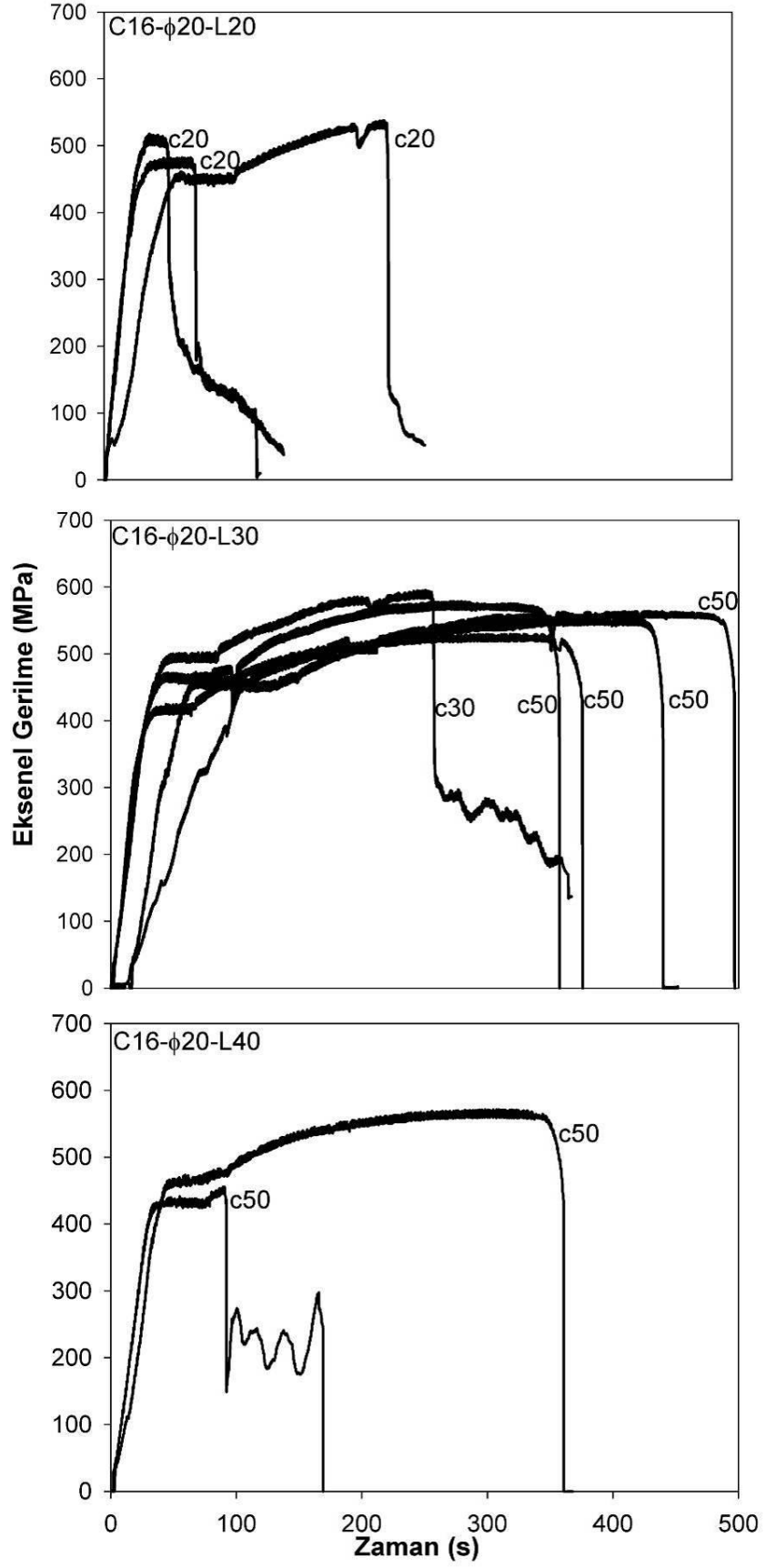
Betonun yarılması f16c16



Konik kopma ve sıyırılma f16c16

Şekil 5.16 : C16 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

16 mm ve 20 mm donatı çapındaki ankrajlarda da durum 12 mm ankrajlardakine yakındır. C5 betonuna benzer olarak C10 betonarme temele ekilen ankrajlar için de 15f gömülme derinliğinin tasarım gömülme derinliği için uygun olabileceği görülmekle beraber, 20f gömülme derinliğinin daha iyi sonuçlar verdiği grafiklerden anlaşılabilir.



Şekil 5.17 : C16 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Sıyırılma f20c50



Donatının kopması f20c30



Konik kopma f20c20



Betonun yarılması f20c20



Konik kopma f20c20



Donatının kopması f20c50

Şekil 5.18 : C16 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

C16 sınıfı betonlara ekilen ankrajlarda 20f gömülme derinliğine ekilmiş ankrajlara baktığımızda göçme mekanizmalarının kenardan uzaklıkla pek de alakası olmadığı sonucuna varılabilir çünkü ya aynı kenar mesafe ya da daha fazla kenar mesafeye sahip ankrajlarda da erken göçme modları oluşabildiği görülmektedir.

5.1.4 C20 Temele Ekilen Ankraj Deneyleri

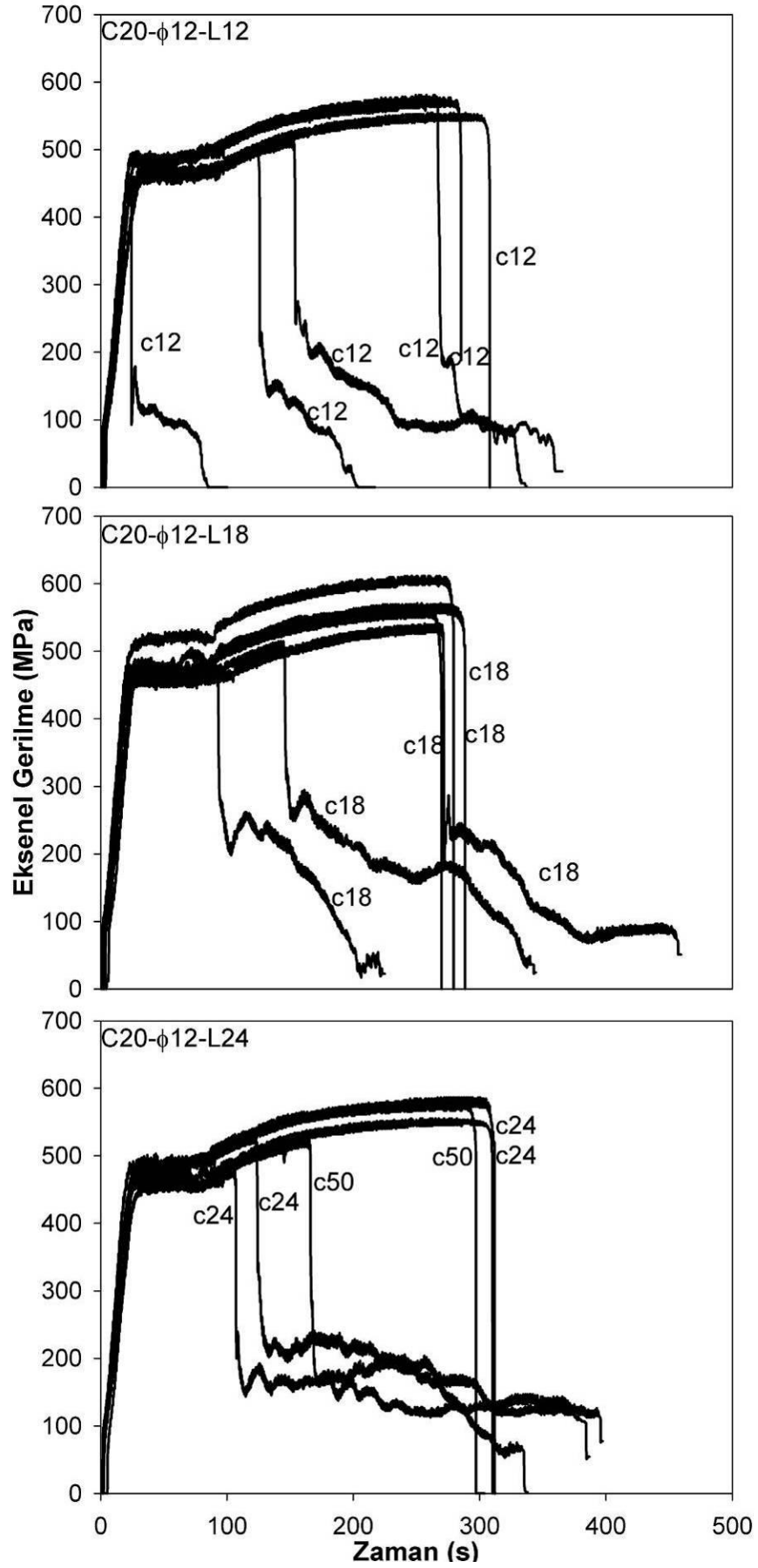
C20f12 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.19'da gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm'dir. Ancak 240 mm derinliğe ekilen ankrajlardan 2 tanesi 500 mm serbest kenardan uzaklığa ekilmiştir.

C20f12L12c12 deney elemanlarından sadece biri donatı akma dayanımına ulaşmadan göçerek kapasitesine ulaşmamıştır. Yapılan 6 deneyden üçü donatının akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra sıyırılma ya da beton hasarı ile kapasitesini kaybetmiştir. İki adet ankraj ise donatı kopması ile sonra göçmüştür.

C20f12L18c18 deney elemanları ile yapılan 6 adet çekme deneyinden üçü donatı kontrollü olarak göçmüştür yani bir başka ifade ile donatı koptuğu anda ankraj nihai kapasitesine ulaşmıştır. Diğer üçü ise akmaya başladıktan sonra, pekleşme esnasında sıyırılma ile ya da beton kaynaklı hasar ile göçmüştür.

C20f12L24c24 deney elemanı ile yapılan 4 adet çekme deneyinde ise ikisinde donatı akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra sıyırılma ya da beton kontrolünde bir göçme diğer ikisinde ise çelik çubuk kontrolünde gerçekleşmiştir. C20f12L24c50 deney elemanı ile yapılan 2 adet çekme deneyinden birinde donatı kopmuş diğerinde donatı pekleşirken beton kaynaklı bir hasar ya da sıyırılma meydana gelmiştir. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.20'de verilmiştir.

C20f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.21'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 240 ve 500 mm'dir. Ancak 240 mm derinliğe ekilen ankrajlardan 2 tanesi 500 mm serbest kenardan uzaklığa ekilmiştir. C20f16L16c16 deney elemanlarından iki tanesi donatı akma dayanımına ulaşmadan göçerek kapasitesine ulaşamamıştır. Yapılan 6 deneyden ikisi donatının akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra sıyırılma ya da beton hasarı ile kapasitesini kaybetmiştir. İki adet ankraj ise donatı kopması ile sonra göçmüştür. Fakat ankrajlardan birisinde donatıyı tutan çenenin bir süre yeterli yük alamaması ya da donatıdan sıyırılması sonrasında da tekrar donatıyı tutabilmesi sonucu deney grafiğinde ötelenerek çizilmiştir.



Şekil 5.19 : C20 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Sıyırılma f12c12



Donatının kopması f12c24



Sıyırılma f12c24



Sıyırılma f12c24



Sıyırılma f12c50



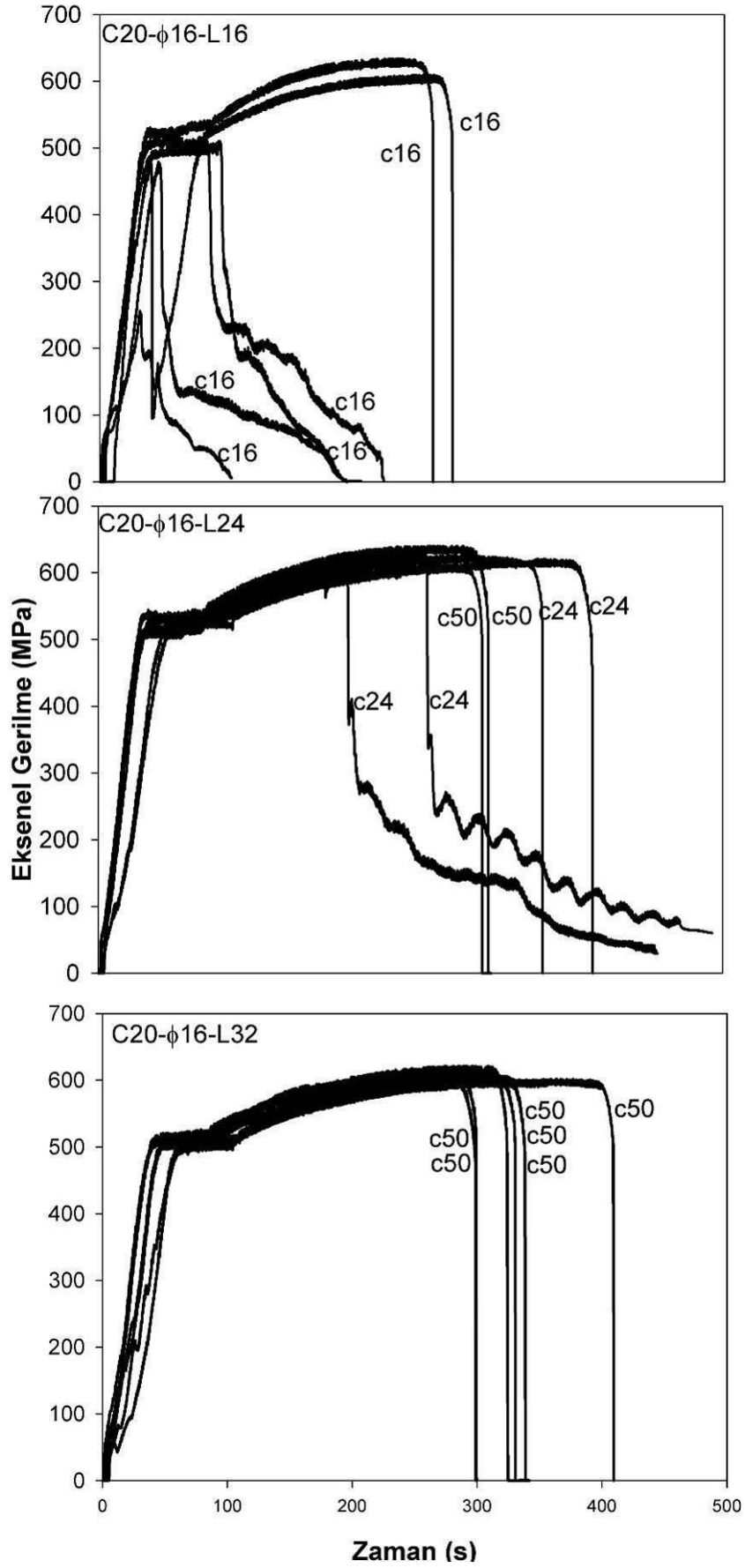
Donatının kopması f12c18

Şekil 5.20 : C20 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

C20f16L24c24 deney elemanları ile yapılan 4 adet çekme deneyinden ikisi donatı kontrollü olarak diğer ikisi sıyırılma ya da beton kontrollü olarak akmaya ulaştıktan sonra göçmüştür.

C20f16L24c50 deney elemanlarına ekilen 2 adet ankrajın ikisi de donatının kopması ile nihai dayanımına ulaşmıştır.

C20f12L32c50 deney elemanı ile yapılan 6 adet ankraj çekme deneyinde ise donatıların tamamı koparak nihai dayanıma ulaştığı gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.20’de verilmiştir.



Şekil 5.21 : C20 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Sıyırılma f16c16



Konik kopma ve sıyırılma f16c50



Sıyırılma f16c16



Konik kopma ve sıyırılma f16c16



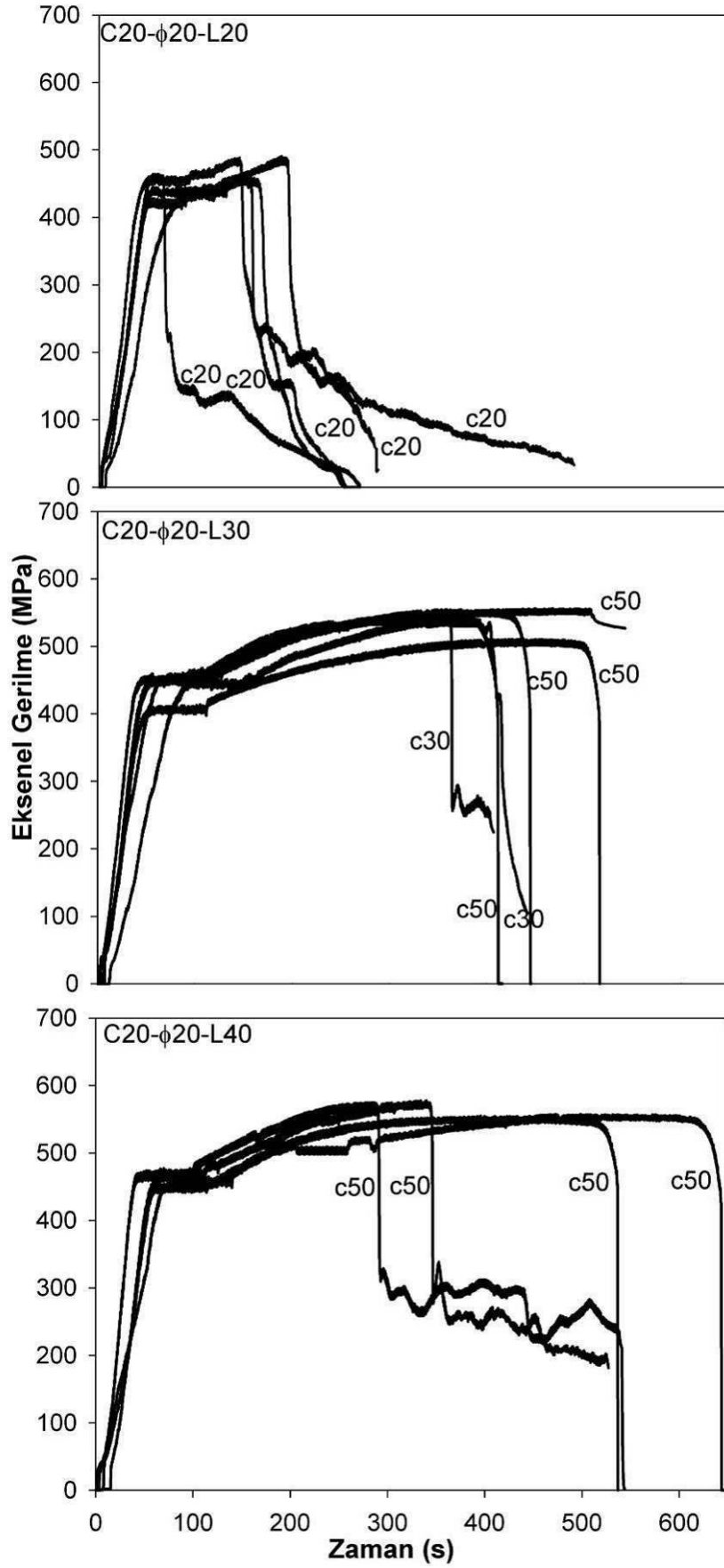
Sıyırılma f16c16



Donatının kopması f16c50

Şekil 5.22 : C20 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

C20f20 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.23'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 200, 300 ve 400 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 200, 500 ve 500 mm'dir. Ancak 300 mm derinliğe ekilen ankrajlardan 2 tanesi 300 mm serbest kenardan uzaklığa ekilmiştir. C20f20L20c20 deney elemanlarından 5 ankrajdan tamamı donatının akma dayanımına ulaştıktan bir süre sonra gevrek hasar ile kapasitesini kaybetmiştir. C20f20L30c50 deney elemanları ile yapılan 4 adet çekme deneyinden tamamı sünek şekilde göçmüştür. C20f20L30c30 deney elemanlarına ekilen 2 adet ankrajın tamamı donatı akma donatı akma dayanımına



Şekil 5.23 : C20 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Konik kopma f20c20



Betonun yarılması f20c20



Sıyırılma f20c40



Konik kopma ve sıyırılma f20c20



Konik kopma ve sıyırılma f20c20



Donatının kopması f20c50

Şekil 5.24 : C20 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

erişmiştir. Bu ankrajlardan birisi donatının kopması diğeri de donatı pekleşme esnasında nihai dayanımına ulaşmıştır.

C20f20L40c50 deney elemanı ile yapılan 4 adet ankraj çekme deneyinde ise donatıların ikisi koparak nihai dayanıma ulaştığı diğeri ikisinin ise aktıktan sonra sıyırılma ya da beton hasarı nedeni ile göçtüğü gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.24’de verilmiştir.

C20 olarak isimlendirilen 25 MPa ortalama basınç dayanımına sahip betonarme elemanlara ekilmiş ankrajlarda beton sınıfının yüksek olmasına rağmen neredeyse

tüm ankraj sınıflarında sıyrılma ya da konik kopma biçiminde yani çeliğin kopmasından önceki göçme durumları gözlenmiştir. Beton sınıfının yükselmesi ile 10fgömülme derinliğine sahip ankrajlardan daha düşük çaplı olan 12 ve 16 mm çaplı ankrajlarda 20 mm çaplı ankrajlara göre daha yüksek gerilme değerlerine ulaşılabilmiş ve daha makul göçme performansları izlenmiştir.

5.1.5 C25 Temele Ekilen Ankraj DeneYleri

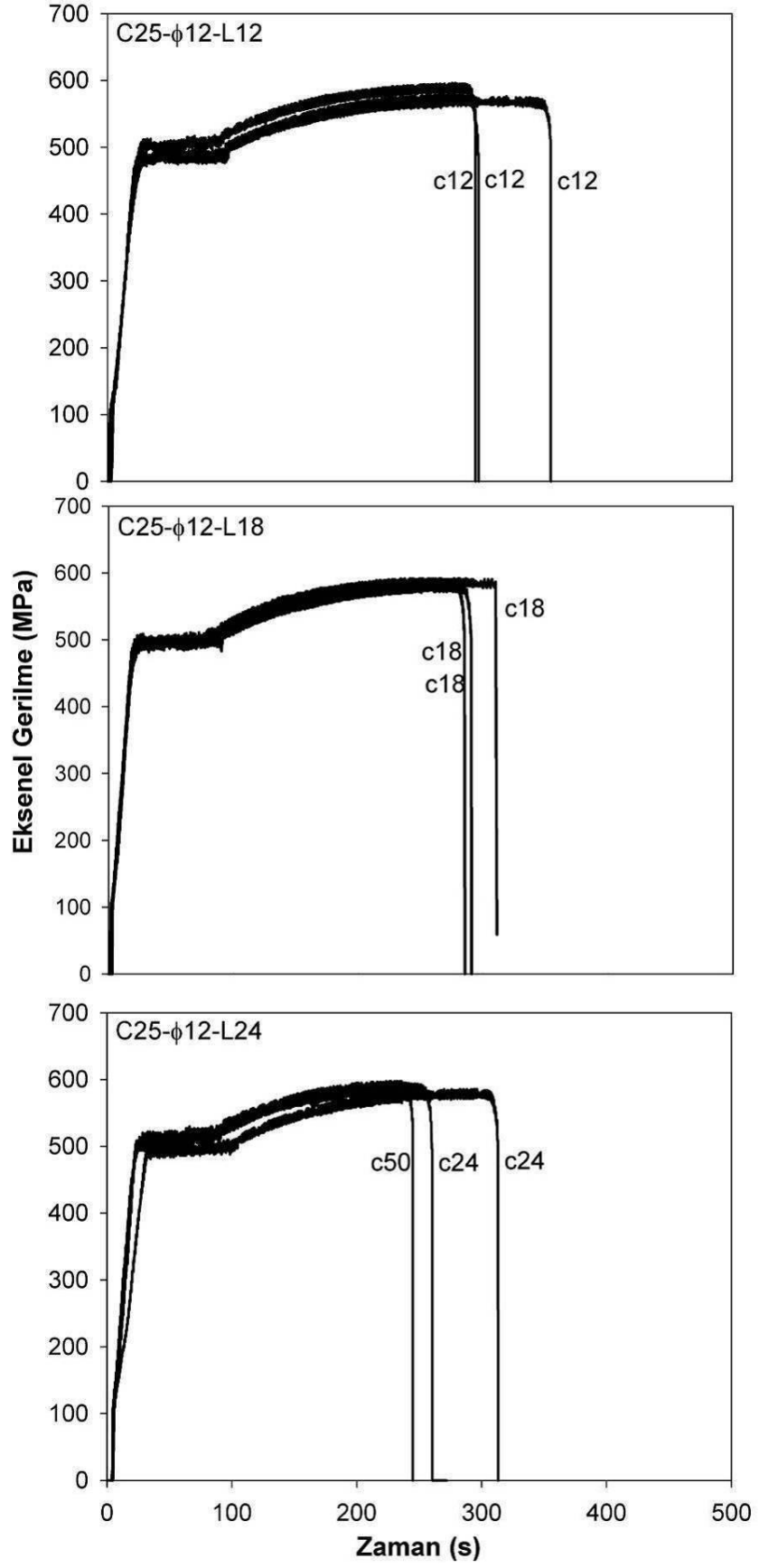
C25f12 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.25'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 120, 180 ve 240 mm'dir. Ancak 240 mm derinliğe ekilen ankrajlardan 1 tanesi 500 mm serbest kenardan uzaklığa ekilmiştir.

C25f12L12c12 deney elemanlarından 3 adet ankrajdan tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür. C25f12L18c18 deney elemanlarına ekilen 3 adet ankrajın tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür.

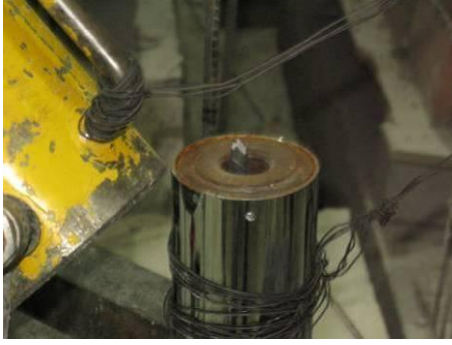
C25f12L24c24 deney elemanı ile yapılan 2 adet ankraj çekme deneyinde ise donatıların ikisi de koparak nihai dayanıma ulaştığı diğer C25f12L24c50 deney elemanı ile yapılan ankrajın ise donatı hasarı nedeni ile göçtüğü gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.26'da verilmiştir.

C25f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.28'de gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 500 ve 500 mm'dir. C25f16L16c16 deney elemanlarından 3 adet ankrajdan tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür. Fakat ankrajlardan birisinde donatıyı tutan çenenin bir süre yeterli yük alamaması ya da donatıdan sıyrılması sonucu deney grafiğinde ötelenerek çizilmiştir.

C25f16L24c50 deney elemanına ekilen 3 adet ankrajın tamamı donatı tarafından kontrol edilen mekanizma ile göçmüştür. C25f16L32c50 deney elemanına ekilen 3 adet ankraj da donatı tarafından kontrol edilen mekanizma ile göçmüştür. Yani göçme biçimi bakımından sünek davranış göstermişlerdir. Deney sonu görüntüleri Şekil 5.27'de verilmiştir.



Şekil 5.25 : C25 Temele Ekilen 12 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Donatının kopması f12c24



Donatının kopması f12c12



Donatının kopması f12c18



Donatının kopması f12c50

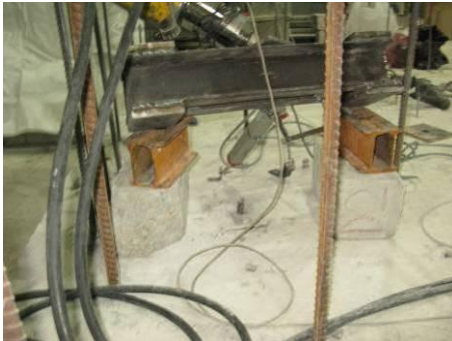
Şekil 5.26 : C25 Betona ekilen 12 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri



Donatının kopması f16c50



Donatının kopması f16c50

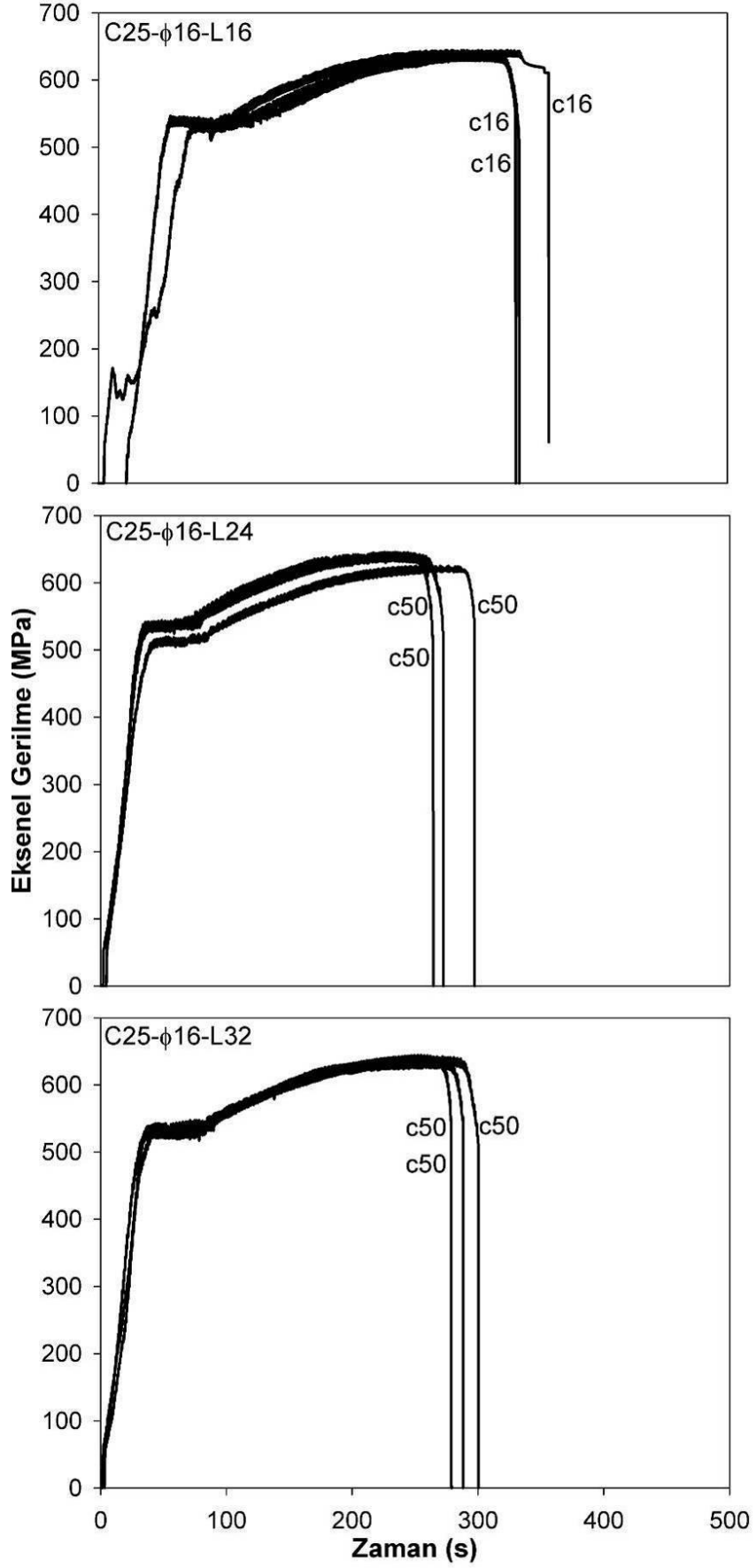


Donatının kopması f16c50



Donatının kopması f16c50

Şekil 5.27 : C25 Betona ekilen 16 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.28 : C25 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

C25f20 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri Şekil 5.30'da gösterilmiştir. Gömülme derinlikleri sırası ile 200, 300 ve 400 mm, ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 500 ve 500 mm'dir. Ancak, 300 mm derinliğe ekilen ankrajlardan biri 300 mm serbest kenar mesafesi ile ekilmiştir.

C25f20L20c20 deney elemanlarından 3 adet ankrajdan tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür. C25f20L30c50 ve C25f20L30c30 deney elemanlarına ekilen ankrajların tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür. C25f20L40c50 deney elemanlarına ekilen 2 adet ankrajın tamamı donatı kontrollü olarak göçmüştür. Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.29'da verilmiştir.



Donatının kopması f20c20



Donatının kopması f20c20



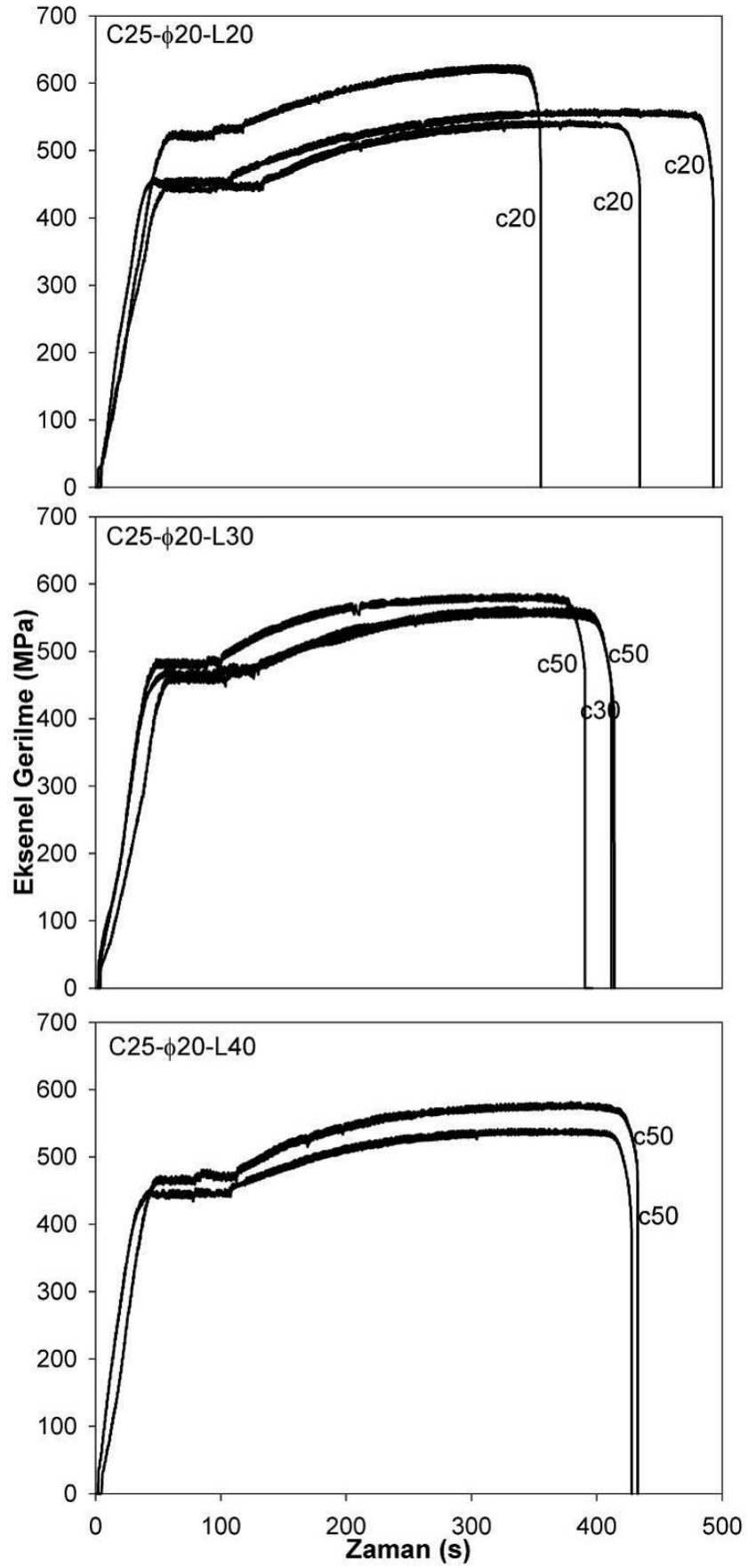
Donatının kopması f20c20



Donatının kopması f20c40

Şekil 5.29 : C25 Betona ekilen 20 mm S420a ankrajların deney sonu görüntüleri

C25 olarak isimlendirilen 35,6 MPa ortalama basınç dayanımına sahip ülkemiz için ankraj kullanımı gerektirse bile yüksek sayılabilecek bir beton sınıfına sahip numunelerde ekilen ankrajların tamamı ankraj tasarımcısı açısından en olumlu sonuçlar doğurabilecek veriler vermiştir. Tamamı çelik tarafından belirlenen göçme modu ile göçmüştür ki tasarımcı mühendisin istediği de budur.



Şekil 5.30 : C25 Temele Ekilen 20 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

Çelik tarafından göçen ankrajlar yeteri kadar sünek davranış sergilemektedir ve bu şekildeki ankrajlar tam verimle çalışmaktadırlar ve mühendise tasarım kolaylığı da sağlamaktadır.

5.2 S420b Gevrek Ankraj Donatıları ile Yapılan Deneyler

S420b 8 ve 16 mm çaplı donatılarla yapılan ankraj çalışmaları bu bölümde ele alınacaktır.

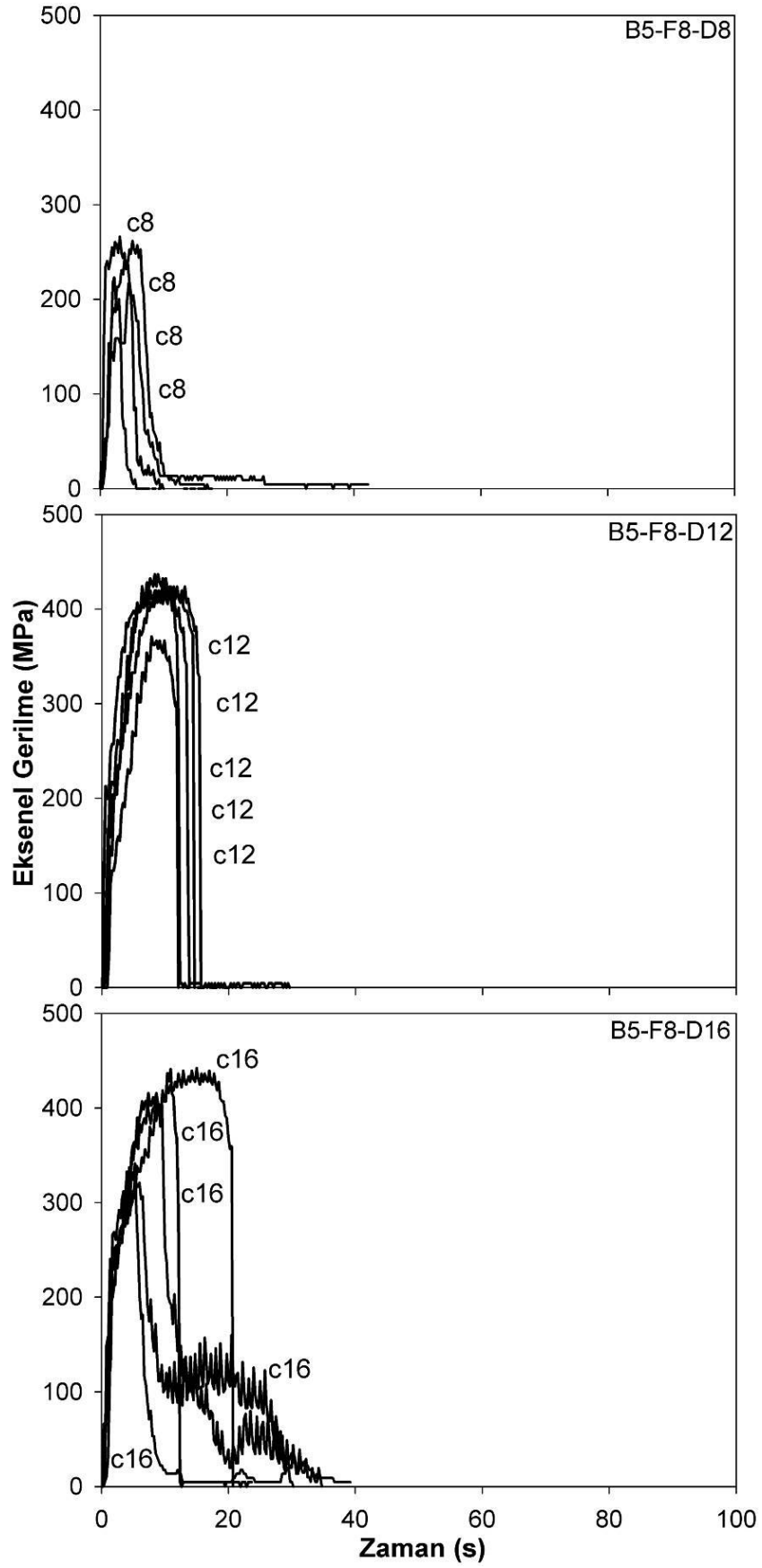
C5, 10, 16, 20, 25 grubu betonarme temellere ekilmiş S420b donatı sınıfına ait ankrajların aksenal çekme deneylerine göre derinlikle değişken gerilme-zaman grafikleri ve deney sonucunda oluşan hasar biçimlerinin görülebildiği resimler bu bölümde verilmiştir. Aynı donatı sınıfına ait ankrajların donatı çapının 10, 15 ve 20 katı derinliklerde gösterdiği gerilme değerleri grafik halinde verilmiştir.

Şekil 5.31'de B5f8 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 80, 120 ve 160 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 80, 120 ve 160 mm'dir. B5f8L8c8 grubu 4 adet deney elemanından tümü konik kopma ve/veya sıyrılma biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır yani göçme modu beton tarafından kontrol edilmiştir. Yapılan 4 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 220-267 MPa aralığında değişmektedir.

B5f8L12c12 grubu başarıyla tamamlanan 5 adet deney elemanının tamamı donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve nihai gerilme değerleri 370-438 MPa aralığında kalmıştır.

B5f8L16c16 grubu 5 adet deney elemanının 2 adeti donatının kopması biçimi göçmeyle, 2 adeti sıyrılma biçimi göçme ve 1 tanesi konik kopma ve sıyrılmanın bir arada görüldüğü göçme biçimi ile nihai yüke ulaşmıştır ve nihai gerilme değerleri 324-450 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyler sonucunda B5f8 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.32'de verilmiştir. Şekil 5.34'de B5f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 160, 240 ve 320 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm'dir.



Şekil 5.31 : B5 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Konik kopma ve sıyırılma f8c8



Betonun yarılması f8c8



Konik kopma ve sıyırılma f8c12



Donatının kopması f8c12



Donatının kopması f8c16



Konik kopma ve sıyırılma f8c16

Şekil 5.32 : B5 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri

B5f16L16c16 grubu 2 adet deney elemanından ikisi de konik kopma biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır yani göçme modu beton tarafından kontrol edilmiştir. Yapılan 2 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 281-324 MPa aralığında değişmektedir. B5f16L24c24 grubu 4 adet deney elemanının 3 adedi donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır 1 adedi ise konik kopma ve sıyırılmanın birlikte olduğu durum ile göçmeye ulaşmıştır ve bu elemanların nihai

gerilme değerleri 292-441 MPa aralığındadır. B5f16L32c32 grubu 3 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 413-455 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyler sonucunda ankraj hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.33’de verilmiştir.



Konik kopma f16c16



Konik kopma f16c16



Konik kopma f16c24



Donatının kopması f16c24

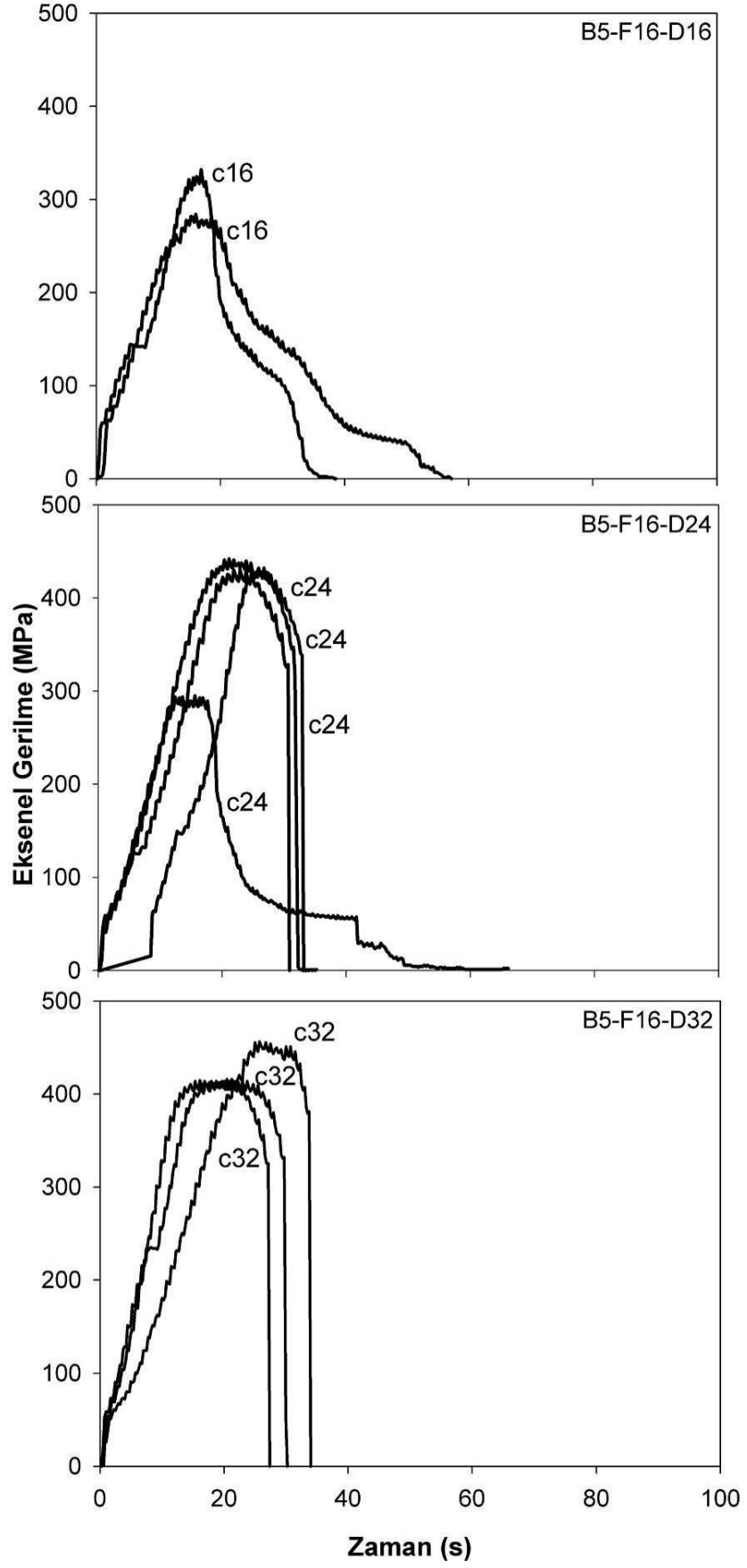


Donatının kopması f16c32



Donatının kopması f16c32

Şekil 5.33 : B5 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.34 : B5 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

Şekil 5.35’de B10f8 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 80, 120 ve 160 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 80, 120 ve 160 mm’dir. B10f8L8c8 grubu 4 adet deney elemanından ikisi konik kopma ve sıyrılma diğer ikisi ise donatının kopması biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır. Yapılan 4 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 319-436 MPa aralığında değişmektedir. B10f8L12c12 grubu 6 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 378-475 MPa aralığındadır.

B10f8L16c16 grubu 6 adet deney elemanının 4 tanesi donatının kopması biçiminde göçmeyle, 2 tanesi ise konik kopma ve sıyrılmanın bir arada görüldüğü göçme biçimi ile nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 261-462 MPa aralığında değişmektedir.

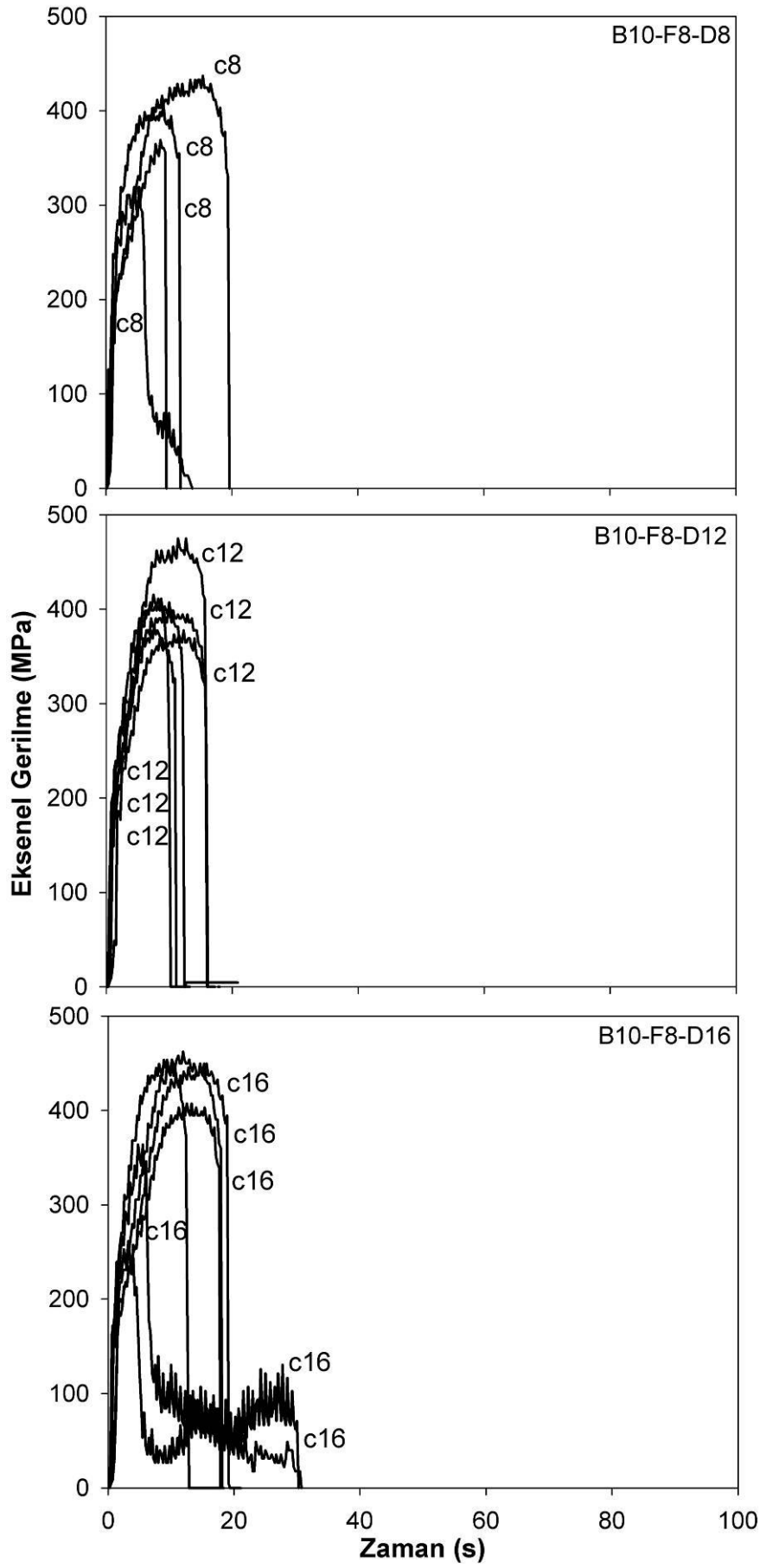
Deneyle sonucunda B10f8 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.36’da verilmiştir.

Şekil 5.37’de B10f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 160, 240 ve 320 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm’dir. B10f16L16c16 grubu 6 adet deney elemanından 4 adeti konik kopma ve sıyrılma diğer ikisi ise donatının kopması biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır. Yapılan 6 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 398-433 MPa aralığında değişmektedir.

B10f16L24c24 grubu 3 adet deney elemanının 2 tanesi donatının kopması, diğeri ise konik kopma ve sıyrılma biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 409-441 MPa aralığındadır.

B10f16L32c32 grubu 4 adet deney elemanının 3 tanesi donatının kopması biçiminde göçmeyle, 1 tanesi ise konik kopma ve sıyrılmanın bir arada görüldüğü göçme biçimi ile nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 409-495 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyle sonucunda B10f16 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.38’de verilmiştir.



Şekil 5.35 : B10 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Konik kopma ve sıyırılma f8c8



Donatının kopması f8c8



Donatının kopması f8c12



Donatının kopması f8c12



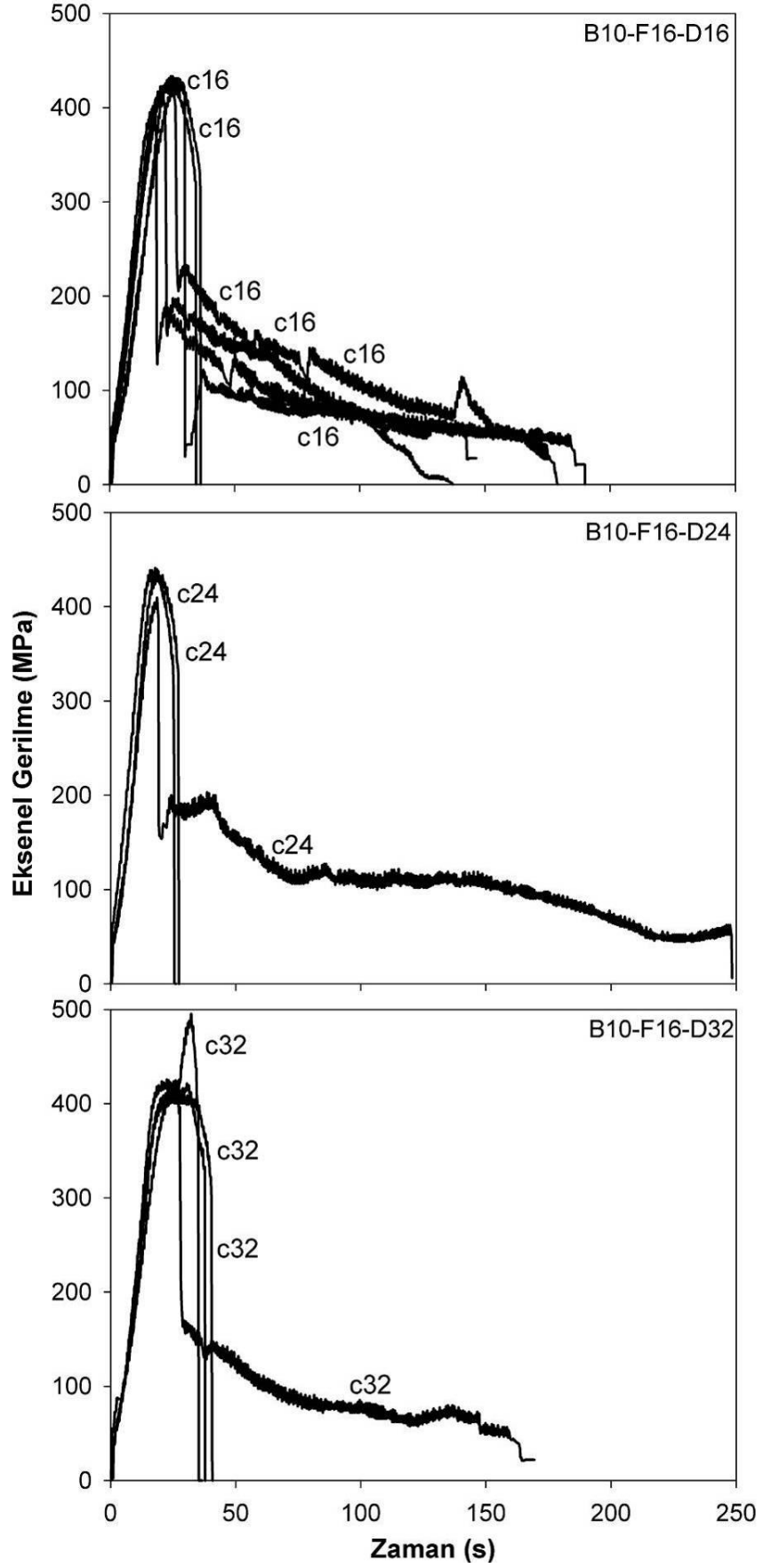
Sıyırılma f8c16



Sıyırılma f8c16

Şekil 5.36 : B10 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri

Şekil 5.39'da B16f8 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 80, 120 ve 160 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 80, 120 ve 160 mm'dir. B16f8L8c8 grubu 6 adet deney elemanından 1 adedi konik kopma, 2 adedi konik kopma ve sıyırılma, 3 adedi donatının kopması biçimde hasar sonucu göçmeye uğramıştır. Yapılan 6 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 201-440 MPa aralığında değişmektedir.



Şekil 5.37 : B10 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Konik kopma ve sıyırılma f16c16



Konik kopma ve sıyırılma f16c16



Konik kopma ve sıyırılma f16c24



Donatının kopması f16c24



Konik kopma ve sıyırılma f16c32



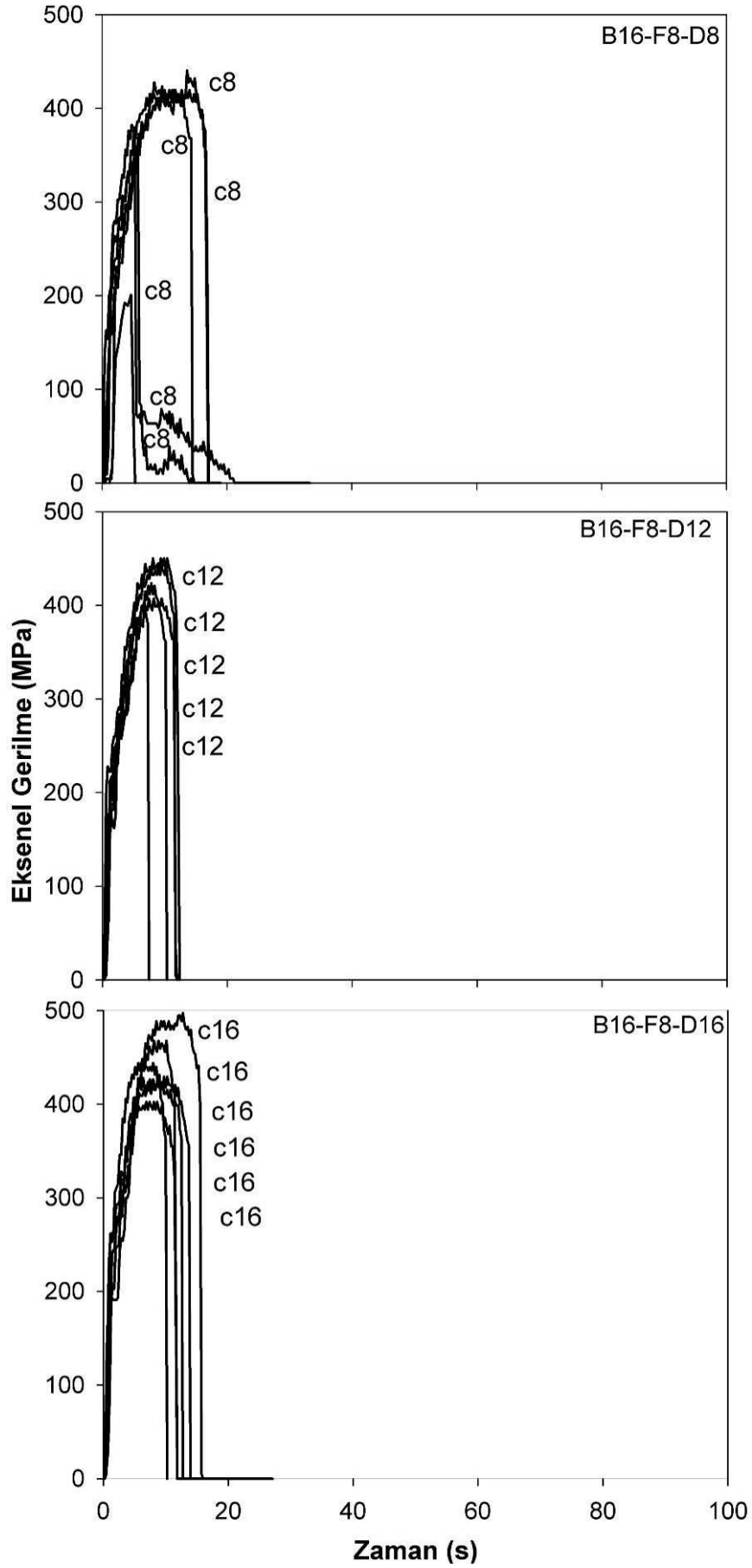
Donatının kopması f16c32

Şekil 5.38 : B10 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri

B16f8L12c12 grubu 5 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 402-450 MPa aralığındadır.

B16f8L16c16 grubu 6 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 402-498 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyle sonucunda B16f8 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.40'da verilmiştir.



Şekil 5.39 : B16 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları



Konik kopma f8c8



Konik kopma ve sıyrılma f8c8



Donatının kopması f8c12



Donatının kopması f8c12



Donatının kopması f8c16



Donatının kopması f8c16

Şekil 5.40 : B16 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri

Şekil 5.42'de B16f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 160, 240 ve 320 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm'dir. B16f16L16c16 grubu 6 adet deney elemanından 2 adedi konik kopma ve sıyrılma, 4 adedi donatının kopması biçimde hasar sonucu göçmeye uğramıştır. Yapılan 6 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 424-454 MPa aralığında değişmektedir. B16f16L24c24 grubu 3 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 433-442 MPa aralığındadır. B16f16L32c32 grubu 4 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai

yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 430-447 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyle sonuçunda B16f16 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.41'de verilmiştir.



Konik kopma ve sıyrılma f16c16



Konik kopma ve sıyrılma f16c16



Donatının kopması f16c24



Donatının kopması f16c24

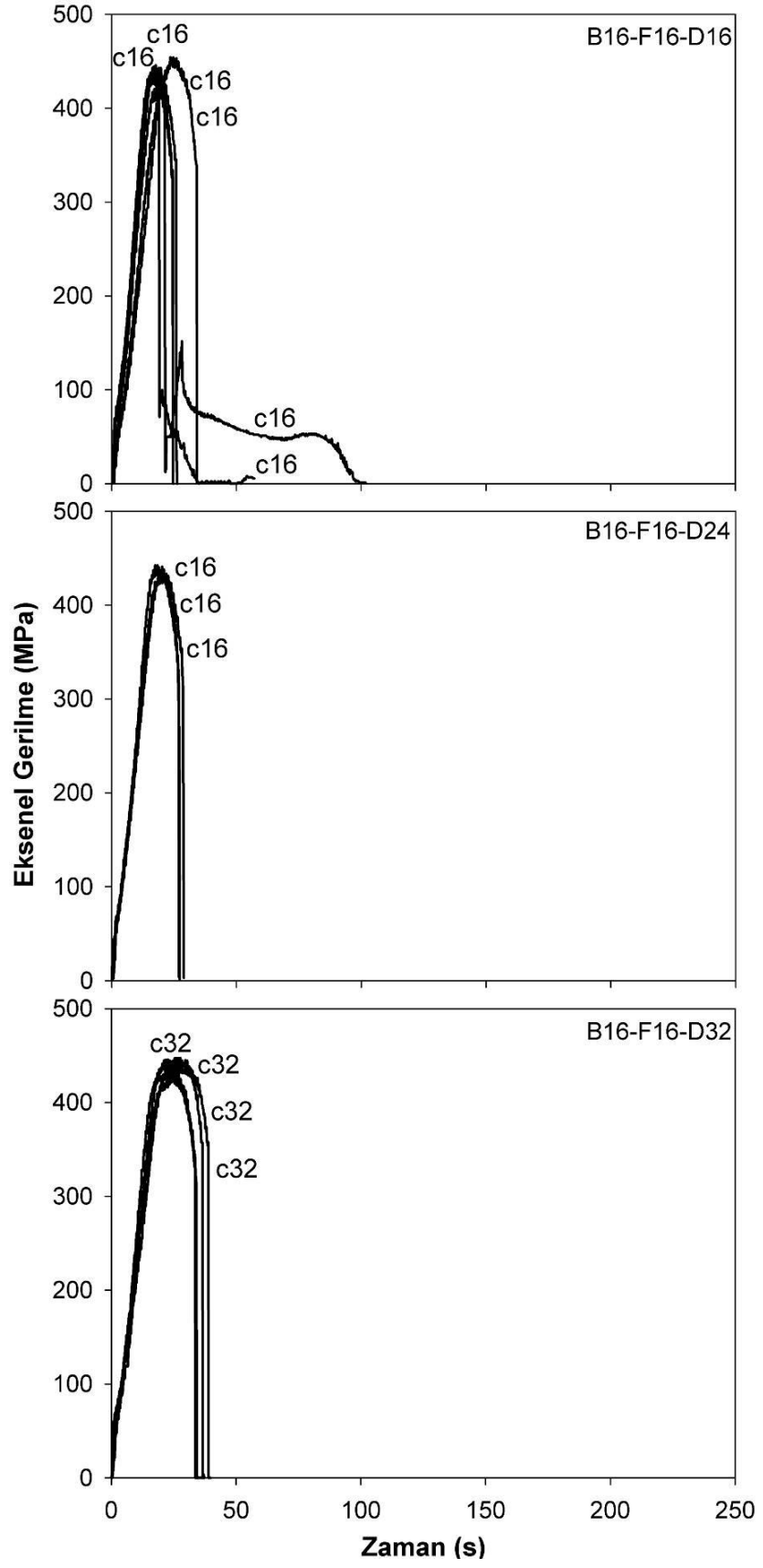


Donatının kopması f16c32



Donatının kopması f16c32

Şekil 5.41 : B16 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.42 : B16 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

Şekil 5.44'de B20f8 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 80, 120 ve 160 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 80, 120 ve 160 mm'dir. B20f8L8c8 grubu 4 adet deney elemanından 2 adedi sıyrılma, 2 adedi donatının kopması biçimde hasar sonucu göçmeye uğramıştır. Yapılan 4 deneyde ulaşılan nihai gerilme değerleri 275-420 MPa aralığında değişmektedir.

B20f8L12c12 grubu 6 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 399-445 MPa aralığındadır.

B20f8L16c16 grubu 6 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 365-454 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyle sonucunda B20f8 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.43'de verilmiştir.



Sıyrılma f8c8



Sıyrılma f8c8

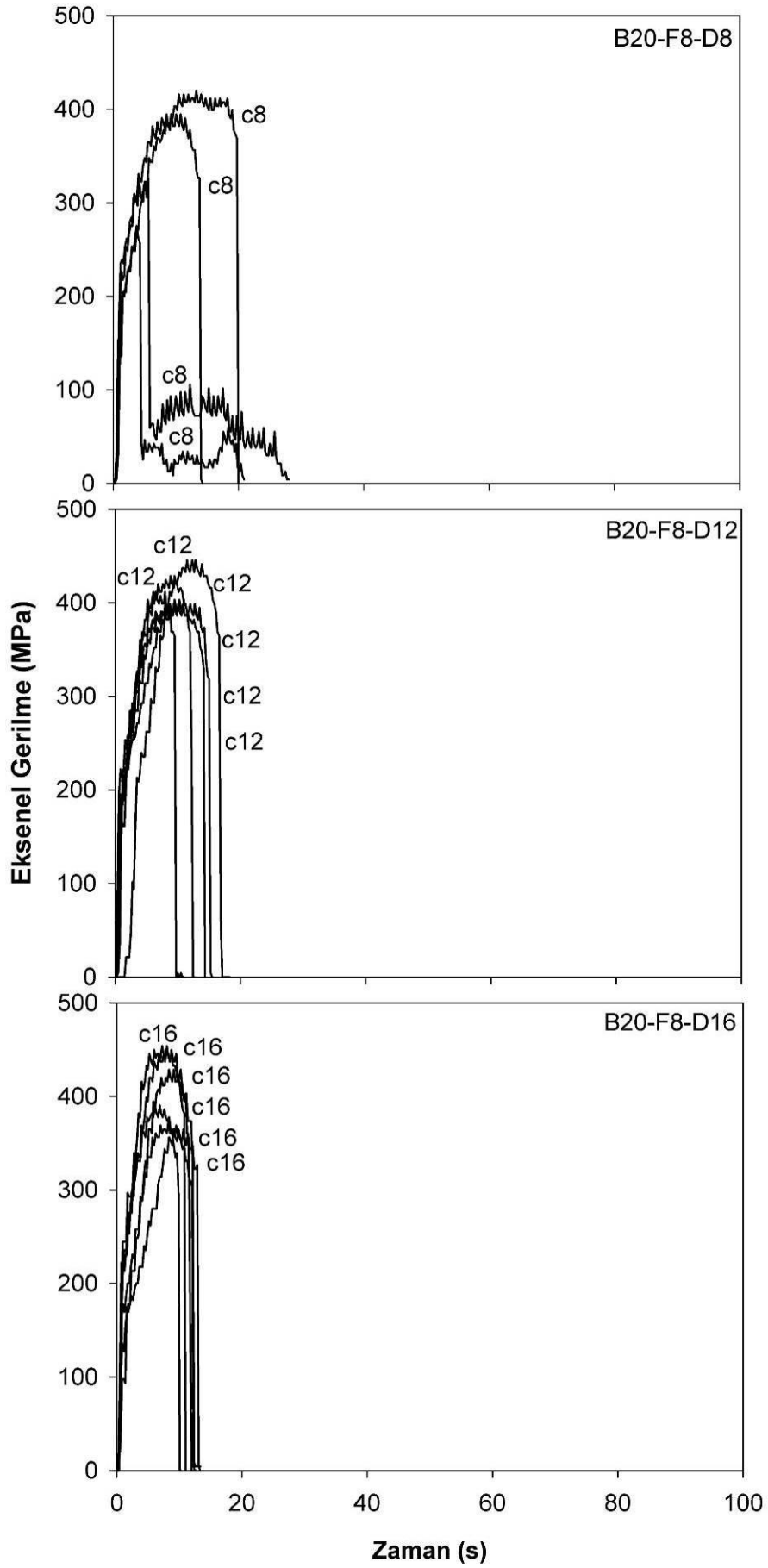


Donatının kopması f8c12



Donatının kopması f8c16

Şekil 5.43 : B20 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.44 : B20 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

Şekil 5.46'da B20f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 160, 240 ve 320 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm'dir.

B20f16L16c16 grubu 6 adet deney elemanından tümü donatının kopması biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır ve nihai gerilme değerleri 416-468 MPa aralığında değişmektedir.

B20f16L24c24 grubu 3 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçimi göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 417-450 MPa aralığındadır.

B20f16L32c32 grubu 5 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 413-436 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyle sonuçunda B20f16 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.45'de verilmiştir.



Donatının kopması f16c16



Donatının kopması f16c16

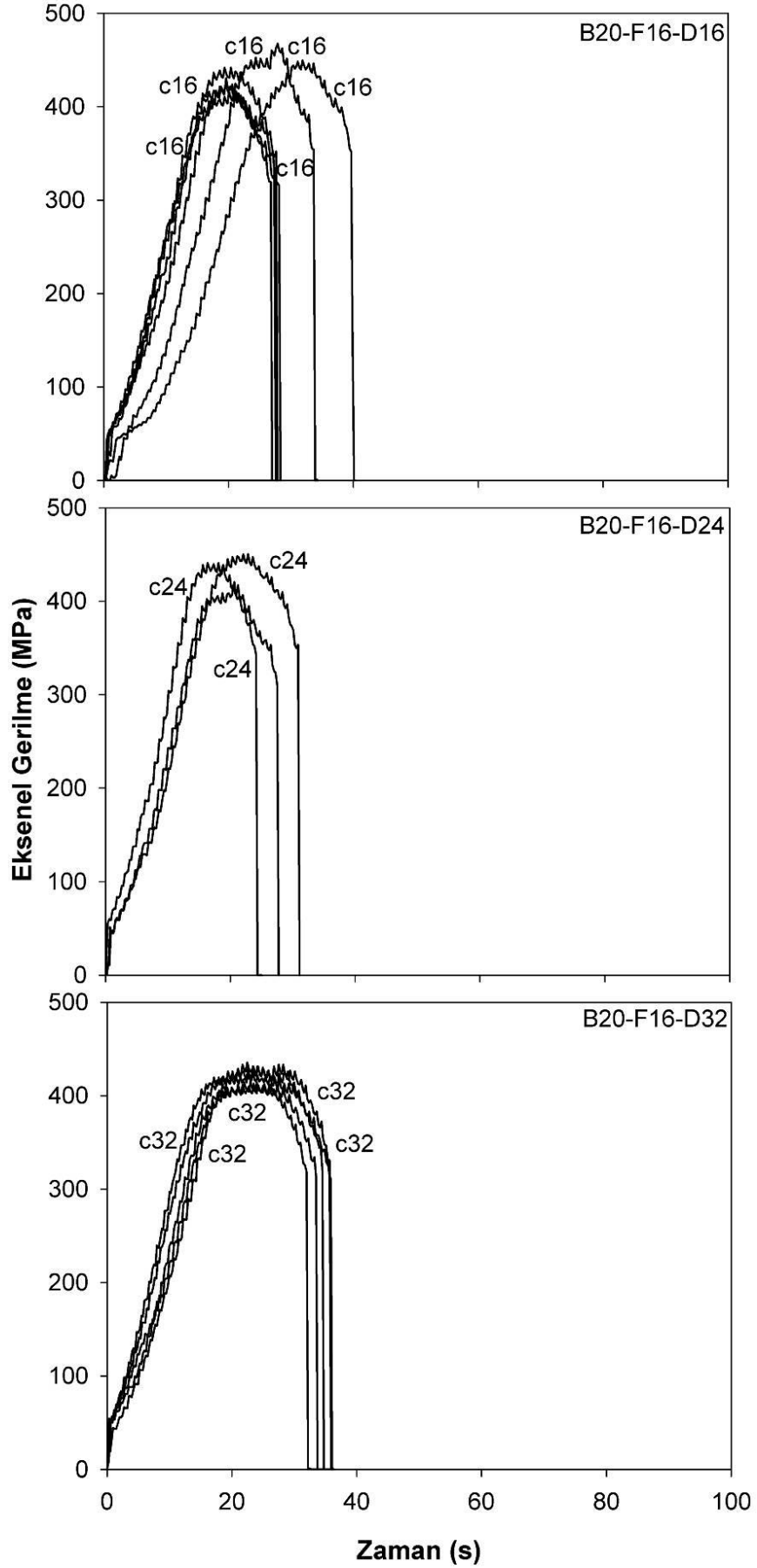


Donatının kopması f16c24



Donatının kopması f16c32

Şekil 5.45 : B20 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.46 : B20 Temele Ekilen 16 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

Şekil 5.48'de B25f8 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 80, 120 ve 160 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 80, 120 ve 160 mm'dir. B25f8L8c8 grubu 2 adet deney elemanından 1 adedi donatının kopması, diğeri ise sıyrılma biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır ve nihai gerilme değerleri 383-416 MPa aralığında değişmektedir.

B25f8L12c12 grubu 3 adet deney elemanının 2 adedi donatının kopması, 1 adedi ise sıyrılma biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 419-481 MPa aralığındadır.

B25f8L16c16 grubu 3 adet deney elemanının 1 adedi donatının kopması, 2 adedi ise sıyrılma biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 444-454 MPa aralığında değişmektedir.

Deneyler sonucunda B25f8 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.47'de verilmiştir.



Konik kopma ve sıyrılma f8c8



Sıyrılma f8c12

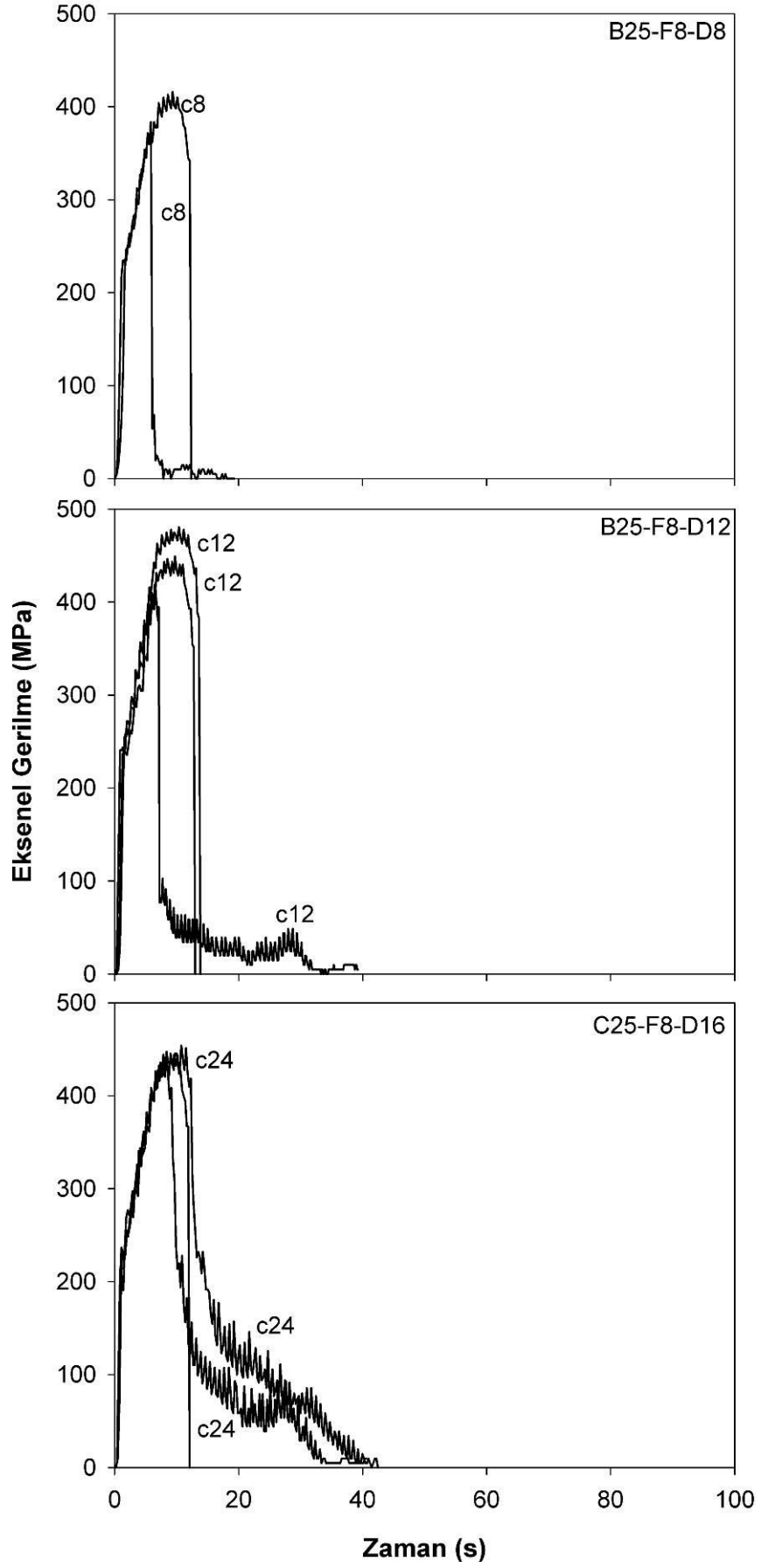


Sıyrılma f8c16



Sıyrılma f8c16

Şekil 5.47 : B25 Betona ekilen, f8, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.48 : B25 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

Şekil 5.50’de B25f16 ankraj elemanlarına ait tüm deney grafikleri gösterilmiştir. Gömülme derinliğinin 160, 240 ve 320 mm olduğu durumlarda ankraj kenar mesafeleri sırası ile 160, 240 ve 320 mm’dir.

B25f16L16c16 grubu 3 adet deney elemanından tümü sıyrılma biçiminde hasar sonucu göçmeye uğramıştır ve nihai gerilme değerleri 398-425 MPa aralığında değişmektedir.

B25f16L24c24 grubu 2 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve bu elemanların nihai gerilme değerleri 436 ve 440 MPa’dır.

B25f16L32c32 grubu 2 adet deney elemanının tümü donatının kopması biçiminde göçmeyle nihai yüke ulaşmıştır ve ankrajların nihai gerilme değerleri 459 ve 466 MPa olarak ölçülmüştür.

Deneyle sonucunda B25f16 grubu ankrajların hasar biçimlerinin olduğu resimler Şekil 5.49’da verilmiştir.



Sıyrılma f16c16



Sıyrılma f16c16

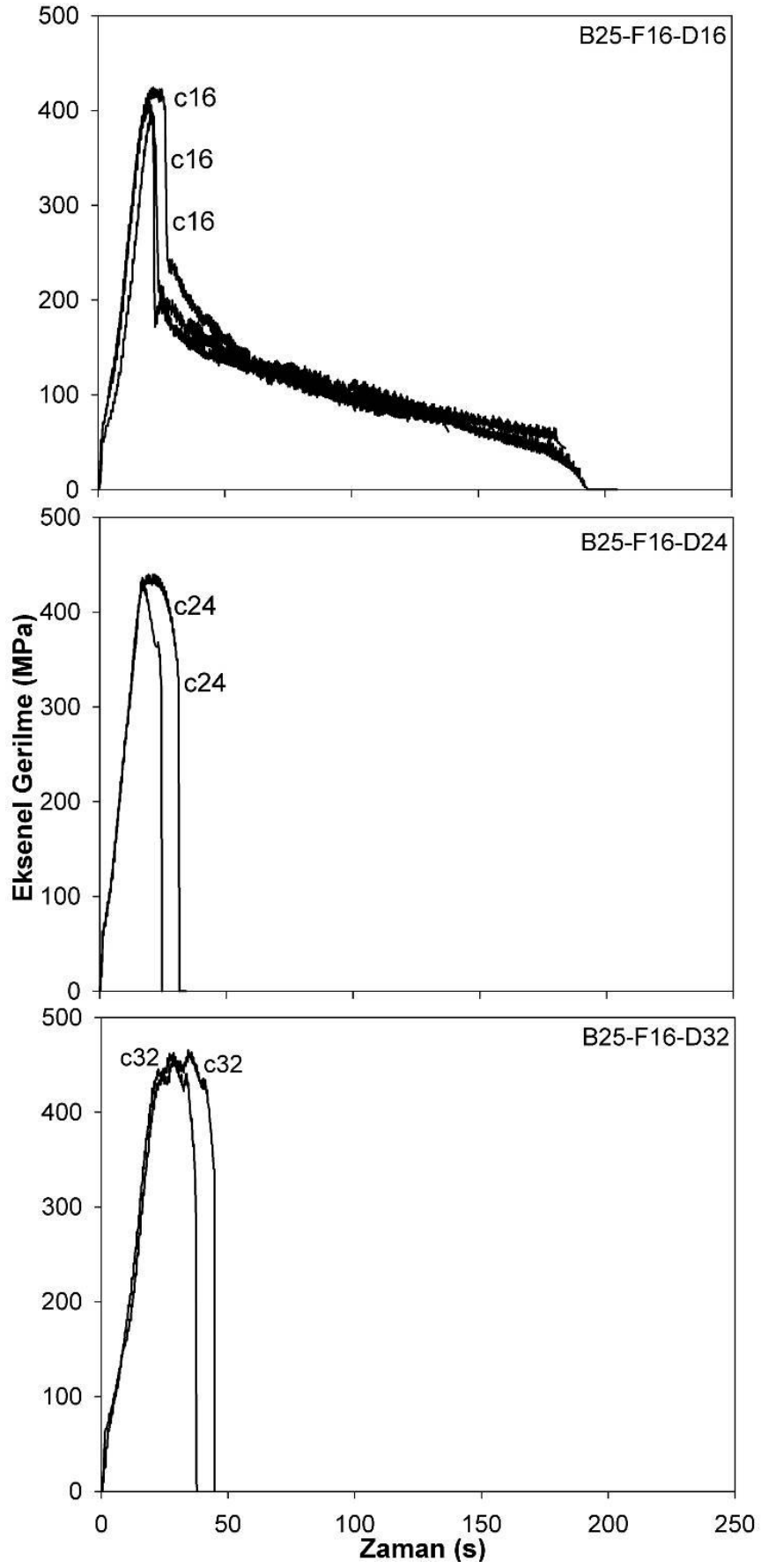


Donatının Kopması f16c24



Donatının Kopması f16c32

Şekil 5.49 : B25 Betona ekilen, f16, S420b ankrajların deney sonu görüntüleri



Şekil 5.50 : B5 Temele Ekilen 8 mm çaplı donatılar için deney sonuçları

5.3 Kenar Mesafesinin Ankraj Dayanımına Etkisi

Bu bölümde deneyi yapılan S420a 12, 16 ve 20 mm çaplı ankrajların ve S420b 8 ve 16 mm çaplı ankrajların aksenal gerilme ile kenar mesafesi oranı (KMO) değişimi verilmiştir.

5.3.1 S420a Ankraj Çubuklarında Kenar Mesafesi Dayanım İlişkisi

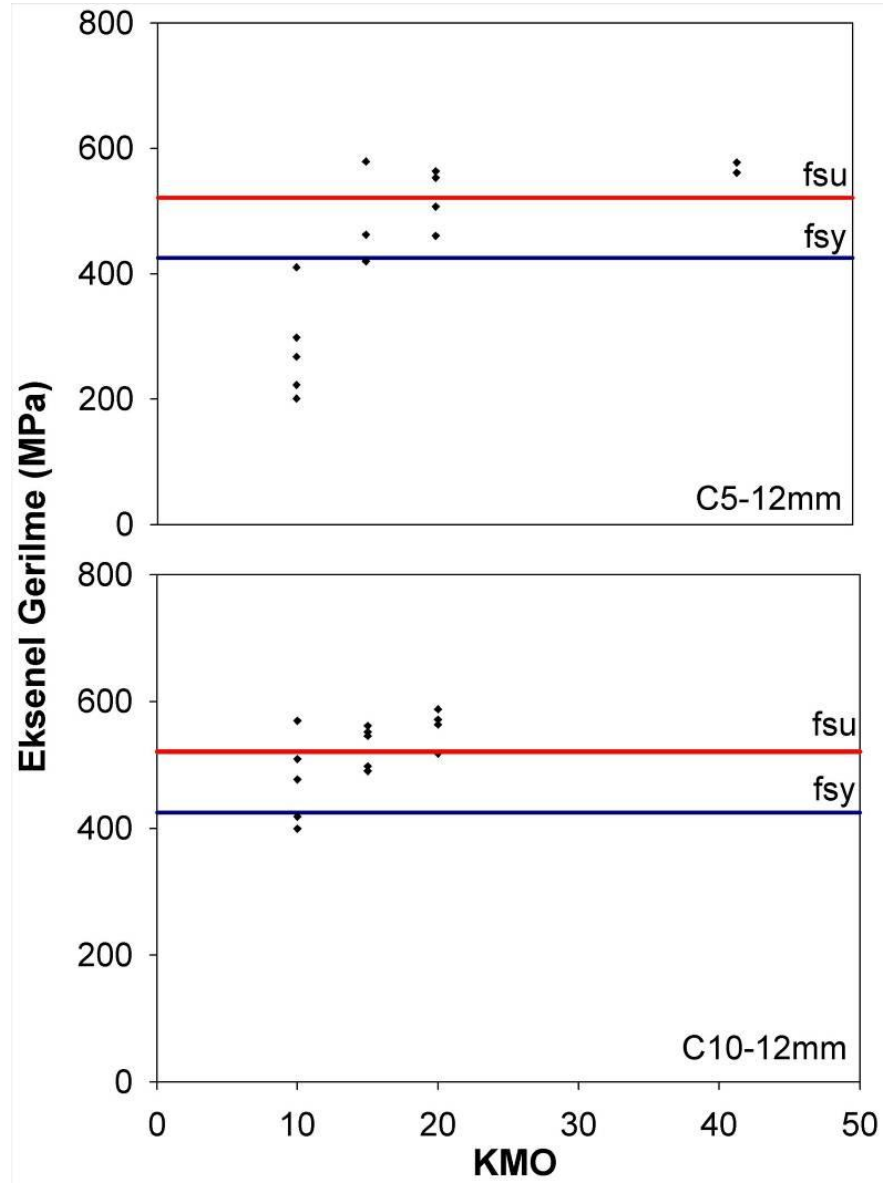
Bu bölümde deneyi yapılan 12, 16 ve 20 mm ankrajların aksenal gerilme ile kenar mesafesi oranı (KMO) değişimi verilmiştir.

Şekil 5.51-52'de 12 mm çaplı donatılar için kenar mesafesi değişimi ile ankraj dayanımında meydana gelen değişimler gösterilmiştir.

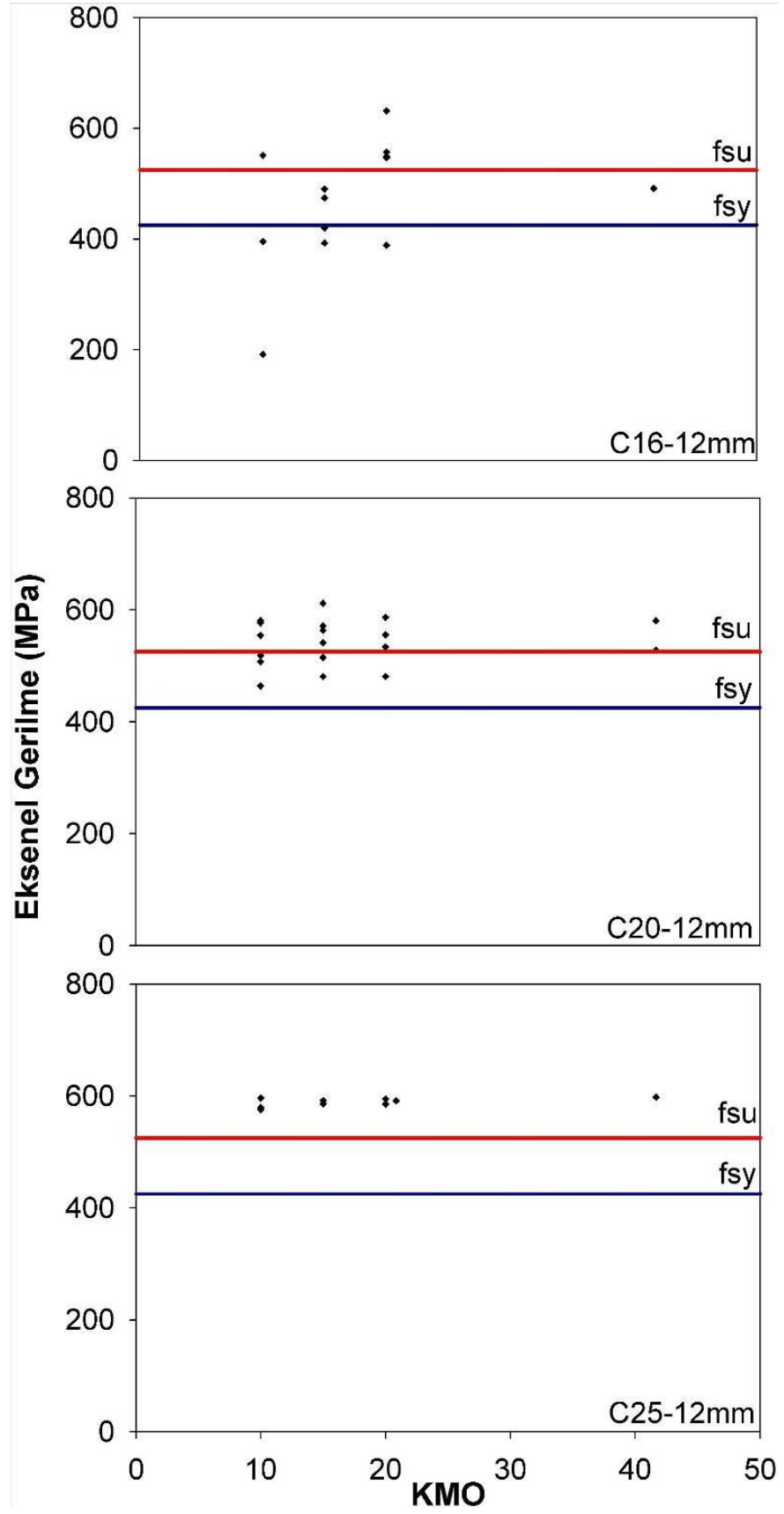
Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanımları değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir. Bu sonuçlara göre, KMO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları C5, C10 ve C16 betonlarda gözlenmiştir. C20 ve C25 grubu betonlarda ise KMO değeri 10'a düştüğünde bile donatı akma dayanımının aşılabildiği görülmektedir. C5, C10 ve C16 grubunda ise deney elemanlarının büyük bölümü KMO değeri 15 ve üzerinde olduğunda donatı akma dayanımına erişebilmektedirler.

Şekil 5.53-54'de 16 mm çaplı donatılar için kenar mesafesi değişimi ile ankraj dayanımında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanımları değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir. Bu sonuçlara göre KMO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları C5, C10 ve C16 betonlarda gözlenmiştir.

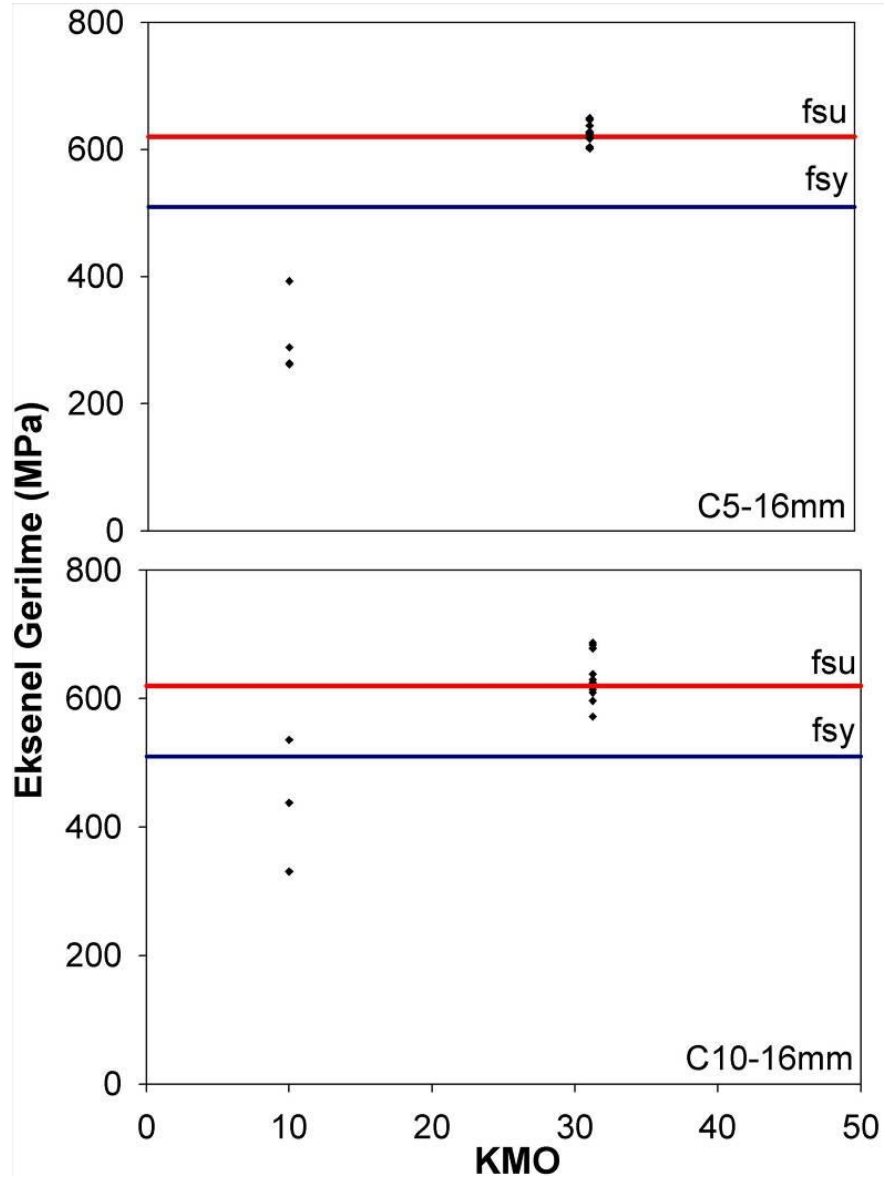
C20 ve C25 grubu betonlarda KMO değeri 10'a düştüğünde donatı akma dayanımının aşılabildiği görülmektedir. C20 grubu betonlardaki 1 adet ankraj istisna olarak bu durumu bozmaktadır. C5, C10 ve C16 grubunda ise deney elemanlarının büyük bölümü KMO değeri 15 ve üzerinde olduğunda donatı akma dayanımına erişebilmektedirler. C20 ve C25 grubu betonlara ekilen ankrajlarda deney elemanlarının büyük bölümü donatı kopma dayanımına erişebilmektedir.



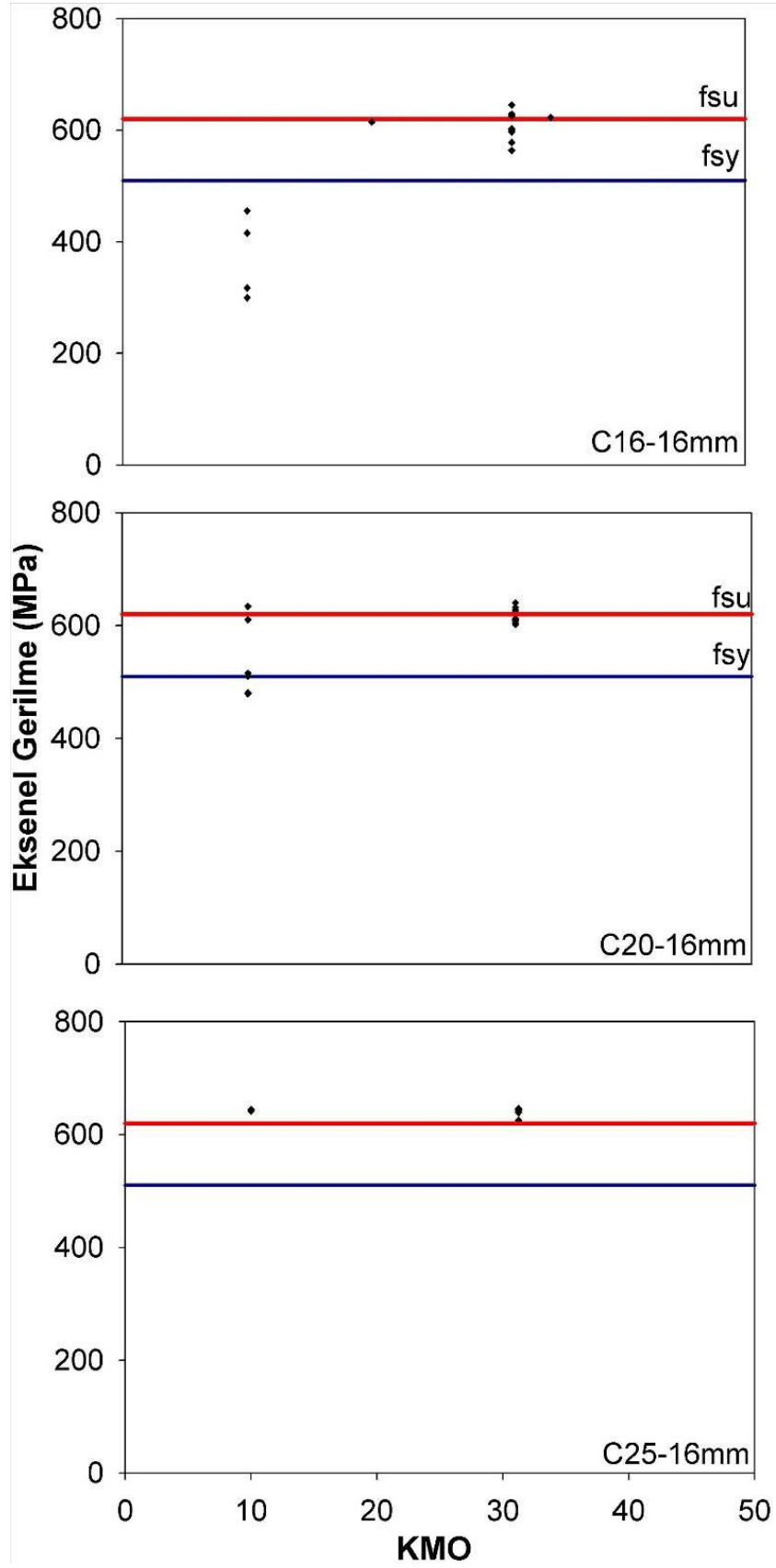
Şekil 5.51 : C5, C10 temellerde 12 mm S420a donatılarda dayanım - KMO ilişkisi



Şekil 5.52 : C16, C20, C25 temellerde 12 mm, S420a donatılarda aksenal dayanım - KMO ilişkisi

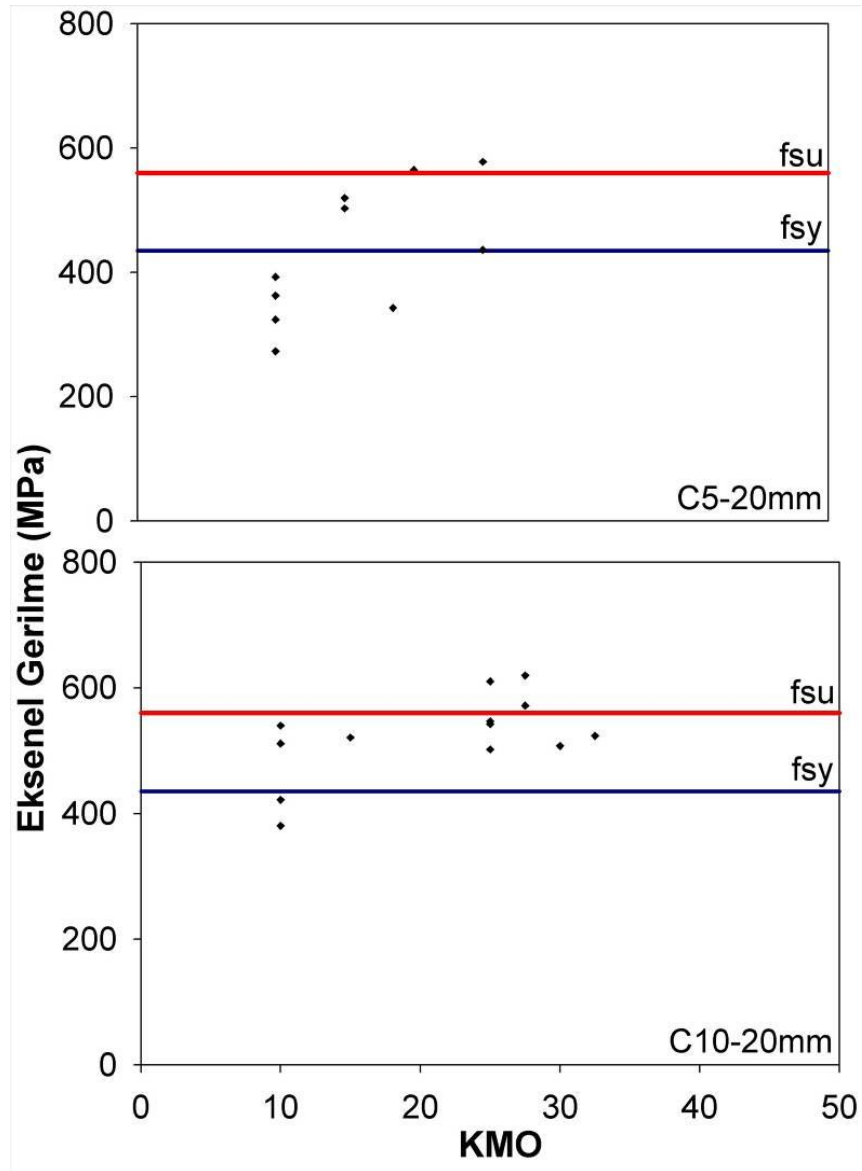


Şekil 5.53 : C5, C10 temellerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi

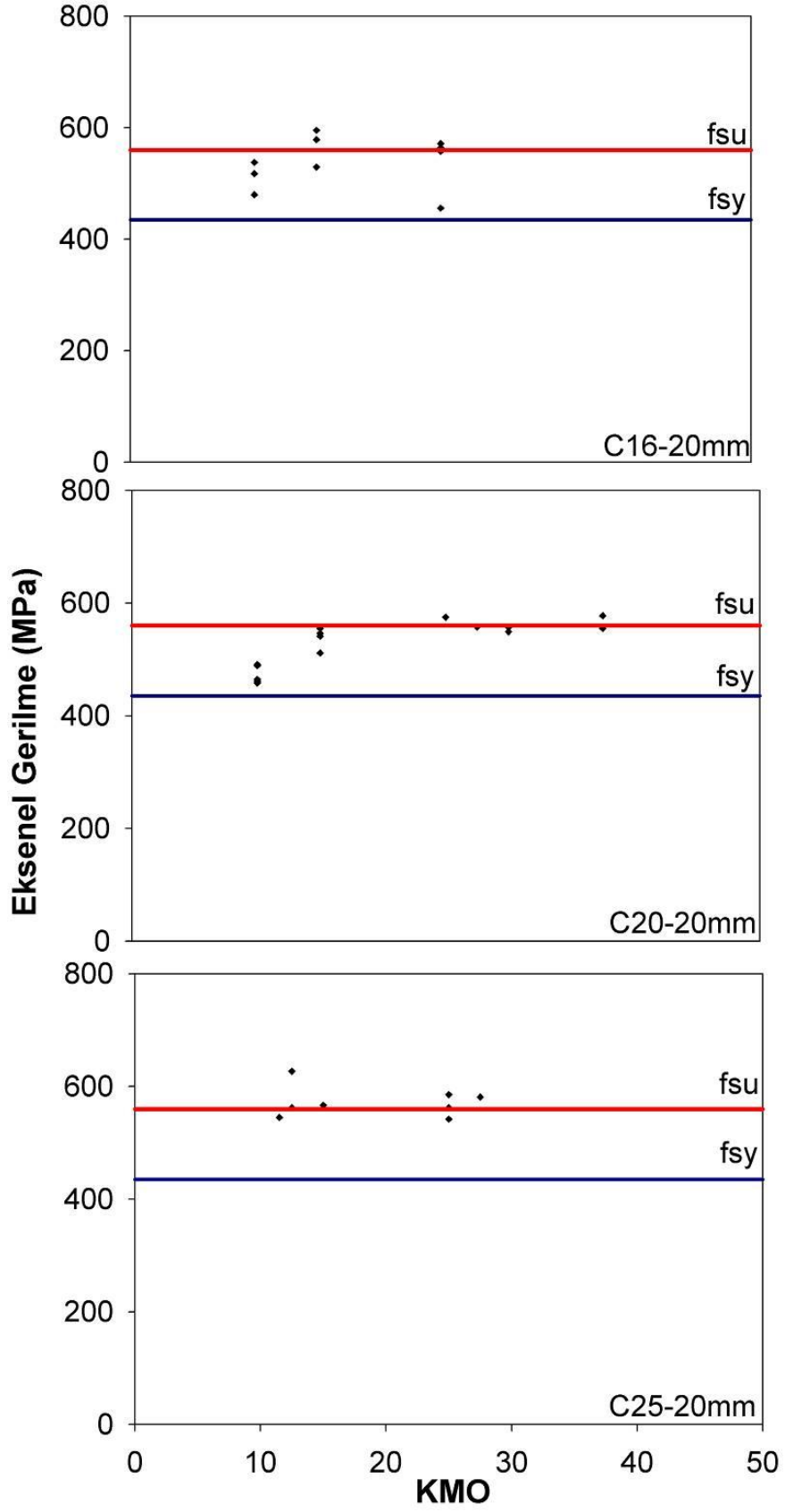


Şekil 5.54 : C16, C20, C25 temelerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi

Şekil 5.55-56'da 20 mm çaplı donatılar için kenar mesafesi değişimi ile ankraj dayanımında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanımları değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir. Bu sonuçlara göre KMO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları C5 ve C10 betonlarda gözlenmiştir. C16, C20 ve C25 grubu betonlarda ise KMO değeri 10'a düştüğünde donatı akma dayanımının aşılabildiği görülmektedir. C5 ve C10 grubunda ise deney elemanlarının büyük bölümü KMO değeri 15 ve üzerinde olduğunda donatı akma dayanımına erişebilmektedirler. C16, C20 ve C25 grubunda deney elemanlarının tamamı KMO değeri 10 ve üzeri durumlarda donatı akma dayanımını geçmektedirler.



Şekil 5.55 : C5, C10, temellerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi



Şekil 5.56 : C16, C20, C25 temellerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - KMO ilişkisi

5.3.2 S420b Ankrajlarda Kenar Mesafesi ve Gömülme Derinliği ile Dayanım İlişkisi

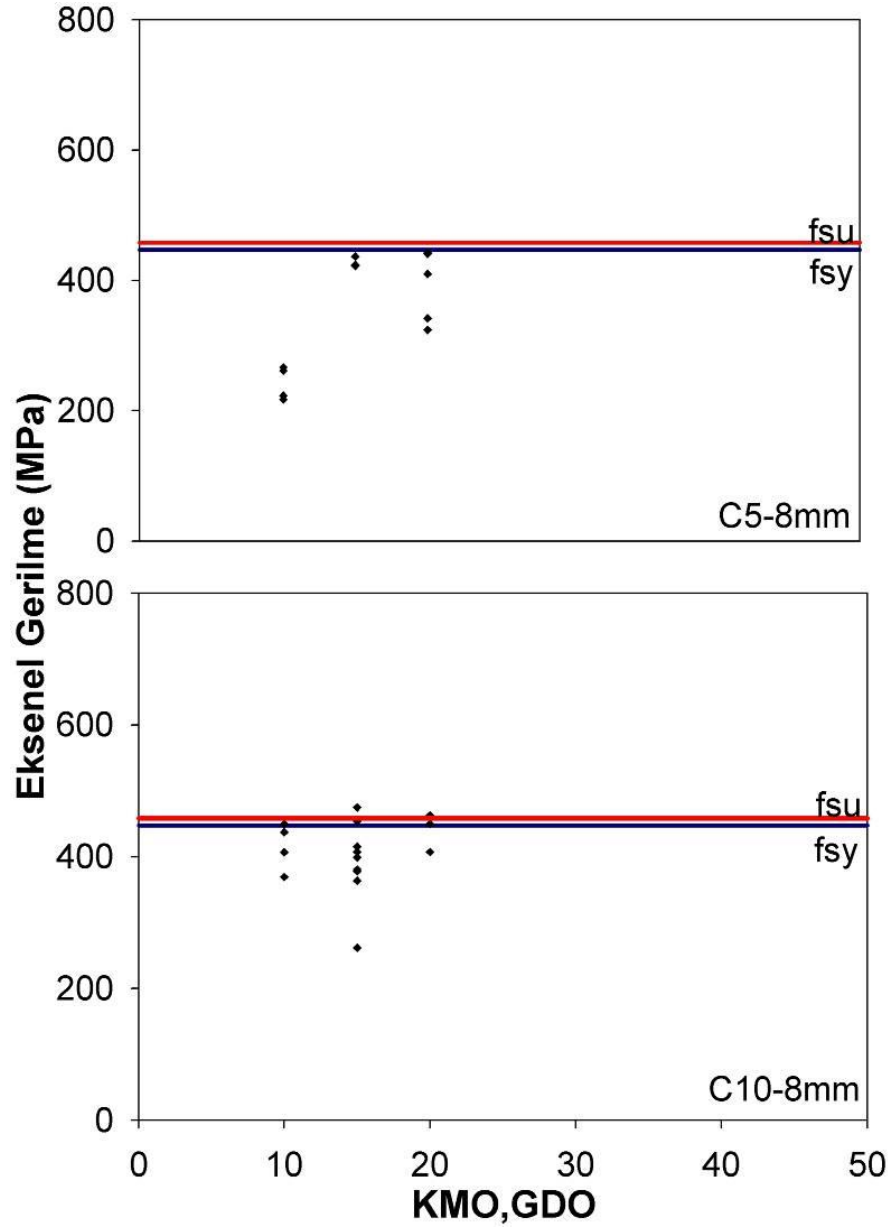
Bu çalışmada, 8 ve 16 mm çaplı S420b çubuklarında kenar mesafe ve gömülme derinliklerinin ankraj çapına olan oranları her iki durum için aynı alınarak donatı çapının 10, 15 ve 20 katı seçilmiştir. Bu nedenle grafiklerde kenar mesafesi ve gömülme derinliği oranları (KMO,GDO) birlikte verilmiştir.

Şekil 5.57-60'da 8 ve 16 mm çaplı S420b donatılar için kenar mesafesi ve gömülme derinliği değişimi ile ankraj dayanımı arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Kenar mesafesi ile gömülme derinliğinin katsayıları aynı tutulduğu için bir arada verilmiştir. Yani KMO değeri 10 olan bir ankrajın GDO değeri de 10 olarak teşkil edilmiştir. Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanım değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir.

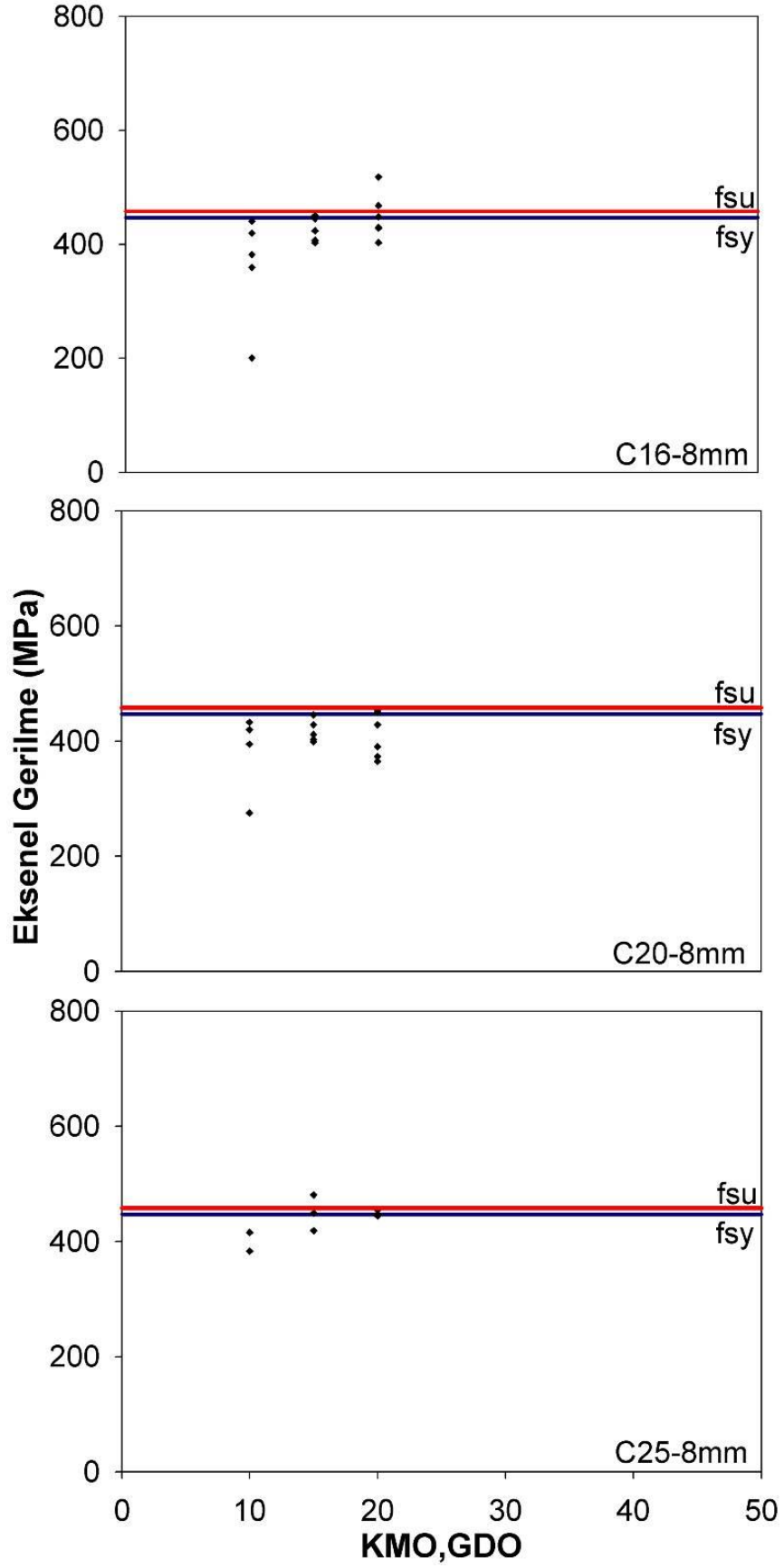
C5-10-16-20-25 grubu betonlara ekilen 8 mm çaplı S420b ankrajlarının deney sonuçlarına göre KMO,GDO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları tüm beton sınıflarında gözlenmiştir. C10 grubu betonlarda KMO,GDO değeri 15'e çıktığında bile donatı akma dayanımının altında göçme durumları 7 adet ankrajda 5 adet gibi bir oran olduğu görülmektedir. C20 grubunda ise KMO,GDO değeri 20'ye çıktığında bile 5 adet ankrajdan 3'ü donatı akma dayanımının altında bir göçme ile karşı karşıya kalmıştır. C25 grubu deney elemanlarında KMO,GDO değeri 10 olan 1 adet ankraj donatısı akma dayanımına erişememiş diğer 7 ankraj erişebilmiştir.

C5-10-16-20-25 grubu betonlara ekilen 16 mm çaplı S420b ankrajlarının deney sonuçlarına göre KMO,GDO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları tüm beton sınıflarında gözlenebilmektedir. C5 grubu ankrajlardan özellikle KMO,GDO değeri 10 olan 2 adet, KMO,GDO değeri 15 olan 4 adet ankrajdan 1 adedinin donatı ankma dayanımının oldukça altında bir dayanım değeri ile nihai yük taşıma kapasitesine ulaştığı görülmektedir. C10 grubu betonlarda, KMO,GDO değeri 10 olan 6 adet ankrajdan 4'ü beton kaynakları hasara uğramıştır, KMO,GDO değeri 15'e çıktığında bile 3 ankrajdan 1 tanesi beton hasarlı göçmeye maruz kalmıştır. C16-20-25 grubu betonlara ekilen 16 mm ankrajlar genel

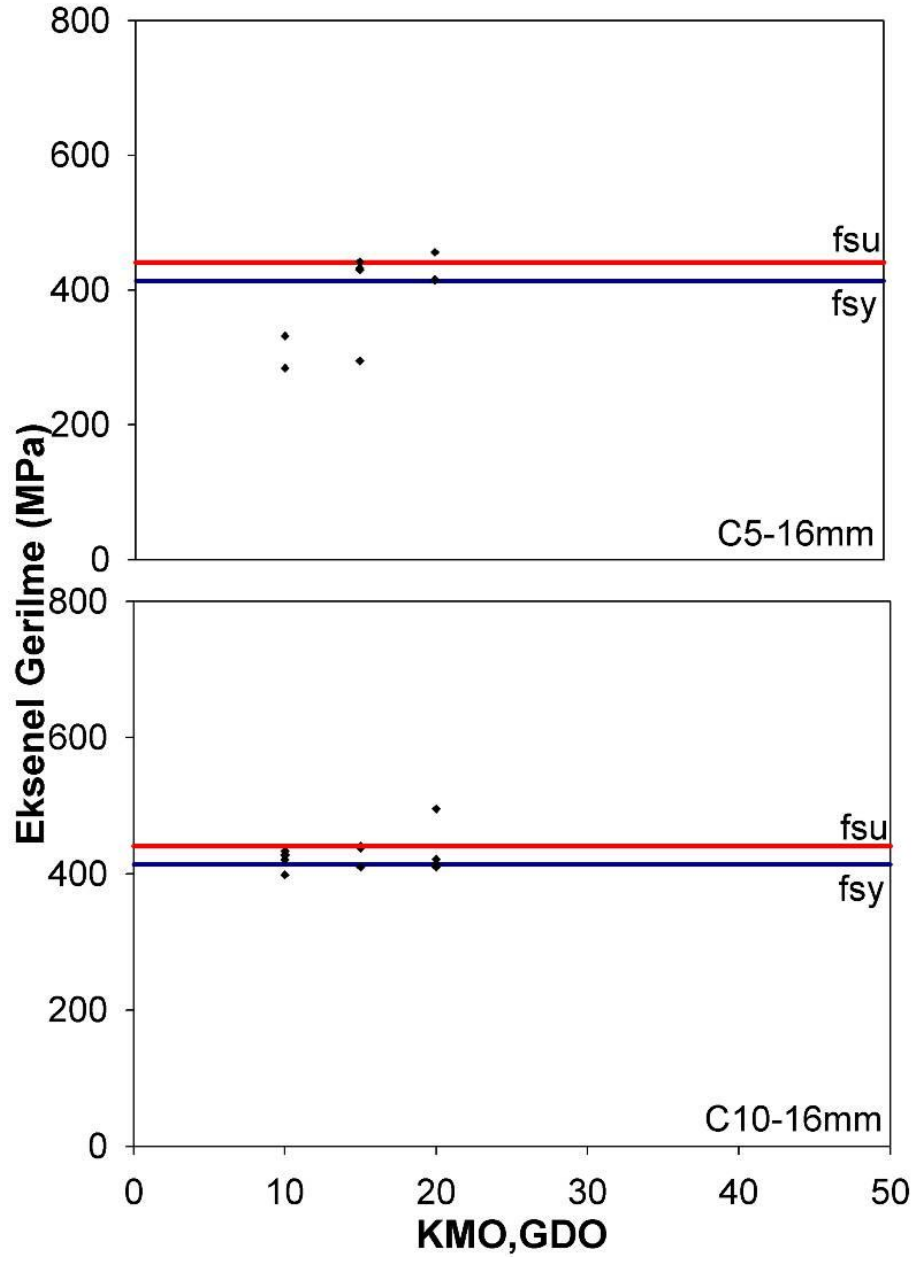
itibari ile donatı akma dayanımına oldukça yakın dayanım değerlerine ulaşabilmışlerdir.



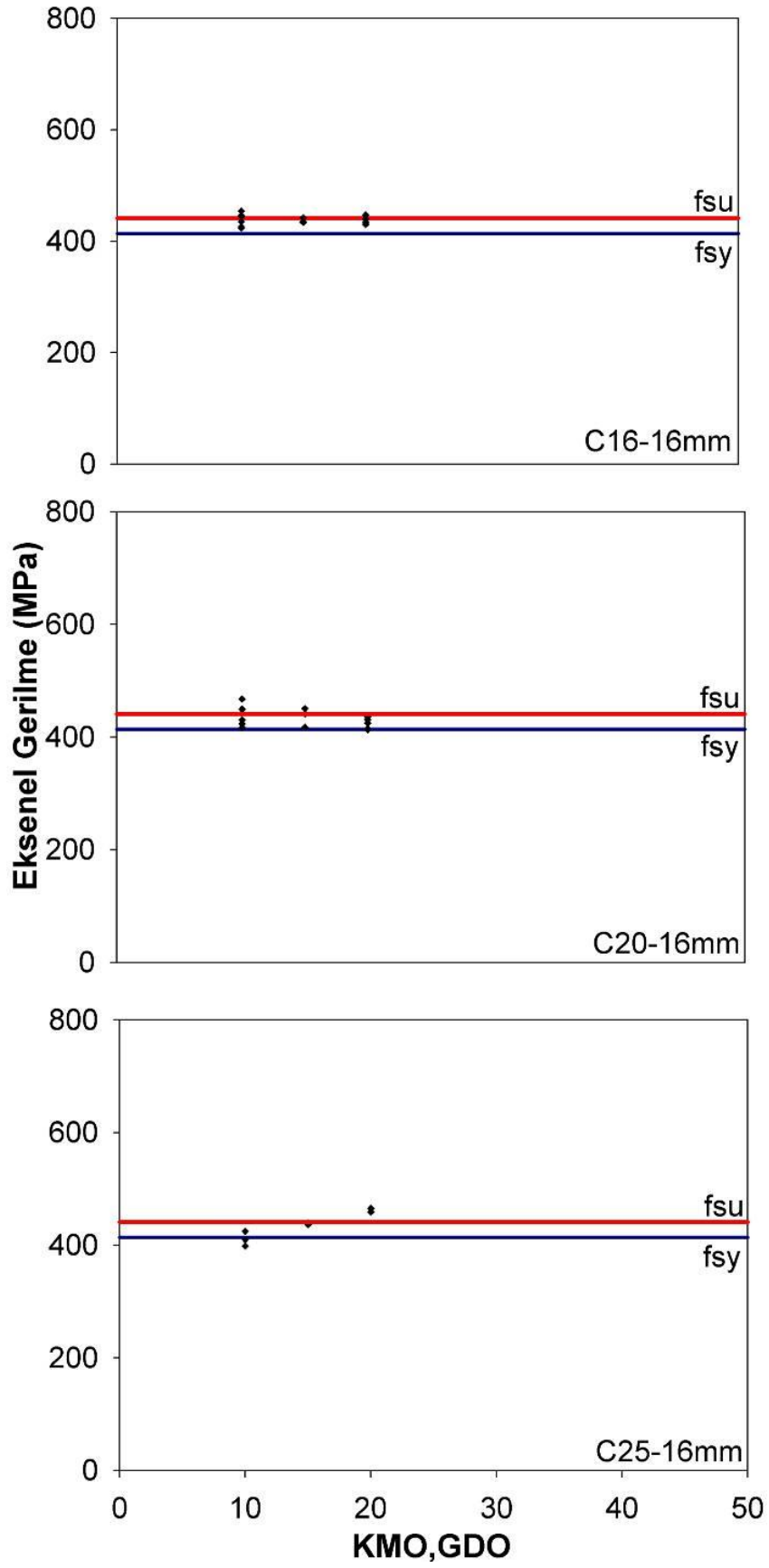
Şekil 5.57 : C5 , C10 temellerde 8mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO, GDO ilişkisi



Şekil 5.58 : C16 , C20, C25, temelerde 8mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO,GDO ilişkisi



Şekil 5.59 : C5 , C10 temellerde 16mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO,GDO ilişkisi

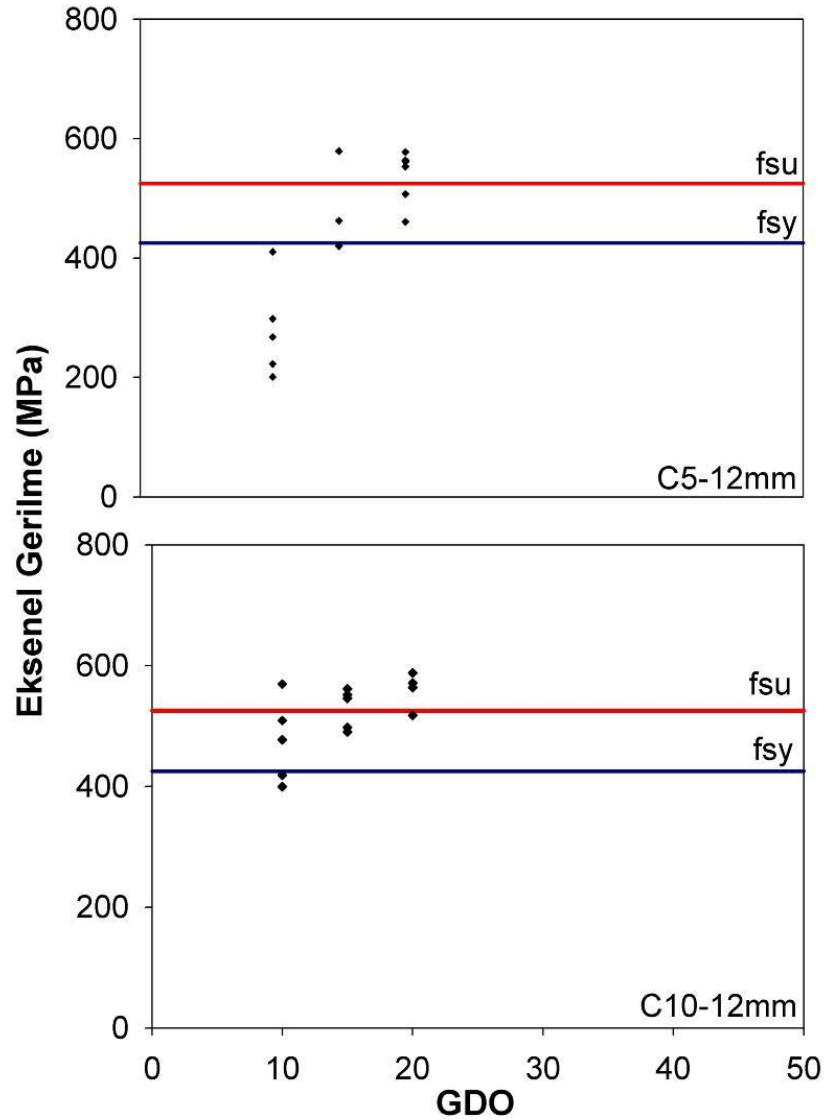


Şekil 5.60 : C16 , C20, C25 temellerde 16mm, S420b donatılar için eksenel dayanım - KMO,GDO ilişkisi

5.4 Gömülme Derinliğinin Ankraj Dayanımına Etkisi

Bu bölümde deneyi yapılan 12, 16 ve 20 mm S420a ankrajların eksenel gerilme ile gömülme derinliği oranı (GDO) değişimi verilmiştir.

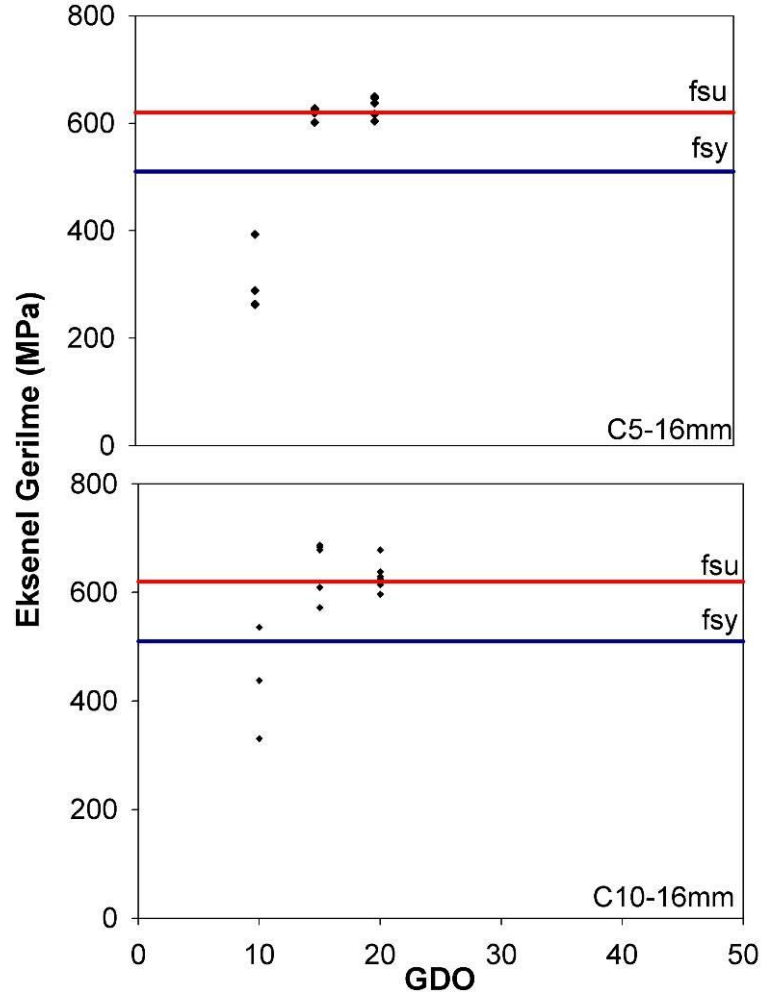
Şekil 5.61-62'de 12 mm çaplı donatılar için ankraj gömülme derinliği değişimi ile ankraj dayanımında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanımları değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir.



Şekil 5.61 : C5, C10 temellerde 12 mm S420a donatı için eksenel dayanım - GDO ilişkisi

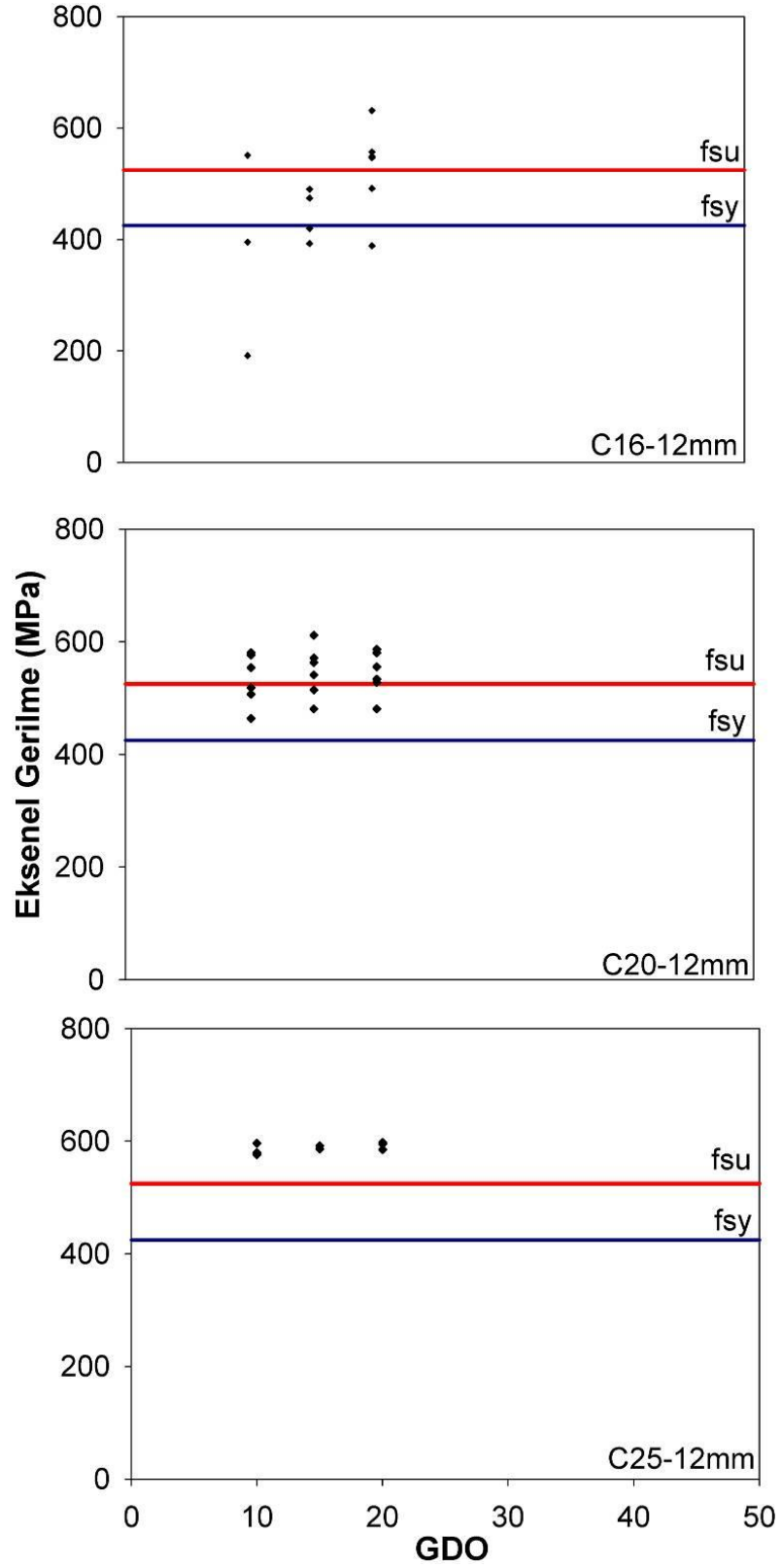
Bu sonuçlara göre GDO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları C5, C10 ve C16 betonlarda gözlenmiştir. C20 ve C25 grubu betonlarda ise GDO değeri 10'a düştüğünde donatı akma dayanımının

aşılabilirdi görülmektedir. C5 ve C10 grubunda ise deney elemanlarının büyük bölümü GDO değeri 15 ve üzerinde olduğunda donatı akma dayanımına erişebilmektedirler. C16 grubu betonu farklı olarak GDO değeri 15 hatta 20 olduğunda akma dayanımına ulaşma durumu söz konusudur. C20 ve C25 grubunda deney elemanlarının büyük bölümü GDO değeri 10 ve üzeri durumlarda donatı akma dayanımını geçmektedirler.



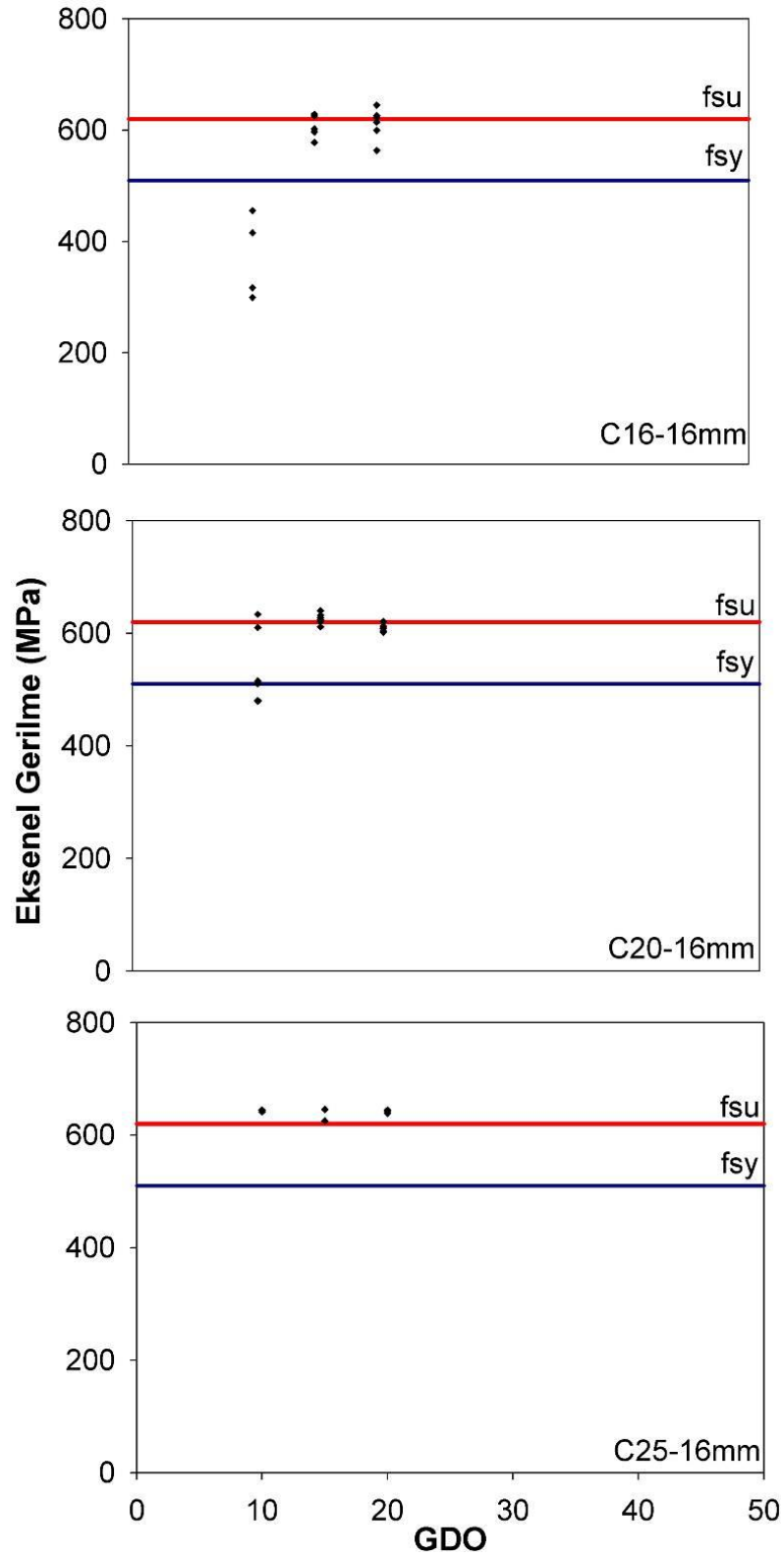
Şekil 5.62 : C5, C10 temellerde 16 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi

Şekil 5.63-64'de 16 mm çaplı donatılar için ankraj gömülme derinliği değişimi ile ankraj dayanımında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanımları değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir. Bu sonuçlara göre GDO değeri 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları C5, C10 ve C16 betonlarda gözlenmiştir.



Şekil 5.63 : C16, C20, C25 temellerde 12 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi

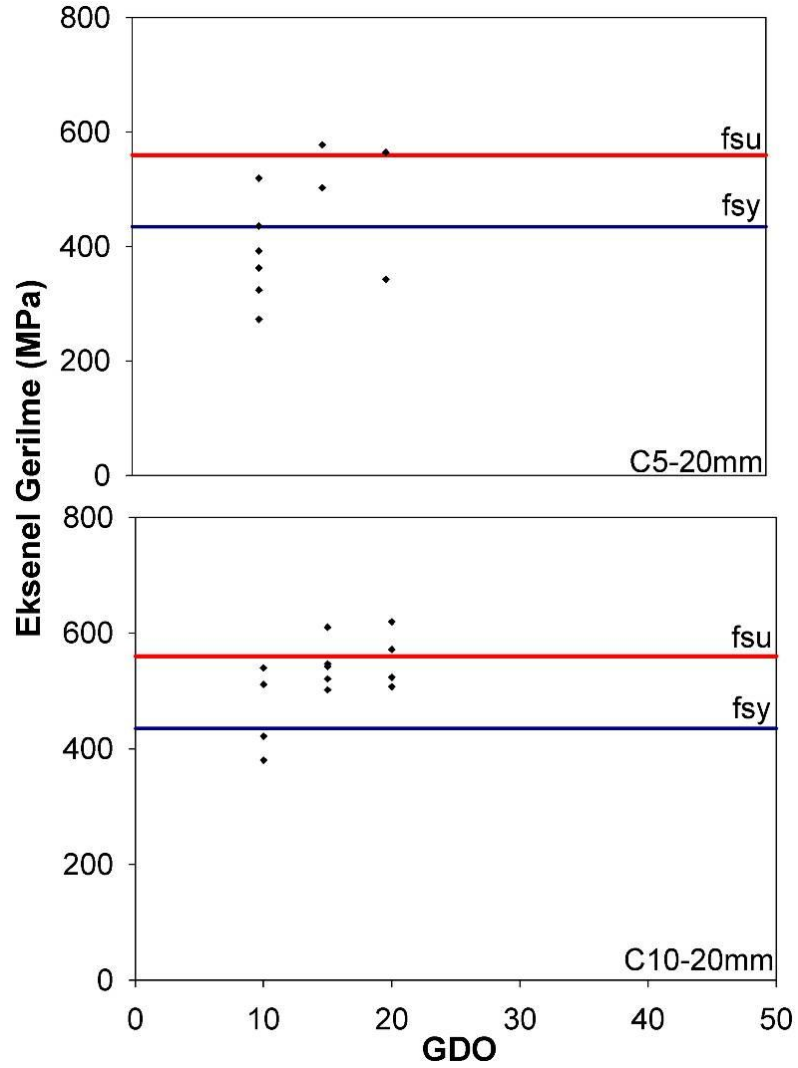
C20 ve C25 grubu betonlarda ise GDO değeri 10'a düştüğünde donatı akma dayanımının çoğunlukla aşılabildiği görülmektedir.



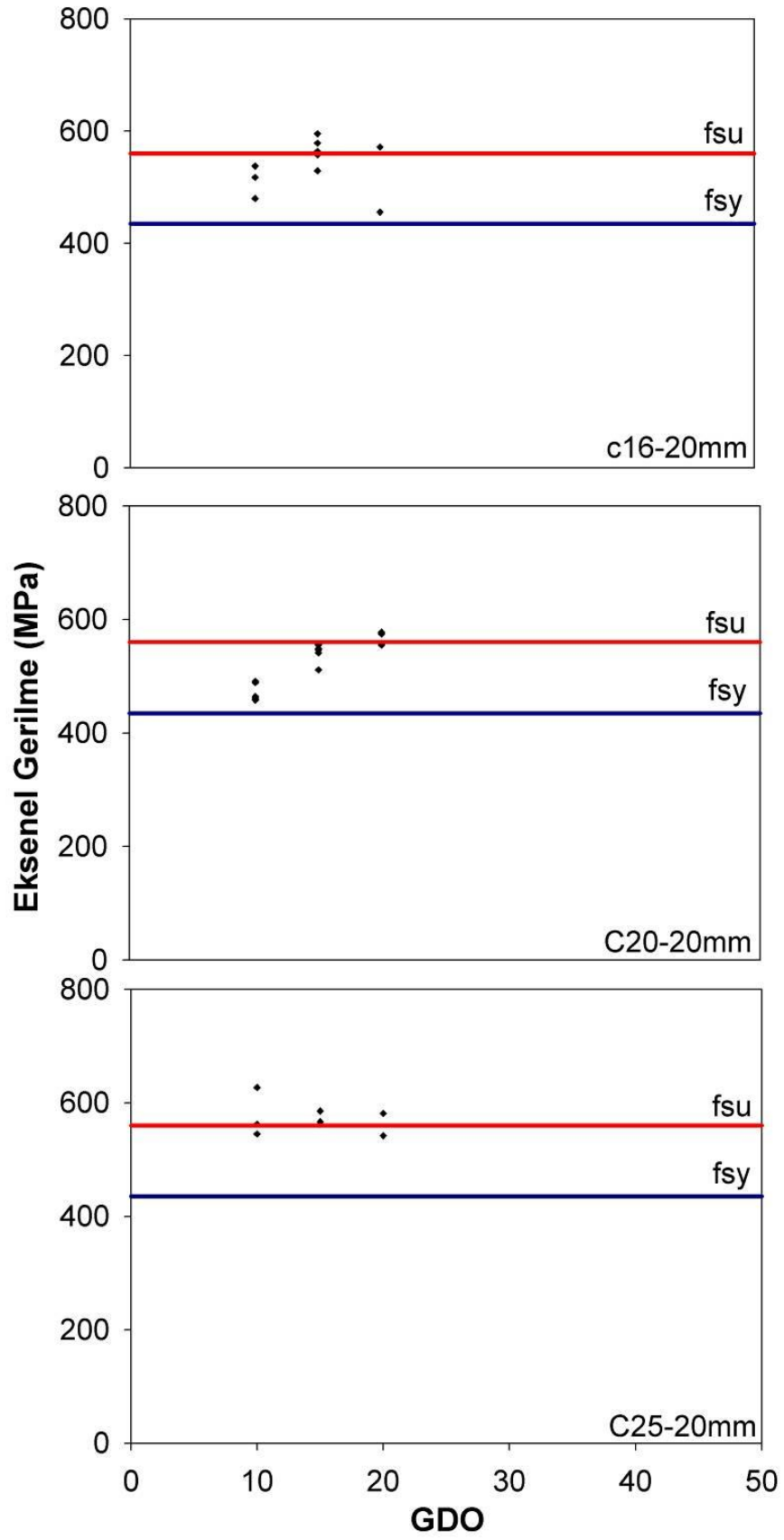
Şekil 5.64 : C16, C20, C25 temellerde 16 mm, S420a donatılar için aksenal dayanım -GDO ilişkisi

C5 ve C10 grubunda ise deney elemanlarının tamamı GDO değeri 15 ve üzerinde olduğunda donatı akma dayanımına erişebilmektedirler. C20 ve C25 grubunda deney elemanlarının büyük bölümü GDO değeri 10 ve üzeri durumlarda donatı akma dayanımını geçmektedirler.

Şekil 5.65-66'da 20 mm çaplı donatılar için ankraj gömülme derinliği değişimi ile ankraj dayanımında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Grafiklerde donatıların deneysel akma ve çekme dayanımları değerleri de yatay çizgi olarak görülmektedir. Bu sonuçlara göre GDO 10 olan elemanlarda donatının akması öncesinde beton kaynaklı hasar oluşumları C5, C10, C16 ve C20 betonlarda gözlenmiştir.



Şekil 5.65 : C5, C10 temellerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi

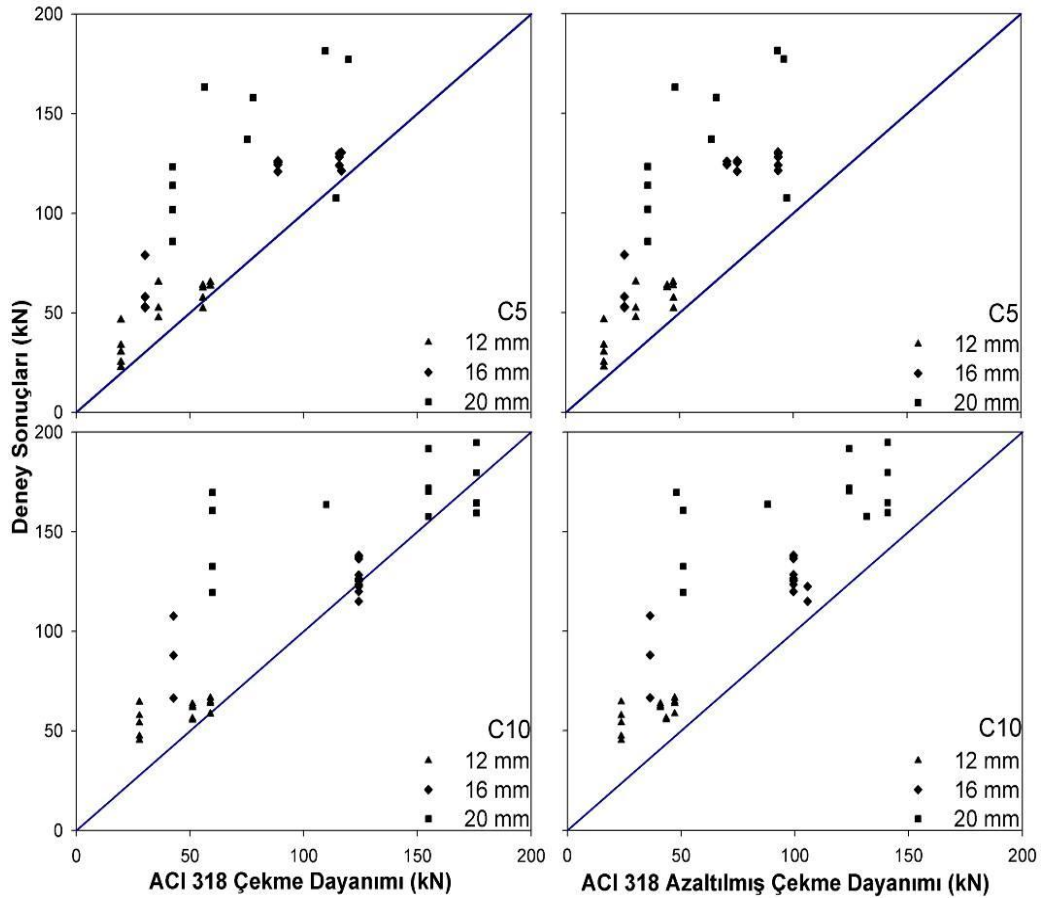


Şekil 5.66 : C16, C20, C25 Temellerde 20 mm, S420a donatılar için eksenel dayanım - GDO ilişkisi

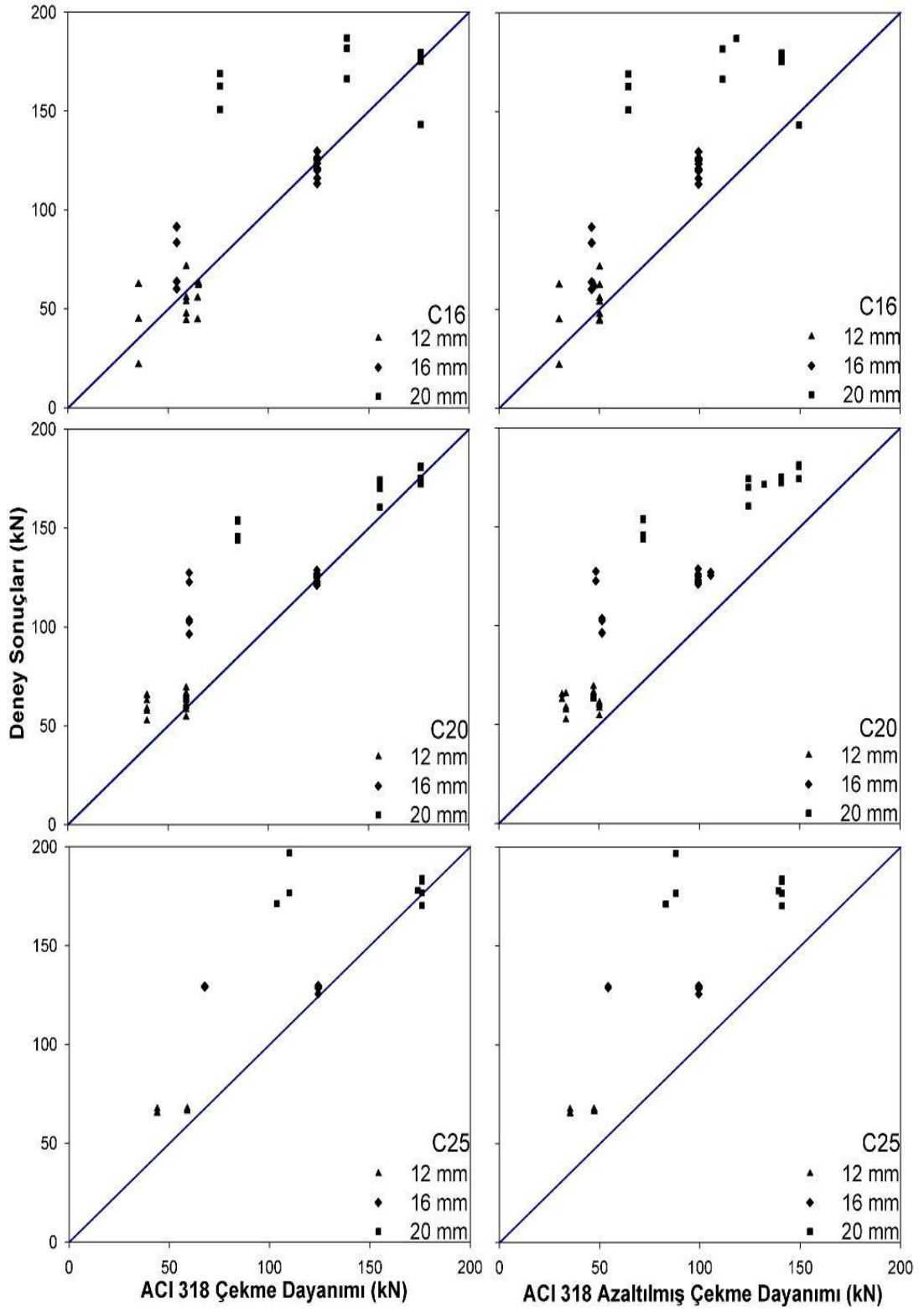
C25 grubu betonlarda ise GDO değeri 10'a düştüğünde donatı akma dayanımının aşılabildiği görülmektedir. 12 mm ve 16 mm çaplı donatılardan farklı olarak 20 mm çaplı ankrajların ekildiği C5, C10 ve C16 grubu betonarme bloklarda deney elemanlarının tamamı GDO değeri 15 ve üzerinde olduğunda bile donatı akma dayanımına erişilemediği durumların olduğu görülmektedir. C20 ve C25 grubunda deney elemanlarının büyük bölümü GDO değeri 10 ve üzeri durumlarda donatı akma dayanımını geçmektedirler.

5.5 ACI 318 Tasarım Çekme Dayanımı ile Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

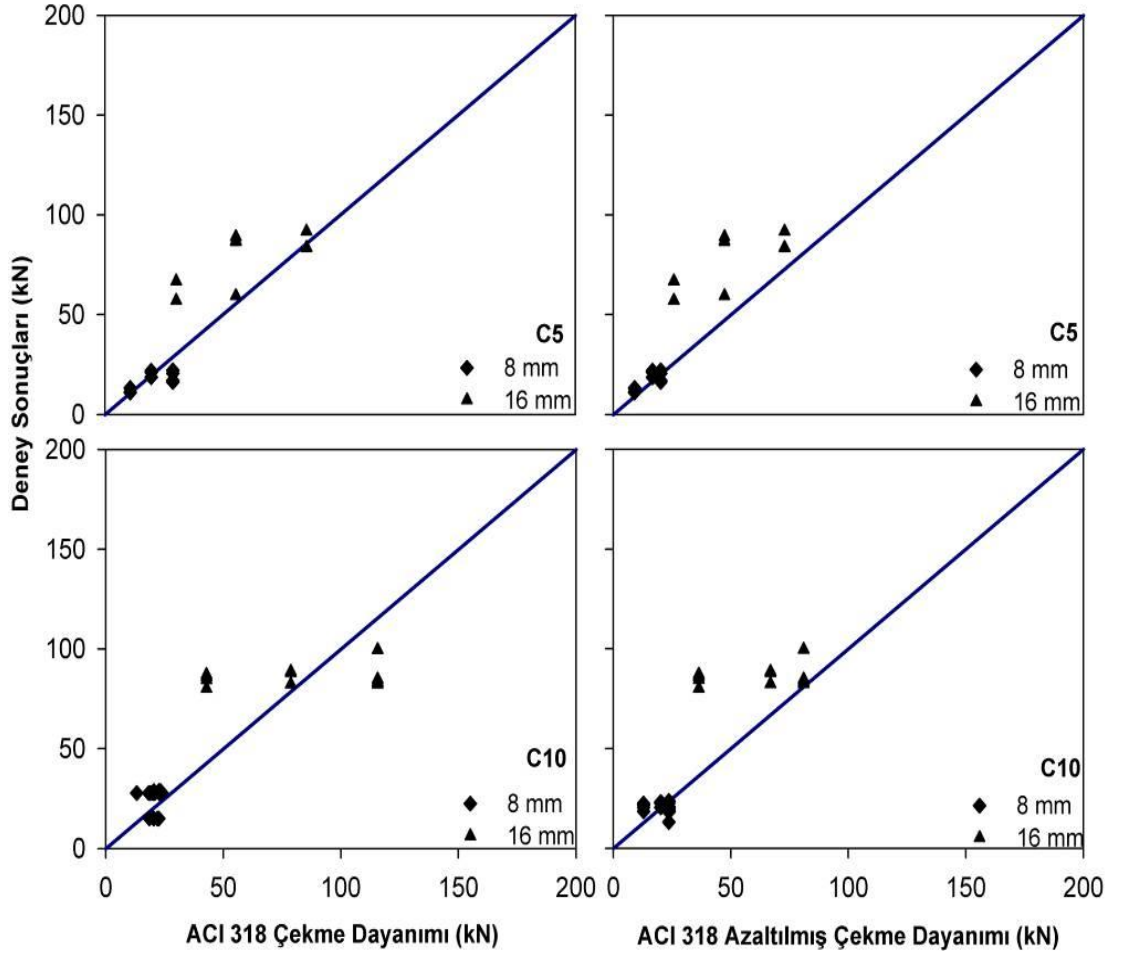
Tezin dördüncü bölümünde bahsedilen ve ACI 318 Ek-D'de (2005) verilen yöntemle S420a ve S420b ankraj elemanlarının çekme dayanımları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda elde edilen bu değerler ile deney sonuçları Şekil 5.67-70'de karşılaştırılmıştır.



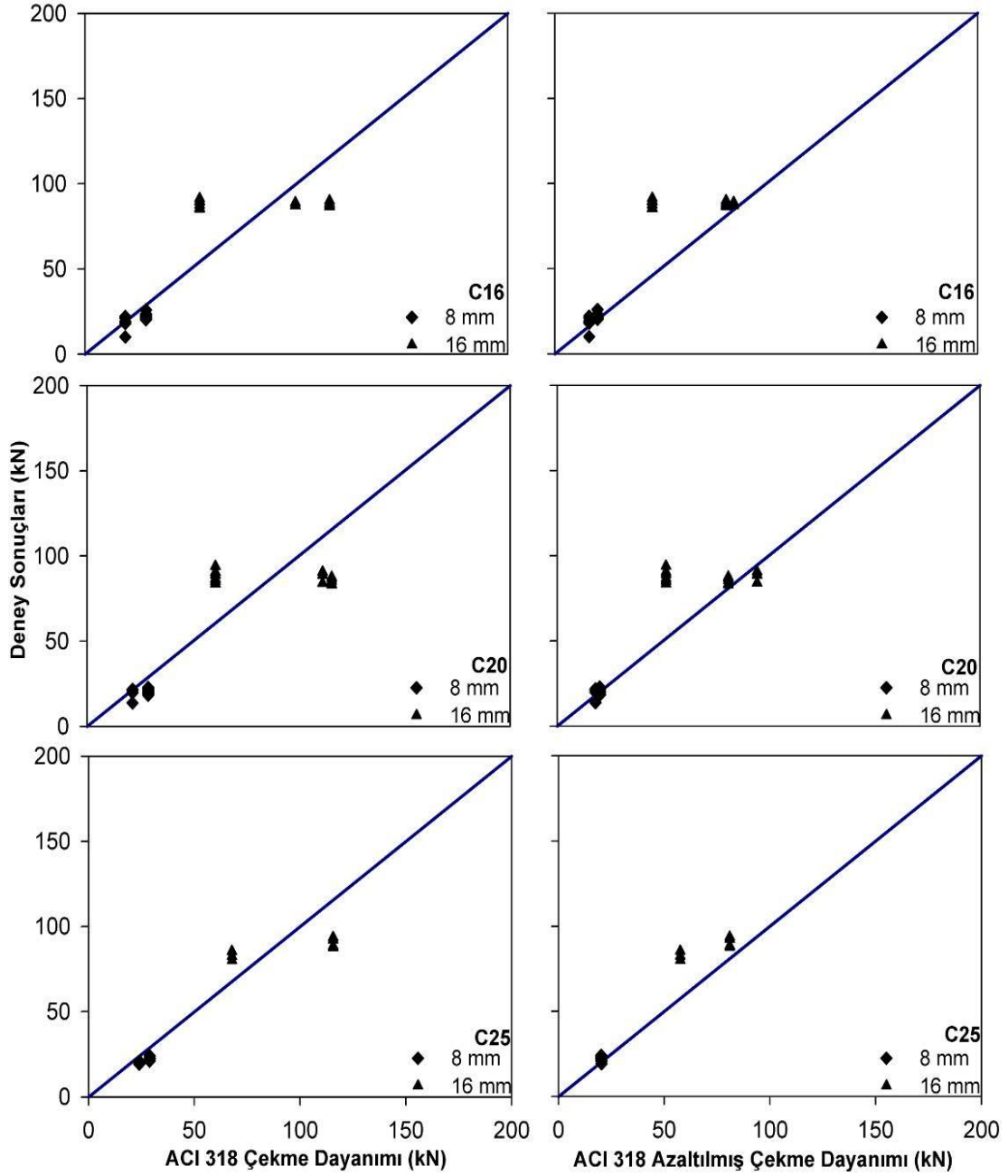
Şekil 5.67 : C5,C10 temellerde S420a Donatıların Deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması



Şekil 5.68 : C16, C20, C25 temellerde S420a donatıların deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması



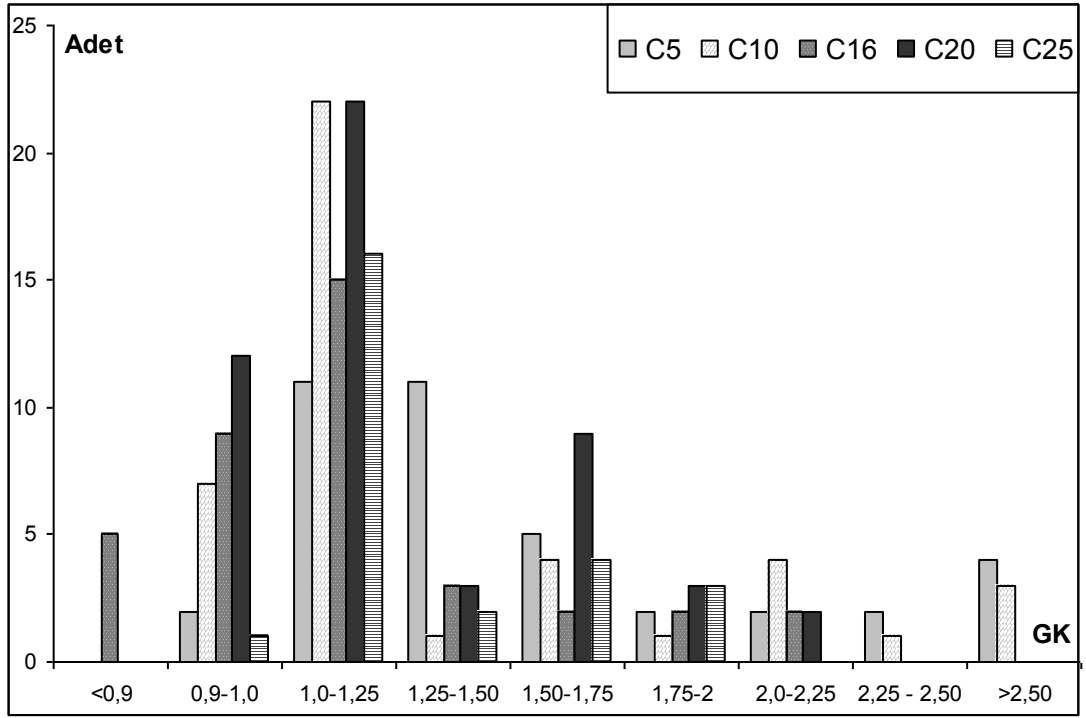
Şekil 5.69 : C5,C10 temelerde S420b donatılar için Deney sonuçları - ACI 318 karşılaştırması



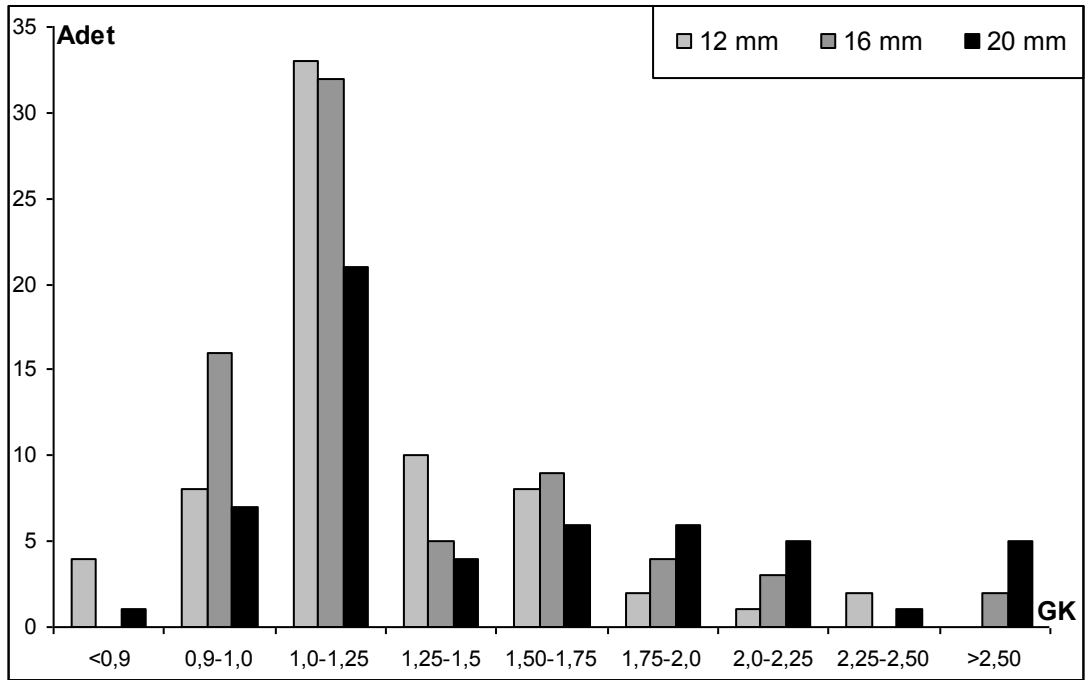
Şekil 5.70 : C16, C20, C25 temellerde S420b donatılar için Deneş sonuçları - ACI 318 karşılaştırması

5.6 Ankrajların ACI 318'e Göre Güvenlik Düzeyleri

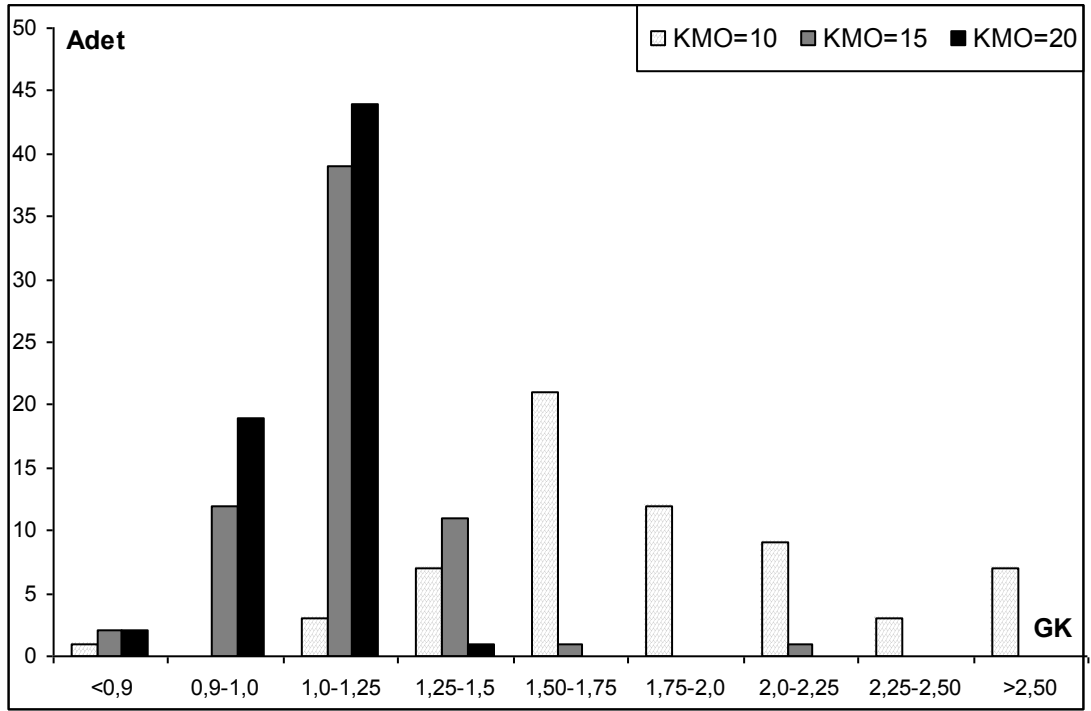
ACI 318'e göre deneş sonuçlarının güvenlik düzeylerini belirlemede azaltılmamış ACI 318 dayanımları kullanılmıştır. Çıkan güvenlik düzeylerinin ACI 318 azaltma katsayıları da kullanıldığında %25-30 mertebesinde daha yüksek güvenlik katsayıları da çıkacaktır.



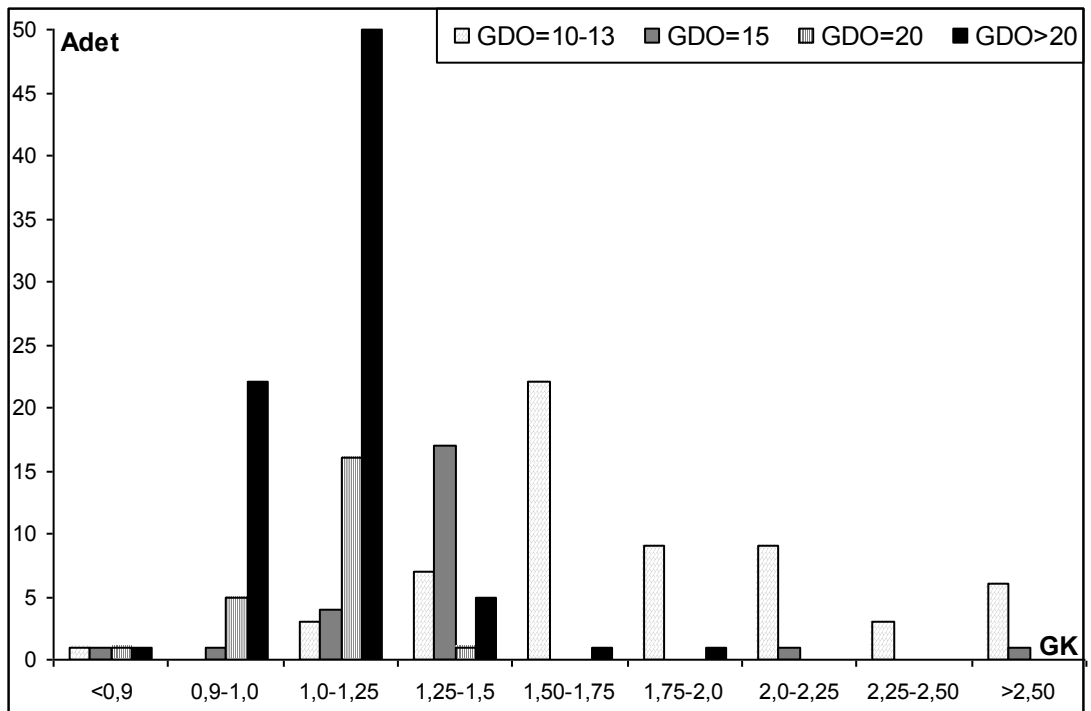
Şekil 5.71 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (beton dayanımı açısından)



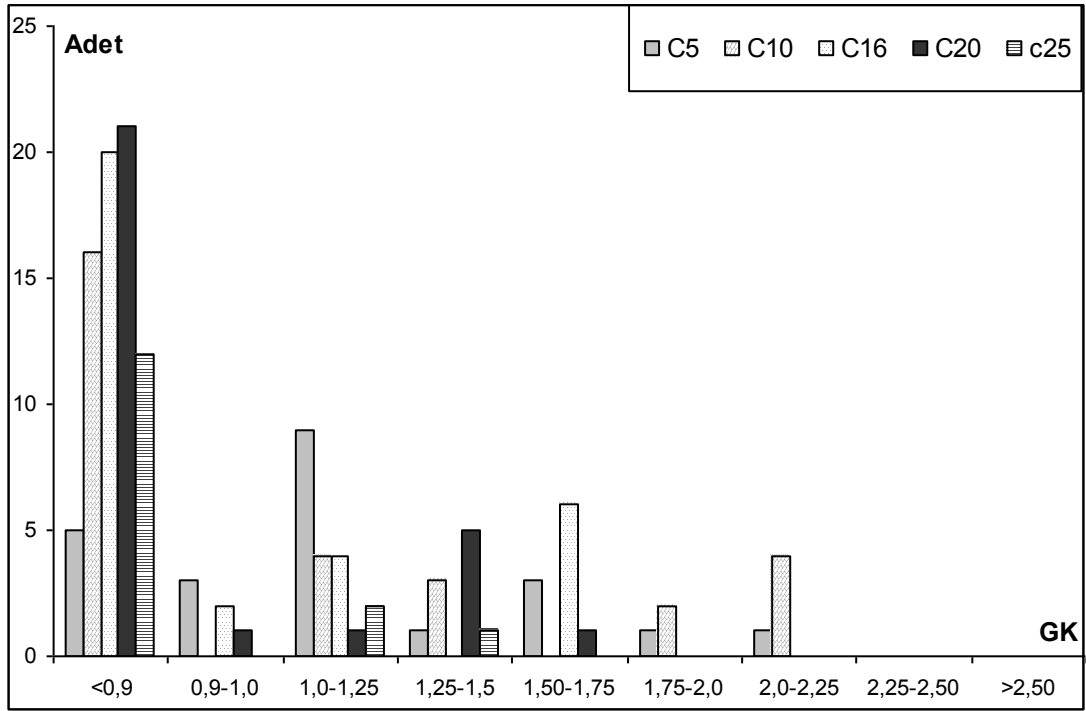
Şekil 5.72 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (donatı çapı açısından)



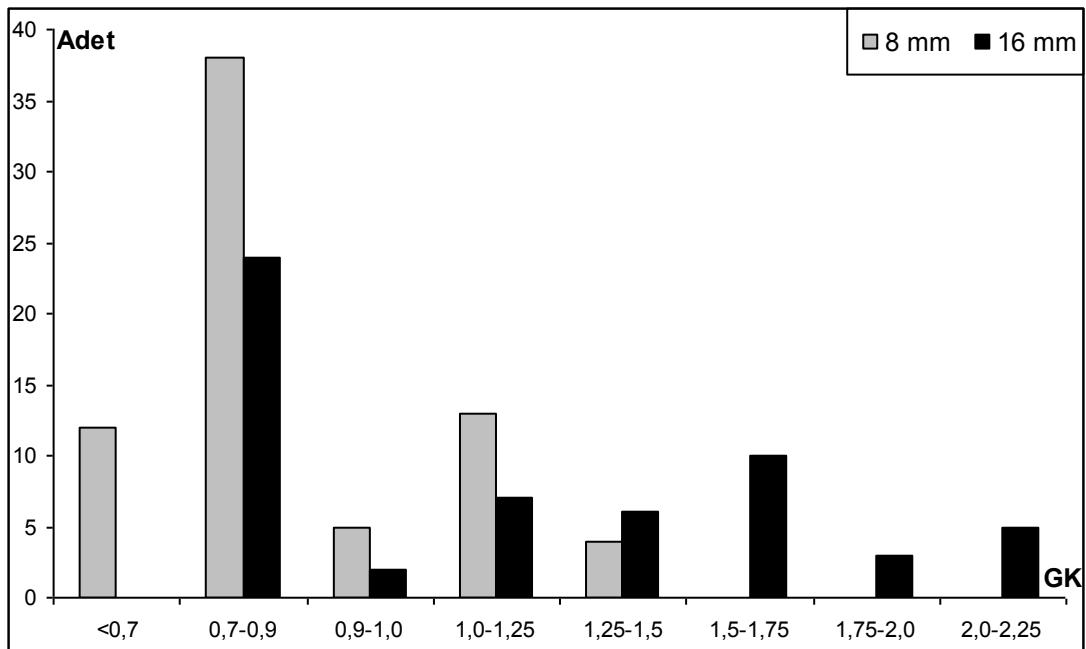
Şekil 5.73 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (KMO açısından)



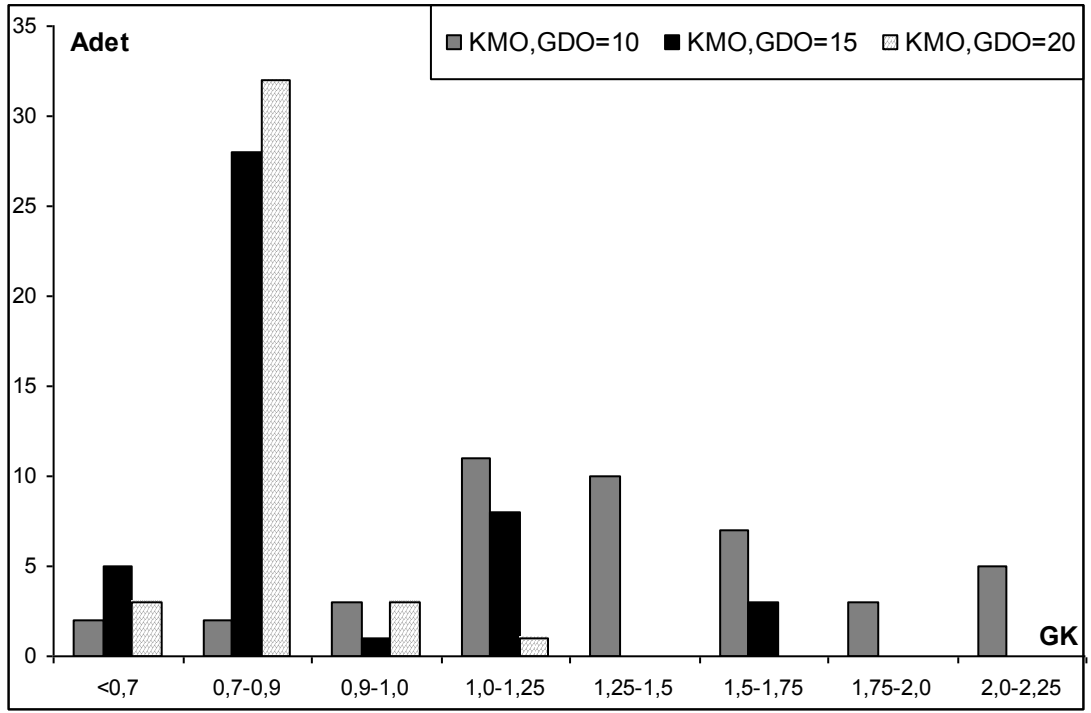
Şekil 5.74 : S420a donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (GDO açısından)



Şekil 5.75 : S420b donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (beton dayanımı açısından)



Şekil 5.76 : S420b donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (donatı çapı açısından)



Şekil 5.77 : S420b donatılarda ACI 318'e göre güvenlik katsayıları (KMO,GDO açısından)

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Güçlendirme uygulamalarında perde veya manto boyuna donatılarına kenetlenen çekme ankrajlarının gevrek hasara uğramaları, sisteme sonradan ilave edilen bu elemanların gevrek davranmasına neden olabilir. Bu sebeple bu ankrajlarda veya ankraja kenetlenen boyuna donatılarda akmanın sağlanması gerekmektedir.

Uygulamada ankraj ekimi yapılan yapı elemanlarında yeterli kenar mesafe ve gömülme derinliği sağlamak her zaman mümkün olmayabilmektedir. Fakat mühendisin hangi kenar mesafede ya da derinlikte ne kadar ankraj dayanımı elde edebileceğini tahmin edebilmesi gereklidir.

Bu çalışmada, epoksi bazlı kimyasal yapıştırıcı kullanılarak ülkemizdeki oldukça düşük basınç dayanımına sahip betonları da içerecek şekilde 5.9, 10.9, 17, 25, 35.6 MPa ortalama beton basınç dayanımına sahip betonarme temellere S420a ve S420b olmak üzere iki çeşit donatıdan oluşan 337 adet ankraj ekilmiş ve çekme deneylerine tabi tutulmuştur. Bu ankrajlar 10 ϕ , 15 ϕ ve 20 ϕ derinliklerde ve 10 ϕ , 15 ϕ , 20 ϕ ve üstü kenardan uzaklığa ekilmiştir.

Yapılan deneyler KMO oranı bakımından değerlendirildiğinde özellikle C5 grubu betonlarda kenar mesafeden uzaklığın donatı çapının 10 katı olduğu durumlarda ankrajın, donatının akma dayanımına ulaşmadan, gevrek şekilde hasara uğradığı belirlenmiştir. Kenar mesafesi donatı çapının 15 katından fazla olan ankrajlarda, donatı akma dayanımından daha yüksek ankraj kapasitelerine ulaşabilmektedir. Yapılan birçok deneyde daha uzakta ekilmiş ankraj numunelerinde donatının koptuğu görülmüştür. Serbest kenar uzaklığı 10 Φ olan S420a donatılı ankrajlardan C5 grubu betona ekilen 14 ankrajın tamamının donatı akma dayanımına erişemediği C10 grubuna ekilen 12 ankrajın yarısının donatı akma dayanımına ulaşamadığı belirlenmiştir. Ankraj kenar mesafesinin 15 Φ ve daha fazla olduğu C10 grubu 30 ankrajdan büyük bir çoğunluğu donatı akma dayanımına ulaşmıştır. Serbest kenar uzaklığı 10 Φ olan, S420b donatılı ankrajlarda da benzer şekilde C5 grubu betona ekilen 4 ankrajın hiç biri donatı akma dayanımına ulaşamamıştır ve gevrek hasar

biçimiyle göçmeye uğramıştır. S420b C10 grubu betona ekilen 4 ankrajdan 2'si donatı akma dayanımına ulaşmış 2'si gevrek hasar sonucu göçmüştür. Serbest kenar uzaklığı 15Φ olan, S420b donatılı C5 grubu 2 ankraj da donatı akma dayanımına ulaşmıştır fakat C10 grubuna ekilen ankrajların büyük kısmı donatı akma dayanımının altında gevrek hasar sonucu göçmeye uğramıştır. Donatı çapı 16 mm olan C5, S420b ankrajlardan serbest kenar uzaklığı ve gömülme derinliği 10Φ olan ankrajlar gevrek hasara uğramış, 15Φ ve üzeri olan ankrajlar genellikle sünek hasar uğramıştır.

C16 grubu 10Φ kenar mesafesi ile ekilen S420a ankrajlardan 12 ve 16 mm çaplı olan 7 ankrajdan 1 tanesi hariç geri kalanı donatı akma dayanımının altında bir nihai dayanıma erişmiştir. 15Φ kenar mesafesi ile ekilen S420a ankrajlardan ise 12mm çaplı olan 4 ankrajdan 2 tanesi donatı akma dayanımının altında 2 tanesi ise donatı akma dayanımı ile kopma dayanımı arasında bir dayanıma sahip olup, 20mm çaplı 5 ankrajın tamamı donatı akma dayanımının üstünde bir dayanıma erişmiştir. C16 grubu betonarme bloklara ekilen S420a ankrajlardan 15Φ 'den daha uzak ekilen 28 ankrajdan 1 tanesi hariç hepsinin donatı akma dayanımının üstünde bir dayanıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

C20 grubu 10Φ derinliğe ekilmiş 18 adet S420a ankrajdan 1 tanesi hariç hepsi donatı akma dayanımına ulaşmıştır. 15Φ 'nin üstünde bir kenar mesafesi ile ekilen 34 ankrajın tamamı donatı akma dayanımının üstünde bir kapasiteye ulaşmıştır.

C25 grubu betonarme temellere ekilmiş S420a donatılı ankrajların tamamı donatı akma dayanımının üstünde bir kapasiteye erişmiştir.

C16, 20, 25 grubu betonlara ekilen S420b donatılı ankrajlardan çapı 8 mm olanlar kenar mesafenin ve gömülme derinliğinin 10Φ , 15Φ , 20Φ olduğu durumlardan sadece C25 grubu 20Φ kenar mesafe ve gömülme derinliği olduğunda donatı akma dayanımına yakın dayanımlar göstermektedir. Diğer tüm durumlarda genellikle gevrek hasar sonucu göçmeye uğramaktadır. Çapı 16 mm olan S420b donatılı ankrajlarda C16, 20, 25 grubu betonlara ekilen ankrajlar tamamı donatı akma dayanımına ulaşarak sünek hasar sonucu göçmeye uğramıştır.

Yapılan deneyler GDO bakımından değerlendirildiğinde donatı çapının 10 katı gömülme derinliğinde ekilen S420a ankrajlarda göçme mekanizmasının C5, C10 ve

C16 gibi düşük dayanımlı betonlarda beton tarafından belirlendiği görülmektedir. Bu beton sınıflarına 20 mm çaplı ankrajlarda C20 grubunu da eklemek gerekir. Donatının 10 katı gömülme derinliğindeki S420a ankrajlarda donatı, akma ve kopma dayanımına ulaşmadan konik kopma, sıyrılma ya da her ikisinin birlikte olduğu göçme davranışının görülme ihtimali artmaktadır. Donatı çapının 15 katı ve daha fazlası derinliklerde ankraj kapasiteleri çok büyük bir oranda akma dayanımına çok yakın veya üstünde çıkmaktadır.

ACI 318 ile belirlenen ankraj aksenal yük kapasiteleri deneyler sonucunda belirlenen ankraj çekme dayanımlarının genellikle altındadır. Dayanım azaltma katsayıları dikkate alınarak hesaplanan Sünek donatılı ankrajlar tüm beton sınıfları için değerlendirildiğinde 12, 16 ve 20 mm çaplı donatıların sırasıyla %17.6, %22.5 ve %14.3'ünün deney dayanımları ACI 318 kapasitesinin altında kalmıştır. S420b donatılar için ACI 318 nominal ankraj dayanımları dikkate alındığında 16 mm çaplı ankrajların %46'sı, 8mm çaplı ankrajların %76'sında deney sonuçları daha düşük çıkmıştır. Bu değerler nominal dayanım için ACI 318'de verilen %95 güvenlik hedefinin altındadır. Özellikle S420b donatılar için elde edilen değerler oldukça güvensiz tarafta kalmaktadır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde ACI 318 kapasite değerlerinin azaltma katsayıları dikkate alınarak S420a donatılarla ekilen ankrajların tasarımı için kullanılabilceğini göstermektedir. S420b için ACI 318 yönteminin kullanılmasının yeterli güvenliği sağlayamayacağı değerlendirilmiştir.

Farklı beton sınıfı, çap ve kenar-gömülme mesafesi değerleri için yapılan değerlendirmelerde, gevrek davranış olasılığının arttığı, düşük dayanımlı beton, kenara yakınlık ve daha sık ankraj durumlarında ACI 318 kapasitelerinin daha yüksek bir güvenlik katsayısına sahip olduğu, sünek davranış yani donatı kopması ihtimalinin artması ile ACI 318 yönteminin güvenlik katsayısının da azaldığı görülmektedir.

Ankraj çekme dayanımının belirlenmesi için ACI 318 Ek D'de farklı göçme şekillerinin dikkate alındığı bir yaklaşım benimsenmiştir. Diğer yandan, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)'de ve TS500 de ankrajların çekme tasarım dayanımlarının belirlenmesi konusunda herhangi bir

hüküm verilmemiştir. Bu durumda gerekli yönetmelik revizyonları gerçekleştirilinceye dek özellikle S420a donatılar için ACI 318'deki yöntemle ankraj tasarımı yapılması yapılan deneyler sonucunda önerilmektedir. Ancak, ACI 318'de hedeflenen %95 güvenlik düzeyinin sağlanabilmesi için dayanım azaltma katsayılarının artırılması faydalı olabilir. Aynı tasarım yönteminin S420b donatılar için kullanılmasının uygun olmayacağı kanaatine varılmıştır. Beton kaynaklı diğer gevrek hasar türleri ACI 318 yaklaşımında güvenlik katsayıları daha yüksek olacak şekilde ele alınırken, gevrek donatı ve sünek donatı durumunda nominal dayanımın aynı formüllerle değerlendirilmesi bu durumu doğuran bir sebep olarak değerlendirilmiştir. ACI 318 gevrek ve sünek donatıların dayanım azaltma katsayılarını farklılaştırarak burada gevrek donatılar için bir miktar daha güvenlik sağlamayı yöntem olarak benimsemiştir.

Bu çalışmanın benzerleri düşük dayanımlı betonlarda kenara yakın ankrajların kesme performansı üzerine de gerçekleştirilebilir. Ayrıca, düşük dayanımlı betonlarda grup etkisi ve çevrimsel yük etkisinin araştırılması da faydalı olabilir. Bunların yanında iki kenara yakın ankrajların davranışının da araştırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACI 318** 2008, Building code requirements for reinforced concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA.
- ACI 318** 2005, Building code requirements for reinforced concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA.
- ACI 355** 2007, Qualification of post-Installed mechanical anchors in concrete and commentary, American Concrete Insitute, Detroit, USA.
- Cook R. A., Collins D. M.i., Klingner R. E. and Polyzois D.**, 1992, Load-deflection behavior of cast-in-place and retrofit concrete anchors, *ACI Structral Journal*, Vol. **89**, No.6, p. 639-649.
- Cook R.A.**, 1993, Behavior of chemically bonded anchors, *ASCE Journal of Structural Engineering*”, Vol. **119**, No. 9, p. 2744-2762.
- Cook R.A., Doerr G.T. and Klingner R.E.**, 1993, Bond stress model for design of adhesive anchors, *ACI Structural Journal*, Vol. **90**, No. 5, p. 514-524.
- 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*, Vol.**95**, No.1, p. 9-26.
- Cook R. A. and Konz R. C.**, 2001, Factors Influencing Bond Strength of Adhesive Anchors, *ACI Structural Journal*, Vol.**98**, No.1, p. 76-86.
- Çalışkan Ö.**, 2010, Mevcut betonarme binaların dış perde duvar ile güçlendirilmesinde ankraj uygulamalarının deneysel olarak araştırılması, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Haziran, 137 s.
- Darwin, D. ve Zavaregh S.S.**, 1996, Bond strength of grouted reinforcing bars, *ACI Structural Journal*, Vol.**93**, No.4, p. 486-495.
- DBYBHY**, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Eligehausen R., Malee, R., Rehm, G.**, 1984, Befestigungen mit verbundankern (Fixing formed with resin anchors), *Betonwerk + Fertigteil – Technik*, Vol.**12**, p. 686-692.
- Eligehausen R., Cook R. A. and Appl J.**, 2006, Behavior and Design Adhesive Bonded Anchors, *ACI Structural Journal*, Vol. **103**, No.6, p. 822-831.
- 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, p. 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*, Vol.100, No.3, 246-252.
- Gesoğlu M., Özturan T., Özel M. and Güneyisi E.**, 2005, Tensile Behavior of Post-Installed Anchors In Plain and Steel Fiber-Reinforced Normal- and High Strength Concretes, *ACI Structural Journal*, Vol.**102**, No.2, p. 224-231.

- Goto, Y., Obata, M., Maeno, H., Kobayashi, Y.,** 1993, Failure mechanism of new bolt-type anchor bolt subject to tension, *Journal of Structural Engineering*, American Society of Civil Engineers ASCE, Vol.119, No.4, p. 1168-1197.
- Gürbüz T.,** 2007, Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajların aksenal çekme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 226 s.
- Gross, J.H., Klingner, R.E. ve Graves, H.L.,** 2001, Dynamic behavior of single and double near-edge anchors loaded in shear, *ACI Structural Journal*, September-October, 665-676.
- Higgins, C.C. ve Klingner, R.E.,** 1998, Effects of environmental exposure on the performance of cast-in-place and retrofit anchors in concrete, *ACI Structural Journal*, Vol.95, No.5, p. 506-517.
- Kaltakçı M.Y., Arslan M.H., Yavuz G.,** 2010, Effect of internal and external shear wall location on strengthening weak RC frames, *Scientia Iranica*, Vol.17, No.4, pp. 312-323.
- Kaplan, H., Yılmaz, S., Binici, H., Yazar, E., Çetinkaya, N.,** 2003, Turkey Bingöl earthquake: damage in reinforced concrete structures engineering failure analysis, (2004) p. 279-291.
- Kaya Y.,** 2007, Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılabilir kısmı bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların aksenal çekme davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 185 s.
- Lotze, D., Klingner, R.E. ve Graves, H.L.,** 2001, Static behavior of anchors under combinations of tension and shear loading, *ACI Structural Journal*, Vol.98, No.4, p. 525-536.
- Mazlıgüney, L.,** 2007, Tensile behavior of chemically bonded post-installed anchors in low-strength reinforced concretes, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98 s.
- McVay, M., Cook, R. A. and Krishnamurthy, K.,** 1996, Pullout simulation of postinstalled chemically bonded anchors, *Journal of Structural Engineering*, Vol.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.
- Özkul, H., Mutlu M. ve Sağlam A.R.,** 2001, Beton Ankrajları, Sika Teknik Bülten, Vol. 4, p. 1-11 .
- Özturan, T., Gesoğlu M., Özel M. ve Güneyisi E.,** 2004, Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları, İMO Teknik Dergi, p. 3105-3124.
- Peier W. H.,** 1983, Model for pullout strength of anchors in concrete, *Journal of Structural Engineering*, American Society of Civil Engineers ASCE, Vol.109, No.5, p. 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*, Vol.**94**, No.5, p. 583-594.
- Seyhan E. C., 2006,** Kimyasal ankrajların davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 191 s.
- Shirvani, M., Klingner R.E. ve Graves H.L., 2004,** Breakout capacity of anchors in concrete-part 1: tension, *ACI Structural Journal*, Vol.101, No.6, p. 813-820.
- Yılmaz, S., Çalışkan Ö., Kaplan H., Kırac N., 2010,** Kimyasal ankrajların dayanımını etkileyen faktörler, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Vol.**23**, No.1, p. 123-134.
- Yılmaz, S., Kaplan H., 2009,** Epoksi Ankraj Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gerekli Konular, İMO Denizli Bülten, No.60: p. 46-48.
- 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, p. 222-230.

ÖZGEÇMİŞ

**VESİKALIK
FOTO**

Ad Soyad: Muhammet Ali ÖZEN

Doğum Yeri ve Tarihi: Denizli - 1984

Adres: Muğla Üniversitesi Mühendislik Fakültesi – Kötekli / Muğla

Lisans Üniversite: Pamukkale Üniversitesi

Yayın Listesi: