T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKRAJ ÇUBUKLARININ ÇEKME DAVRANIŞLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

M. Fatih SANSAK

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ danışmanlığında, M. Fatih SANSAK'ın hazırladığı "**Ankraj Çubuklarının Çekme Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi**" konulu bu çalışma 17/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ

Üye : Prof. Dr. Ziraddin MAMMADOV

Üye : Prof. Dr. M. Arif GÜREL

Bu Tezin İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylıyorum.

Doç. Dr. H. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 16110

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1. Konu 1
1.2. Tezin Amacı 1
1.3. Tezin Kapsamı 2
1.4. Ankrajlar 2
1.4.1. Sertleşmiş betona yapılan ankrajlar 5
1.4.1.1. Bağ tipi ankrajlar 5
1.4.1.1.1. Kimyasal bağlı ankrajlar 5
1.4.1.1.2. Harçlı ankrajlar 10
1.4.1.2. Mekanik ankrajlar 11
1.4.2. Taze betona yapılan ankrajlar 12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 13
2.1. Ankraj Davranışları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar 13
3. MATERYAL ve YÖNTEM 22
3.1. Materyal 22
3.1.1. Agrega granülometrisi ve elek analizi 22
3.1.2. Çimentonun özellikleri 23
3.1.3. Karışım suyu 24
3.1.4. Betonun hazırlanması 24
3.1.5. Taze betona yapılan deneyler 25
3.1.5.1. Çökme (Slump) deneyi 25
3.1.6. Sertleşmiş beton üzerine yapılan deneyler 26
3.1.6.1. Betonun basınç dayanımının belirlenmesi 26
3.1.6.2. Betonun çekme dayanımının belirlenmesi 27
3.1.6.3. Betonun elastisite modülünün belirlenmesi 28
3.1.7. Ankraj uygulanacak beton numunelerin üretimi 30
3.1.8. Ankraj çubukları 33
3.1.9. Kimyasal yapıştırıcı 36
3.2. Yöntem 38
3.2.1. Deney parametreleri 38
3.2.2. Deney düzeneği 42
3.2.3 Ankraj uygulanmış numunelerin üretilmesi 44
3.2.3.1. Ankraj donatılarının hazırlanması 44
3.2.3.2. Ankraj deliklerinin hazırlanması 45
3.2.3.3. Ankraj deliklerinin temizlenmesi 46
3.2.3.4. Ankraj donatılarının ekimi 47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 49
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR 57
ÖZGEÇMİŞ 59
EKLER 60
Ek 1 Taze Betona Yapılan Φ12 Çapındaki Ankraj Donatı Deneyleri 60
Ek 2 Taze Betona Yapılan Φ14 Çapındaki Ankraj Donatı Deneyleri 64
Ek 3 Sertleşmiş Betona Yapılan Φ12 Çapındaki Kimyasal Ankraj Donatı Deneyleri 69
Ek 4 Sertleşmiş Betona Yapılan Φ14 Çapındaki Kimyasal Ankraj Donatı Deneyleri 73

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANKRAJ ÇUBUKLARININ ÇEKME DAVRANIŞLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

M. Fatih SANSAK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ
Yıl: 2019; Sayfa:77

Bu çalışma kapsamında, mevcut yapı stoğunu güçlendirme çalışmalarında kullanılan sertleşmiş betona yapılan kimyasal ankrajlar ile taze betona uygulanan ankrajların eksenel çekme dayanımları araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan deneylerde, ankraj donatı cinsi, betona ait özellikler, ankraj gömülme derinliği, kimyasal yapıştırıcı cinsi gibi faktörler sabit tutulmuştur. Ankraj dayanımına etkisini bulmak istediğimiz ankrajın çapı, ankrajın galvanizle kaplı olması veya olmaması, ankrajın taze betona gömülmesi veya sertleşmiş betona kimyasal yapıştırıcı ile ekilmesi durumları incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, ankraj çapının artmasının ankraj dayanımını artırdığı ve kimyasal yapıştırıcı kullanılarak sonradan ekilen ankrajların taze betona yerleştirilen ankrajlara göre dayanımlarının önemli bir ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kimyasal ankraj, çekip çıkarma deneyi, ankraj, ankraj çekme dayanımı

ABSTRACT

MSc Thesis

EXPERİMENTAL INVESTIGATION OF PULL OUT BEHAVIORS OF ANCHORS BARS

M. Fatih SANSAK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ
Year: 2019, Page: 77

In this study, the axial tensile strength of the chemical anchors applied to the hardened concrete used to strengthen the existing building stock and the anchors applied to the newly poured concrete has been investigated. Factors such as the type of anchor reinforcement, concrete properties, anchor embedment depth, chemical adhesive type were kept constant in the experiments conducted for this purpose. To find the effect on anchor strength; the diameter of the anchor, the galvanization of the anchor or the absence of anchoring, embedding of the anchor in the new poured concrete or applied to the hardened concrete with chemical adhesive have been examined. As a result of the evaluations, it has been determined that the increase in the anchor diameter has increased the anchor strength and the strength of the anchors which are planted later by chemical adhesive have decreased significantly compared to the anchors placed in the newly poured concrete.

KEY WORDS: Chemical anchor, pullout experiment, anchor, the tensile strength of the anchor

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında desteğini, anlayışını ve sonsuz yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen danışmanım, çok kıymetli Sayın Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ ile Prof. Dr. Paki TURĞUT hocama ve bana her zaman güç veren, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme ve değerli arkadaşım Derman KAYAN'a teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Betona Yapılan Ankraj Türleri 3
Şekil 1.2. Taze betona yapılan ankrajlar 3
Şekil 1.3. Sertleşmiş betona sonradan ekilen ankrajlar 4
Şekil 1.4. Ankraj türleri 4
Şekil 1.5. Kimyasal bağlı ankrajlar ve bileşenleri 6
Şekil 1.6. Ankrajlarda Oluşan Farklı Yüklemeler 7
Şekil 1.7. Ankraj Donatısının Kopması 8
Şekil 1.8. Ankraj Donatısının Sıyrılması 8
Şekil 1.9. Betonun Konik Kopması 9
Şekil 1.10. Koni ile Sıyrılmanın Birlikte Oluşması 10
Şekil 1.11. Betonun Yarılması 10
Şekil 1.12. Harçlı Ankrajlar 11
Şekil 1.13. Mekanik ankrajlar 11
Şekil 1.14. Taze betona yapılan ankrajlar (ACI Committee 355, 1991). 12
Şekil 3.1. Numunelerinin Üretilmesinde Kullanılan Agreganın Granülometrik Eğrisi 23
Şekil 3.2. Çimento 24
Şekil 3.3. Çökme Deneyi 25
Şekil 3.4. Basınç Dayanımı Deneyi 26
Şekil 3.5. Silindir Yarma Deneyi 27
Şekil 3.6. Başlıklanan Numuneler 28
Şekil 3.7. Şekil Değiştirmeler ve Gerilmelerin Belirlenmesi 29
Şekil 3.8. Ankraj Çubuğu Ekilmiş Numuneler 30
Şekil 3.9. Betoniyerde Betonun Hazırlanması 31
Şekil 3.10. Hazırlanan Betonun Küp Numunelere Dökülmesi 31
Şekil 3.11. Beton Dökümü ve Vibrasyon 32
Şekil 3.12. Küre Bırakılan Küp Numuneler 32
Şekil 3.13. Kür Havuzuna Konulan Numuneler 33
Şekil 3.14. Çelik Çekme Deneyi 34
Şekil 3.15. Φ12 Gerilme-Şekildeğiştirme Grafiği 35
Şekil 3.16. Φ14 Gerilme-Şekildeğiştirme Grafiği 35
Şekil 3.17. Galvanizle kaplanmış donatı çeliği 36
Şekil 3.18. Kimyasal Yapıştırıcı 37
Şekil 3.19. Tam bağlı ve Kısmi Bağlı Ankraj Detayı 40
Şekil 3.20. Kimyasal Ankraj Numuneleri 41
Şekil 3.21. Taze Beton Numuneleri 41
Şekil 3.22. Deney Düzeneği 42
Şekil 3.23. Deney Fotoğrafları 43
Şekil 3.24. Ankraj Donatıları 44
Şekil 3.25. Ankraj Deliklerinin Hazırlanması 1 45
Şekil 3.26. Ankraj Deliklerinin Hazırlanması 2 46
Şekil 3.27. Ankraj Deliklerinin Temizlenmesi 46
Şekil 3.28. Ankraj Donatıları Ekimi 48
Şekil 4.1. Φ12 ve Φ14 donatı çapının ankraj dayanımına etkisi 50
Şekil 4.2. Φ12E ve Φ14E donatı çapının ankraj dayanımına etkisi 51
Şekil 4.3. Φ12 ve Φ12G galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi 51
Şekil 4.4. Φ14 ve Φ14G galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi 52
Şekil 4.5. Φ12 ve Φ12GE galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi 52
Şekil 4.6. Φ14E ve Φ14GE galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi 53
Şekil 4.7. Ortalama ankraj dayanımları 54

Şekil Ek 1. (Φ12) .1 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 60
Şekil Ek.2. (Φ12) .2 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 61
Şekil Ek.3. (Φ12) .3 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 62
Şekil Ek 4. (Φ12) .G.4 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 62
Şekil Ek 5. (Φ12) .G.5 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 63
Şekil Ek 6. (Φ12) .G.6 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 64
Şekil Ek 7. (Φ14) .7 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 65
Şekil Ek 8. (Φ14) .8 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 65
Şekil Ek 9. (Φ14) .9 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 66
Şekil Ek 10. (Φ14) .G.10 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 67
Şekil Ek 11. (Φ14) .G.11 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 68
Şekil Ek 12. (Φ14) .G.12 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 68
Şekil Ek 13. (Φ12) .E.1 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 69
Şekil Ek 14. (Φ12) .E.2 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 70
Şekil Ek 15. (Φ12) .E.3 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 71
Şekil Ek 16. (Φ12) .E.G.4 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 71
Şekil Ek 17. (Φ12) .E.G.5 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 72
Şekil Ek 18. (Φ12) .E.G.6 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 73
Şekil Ek 19. (Φ14) .E.7 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 74
Şekil Ek 20. (Φ14) .E.8 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 74
Şekil Ek 21. (Φ14) .E.9 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 75
Şekil Ek 22. (Φ14) .E.G.10 Numunesine Ait Yük-Yer değiştirme Grafiği 76
Şekil Ek 23. (Φ14) .E.G.11 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 77
Şekil Ek 24. (Φ14) .E.G.12 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Elek Analizi 23
Çizelge 3.2. Beton Karışım Oranları 24
Çizelge 3.3. Taze Beton Çökme Deneyi Sonuçları 25
Çizelge 3.4. Beton Küp Numunelerin Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları 27
Çizelge 3.5. Beton çekme dayanımları 28
Çizelge 3.6. Statik Elastisite Modülü Sonuçları 29
Çizelge 3.7. Teknik Özellikler 37
Çizelge 4.1. Deney Numunelerinden Elde Edilen Ankraj Dayanımları 49
Çizelge Ek 1. (Φ12) .1 Numunesine Ait Veriler 60
Çizelge Ek.2. (Φ12) .2 Numunesine Ait Veriler 61
Çizelge Ek.3. (Φ12) .3 Numunesine Ait Veriler 61
Çizelge Ek.4. (Φ12) .G.4 Numunesine Ait Veriler 62
Çizelge Ek.5. (Φ12) .G.5 Numunesine Ait Veriler 63
Çizelge Ek 6. (Φ12) .G.6 Numunesine Ait Veriler 64
Çizelge Ek 7. (Φ14) .7 Numunesine Ait Veriler 64
Çizelge Ek 8. (Φ14) .8 Numunesine Ait Veriler 65
Çizelge Ek 9. (Φ14) .9 Numunesine Ait Veriler 66
Çizelge Ek 10. (Φ14) .G.10 Numunesine Ait Veriler 67
Çizelge Ek 11. (Φ14) .G.11 Numunesine Ait Veriler 67
Çizelge Ek 12. (Φ14) .G.12 Numunesine Ait Veriler 68
Çizelge Ek 13. (Φ12) .E.1 Numunesine Ait Veriler 69
Çizelge Ek 14. (Φ12) .E.2 Numunesine Ait Veriler 70
Çizelge Ek 15. (Φ12) .E.3 Numunesine Ait Veriler 70
Çizelge Ek 16. (Φ12) .E.G.4 Numunesine Ait Veriler 71
Çizelge Ek 17. (Φ12) .E.G.5 Numunesine Ait Veriler 72
Çizelge Ek 18. (Φ12) .E.G.6 Numunesine Ait Veriler 73
Çizelge Ek 19. (Φ14) .E.7 Numunesine Ait Veriler 73
Çizelge Ek 20. (Φ14) .E.8 Numunesine Ait Veriler 74
Çizelge Ek 21. (Φ14) .E.9 Numunesine Ait Veriler 75
Çizelge Ek 22. (Φ14) .E.G.10 Numunesine Ait Veriler 76
Çizelge Ek 23. (Φ14) .E.G.11 Numunesine Ait Veriler 76
Çizelge Ek 24. (Φ14) .E.G.12 Numunesine Ait Veriler 77

SİMGELER DİZİNİ

ACI	Amerikan Beton Kurumu
ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği
CCD	Kapasite Dizaynı
PÇ	Portland Çimento
TS	Türk Standartları
E	Elastisite Modülü
ε	Şekil Değiştirme
σ	Gerilme
f_c	Karakteristik Beton Basınç Dayanımı
f_{ct}	Beton Çekme Dayanımı
S420a	Sıcak Haddeleme İşlemi ile İmal Edilen Donatı
C	Beton Sınıfı

1. GİRİŞ

1.1. Konu

Ülkemizdeki mevcut yapılar incelendiğinde önceki yıllarda yapılmış olan betonarme yapıların deprem kuvvetlerine karşı dayanımlarının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu yapıların deprem kuvvetlerine karşı dayanımlarını artırmak için güçlendirme uygulamaları önemli bir konu haline gelmiştir. Güçlendirme uygulamalarında ankrajların farklı uygulama alanları vardır.

Mevcut yapıların onarım ve güçlendirme uygulamalarında yapıya yeni betonarme ve çelik eleman eklenmesi işlemlerinde kimyasal ankrajlar sıklıkla kullanılmaktadır. Kimyasal ankrajların tercih edilmesinde düşük maliyetli olması, yüksek yapışma dayanımı ve hızlı uygulanan bir yöntem olması etkilidir. Güçlendirme çalışmalarında uygulanan ankrajların farklı yükleme tipleri altında karşılaşacağı çekme, kesme ve çekme-kesme yüklemelerinde göstereceği davranış tasarımcı açısından önem arz etmektedir.

1.2. Tezin Amacı

Çalışmanın amacı, mevcut yapı stoğunun güçlendirme çalışmalarında uygulanan kimyasal ankrajlar yoluyla sertleşmiş betona gömülen nervürlü çelik ankraj donatısı ile mevcut yapılarda uygulanan taze betona gömülen nervürlü çelik donatısının betonda eksenel çekme etkisi altında göstereceği davranışın belirlenmesidir.

Ayrıca donatının korozyona karşı korunmasını sağlamak amacıyla sıcak daldırma yöntemiyle galvanizle kaplanmasının aderensa etkisi incelenmiştir.

1.3. Tezin Kapsamı

Tez kapsamında güçlendirme çalışmalarında en sık kullanılan kimyasal ankraj ile taze betona gömülen çeliğin eksenel çekme etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Bu kapsamda yapılacak deneylerde kullanılacak olan 15x15x15 küp betonların basınç dayanımları yaklaşık 32 MPa'dır. Ankraj donatısı uygulamalarında kullanılmak üzere S420a 12 ve 14 mm (Φ12 ve Φ14) nervürlü beton çeliği galvanizle kaplı ve galvanizsiz olarak 40 cm'lik parçalar halinde hazırlanmıştır. Deney kapsamında 24 adet küp beton dökülmüştür. Bu küp betonlardan, 12 adet taze betona ve 12 adet sertleşmiş betona toplamda 24 adet ankraj ekimi yapılmıştır. Ankraj filizlerinin ekiminden önce ankraj delikleri toz ve nemden arındırılmıştır. Kimyasal ankrajlarda yapıştırıcı olarak MasterFlow® 920AN epoksi kullanılmıştır. Hazırlanan bu numunelerin çekip çıkarma (pullout) deneyleri Harran Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuarında yapılmış olup; deneyler sonucunda ankrajların yük-yerdeğiştirme davranışları ve eksenel yük taşıma kapasiteleri incelenmiştir.

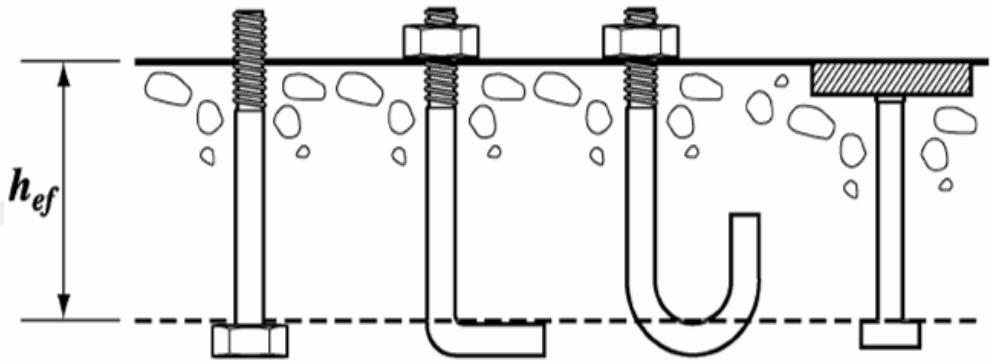
1.4. Ankrajlar

Amerikan Beton Kurumu (ACI), betona yapılan ankrajları Şekil 1.1.'de gösterildiği gibi yerleştirme zamanı ve şekilleri açısından betonlama esnasında yapılan (cast-in-place anchors) ve sertleşmiş betona sonradan yapılan (past-installed anchors) olarak iki ana gruba ayırmıştır (ACI Committee 355, 1991).



Şekil 1.1. Betona Yapılan Ankraj Türleri

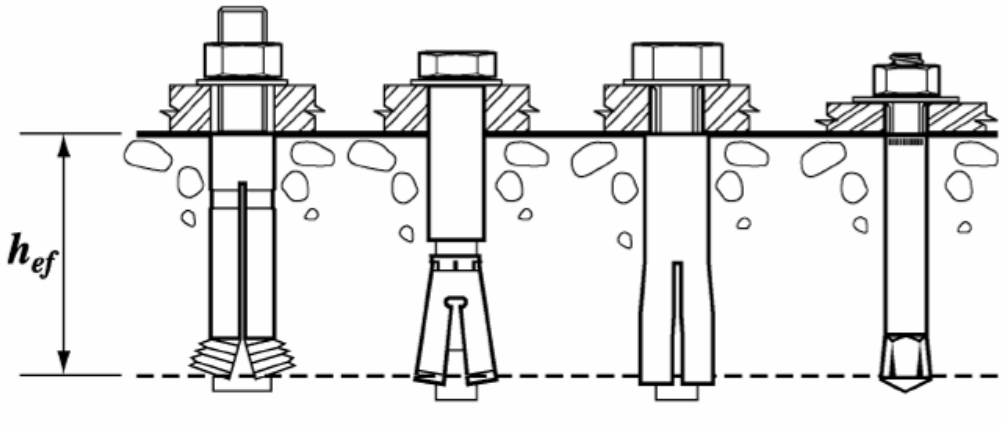
Taze betona yapılan ankrajlarda Şekil 1.2.'de gösterildiği gibi farklı kanca tipleri kullanılabilmektedir. Kanca tipinin seçiminde imalat kolaylığı ve yapılacak ankraj sayısı gibi faktörler etkili olmaktadır.



Şekil 1.2. Taze betona yapılan ankrajlar (ACI 318, 2005)

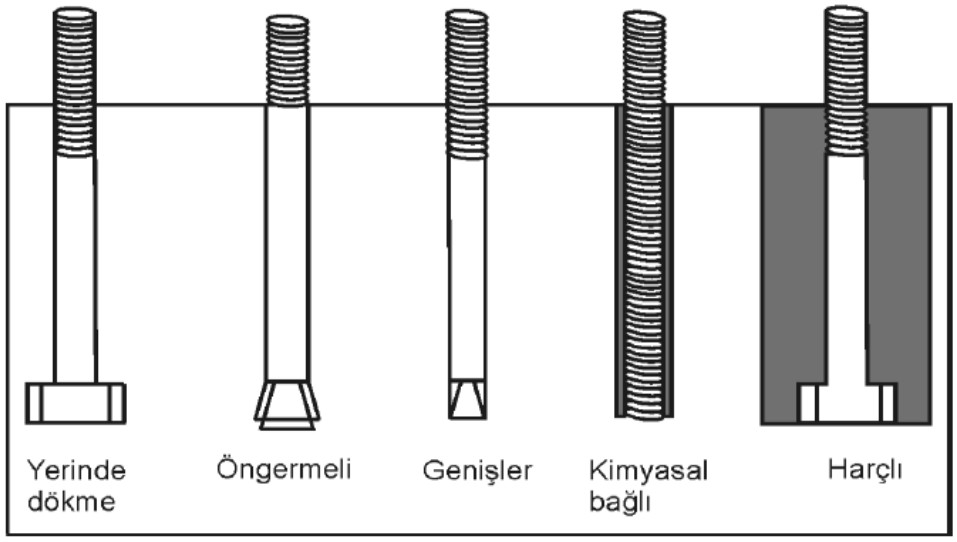
Sertleşmiş betona sonradan ekilen mekanik ankraj çeşitleri Şekil 1.3.'de gösterilmiştir. Uygulama kolaylığı nedeniyle piyasada tercih edilmektedir. Önceden açılan ankraj deliğine piyasada değişik firmalar tarafından üretilen çalışma şekilleri bakımından farklı türden bir çok çeşidi mevcuttur.

Önceden açılan ankraj deliğine sokularak yerleştirilen ankrajlar cıvatalarının sıkıştırılmasıyla birlikte şişerek ankraj deliğini kaplarlar. Böylece üzerlerine gelen kuvveti ankraj ile delik arasında oluşan sürtünme kuvvetleri vasıtasıyla taşımaktadırlar.



Şekil 1.3. Sertleşmiş betona sonradan ekilen ankrajlar (ACI 318, 2005)

Ankraj yapılma yöntemlerine ve çalışma şekillerine göre farklı ankraj türleri Şekil 1.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Ankraj türleri (ACI 318, 2005)

1.4.1. Sertleşmiş betona yapılan ankrajlar

Sertleşmiş betona yapılan ankrajlar daha çok onarım ve güçlendirme işlerinde kullanılmakta ve mevcut taşıyıcı sisteme yeni betonarme elemanlar eklenmesine imkan verecek şekilde kullanılmaktadır. Bu tür ankrajlar betona açılan silindir şeklindeki deliğe yerleştirilen ve genişleyen 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).

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

1.4.1.1. Bağ tipi ankrajlar

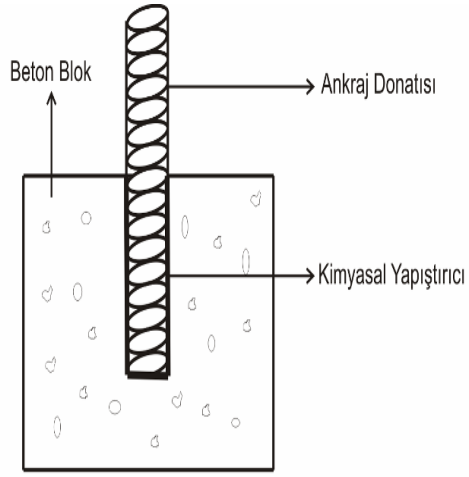
1.4.1.1.1. Kimyasal bağlı ankrajlar

Kimyasal ankrajlar Şekil 1.5.'de gösterildiği üzere, ankraj donatısı, beton blok ve kimyasal yapıştırıcı olmak üzere üç ana bileşenden oluşur. Kimyasal ankrajlar, etkisi altında oldukları kuvveti ankrajın bağlı bulunduğu derinlik boyunca oluşan aderans gerilmeleriyle aktarırlar.

Kimyasal ankrajların uygulamasında betona daha önceden dizayn edilen ankraj boyu kadar derinlikte delik açılır ve tamamen kimyasal yapıştırıcı ile doldurulup ankraj donatısı yavaş bir şekilde döndürülerek ekilir. Ankraj donatısı ile betonun derinlikte çalışmasını, bağlayıcı madde görevini sağlayan kimyasal yapıştırıcı sağlar. Kimyasal ankrajlar, maliyet ve uygulama kolaylığı yönünden en çok tercih edilen ankraj türüdür.

Kimyasal ankraj uygulamaları yapılırken ankraj davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan parametrelere özen gösterilmesi uygulamacı ve tasarımcı açısından önem arz etmektedir. Kimyasal ankraj davranışını etkileyen faktörleri; ankraj

çubuğunun dayanımı, ankraj çubuk çapı, ankraj delik çapı, ankraj deliği derinliği, ankraj deliğinin ıslak, nemli ve kuru olması, ankraj deliğinin tozlu veya temiz olması, betonun basınç ve çekme dayanımı, kimyasal yapıştırıcının türü ve özelliği, ankrajlar arası mesafe, yükleme tipi ve hızı, kısa kür süresi olarak sıralayabiliriz.



Şekil 1.5. Kimyasal bağlı ankrajlar ve bileşenleri

Kimyasal ankrajlarda, donatı-epoksi ara yüzeyindeki veya beton-epoksi ara yüzeyindeki tutunmayı sağlayan kayma gerilmelerine aderans denir. Kimyasal ankrajlarda aderansın bileşenlerini; epoksi ile beton arasındaki sürtünme, epoksi ile çelik arasındaki sürtünme, epoksi ile beton arasında oluşan kimyasal bağ, epoksi ile çelik arasındaki kimyasal bağ ve çelik üzerindeki mekanik diş kuvvetleri olarak sayabiliriz (Gürbüz, 2007).

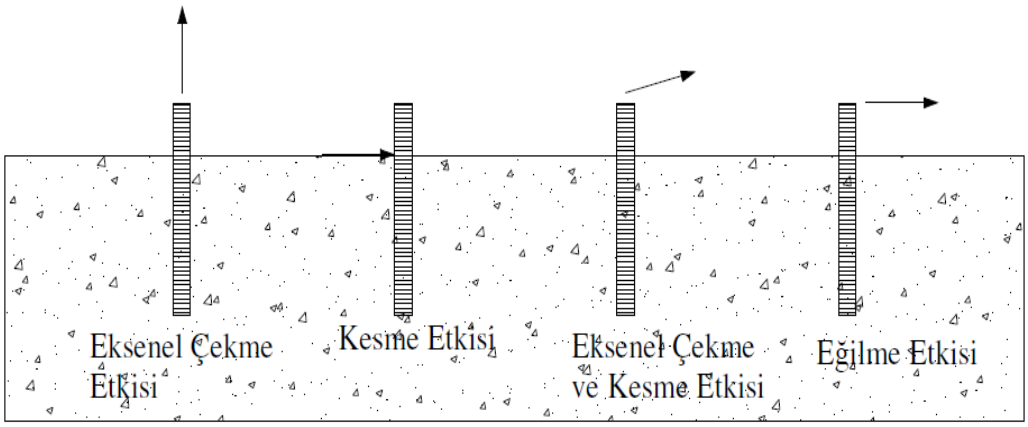
Güçlendirme amacıyla kullanılan kimyasal ankrajların dizayn aşamasında farklı yükleme tipleri (eksenel çekme, kesme, eğilme) altındaki ankraj davranışının bilinmesi gerekir.

ACI 355.2-07'de tanımlanan ankrajların etkisinde kaldığı yükleme tipleri Şekil 1.6.'da gösterilmiştir. Bunlar sırasıyla;

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

▪ Eğilme etkisi altındaki ankrajlar

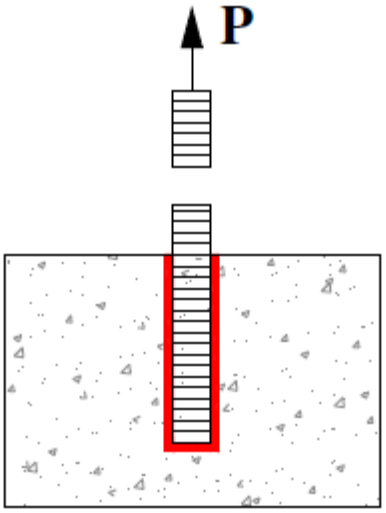
olarak guruplandırabilirler.



Şekil 1.6. Ankrajlarda Oluşan Farklı Yüklemeler

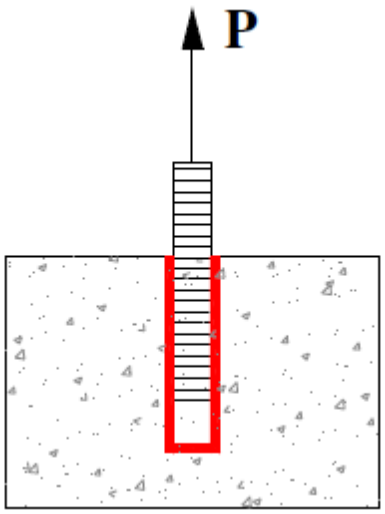
Eksenel çekme etkisindeki kimyasal ankrajlar, göçme mekanizmalarının oluşumuna göre beş şekilde sınıflandırılabilirler (Cook 1993, Eligehausen vd., 1984, ACI355, 2007).

1. Ankraj donatısının kopması Şekil 1.7.'de gösterildiği gibi kimyasal yapıştırıcı ve beton kalitesi yüksek olan küçük donatı çaplı derin ankrajlarda rastlanılmaktadır. Ankraj donatısının akması kimyasal ankrajlarda tasarımcılar tarafından istenilen bir davranıştır (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993).



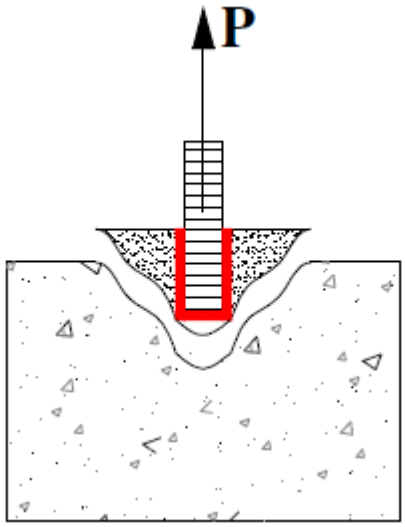
Şekil 1.7. Ankraj Donatısının Kopması

2. Ankraj donatısının sıyrılması Şekil 1.8.'de gösterildiği gibi donatının ankraj deliğinden sıyrılarak çıkmasıdır. Kimyasal ankrajlarda ankraj deliğinde meydana gelen yapışma dayanımının son bulması ile sıyrılma başlar. Yapışma dayanımı düşük kimyasalların kullanılması yada uygulama anında yüzey temizliğinin yapılmaması, eksik kür gibi durumlar sonucunda bu tip göçme meydana gelebilir (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993).



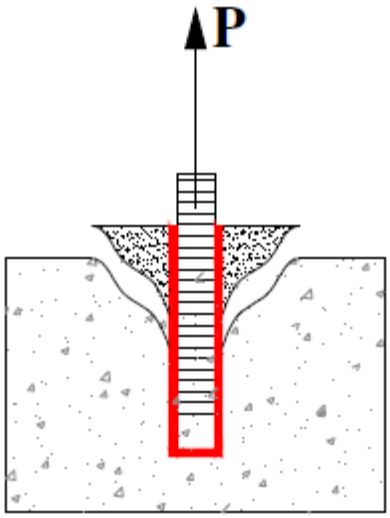
Şekil 1.8. Ankraj Donatısının Sıyrılması

3. Betonun konik kopması Şekil 1.9.'da gösterildiği gibi eksenel çekme anında yeterli derinliğe sahip olmayan ankrajlarda betonda oluşan çekme gerilmelerinin beton çekme dayanımına karşı koymadığı durumlarda meydana gelir (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993). Beton dayanımı düştükçe koni derinliği artmakta, ankraj dayanımı düşmektedir (Eligehausen, R., Malee, R., Rehm, G., 1984).



Şekil 1.9. Betonun Konik Kopması

4. Koni ile sıyrılmanın birlikte oluşması Şekil 1.10.'da gösterildiği gibi ankraj derinliğinin 50-75 mm'den daha derin olduğu ankrajlarda beton konisi ile sıyrılmanın birlikte gerçekleştiğinin Cook (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993) yaptığı çalışmada göstermiştir.



Şekil 1.10. Koni ile Sıyrılmanın Birlikte Oluşması

5. Betonun yarılması Şekil 1.11.'de gösterildiği gibi ankrajların birbirilerine ya da serbest kenarlara yakın olduğu ve taban elemanın derinliğinin sığ olduğu durumlarda görülür.

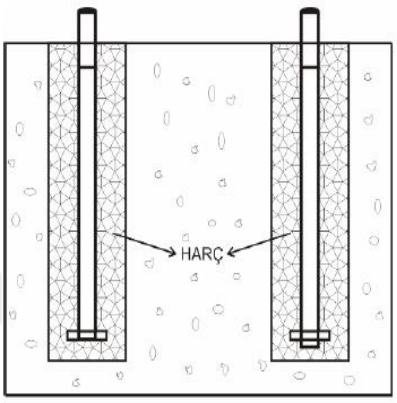


Şekil 1.11. Betonun Yarılması

1.4.1.1.2. Harçlı ankrajlar

İstenen dayanımı vermemelerine rağmen güçlendirme uygulamalarında kullanılabilmektedir. Kimyasal ankrajlarda kullanılan kimyasal yapıştırıcı yerine

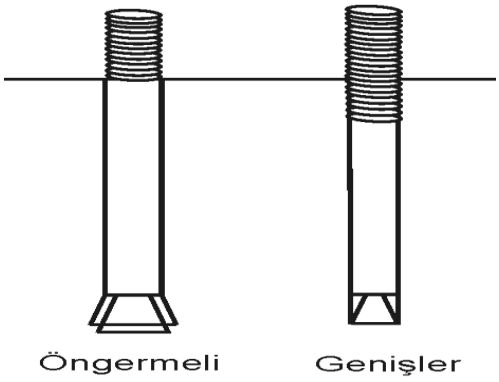
Şekil 1.12.'de görüldüğü gibi harç kullanılarak uygulanır. Harçlı ankrajlar kimyasal ankrajlara göre daha ucuz olmalarına rağmen düşük çekme dayanımları, düşük basınç dayanımları ve yetersiz bağ kuvvetleri ile dezavantajlı hale gelirler. Harçlı ankraj uygulamalarında ankraj deliği ankraj çapından 4-5 mm fazla olacak şekilde açılmaktadır.



Şekil 1.12. Harçlı Ankrajlar

1.4.1.2. Mekanik ankrajlar

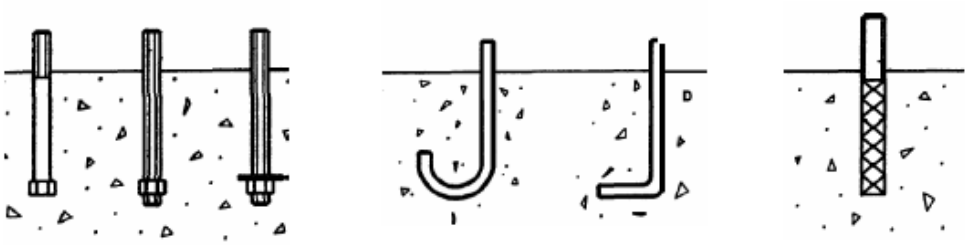
Ucu genişler ve ön germeli olmak üzere Şekil 1.13.'de görüldüğü gibi iki çeşidi bulunmaktadır. Etkisi altında oldukları yükü ankraj deliğinin tamamında meydana gelen sürtünme ve kilitlenme mekanizmaları yoluyla betona aktarırlar.



Şekil 1.13. Mekanik ankrajlar

1.4.2. Taze betona yapılan ankrajlar

Taze betona yapılan ankrajlar Şekil 1.14.'de görüldüğü gibi çoğunlukla betonarme ile çelik elemanlarının birleştiği durumlarda uygulanmaktadır. Taze betona yapılan ankrajların tasarımında sünek davranış göstermeleri amacıyla beton güç tükenmesine ulaşmadan ankraj donatısının akması istenir (Cook, R. A., Collins, D. M., Klinger, R., Polyzois, D., 1992).



Şekil 1.14. Taze betona yapılan ankrajlar (ACI Committee 355, 1991).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Ankraj Davranışları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

1970'de Ankrajlar ile ilgili kullanılabilecek ilk tasarım standardı çıkmıştır. ACI 349 ve PCI Design Handbook bu yayını referans olarak kabul etmelerine rağmen, bu iki yayın betona sonradan yerleştirilen ankraj türlerini kapsamamaktadır. Bu yayınlar sadece betonlama işleminden önce sertleşmemiş betona yerleştirilen ankraj türlerini kapsamaktadır. Ancak ACI 318 Appendix D, her iki mekanik ankraj türünü kapsamaktadır. Konu ile ilgili yapılan yeni araştırmalar kimyasal ankrajların tasarım şartnamelerinin gelişmesine katkıda bulunmuştur Zamora vd. (2003).

Ankrajların çekme dayanımlarını belirlemek amacıyla tekil ankrajların statik davrandıkları kabul edilerek matematiksel bir metod geliştirmiştir. Bu geliştirilen matematiksel metod ile çalışmalarında kullandığı genişler ve kimyasal ankrajların çekme davranışı üzerindeki verileri karşılatırmış ve bu verilerin birbiriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir Peier (1983).

Yapılan çalışmada sertleşmemiş betona ve sertleşmiş betona uygulanan ankrajların yük-deplasman davranışlarının yanı sıra statik ve yorulma yükleri altındaki davranışlarını ve tasarım metotlarını incelemişlerdir. Farklı çaptaki donatılara değişik çekme-yükleme koşullarında 178 adet kimyasal, harçlı, genişleyen ve öngermeli ankraj çeşitleri üzerinde testler yapmışlardır. Çalışma kapsamında yükler altında ankraj davranış modları tespit etmişlerdir Cook vd. (1992).

Yapılan bu çalışmada kimyasal bağlı ankrajların çekme dayanımlarını saptamak için oransal tasarım önerileri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu tasarım önerileri dayanım testlerinde gözlenen bütün göçme durumlarını (beton koni göçmesi, bağ göçmesi ve bağ-koni birlikte göçtüğü modlar) içerir. Tasarım önerileri iki farklı üniversitede yapılan toplam 280 adet deney sonucuyla elde edilen

önerilerdir. Test sonuçları ve gözlenen göçme modlarının bağdaşması ile tasarım önerilerinin oransal analize uygunluğu gözlenmiştir Cook (1993).

Yaptıkları bu çalışmalarda taze betona yerleştirilen başlıklı vida veya bulonlar veya sertleşmiş betona sonradan ekilen (ankre edilen) çelik ankrajlar için beton kapasitesi tasarımı yaklaşımı olarak isimlendirilen bir metot önermişler ve bu yaklaşımı ACI 349-85 ile kıyaslamışlardır. Ankrajların kenar mesafesi, ankraj grupları, çekme yüklemesi ve kesme yüklemesi gibi parametreler ele alınmıştır. Veri tabanı, Avrupa ve Amerika'da testi yapılan 1200 test sonucudur. Tetkik edilen testlerin tamamında CCD metodunun beton göçme yükünün tahmini için uygun sonuçlar verdiğini ve ACI 349'daki tahminlerin ise tutarsız olduğunu ifade etmişlerdir. ACI 349'un kullanımının uygun olmayıp, CCD metodunun tasarımda kullanılmasının daha uygun olacağına kanaat getirmişlerdir Fuchs vd. (1995).

Epoksi esaslı kimyasal bağlayıcılar kullanarak beton basınç dayanımı 39 ile 43,4 MPa arasında olan deney numunelerinde 16 mm çaplı vidalı çubuk 4 farklı derinlikte (70, 102, 127, 152 mm) çekme testi yapılarak deneysel ve konik göçmenin kimyasal yapıştırıcı ile beton ara yüzündeki yapışma yüzeyinden başlayarak bölgesel göçmeler halinde yüzeye doğru yayıldığını belirleyen sayısal çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların birbiri ile bağdaştığı tespit edilmiştir McVay vd. (1996).

Yaptıkları çalışma çerçevesinde sertleşmemiş betona ankre edilen ankrajlar ile yüksek dayanımlı betonlara ankre edilen ankrajların çekme davranışını araştırmışlardır. Yüksek dayanıma sahip betonlarda (beton basınç dayanımı 51,7 MPa ve 82,7 MPa) önceden ve sonradan yerleştirilen öngermeli ankrajlar için yük-deformasyon ilişkisi, çekme kapasitesi ve göçme koni geometrisi üzerine çalışmışlardır. Sertleşmemiş betona ankre edilen ankrajlardaki gömülme derinlikleri 102 mm, 152 mm ve 203 mm iken; sertleşmiş betona ankre edilen öngermeli ankrajlar için ise 203 mm derinlik seçmişlerdir. 102 mm derinlikteki sertleşmemiş betona yapılan ankrajlar için çekme kapasitesinin yüksek basınç dayanımına sahip betonlarda artmazken; 152 mm ve 203 mm derinlikte sertleşmemiş ve sertleşmiş

betona yerleştirilen ankrajlar için ise çekme kapasitesinin yüksek basınç dayanımına sahip betonlarda arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bulmuş oldukları sonuçların 45˚ koni modeliyle ters düştüğünü fark etmişlerdir Primavera vd. (1997).

Kimyasal ankrajların yapışma (bağ) dayanımına etki eden faktörleri detaylı bir şekilde inceleyen bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışma 12 farklı üreticiden temin edilen, 20 farklı üründe 765 deneyi kapsamaktadır. Ürünlerin 6'sı ester bazlı ve 14'ü epoksi esaslı kimyasallardır. Tüm kimyasalların ortalama dayanımı 15,4 MPa iken; ester bazlı ürünlerin 8,3 MPa ve epoksi esaslı ürünlerin 18,4 MPa'dır. Beton olarak ise çalışmada 17,2 MPa ve 37,9 MPa basınç dayanımına sahip beton kullanılmıştır. Referans yapışma dayanımı olarak temizlenmiş ve kuru deliklere ekilen ankrajların oda sıcaklığındaki dayanımları dikkate alınmıştır. Sıcaklığın ankraj dayanımındaki etkisini belirlemek için oda sıcaklığı ve 43˚ olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ankraj çekme deneyleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda nemli yüzeye yapılan ankrajlardaki dayanım referans bağ dayanımının %77'si kadardır. Islak yüzeylerde oluşan dayanım oranı ise %43'e kadar gerilemiştir. Tozlu deliklerde bu dayanım %71'dir. 24 saat içerisinde ankrajların yapışma dayanımlarının %88'ini kazandığı belirlenmiştir. Beton dayanımının artmasının az da olsa bağ dayanımını arttırdığı görülmüştür Cook ve Konz (2001).

Çekme yüküne maruz kimyasal ankrajlar üzerinde çalışmışlardır. Koni, bağ ve koni-bağ göçme modları altındaki dinamik nihai dayanımının yükleme oranının etkisini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında ortalama dayanımları 32 MPa olan betonlar kullanılmıştır. Ankrajın gömülme derinliği olarak 40, 65, 70, 90 ve 120 mm belirlenmiş olup, toplamda 92 adet test yapmışlardır. Sonuç olarak yükleme oranının artmasının nihai koni direnci ve bağ dayanımını artırdığını gözlemlemişlerdir Fujikake vd. (2003).

Sertleşmiş betona yerleştirilen ankrajların statik çekme, tekrarlı çekme ve statik kesme yüklemesi altındaki yük-deplasman davranışları ile yük taşıma kapasitelerini ve göçme modlarını araştırmak için 130 adet deneyi kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışma çerçevesinde kimyasal, lif katkılı normal ve yüksek dayanımlı beton bloklar kullanmışlardır. Sonuç olarak ankrajlar arası uzaklık ve kenar

uzaklıkları için ASTM E 488'de verilen minimum değerlerini derin ankrajlar için yeterli, sığ ve orta derinlikteki ankrajlar için yetersiz olduğu gözlenmiştir. Statik çekme yükleri altındaki kimyasal ve harçlı ankrajların taşıma kapasiteleri beton basınç dayanımının artmasıyla ortalama %30 oranında artarken, genişleyen tip mekanik ankrajlarda ise bu oran nispeten daha azdır. Ekme boyunun artmasıyla statik çekme yükleri altındaki sığ kimyasal ankrajların çekme yükü doğru orantılı olarak artarken, derin ankrajların göçme yüklerinde daha az oranda artış olduğu belirlenmiştir Özturan vd. (2004).

Sertleşmemiş betona ve sertleşmiş betona uygulanan mekanik ankrajların çekme etkisi altında beton kopma gücünü belirlemek amacıyla bir çalışma üzerinde inceleme yapmışlardır. Çalışma kapsamında yapay sinir ağları modelini kullanarak oluşturulan yapay sinir ağının giriş katmanında, parametre olarak ankrajların gömülme derinliğini, çapını, yerleştirme sistemini ve beton dayanımını belirten düğümler oluşturulmuştur. Bu ağların çıkış katmanı ise betonun koparma gücünü oluşturan çekme kapasitesini simgeleyecek şekilde planlanmıştır. Bu ağ modeli daha önce laboratuvarda yapılan 451 adet deney verileri kullanılarak eğitilmiştir. Eğitilen yapay sinir ağı test edilerek deney tahminlerinin mekanik ankrajlar için iyi denecek tahminler olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak ankraj çapının beton koparma dayanımına etkisinin ihmal edilebileceği belirlenmiştir. Sertleşmemiş ve sertleşmiş betona ankre edilen ankrajların beton koparma gücünün efektif gömülme derinliğinin ortalama olarak 1,5 katı olduğu tespit edilmiştir. Bu ağ modeliyle elde edilen tahminler ile ACI 318-02 Appendix D'deki formüller ile bağdaştığı gözlenmiştir Ashour ve Alqedra (2005).

Kimyasal ankrajların çekme kapasitelerini saptamak için yapay sinir ağları metodunu kullanmışlardır. ACI Committee 355 tarafından gerçekleştirilen deneylerle oluşturulmuş ve sanal ortamda yer alan kimyasal ankraj veri tabanı kullanılarak bu ağ metodu doğrulanmıştır. Çalışma kapsamında 20 ile 300 mm aralığında değişen gömme derinliğine sahip beton sınıfı C10 ve C60 aralığında değişen 9 beton kullanılmıştır. Sonuç olarak kimyasal ankrajların çekme kapasitesinin reçine türüne bağlı olduğu ve beton basınç dayanımının etkisinin doğrusal olduğu belirlenmiştir.

Ankraj çap ve gömülme derinliği ile ankrajların çekme kapasitesinin doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir Sakla ve Ashour (2005).

Çelik lifler kullanılarak güçlendirilmiş normal ve yüksek dayanımlı sertleşmiş betonlara ankre edilen ankrajların çekme kapasitelerini incelemişlerdir. Ankraj çapları 12 ve 16 mm olan, gömülme derinliği olarak 40 ile 160 mm aralığı seçilen 39 adet kimyasal ankrajlarda çekme deneyi gerçekleştirdiler. Harçlı ankrajlarda ise 16 mm çapında, 80, 120 ve 160 mm gömülme derinliğinde olan 18 adet deney yapmışlardır. Çalışma sonucunda çekme kapasitesinin artmasının beton basınç dayanımının artması ile paralel olduğu gözlemlenmiştir. Gömülme derinliğinin küçük olduğu 12 ve 16 mm çaplı kimyasal ve harçlı ankrajlar için ACI 349-85 metodunun ankraj kapasitesinde CCD metottan daha iyi olduğunu beyan etmişlerdir Gesoğlu vd. (2005).

Bu çalışmada düşük dayanımlı betonlara (C16 sınıfı) ekilen ve parametreler olarak kimyasal yapıştırıcı, donatı çapı, ankraj derinliği, ankraj delik çapı ve ankraj deliklerinin hazırlanma yöntemleri belirlenmiştir. 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ derinliklerinde, Φ16 ve Φ20 donatı çaplarında, Φ+6 mm ve Φ+8 mm ankraj deliği çaplarında ve delik yüzeyi tam temizlenmiş, eksik temizlenmiş ve suya doygun-nemli 80 adet ankraj ekilmiş ve eksenel çekme yükleri altındaki davranışlarını gözlemlemiştir. Sonuç olarak ankraj davranışını etkileyen en önemli faktörlerden birinin kullanılan yapıştırıcı malzeme olduğunu ifade etmiştir. Ankraj derinliğinin artmasının dayanımı arttırdığı ve ankraj delik çapının artırılmasının derin ankrajlarda (derinlik > 10Φ) ankraj davranışı üzerinde sınırlı bir etki göstereceğini belirtmiştir Seyhan (2006).

Bu çalışmalar kapsamında dayanımları farklı olan iki beton blok farklı iki kimyasal yapıştırıcı kullanılarak ankraj donatı çapının (Φ16 ve Φ20) ve ankraj derinliğinin (6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ) parametre olarak incelendiği 24 adet ankraj çekip çıkarma (pullout) testleri yapmışlardır. Çalışmada göçme biçimlerini, eksenel yük kapasiteleri ve yük-yer değiştirme ilişkileri incelenmiştir. İki farklı kalitede basınç dayanımları 12 MPa ve 16 MPa olan düşük dayanımlı beton kullanmışlardır. Göçme esnasında beton konisi oluşumunu engellemeyecek deney düzeneği tasarlanmıştır.

M1 kimyasal yapıştırıcı ile yapılan deneylerde 6Φ'den daha derin ankrajlarda beton konisi ve ankraj sıyrılması birlikte gerçekleşirken, 6Φ derinliğindeki ankrajlarda betonun konik olarak göçmesi gözlemlenmiştir. M2 kimyasal yapıştırıcıda ise daha küçük bir çekme kuvvetinde sıyrılıp göçtüğü izlenmiştir. Genel anlamda M1 kimyasal yapıştırıcıda 9-10 MPa, M2 kimyasal yapıştırıcıda ise 4-5 MPa düzeyinde bir yapışma dayanımı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kimyasal yapıştırıcıların ankraj dayanımında önemli bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır Gürbüz, vd. (2007).

Hazırladığı bu tez çalışmasında güçlendirme ve onarım işlerinde çokça kullanılan kimyasal ankrajlarda ankraj deliği koşullarını ve ankraj deliğini parametre alarak araştırdığı bir takım eksenel çekme testleri yapmıştır. Ankraj yerleştirme detayı olarak kısmi bağlı ve tam bağlı ele alınmıştır. Çalışmada ankraj deliği çapını 22 mm ve ankraj çapını 16 mm olacak şekilde sabit tutmuş olup, beton basınç dayanımını 12,7 MPa olarak kabul etmiştir. Toplamda 85 adet 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ derinliklerinde ankraj numunesinin çekip çıkarma testini yapmıştır. Ankraj yerleştirme detayı olarak belirlediği kısmi ve tam bağlı ankrajlarda birbirinden farklı göçme tiplerinin meydana geldiğini gözlemlemiştir. Kısmi bağlı ankrajların tam bağlı ankrajlara oranla daha yüksek göçme dayanımına ulaştığını belirlemiştir. Temizlenen ankraj deliklerinin yük kapasitesinin temizlenmemiş ankraj deliklerine göre ortalama olarak %40'lara varan bir artış olduğu fark edilmiştir. Ankrajların göçme yüklerinin nemli yüzeylerde %30 oranda azaldığını saptamıştır. Deneylerde kullanılan kimyasal yapıştırıcının yapışma dayanımının üretici firmanın verdiği dayanımdan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir Gürbüz (2007).

Yapılan bu tez çalışmasında ankraj uygulamalarında çokça kullanılan epoksi bazlı kimyasal ankraj malzemesi ile 14 MPa basınç dayanımına sahip betonlarda kimyasal yapıştırıcı, ankraj donatı çapı (16 mm) ve delik çapı gibi parametreler sabit tutulup, farklı yüzey koşulları ve farklı ankraj derinliğindeki ankrajların eksenel çekme ve statik çekme yükleme altındaki davranışlarını araştırmıştır. Ankraj çapının katları şeklinde ankraj derinlikleri seçilmiştir. Çalışma kapsamında derinlik artınca tam bağlı ankraj numunelerinde göçme yükünün doğrusal olarak arttığı

gözlemlenmiştir. Kısmi bağlı olarak dizayn edilen ankraj numunelerinin hepsinde sıyrılma ile göçmenin meydana geldiği fark edilmiştir. Tam bağlı bir ankrajın aynı derinlikteki kısmi bağlı ankrajda iki kat daha az güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Ankraj derinliğinin beton plak kalınlığının %75'inden daha derin olmasının bir problem teşkil edebileceği ifade edilmiştir Kaya (2007).

Yapmış oldukları bu çalışmada kimyasal ankrajlarla ilgili literatürde bulunan çalışmalar taranarak ankraj dayanımını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Ankraj çapı, bağlayıcı cinsi, ekme boyu, ankrajların bağlılık durumu, ankraj kenar uzaklığı ve ankrajlar arası uzaklık, beton dayanımı, ankraj deliğinin temizliği, yüksek sıcaklık ve sünme, kısa kür süresi ve ankraj deliğinin nemlilik durumu gibi parametreler göz önüne alınarak ankraj performanslarını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda bağlayıcı cinsi ve ankraj deliğinin temizliğinin diğer tüm parametrelerden daha faza ankraj dayanımına etkisinin olduğu anlaşılmıştır Yılmaz vd. (2010).

Bu tez çalışmasında 12, 16 ve 20 mm çapındaki donatılar, donatı çaplarının 10, 15 ve 20 katı derinliklerinde 5, 10, 16, 20 ve 25 MPa basınç dayanımında olan betonarme bloklara ankre edilmiştir. Tersinir tekrarlı kesme yüklerine deplasman kontrollü piston aracılığı ile ankrajlar maruz bırakılmıştır. Bu hedefle tersinir yükler altında denenen 48 adet ankraj numunesi üretilmiştir. Elde edilen veriler ile ACI 318 Ek-D ve TS500 sürtünme kesmesi kıyaslanmıştır. Çalışmanın başka bir bölümünde güçlendirme amacıyla kimyasal ankrajlardan faydalanılmıştır. Mevcut çerçeve sistemlerinin dış perde duvar uygulaması ile güçlendirme yapılmasında mevcut sistemde 5, 10 ve 20 MPa, ek yapılan perde için 30 MPa basınç dayanımlı beton ve 6, 8 ve 10 mm'li ankraj çapları seçilmiştir. Testler sonucunda ankraj kesme kapasitesi üzerinde beton basınç dayanımının manidar bir etkisi gözlemlenmiştir. Gömülme derinliğinin 10 ve daha derin olduğu ankrajlarda kesme kapasitesine manidar bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Çap arttıkça ankraj kesme kuvvetinin arttığı ifade edilmiştir. Fakat, donatı çapının karesi donatı alanı ile orantılıdır. Bu yüzden ankraj çapındaki artışa orantılı olarak ankrajların taşıyabilecekleri nihai kesme gerilmeleri azalmıştır Çalışkan (2010).

Bu tez çalışmasında, 27 MPa ortalama basınç dayanımında olan beton temellere epoksi bazlı kimyasal yapıştırıcılar yoluyla 80 adet ankraj ekilerek çekme testi yapılmıştır. Bu ankrajlarda derinlik olarak çapın 5, 10, 15 ve 20 katı alınmış ve kenardan uzaklıkları ise çapın 5, 7.5, 10, 15 ve 20 katı olarak ekilmiştir. Yapılan testlerde yük-deplasman grafiklerinin çizimi için yük-deplasman değerleri ölçülmüş olup, hangi modda göçtükleri tespit edilmiştir. Ankraj çapı, kenar mesafeleri ve ekme derinliği parametrelerine göre değerlendirmeler yapılmıştır. Deney sonuçları ile ACI 318 Ek-D'nin öngördüğü kapasite ve tasarım dayanımları değerleri ile mukayese edilmiş ve güvenlik katsayıları bulunmuştur. Yapılan çalışma neticesinde çekme kuvvetinin doğru orantılı olarak ankraj çapı ve kenar mesafesi arttıkça arttığı ve ankraj ekme derinliğinin çapın 15 katına kadar arttığı devamında ise azaldığı gözlemlenmiştir. Güvenlik katsayısının ise çap artışıyla azaldığı görülmüştür Aydoğan (2015).

Çalışma kapsamında farklı miktarlarda donatı yerleştirilmiş ve etriye aralığı farklı olan 4 adet kolon üretilerek ankraj yapılan yapı elemanlarındaki donatı miktarının ankrajın dayanımına olan etkisi incelenmiştir. Kolonların üzerine 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ derinliklerinde 48 adet 16 mm çaplı ankrajlar yerleştirilmiştir. Bu ankraj numunelerinde eksenel çekme deneyleri yapılmıştır. Çalışma neticesinde donatı miktarı ve etriye aralığının farklı olmasının göçme modlarını etkilediğini ancak dayanıma etkisinin az olduğu gözlemlenmiştir. Ankraj derinliğinin dayanımı etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu görülmüştür Bayazıt (2016).

Yapılan bu tez çalışmasında çekme ve kesme performanslarını elde edebilmek amacıyla birbirinden farklı çekme ve kesme levhası tasarlayarak 3 farklı yığma binada toplamda 57 adet olmak üzere 36 adet çekme (24 adet kısmi sıyırmalı ve 12 adet tam sıyırmalı) ile 21 adet kesme testi yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneyler kapsamında ankraj çapı ve ankraj gömülme derinliği parametreleri farklı tutularak testler yapılmıştır. Çekme deneylerinde sonuçlar kıyaslandığında; kısmi sıyırmalı olarak ele alınan numunelerin çekme deneyleri tam sıyırmalı olarak yapılan numunelerin çekme deneylerine göre daha az bir çekme kuvveti karşıladığı ve gömme derinliğinin artmasının çapın artmasına oranla çekme kuvvetini daha fazla arttırdığı belirlenmiştir. Kesme deneylerinde ise yapılan tüm deneylerin birbirileriyle

örtüştüğü görülmüş olup, ankraj derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetinin arttığı gözlemlenmiştir Çelik (2018).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Taze ve sertleşmiş betona ekilmiş ankrajların çekme dayanımını belirlemek amacıyla 24 adet küp numune üretilmiştir. Üretilen numunelerin ortalama basınç dayanımı yaklaşık olarak 32 MPa civarındadır. Ankraj çubuğu olarak nervürlü beton çeliği (S420a) kullanılmış, ankraj çubuk çapları 12 ve 14 mm seçilmiştir. Ankraj çubuklarının aynı özellikte olmasını sağlamak için, 12 m'lik aynı donatı bağından 40 cm boyunda kesilerek ankraj çubukları hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan bu ankraj çubuklarının yarısı galvanizle kaplanmıştır. Ankraj ekiminde kimyasal yapıştırıcı olarak MasterFlow® 920AN, çok hızlı priz alan stiren içermeyen ankraj harcı, BASF kullanılmıştır.

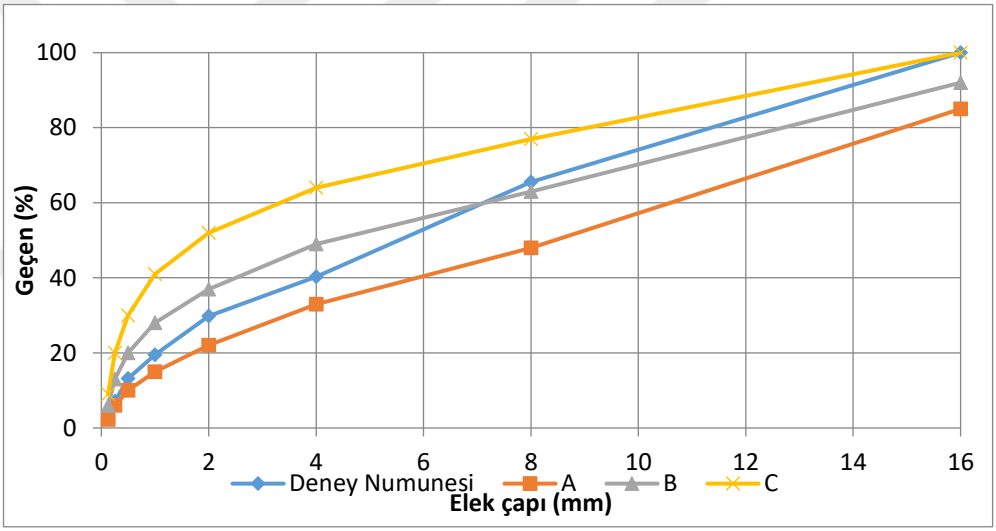
Bu bölüm içerisinde eksenel ankraj çekme deneylerinde kullanılan malzemelerin genel özellikleri ile Harran Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuarında yapılan malzeme deneylerinin sonuçları yer almaktadır.

3.1.1. Agrega granülometrisi ve elek analizi

Granülometri eğrisi; Şekil 3.1.'de gösterildiği gibi karışımı meydana getirecek agreganın tane çaplarının, karışımda hangi oranlarda bulunduğunu gösteren eğridir. Elek analizi için TS 706'daki elek kare açıklıkları en küçükten büyüğe doğru; 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm ve 31,50 mm'dir. Beton karışımlarında kullanılacak agregalar için yapılan elek analizi Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Elek Analizi

Elek çapı mm	Kümülatif Kalan	% Kalan (Her Elek İçin)	% Kalan (Kümülatif)	% Geçen	A Eğrisi	B Eğrisi	C Eğrisi
16	0	0,000	0,000	100	85	92	100
8	1034,6	34,487	34,487	65,513	48	63	77
4	755,7	25,190	59,677	40,323	33	49	64
2	316,4	10,547	70,223	29,777	22	37	52
1	309,6	10,320	80,543	19,457	15	28	41
0,5	188,4	6,280	86,823	13,177	10	20	30
0,25	182,92	6,097	92,921	7,079	6	13	20
0,125	121,62	4,054	96,975	3,025	2,25	6	9
tava	90,76	3,025	100,000	0,000			
	3000						



Şekil 3.1. Numunelerinin Üretilmesinde Kullanılan Agreganın Granülometrik Eğrisi

Şekil 3.1.'de gösterilen granülometri eğrisi standartta belirtilen eğrilerin arasında kalmaktadır. Böylece beton üretimi için uygun bir agrega granülometri dağılımı elde edilmiştir.

3.1.2. Çimentonun özellikleri

Çalışma kapsamında yapılan tüm deneylerde Şekil 3.2.'de gösterilen standart CEM I 42.5 R tipli Portland çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. TS EN 197-1:2012

standardına göre sadece portland çimentosu klinkeri ve alçıtaşından oluşmaktadır. Genel kullanıma uygundur. Yüksek ve erken bir mukavemet sağlar.



Şekil 3.2. Çimento

3.1.3. Karışım suyu

Deneylerde Harran Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği laboratuarında kullanılan şebeke suyu kullanılmıştır. Kullanılan karışım suyu üniversitede içme suyu olarak kullanılmaktadır.

3.1.4. Betonun hazırlanması

Su/Ç oranı 0,43 olarak alınarak hazırlanan betonun karışım oranları $1m^3$ için Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Beton Karışım Oranları

Çimento kg/m^3	Kum (0-6 mm) kg/m^3	Kırmataş (6-10 mm) kg/m^3	Kırmataş (10-20 mm) kg/m^3	Su kg/m^3	Akışkanlaştırıcı kg/m^3
350	848,4	464,6	707	151	8

3.1.5. Taze betona yapılan deneyler

3.1.5.1. Çökme (Slump) deneyi

Taze betonun işlenebilme özelliğini belirlemek için üç adet çökme deneyi (slump) yapılmıştır. Çökme konisi üç eşit aşamada doldurulup her defasında 25 kez çelik çubuk ile şişlenmiştir. Çökme konisi yavaş bir şekilde çekilerek kendi ağırlığı altındaki çökme Şekil 3.3.'de gösterildiği gibi ölçülmüştür. Taze beton çökme deneyi sonuçları Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Taze Beton Çökme Deneyi Sonuçları

Deney	**1**	**2**	**3**
Çökme (mm)	65	90	95



Şekil 3.3. Çökme Deneyi

3.1.6. Sertleşmiş beton üzerine yapılan deneyler

Betonun mekanik özelliklerini belirlemek üzere beton dökümü sonrasında alınan toplam 9 adet 150×150×150 mm küp ve 150×300 mm silindir numuneler dökülmüştür. Harran Üniversitesi Yapı Malzemeleri Laboratuarında standart numune küp basınç dayanımı deneylerinde üç adet, silindir yarma deneyinde üç adet, Elastisite Modülü deneylerinde üç adet olmak üzere sertleşmiş betonun mekanik özelliklerini tespit etmek için deneyler yapılmıştır.

3.1.6.1. Betonun basınç dayanımının belirlenmesi

150×150×150 mm boyutlarında hazırlanan küp numunelerin basınç dayanım deneyleri 3000 kN kapasiteli test cihazında ASTM C39 standartlarına uygun bir şekilde yapılmıştır. Numunelere Şekil 3.4.'te görüldüğü gibi basınç deneyi uygulanmıştır. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarına ait deney sonuçları Çizelge 3.4.'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Basınç Dayanımı Deneyi

Çizelge 3.4. Beton Küp Numunelerin Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Numune No	Beton Yaşı (Gün)	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1	28	32,0	32,36
2	28	31,0	
3	28	34,1	

3.1.6.2. Betonun çekme dayanımının belirlenmesi

Standart silindir numunelerin dörde bölünmesiyle elde edilen diskleri ortadan yaran göçme yükü (P_{maks}) belirlenerek Şekil 3.5.'de görüldüğü gibi Silindir yarma deneyi ile betonun çekme dayanımı belirlenmiştir.

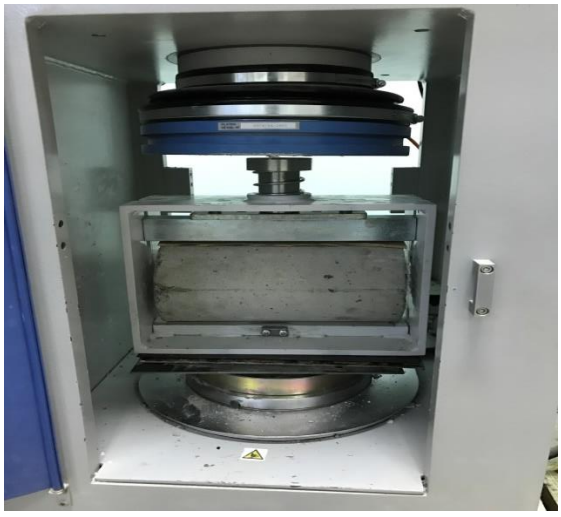
$f_{cts} = 2\ P_{maks}/(\pi.D.l)$

f_{cts} : Betonun yarma çekme dayanımını (MPa)

P : Yarma yükünü (kN)

D : Silindir çapını (standart yarma silindirleri için 150 mm)

l : Disk Boyu (mm)



Şekil 3.5. Silindir Yarma Deneyi

Beton çekme dayanımını belirleyen silindir yarma deneyi sonuçları Çizelge 3.5.'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan betonun ortalama karakteristik çekme dayanımı 1.90 MPa olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3.5. Beton çekme dayanımları

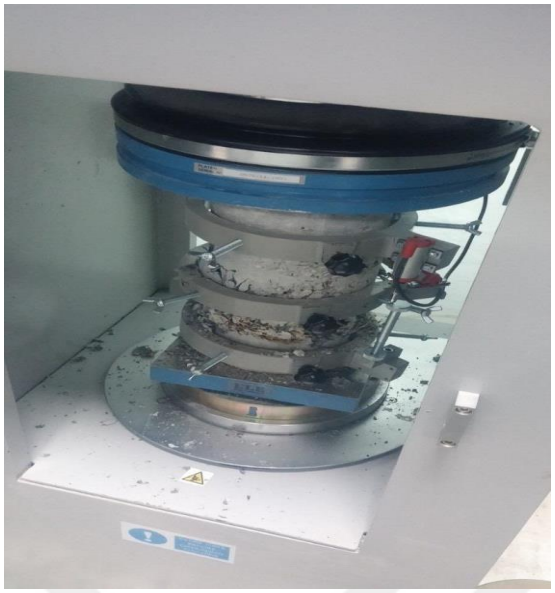
Numune No	Beton Yaşı (Gün)	Yarma Yükü P_{maks} (kN)	Disk Yüksekliği l (mm)	Çekme Dayanımı f_{cts} (MPa)	Ortalama Çekme Dayanımı $f_{cts,ort}$ (MPa)
1	28	226,2	300	2,133	1,90
2	28	195	300	1,84	
3	28	184,6	300	1,74	

3.1.6.3. Betonun elastisite modülünün belirlenmesi

Statik elastisite modülünü beton basınç dayanımı ile belirleyebilmek için standart silindir 150x300mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır. Beton presi tarafından uygulanan basıncın üniform bir şekilde dağılımının sağlanması için Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi başlıklama yapılmıştır. Numunelere şekil değiştirme ölçerleri bağlanarak Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi numunelerin yüzeylerinde meydana gelen gerilmeler ve şekil değiştirmeler belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Başlıklanan Numuneler



Şekil 3.7. Şekil Değiştirmeler ve Gerilmelerin Belirlenmesi

$E = (S_2-S_1) / (Є_2-0,00005)$ Denklem (3.1)

E : Kiriş Elastiste Modülü (MPa)

S_1 : 0,00005 boyuna şekil değiştirmeye karşılık gelen gerilme değeri

S_2 : En büyük basınç dayanımının %40'na karşılık gelen gerilme değeri

$Є_1$: S_1 gerilmesine karşılık gelen boyuna şekil değiştirme değeri

$Є_2$: S_2 gerilmesine karşılık gelen boyuna şekil değiştirme değeri

Deney sonrasında elde edilen veriler ve Denklem (3.1.)'den yararlanılarak numuneler için statik elastisite modülü belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.6.'da sunulmuştur.

Çizelge 3.6. Statik Elastisite Modülü Sonuçları

Numune No	Basınç Dayanımı (MPa)	Statik Elastisite Modülü (E_c) (GPa)
1	43,00	20,74
2	43,52	26,50
3	48,44	33,32

3.1.7. Ankraj uygulanacak beton numunelerin üretimi

Ankrajların çekme dayanımlarının belirleneceği 150x150x150 mm boyutlarındaki küp kalıplar Harran Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği laboratuarında hazırlanmıştır. Betonun yapışmasını engellemek ve düzgün yüzeyli olmalarını sağlamak için kalıplar yağlanmıştır. Taze betona gömülen ankraj çubukları Şekil 3.8.'de gösterildiği gibi yerlerine yerleştirilmiştir



Şekil 3.8. Ankraj Çubuğu Ekilmiş Numuneler

Harran Üniversitesi Yapı ve Deprem laboratuarında hazırlanan betonlar Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.'da gösterildiği üzere küp kalıplara dökülmüştür.

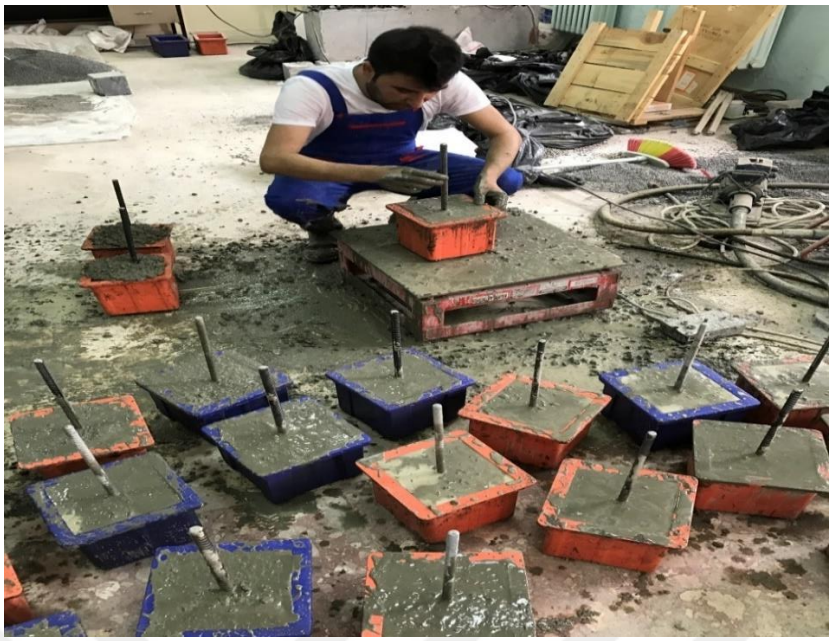


Şekil 3.9. Betoniyerde Betonun Hazırlanması



Şekil 3.10. Hazırlanan Betonun Küp Numunelere Dökülmesi

Hazırlanan betona kıvamını akışkanlaştırmak amacıyla sika marka akışkanlaştırıcı ilave edilmiştir. Küp kalıplara betonun iyi yerleştirilebilmesi için Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.'de gösterildiği şekilde vibrasyon makinesine tabi tutulmuş ve beton yüzeyler mastarlanmıştır.



Şekil 3.11. Beton Dökümü ve Vibrasyon



Şekil 3.12. Küre Bırakılan Küp Numuneler

Daha sonra küp numuneler Şekil 3.13.'de gösterildiği gibi kür havuzuna konulmuştur.



Şekil 3.13. Kür Havuzuna Konulan Numuneler

3.1.8. Ankraj çubukları

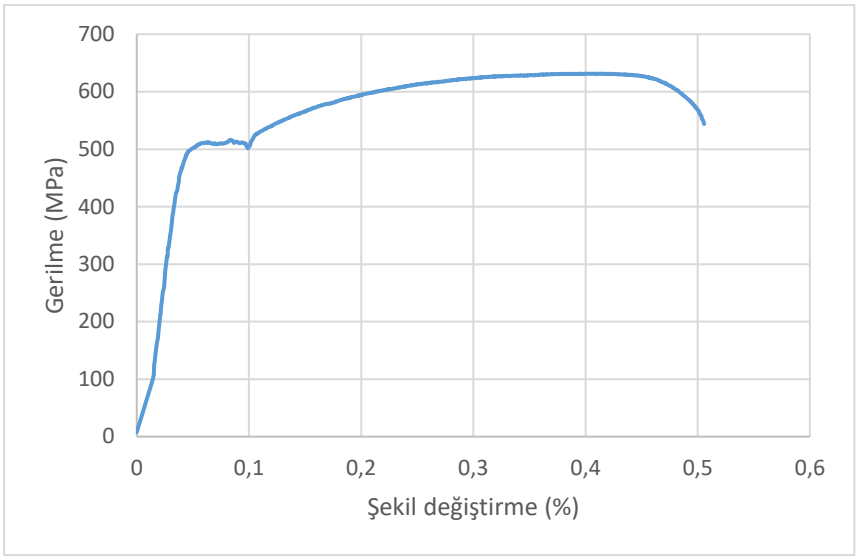
Eksenel çekme dayanımı deneylerinde ankraj çubuğu olarak farklı çapta betonarme donatısı kullanılmıştır. Donatıları korozyona karşı korumak amacıyla galvanizle kaplamanın ankraj performansına etkisi incelenmiştir. Deneylerdeki ankraj çubuklarının özelliklerinin aynı olmasını sağlamak için aynı bağdan 12 m boyundaki S420a kalitesindeki beton çeliğinden 40 cm boyundaki parçalar kesilmiştir. Bu beton çeliği 12 ve 14 mm çapında olup, kesilen parçaların yarısı galvanizle kaplanmıştır.

Çelik çekme deneyleri Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri laboratuarında UTM-3000 otomatik 500 kN UTEST çekme cihazıyla Şekil 3.14.'de görüldüğü gibi yapılmıştır.

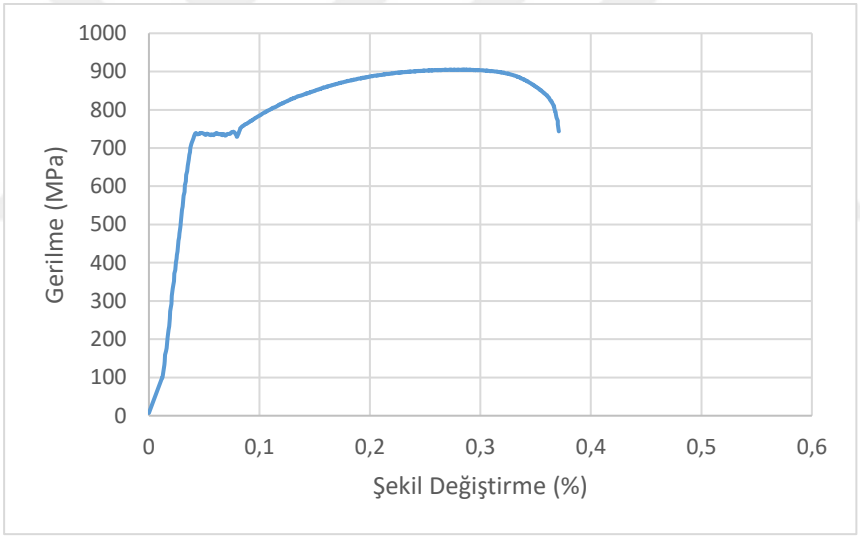


Şekil 3.14. Çelik Çekme Deneyi

Çekme deneyi için 12 mm ve 14 mm 40 cm boyutlarında kesilmiş iki adet nervürlü çelik kullanılmıştır. Numunelerin gerçek çapı, ağırlığı ve numune boyu dikkatli bir şekilde ölçülerek hesaplanmıştır. Gerilme değerlerini elde edebilmek için deneylerde okunan yük değerleri numunelerin gerçek çapıyla hesaplanan kesit alanına bölünerek belirlenmiştir. Deneylerde yüklere karşı gelen yerdeğiştirme okumaları belirlenerek, çekme cihazından numunelerin aldığı maksimum yük değeri okunmuştur. Donatının gerilme birim şekil değiştirme grafiği (σ-ε) yük-yerdeğiştirme ilişkisinden hesaplanmıştır. Donatı numunelerinden elde edilen gerilme yerdeğiştirme grafikleri Şekil 3.15. ve Şekil 3.16.'da gösterilmiştir. Ankraj Çubuğu olarak kullanılan her iki çaptaki donatıda ilgili yönetmeliklerin asgari koşullarını sağladığı görülmüştür.



Şekil 3.15. Φ12 Gerilme-Şekildeğiştirme Grafiği



Şekil 3.16. Φ14 Gerilme-Şekildeğiştirme Grafiği

Galvaniz, korozyona karşı metalin "Çinko" ile kaplanmasıdır. Galvaniz demir yada çeliklere uygulanır. Galvaniz kaplama Elektro Galvaniz ve Sıcak Daldırma galvaniz kaplama olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

Sıcak daldırma galvaniz yöntemi ile ergimiş halde bulunan çinko ($460C^0$) içerisine malzeme daldırılarak kaplama işlemi yapılır. Bu şekilde oksidasyon

önlenerek metallerin ömrü uzar, hava teması kesilmesi paslanmayı önlemiş olur. Korozyonu önlemek için ankraj çubuklarının galvanizle kaplanmasının beton ile ankraj çubuklarının arasındaki aderansı nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla ankraj çubuklarının bir bölümü Şekil 3.17.'de gösterildiği gibi galvanizle kaplanmıştır.



Şekil 3.17. Galvanizle kaplanmış donatı çeliği

3.1.9. Kimyasal yapıştırıcı

Ankraj performansını etkileyen ve ankraj üretiminde kullanılan önemli malzemelerden biride kimyasal yapıştırıcılardır. Mekanik özellikleri ankrajın dayanımını ve göçme şeklini doğrudan etkilemektedir. Kimyasal yapıştırıcılar beton ve taş duvarlara filiz ekiminde, çatlakların kapatılmasında, çelik, beton, taş ve yapı malzemelerinin yapıştırılması ile cıvata ve pimlerin ankrajlarında kullanılır.

Ankrajların üretiminde Şekil 3.18.'de gösterilen metakrilat esaslı, iki bileşenli, yüksek performanslı, stiren içermeyen, özel bir tabanca ile kolaylıkla uygulanan, macun kıvamında ankraj ve montaj malzemesi olan MasterFlow® 920 AN, BASF kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kimyasal yapıştırıcı çok hızlı priz alabilen, kimyasallara karşı dayanıklılığını ve mekanik dayanımlarını çabuk kazanabilme özelliklerine sahiptir. Kimyasal yapıştırıcının iyi bir aderans sağlayıp dayanım kazanabilmesi için delik çaplarının kullanılan donatı çapından en az 4-5 mm daha büyük olması gerekmektedir. Ayrıca deliklerde toz, kir vb. maddelerin

olmamasınada dikkat edilmelidir. Kimyasal yapıştırıcıya ait teknik özellikler Çizelge 3.7.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Kimyasal Yapıştırıcı

Çizelge 3.7. Teknik Özellikler

Malzeme Yapısı	Metakrilat
Renk	Gri
Katı Madde Oranı(Hacimsel)	%100
Karışım Yoğunluğu	1,75 kg/lt
Uygulamada Zemin ve Ortam Sıcaklığı	-5°C+35°C
Tam Kürleme(23°C)(Kuru Betonda)	45 dak
Tam Kürleme(23°C)(Nemli Betonda)	70 dak

3.2. Yöntem

Harran Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği laboratuarında yapılan deneyler kapsamında ankrajların taze betona gömülen 12 ve 14 mm nervürlü beton çeliğinin galvanizsiz ve galvanizle kaplı olması, sertleşmiş betona kimyasal ankrajlar yoluyla 12 ve 14 mm beton çeliğinin galvanizsiz ve galvanizle kaplı olarak ekilip ankraj çekme dayanımlarını karşılaştırmak amacıyla çekip çıkarma (pullout) deneyleri yapılmıştır. Ankraj numuneleri için yük-yerdeğiştirme eğrisi ile yük kapasitesi tayin edilmiştir.

Yapılan çalışmanın bu kısmında deneyde kullanılan parametrelerden, deney düzeneğinden ve kullanılan ankraj numunelerinin üretim aşamaları anlatılmıştır.

3.2.1. Deney parametreleri

Ankrajların çekme etkisindeki kapasitelerini ve davranışlarını; ankrajı meydana getiren malzemelerin mekanik özellikleri (kimyasal yapıştırıcı, beton kalitesi vb.) ve ankrajın geometrik özellikleri (donatı çapı, delik çapı, ankraj derinliği vb.) etkiler. Çalışmanın içeriğini sınırlamak için taze betona ve kimyasal ankraj yoluyla sertleşmiş betona iki tip ankraj donatısı ve tek tip kimyasal yapıştırıcı ile yapılmıştır. Ankraj donatılarında kullanılmak üzere S420a kalitesinde 12 ve 14 mm nervürlü beton çeliği galvanizsiz ve galvanizle kaplanmış olarak 40 cm'lik parçalar halinde hazırlanmıştır. Hazırlanan ankraj çubukları temizlenmiş ankraj deliklerine eşit boylarda gömülmüştür. Ankraj ekimi yapılan küp betonların basınç dayanımları ise yaklaşık 32 MPa'dır. Kimyasal yapıştırıcı olarak ankraj ekimlerinde BASF Yapı Kimyasalları A.Ş tarafından üretilen MasterFlow® 920 AN kullanılmıştır.

Çalışmada iki farklı detayın ankraj kapasitesi ve davranışı üzerindeki etkilerini incelemek üzere yaklaşık 24 adet çekip çıkarma (pullout) deneyi yapılmıştır.

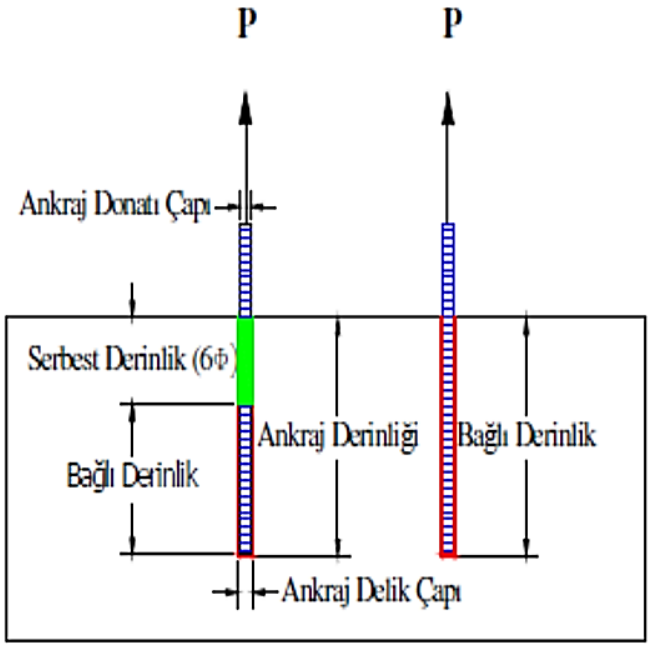
Çalışma içeriğinde iki temel parametre,

- Taze betona gömülen farklı çaptaki nervürlü beton çeliğinin galvanizsiz ve galvanizle kaplanmış olarak ankraj üzerindeki etkisi
- Sertleşmiş betona kimyasal ankraj yoluyla gömülen farklı çaptaki nervürlü beton çeliğinin galvanizsiz ve galvanizle kaplanmış olarak ankraj üzerindeki etkisinin incelemesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Çalışma kapsamında taze betona ve kimyasal ankraj yoluyla sertleşmiş betona uygulanan ankraj donatılarında gömme derinliği sabit tutulmuştur. Ankraj derinliği olarak 15 cm alınmıştır. Ankraj çubuğunun taze betonla ve kimyasal ankrajla temas ettiği yüzeyin uzunluğu 13,2 cm'dir. Ankraj derinliğinin ankraj performansında önemli bir etkisi vardır.

Beton ile ankraj donatısı arasındaki yapışma yüzeyinin pürüzlülüğü ve yüzeyinin temiz olması yapışmayı etkileyen önemli bir etkendir. Ankraj deliğinin iyice temizlenmiş, tozlu, tozsuz, ıslak ve nemli olması parametreleri ankraj dayanımına temas yüzeyinin etkisinde önemli bir yere sahiptir. Bu yüzden ankraj uygulamaları esnasında bu parametrelere dikkat edilmemesi durumunda ankraj performansında ciddi değişiklikler gözlemlenebilmektedir.

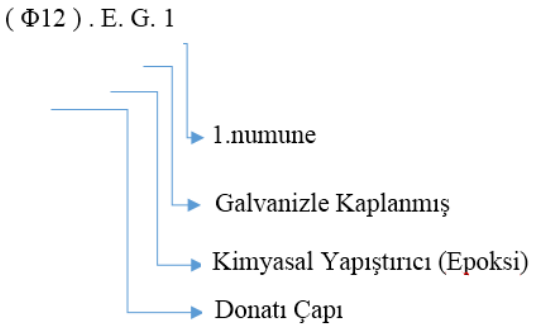
Çekip çıkarma (pullout) deneylerinde sertleşmiş betona kimyasal ankraj yoluyla gömülen nervürlü donatı çeliği ile taze betona gömülen nervürlü donatı çeliği olmak üzere iki ayrı ankraj detayı kullanılmıştır. Güçlendirme çalışmalarında Şekil 3.19.'da gösterildiği gibi kimyasal ankraj detayında sertleşmiş betona açılan ankraj deliğine kimyasal yapıştırıcı (epoksi) yardımıyla ankraj donatısı derinlik boyunca sabitlenir. Derinlik boyunca ankrajlarda meydana gelen bütün aderans gerilmeleri betona aktarılır. Taze betona gömülen nervürlü donatı çeliği detayında ise; kimyasal yapıştırıcı (epoksi) ile yapıştırılmayıp kendiliğinden betona temas eden nervürlü donatı çeliği mevcuttur.



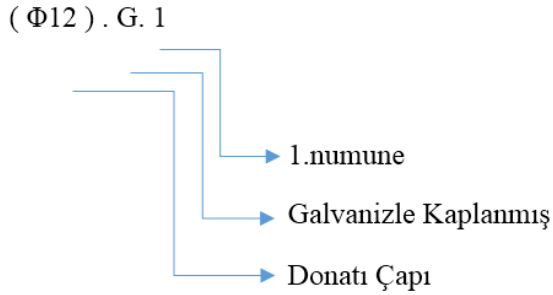
Şekil 3.19. Tam bağlı ve Kısmi Bağlı Ankraj Detayı

Yapılması planlanan deneylerde taze betona gömülen nervürlü donatı çeliğinin galvanizle kaplanmış ve galvanizsiz olması ile güçlendirme çalışmalarında sıklıkla kullanılan sertleşmiş betona kimyasal ankraj yoluyla gömülen nervürlü donatı çeliğinin galvanizle kaplanmış ve galvanizsiz olması şartlarında göstereceği dayanım ve yerdeğiştirme parametreleri elde edilmeye çalışılmıştır.

Deney numuneleri için Şekil 3.20. ve Şekil 3.21.'de gösterilen bir isimlendirme sistematiği kabul edilmiştir. Numunelerin adlandırılması bölümler halinde oluşmaktadır. İlk bölümde numunenin çapı, ikinci bölümde kimyasal yapıştırıcı (epoksi) kullanılıp kullanılmadığı, (kullanılmış ise E ile gösterilmiş olup, kullanılmamış ise boş bırakılmıştır) belirtilmektedir. Üçüncü bölümde nervürlü ankraj donatı çeliğinin galvanizle kaplı olup olmadığı (kaplanmış ise G ile gösterilmiş olup, kaplanmamış ise boş bırakılmıştır) vurgulanmaktadır. Son bölümde ise benzer özellikte olan numuneler arasında kaçıncı sırada olduğu gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Kimyasal Ankraj Numuneleri



Şekil 3.21. Taze Beton Numuneleri

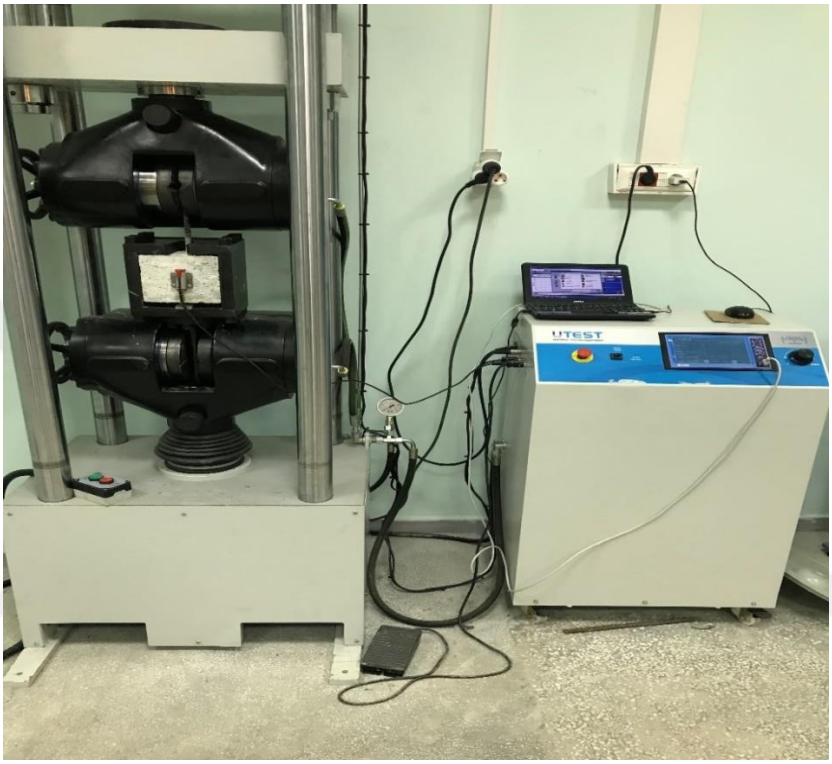
Bu adlandırma sistematiğine örnek olması bakımından aşağıda (Φ12).E.G.1 ve (Φ12).G.1 kodlamalarının anlamları açıklanmıştır.

(Φ12) . E. G. 1: 12 mm çapında kimyasal yapıştırıcı (epoksi) ile yapıştırılmış galvanizle kaplanmış Kimyasal Ankraj numunelerin birincisi.

(Φ12) . G. 1: 12 mm çapında galvanizle kaplanmış Taze Beton numunelerinin birincisi.

3.2.2. Deney düzeneği

Tez kapsamında Şekil 3.22.'de gösterilen taze betona gömülen nervürlü donatı çeliği ile sertleşmiş betona kimyasal ankraj ile gömülen nervürlü donatı çeliğinin eksenel çekme davranışını belirleyebilmek için bir deney düzeneği tasarlanmıştır.



Şekil 3.22. Deney Düzeneği

Deney süresince yükleme hızı 1 mm/s sabit tutulmuştur. Eksenel çekme kuvveti etkisi altında ankrajların yaptıkları yer değiştirmeler, bir ucu donatıya bağlanmış aparata, diğer ucu betona yapıştırılmış metale bağlanmış yerdeğiştirme ölçer aracılığıyla ölçülmüştür. Deney anında çekme etkisi altında ankrajın bağlı bulunduğu derinlik boyunca meydana gelen sıyrılma olayı sonucunda ankraj çubuğunun alt kısmına bağlanan aparat yukarı doğru hareket ederken yerdeğiştirme ölçerin milini yukarı doğru hareket ettirir, böylece ölçüm gerçekleştirilir. Deneyde yük ölçer ve yerdeğiştirme ölçer ile alınan değerler bilgisayar tarafından kaydedilmiş ve toplanan bütün veriler excell ortamına aktarılarak işlenmiştir. Ankraj donatısı

deney düzeneğine yerleştirildikten sonra eksenel yük sabit bir hızla uygulanmıştır. Numunelerden alınan yerdeğiştirme ve yük değerleri numuneler kapasitelerine ulaştığında hemen kesilmemiş ankraj taşıma kapasitesinin büyük kısmını kaybedinceye kadar veri alınmaya devam edilmiştir. Böylece tüm numunelerden eksenel yük kapasitelerine ulaşıldığı ana kadar yük-yerdeğiştirme eğrileri alınmıştır. Çekip çıkarma (Pull out) deney fotoğrafları Şekil 3.23.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Deney Fotoğrafları

3.2.3 Ankraj uygulanmış numunelerin üretilmesi

Ankraj uygulanmış numunelerin üretimi üç farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak numuneler için uygun boyda donatılar hazırlanmıştır. Daha sonra numunelerin ekileceği ankraj delikleri açılıp, temizliği yapılmıştır. Son olarak açılan ankraj deliklerine kimyasal yapıştırıcı (epoksi) kullanılarak ankraj çubuğu ekilmiş ve böylece ankrajlı numunelerin üretimi tamamlanmıştır.

3.2.3.1. Ankraj donatılarının hazırlanması

Mekanik özellikleri ve nervür yapılarının aynı olması için ankraj donatılarını aynı anda üretilen donatı bağından alınmıştır. Bu donatılar ankraj deliği derinliğide hesaba katılarak, 40 cm'lik parçalar halinde kesilerek hazırlanmıştır. Ankraj deliği derinliğinin ölçüsü alınıp donatılar üzerinde işaretlemeler yapılmıştır. Numunelerin altından ölçüm aparatının takılması için yaklaşık 28 mm çıkacak olan nervürsüz donatı çeliği kısmının beton ve kimyasal yapıştırıcı ile temasını engellemek amacıyla tamamen bant ile kapatılmıştır. Ankraj donatılarına ait fotoğraflar Şekil 3.24.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Ankraj Donatıları

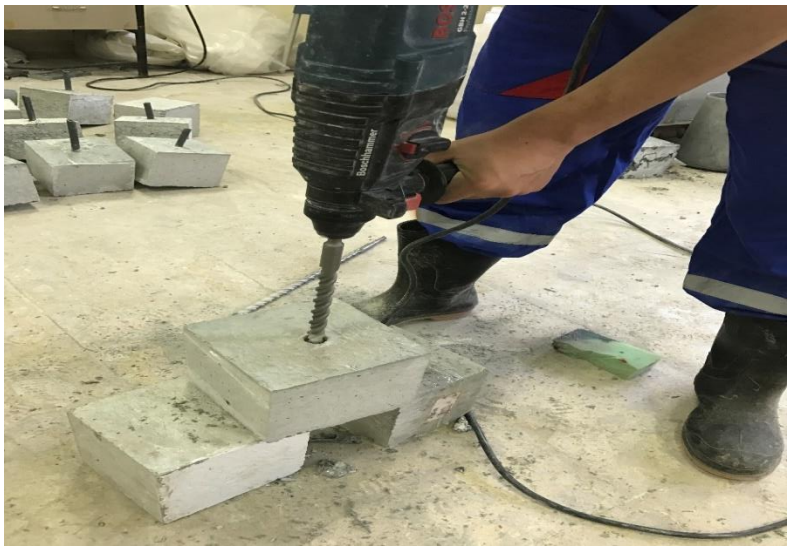
3.2.3.2. Ankraj deliklerinin hazırlanması

Ankraj numunelerinin ekimi için Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuarında 24 adet 150x150x150 mm ebatlarında donatısız küp beton kullanılmıştır. Ankraj yapılacak küp numunelerin ortasına gelecek şekilde ankraj çapından küçük olan plastik borular konularak küp numunelerin delinme esnasında fazla hasara uğramadan ankraj deliklerinin açılması sağlanmıştır. Daha sonra ankraj delikleri delici ve kırıcı özelliğe sahip olan döner uçlu matkap yardımıyla farklı uçlarla delinmiştir. Ankraj çubuklarının yerleştirilmesi için gereken işlemlerin yapılması Şekil 3.25. ve Şekil 3.26.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Ankraj Deliklerinin Hazırlanması 1

Ankrajların delik çapları ise ankrajların donatı çaplarından daha büyük açılır. Ankraj delik çapları 12 mm olan ankraj donatı çaplarında 16 mm çapında açılırken, 14 mm olan ankraj donatı çaplarında ise 18 mm çapında hazırlanmıştır. Ankraj delikleri küp beton numunelerinin altından çıkacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.26. Ankraj Deliklerinin Hazırlanması 2

3.2.3.3. Ankraj deliklerinin temizlenmesi

Ankraj dayanımını etkileyen önemli faktörlerden biride ankraj deliklerinin temizliğidir. Bu nedenle yapılan tez çalışmasında da ankraj deliklerinin temizliğine önem verilmiştir. Ankraj deliklerinin delinmesinin tamamlanmasından sonra Şekil 3.27.'de gösterildiği gibi kompresör yardımıyla basınçlı hava verilerek deliklerin iç kısımları tozdan arındırılarak temizlenmiştir.

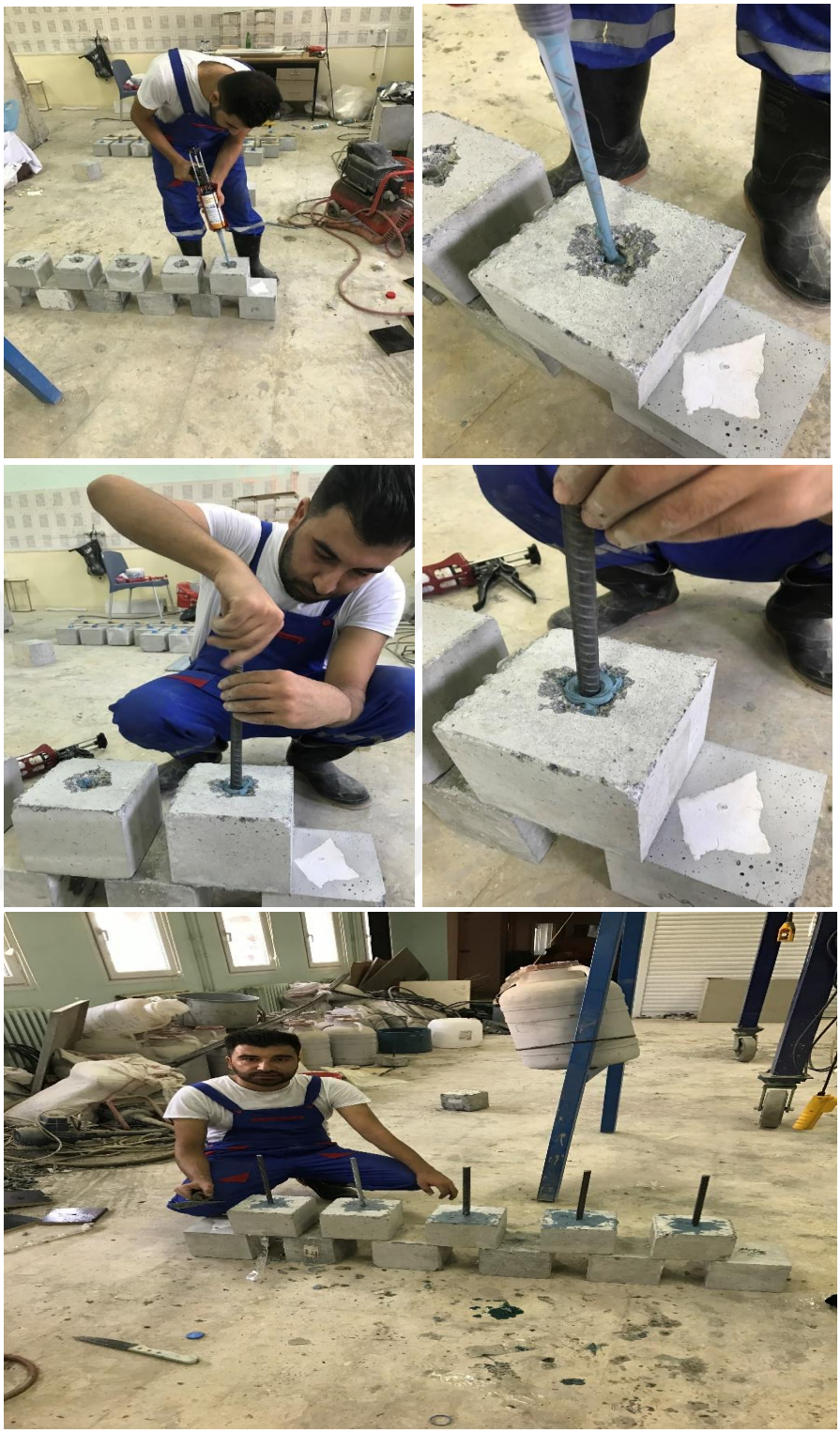


Şekil 3.27. Ankraj Deliklerinin Temizlenmesi

3.2.3.4. Ankraj donatılarının ekimi

Ankraj deliklerinin temizlenip hazırlanmasından sonra Şekil 3.28.'de gösterildiği gibi ankraj ekimi kimyasal yapıştırıcı (epoksi) yardımıyla yapılmıştır. Ankrajların üretiminde metakrilat esaslı, iki bileşenli, yüksek performanslı, stiren içermeyen, özel bir tabanca ile kolaylıkla uygulanan, macun kıvamında ankraj ve montaj malzemesi olan MasterFlow® 920 AN, BASF kullanılmıştır.

Önceden açılmış olan ankraj deliklerine Şekil 3.28.'de gösterildiği üzere kimyasal yapıştırıcı tabancası ile üç defada kimyasal yapıştıcı (epoksi) doldurulmuştur. Ankraj deliği tamamen dolduktan sonra ankraj donatısı yapışma ve aderansının iyice sağlanması için yavaş bir şekilde döndürülerek sokulmuştur. Ankraj donatısının deliğe yerleştirilmesiyle taşan kimyasal yapıştırıcı (epoksi) mala yardımıyla temizlenmiştir. Ankrajlar ekildikten sonra numuneler küre bırakılmıştır.



Şekil 3.28. Ankraj Donatıları Ekimi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

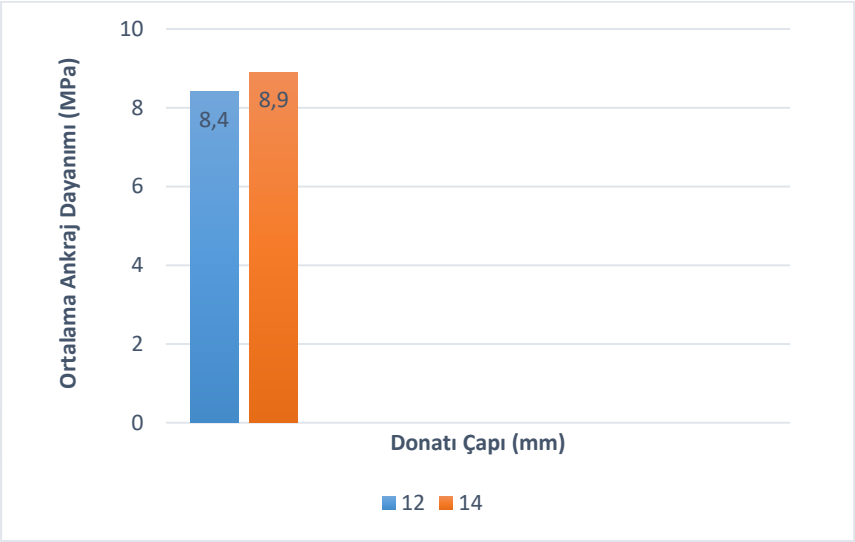
Bu bölümde eksenel ankraj çekme deneylerinde numunelerden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Gömülme derinlikleri eşit olan tüm numunelerin donatı çaplarını, çekme yükü kapasitelerini, galvanizle kaplanmış olup olmadıkları ile kimyasal yapıştıcı (epoksi) ile yapıştırılıp yapıştırılmadıklarını açıklayan bir Çizelge ile birlikte numunelerden elde edilen deney sonuçlarından oluşturulan yük-yerdeğiştirme grafikleri ekler bölümünde sıralı bir şekilde sunulmuştur.

Donatı çapından yararlanarak hesaplanan donatı çevresinin, gömme derinliğiyle çarpılmasıyla temas yüzeyi alanları bulunmuştur. Deney sonucunda her bir numune için ankraj kapasite yükleri belirlenmiştir. Ankraj kapasite yüklerinin, ankraj temas yüzeyi alanına bölünmesiyle ankraj dayanımları hesaplanmıştır. Ankraj kapasite yükleri ve ankraj dayanımları Çizelge 4.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Deney Numunelerinden Elde Edilen Ankraj Dayanımları

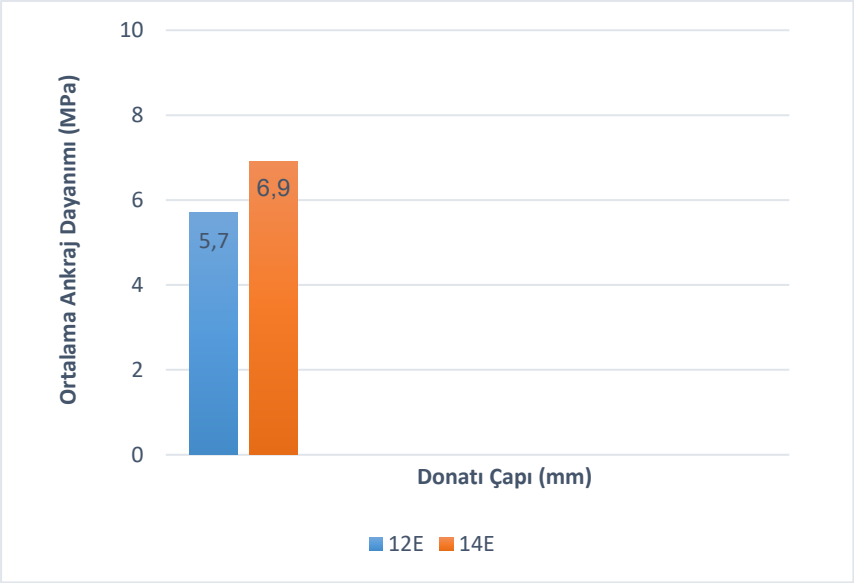
Numune Adı	**1.Num. Yük (kN)**	**2.Num. Yük (kN)**	**3.Num. Yük (kN)**	**Ort. Yük (kN)**	**Ankraj Day. (MPa)**	**Ankraj Day. (MPa)**	**Ankraj Day. (MPa)**	**Ortalama Ankraj Dayanımı (MPa)**
Φ12	46,64	39,21	39,81	41,87	9,40	7,90	8,00	8,40
Φ12.G	49,68	47,76	48,96	48,80	10,00	9,60	9,80	9,80
Φ14	45,69	54,88	54,62	51,73	7,90	9,50	9,40	8,90
Φ14.G	43,40	57,85	41,82	47,69	7,50	10,00	7,20	8,20
Φ12.E	25,96	25,40	34,12	28,50	5,20	5,10	6,90	5,70
Φ12.G.E	30,30	29,74	26,70	28,91	6,10	6,00	5,40	5,80
Φ14.E	39,43	33,47	46,47	39,79	6,80	5,80	8,00	6,90
Φ14.G.E	48,35	45,79	44,48	46,21	8,30	7,90	7,70	8,00

Taze betona gömülen ankrajlarda donatı çapı ile ankraj dayanımının değişimi Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Bu sütun grafiğinde donatı çapının %16 artmasının ankraj dayanımını yaklaşık olarak %6 arttırdığını göstermiştir.



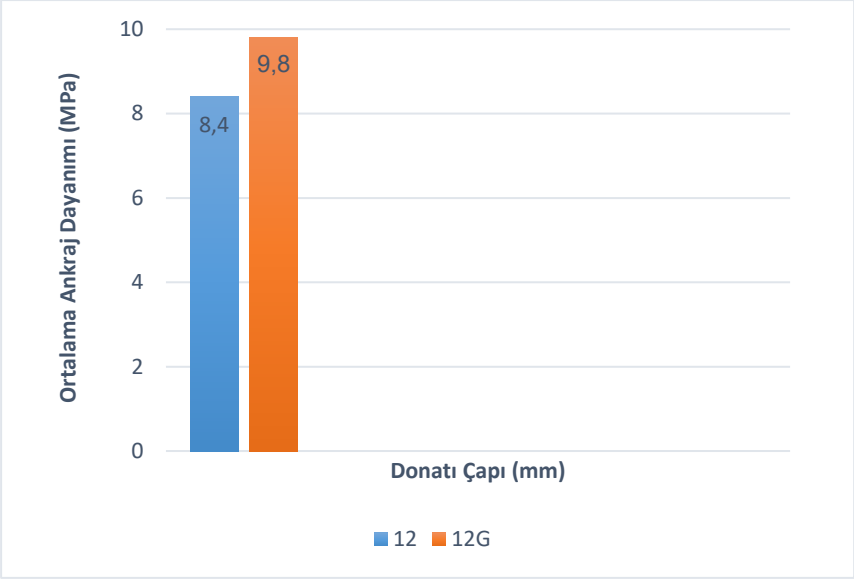
Şekil 4.1. Φ12 ve Φ14 donatı çapının ankraj dayanımına etkisi

Sertleşmiş betona epoksi yapıştırıcı kullanılarak ekilen ankrajlarda donatı çapı ile ankraj dayanımı arasındaki ilişki Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Çizilen sütun grafiğinin incelenmesi, ankraj çapının yaklaşık olarak %16 artmasının ankraj dayanımını %14 arttırdığını göstermiştir. Donatı çapının artma durumunun ankraj dayanımına etkisi, epoksi ile ekilen ankrajlarda taze betona gömülen ankrajlara göre daha belirgin ortaya çıktığını göstermiştir.

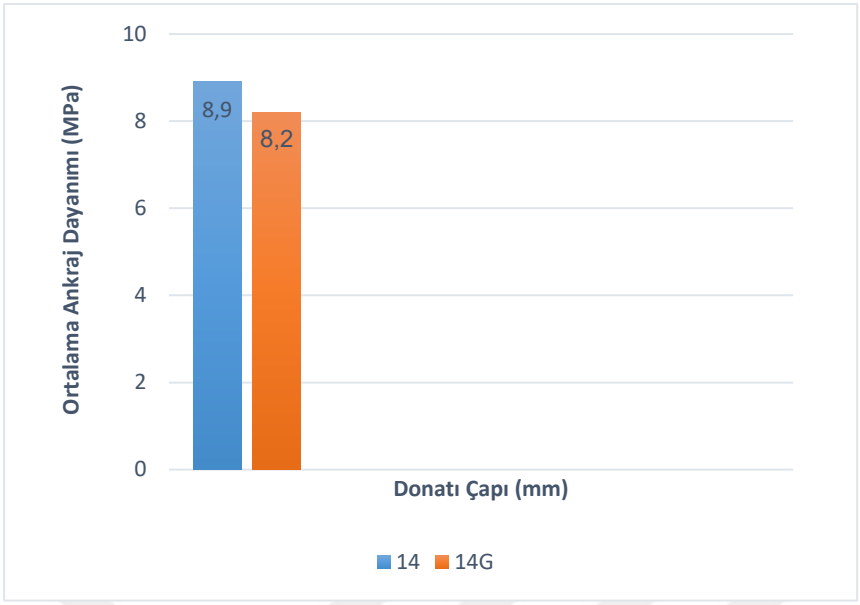


Şekil 4.2. Φ12E ve Φ14E donatı çapının ankraj dayanımına etkisi

Taze betona gömülen ankrajlarda korozyona karşı ankrajın galvanizle kaplamanın, ankraj dayanımına etkisi Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te incelenmiştir. Grafiklerin incelenmesinden Φ12 ankrajda ankraj dayanımı %16,7 artarken, Φ14 ankrajda %7,8 azalmıştır.

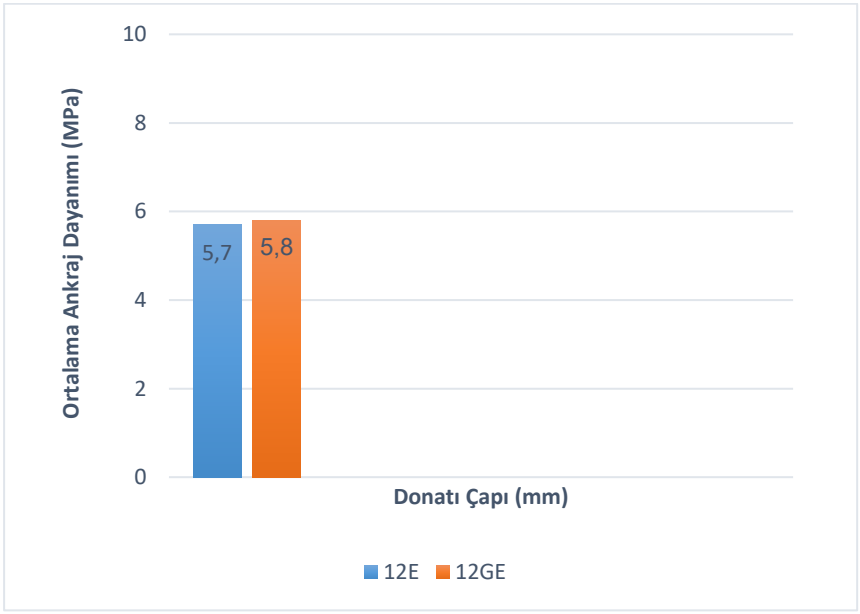


Şekil 4.3. Φ12 ve Φ12G galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi

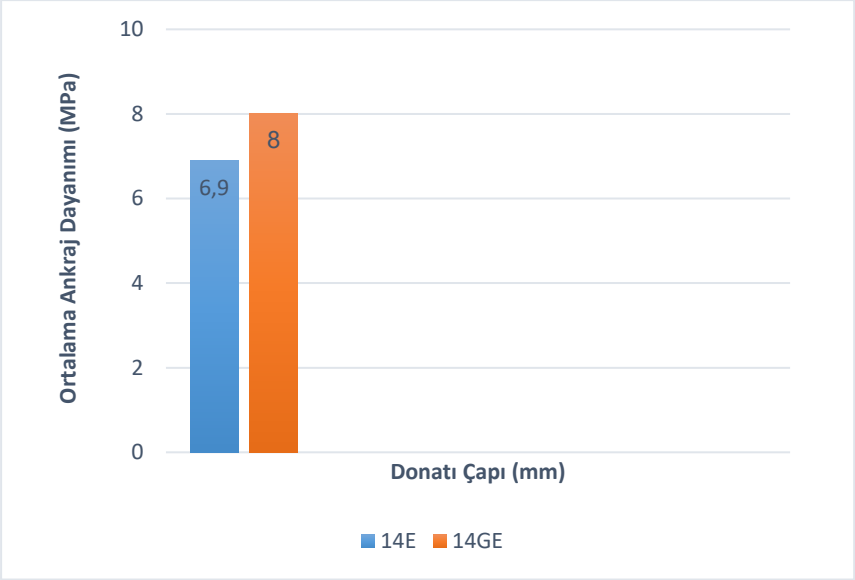


Şekil 4.4. Φ14 ve Φ14G galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi

Sertleşmiş betona epoksi ile yapıştırılmak suretiyle ekilen ankrajlarda, galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisindeki değişim Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da gösterilmiştir. Ankrajları galvanizle kaplamanın bu durumda ankraj dayanımını %1,75 ve %16 oranlarında arttırdığı görülmektedir.



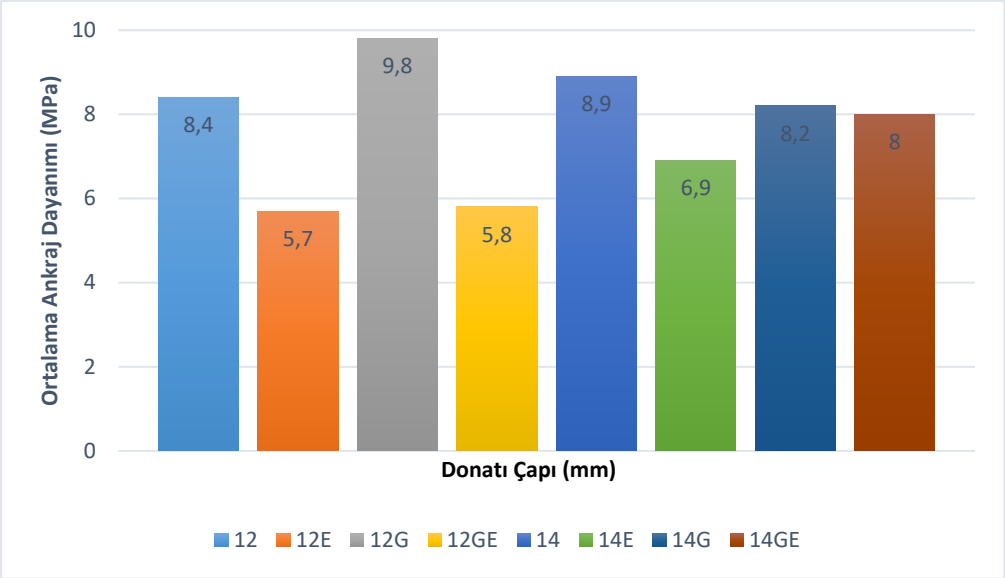
Şekil 4.5. Φ12 ve Φ12GE galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi



Şekil 4.6. Φ14E ve Φ14GE galvanizle kaplamanın ankraj dayanımına etkisi

Ankrajların galvanizle kaplanması kontrolümüz dışında bir firma tarafından yapılmıştır. Galvaniz kaplamanın yeterli kalınlıkta yapılıp, yapılmadığı konusunda tereddütlerimiz oluşmuştur. Bu nedenle başka bir çalışmada daha çok numune üzerinde galvaniz kaplamanın kalınlığının sabit tutulduğu bir çalışmanın yapılması planlanmaktadır.

Taze betona farklı çaplarda, galvanizli-galvanizsiz gömülen ankrajlarla, sertleşmiş betona epoksi ile galvanizli-galvanizsiz ekilen ankrajların dayanımlarındaki değişim Şekil 4.7.'de gösterilmiştir. Bu grafiğin incelenmesinden epoksi ile sertleşmiş betona ekilen ankrajların dayanımı, taze betona gömülen ankrajlara göre yaklaşık olarak %35 azaldığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.7. Ortalama ankraj dayanımları

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında güçlendirme uygulamalarında sıklıkla kullanılan kimyasal ankraj ile taze betona gömülen ankrajların; eksenel çekme altında göstereceği ankraj dayanım kapasiteleri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında yapılan deneylerde farklı iki tasarım ele alınmıştır. İlk tasarım detayında taze betona gömülen nervürlü donatı çeliği incelenirken; İkinci tasarımda ise sertleşmiş betona kimyasal ankraj yoluyla gömülen nervürlü donatı çeliği incelenmiştir. Ayrıca sıcak daldırma yöntemiyle donatının korozyona karşı galvanizle kaplanmasının ankraj dayanımına etkisi araştırılmıştır.

Ankraj dayanımına ankraj gövde çapı, ankraj deliği çapı, ankrajın gömülme derinliği, ankraj deliğinin temizliği, kimyasal yapıştırıcı kalitesi ve beton dayanımı gibi birçok faktör etki etmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında eksenel çekme etkisi altında araştırmak istediğimiz (ankraj çapı, galvanizle kaplama, kimyasal yapıştırma yöntemiyle ankraj ekimi) faktörler hariç diğer bütün faktörler sabit tutulmuştur. Sabit tutulan faktörleri ankraj donatısı S420a, beton basınç dayanımı 32 MPa, donatı çapları 12 ve 14 mm, gömülme derinliği 132 mm ve kimyasal yapıştırıcı (MasterFlow® 920 AN) olarak sayabiliriz.

Yapılan deneyler neticesinde elde edilen bulgular üç ana başlık altında değerlendirilmiştir.

- Ankraj çapının artması, ankraj dayanımını yaklaşık olarak %14 civarında arttırmaktadır.
- Kimyasal yapıştırıcı (epoksi) kullanılarak sonradan ekilen ankrajların dayanımı, taze betona yerleştirilen ankraj dayanımına göre yaklaşık olarak % 35 daha küçüktür. Sonradan epoksi ile ankraj ekmek, ankraj dayanımını düşürmektedir.

- Ankrajların korozyona karşı galvanizle kaplanması, ankraj dayanımını arttırdığı görülmüştür. Bu sonucun daha iyi anlaşılabilmesi için daha çok sayıda numune üzerinde deney yapılmasının gerektiği düşünülmektedir.

Sıcak daldırma yöntemiyle galvanizle kaplanılan ankrajların üzerlerine ne kadar bir kalınlıkta galvanizle kaplandığı saptanamamıştır. Bu faktörün sabit tutulamaması galvanizle kaplamanın ankraj dayanımını nasıl etkilediği konusundaki sonucu netleştirememiştir. Bu yüzden galvanizle kaplama kalınlığının sabit tutulduğu ve numune sayısının artırıldığı bir çalışmanın yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

ACI 318, 2005. Building code requirements for reinforced concrete. American Concrete Institute, Detroit.

ACI 355, 2007. Qualification of post-Installed mechanical anchors in concrete and commentary. American Concrete Insitute, Detroit.

ACI COMMİTTEE 355, 1991. State-of-The–Art-Report on Anchorage to Concrete. ACI 355.1R-91, American Concrete Institute, Detroit.

ASHOUR, A. F., ALQEDRA, M. A., 2005. Concrete breakout strength of single anchors in tension using neural Networks. Advances in Engineering Software 36: 87-97.

AYDOĞAN, İ., 2015. Kimyasal Ankrajlarda Çap, Gömme Derinliği ve Kenar Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik, 101s.

BAYAZIT, V., 2016. Betonarme Elemanlarda Donatı Oranının Ankraj Uygulamalarına Etkisinin Araştırılması. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray, 124s.

COOK, R. A., and KONZ R. C., 2001. Factors Influencing Bond Strength of Adhesive Anchors. ACI Structural Journal, 98(1): 76-86.

COOK, R. A., COLLİNS, D. M.İ., KLİNGNER, R. E., and POLYZOİS, D., 1992. Loaddeflection behavior of cast-in-place and retrofit concrete anchors. ACI Structral Journal, 89(6): 639-649.

COOK, R. A., 1993. Behavior of chemically bonded anchors. ASCE Journal of Structural Engineering", 119(9): 2744-2762.

COOK, R. A., DOERR, G. T., and KLİNGNER, R. E., 1993. Bond stress model for design of adhesive anchors. ACI Structural Journal, 90(5): 514-524.

COOK, R. A., KUNZ, J., FUCHS, W., and KONZ, R. C., 1998. Behavior and design of single adhesive anchors under tensile load in uncracked concrete. ACI Structural Journal, 95(1): 9-26.

ÇALIŞKAN, Ö., 2010. Mevcut betonarme binaların dış perde duvar ile güçlendirilmesinde ankraj uygulamalarının deneysel olarak araştırılması. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Eskişehir, 137 s.

ÇELİK, F., 2018. Mevcut Yığma Binalarda Depremsel Güçlendirme Ankrajlarının Çap ve Ankraj Derinliğine Bağlı Çekme ve Kesme Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale, 113s.

ELİGEHAUSEN, R., MALEE, R., REHM, G., 1984. Beferigungen Mit Verbundankern (Fixing formed with resin anchors). Betonwerk + Fertigteil – Technik, 12: 686-692.

FUCHS, W., ELİGEHAUSEN, R., and BREEN, J. E., 1995. Concrete capacity design (CCD) approach for fastening to concrete. ACI Structural Journal, 92(1): 73-94.

FUJİKAKE, K., NAKAYAMA, J., SATO, H., MİNDESS, S., and ISHİBASHİ, T., 2003. Chemically bonded anchors subjected to rapid pullout loading. ACI Materials Journal, 100(3): 246-252.

GÜRBÜZ, T., 2007. Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 226 s.

MURATLİ, H., KLİNGNER, R. E., and GRAVES, H. L., 2004. Breakout capacity of anchors in concrete-Part 2: shear. ACI Structural Journal, Technical Paper, 101(6): 821-829.

GESOGLU, M., OZTURAN, T., OZEL, M., ve GUNEYİSİ, E., 2005. Tensile behavior of post-ınstalled anchors in plain and steel fiber-reinforced normal and high strength concrete. ACI Structural Journal, Technical Paper, 102(2): 224-231.

MCVAY, M., COOK, R. A., and KRİSHNAMURTHY, K., 1996. Pullout simulation of postinstalled chemically bonded anchors. Journal of Structural Engineering, 122(9): 1016-1024.

ÖZKUL, H., MUTLU, M., ve SAĞLAM, A. R., 2001. Beton Ankrajları. Sika Teknik Bülten, 4: 1-11.

PEİER, W. H., 1983. Model for pullout strength of anchors in concrete. Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers ASCE, 109(5): 1155-1173.

PRİMAVERA, E. J., PİNELLİ, J. P., and KALAJİAN, E. H., 1997. Tensile behavior of cast-inplace and undercut anchors in high-strength concrete. ACI Structural Journal, 94(5): 583-594.

SAKLA, S. S. S., and ASHOUR, A. F., 2005. Prediction of tensile capacity of single adhesive anchors using neural networks. Computers & Structures, 83: 1792-1803.

SEYHAN, E., 2006. Kimyasal Ankrajların Davranıslarının İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 191s.

GÜRBÜZ, T., SEYHAN, E., İLKİ, A., ve KUMBASAR, N., 2007. Güçlendirme çalışmalarında kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altında davranışları. 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, 649-659.

ÖZTURAN, T., GESOĞLU, M., ÖZEL, M., ve GÜNEYİSİ, E., 2004. Kimyasal, harçlı ve mekanik ankrajların çekme ve kesme yükleri altındaki davranışları. İMO Teknik Dergi, 208: 3105-3124.

KAYA, Y., 2007. Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılabilecek kısmi bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların eksenel çekme davranışlarının incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 185s.

YILMAZ, S., ÇALIŞKAN, Ö., KAPLAN, H., ve KIRAÇ, N., 2010. Kimyasal ankrajların dayanımını etkileyen faktörler. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1): 123-134.

ZAMORA, N. A., COOK, R. A., KONZ, R. C., and CONSOLAZİO, G. R., 2003. Behavior and design of single, headed and unheaded, grouted anchors under tensile load. ACI Structural Journal, 100(2): 222-230.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : M. Fatih SANSAK

Uyruğu : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa/19.11.1990

Telefon : 5447190317

Faks : -

e-mail : fatihsansak@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Orhangazi Lisesi, Haliliye, Şanlıurfa	2009
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2014

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014	Karaağaç İnşaat	Şantiye Şefi
2016	GSB KYK Şanlıurfa Haliliye Yurt Müdürlüğü	Yurt Yönetim Personeli
2018	TKDK Elazığ İl Koordinatörlüğü	Uzman

YABANCI DİLLER

İngilizce

EKLER

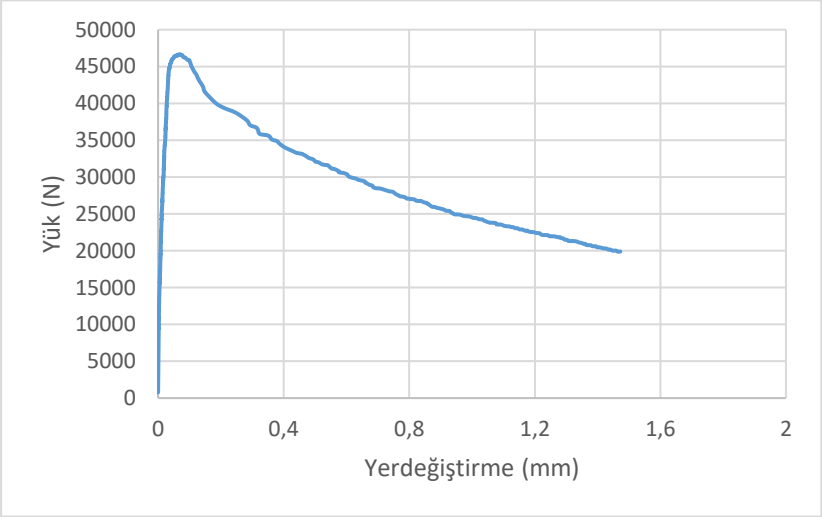
Ek 1 Taze Betona Yapılan Φ12 Çapındaki Ankraj Donatı Deneyleri

(Φ12) .1

Çizelge Ek.1.'de (Φ12) .1 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.1.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.1. (Φ12) .1 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .1
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	46,64 kN
Galvaniz	X
Epoksi	X



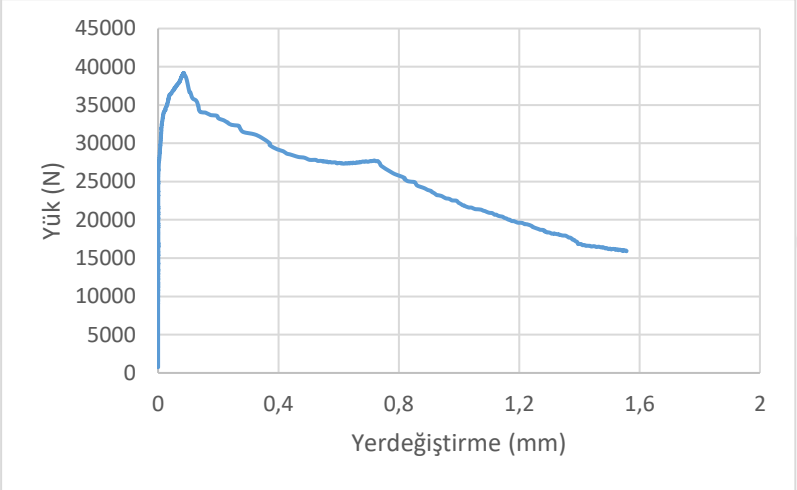
Şekil Ek.1. (Φ12) .1 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .2

Çizelge Ek.2.'de (Φ12) .2 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.2.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.2. (Φ12) .2 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .2
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	39,21 kN
Galvaniz	X
Epoksi	X



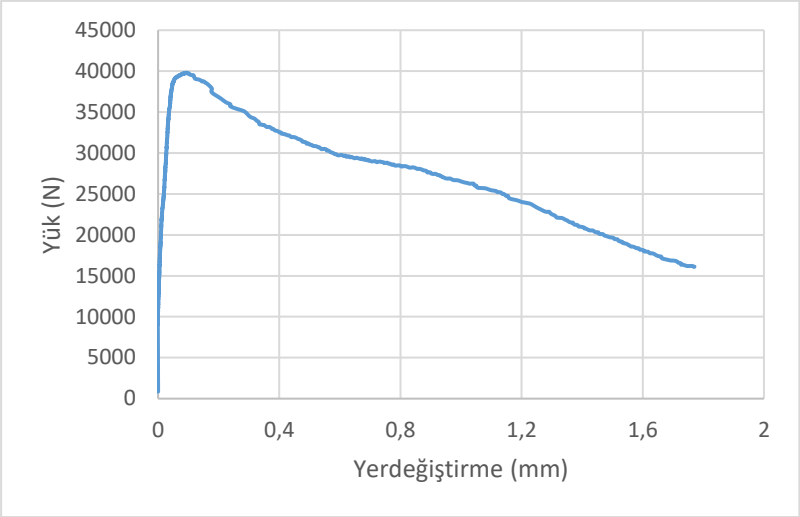
Şekil Ek.2. (Φ12) .2 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .3

Çizelge Ek.3.'de (Φ12) .3 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.3.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.3. (Φ12) .3 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .3
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	39,81 kN
Galvaniz	X
Epoksi	X



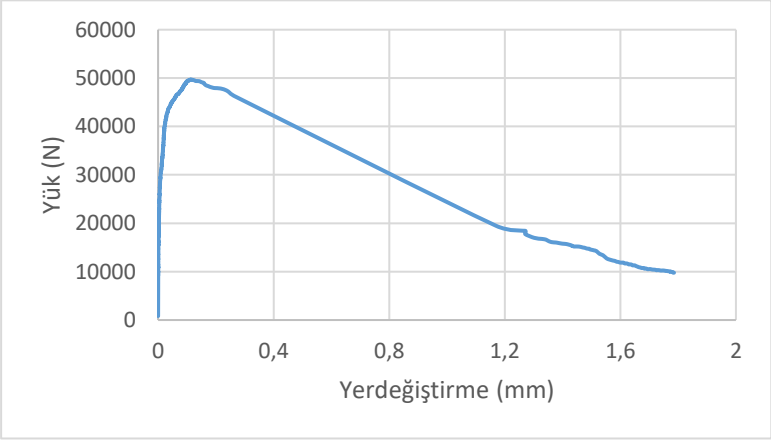
Şekil Ek.3. (Φ12) .3 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .G.4

Çizelge Ek.4.'de (Φ12) .G.4 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.4.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.4. (Φ12) .G.4 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .G.4
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	49,68 kN
Galvaniz	√
Epoksi	X



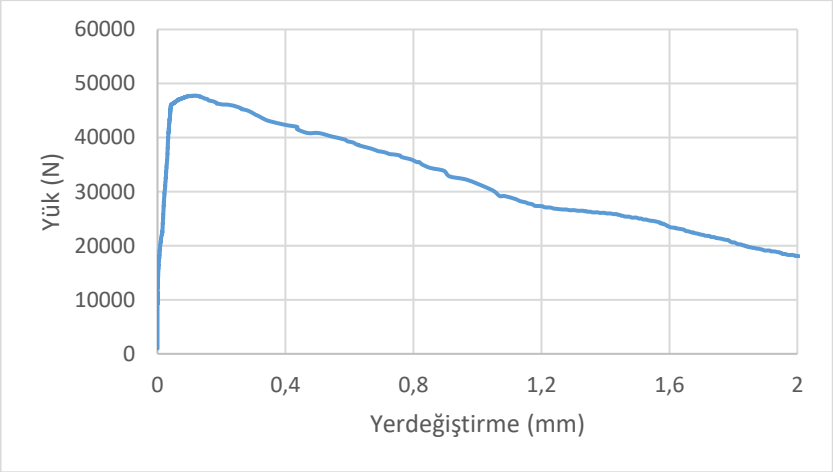
Şekil Ek.4. (Φ12) .G.4 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .G.5

Çizelge Ek.5.'de (Φ12) .G.5 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.5.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.5. (Φ12) .G.5 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .G.5
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	47,76 kN
Galvaniz	√
Epoksi	X



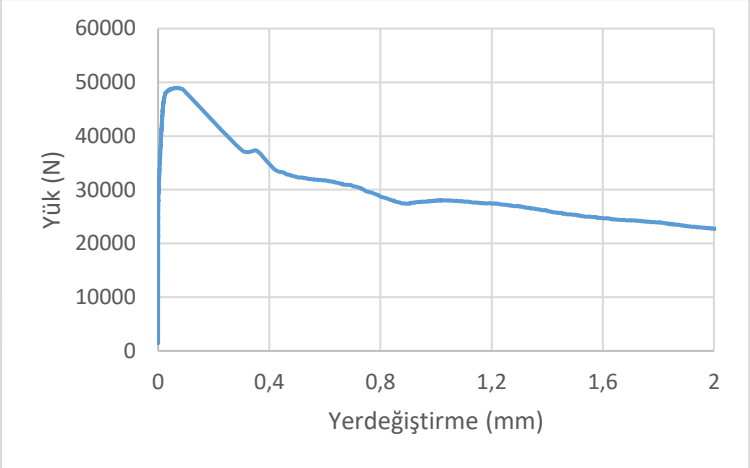
Şekil Ek.5. (Φ12) .G.5 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .G.6

Çizelge Ek.6.'de (Φ12) .G.6 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.6.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.6. (Φ12) .G.6 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .G.6
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	48,96 kN
Galvaniz	√
Epoksi	X



Şekil Ek.6. (Φ12) .G.6 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

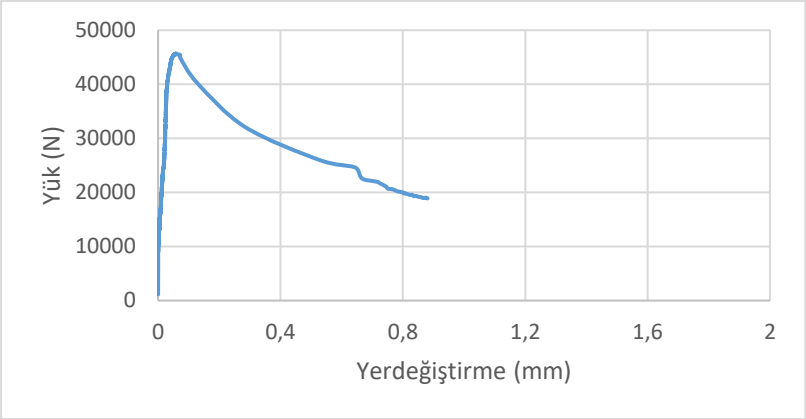
Ek 2 Taze Betona Yapılan Φ14 Çapındaki Ankraj Donatı Deneyleri

(Φ14) .7

Çizelge Ek.7.'de (Φ14) .7 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.7.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.7. (Φ14) .7 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .7
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	45,69 kN
Galvaniz	X
Epoksi	X



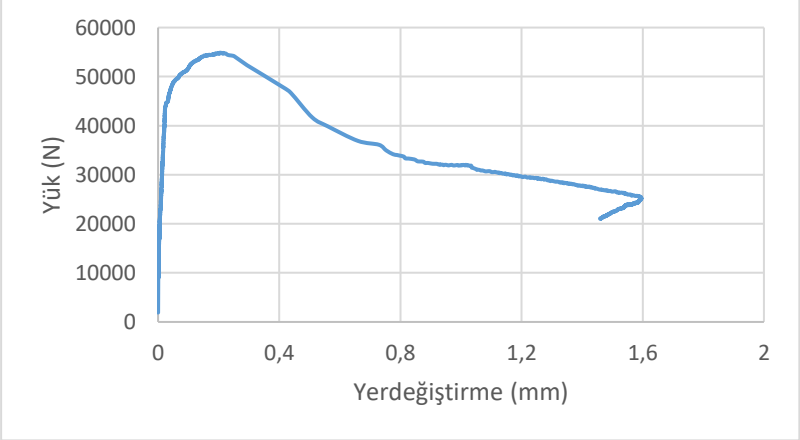
Şekil Ek.7. (Φ14) .7 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .8

Çizelge Ek.8.'de (Φ14) .8 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.8.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.8. (Φ14) .8 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .8
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	54,88 kN
Galvaniz	X
Epoksi	X



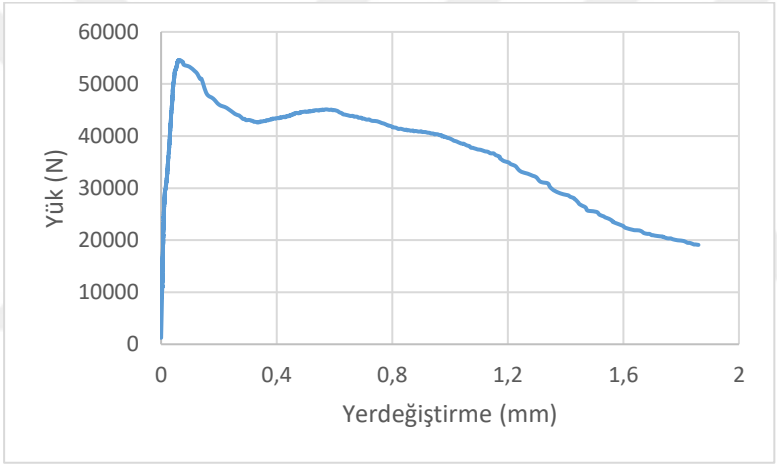
Şekil Ek.8. (Φ14) .8 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .9

Çizelge Ek.9.'de (Φ14) .9 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.9.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.9. (Φ14) .9 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .9
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	54,62 kN
Galvaniz	X
Epoksi	X



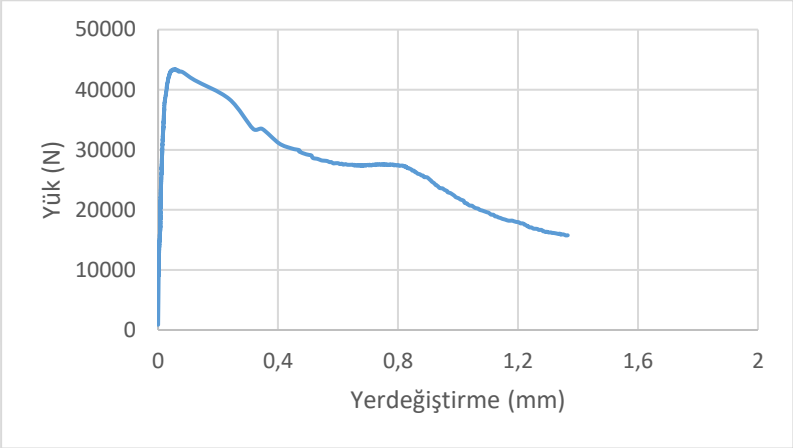
Şekil Ek.9. (Φ14) .9 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .G.10

Çizelge Ek.10.'da (Φ14) .G.10 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.10.'da yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.10. (Φ14) .G.10 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .G.10
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	43,4 kN
Galvaniz	√
Epoksi	X



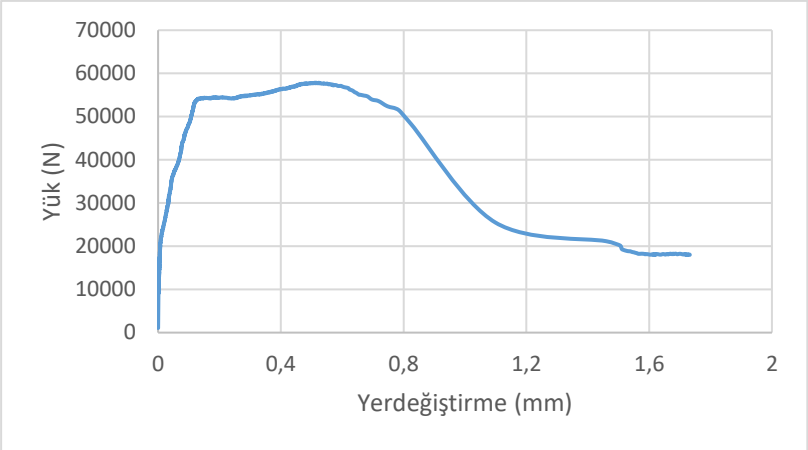
Şekil Ek.10. (Φ14) .G.10 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .G.11

Çizelge Ek.11.'de (Φ14) .G.11 ait deneysel veriler ve Şekil Ek.11.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.11. (Φ14) .G.11 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .G.11
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	57,85 kN
Galvaniz	√
Epoksi	X



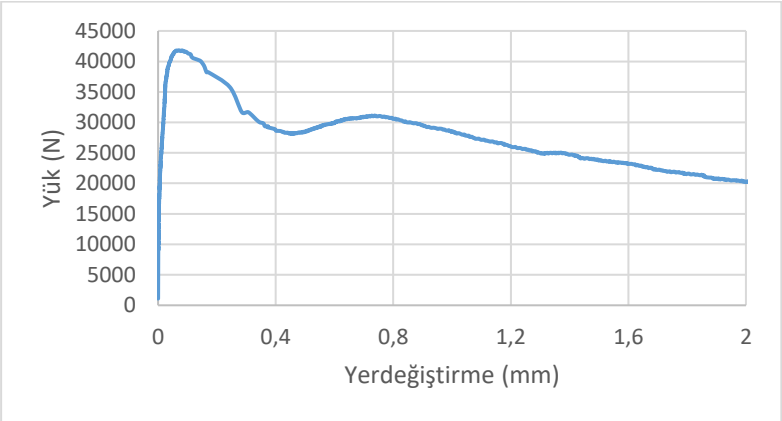
Şekil Ek.11. (Φ14) .G.11 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .G.12

Çizelge Ek.12.'de (Φ14) .G.12 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.12.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.12. (Φ14) .G.12 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .G.12
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	41,82 kN
Galvaniz	√
Epoksi	X



Şekil Ek.12. (Φ14) .G.12 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

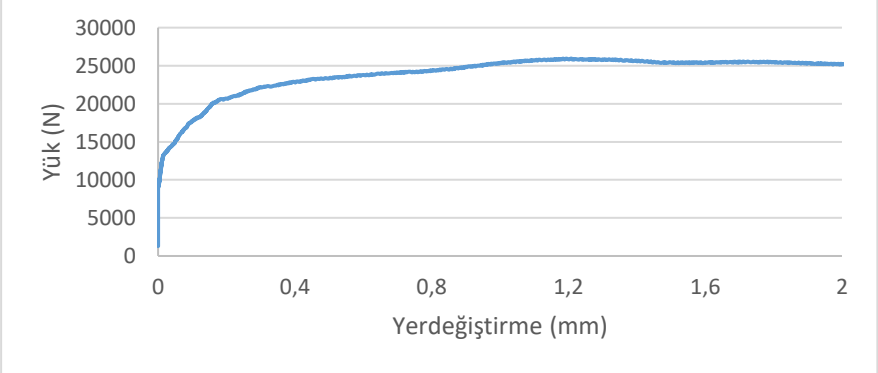
Ek 3 Sertleşmiş Betona Yapılan Φ12 Çapındaki Kimyasal Ankraj Donatı Deneyleri

(Φ12) .E.1

Çizelge Ek.13.'de (Φ12) .E.1 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.13.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.13. (Φ12) .E.1 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .E.1
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	25,96 kN
Galvaniz	X
Epoksi	√



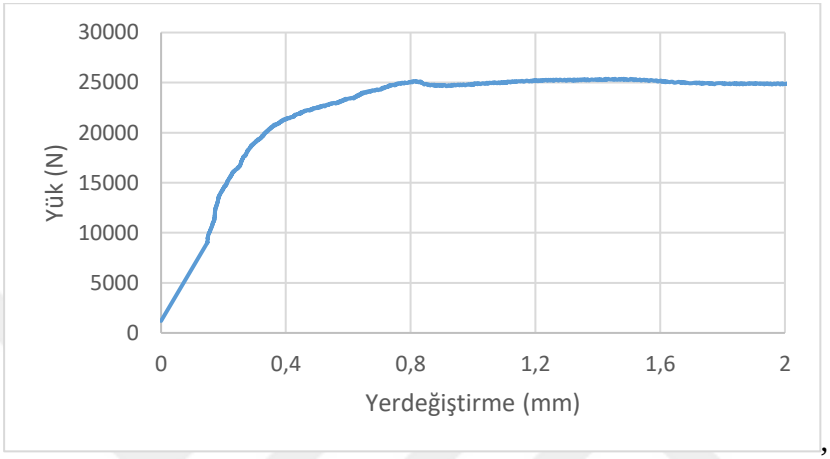
Şekil Ek.13. (Φ12) .E.1 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .E.2

Çizelge Ek.14.'de (Φ12) .E.2 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.14.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.14. (Φ12) .E.2 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .E.2
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	25,40 kN
Galvaniz	X
Epoksi	√



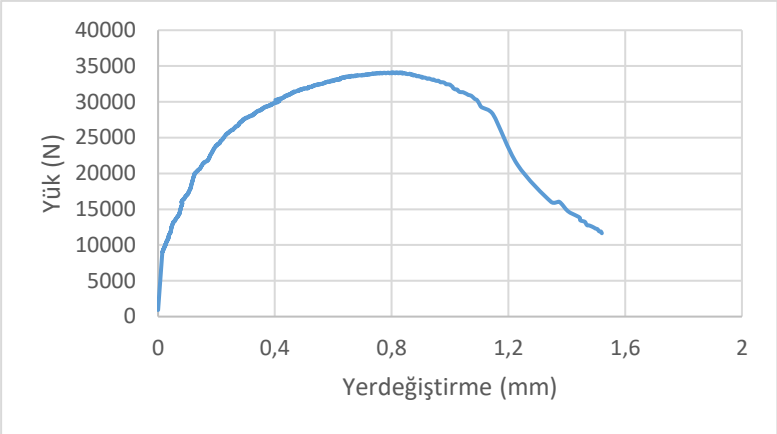
Şekil Ek.14. (Φ12) .E.2 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .E.3

Çizelge Ek.15.'de (Φ12) .E.3 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.15.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.15. (Φ12) .E.3 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .E.4
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	34,12 kN
Galvaniz	X
Epoksi	√



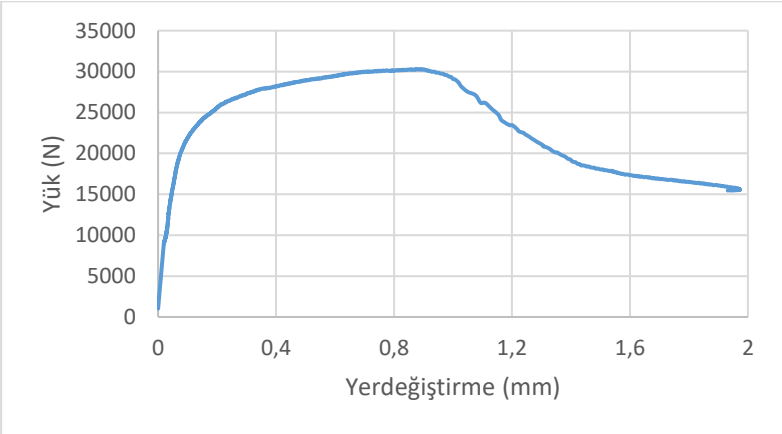
Şekil Ek.15. (Φ12) .E.3 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .E.G.4

Çizelge Ek.16.'da (Φ12) .E.G.4 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.16.'da yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.16. (Φ12) .E.G.4 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .E.G.4
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	30,30 kN
Galvaniz	√
Epoksi	√



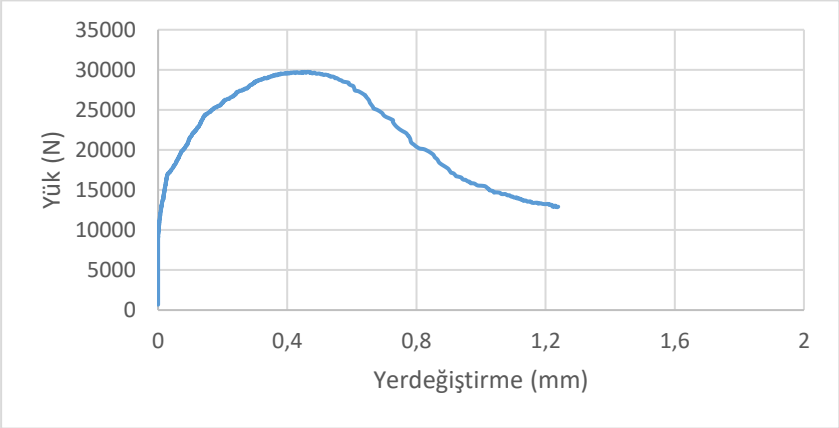
Şekil Ek.16. (Φ12) .E.G.4 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .E.G.5

Çizelge Ek.17.'de (Φ12) .E.G.5 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.17.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.17. (Φ12) .E.G.5 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .E.G.5
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	29,74 kN
Galvaniz	√
Epoksi	√



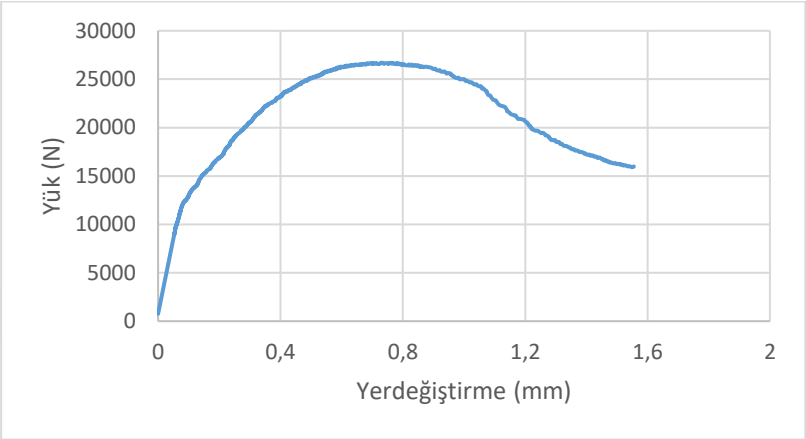
Şekil Ek.17. (Φ12) .E.G.5 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ12) .E.G.6

Çizelge Ek.18.'de (Φ12) .E.G.6 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.18.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.18. (Φ12) .E.G.6 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ12) .E.G.6
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	26,70 kN
Galvaniz	√
Epoksi	√



Şekil Ek.18. (Φ12) .E.G.6 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

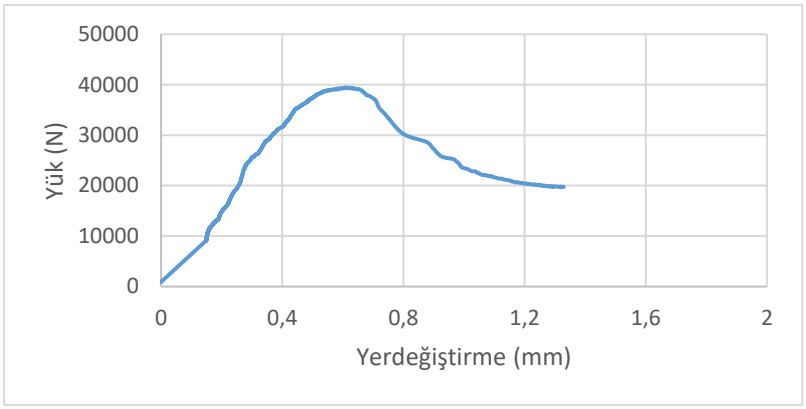
Ek 4 Sertleşmiş Betona Yapılan Φ14 Çapındaki Kimyasal Ankraj Donatı Deneyleri

(Φ14) .E.7

Çizelge Ek.19.'da (Φ14) .E.7 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.19.'da yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.19. (Φ14) .E.7 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .E.7
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	39,43 kN
Galvaniz	X
Epoksi	√



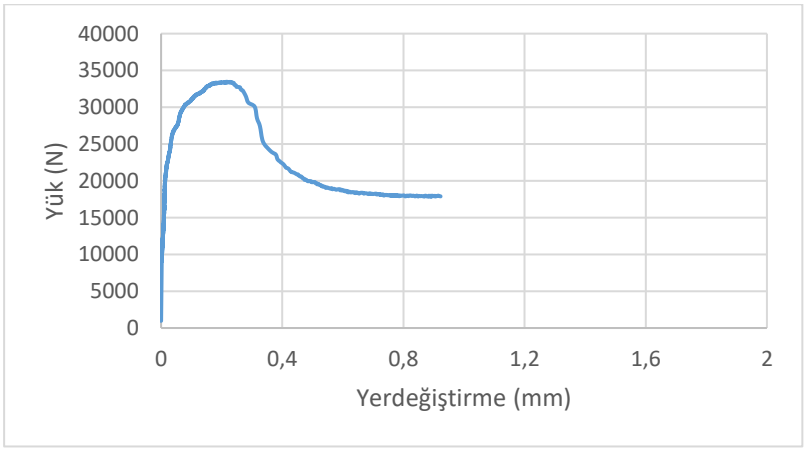
Şekil Ek.19. (Φ14) .E.7 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .E.8

Çizelge Ek.20.'de (Φ14) .E.8 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.20.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.20. (Φ14) .E.8 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .E.8
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	33,47 kN
Galvaniz	X
Epoksi	√



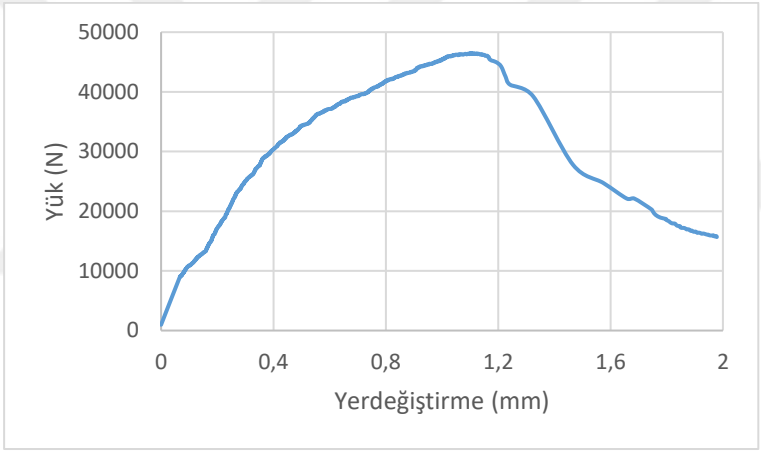
Şekil Ek.20. (Φ14) .E.8 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .E.9

Çizelge Ek.21.'de (Φ14) .E.9 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.21.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.21. (Φ14) .E.9 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .E.9
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	46,47 kN
Galvaniz	X
Epoksi	√



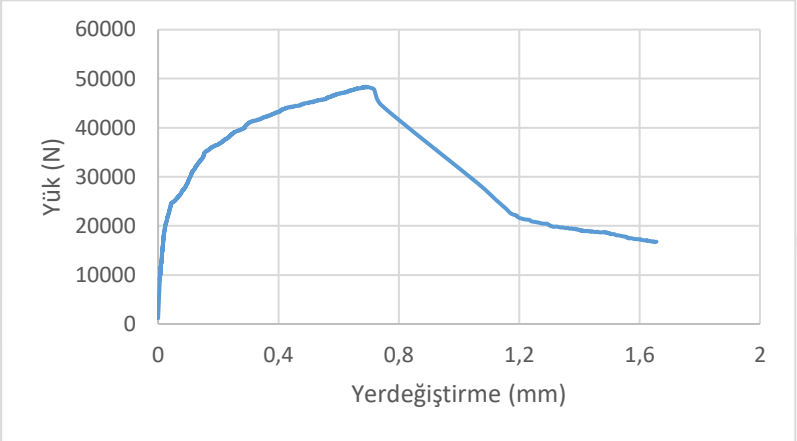
Şekil Ek.21. (Φ14) .E.9 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .E.G.10

Çizelge Ek.22.'de (Φ14) .E.G.10 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.22.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.22. (Φ14) .E.G.10 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .E.G.10
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	48,35 kN
Galvaniz	√
Epoksi	√



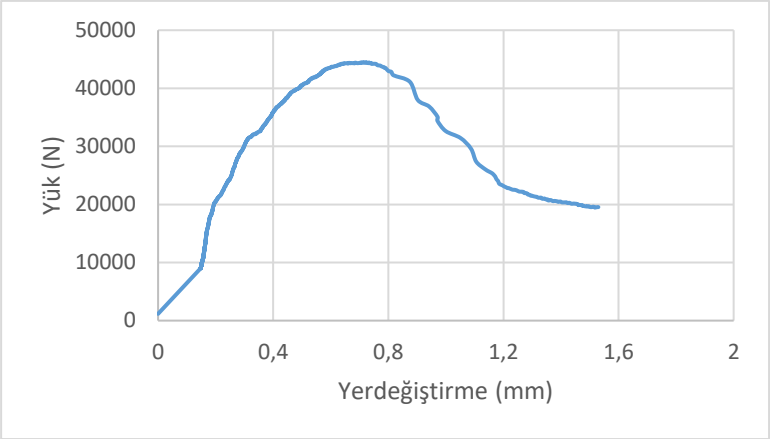
Şekil Ek.22. (Φ14) .E.G.10 Numunesine Ait Yük-Yer değiştirme Grafiği

(Φ14) .E.G.11

Çizelge Ek.23.'de (Φ14) .E.G.11 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.23.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yer değiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.23. (Φ14) .E.G.11 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .E.G.11
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	45,79 kN
Galvaniz	√
Epoksi	√



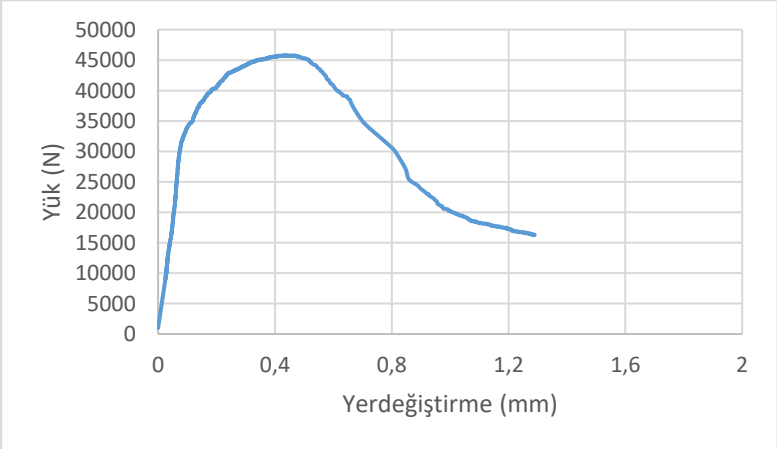
Şekil Ek.23. (Φ14) .E.G.11 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

(Φ14) .E.G.12

Çizelge Ek.24.'de (Φ14) .E.G.12 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.24.'de yapılan deney sonucunda elde edilen yük - yerdegistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek.24. (Φ14) .E.G.12 Numunesine Ait Veriler

Numune Adı	(Φ14) .E.G.12
Donatı Çapı	14 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	44,48 kN
Galvaniz	√
Epoksi	√



Şekil Ek.24. (Φ14) .E.G.12 Numunesine Ait Yük-Yerdeğiştirme Grafiği