



**T.C.**  
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT BETONARME BİNADA GÜÇLENDİRME  
ANKRAJLARININ ÇAP VE DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME  
PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**İBRAHİM ZİVRALI**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. Orhan DOĞAN**

**KIRIKKALE-2024**





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

**MEVCUT BETONARME BİNADA GÜÇLENDİRME**  
**ANKRAJLARININ ÇAP VE DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME**  
**PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**İBRAHİM ZİVRALI**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. Orhan DOĞAN**

**KIRIKKALE-2024**

İbrahim ZIVRALI tarafından hazırlanan MEVCUT BETONARME BİNADA GÜÇLENDİRME ANKRAJLARININ ÇAP VE ANKRAJ DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Orhan DOĞAN

İnşaat Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Baki ÖZTÜRK

İnşaat Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üy. Orhan Gazi ODACIOĞLU

İnşaat Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 29./02/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İbrahim ZIVRALI

29/02/2024

## ÖZET

### MEVCUT BETONARME BİNADA GÜÇLENDİRME ANKRAJLARININ ÇAP VE ANKRAJ DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Orhan DOĞAN

Şubat 2024, 36 Sayfa

Türkiye Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alan ve tamamı deprem tehlikesi altında bir ülkedir. Yapı stoğunda geç kalınan iyileştirme çalışmaları neticesinde Şubat 2023 yılında 11 ilde yaşanan depremler ile elli binden fazla insanımız yaşamını kaybetmiştir. Sekiz yüz binden fazla bağımsız bölümün orta, ağır hasarlı veya yıkılmış olduğu sonucuyla karşılaşmıştır. Bu durum betonarme yapıların güçlendirilmesi ile ilgili mühendislik çalışmalarının ne kadar önemli olduğunu tekrar ortaya koymuştur. Yürürlükteki şartnameler doğrultusunda betonarme yapıların güçlendirilmesinde betonarme veya FRP ile kolon mantolama ve betonarme perde eklenmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Kolonların mantolanmasında ve perde eklenmesinde donatı ankrajlarının çekme performansı büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında mevcut bir betonarme binanın kolonlarında kimyasal kullanılarak 72 adet donatı ankrajlanarak, çekme deneyleri yapılmıştır. 4 farklı kalınlıkta (Ø10,12,14,16) ve 3 farklı derinlikte (5, 10 ve 15 cm) ankraj demiri altılı gruplar halinde ekilmiştir. Her gruptaki altı numunedan üç adedi tam sıyrılmalı, üç adedi kısmi sıyrılmalı ankraj çekme deneyine tabi tutulmuştur. Mevcut yapının beton dayanımını belirlemek için kolonlarından 11 adet beton karot örneği alınmıştır. Ankraj çapı ve gömme derinliği ile ankrajların maksimum çekme kuvvetleri arasındaki bağıntı mevcut beton dayanımı için belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme Bina, Deprem, Betonarme Binalarda Güçlendirme, Kimyasal Ankraj, Güçlendirme Ankrajı, Ankraj Donatılarının Çekme Performansı, Çekip Çıkarma Deneyi

## ABSTRACT

### AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON PULL-OUT PERFORMANCE OF ANCHORS DEPENDING ON THE DEPTH AND DIAMETER OF ANCHORS APPLIED ON AN EXISTING RC BUILDING

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, Master Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Orhan DOĞAN

February 2024, 36 Page

Turkey is a country located on the Alpine-Himalayan seismic zone and is completely at risk of earthquakes. As a result of delayed improvement works in the building stock, more than fifty thousand people lost their lives in the earthquakes that occurred in 11 provinces in February 2023. It was concluded that more than eight hundred thousand independent sections were moderately, heavily damaged or collapsed. This situation shows again how important the engineering studies regarding the strengthening of reinforced concrete (RC) structures are. In the direction of existing codes, column sheathing with RC or FRP and adding RC shear walls to the existing building are widely used in strengthening RC structures. The tensile performance of reinforcement anchors is of great importance in sheathing columns and adding RC shear walls.

Within the scope of this study, 72 pieces of anchor bars were anchored using chemicals in the columns of an existing RC building and tensile tests were carried out. Anchor bars of 4 different thicknesses ( $\text{Ø}10,12,14,16$ ) and 3 different depths (5, 10 and 15 cm) were anchored in groups of six. Three of the six anchors in each group were subjected to fully pull out and three partially pull out tensile tests. To determine the concrete strength of the existing structure, 11 concrete core samples were taken from its columns. The relationship between the anchor diameter and embedment depth and the maximum tensile forces of the anchors was determined for the existing concrete strength.

**Keywords:** Reinforced Concrete Building, Earthquake, Strengthening in Reinforced Concrete Buildings, Chemical Anchor, Retrofit Anchor, Tensile Performance of Anchorage Reinforcements, Pulling Test

## TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aŐamalarında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu sabır ve hoŐgörüden dolayı değerli öğretmenim ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Orhan DOğAN'a, her zaman yanımda olan canım anneme, canım babama, biricik eŐime ve aslan oğluma teŐekkürlerimi sunarım.



# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmamızın Kapsam ve Amacı .....	2
1.2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kapsamında Betonarme Yapıda Güçlendirme Türleri ve Ankraj Şartlarının İrdelenmesi .....	2
1.3. Literatür Taraması .....	4
1.3.1. Ankrajlarda Çekme Davranışları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	4
1.3.2. Çekme Performansının Belirlenmesi ve Göçme Türleri .....	9
<b>2. DENEYSEL ÇALIŞMA</b> .....	<b>11</b>
2.1. Deney Yapılacak Binanın Seçimi ve Deney Düzeneklerinin Hazırlanması... 11	
2.1.1. Deney Yapılan Binanın Genel Özellikleri .....	12
2.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanların Hazırlanması ve Teknik Özellikleri..... 15	
2.2.1. Eksenel Kısmi Sıyırma Konisi .....	17
2.2.2. Kimyasal Yapıştırıcı.....	17
2.2.3. Manometreli Hidrolik Kriko ve Hidrolik Pompa.....	17
2.3. Deneylerin Yapılışı.....	18
<b>3. DENEY SONUÇLARI</b> .....	<b>20</b>
<b>4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ</b> .....	<b>23</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>31</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>33</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>36</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1. Ankrajda Göçme Türleri (a) Tam Sıyrılmalı Göçme, (b) Konik Göçme, (c) Kısmi Sıyrılmalı Göçme, (d) Ankraj Donatısının Kopması .....	10
2. C Blok Yapısı Genel Görünüm .....	13
3. C Blok Yapısı Zemin Kat Genel Görünüm .....	13
4. Deney Düzenekleri .....	16
5. Kısmi Sıyrılmalı Deney Düzeneği Görünüşleri.....	16
6. Eksenel Kısmi Sıyırma Konisi (Çekme Levhası).....	17
7. C Blok Zemin Kat Planında Ankraj Donatısı Ekilen Kolonlar .....	18
8. Ankraj Donatısı Ekim Örnekleri (Zemin Kat Koridoru).....	19
9. Göçme Sonrası Ankraj Demiri Görünümleri.....	20
10. Ø10 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	23
11. Ø10 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	24
12. Ø12 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	24
13. Ø12 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	25
14. Ø14 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	25
15. Ø14 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	26
16. Ø16 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	26
17. Ø16 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri .....	27
18. Ø10 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	28
19. Ø12 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	28
20. Ø14 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	29
21. Ø16 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması.....	30

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
1. C Blok Yapısının Genel Özellikleri .....	14
2. C Blok Yapısı Karot Sonuçları .....	15
3. Pattex CF 900 Epoksi Mekanik ve Fiziksel Özellikler .....	17
4. Ø10 Ankraj Çubuklarının Çekme Deney Sonuçları.....	21
5. Ø12 Ankraj Çubuklarının Çekme Deney Sonuçları.....	21
6. Ø14 Ankraj Çubuklarının Çekme Deney Sonuçları.....	22
7. Ø16 Ankraj Çubuklarının Çekme Deney Sonuçları.....	22

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

I	Bina Önem Katsayısı
DTS	Deprem Tasarım Sınıfları
BYS	Bina Yükseklik Sınıfları
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
KH	Kontrollü Hasar
SH	Sınırlı Hasar
KK	Kesintisiz Kullanım

### Kısaltmalar

TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
ACI	American Concrete Institute
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

# 1. GİRİŞ

Ülkemizde 1940 yılından itibaren çeşitli tarihlerde yayımlanan bina deprem yönetmelikleri mevcuttur. 1999 yılında yaşanan depremlerden sonra artan çalışmalar ile 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) ve 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) yürürlüğe girmiştir. Cansız (2021) çalışmasında deprem yönetmeliklerinin özelliklerini ve deprem yükü hesabının değişimini incelemiş, sonuç olarak 1998 öncesi fazla kat yapılmış, projesi ve deprem hesabı olmayan veya projesine uygun yapılmamış birçok binanın bulunduğunu, yapıldığı dönem yürürlükte olan deprem yönetmeliğe uygun olmayan, denetimsiz, hazır beton kullanılmamış şekilde inşa edilen binaların depreme karşı dayanıksız olacağını belirtmiş ve Elazığ-2020 ile İzmir-2020 depremlerinde meydana gelen can kayıplarının büyük kısmının 2000 öncesi yapılan yapılarda meydana geldiğini vurgulamıştır [1]. 2023 yılında yaşanan Kahramanmaraş depremleri de bu görüşü doğrulamaktadır.

TÜİK verilerine göre ülkemizde 2000 yılından önce bitirilen veya fiilen ikamete açılan bina sayısı 11.014.393'tür. Bu konut sayısı 2022 yılı Nisan sonu itibarıyla 25.329.833 sayısına ulaşmıştır [2]. Bu yapı stoğunda betonarme taşıyıcı sistemlerin işçilik ve malzeme temini kolaylıkları ile ekonomik sebeplerle oldukça fazla tercih edildiği bilinmektedir. TBDY 2018 ile betonarme yapılara ilişkin getirilen kurallar ile deprem performans analizi şartlarının bu yönetmelikten önceki yapıların inşa şartları ile farklılıkları düşünüldüğünde (özellikle taşıyıcı sistem elemanları ebatları ile kullanılan donatı demirinin kendi dönem şartlarına uygun olsa dahi) TBDY 2018 şartlarına uygun olmadığı bilinmektedir. Ülkemiz sınırlarında mevcut yaklaşık 1/3'ü deprem riski taşıyan konut yapılarına ilaveten sanayi yapıları da dikkate alındığında en az 10 milyon civarında betonarme yapının deprem performansı analizinin yapılması gerektiği ve çok sayıda betonarme yapının depreme karşı güçlendirmeyi beklediği öngörülebilir.

## **1.1. Çalışmamızın Kapsam ve Amacı**

Bu çalışmanın amacı depreme karşı yetersiz performans sergilediği değerlendirilen betonarme yapıların güçlendirilmesinde TBDY 2018 kapsamında kullanılması zorunlu olan ankrajların, yönetmelikte önerilmeyen çap ve derinlikte farklı ankrajlarla birlikte mevcut bir yapıda uygulanarak deneylerle ankrajların çekme kuvveti performanslarının belirlenmesi, karşılaştırma yapılarak ankrajların mevcut yapı stoğuna uygulanması şartlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktır.

Çalışma 2000 yılı öncesi inşa edilmiş bir yapının betonarme kolonları üzerinde gerekli dayanım tespitinin yapılarak mevcut eleman kalınlıkları doğrultusunda belirlenen 3 farklı derinlikte 4 farklı kalınlıkta ankraj uygulaması ile elde edilen veriler ışığında mevcut yapıda ulaşılan taşıyıcı eleman dayanımına göre tespit edilen çekme performansına göre uygulanması gerekli ankraj çapı ve derinliği önerisini kapsamaktadır.

## **1.2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kapsamında Betonarme Yapıda Güçlendirme Türleri ve Ankraj Şartlarının İrdelenmesi**

Binaların depremleri hasar görmeden atlması her zaman ekonomik bir çözüm olmamaktadır. Yürürlükteki deprem yönetmeliği olan TBDY 2018'e göre deprem etkisi altında binaların değerlendirilmesinde ve depreme dayanıklı olarak bina tasarımında depremden sonra kullanım ihtiyacı, insanların yoğun olarak buldukları alanlar gibi hususları dikkate alan bina kullanım amaçları oluşturulmuş, bu amaçlara göre bina kullanım sınıfları ile Bina Önem Katsayısı (I) belirlenmesi uygun görülmüştür. Bina Yükseklik Sınıfları (BYS) ile deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) belirlenmiştir. Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri tanımlanmıştır. Bu performans düzeyleri bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı Kesintisiz Kullanım (KK); bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği Sınırlı Hasar (SH); bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelen Kontrollü Hasar (KH) ve binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyleridir [3]. Bu

performanslar ile asgari şartta küçük şiddetteki depremlerde yapıda ciddi hasar oluşmadan, orta şiddette depremde tamir edilebilir hasarlar ile ve yüksek şiddetteki depremlerde yapıda hasarlar oluşsa da can kaybı olmadan depremin atlatılması hedeflenmektedir.

Mevcut bir betonarme binada performans düzeyinin tespit edilebilmesi için taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin ve deprem dayanımlarının belirlenmesi ile ilgili bilgi toplanması gerekmektedir. TBDY 2018'e göre mevcut binanın taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları ve detayları ile taşıyıcı sistemin geometrisi ve malzeme özellikleri bilgilerini, mevcut bina projeleri ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilmektedir. Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolü olarak belirlenmiştir [4].

Bu bilgiler ile mevcut binada gerekli analiz çalışmaları yapılarak binanın öngörülen performansı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir. Analiz sonrası öngörülen performansı sağlamadıkları tespit edilen binalarda maliyet hesapları ile yıkım veya güçlendirme çalışmaları başlatılmaktadır. TBDY'ne 15.9. Binaların Güçlendirilmesi maddesine göre *“Binaların güçlendirilmesi, deprem hasarlarına neden olacak kusurlarının giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanlarının deprem davranışlarının iyileştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemleri içerir.”*

TBDY 2018 15.10 maddesi Betonarme Binaların Güçlendirilmesi çalışmalarında güçlendirme türleri; betonarme, çelik veya lifli polimer sargı ile kolonların sarılması; kesitlerinin büyütülerek kolon eğilme kapasitelerinin artırılması, dıştan etriye ekleme ve lifli polimer sarma ile kirişlerin sarılması; bölme duvarların güçlendirilmesi; çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik yerinde dökme betonarme perdenin sisteme ilavesi ile güçlendirme; betonarme sisteme yeni çerçeve ekleme; betonarme sistemin kütesinin azaltılması olarak belirlenmiştir [5].

Bu güçlendirme türlerinden ülkemizde en sık karşılaşılan yöntemin binanın deprem performans analiz sonucuna göre güçlendirme türlerinin birlikte uygulanmasını içeren mevcut betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinin büyütülmesi ve yeni taşıyıcı betonarme elemanın sisteme ilave edilerek toplam kapasitenin artırılması olduğu görülmüştür.

TBDY 2018 15.10.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi maddesinde çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik yerinde dökme betonarme perdenin sisteme ilavesi ile güçlendirmelerde perdelerin ankraj çubukları ile mevcut taşıyıcı sisteme bağlanması, en küçük ankraj çubuğu çapının 16 mm, en az ankraj derinliğinin çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığının 400 mm olması şartı getirilmiştir.

Bu ankraj işlemi nervürlü çelik çubukların, sertleşmiş betonda sonradan açılan deliklerde gerekli temizlik yapıldıktan sonra kimyasal bağlayıcı ile ekimi işlemidir. Bu kimyasal ankrajlar kolay ve hızlı uygulanabilirlikleri ile tasarım ve uygulama sırasında büyük avantaj sağladığı için yaygın olarak tercih edildiği, yönetmeliklerinde bu bağlam ile birlikte teknik ihtiyacı da dikkate alarak ankraj ekimini gerek şart olarak getirdiği değerlendirilmektedir. Mevcut sisteme yapılan kapasite artırımı veya eleman ilavelerinin mevcut taşıyıcı sistem elemanları ile çalışma uyumu ve yük aktarımının sağlıklı şekilde gerçekleşmesi kimyasal ankrajların performansına bağlıdır. TBDY 2018 ankraj şartı ile birlikte uygulanacak taşıyıcı sistemin beton dayanımı arasında bir ilişki öngörmemektedir.

### **1.3. Literatür Taraması**

Yapılan literatür taramasında mevcut betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinin büyütülmesi veya yeni taşıyıcı betonarme elemanın sisteme ilave edilmesi sırasında kullanılacak ankrajların hangi beton dayanımında hangi çap ve derinlikte uygulanacağı ile ilgili bütünsel bir çalışma olmamakla birlikte birbirinden bağımsız ankrajların çekme performanslarına ilişkin deneysel çalışmaların olduğu görülmüştür.

#### **1.3.1. Ankrajlarda Çekme Davranışları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Atımtay (1977) tarafından yapılan çalışmada üç farklı çeliğin ankraj boyları ve aderans performansı incelenmiştir. Çalışma sonucunda nervürlü demirlerin düz yüzeyli demirlere oranla aderans gerilmelerini iki katına yükseltebileceği gözlemlenmiştir [6].

Eligehausen ve diğ. (1984) tarafından yapılan çalışmada betonun göçmesi sırasında oluşan koni ölçülerinin betonun mukavemetiyle ilişkisi araştırılmış, beton dayanımı düştükçe koni derinliğinin arttığı, dolayısıyla ankraj performansının azaldığı belirtilmiştir [7].

Cook ve diğ. (1993) ankrajların performanslarını incelemek amacıyla dişli ankraj ile deneyler yapmışlardır. Ankraj çapı  $\Phi 16$  olan 97 adet ankraj ekilmiştir. Beton basınç dayanımı 25 MPa olarak seçilmiş, ankrajlar epoksi yapıştırıcı ile yarı ve tam bağlı olarak ekilmiştir. Çalışmada ankrajların sıyrılma çeşitleri belirlenmiş ve elastik davranış modeli ile ankrajların yük aktarımını açıklayan bağıntı çıkartılmıştır [8].

Cook (1993) kimyasal ankrajların çekme kapasitelerinin belirlenmesi için oransal tasarım önerileri üzerine çalışmıştır. İki farklı üniversitede toplam 280 adet test yapmış, yapılan testler ile oransal tasarımı tüm göçme modlarında uygunluğunu incelemiştir [9].

Yerlici ve diğ. (1995) yaptıkları çalışmada, normal ve yüksek dayanımlı betonlarda ankraj performans özelliklerini incelemiştirler. Bu deneysel çalışmada normal ve yüksek mukavemetli 42 adet betonarme numune S420a donatı çeliği ile donatılmış, nervürlü donatılı ankrajlara çekme deneyleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda normal mukavemetli betonlarda ankrajlar için kullanılan hesap denklemlerinin yüksek mukavemetli betonlarda kullanılmaması gerektiğini belirtmişlerdir [10].

Obata vd. (1998) çalışmalarında serbest kenara yakın ekilen ankrajların çekme performanslarını incelemiştirler. İki farklı dayanımda beton örneklerine tek çapta ankraj çubukları ekerek yaptıkları çalışmada koni göçme türüne ilişkin belirleyebilmek için yeni bir metot ile tasarım önerilerinde bulunmuşlardır [11].

Cook vd. (1998) çalışmalarında serbest kenarlardan uzaklığına dikkat edilerek ekilen ankrajlarda tasarım modeli ve formüllerin tespiti üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada Avrupa ve Amerika'da yapılan testlerin veri tabanından yararlanarak tekil kimyasal ankrajlar için üniform bağ modelinin kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir [12].

Higgins vd. (1998), çalışmalarında çevresel etkilerin (donma çözünme, asit yağmuru, korozyon, ultraviyole ışın ) ayrı ayrı ve birlikte ankraj dayanımına etkilerini araştırılmışlardır. Ultraviyole ışınların dayanımı düşürücü etkilerinin olmadığı, donma ve çözülme etkisinin dayanımı düşürdüğü, asit etkisinin nispeten düşüşe yol açtığını belirlemişlerdir [13].

Zamora ve diğ. (2003) çalışmalarında 6 farklı üretimli çimento ve 3 farklı polimer esaslı bağlayıcı ile 237 adet ankraj (başlıklı ve başlıksız) üzerinde çalışmışlardır. Deneysel çalışma da ankraj çapı, ankraj delik çapı, ankraj gömülü derinliği ve beton dayanımının ankraj performansına etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda başlıklı ve başlıksız ankrajların göçme modlarının farklı olduğu ve çalışma biçimleri belirlenmiştir [14].

Özturan ve diğ. (2004) betona ekilen ankrajların statik çekme, tekrarlı çekme ve statik kesme gibi farklı yüklemeler altında yük taşıma performanslarını ve göçme modlarını incelemişlerdir. Çalışma da  $\Phi 12$  ve  $\Phi 16$  çaplarında donatılar 4, 6, 8, 10, 12 cm derinliklerde C30 ve C60 kalitesindeki taban betonlarına ekilmiştir. Çalışmaya göre ankrajların kimyasal veya harçlı bağlı olması fark etmeksizin statik çekme yükleri altındaki taşıma kapasiteleri beton basınç dayanımının artmasıyla yaklaşık olarak %30 oranlarında artmaktadır. 6 cm ekme derinlikli ankrajlarda yüksek ve normal mukavemetli betonlarda ankraj çapının artması ile göçme yükü doğru orantılı olarak artmaktadır [15].

Gesoğlu ve diğ. (2005) çelik liflerle güçlendirilmiş normal (30 MPa) ve yüksek dayanımlı (60 MPa) betonlara ekilen ankrajların çekme kuvveti etkisindeki davranışlarını incelemişlerdir. Lifli betona ekilen ankrajların lifsiz betona ekilenlerin aksine tek parça koni göçmesi yerine birden fazla parça olarak göçme sergilediklerini gözlemlemişlerdir. Çalışmaya göre ankrajların çekme dayanımı beton dayanımı arttıkça artmaktadır [16].

Seyhan (2006) tez çalışmasında 16 Mpa dayanıma sahip betonlar içerisine, farklı firmalara ait kimyasal yapıştırıcılar kullanılarak ankraj çapına göre  $\Phi 6$ ,  $\Phi 8$ ,  $\Phi 10$  ve  $\Phi 12$  katı derinliklerde 16 ve 20 mm çaplara sahip ankrajlar ekilmiş ve çekme deneyleri yapılmıştır. Göçme sonrası konik beton parçaların geometri özellikleri incelenmiş ve birbirinden farklı olduğu gözlenmiş, koni yüksekliği hesaplanırken kimyasal yapıştırıcı özelliklerinin önemli olduğu belirtilmiştir [17].

Durmuş ve Diğerleri (2006) çalışmalarında, normal ve yüksek mukavemetli betonlarda ankraj donatılarının çekme performanslarını incelemişlerdir. Çalışma da değişik çaplarda düz ve nervürlü donatılar ile ankrajlar ekilmiştir. Üretilen yüksek ve normal mukavemetli betonlarla aynı mekanik ve fiziksel özelliklerde üretilen betonarme kirişlerde eğilme aderans ilişkisine yönelik deneyler yapılmıştır. Sonuç

olarak yüksek mukavemetli betonlarda ankraj performanslarının normal mukavemetli betonlara göre çok daha yüksek performans elde edildiği, dolayısı ile yüksek mukavemetli betonlarda donatı gömme derinliğinin azaltılabileceği ve yüksek mukavemetli betonlar kullanılan bina tasarımında, yürürlükte bulunan “TS500-Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”nın geçerli olamayacağı belirtilmiştir [18].

Mazılıgüney (2007) mevcut bir binanın 5-16 MPa aralığında değişen beton dayanımına sahip kolonlarına epoksi yapıştırıcı kullanılarak iki farklı kalınlıkta ( $\Phi 16$  ve  $\Phi 20$ ) donatıları ekmiştir. Ankraj gömme derinlikleri  $10\Phi$ ,  $15\Phi$  ve  $20\Phi$  olarak belirlenmiştir. Ankrajlarda oluşturulan deney düzeneği ile aksel çekme kuvveti uygulanarak performansları incelenmiştir. Deneyde parametreler ankraj çapı, ankraj derinliği, delik temizliği olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda tüm belirlenen parametrelerin ankraj çekme performansını etkilediği, en etkili parametrenin ise ankraj çapı olduğu sonucuna ulaşılmıştır [19].

Kaya (2007) çalışmasında kimyasal ankrajları; uygulama yüzey temizliği açısından incelemek için üç farklı grup oluşturarak çekme deneyleri yapmıştır. Deneylerde kullanılan kimyasal yapıştırıcı özellikleri ve performanslarını incelemiş, kimyasal yapıştırıcı özelliklerini tespitinden sonra tam bağlı ve kısmi bağlı ankrajlarla deneylere devam etmiştir. Ankraj performanslarında çap ve gömme derinlikleri değiştirilmiş, ankraj performansının gömme derinliği arttıkça yükseldiği görülmüştür. Yapılan deneylerde ankraj gömme derinliğinin uygulama yapılan beton kalınlığına oranının %75’den daha fazla olmasının uygun olmadığı kanaatine varmışlardır [20].

Gürbüz (2007) çalışmasında, farklı delik yüzey koşulları altında ve ankraj derinliklerinde tam ve kısmi bağlı kimyasal ankrajların davranışını incelemiştir. 85 adet numune üzerinde deney yapmıştır. Numunelerin aksel çekme performanslarını, yük-deplasman ilişkilerini ve göçme türlerini tespit etmiştir. Düşük dayanımlı betonlarda kısmi bağlı ankrajlar ile tam bağlı ankrajların performans değerleri arasındaki farklar belirlenmiş ve tam bağlı ankrajların kısmi bağlı ankrajlara oranla daha yüksek performans gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca delik yüzey temizliği yapılmaması durumunda kimyasal yapıştırıcı mekanik özellikleri sağlanamadığı için sıyrılmaların olması gerekenden düşük yüklerde görüldüğü belirtilmiştir [21].

Gürbüz ve Diğerleri (2007) çalışmalarında basınç dayanımları 12 ve 16 MPa olan farklı beton bloklar içerisine, farklı tipte kimyasal yapıştırıcı kullanarak 24 adet ankraj numunesi hazırlamışlardır. Ankraj derinliği 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ olarak seçilmiştir. Donatı çapı Φ16 ve Φ20 olarak değişken tutulmuştur. 24 adet numunede çekme deneyleri yapılmış, numunelerin çekme performansları, yük-deplasman ilişkileri ve göçme türleri tespit edilmiştir. Seçilen deney düzeneği, betonda koni göçme türüne izin verir şekilde düzenlenmiştir. Piyasa da sıkça kullanılan 10Φ derinlikli ankrajlarda akma dayanımına ulaşmadan, erken göçme görüldüğü belirtilmiştir [22].

Yılmaz ve Diğerleri (2010), çalışmalarında literatürde ankraj performansını etkileyen değişkenleri irdelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda ankraj performansında ankraj deliği yüzey temizliğinin ve bağlayıcı özelliklerinin diğer faktörlere göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bunun haricinde beton dayanımının ve ankraj gömülü boyunun dayanıma sınırlı etkisini olduğunu belirtmişlerdir [23].

Altan (2013) deneysel çalışmasında hazırlanan betonarme numunelere kimyasal ankrajlar ekmişlerdir. Sonuç olarak; C12 beton sınıfının altında dayanıma sahip betonlarda ankraj sistemlerini yetersiz bulmuşlar, ankraj çap ve gömme derinliğinin arttırılmasının çekme dayanımını artırdığını gözlemlemişlerdir [24].

Çavunt (2013) deneysel çalışmasında farklı yapıştırıcı malzemeler kullanılarak düşük dayanımlı betona ekilen nervürlü ankraj donatılarının kesme ve çekme kuvvetleri etkisi altındaki kapasitelerini incelenmiştir. Çalışma sonucunda düşük dayanımlı betonda çimento esaslı yapıştırıcıların etkin bir şekilde kullanılabileceği ortaya konmuştur [25].

Bayazıt (2016) deneysel çalışmasında ankrajların yapıldığı elemanların donatı oranının ankrajların çekme kapasitesine etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Donatı oranı ve etriye aralıklarını değiştirerek yaptığı çekme deneyleri sonucunda çekme kapasitesinin pek fazla etkilenmediği, ancak göçme modlarının değiştiği görülmüştür [26].

Çelik (2018) deneysel çalışmasında mevcut 3 farklı yığma yapıda tasarladığı kesme ve çekme levhaları tasarlamış, levhalarla birlikte deney düzenekler hazırlamış, ankraj çapı ve ankraj derinliğine bağlı olarak kesme ve çekme kapasitelerine ilişkin bağıntıları belirlemiştir [27].

Çalışkan (2020) çalışmasında farklı derinlik ve kenara yakınlık mesafesinde ekilen ankrajların çekme performanslarını incelemiştir. ACI 318 hesap yöntemlerini dikkate alarak güvenlik katsayıları bulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda kimyasal ankraj

kapasite ve tasarım hesabı için ACI 318 Ek-D ile derin ankrajlar için (ekme boyu > 8Ø) ASTM E 488 kullanılabileceğini belirtmiştir [28].

Odacıoğlu vd. (2022) çalışmalarında hazırladıkları düzenek ile farklı beton dayanımlarında farklı çapta çelik ankrajları kesme deneylerine tabi tutmuş, gömme derinliği ve beton dayanımı değişiminin ankrajlarda kesme dayanımına etkisini incelemişler, parametrelerin kesme dayanımına etkisinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir [29].

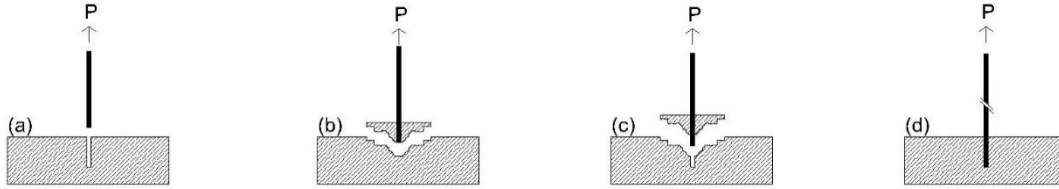
Yapılan literatür taramasında sonucunda güçlendirme ankrajlarının performanslarının muhtelif çalışmalarda incelendiği, beton dayanımı ve ankraj gömme derinliğinin ankraj çekme kapasitelerini etkileyen en önemli faktörler olduğu, deneysel çalışmaların genelde laboratuvar ortamında oluşturulan betonarme elemanlar üzerinde gerçekleştirildiği, mevcut yapılarda deneysel çalışmaların yetersiz olduğu, mevcut yapıların beton dayanımı düşüklüğünün her zaman dikkate alınmadığı, çalışmalarda göçme tiplerinin oluşumuna izin veren düzeneklerle ilgili farklılıklar olduğu, şartnamelerde önerilen Ø16 ve Ø20 çaplı ankrajlarda çalışmalar yoğunlaşmasına rağmen farklı çapta ankraj donatılarında yeterli çalışma olmadığı görülmüştür. Bu nedenlerle düşük veya orta beton dayanımına sahip mevcut bir betonarme yapıda, farklı çapta donatılarla farklı derinliklerde ekilen ankrajların daha önce kullanılan deney düzenekleri ile çekme kapasitelerinin belirlenmesi ile TBDY 2018’de belirtilen minimum Ø16 donatı kullanma zorunluluğunun orta dayanımlı betonlarda doğruluğunun araştırılması gerektiği değerlendirilmiştir.

### **1.3.2. Çekme Performansının Belirlenmesi ve Göçme Türleri**

Yapılan literatür taramasında ekilen ankrajların çekme performanslarının belirlenmesinde iki yöntem uygulandığı görülmüştür. Bu yöntemlerden birincisi ankraj çevresinden betonarme elemandan destek alınarak, yapı malzemesine basınç gerilmesi uygulanarak çekilmesidir. Bu çalışma kapsamında tam sıyrılmalı çekme deneyi olarak adlandırılmıştır. Diğer yöntem ise betonarme elemanda konik göçme oluşabilecek şekilde çekme gerilmeleri boyunca basınç kuvveti uygulanmaması istenilen yöntemdir. Bu çalışma kapsamında kısmi sıyrılmalı çekme deneyi olarak adlandırılmıştır.

Her iki deneyde eksenel çekme kuvveti etkisi ile ankrajların göçme türü olarak dört farklı mekanizma gözlemlenmektedir. Bu göçme türleri aşağıda sunulmuştur [8-27].

- a) Ankraj Donatısının Sıyırılması (Tam sıyrılmalı göçme)
- b) Konik Kopma (Konik göçme)
- c) Konik Kopma ve Sıyırmanın Birlikte Oluşması (Kısmi sıyrılmalı göçme)
- d) Ankraj Donatısının Kopması



**Şekil 1.** Ankrajda Göçme Türleri (a) Tam Sıyrılmalı Göçme, (b) Konik Göçme, (c) Kısmi Sıyrılmalı Göçme, (d) Ankraj Donatısının Kopması

Literatür çalışmalarında kimyasal ankrajlarda oluşabilecek istenmeyen göçme şekilleri; ankraj yapılan dayanımı yüksek betonun çekme dayanımının altında gerilmelerin oluşması durumunda ve yetersiz derinlikte yapılan ankrajlarda donatının tamamen sıyırılarak betondan ayrılması (Şekil 1a), donatı yüzeyleri ve kimyasal yapıştırıcı arasında yeterli miktarda yapışma olduğu ve yetersiz derinlikte yapılan ankrajlarda ankraj eksenine yapışık konik bir beton parçasının kopması (Şekil 1b), ankraj yapılan betonun çekme gerilmelerinin üzerinde ve yetersiz derinlikte yapılan ankrajlar da konik kopma ile birlikte donatı sıyırılmasıdır (Şekil 1c).

Birleşim bölgelerinde elastik bir davranış elde edebilmek için yeterli derinlikte yapılan kimyasal ankrajlarda istenilen göçme şekli sıyrılmalı olmaksızın konik veya tam sıyrılmalı göçme olmadan donatının koparak göçmesidir (Şekil 1d).

## **2. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Güçlendirme çalışmalarına başlamadan önce, betonarme yapılarda gerçekleştirilecek kapasite artırımının eklenecek betonarme kesit veya eleman ile mevcut taşıyıcı elemanlar arasındaki çalışma uyumunun istenilen düzeyde olabilmesi için kimyasal ankraj elemanlarının çekme performanslarının doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Literatür taramasında kimyasal ankrajların çekme performanslarına mevcut betonarme elemanlarının beton kalitesinin, açılan ankraj deliğinin çapının, ankraj deliğinin nem, toz, temizlik durumunun, ankraj donatı çubuğunun özellikleri ile ankraj çubuğunun çapının, gömülü ankraj derinliğinin, epoksi yapıştırıcı özelliklerinin önemli olduğu görülmüştür.

Bu bağlamda laboratuvar ortamı dışında 2000 yılı öncesi örnek bir bina bulunması, binanın beton kalitesinin tespiti, ankraj deliğinin ankraj çapından 4 mm daha fazla genişlikte açılması, deliğin toz ve nemden tam olarak arındırılarak performansı düşürücü etkilerinin olmaması, ankraj çapının yönetmelikte belirtilen 16Φ'den başlayarak 14Φ, 12Φ ve 10Φ olarak çeşitlenmesi, ankraj derinliğinin 5, 10 ve 15 cm. olarak değişken olması, her çap ve derinlikte hem tam sıyrılmalı hem de kısmi sıyrılmalı üçer adet deney yapılarak toplamda 72 örnekte bilgi toplanmasının uygun olacağına karar verilmiştir.

### **2.1. Deney Yapılacak Binanın Seçimi ve Deney Düzeneklerinin Hazırlanması**

Bu tez çalışması esnasında Ankara İli Altındağ İlçesi Ulus Tarihi Kent Merkezinde yer alan Eski Maliye Vekaleti (A Blok) restorasyon çalışmalarında bitişiğinde ek bina olarak kullanılan C Blok yapısının yıkılma kararı alındığı öğrenilmiş olup söz konusu binanın deneyler için uygun olup olmadığı değerlendirilerek amacıyla C blok yapısının taşıyıcı sistemi, temel biçimi, kolon beton dayanımları vb. statik özellikleri ön incelemeye alınmıştır. Çalışmaya uygun olduğunun değerlendirilmesi ile süreç

deney yapılan binanın genel özellikleri, deney ekipmanlarının teknik özellikleri ve deney düzeneklerinin hazırlanması olarak aşağıda sunulmuştur.

### **2.1.1. Deney Yapılan Binanın Genel Özellikleri**

Bu çalışmada Ankara İli Altındağ İlçesi Hükümet Meydanı Telgraf Sokak No:1 adresinde (796 ada 4 parsel) yer alan, Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi C Blok yapısı zemin katında çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Ankara İli Altındağ İlçesi Hükümet Meydanı'nda yer alan Maliye Vekaleti Binası (A Blok) 1925 yılında inşa edilen Cumhuriyetin ilk bakanlık binasıdır. Yapı Ulus tarihi kent meydanında yer almaktadır. Halihazırda Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi tarafından Rektörlük Binası olarak kullanılmaktadır. Maliye Vekaleti yapısının 1927 yılında yapılan ek ile büyütüldüğü ve aynı parselde 1950'lerden sonra B ve C blok olarak Çankırı Caddesi'ne dik doğrultuda iki yapının eklendiği Ankara Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu'nca onaylı "Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi Rektörlük ve İdari Birimleri Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projeleri" raporundan anlaşılmaktadır.

C blok yapısı mevcut Maliye Vekaleti yapısına dik olarak doğu – batı doğrultusunda Çankırı Caddesi'ne kadar uzanacak şekilde inşa edilmiştir. Yapı 6 tam kattan ve bir yarım bodrum katından oluşmaktadır. Mevcut durumda en altta Çankırı Caddesi tarafında 3. Bodrum olarak anılan inşaat alanı 323 m<sup>2</sup> olan kazan dairesi katı, 2. Bodrum olarak anılan kütüphane katı (955 m<sup>2</sup>), 1. Bodrum olarak anılan yemekhane katı (955 m<sup>2</sup>) ve idari birimler ile üniversite öğretim elemanlarının odalarının yer aldığı zemin, 1., 2. ve 3. (tüm katların her biri 955 m<sup>2</sup>) katlar yer almaktadır.

Yapının ön incelemede betonarme temel üzerinde kolon, kiriş ve döşeme sistemi ve bu karkasın arasında dolgu duvarları ile birlikte betonarme bir yapı olduğu değerlendirilmiştir. C Blok yapısı dıştan görünümü Şekil-2 ile ve C Blok yapısı zemin kat genel görünümü Şekil-3 ile aşağıda sunulmuştur.



**Şekil 2.** C Blok Yapısı Genel Görünüm



**Şekil 3.** C Blok Yapısı Zemin Kat Genel Görünüm

Yapı temellerinde su yalıtımı bulunmadığı gözlemlenmiş, özellikle yapı 3. bodrum katında rutubetlenmeler oldukça yoğunlaştığı, donatılarda ileri düzeyde oksitlenmenin (paslanmanın) olduğu gözlemlenmiştir. Yapılarda yukarıda atıfta bulunulan restorasyon çalışmalarından önce taşıyıcı sistemin statik değerlendirmesi yapılmış, mevcut donatı miktarını, cinsini ve beton dayanımını tespit için DBYBHY 2007'ye uygun olarak karot alınmış, donatı tespiti ve taşıyıcı elemanların rölövesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. C blok yapısının özellikleri Çizelge-1 ile sunulmuştur.

**Çizelge 1. C Blok Yapısının Genel Özellikleri**

YAPI TÜRÜ	İdari Bina
TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜ	Betonarme
DÖŞEME TİPİ	Betonarme Plak Döşeme
DÖŞEME KALINLIĞI	Tüm katlarda 12 cm
KAT ADEDİ	1/2B+B+B+Z+1+2+3
ÇATI KAPLAMA TİPİ	Kiremit Kaplama ve Ahşap Oturtma Çatı
MİMARİ PROJE	Yok
STATİK PROJE	Yok
DİLATASYON	Yok
TEMEL SİSTEMİ	Sürekli Temel
TEMEL BOYUTLARI	Genişlik: 60 cm, Yükseklik: 50 cm
DUVAR TİPİ	Tüm Katlar: Harman tuğla
DONATI TİPİ	Düz Donatı
3. BODRUM KAT	320,00 m <sup>2</sup>
1. ve 2. BODRUM KAT	955,00 m <sup>2</sup>
ZEMİN KAT	955.00 m <sup>2</sup>
1,2 ve 3. KATLAR	950.00 m <sup>2</sup>
TOPLAM İNŞAAT ALANI	6035.00 m <sup>2</sup>

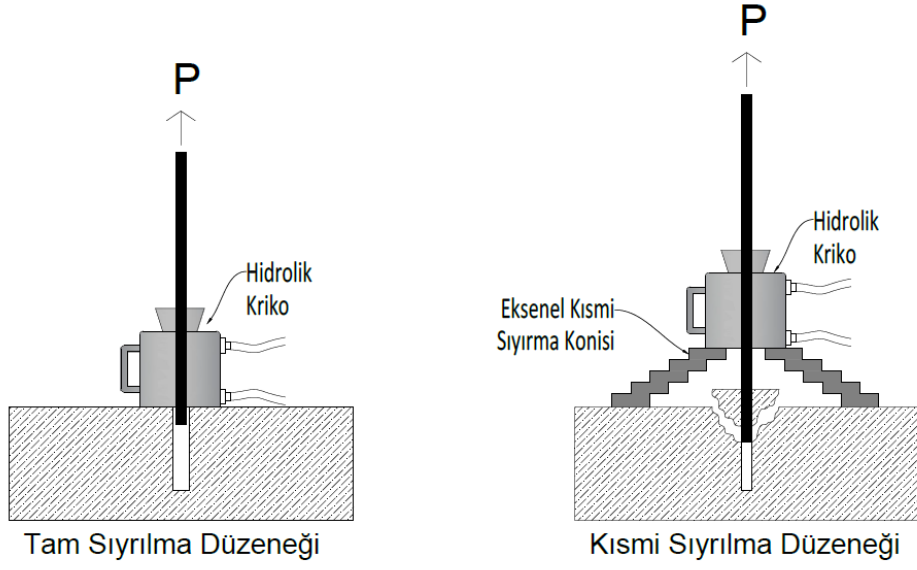
Mevcut malzeme durumuna ilişkin yapılan çalışmalar sonucunda; sıyırma yöntemi ile donatı tespiti yapılmış, düşey elemanların enine ve boyuna donatılarının S200 olduğu, alınan karot verilerine göre 1. Bodrum katın beton silindir dayanımı  $16.21 \times 0.85 = 13.78$  N/mm<sup>2</sup>, 2. Bodrum katın beton silindir dayanımı  $19.43 \times 0.85 = 16.52$  N/mm<sup>2</sup> ve 3. Bodrum katın beton silindir dayanımı  $17.21 \times 0.85 = 14.63$  N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. C blok yapısından alınan karot numuneleri sonuçları Çizelge-2 ile sunulmuştur.

**Çizelge 2.** C Blok Yapısı Karot Sonuçları

Sıra No	Numune Katı	Karot No	Basınç Dayanımı N/mm <sup>2</sup> (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı N/mm <sup>2</sup> (MPa)
1	Zemin Kat	C / Z / K1 - 1	18,26	16,21
2	Zemin Kat	C / Z / K2 - 1	12,51	
3	Zemin Kat	C / Z / K3 - 1	17,87	
4	1. Bodrum Kat	C / 1B / K1 - 1	18,89	19,43
5	1. Bodrum Kat	C / 1B / K2-A-1	20,44	
6	1. Bodrum Kat	C / 1B / K2-O-1	26,09	
7	1. Bodrum Kat	C / 1B / K2-Ü-1	16,27	
8	1. Bodrum Kat	C / 1B / K3 - 1	15,48	
9	2. Bodrum Kat	C / 2B / K1 - 1	15,03	17,21
10	2. Bodrum Kat	C / 2B / K2 - 1	18,64	
11	2. Bodrum Kat	C / 2B / K3 - 1	17,95	

## **2.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanların Hazırlanması ve Teknik Özellikleri**

Literatür taramasına göre tam sıyrılmalı ve kısmi sıyrılmalı olmak üzere iki farklı çekme deneyi düzeneği tasarlanmıştır. Birinci düzenekte ankraj donatılarına sıvası sıyrılmış kolon yüzeyine bitişik olarak yerleştirilen hidrolik kriko vasıtasıyla kolon yüzeyine dik çekme kuvveti uygulayarak tam sıyrılmalı çekme kuvvetlerinin bulunması hedeflenmiştir. İkinci düzenekte ise kolon yüzeyi ile hidrolik kriko arasında aksel kısmi sıyırma konisi yerleştirilerek konik göçmeye izin verir şekilde kolon yüzeyine dik çekme kuvveti uygulayarak kısmi sıyrılmalı çekme kuvvetlerinin bulunması ve karşılaştırma yapılması istenmiştir. Deneyler için Çelik (2018) deneysel çalışmasında kullanılan çekme kuvvetleri sonucu göçme şekillerinin oluşmasına izin veren aksel kısmi sıyırma konisi ile hazırlanan düzeneğin kullanılması uygun görülmüştür [27]. Deney düzeneği şematik gösterimleri Şekil-4 ve fotoğrafı Şekil-5 ile verilmiştir.



Şekil 4. Deney Düzenekleri



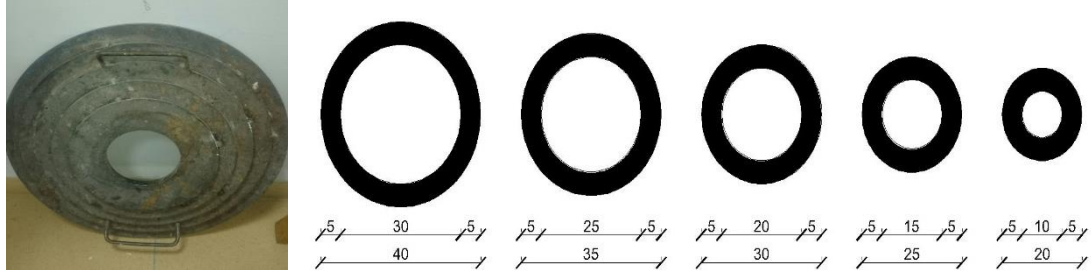
Şekil 5. Kısmi Sıyırılma Deney Düzeneği Görünüşleri

Deney düzeneğinde kullanılan ekipmanları işlem sırası ile aşağıda verilmiştir:

- 1 adet darbeli matkap,
- 1 adet hava kompresörü,
- Kimyasal yapıştırıcı (Pattex CF 900 Epoksi Kimyasal Dübel),
- 55 cm boyunda ve farklı çaplarda 72 adet nervürlü ankraj çubuklar,
- 1 adet eksenel kısmi sıyırma konisi,
- 1 adet manometreli hidrolik pompa ve
- 1 adet hidrolik krikodan oluşmaktadır.

### 2.2.1. Aksenal Kısmi Sıyırma Konisi

Kolonlara ekilen ankrajlardaki kısmi sıyırma çekme kuvvetini ölçmek, koni oluşuma izin vermek amacıyla 10 mm kalınlığında dairesel 5 adet halka levha üst üste 2,5 cm bindirmeli olarak koni şeklini alacak biçimde kaynaklanarak oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Aksenal Kısmi Sıyırma Konisi (Çekme Levhası)

### 2.2.2. Kimyasal Yapıştırıcı

Tez çalışmasında yapılan uygulamalara benzerlik teşkil etmesi için piyasada sıklıkla kullanılan (piyasa malı tabir edilebilecek) Pattex CF 900 kimyasal dübel kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge-3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Pattex CF 900 Epoksi Mekanik ve Fiziksel Özellikler

Basınç mukavemeti (ASTM 695)	> 56 N/mm <sup>2</sup>
Gerilme mukavemeti (ASTM 638)	< 10 N/mm <sup>2</sup>
Eğilme mukavemeti (ASTM 790)	> 16 N/mm <sup>2</sup>
Elastisite modülü	3034 N/mm <sup>2</sup>
Karışım yoğunluğu	1.65 gr/cm <sup>3</sup>
Yoğunluk	1,66 g/ml
Elastiklik	1200 N/mm <sup>2</sup>

### 2.2.3. Manometreli Hidrolik Kriko ve Hidrolik Pompa

Deneylerde 30 tonluk kapasiteye sahip olan manometreli hidrolik pompa ile 9 cm çapında başlıklı (boş iç çapı 6,5 cm.) ve 16 cm çapında gövde kalınlığı olan hidrolik kriko kullanılmıştır.





**Şekil 8.** Ankraj Donatısı Ekim Örnekleri (Zemin Kat Koridoru)

Açılan ankraj deliklerinin yüzeyleri hava kompresörü ve fırça vasıtasıyla temizlenmiş ve temizlikleri kontrol edilmiştir. Kimyasal yapıştırıcı ankraj deliğine nervürlü donatı yerleştirilmesi sonrası taşacak şekilde ayarlanarak ankraj ekimi yapılmıştır.

Ankraj ekiminin 24 saat sonrasında çekme deneylerine başlanılmıştır. Her deneyde deney düzeneği oluşturulmuş, ankrajda göçme türü gözlenene kadar düzenli olarak çekme kuvveti arttırılmıştır. Göçmenin oluşması ile de son verilen yük ve varsa göçme konisi derinlikleri belirlenmiştir.

### 3. DENEY SONUÇLARI

Kimyasal ankrajların çap ve derinliklerine bağlı çekme performansına ilişkin deneylerde mekanik olarak hidrolik krikonun kullanılması ile düzenli şekilde basıncın artırılarak göçme anında elde edilen gösterge sonuç verileri kayıt altına alınmıştır. Göçme sonrası ankraj göçme şekilleri ile ankraj donatıları fotoğraflanmıştır (Şekil 9). Kayıt edilen deney sonuçları Çizelge 4, Çizelge 5, Çizelge 6 ve Çizelge 7’de verilmiştir.



Şekil 9. Göçme Sonrası Ankraj Demiri Görünümleri

**Çizelge 4. Ø10 Ankraj Çubuklarının Çekme Deney Sonuçları**

		Kısmi Sıyrılmalı Çekme Deneyleri						Tam Sıyrılmalı Çekme Deneyleri		
		1. Numune Sonuçları		2. Numune Sonuçları		3. Numune Sonuçları		1.Numune Sonuç	2.Numune Sonuç	3.Numune Sonuç
Demir Çapı	Ankraj Derinliği	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)
Ø 10	5 cm.	6	2,0	7	2,0	7	2,0	25	26	25
	10 cm.	43	2,4	42	2,5	43	2,4	49	48	48
	15 cm.	54	2,8	55(Koptu)	2,8	54	2,8	55(Koptu)	54	55(Koptu)

**Çizelge 5. Ø12 Ankraj Çubuklarının Çekme Deney Sonuçları**

		Kısmi Sıyrılmalı Çekme Deneyleri						Tam Sıyrılmalı Çekme Deneyleri		
		1. Numune Sonuçları		2. Numune Sonuçları		3. Numune Sonuçları		1.Numune Sonuç	2.Numune Sonuç	3.Numune Sonuç
Demir Çapı	Ankraj Derinliği	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)
Ø 12	5 cm.	9	2,2	10	2,1	9	2,2	33	34	33
	10 cm.	45	2,8	46	2,7	46	2,7	64	66	65
	15 cm.	60	3	62	3	61	3	80	78	79

**Çizelge 6. Ø14 Ankraj Çubuklarının Çekme Denev Sonuçları**

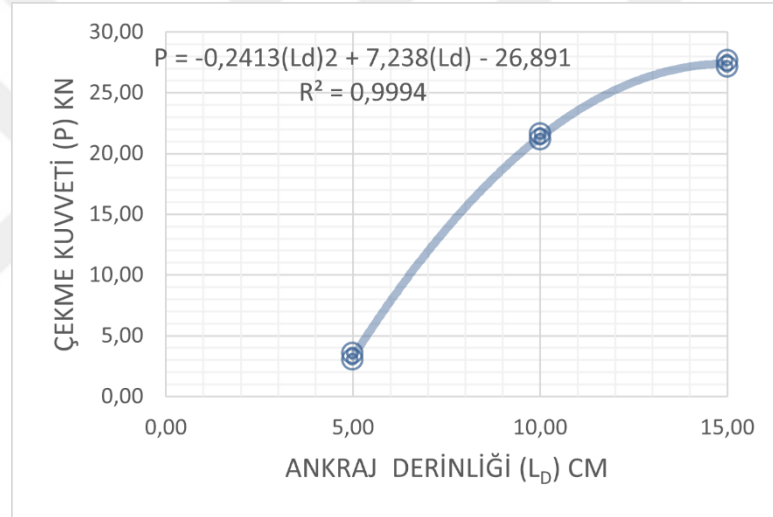
		Kısmi Sıyrılmalı Çekme Denevleri						Tam Sıyrılmalı Çekme Denevleri		
		1. Numune Sonuçları		2. Numune Sonuçları		3. Numune Sonuçları		1.Numune Sonuç	2.Numune Sonuç	3.Numune Sonuç
Demir Çapı	Ankraj Derinliği	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)
Ø 14	5 cm.	10	3,5	12	2,5	11	3	40	45	42
	10 cm.	55	4,5	58	3,5	57	4	90	95	93
	15 cm.	82	6	76	5,5	80	6	108	112	110

**Çizelge 7. Ø16 Ankraj Çubuklarının Çekme Denev Sonuçları**

		Kısmi Sıyrılmalı Çekme Denevleri						Tam Sıyrılmalı Çekme Denevleri		
		1. Numune Sonuçları		2. Numune Sonuçları		3. Numune Sonuçları		1.Numune Sonuç	2.Numune Sonuç	3.Numune Sonuç
Demir Çapı	Ankraj Derinliği	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Koni Derinliği (cm)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)	Gösterge Değeri (kN)
Ø 16	5 cm.	20	4	20	3	20	3	50	45	48
	10 cm.	72	6	68	6	70	6	96	99	97
	15 cm.	102	7	95	7	97	7	115	125	120

## 4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

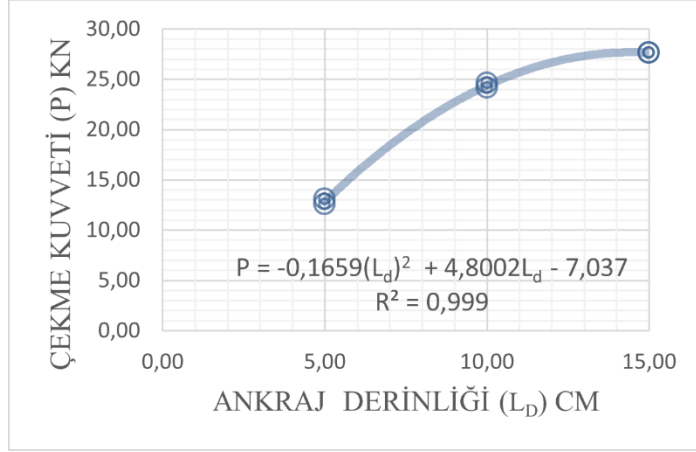
Yapılan deneylerde ankraj çaplarına göre elde edilen çekme kuvvetleri ankraj derinliklerine göre grafiklere noktasal olarak işlenmiş, elde edilen noktalar parabolik olarak birleştirilmiştir. Birleştirme sonucunda elde edilen eğriler üzerinden deneylere ait çekme kuvveti – ankraj derinliği bağıntısını gösteren denklemler elde edilmiştir. Ø10 Ankraj çubuklarına ait kısmi sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-10 ile sunulmuştur.



**Şekil 10.** Ø10 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø10 ankrajlarda kısmi sıyrıлма deneylerinde ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği 15 cm olması durumunda donatıların kopması maksimum gömme derinliğine ulaşıldığını göstermiş olup, bu grafiğe göre de (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum) 15Ø = 15 cm olarak tespit edilmiştir.

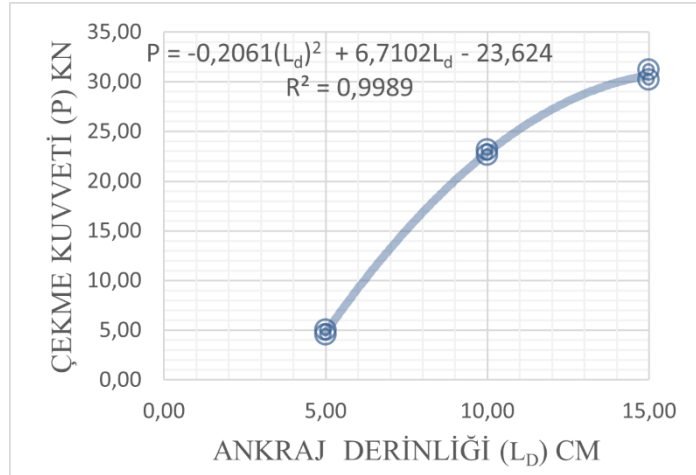
Ø10 Ankraj çubuklarına ait tam sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-11'de sunulmuştur.



**Şekil 11.** Ø10 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø10 ankrajlarda tam sıyrıлма deneylerinde ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği 15 cm olması durumunda donatıların kopması maksimum gömme derinliğine ulaşıldığını göstermiş olup, bu grafiğe göre de (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $13,78\text{Ø} = 13,78\text{ cm}$  olarak tespit edilmiştir.

Ø12 Ankraj çubuklarına ait kısmi sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-12'de sunulmuştur.

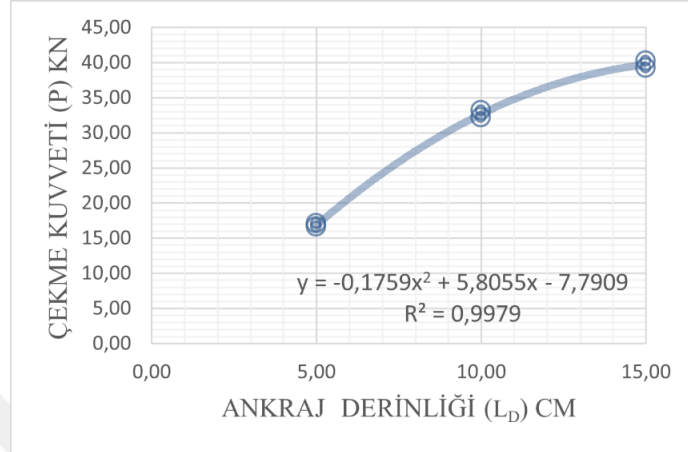


**Şekil 12.** Ø12 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø12 ankrajlarda kısmi sıyrıлма deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği bu

grafiğe göre (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $13,57\text{Ø} = 16,28$  cm olarak tespit edilmiştir.

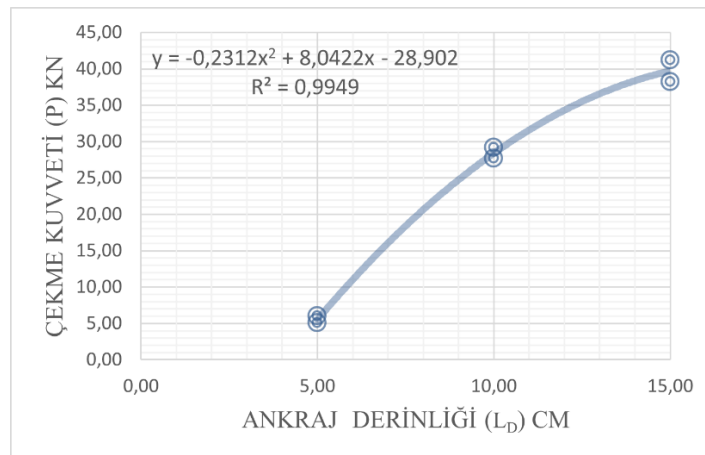
Ø12 Ankraj çubuklarına ait tam sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-13'de sunulmuştur.



**Şekil 13.** Ø12 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø12 ankrajlarda tam sıyrılmalı deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği bu grafiğe göre (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $13,75\text{Ø} = 16,50$  cm olarak tespit edilmiştir.

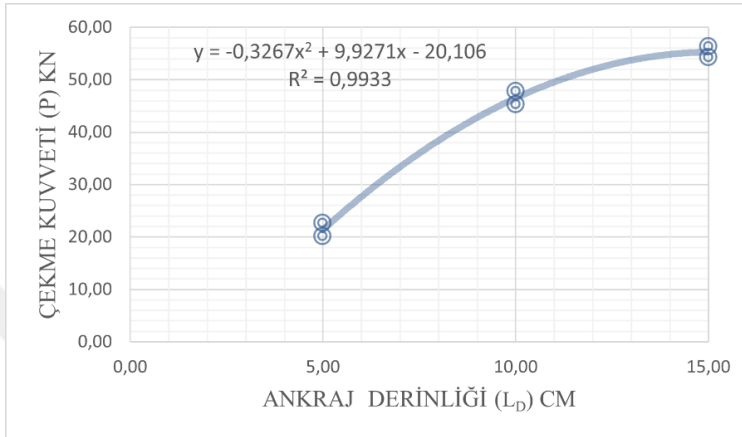
Ø14 Ankraj çubuklarına ait kısmi sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-14'de sunulmuştur.



**Şekil 14.** Ø14 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø14 ankrajlarda kısmi sıyrılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği bu grafiğe göre (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $11,48\text{Ø} = 16,07$  cm olarak tespit edilmiştir.

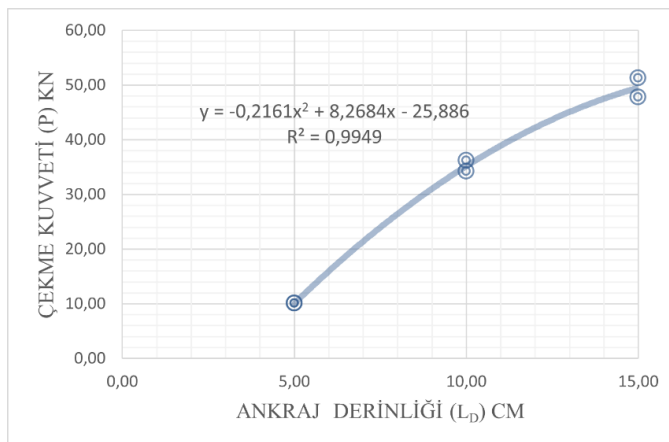
Ø14 Ankraj çubuklarına ait tam sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-15'de sunulmuştur.



**Şekil 15.** Ø14 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø14 ankrajlarda tam sıyrılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği bu grafiğe göre (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $10,85\text{Ø} = 15,19$  cm olarak tespit edilmiştir.

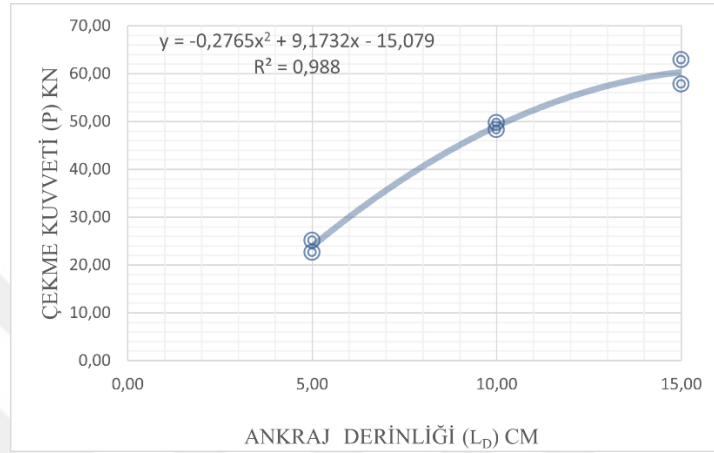
Ø16 Ankraj çubuklarına ait kısmi sıyrılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-16'da sunulmuştur.



**Şekil 16.** Ø16 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø16 ankrajlarda kısmi sıyırılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği bu grafiğe göre (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $11,96\text{Ø} = 19,13$  cm olarak tespit edilmiştir.

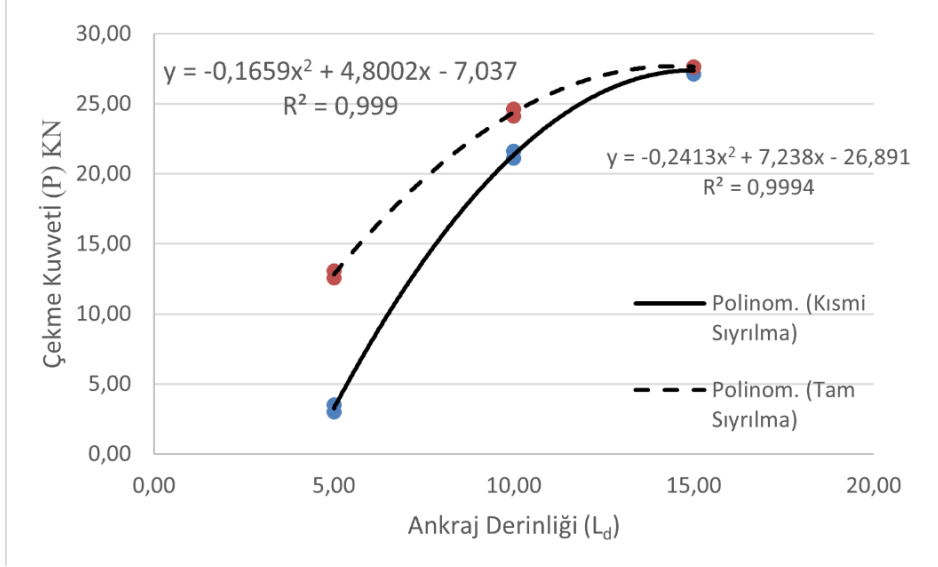
Ø16 Ankraj çubuklarına ait tam sıyırılmalı deney sonuçlarını gösterir grafik ve denklem Şekil-17'de sunulmuştur.



**Şekil 17.** Ø16 Ankraj Çubuğu Ankraj Derinliklerine Bağlı Tam Sıyırılmalı Çekme Kuvvetleri

Ø16 ankrajlarda tam sıyırılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça çekme kuvvetinin azalan bir trendle parabolik olarak arttığı görülmüştür. Ankraj derinliği bu grafiğe göre (parabolün türevi alınarak 0'a eşitlenip, tepe noktası bulunarak) etkili maksimum ankraj derinliği (optimum)  $10,37\text{Ø} = 16,59$  cm olarak tespit edilmiştir.

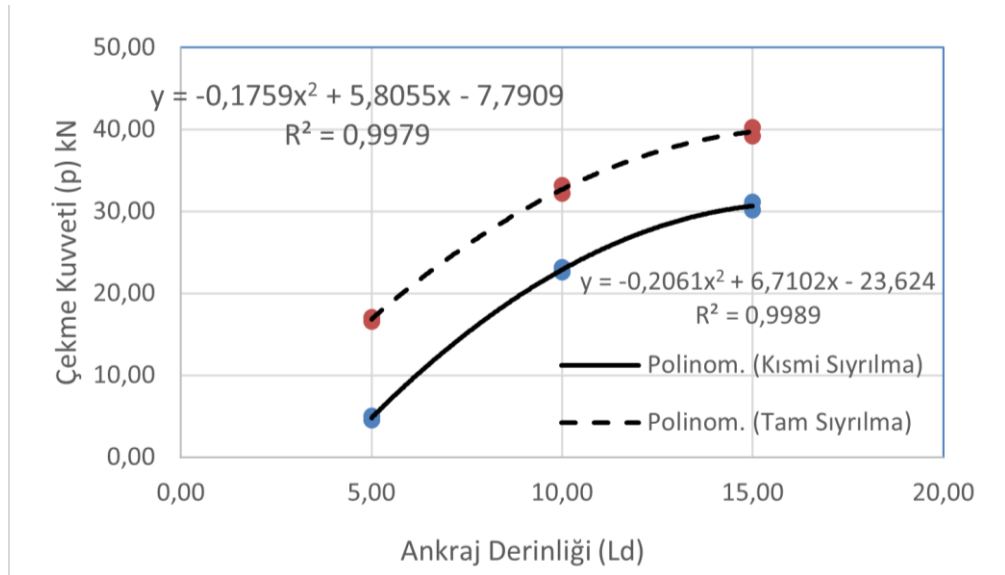
Ø10 ankraj çubuklarına ait kısmi ve tam sıyırılmalı deney sonuçlarını ve elde edilen denklemleri birlikte gösterir grafik Şekil-18'de sunulmuştur.



**Şekil 18.** Ø10 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması

Ø10 ankrajlarda kısmi sıyırılma ve tam sıyırılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça aralarındaki çekme kuvveti farkının azaldığı görülmüştür. 5 cm ankraj derinliği için tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyırılmalıya oranı 3,94 iken, 10 cm ankraj derinliği için tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyırılmalıya oranı 1,18 ve 15 cm ankraj derinliği için tam sıyırılmalı çekme kuvveti ile kısmi sıyırılmalının eşit olduğu görülmüştür.

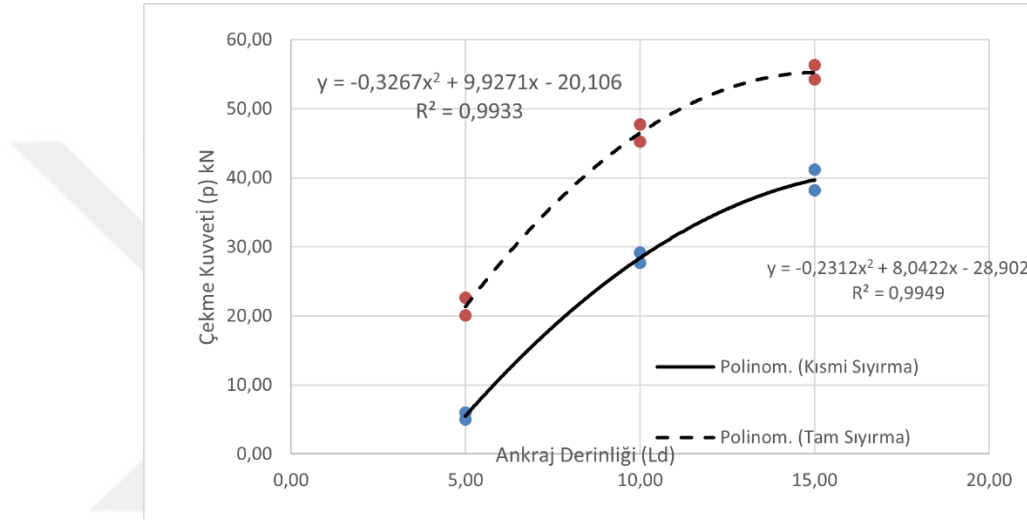
Ø12 ankraj çubuklarına ait kısmi ve tam sıyırılmalı deney sonuçlarını ve elde edilen denklemleri birlikte gösterir grafik Şekil-19'de sunulmuştur.



**Şekil 19.** Ø12 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması

Ø12 ankrajlarda kısmi sıyrılma ve tam sıyrılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça aralarındaki çekme kuvveti farkının azaldığı görülmüştür. 5 cm ankraj derinliği için tam sıyrılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyrılmalıya oranı 3,95 iken, 10 cm ankraj derinliği için tam sıyrılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyrılmalıya oranı 1,43 ve 15 cm ankraj derinliği için tam sıyrılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyrılmalıya oranı 1,30 olduğu görülmüştür.

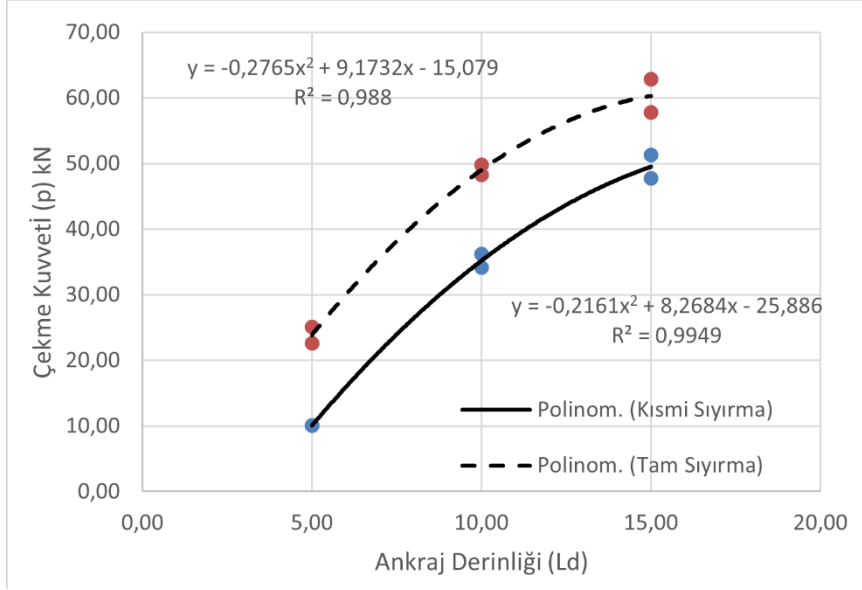
Ø14 ankraj çubuklarına ait kısmi ve tam sıyrılmalı deney sonuçlarını ve elde edilen denklemleri birlikte gösterir grafik Şekil-20'de sunulmuştur.



**Şekil 20.** Ø14 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması

Ø14 ankrajlarda kısmi sıyrılma ve tam sıyrılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça aralarındaki çekme kuvveti farkının azaldığı görülmüştür. 5 cm ankraj derinliği için tam sıyrılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyrılmalıya oranı 3,83 iken, 10 cm ankraj derinliği için tam sıyrılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyrılmalıya oranı 1,57 ve 15 cm ankraj derinliği için tam sıyrılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyrılmalıya oranı 1,39 olduğu görülmüştür.

Ø16 ankraj çubuklarına ait kısmi ve tam sıyrılmalı deney sonuçlarını ve elde edilen denklemleri birlikte gösterir grafik Şekil-21'te sunulmuştur.



**Şekil 21.** Ø16 Ankraj Çubuğu Çekme Kuvvetleri Karşılaştırılması

Ø16 ankrajlarda kısmi sıyırılma ve tam sıyırılma deneylerinde, ankraj derinliği arttıkça aralarındaki çekme kuvveti farkının azaldığı görülmüştür. 5 cm ankraj derinliği için tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyırılmalıya oranı 2,38 iken, 10 cm ankraj derinliği için tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyırılmalıya oranı 1,37 ve 15 cm ankraj derinliği için tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin kısmi sıyırılmalıya oranı 1,22 olduğu görülmüştür.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma ile mevcut bir betonarme binanın kolonlarında kimyasal kullanılarak 72 adet donatı ankrajlanarak, çekme deneyleri yapılmıştır. Bu çalışma da 4 farklı kalınlıkta ( $\emptyset 10,12,14,16$ ) ve 3 farklı derinlikte (5, 10 ve 15 cm) ankraj demiri altılı gruplar halinde ekilmiştir. Her gruptaki altı numunedan üç adedi tam sıyrılmalı, üç adedi kısmi sıyrılmalı ankraj çekme deneyine tabi tutulmuştur. Mevcut yapının beton dayanımını belirlemek için kolonlarından 11 adet beton karot örneği alınmıştır. Ankraj çapı ve gömme derinliği ile ankrajların maksimum çekme kuvvetleri mevcut beton dayanımı için belirlenmiştir.

Deney sonuçlarına göre; ankraj derinliğinin artması ankraj çekme kuvvetini ve göçme şeklini etkilemektedir. Ankraj derinliğinin artması ankraj çekme kuvvetini artırmaktadır. Ancak bu artış parabolik olarak azalan trendle gerçekleşmektedir.

Çalışmada ankraj derinliği arttıkça betonun konik kopma ile birlikte sıyrılmının gerçekleştiği kısmi sıyrılmalı göçmeler meydana gelmiştir. Ankraj derinliği arttıkça beton içerisinde oluşan çekme konisinin dayanımı yapışma dayanımı ile dengelenmekte ve dolayısıyla göçme şeklinde kısmi sıyrılmalı ve konik beton kopması birlikte gerçekleşmektedir. Bu sonuç Seyhan 2006 çalışması ile uyumludur.

Özellikle deneylerin yapıldığı mevcut bina gibi orta dayanımlı betonlarda ankraj kalınlığının arttırılmasının ve çapa bağlı orantısal olarak gömme derinliği belirlenmesinin, ankraj dayanımlarında çapla orantılı beklenen bir artış göstermediği gibi ankraj noktalarında beton dayanımının düşüklüğü nedeni ile göçme oluşumuna neden olacağı değerlendirilmiştir.

$\emptyset 10$  ankrajlarda  $15\emptyset$  ankraj derinliğinde sıyrılmı olmaksızın konik veya tam sıyrılmalı göçme olmadan donatının kopması ile göçme gerçekleşmiştir. Çalışmanın yapıldığı örnek binada olduğu gibi 16 MPa beton dayanımına sahip kolonlarda,  $\emptyset 10$  ankrajlar için yaklaşık  $15\emptyset=15$  cm ankraj derinliğinin en uygun olduğu görülmüştür. Ancak daha büyük çaplı ankraj çubukları için bu derinliğin arttığı,  $\emptyset 16$  ankraj için en uygun ankraj derinliğinin yaklaşık  $11,5\emptyset=18,4$  cm olduğu görülmüştür. Bu sonuç Gürbüz 2007 ile uyumludur.

Sonuç olarak C25'in altında ki düşük dayanımlı betonlarda nispeten ince çaplı Ø10 ve Ø12 gibi ve daha çok sayıda ankrajların kullanılması ile yükün dağıtılması ve ankraj çevresinde ki gerilmenin azaltılmasının daha doğru olacağı değerlendirilmektedir.

2000 yılı öncesi inşa edilmiş yapılarda orta ve zayıf dayanımlı betona sahip betonarme elemanlara ankraj ekiminin gerek beton dayanımının düşük olması gerekse kolon ve kiriş elemanların ebatları göz önüne alındığında C10 altı betonlarda Ø8-Ø10, C10 üstü-C16 betonlarda Ø10 ve Ø12, C16 üstü-C25 betonlarda Ø14 ve Ø16 çaplı ankrajların tercih edilmesi gerektiği yönünde kanaatimiz oluşmuş olup, farklı beton dayanımlarına sahip mevcut binalar üzerinde benzer deneyler yapılarak beton dayanımına göre ankraj çaplarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Ankraj çapının düşük mukavemetli ve eleman kesit genişliği 20 cm olan binalarda TBDY-2018'de önerilen Ø16 yerine nispeten daha ince çaplı ankrajlar seçilmesi, Kaya 2007 çalışmasında belirtilen ankraj derinliğinin betonarme eleman genişliğinin %75'ini aşmaması önerisi ile de uyumlu olacaktır.

Mevcut binalarda farklı beton dayanımları için en uygun ankraj çapları ile ankraj derinliklerinin çalışılması, kolon ölçülerine göre ankraj aplikasyonlarının nasıl yapılması gerektiğinin belirlenmesi, ankrajlar arası ve kolon kenarlarına mesafelerin ankraj donatı çapı ve gömme derinliği ile ilişkisinin düşük ve orta dayanıma sahip beton elemanlarda çalışılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Cansız, S., Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliklerinin özellikleri ve eşdeğer yatay deprem yükü hesabının değişimi, 2022. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 14(1), 58-71.
- [2] Türkiye istatistik kurumu nüfus ve konut sayımı (nks) 2021 kapsamında ekim 2021 ile nisan 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen *Türkiye istatistik kurumu 2021 bina ve konut nitelikleri araştırması*, 2022.
- [3] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Bölüm-3, *Deprem etkisi altında binaların değerlendirilmesi ve tasarımı için genel esaslar*, 15-19.
- [4] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Bölüm-15, *Deprem etkisi altında mevcut bina sistemlerinin değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için özel kurallar*, 307-310.
- [5] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Bölüm-15, *Deprem etkisi altında mevcut bina sistemlerinin değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için özel kurallar*, 320-323.
- [6] Atımtay, E. 1977. *Türkiye’de kullanılan betonarme çeliklerin özellikleri ve aderans üzerine bir araştırma*, ODTÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Mühendislik Araştırma Grubu. MAG-383.
- [7] Eligehausen, R., Malee, R., Rehm, G., 1984. *Befestigungen mit verbundankern (Fixing formed with resin anchors)*. Betonwerk + Fertigteil – Technik, 12: 686-692.
- [8] Cook, R. A., Doerr, G. T. ve Klingner, R. E., 1993, *Bond stress model for design of adhesive anchors*, ACI Structural Journal, 90(5), 514–524.
- [9] Cook, R. A., 1993, *Behavior of Chemically Bonded Anchors*, Journal of Structural, Engineering. Journal of Structural Engineering, 119(9):, 2744–2762.
- [10] Yerlici V., Ersoy, U., Özturan, T., Türk, M., Özden, Ş. 1995 *Yüksek dayanımlı beton elemanlarda donatı kenetlenme özelliklerinin incelenmesi*, İMO Teknik Dergi, 1007-1026, Yazı 61.
- [11] Obata M., Inoue M. and Goto Y. (1998). *The failure mechanism and the pull-out strength of a bond-type anchor near a free edge*. Mechanics of Materials, 28, 113-122.
- [12] Cook R. A., Konz J., Fuchs W. and Konz R. C. (1998). *Behavior and design of single adhesive anchors undercut tensile load in uncracked concrete*, ACI Structural Journal, 95(1), 9-26.

- [13] Higgins C. C. and Klingner R. E. (1998). Effects of environmental exposure on the performance of cast-in-place and retrofit anchors in concrete. *ACI Structural Journal*, 95 (5), 506-517.
- [14] Zamora, N. A., Cook, R. A., Konz, R. C., and Consolazio, G. R., 2003. *Behavior and design of single, headed and unheaded, grouted anchors under tensile load*. *ACI Structural Journal*, 100(2): 222-230.
- [15] Özturan, T., Gesoğlu, M., Özel, M. ve Güneyisi, E., 2004, *Kimyasal , harçlı ve mekanik ankrajların çekme ve kesme yükleri altındaki davranışları*, İMO Teknik Dergi, 208, 3105–3124.
- [16] Gesoğlu M., Ozturan T., Ozel M. and Guneyisi E. (2005). *Tensile behavior of post-installed anchors in plain and steel fiber-reinforced normal- and high strength concretes*. *ACI Structural Journal*, 102(2), 224-231.
- [17] Seyhan, E.C., 2006. *Kimyasal Ankrajların davranışlarının incelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 191s.
- [18] Durmuş, A., Dahil, H. ve Arslan , M.E. 2006 *Yüksek başarımlı beton-donatı aderansının karşılaştırmalı olarak incelenmesi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 441-2006/1.
- [19] Mazılıgüney L, 2007, *Betona sonradan yerleştirilen kimyasal ankrajların düşük dayanımlı betonlardaki çekme davranışları*, ODTÜ, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 98.
- [20] Kaya, Y. (2007). *Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılacak kısmi bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların aksel çekme davranışlarının incelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 185s.
- [21] Gürbüz, T., 2007 *Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajların aksel çekme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 226 s.
- [22] Gürbüz, T., Seyhan, E., İlki, A. ve Kumbasar, N. 2007 *Güçlendirme ankrajlarında kullanılan kimyasal ankrajların aksel çekme etkisi altında davranışları*, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim İstanbul, 649-659.
- [23] Yılmaz, S., Çalışkan Ö., Kaplan H., Kırac N., 2010, *Kimyasal ankrajların dayanımını etkileyen faktörler*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 123-134.
- [24] Altan, F., 2013. *Betona sonradan yerleştirilen kimyasal ankrajların aksel çekme etkileri altında mekanik özelliklerinin incelenmesi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s.

[25] Çavunt, D., 2013. *Mevcut bir betonarme yapı üzerinde güçlendirme ankrajlarının performanslarının araştırılması*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s.

[26] Bayazıt, D., 2016. *Betonarme elemanlarda donatı oranının ankraj uygulamalarına etkisinin araştırılması*, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116s.

[27] Çelik F., 2018, *Mevcut yığma binalarda depremsel güçlendirme ankrajlarının çap ve ankraj derinliğine bağlı çekme ve kesme performanslarının deneysel olarak incelenmesi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s.

[28] Çalışkan, Ö., 2020. *Kimyasal ankrajlarda kenar mesafesi ve gömme derinliğinin etkisi*, Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B-Theoretical Sciences, 8(2), 303-315.

[29] Odacıoğlu, O.G., Doğan O., Kale, F. 2022. *An experimental study to determine the optimum depth of steel anchors in RC subjected to shear force*, Structures 44, 1321-1327.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İbrahim ZIVRALI  
Doğum Tarihi :  
Yabancı Dil :  
Eğitim Durumu :  
Lisans : Kırıkkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği 2007

Anadolu Üniversitesi Kamu Yönetimi 2011

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar : Ankara Büyükşehir Belediyesi 2007-2008

Kültür ve Turizm Bakanlığı 2008-2015

Özel Sektör 2015-Halen

Yayımları :

A World Heritage Site: Diyarbakır under the Shade of Conflicts, İ. ZIVRALI, E. SEVİM, , U.N. CABBAR, Proceedings Of Tc12016 Conference Tourism And Cultural Landscapes, 12-16 June, 2016 Budapest, Hungary

Kültür Varlıklarında Risk Yönetimi; Gelişimi, Güncel Durum ve Öneriler, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Ekim 2015, Erzurum

Tarihi Yapılarda Deprem Güvenliği; Kültür ve Turizm Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Mayıs 2014, Ankara

Araştırma Alanları :

Yapı güçlendirme, tarihi yapılar, kültür varlıkları, tarihi yapı güçlendirme