

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT YIĞMA BİNALARDA DEPREMSEL GÜÇLENDİRME
ANKRAJLARININ ÇAP VE ANKRAJ DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME VE
KESME PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

FATİH ÇELİK

HAZİRAN 2018

İnşaat Anabilim Dalında Fatih ÇELİK tarafından hazırlanan MEVCUT YIĞMA BİNALARDA DEPREMSEL GÜÇLENDİRME ANKRAJLARININ ÇAP VE ANKRAJ DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME VE KESME PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlker KALKAN

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan :Prof. Dr. İlhami DEMİR _____

Üye :Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK _____

Üye (Danışman) :Doç. Dr. Orhan DOĞAN _____

28/06/2018

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesi onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

MEVCUT YIĞMA BİNALARDA GÜÇLENDİRME ANKRAJLARININ ÇAP VE ANKRAJ DERİNLİĞİNE BAĞLI ÇEKME VE KESME PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÇELİK, Fatih

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Orhan DOĞAN

HAZİRAN 2018, 97 Sayfa

Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre, Türkiye'nin topraklarının %90'dan fazlası deprem bölgesinde yer almaktadır. Mühendislik hizmetlerinin eksikliğinden veya uygulama hatalarına bağlı olarak 2000 yılına kadar inşa edilen yapıların çoğu güçlendirilmelidir. Mevcut bir duvar binasını güçlendirmek için duvar yüzeylerine eklenecek betonarme levhaların güçlendirilmesi için ankraj cıvataları tercih edilir. Yığma binaların duvar malzemeleri her binaya göre değiştiği için, bu ankraj, duvar elemanlarının kesme ve çekme performansını etkileyecektir. Tadilat hesaplamalarından önce, ankrajların kesme ve çekme performansı her bina için ayrı ayrı belirlenmelidir.

Bu tez çalışması kapsamında kesme ve çekme performanslarının belirlenmesi için yeni iki farklı kesme levhası ve çekme levhası tasarımı yapılmış, hazırlanan levhalar yardımıyla 3 farklı yığma binada 21 adet kesme ve 36 adet çekme testi yapılmıştır. Duvar yüzeyi ile kuvvet kaynağı hidrolik kriko arasına tasarlanan levhalar yerleştirilerek düzenekler hazırlanmış, ankraj çapı ve gömme derinliğine bağlı olarak ankrajların maksimum kesme ve çekme kuvvetleri ve ayrıca aralarındaki bağıntı belirlenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında 3 farklı yığılmış binada 21 kesme ve 36 çekme testi yapılmıştır. Ankrajların gömme çapı ve derinliği ile kesme ve çekme performansı arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yığma Bina, Deprem, Yığma Binalarda Güçlendirme, Kimyasal Ankraj, Ankraj Donatılarının Kesme ve Çekme Performansı, Kesme Deneyi, Çekip Çıkarma Deneyi



ABSTRACT

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON PULL-OUT AND SHEAR PERFORMANCE OF REINFORCING ANCHORAGES AGAINST EARTHQUAKE DEPENDING ON THE DEPTH AND DIAMETER OF ANCHOR BOLTS APPLIED ON EXISTING BRICK-WALL STRUCTURES

ÇELİK, Fatih

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, Master Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan DOĞAN

June 2018, 97 Sayfa

According to the Turkish Earthquake Code 2007, more than %90 of Turkey's territory takes place in an earthquake zone. Because of the unsatisfied engineering services or application errors, most of the constructions built up to 2000s needs to be strengthened. Anchor bolts are preferred for strengthening brick-walled structures with additional reinforced concrete walls as a connector. Mechanical properties of brick-wall materials changes from one another building. That is why this changing will affect the shear and pulling performance of anchor elements. Prior to the structurel analyses of a strengthened brick-walled structure, the shear and pull-out performance of the anchor connection bolts must be determined separately for each building depending on the depth and diameter anchors.

With in the scope of this thesis study, two new types of shear and pull-out instrumentation plates were designed and 21 shear and 36 pull-out tests were carried out on 3 different brick-walled buildings to determine maximum shear and pull-out forces and relationship between shear and pull-out performance of anchors releated with diameter and depth of anchors.

Keywords: Masonry Building, Earthquake, Strengthening in Masonry Structures, Chemical Anchorage, Shear and Pulling Performance of Anchors, Cutting Experiment, Pulling Experiment,



TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamalarında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, yanında çalışmaktan onur duyduğum, tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu sabır ve hoşgöründen dolayı değerli hocam ve tez danışmanım sayın Doç. Dr. Orhan DOĞAN'a, bu çalışmamda desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Arş. Gör. Orhan Gazi ODACIOĞLU'na ve her zaman yanımda olan canım aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
Simgeler	xiii
Kısaltmalar	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1 Çalışmamızın Kapsam ve Amacı.....	1
1.2 Literatür Taraması	5
1.2.1. Ankrajlarda Kesme Davranışı İle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	5
1.2.1.1.Kesme Davranışı	6
1.2.2. Ankrajlarda Çekme Davranışı İle İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar.....	9
1.2.1.2.Çekme Davranışı	13
2. DENEY DÜZENEKLERİNİN HAZIRLANMASI.....	20
2.1.Deney Yapılan Binaların Genel Özellikleri	21
2.1.1. Emek Mahallesi Bişkek caddesi No:44	22
2.1.2. Bahçelievler Mahallesi Bahriye Üçok Caddesi No:11	24
2.1.3. Anıttepe Mahallesi Gazi Mustafa Kemal Bulvarı No:125	26
2.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanların Teknik Özellikleri ve Hazırlanması.....	28
2.2.1. Deney Levhalarının Yapım Aşamaları (Levhaların Projelendirilmesi, Levhaların CNC Tezgahında Kesimi ve Kaynak Aşamaları).....	28
2.2.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri.....	32
2.3. Deney Düzeneklerinin Hazırlanması.....	36
2.3.1. A Grubu Deneyler.....	36
2.3.2. B Grubu Deneyler	39
2.3.2.1. Tam Sıyrmalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi	40
2.3.2.2. Levhalı Kısmi Sıyrmalı Çekme Deneyi	41
3.DENEYLERİN YAPILIŞI VE DENEY SONUÇLARI.....	44

3.1. Ankrajların Derinliklerine Bağlı Çelik Çubukların Kesme Performansları (A Grubu Deneyler)	44
3.1.1. Ø10 / 5cm-10cm-15cm Ankraj Derinlikleri	44
3.1.2. Ø12 / 5cm-10cm-15cm Ankraj Derinlikleri	47
3.1.3. Ø16 / 5cm-10cm-15cm Ankraj Derinlikleri	48
3.2. Ankrajların Derinliklerine Bağlı Çelik Çubukların Çekme Performansları.....	52
3.2.1. Tam Sıyırılmalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi	52
3.2.2. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi.....	53
4.DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	55
4.1. Kesme Performansları	55
4.2. Çekme Performansları	67
4.2.1. Tam Sıyırılmalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi	67
4.2.2. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi.....	73
4.3. Tam Sıyırılmalı Çekme ve Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneylerine ait Sonuçların Grafiksel Gösterimi	80
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
6.KAYNAKLAR	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	Sayfa
1.1. Tek Taraflı Hasır Çelik ve Püskürtme Beton Uygulaması [19].....	2
1.2. Mevcut Yığma Duvarın Güçlendirilmesi.....	3
1.3. İki Taraflı Hasır Çelik ve Püskürtme Beton Uygulaması [22].....	4
1.4. Kesme Yükleri Altında Ankraj Göçme Şekilleri	7
1.5. Donatının Kopması	14
1.6. Donatının Sıyırılması	15
1.7. Çok Sığ Ankrajlarda Konik Göçme	16
1.8. Sığ Ankrajlarda Konik Göçme, Potansiyel Koni Oluşumu	16
1.9. Derin Ankrajlarda Karma Göçme Tipi	17
1.10. Çekme Yükleri Altında Ankraj Hasarları	18
2.1. Kesme Kuvveti Deney Düzeneği.....	20
2.2. Çekme Kuvveti Deney Düzeneği.....	21
2.3. Bişkek Caddesi No:44 Bina Ön Cephe Genel Görünüş.....	22
2.4. Bişkek Caddesi No:44 Bina Ön ve Yan Cephe Genel Görünüş	22
2.5. Emek Mahallesi Bişkek caddesi No:44 Mimari Kat Planı.....	23
2.6. Bahriye Üçok Caddesi No:11 Ön Cephe Genel Görünüş	24
2.7. Bahriye Üçok Caddesi No:11 Arka Cephe Genel Görünüş	24
2.8. Bahçelievler Mahallesi Bahriye Üçok Caddesi No:11 Mimari Kat Planı	25
2.9. GMK Bulvarı No:125 Ön Cephe Genel Görünüş	26
2.10. GMK Bulvarı No: 125 Mimari Plan	26
2.11. Kesme Levhasının İmalat Öncesi Hazırlanan Projesi	29
2.12. Kesme Levhasının Projesine Göre CNC Tezgahında Kesim Aşamaları	29
2.13. Kesme Levhasının Kaynakla Birleşiminin Yapılması	30
2.14. A Grubu Deneylerde Kullanılan Kesme Levhası.....	30
2.15. Çekme Levhasının İmalat Öncesi Hazırlanan Projesi.....	31
2.16. Çekme Levhası Ön ve Arka Yüzü	31
2.17. İtme ve Çekme Özelliği Olan Hidrolik Kriko.....	32
2.18. İtme Özelliği Olan Hidrolik Kriko	33

2.19. Manyetik Ayaklı Komperatör	34
2.20. Schmidt Test Çekici	35
2.21. Kesme Kuvveti İçin Ø12'lik Ankrajla Hazırlanan Deney Düzeneği.....	37
2.22. Kesme Kuvveti İçin Ø16'lik Ankrajla Hazırlanan Deney Düzeneği.....	37
2.23. B Grubu Deney Düzeneği Hazırlanırken Temizlik ve Ankraj Ekimi	40
2.24. Ø14 Çapında Ankraj Donatı Ekimi.....	41
2.25. B2 Grubu Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deney Düzeneği Ön Görünüş	42
2.26. B2 Grubu Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deney Düzeneği Yan Görünüş	42
3.1. Ø10'luk ankrajlara uygulanan kuvvet sonrası ankrajlarda oluşan hasar.....	44
3.2. GMK Bulvarı No:125'de Ø10'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi.....	45
3.3. Bışkek Caddesi No:44 de Ø10'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi.....	46
3.4. Bahriye Üçok Caddesi No:11de Ø10'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi.....	46
3.5. Ø12'lik Ankrajla Oluşturulan Kesme Deney Düzeneği.....	47
3.6. GMK Bulvarı No:125'de Ø12'lik ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi.....	48
3.7. Ø16'lık Ankraj Donatısıyla Oluşturulan Deney Düzeneği	49
3.8. GMK Bulvarı No:125'de Ø16'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi.....	50
3.9. Bışkek Caddesi No:44'de Ø16'lık ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi.....	50
3.10. Bahriye Üçok Caddesi No:11'de Ø16'lık ankraj donatısı için T_k kuvvetinin Deplasmana etkisi	51
3.11. Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyi.....	52
3.12. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi	54
4.1. Ø10'luk ankraj donatısı için GMK Bulvarı No:125'de ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi.....	56
4.2. Ø10'luk ankraj donatısı için Bışkek Caddesi No:44 ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi	57
4.3. Ø10'luk ankraj donatısı için Bahriye Üçok Caddesi No:11'de ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi	58

4.4. 3 Bina için Ø10'luk ankrajlarda ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi	59
4.5. Ø12'lik ankraj donatısı için GMK Bulvarı No:125'de ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi.....	60
4.6. Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi.....	61
4.7. Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi.....	62
4.8. Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi.....	63
4.9. 3 Bina için Ø16'lık ankrajlarda ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi .	64
4.10. Aynı Bina İçin Ø10'luk, Ø12'lik ve Ø16'lık Ankrajlarda Tk Kesme Kuvveti (kN) / La Ankraj Derinliği (mm) Grafiği.....	64
4.11. Aynı Bina İçin Ø10'luk ve Ø16'lık Ankrajlarda Tk Kuvvet (kN) / La Ankraj Derinliği (mm) Grafiği.....	65
4.12. Aynı Bina İçin Ø10'luk ve Ø16'lık Ankrajlarda Tk Kuvvet (kN) / La Ankraj Derinliği (mm) Grafiği.....	65
4.13. Ø10'luk, Ø12'lik ve Ø16'lık Ankrajlarda Deplasman / La Ankraj Derinliği (mm) Grafiği	66
4.14. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN)	68
4.15. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø10'luk ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Ptç çekme kuvvetine etkisi.....	69
4.16. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø12'lik ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Ptç çekme kuvvetine etkisi.....	70
4.17. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø14'lük ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Ptç çekme kuvvetine etkisi.....	71
4.18. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Ptç çekme kuvvetine etkisi.....	72
4.19. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyi Ø10'lik, Ø12'lik, Ø14'lük ve Ø16'lık ankraj donatıları için ankraj derinliğinin Ptç çekme kuvvetine etkisi	73
4.20. B2 Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN) ..	74
4.21. B2 Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø10'luk ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi.....	75
4.22. B2 Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø12'lik ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi.....	76
4.23. B2 Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø14'lük ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi	77

4.24. B2 Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Deneyinde Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi.....	78
4.25. B2 Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Deneyi Ø10'luk, Ø12'lik, Ø14'lük ve Ø16'lık ankraj donatıları için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi.....	79
4.26. B1 Tam Sıyırmaı Çekme Deneyi ve B2 Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Deneyi karşılaştırması.....	80
4.27. Ø10'luk ankraj donatısı için Ptç Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, Tk Kesme Kuvvetine oranı.....	81
4.28. Ø12'lik ankraj donatısı için Ptç Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, Tk Kesme Kuvvetine oranı.....	81
4.29. Ø16'lık ankraj donatısı için Ptç Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, Tk Kesme Kuvvetine oranı.....	82
4.30. Ø10'luk ankraj donatısı için Ptç Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, Pkç Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Kuvvetine oranı.....	83
4.31. Ø12'lik ankraj donatısı için Ptç Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, Pkç Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Kuvvetine oranı.....	83
4.32. Ø16'lık ankraj donatısı için Ptç Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, Pkç Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Kuvvetine oranı.....	84
4.33. Ankraj çapına bağlı tam sıyırmaı çekme kuvvetinin kesme kuvvetine oranı ..	85
4.34. Ankraj çapına bağlı tam sıyırmaı tam sıyırmaı çekme kuvvetinin levhalı kısmi sıyırmaı çekme kuvvetine oranı	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Ankraj Ekme Aralıkları ve Kenar Uzunlukları (ASTM E 488-84).....	18
1.2. GMK Bulvarı No:125’de binanın yapısal özellikleri.....	27
2.1. Pattex CF 900 Epoksi Mekanik ve Fiziksel Özellikleri	34
2.2. A Grubu Deneyler (Kesme Performansları)	38
2.3. B Grubu Yapılan Deneyler.....	39
3.1. Ø10’luk ankrajla A grubu deneylerde oluşan maksimum kuvvet-deplasman	44
3.2. Ø12’lik ankrajla A grubu deneylerde oluşan maksimum kuvvet-deplasman	48
3.3. Ø16’lık ankrajla A grubu deneylerde oluşan maksimum kuvvet-deplasman	49
3.4. B1 ve B2 Grubu Deney Sonuçları	53
4.1. A ve B grubu deneyler için tuğla, sıva ve örgü harcı schmidt test çekici ortalama okuma değerleri	55
4.2. Tam Sıyırılmalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN).....	68
4.3. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN)	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$P_{\check{c}}$	Ankrajın çekme kuvveti
L_a	Ankrajın gömme derinliği
R^2	Regrasyon Denklemi
A	Levhalı kesme deneyi
$B2$	Levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneyi
$B1$	Tam sıyırılmalı çekme deneyi
T_k	Ankraj kesme kuvveti
$P_{t\check{c}}$	B1 deneyi çekme kuvvetine
$P_{k\check{c}}$	B2 deneyi çekme kuvveti
Δ	Deplasman (mm)
P	Ankrajın göçme yükünü
V_{sa}	Ankrajın kesme kuvveti altındaki dayanımı
n	Ankraj grubunda ankrajın adeti
A_{se}	Ankrajın etkili kesit alanı
f_{uta}	Ankraj donatısının çekme gerilmesini dayanımı
V_{cgb}	Kenardaki grup ankrajlarda malzemenin konik kesme dayanımı
A_{vc}	Konik kırılmanın olduğu yüzey alanı
A_{vco}	Tek bir ankrajın oluşturduğu konik kırılma yüzeyi
$\psi_{ec, V}$	Eksantristiye bağlı etki çarpanı
$\psi_{ed, V}$	Kenar yakınlığına bağlı etki çarpanı
$\psi_{c, V}$	Çatlama yoğunluğuna bağlı etki çarpanı
V_b	Tek bir ankraj için malzeme kopma dayanımı
V_b	Kenardaki ankrajda malzemenin kesme dayanımı
l_e	Ankrajın derinliği
d_o	Ankrajın çapı
$\emptyset$	Ankraj donatı çapı
f_c'	Malzemenin basınç mukavemeti
c_{a1}	Ankrajın kenara olan uzaklığı
V_{cpg}	Grup ankrajlarda malzeme ard kopması dayanımı

k_{cp}	Ard kopması için kullanılan çarpan
N_{cbg}	Malzeme kopma dayanımı
h_{ef}	Ard kopması için kullanılan çarpan etkili ankraj boyu
A_s	Donatı kesit alanını
f_{ytk}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
S_s	Çalışan ankraj yüzeyinin alanını
τ	Ankraj yüzeyi boyunca eşdeğer düzgün yayılı yapışma dayanımı
S_s	Ankrajın kesit alanı
h_{ef}	Ankrajın kimyasal yapıştırıcı ile bağlanmış derinliği
r	Delik çapı
l_d	Ekme boyu

Kısaltmalar

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

1.GİRİŞ

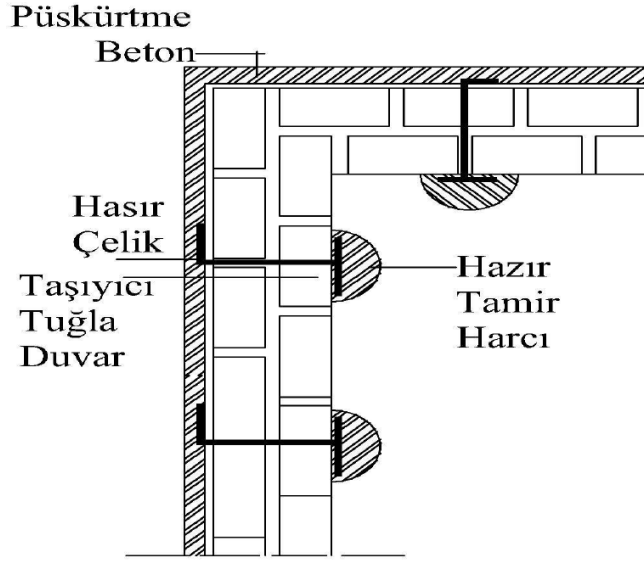
Günümüzde yapımı azalmış olsa da ülkemizde geçmişte yapılmış yoğunlukla kırsal kesimde yer alan çok sayıda yığma yapı mevcuttur. Ülkemizde yapılan yığma taş yapıların bazıları yüzlerce yıl önce yapıldıkları için anıtsal nitelik taşıyan binaların yanında, Devlet İstatistik Enstitüsü (TÜİK-2011) verilerine göre ülkemizde 19.481.678 olan konut sayısı 2018 yılı itibariyle yaklaşık olarak 22 milyon olan mevcut yapı stoğu içerisindeki yığma binaların oranı %51 ile önemli bir yer tutarken, malzeme olarak takoz tuğla ile şehir merkezlerinde inşaa edilmiş 6 kata varan yapıların miktarıda bu yapılar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır.

1.1 Çalışmamızın Kapsam ve Amacı

Ülkemizin %96'sı deprem kuşağında yer alması ve yapıların ağırlığı fazla olması nedeniyle, çok sayıda yığma yapı depreme karşı güçlendirmeyi beklemektedir. Yeni yapılacak yığma yapıların statik hesaplarında malzeme özelliklerine ilişkin standartlarda belirtilen sabit değerlerin kullanılması doğru bir yaklaşım iken, mevcut binaların deprem performans analizinde/riskli bina tespitinde ve güçlendirme analizlerinde yerinde testler yapılarak belirlenmesi gereken ve her bina için değişken olan kesme ve ezilme gibi malzemenin mekanik özellikleri yerine, yine standartlarda belirtilen sabit bir değerlerin kullanılması mühendislik adına doğru bir yaklaşım olarak görülmemektedir.

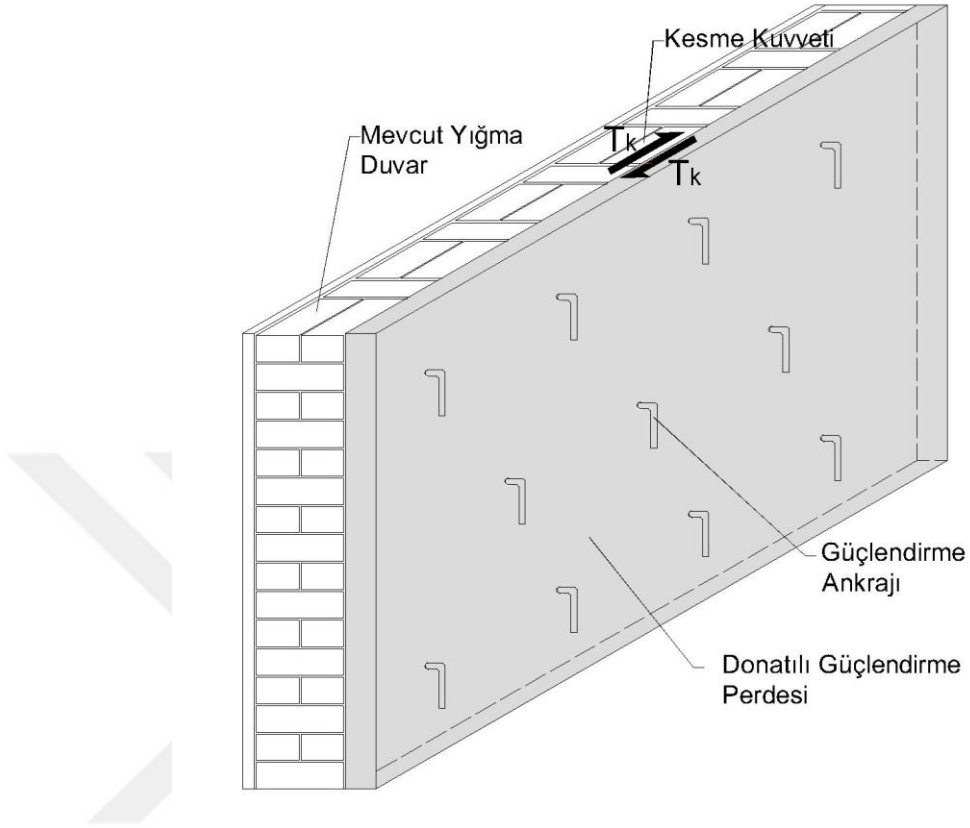
Güçlendirme çalışmalarına başlamadan önce, yığma yapıların oldukça ağır ve gevrek malzemeden yapıldığı dikkate alınarak, eklenecek güçlendirme elemanları ile mevcut taşıyıcılar arasındaki bağın tam olabilmesi için, bağlantı ankraj elemanların çekme ve kesme performanslarının iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Püskürtme beton ile yığma yapılar güçlendirilirken çekme ve kesme kuvvetlerinin bilinmesi daha doğru tasarım yapılması açısından önem arz etmektedir. Bu yöntem iç ve dış duvarlara uygulanabilmektedir.



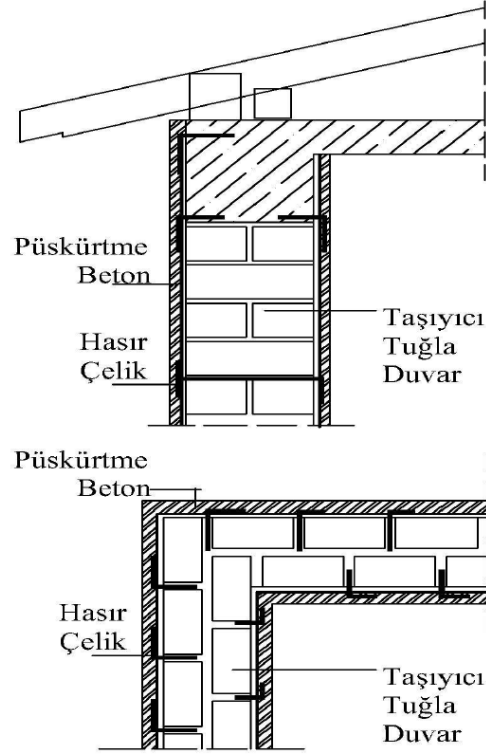
Şekil 1.1. Tek Taraflı Hasır Çelik ve Püskürtme Beton Uygulaması [19]

Taşıyıcı duvara epoksi yardımıyla ankraj çubukları yerleştirilir ve hasır çelik ankraj çubuklarına bağlanır. Öngörülen yerlere uygulanan donatılarda aderans kaybı yaşamamak için ankraj delikleri ve çubukları her türlü kirden arındırılmış olmalıdır. Hasır çeliklerde ise bindirme boyları bir veya bir buçuk göz aralıkları olacak şekilde tercih edilmeli ve daha sonra püskürtme beton uygulamasına geçilmelidir. (Şekil 1.1.)



Şekil 1.2. Mevcut Yığma Duvarın Güçlendirilmesi

Mevcut yığma duvara donatılı güçlendirme perdesi uygulanması duvarın kesme kuvveti kapasitesini önemli ölçüde artırabilir. Duvar yüzeyine yerleştirilen çelik hasır, ankraj donatıları ile duvar yüzeyine bağlanarak mevcut duvarla bütün olarak çalışması sağlar.



Şekil 1.3. İki Taraflı Hasır Çelik ve Püskürtme Beton Uygulaması [22]

Güçlendirmenin Şekil 1.3.'de olduğu gibi duvar yüzeyinin her iki tarafına da yapılması tercih edilmelidir. Fakat kesme kuvveti üst katlarda azaldığından üst katlara çıktıkça tek taraflı güçlendirme de tercih edilebilir.

Bağlantı ankrajlarının çekme ve kesme performanslarının can güvenliği ve güçlendirme açısından bilinmesi, yapılan güçlendirmenin kalıcı olabilmesi için önemlidir. Kimyasal yapıştırıcılarla eklenen bağlantı ankrajlarının uygulama kolaylığı, hızlı olması ve ekonomik açıdan maliyetlerinin düşük olması ankraj kullanımını artırmıştır. Bu çalışmada duvar malzeme özellikleri (tuğla, harç), ankraj çapı, ankraj derinliği ve donatı çapı değişkenlik gösterdiğinden, ankrajların kesme ve çekme performanslarıyla ilgili detayları ortaya koyabilmek için 21 adet kesme, 36 adet çekme deneyi yapılmıştır.

1.2 Literatür Taraması

Depremler sonrasında yapıların hiç hasar görmeden ve bu depremlerden etkilenmeden atlatması ekonomik bir çözüm değildir. Bu sebeple yapılar depreme dayanıklı olarak tasarlanırken küçük şiddetteki depremlerden elastik sınırlarda hasara maruz kalmayarak, orta şiddetteki depremlerden onarılabilecek hasarlarla, şiddetli depremlerden büyük hasarlar alsa da herhangi bir can kaybı olmadan atlatılması istenir.

Deprem performansı yetersiz yığma binaların onarım ve güçlendirmesinde taşıyıcı duvarların yüzeyine eklenecek betonarme perde elemanların mevcut duvarla uyumlu bir davranış yapabilmesi için ankraj donatılarının çap, derinlik ve aralıklarının belirlenmesi hususunda bütünsel bir çalışma olmamakla birlikte, birbirinden bağımsız, bu hususları ayrı ayrı ele alan çalışmalar bulunmaktadır.

1.2.1. Ankrajlarda Kesme Davranışı İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Çalışkan (2010), yaptığı araştırmada deprem bakımından yetersiz mevcut betonarme binaların güçlendirilmesinde, pratik ve ekonomik bir şekilde uygulanmakta olan “dış perde duvar metodu” ile ilgili olan bu çalışmayı iki aşamada incelemiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında düşük ve normal beton dayanımına sahip betonarme elemanlara ekilen ankrajların kesme davranışını incelemiştir. İnceleme için beton basınç dayanımı 5-25 MPa, ankraj çapı 12-20 mm ve ankraj derinliği $10\Phi - 20\Phi$ aralığında değişken tutulmuştur. Bu kapsamda 48 adet ankraj deneyi tekrarlı-tersinir kesme yükleri altında yapılarak davranış incelenmiştir. Deney elemanlarının tümünde ankraj donatısı hasarı oluşturacak şekilde ankrajlar serbest kenardan yeterince uzağa ekilmiştir. Bu sebeple beton basınç dayanımı ve gömülme derinliğinin dayanım üzerinde anlamlı bir etkisi görülmemiştir. Ankraj çapları dikkate alındığında ise, çap artışı ile birlikte kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür. Ancak, büyük çaplı ankrajların ulaşabildiği nihai gerilme değerleri küçük çaplı ankrajlara göre oldukça düşük düzeydedir. Bu sebeple, ankraj kesme dayanımının

belirlenmesi için sürtünme kesmesi yönteminin kullanılması durumunda ankraj çapına baēlı dayanım azaltma katsayılarının kullanılması önerilmiştir. DBYBHY’de ankraj çapı için verilen 16 mm alt sınırı yerine bir üst sınır konulmasının daha uygun olacaēı belirlenmiştir.

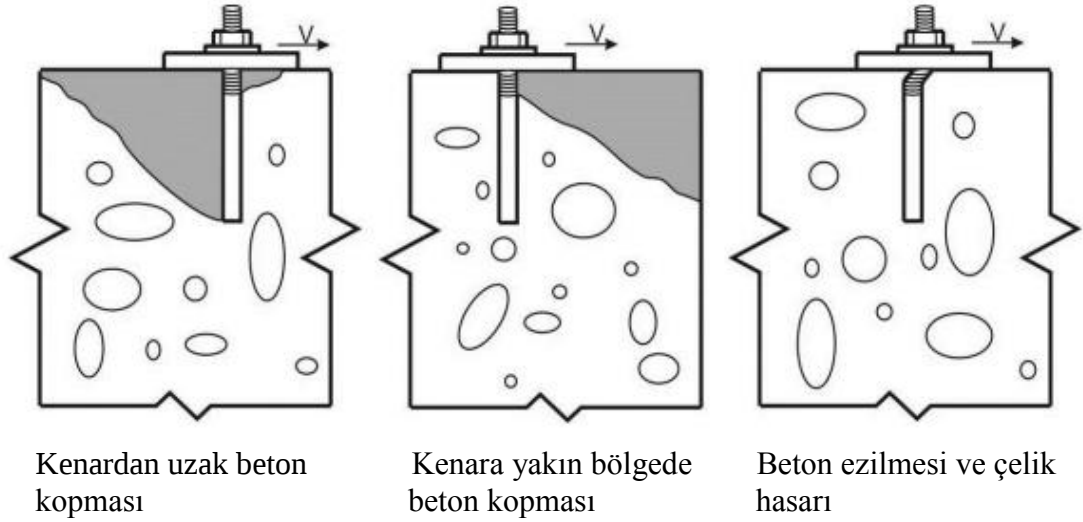
Çalışmanın ikinci kısmında ise ilk aşamada elde edilen sonuçlardan faydalanılarak düşük ve normal beton dayanımına sahip ervelere güçlendirme perdeleri farklı ankraj yerleşimi ile baēlanmıştir. Ankrajlar ervenin kolon ve kirişlerine gerekli ankraj miktarları farklı oranlarda azaltılarak ekilmiştir. Bu deney elemanları da tekrarlı tersinir yatay yükler altında test edilmiştir. Yaptıēı deneylerde elde edilen sonuçlara göre doēru bir şekilde hesaplanan ankraj kesme kapasitelerinin kolonlarda kullanılan ankraj miktarına göre %70’e kadar azaltarak kullanılabileceēi fakat bu durumda üst katlarda kullanılan kirişlerde ek ankraj yapılarak karşılanması durumunu ortaya çıkarmıştır [1].

1.2.1.1.Kesme Davranışı

Ankrajın kesme kuvvetine göre olan davranışını etkileyen en önemli özellik ankrajın yapıldıēı bölge olarak görünmektedir. Ankraj kesme kapasitesine eriřildiēi durum ACI 318 (2005) de ankraj yapılan yüzeyde üç farklı durum için tanımlanmaktadır. Bunlar;

- Eēer ankraj kenardan uzakta ise kesme kuvvetine tersi yönde malzemenin kopması,
- Eēer ankraj kenara yakın bölgede ise kesme kuvveti yönünde malzemenin kopması,
- Ankrajın deformasyonu ile birlikte malzemenin ezilmesi,

şeklinde sıralanabilir.(şekil 1.4.)



Şekil 1.4. Kesme Yükları Altında Ankraj Göçme Şekilleri [2]

Ankrajın kesme gerilmesine karşı dayanımını kimyasal yapıştırıcının cinsi, ankraj bölgesinin temizliği, ankrajlar arası mesafe, ankraj derinliği, ankraj çapı ve ankraj yapılan malzemenin özellikleri gibi değişkenler etkilemektedir [3].

ACI 318 M 05 standardına göre çeliğin deformasyona uğrayarak malzemenin ezilmesinin dikkate alan eşitlik (1)'de verilmektedir.

$$V_{sa} = n A_{se} f_{uta} \quad (1)$$

V_{sa} ankrajın kesme kuvveti altındaki dayanımı, n ankraj grubunda ankrajın adeti, A_{se} ankrajın etkili kesit alanını ve f_{uta} ankraj donatısının çekme gerilmesini dayanımını ifade etmektedir. Standarda göre ankraj donatısının dizayn çekme gerilmesi $1,9 f_{ya}$ (Akma dayanımı) ve 860 MPa değerlerinden küçük olduğu durumlarda değer daha büyük alınmamalı.

ACI 318 M 05 standardına göre kenara yakın bölgedeki grup ankrajlarda malzemenin kopması dikkate alan eşitlik (2)'de verilmektedir.

$$V_{cgb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \psi_{ec,v} \psi_{ed,v} \psi_{c,v} V_b \quad (2)$$

V_{cgb} kenardaki grup ankrajlarda malzemenin konik kesme dayanımı, A_{vc} konik kırılmanın olduğu yüzey alanı, A_{vco} tek bir ankrajın oluşturduğu konik kırılma yüzeyi, $\psi_{ec,v}$ eksantristiye bağlı etki çarpanı $\psi_{ed,v}$ kenar yakınına bağlı etki çarpanı $\psi_{c,v}$ çatlama yoğunluğuna bağlı etki çarpanı ve V_b tek bir ankraj için malzeme kopma dayanımı şeklinde ifade edilmektedir.

$$V_b = 0,7 \left(\frac{l_e}{d_o} \right)^{0,2} \sqrt{d_o} \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1,5} \quad (3)$$

V_b kenardaki ankrajda malzemenin kesme dayanımı, l_e ankrajın derinliği, d_o ankrajın çapı, f'_c malzemenin basınç mukavemeti, ve c_{a1} ankrajın kenara olan uzaklığı şeklinde ifade edilmektedir.

ACI 318 M 05 standardına göre kenara uzak bölgedeki grup ankrajlarda malzemenin kopması dikkate alan eşitlik (4)'de verilmektedir.

$$V_{cp} = k_{cp} N_{cbg} \quad (4)$$

V_{cp} grup ankrajlarda malzeme ard kopması dayanımı, k_{cp} ard kopması için kullanılan çarpan ve N_{cbg} malzeme kopma dayanımı şeklinde ifade edilmektedir. Ard kopması için kullanılan çarpan etkili ankraj boyu h_{ef} göre gösterdiği değişkenlik eşitlik (4.1) ve (4.2)'de verilmektedir.

$$h_{ef} < 65 \text{ mm} \rightarrow k_{cp} = 1.0 \quad (4.1)$$

$$h_{ef} \geq 65 \text{ mm} \rightarrow k_{cp} = 2.0 \quad (4.2)$$

ACI318 yönteminde kapasite hesaplanırken göçme üç farklı şekilde ve en düşük göçme şekli dayanımına göre belirlenmektedir. Kesme kuvveti belirlenirken azaltma katsayısı kullanılarak kesme kapasitesi belirlenmektedir. Ülkemizde kullanılan S420a betonarme çelik ankraj çubukları için ACI318'de düzeltme katsayısı 0,65 olarak kullanılmaktadır.

1.2.2. Ankrajlarda Çekme Davranışı İle İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar

ATIMTAY (1977) yaptığı araştırmada farklı fabrikalarda üretilen üç tür çeliğin aderans performansını ve ankraj boylarını incelemiştir. Düz ve nervürlü yüzeyli çelikler çubuklar üzerinde yapmış olduğu çalışmada, nervürlü çubukların düz yüzeyli çubuklara oranla %100 oranında aderans gerilmelerini yükseltebileceğini gözlemlemiştir [4].

YERLİCİ ve Diğerleri (1994) yaptıkları deneysel çalışmada, nervürlü donatı tipinin kenetlenme özelliklerini, yüksek dayanımlı ve normal dayanımlı beton elemanlarda incelemiştir. Bu deneysel çalışmada, S420a donatı çeliği ile donatılmış, normal ve yüksek mukavemetli 42 adet betonarme numune üzerinde, eksenel ve eksantrik çekip-çıkarma deneyleri yapılmıştır. Ankrajlama boyu, donatı çapı, beton örtüsü kalınlığı ve etriye miktarı değişken tutulurken, tatbik edilen kuvvet ölçülürken, çekilen elemanların serbest uçlarındaki donatı sıyrılmalarının da olduğu gözlenmiştir. Beklendiği üzere, yüksek dayanımlı betonların normal dayanımlılara betonlara göre, daha yüksek aderans kuvveti sergilemiştir. Yüksek mukavemetli betonlarda kritik göçme yüküne ulaşıldığında aderans gerilmesinin ankraj derinliği boyunca uniform dağılmadığı görülmüştür. Dolayısıyla, aderans gerilmelerinin ankraj derinliği boyunca uniform dağılan normal mukavemetli betonlar için var olan ankrajlama boyu formüllerinin, yüksek mukavemetli betonlar için kullanılmanın sakıncalı olacağı belirtilmiştir [5].

ÖZTURAN ve Diğerleri (2004) yaptıkları deneysel çalışmada, donatısız ve çelik lif katkılı normal ve yüksek mukavemetli beton numunelere kimyasal yapıştırıcı ile sonradan ekilen ankrajların ve ayrıca genişleyen tip mekanik ankrajların statik ve tekrarlı çekme yüklemesi ve statik kesme yüklemesi altındaki yük-deplasman performansları ve göçme modlarını incelenmek üzere toplam 130 adet deney yapmışlardır. Sonuç olarak ankraj çapı ve gömme derinliğinin artmasıyla ankraj kesme ve çekme göçme yüklerinin arttığı ve betondaki çelik lif katkısının daha sünek bir ankrajın davranışına neden olduğu belirtilmiştir. Beton mukavemetindeki artışın beton çekme gerilmesine de yansiyarak konik kopmaya karşı direnç gösterdiği,

ankraj yük taşıma kapasitesini arttırdığı ve tekrarlı yüklemeler altında ankraj rijitliğinde azalmaların olduğu belirtilmiştir [6].

SEYHAN (2006) tarafından yapılan deneysel çalışmada diğer parametreler sabit tutulurken, farklı firmalara ait kimyasal yapıştırıcılar kullanılarak çekme deneyleri yapılmış, deney esnasında beton numuneler üzerinden kopan konik beton parçaların geometri özelliklerinin farklı olduğu gözlenmiştir. Koninin yüksekliği için önerilen bağıntılarda, koni yüksekliğinin malzeme yapışma dayanımı ile de ilgili olduğu görülmüş, bu bağıntılarda kimyasal yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır [7].

DURMUŞ ve Diğerleri (2006) yaptıkları deneysel çalışmada, normal ve yüksek mukavemetli betonlar için değişik çaplardaki düz ve nervürlü ankraj donatılarının aderans performanlarını incelemişlerdir. Yüksek mukavemetli betonlar için beton-donatı aderansına ilişkin elde edilen bazı bilgilerden sonra, üretilen yüksek ve normal mukavemetli beton numunelerle aynı fiziksel ve mekanik özelliklerde üretilen betonarme kirişler üzerinde eğilmede-aderans deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak, üretilen yüksek mukavemetli beton-donatı aderansının normal betonlarınkine göre çok daha yüksek olduğu, donatı aderans boyunun azaltılabileceği ve yüksek mukavemetli betonlarla inşa edilen yapıların tasarımında, yürürlükte bulunan “TS500-Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”nın geçerli olamayacağı belirtilmiştir [8].

GÜRBÜZ (2007) yaptığı deneysel tez çalışmasında, tam ve kısmi bağlı kimyasal ankrajların, farklı ankraj derinlikleri ve delik yüzey koşulları altında davranışını incelemek üzere 85 adet numune üzerinde çekip-çıkarma deneyi yapmış, numunelerin yük-yer değiştirme ilişkilerini, eksenel çekme kapasitelerini ve göçme modlarını tesbit etmiştir. Düşük dayanımlı betonlarda kısmi ankrajlar için elde edilen kısmi bağlı ankrajlar ile tam bağlı ankrajların ortalama yapışma dayanım değerleri arasındaki farklar ortaya konulmuş ve tam bağlı olan ankrajların daha yüksek performans gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca delik iç yüzey temizliği yapılmamış numunelerde kimyasal yapıştırıcı iyi yapışmadığı için düşük yüklerde sıyrılmaların olduğu belirtilmiştir [9].

GÜRBÜZ ve Diğerleri (2007) deneysel çalışmalarında, Türkiye'deki mevcut betonarme binalardaki düşük beton kalitesini temsil edecek şekilde (basınç dayanımları 12 ve 16 MPa olan) iki farklı dayanımdaki beton bloklar içerisine, iki farklı kimyasal yapıştırıcı kullanılarak, ankre edilen çelik donatı çubukları kullanarak 24 adet çekip-çıkarma deneyi yapmıştır. Burada ankraj derinliği (6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ) ve donatı çapı (16Φ ve Φ20) değişken tutulmuştur. Numunelerin yük–yer değiştirme ilişkileri, eksenel yük kapasiteleri ve göçme biçimleri tespit edilmiştir. Kurulan deney düzeneği, betonda göçmenin koni oluşumuna izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Günümüz piyasasında sıkça kullanılan 10Φ derinlikli ankraj donatılarında akma dayanımına ulaşmadan, erken göçme meydana geldiği belirtilmiştir [10].

KAYA (2007) yaptığı deneysel tez çalışmasında kimyasal ankrajları; uygulama yüzey temizliği ve yüzey tozluğunu incelemek için farklı üç grupta çekip-çıkarma deneyleri yapmıştır. Deneylerde kullanılan kimyasal yapıştırıcıya ait karakteristik özellikleri ve yapışma dayanımlarının incelendiği deneyler, ankajların ankraj derinliği boyunca bağlı olduğu tam bağlı olduğu ankraj deneyi ve ankraj derinliği boyunca ankraj donatısının tam olarak ankre edilmediği kısmı bağlı ankrajlarla bir dizi deneyler yapmıştır. Değişen çap ve değişen gömme derinliklerinde karşılaşılan göçme yükünü derinlikle artmıştır. Tam bağlı ankrajlara göre kısmi bağlı ankrajlarda daha fazla göçme dayanımıyla karşılaşılmıştır. Ankraj ekimi yapılan yüzeye ait tozlu durumlarda uygulanan ankrajlar üzerinde farklı etkiler oluşturmuştur. Yapışma dayanımlarının tozu alınmış yüzeylerde, temiz yüzeylere benzer olduğu ve tozu alınmış olan yüzeylerde yapılan deneylerde karşılanan enerji miktarının diğer ankraj tiplerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Tozu alınmış yüzeylerde yapılan derin ankrajlarda karşılaşılan sıyrılma göçmesi yalnızca yapışma dayanımına bağlı kalmamıştır. Yapılan deneylerde ankraj derinliğinin uygulama yapılan beton plak kalınlığına oranının %75'den daha fazla olmasının uygun olmadığı kanaatine varmışlardır [11].

DEMİR ve Diğerleri (2009) yaptıkları deneysel çalışmada uygulamalarda yaygın olarak kullanılan BÇI ve BÇIII sınıfı ankraj donatısı seçmişlerdir. Ankraj donatıları

betona ekilirken iki farklı firma tarafından üretimi yapılan reçine bazlı epoksi kullanılmıştır. Hazırlanan numunelere çekip-çıkarma (pull-out) deneyi uygulanarak ankrajın delik çapı ve gömme derinliğinin sonuçlara etkisi araştırılmıştır.

Yapılan deney sonuçlarında; sıyrılma direncini, açılan ankraj delik çapının ankraj donatı çapına yakınlığının artırdığı ve BÇI (nervüzsüz) donatılı ankrajlarda sıyrılmanın epoksi malzeme ile donatı arasında olduğu, BÇIII (nervürlü) donatılı ankrajlarda ise epoksi malzeme ile beton arasında aderans yetersizliği sonucunda oluştuğunu görülmüştür. BÇIII (nervürlü) donatılı ankrajlarla yapılan deneylerde ise beton yüzeyde konik çatlakların oluştuğunu gözlemlemiş, ayrıca gömme derinliğinin her iki ankraj çeşidinde de sıyrılma direncine karşı etkisiz olduğunu belirtmişlerdir [12].

YILMAZ ve Diğerleri (2010) yaptıkları çalışmada literatürde yer alan kimyasal ankrajların ankraj dayanımına etkilerini incelemişlerdir. Yapılan araştırmalar sonucunda ankraj dayanımına bağlayıcı cinsi ve ankraj deliğine yapılan temizliğin diğer faktörlerde daha etkili olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca beton sınıfının ve ankraj ekme boyunun dayanıma sınırlı etkisini gözlemlemişlerdir [3].

ALTAN (2013) yaptıkları deneysel çalışmada hazırlanan betonarme numunelere sonradan uygulanan kimyasal ankrajların mekanik özellikleri çekme etkisi altında belirlenmiş, mekanik bağlantılı olan ankrajların karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuç olarak kimyasal ankraj uygulamalarında kullanılan çap ve gömme derinliğinde kullanılmasının dayanımı artırdığını gözlemlemişlerdir [13].

SİLVERİ ve Arkadaşları (2016), tarihi yığma tuğlası ile inşa edilmiş binaları referans alarak, tuğla üzerine tutturulan ankraj donatısının eksenel çekme etkisi altında davranışını incelemiştir. Tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin karakteristik özelliklerinden yola çıkarak, tuğla duvara T ve L tipindeki ankraj elemanı, çimento esaslı harçtan oluşan bir karışım ile duvara ankre edilerek, çekme testleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada ankraj boyu, ankraj yapılan bölge (etkilenen tuğla türü) değişken tutularak, örgü harcının kalitesinin çekme deneyleri üzerinde en büyük etken olduğu kanısına varmışlardır [14].

1.2.1.2.Çekme Davranışı

Donatı çubuğunun çekme kuvveti etkisi altında taşıyabileceği maksimum kuvvetin bulunmasında iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki ankraj ile kimyasal yapıştırıcı veya kimyasal yapıştırıcı ile yapı malzemesi arasındaki aderans ilişkisini belirlemede kullanılan ankraj çevresinden destek alınarak, yapı malzemesine basınç gerilmesi uygulanan doğrudan çekme deneyidir. Diğer yöntem ise ankraj, kimyasal yapıştırıcı ve yapı malzemesi arasındaki aderans ve yapı malzemesi çekme gerilmelerinin belirlenmesinde kullanılan yapı malzemesine çekme gerilmeleri boyunca basınç kuvvet uygulanmayan sınırlandırılmış çekme testidir.

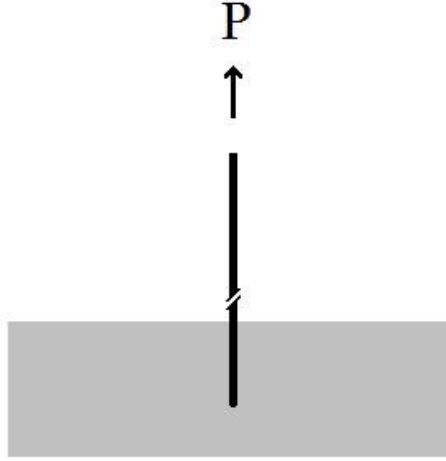
Her iki deneysel yöntemde de çekme kuvveti etkisi altındaki kimyasal ankrajların göçme yüklerinin belirlenmesinde dört farklı mekanizma aktif rol oynamaktadır. Bu mekanizmalar şu şekilde sınıflandırılabilir [15-16].

- Ankraj Donatısının Kopması
- Ankraj Donatısının Sıyırılması
- Konik Kopma
- Konik Kopma ve Sıyırılmanın Birlikte Oluşması

Küçük çaplı donatı kullanımı, derin ankrajlama ve yüksek dayanımlı malzemeye ankrajlama durumunda, ankrajın taşıyabileceği çekme kuvvetinin, donatının kopma dayanımından fazla olması durumunda ankraj donatısının kopması gerçekleşir [16]. Donatının kopmasını gösteren ifade eşitlik (5)'de ve Şekil 1.5.'de gösterilmektedir.

$$P \geq A_s f_{ytk} \quad (5)$$

(5)'de P, ankrajın göçme yükünü; A_s , donatı kesit alanını; f_{ytk} , donatı çeliğinin kopma dayanımını ifade etmektedir.



Şekil 1.5. Donatının Kopması

Kullanılan kimyasalın ve tutunduğu yüzeyin özelliklerine bağlı olarak birbirleriyle etkileşim içerisindedir [18]. Uygulanan kuvvet etkisi altında yüzeyde oluşan aderans gerilmesinin aşılması sonucunda sıyrılma gerçekleşir. Sıyrılmanın gerçekleşmesinde malzemenin yapışma dayanımının düşük olması, yüzey hazırlıklarının eksik yapılması gibi etkenler aktif rol oynamaktadır [15]. Sıyrılma göçmelerinde ankraj çevresinde büyük çatlaklar görünmemektedir [11-18]. Sıyrılma göçmesi Şekil 1.6.'da verilmiş ve ankrajın yapışma dayanımının gömme derinliği boyunca düzgün yayılı olduğu düşünülerek, sıyrılmaya ilişkin göçme yükü (6)'da verilmiştir.

$$P \geq S_s \tau \quad (6)$$

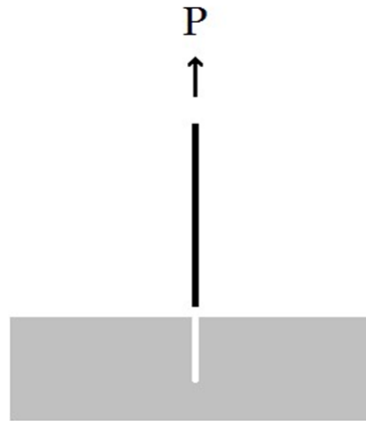
Burada çalışan ankraj yüzeyinin alanını; S_s , ankraj yüzeyi boyunca eşdeğer düzgün yayılı yapışma dayanımını; τ ifade etmektedir.

Donatının sıyrılması ankrajda kullanılan kimyasal malzemenin özelliklerine bağlı olarak delik çapı etrafında ya da donatı yüzeyinde gerçekleşmektedir. Kesme gerilmelerine etki eden alan kullanılan malzemeye göre delik civarında veya donatı yüzeyinde hesaplanmalıdır.

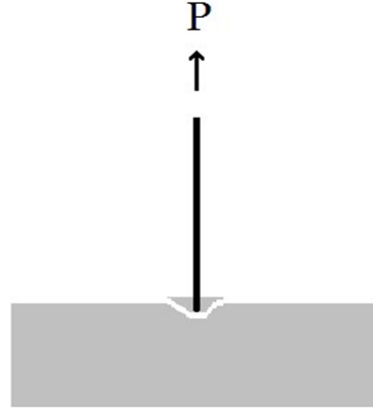
$$S_s \geq \pi r h_{ef} \quad (7)$$

Ankrajın yüzey alanı; S_s , ankrajın kimyasal yapıştırıcı ile bağlanmış derinliğini; h_{ef} ve delik çapını; r ifade etmektedir.

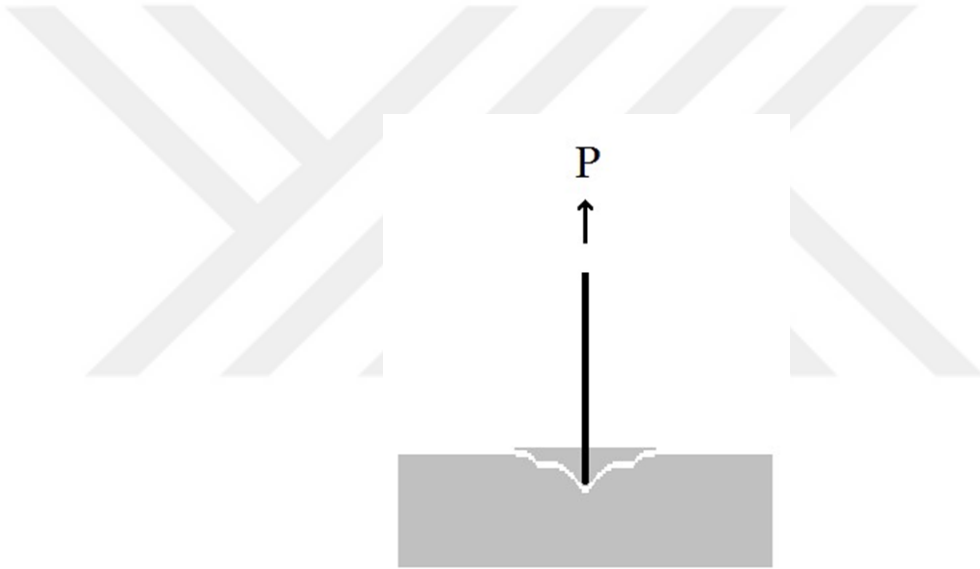
Malzeme kopması, kimyasal ve donatı yüzeyleri arasında yeterli miktarda yapışma olduğu durumlarda göçme ve ankraj eksenine yapışık bir malzeme parçasının kopması ile birlikte gerçekleşmektedir. Artan yükler etkisi altında malzeme içerisinde çekme gerilmelerinin etkisinde oluşan kılcal çatlaklar birleşerek malzeme parçasının kopmasına sebep olur. Malzeme parçasının kopmasını ankraj derinliği, kimyasal ve ankraj yapılan malzemenin özellikleri gibi etkenler belirlemektedir. Ankraj boyu yeterli derinliğe kadar ulaşmadığı durumda çekme gerilmesi altında doğrudan parça kopması durumunda konik göçme oluşmaktadır. Sığ ankrajlar yalnızca konik göçmemin temel unsurudur. Ankraj yapılan malzemenin çekme gerilmelerinin üzerinde ve yeterli derinlikte yapılan ankrajlar da konik kopma ile birlikte donatıda sıyrılmaktadır. Kılcal çatlakların koniyi işaret eden bir kırılma yüzeyi oluşturması ile yapışma dayanımına çalışan boyu aniden kısalan ankrajda, yapışma dayanımının yük altında ani aşılması ile, konik kopma ve sıyrılma aynı anda gerçekleşir [11].



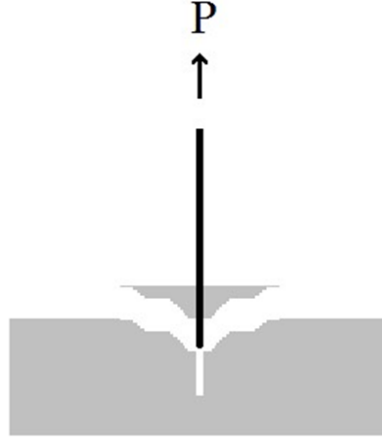
Şekil 1.6. Donatının Sıyrılması



Şekil 1.7. Çok Sığ Ankrajlarda Konik Göçme



Şekil 1.8. Sığ Ankrajlarda Konik Göçme, Potansiyel Koni Oluşumu

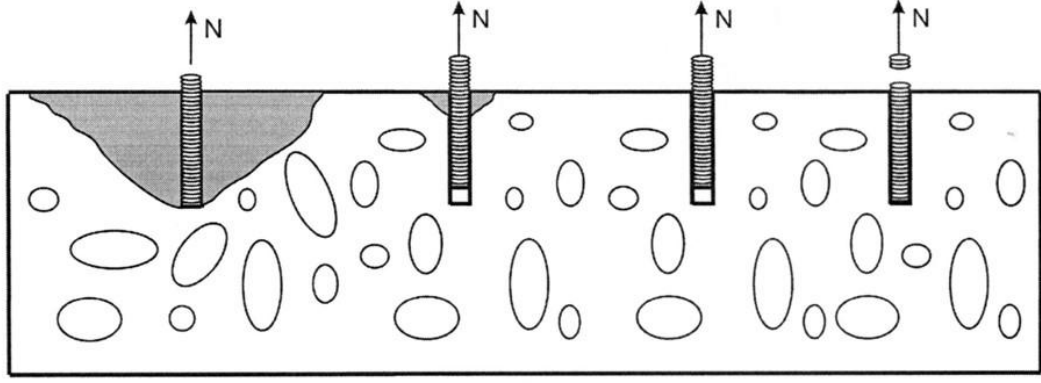


Şekil 1.9. Derin Ankrajlarda Karma Göçme Tipi

Daha önceki çalışmalar incelendiğinde konik kopmanın 45° den 65° ye kadar etkilediği gözlemlenmektedir. Beton üzerinde yapılan ankraj çekme çalışması ışığında koni modeli olarak (8) denklemini geliştirilmiştir. Daha sonra konik kopma yükünün hesaplandığı denklem olarak 0.85 katsayısı yerine 0.92'yi tercih edilmiştir [11].

$$P_{\text{koni}} = 0,85 h_{\text{koni}}^2 \sqrt{f_c} \quad (8)$$

ACI 318M-05 2005 standardına göre konik kesme ankraj derinliğinin 1.5 katı kadar malzemenin yüzeyinde yarı çap olacak biçimde etki etmektedir. Bu da ankraj ile yüzey arasında 65° açının oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 1.10. Çekme Yükleri Altında Ankraj Hasarları [2].

Amerikan Malzeme Test Birliği (ASTM E 488-84) standartlarında kimyasal ankrajların ekme aralıkları, ekme boyuna bağlı olarak Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Ankraj Ekme Aralıkları ve Kenar Uzunlukları (ASTM E 488-84)

Ekme boyu (l_d)	Kimyasal Ankrajlar	
	iki ankraj arası uzaklık	kenara ve yükleme çerçevesine olan uzaklık
$< 6d_0$ (sığ)	$2 l_d$	$1 l_d$
$6d_0 - 8d_0$ (standart)	$1,5 l_d$	$1 l_d$
$> 8d_0$ (derin)	$1 l_d$	$0,75 l_d$

d_0 : ankraj çapı, l_d : ekme boyu

Ankrajların çekme etkisi altında meydana gelen göçme yükü; ankrajda kullanılan malzemeye, beton ve çeliğin dayanım özelliklerine, ankraj yüzeyinin sıcaklığı, nemi ve yapılan yükleme tipiyle birlikte elde edilen sonuçlarda önemli farklılıklar göstermektedir.

Bağ tipi ankrajlarda elastik davranış göçme yüküne yaklaştıkça görülmektedir. Göçme sonrasında; yapışma dayanımını yitiren ankraj elemanlara mekanik aderans

sağlamaları sebebiyle pek güvenilirmez. Ankrajlarının yapıldığı ortam koşulları, kullanılan yapıştırıcı malzemenin mekanik ve kimyasal özellikleri, ankraj deliğinin temizlenme durumu faktörlerin yapışma dayanımında etkili olduğu ve yapışma dayanımlarında bu faktörlere bağlı olarak azaltma katsayıları uygun görülmüştür.

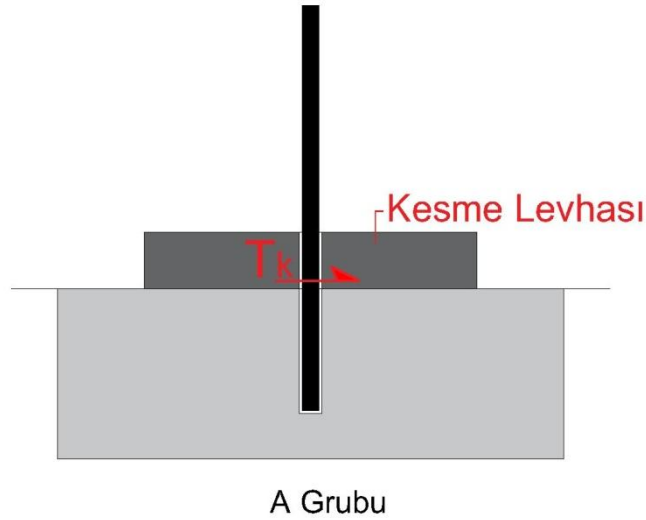
Çekme etkisi altında meydana gelen ankrajların göçme yükü; kullanılan ankraj malzemesi, mevcut betonun ve çeliğin dayanım özellikleriyle birlikte; ankraj yüzeyinin hazırlığı ve yüzey nemi, yükleme hızı, sıcaklık, yükleme tipi ve çatlamış kesit etkenleriyle önemli değişim göstermektedir [11].



2. DENEY DÜZENEKLERİNİN HAZIRLANMASI

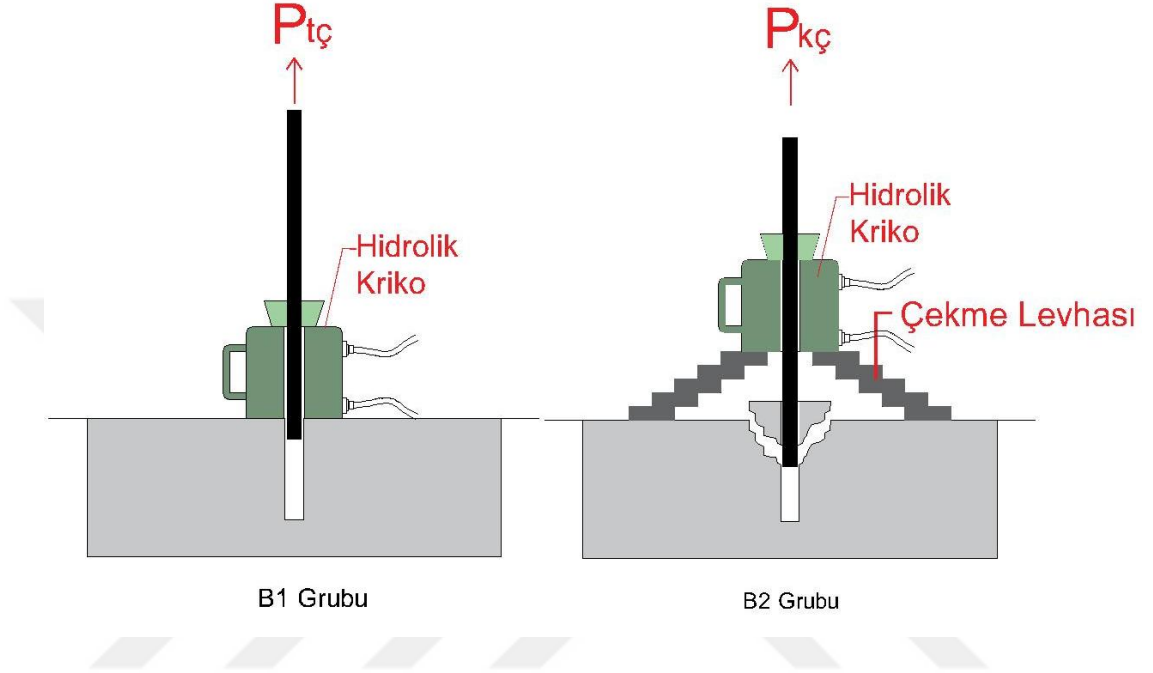
Yapılan bu tez çalışmasında mevcut yığma yapılar kullanılmıştır. Yığma yapılar çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelendirilmezler [19]. Bu nedenlerden dolayı yığma yapıların davranış ve dayanımlarını bilmek adına sırasıyla A grubu (Ankraj derinliklerine bağlı çelik çubukların kesme performansı) ve B grubu (Ankraj derinliklerine bağlı çelik çubukların çekme performansları) olarak adlandırdığımız deneyler uygulanmıştır. Deney yapılan binaların genel özellikleri, deneyde kullanılan ekipmanların teknik özellikleri ve hazırlanması, deney düzeneklerinin hazırlanması (A ve B grubu deneyler) olarak 3 safhada ele alınmıştır.

Ankrajların kesme ve çekme kuvvetlerinin bilinmesi yapılacak güçlendirme tasarımında önemli bir yer tutmaktadır. Kesme kuvvetlerinin hesaplanmasında A grubu deneylerde tasarlanan kesme levhasından faydalanılmıştır. (Şekil 2.1.)



Şekil 2.1. Kesme Kuvveti Deney Düzeneği

Çekme kuvvetlerinin hesaplanmasında ise deneyler iki grup olarak uygulanmıştır. B1 grubunda tam sıyırılmalı çekme kuvveti ve B2 grubunda levhalı kısmi sıyırılmalı çekme kuvveti olarak uygulanmıştır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Çekme Kuvveti Deney Düzeneği

2.1. Deney Yapılan Binaların Genel Özellikleri

Bu çalışmaya katkı sağlayacak binalar Ankara ili, Çankaya İlçesinde yer almaktadır. Benzer özellikte olan yapılar 20. yüzyılın ortalarında yığma olarak inşa edilmiştir. Deney yapılan binalar; Emek Mahallesi Bişkek Caddesi No:44, Bahçelievler Mahallesi Bahriye Üçok Caddesi No:11 ve Anıttepe Mahallesi Gazi Mustafa Kemal Bulvarı No:125 adreslerinde bulunmaktadır.

2.1.1. Emek Mahallesi Bişkek caddesi No:44

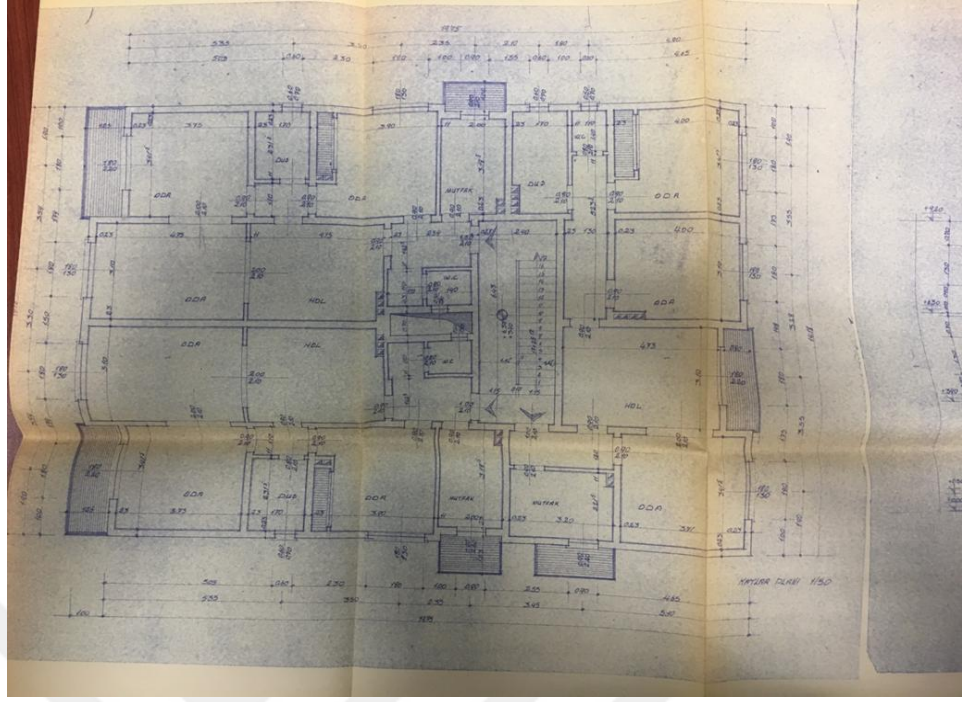
Deneysel çalışmaların ilkinin yapıldığı bina 5310 ada 10 parselde yer almakta ve 1961-1962 yıllarında inşa edilmiştir. Bina bodrum, zemin ve 2 kattan oluşmaktadır.



Şekil 2.3. Bişkek Caddesi No:44 Bina Ön Cephe Genel Görünüş



Şekil 2.4. Bişkek Caddesi No:44 Bina Ön ve Yan Cephe Genel Görünüş



Şekil 2.5. Emek Mahallesi Bişkek caddesi No:44 Mimari Kat Planı

Katlar 12 cm kalınlığında betonarme plak döşemeyle birbirinden ayrılmıştır. Taşıyıcı duvar tipi olarak harman tuğla kullanılmıştır. Bina 4. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

2.1.2. Bahçelievler Mahallesi Bahriye Üçok Caddesi No:11

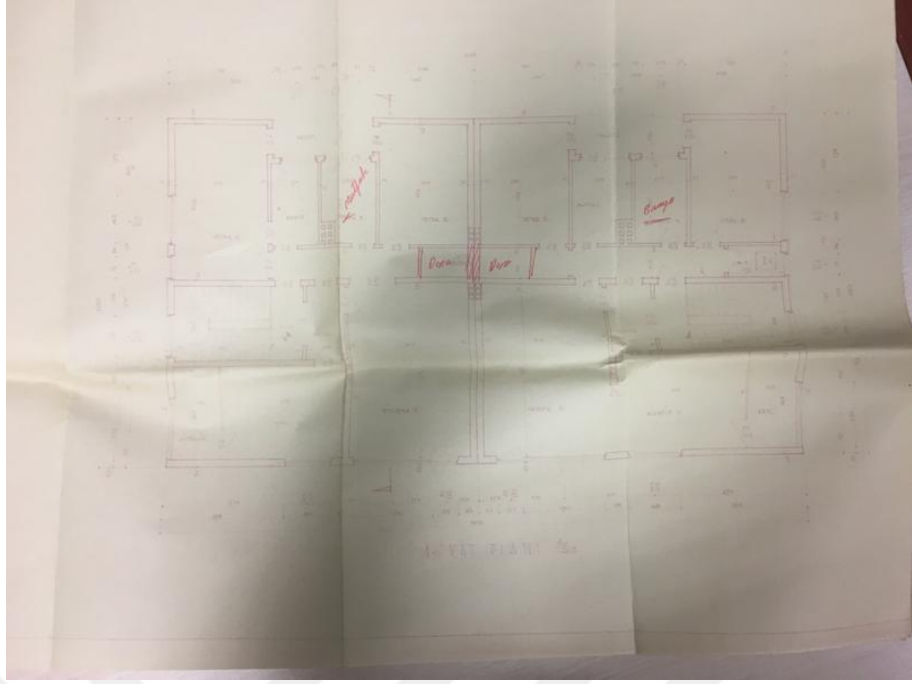
Deneysel çalışmaların ikincisinin yapıldığı bina 2617 ada 8 parselde yer almakta ve 1955-1956 yıllarında inşa edilmiştir. Bina zemin + 2 kattan oluşmaktadır.



Şekil 2.6. Bahriye Üçok Caddesi No:11 Ön Cephe Genel Görünüş



Şekil 2.7. Bahriye Üçok Caddesi No:11 Arka Cephe Genel Görünüş



Şekil 2.8. Bahçelievler Mahallesi Bahriye Üçok Caddesi No:11 Mimari Kat Planı

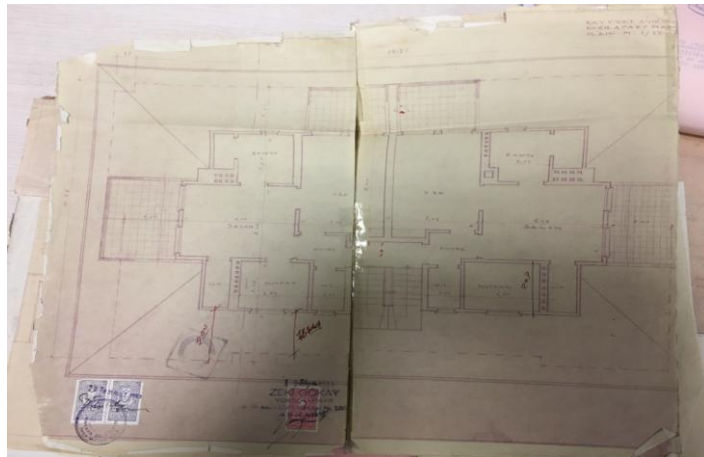
Katlar 12 cm kalınlığında betonarme plak döşemeyle birbirinden ayrılmıştır. Taşıyıcı duvar tipi olarak harman tuğla kullanılmıştır. Bina 4. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

2.1.3. Anıttepe Mahallesi Gazi Mustafa Kemal Bulvarı No:125

Deneysel çalışmalara katkı sağlayan Maltepe Mahallesi Gazi Mustafa Kemal Bulvarı üzerinde yer alan ve 1950-1957 yılları arasında inşa edilmiş bina zemin + 4 kattan oluşmaktadır.



şekil 2.9. GMK Bulvarı No:125 n Cephe Genel Görünüş



şekil 2.10. GMK Bulvarı No: 125 Mimari Plan

Çizelge 1.2. GMK Bulvarı No:125’de binanın yapısal özellikleri

YAPI TÜRÜ	Konut
TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜ	Yığma
DÖŞEME TIPI	Betonarme plak Döşeme
DÖŞEME KALINLIĞI	Tüm katlarda 12 cm
KAT ADEDİ	B+Z+1+2+3+4
ÇATI KAPLAMA TIPI	Kiremit ve Ahşap oturtma
MİMARİ PROJESİ VAR	Hayır
STATİK PROJESİ VAR	Hayır
DİLATASYON VAR MI?	Hayır
TEMEL SİSTEMİ	Sürekli Temel
TEMEL BOYUTLARI	Temel Genişliği:50 cm , Temel Yükseklik: 40 cm
DEPREM BÖLGESİ	4. derece($A_0=0.10$)
YEREL ZEMİN SINIFI	Z2-C ($T_A=0.15s$, $T_B=0.40s$)
ZEMİN EMNİYET	1.75 kg/cm^2
TAŞIYICI DUVAR TİPİ	Bodrum Kat: Taş duvar ve Harman tuğla Zemin, 1,2,3 ve 4. katlar: Harman Tuğla,
DÜŞEY HATIL	-
YATAY HATIL	12 cm
TOPLAM YAPI	17.65 m
BODRUM KAT	206.83 m^2
ZEMİN KAT	206.83 m^2
1,2,3 ve 4. KATLAR	217.63 m^2
TOPLAM İNŞAAT ALANI	1284.18 m^2

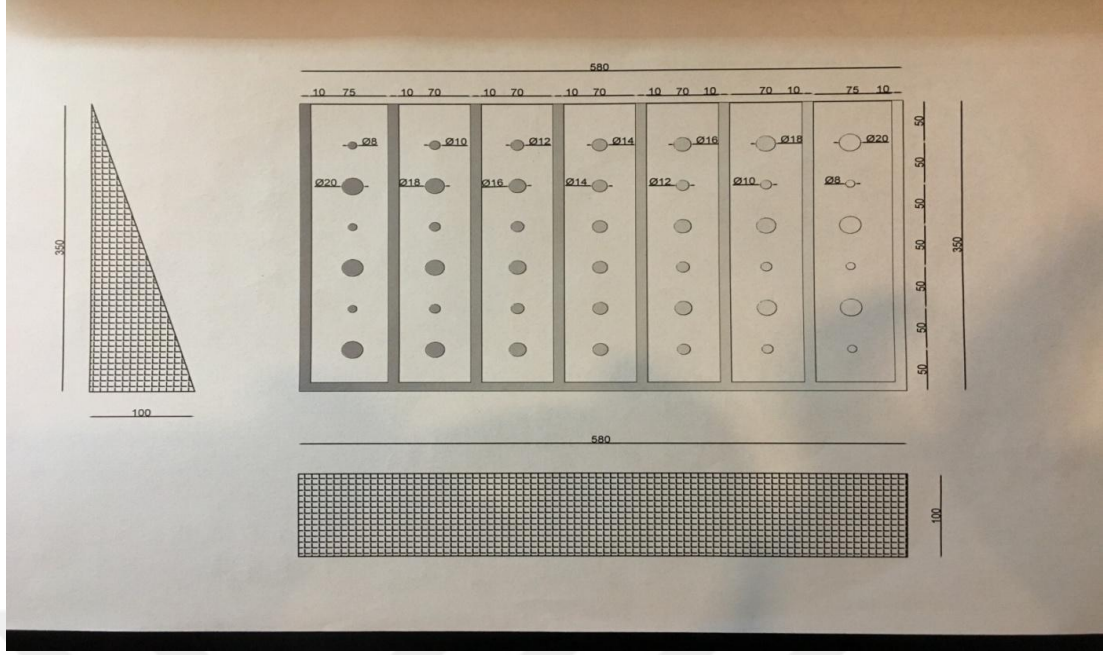
2.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanların Teknik Özellikleri ve Hazırlanması

A ve B grubu olmak üzere 2 farklı deney düzeneği oluşturulmuştur. A grubu ve B grubu deneylerde kullanılan malzemeler;

- 1 adet kesme kuvvetini uygulamada kullanılan kesme levhası
- 1 adet kısmi sıyırma levhası
- 2 adet hidrolik krika
- 1 adet hidrolik krika başlığı
- Farklı boy ve çaplarda ankraj çubuğu
- 2 adet demir plak
- 1 adet lvdt (komparatör)
- N-Schmidt test çekicinden oluşmaktadır.

2.2.1. Deney Levhalarının Yapım Aşamaları (Levhaların Projelendirilmesi, Levhaların CNC Tezgahında Kesimi ve Kaynak Aşamaları)

Kesme Levhası: Hidrolik krika yardımıyla duvara uygulanan ankrajlardaki kesme kuvvetini hesaplamak amacıyla oluşturulan 580x350x10 mm boyutlarındaki levha yüke karşı üçgensel destek levhalarıyla güçlendirilmiştir. Farklı çaplarda ankraj deliklerinden oluşmaktadır. Donatıların nervür kalınlıkları dikkate alındığında farklı çaplardaki ankraj delikleri uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Kesme levhasının tasarımı yapıldıktan sonra CNC tezgâhında 10 mm kalınlığında demir sac levha tasarımıımıza uygun kesilmiştir.



Şekil 2.11. Kesme Levhasının İmalat Öncesi Hazırlanan Projesi



Şekil 2.12. Kesme Levhasının Projesine Göre CNC Tezgahında Kesim Aşamaları



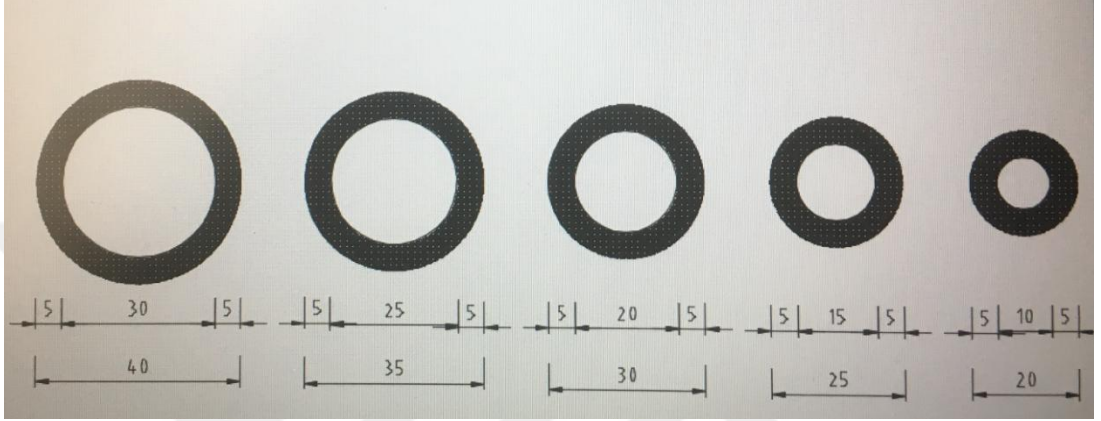
Şekil 2.13. Kesme Levhasının Kaynakla Birleşiminin Yapılması

Tasarıma göre kesilen parçalar uygulanacak yüke karşı herhangi bir deformasyona maruz kalmaması için gazaltı kaynakla birleştirilmiştir.



Şekil 2.14. A Grubu Deneylerde Kullanılan Kesme Levhası

Eksenel Kısmi Sıyırma Levhası: Duvara uygulanan ankrajlardaki kısmi sıyırma çekme kuvvetini hesaplamak amacıyla dairesel halkalardan ve dairesel halkalar üst üste geldiğinde koni şeklini alacak biçimde tasarlanmıştır. Çekme levhasının tasarımı yapıldıktan sonra CNC tezgâhında 10mm kalınlığında demir sac levha tasarımımıza uygun olarak kesilmiştir.



Şekil 2.15. Çekme Levhasının İmalat Öncesi Hazırlanan Projesi



Şekil 2.16. Çekme Levhası Ön ve Arka Yüzü

Dairesel kısmi sıyırma levhası yük etkisi altında buruşmayla karşılaşmaması için dairesel halka şeklinde ve akma sınırına ulaşamayacakları kesitler seçilmiştir. Levhaların bindirmeli olarak üst üste gelecek ve dairesel levhaların bindirme genişlikleri 2,5 cm olacak şekilde gazaltı kaynakla birleştirilmiştir.

2.2.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri

Mevcut yığma binalarda deney düzeneklerinin hazırlanmasında aşağıda belirtilen özelliklerde ekipmanlar kullanılmıştır.

30 Tonluk Hidrolik Kriko: 30 tonluk kapasiteye sahip çift etkili krikoda itme ve çekme özellikleri bulunmaktadır. Krikoda hidrolik silindir ile pompa arasında iki adet hortum bulunmakta yük boşaltma işlemi yük durumunda valf yardımıyla gevşetilerek, yük olmadığı durumlarda indirme işlemi pompa ile yapılmaktadır. Kuvvet değerlerinin ölçülmesinde basınç ölçen manometre ile sağlanmaktadır. Krikoda 9 cm çapında başlık ve 16 cm çapında gövde kalınlığı vardır. Başlık alanı ise 63,61 cm² dir.



Şekil 2.17. İtme ve Çekme Özelliği Olan Hidrolik Kriko

10 Tonluk Hidrolik Kriko: 10 tonluk kapasiteye sahip tek tesirli krikoda itme özelliği bulunmaktadır. Krikoda tek hortum bulunmakta olup yük durumunda valf gevşetilerek boşaltma işlemi yapılmaktadır. Krikoda 8 cm çapında başlık bulunmakta ve başlık alanı 50,27 cm² dir.



Şekil 2.18. İtme Özelliği Olan Hidrolik Kriko

Kimyasal Yapıştırıcı: Uygulaması hızlı ve basit olan kimyasal dübeller bilinen en kuvvetli yapıştırıcıdır. Genel olarak filiz ekiminde kullanılan kimyasal dübel; filiz ekimi için ekilecek olan filizin boyutuna göre delik açılır ve bu deliğin içerisi kimyasal dübel ile doldurulur. Delik tamamen kimyasal dübel ile doldurulduktan sonra filiz ekimi yapılır.

Kimyasal dübel deliğe doldurulup filiz ekme işlemi yapıldıktan sonra kimyasal dübel kısa sürede reaksiyona geçerek beton kadar dayanıklı ve sağlam olacak şekilde katı hale gelen kimyasal dübel; bina güçlendirme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır ve bilinen en dayanıklı sistemdir.

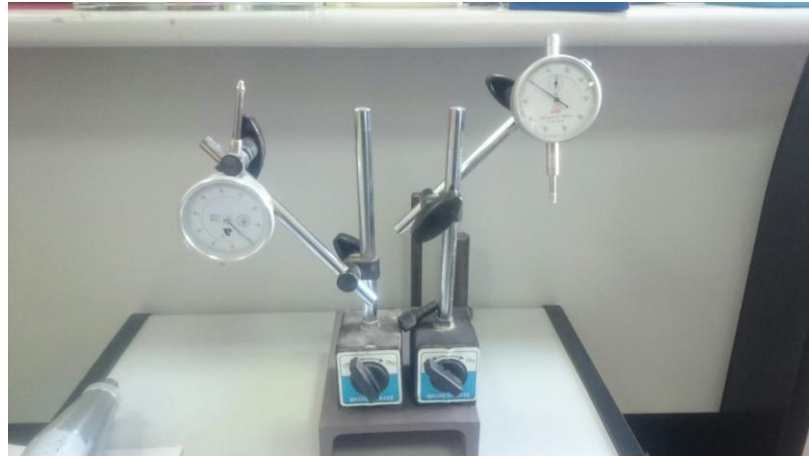
Sıcak soğuk gibi alanlarda bozulma yapmayan kimyasal dübel maddesi suya, asitlere ve alkaliye karşı direnç gösteren, zamanla bu özelliklerini kaybetmeyen, yapıştırıcı özlü bir kimyasal reçinedir.

Tez çalışmalarımızda yüksek performans sağlanması amacıyla yapısal güçlendirme ve filiz ekme işlemlerinde Pattex CF 900 kimyasal dübel kullanılmış ve fiziksel ve mekanik özellikleri çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Pattex CF 900 Epoksi Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

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

Komparatör: Manyetik ayaklı sabitlenebilen salgı komparatör 0,01 mm hassasiyette ve 1,5cm kapasiteye sahiptir.



Şekil 2.19. Manyetik Ayaklı Komparatör

Schmidt Çekici: Schmidt çekici, betonun üniform dayanımını test etmek ve basınç dayanımını tahmin etmek için kullanılan tahribatsız deney aletidir. Kullandığımız test çekici 10-70 N/mm² ölçüm aralığı ve 2,207 Nm darbe enerjisine sahiptir.



Şekil 2.20. Schmidt Test Çekici

Destek Plağı: Yüklerin uygulanmasında hidrolik krikolar altında destek ve yükseklik farkını azaltmak için 2-2,5 cm kalınlığında ve 20*30 cm boyutlarında destek plakları kullanılmıştır.

El Pompası: Çekme deneylerinde kimyasal dübel montajı yapılmadan önce ankraj deliklerinde temizlik yapmak amacıyla kullanılmıştır.

Ayrıca deney düzenekleri hazırlanırken darbeli matkap, jeneratör, keser, çekiç, murç gibi malzemeler de kullanılmıştır.

2.3. Deney Düzeneklerinin Hazırlanması

Yapılan çalışmalarda kesme ve çekme kuvvetlerinin hesaplanması için yapılan deneyler A ve B olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır.

2.3.1. A Grubu Deneyler

Bu deney grubuna ait deneyler Ankara İli ankaya İlçesinde bulunan 3 farklı yığma binada, farklı ankraj gömme derinliği ve farklı ankraj çapları için uygulanmıştır.

A grubu deneyler, üzerinde farklı çaplarda ankraj deliği bulunan kesme levhası yardımıyla duvara farklı derinliklerde kesme ankrajları yerleştirilmiş ve izelge 2.2.'de deney eşitleri verilmiştir. Deney düzeneğine kontrollü biçimde kuvvet uygulanmış, hidrolik krika vasıtasıyla uygulanan kuvvetle tuğla duvarın kesme kuvveti elde edilmiştir.

Bu deneylerde kesme levhası üzerinde bulunan aynı çapta ankraj delikleri üzerinden 4 adet ankraj deliği açılmış kesme levhası 25 cm uzunluğundaki ankrajlarla birlikte duvara sabitlenmiş ve kesme levhası alt yüzeyinden hidrolik krika y k uygulayacak şekilde yerleştirilmiştir.

Komparatör, kesme levhasına ötelenmeyi ölçecek şekilde yerleştirilerek uygulanan kuvvetle birlikte ötelenme boyu ölçmeye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.21. Kesme Kuvveti İçin Ø12'lik Ankrajla Hazırlanan Deney Düzeneği



Şekil 2.22. Kesme Kuvveti İçin Ø16'lık Ankrajla Hazırlanan Deney Düzeneği

Aynı kalınlıkta duvar üzerinde ve aynı katta yapılan deneyler ve özellikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 2.2. A Grubu Deneyler (Kesme Performansları)

Deney No	Deney Mahali	Ankraj Çapı	Ankraj Boyu	Ankraj Derinliği (cm)	Sıva Kalınlığı (cm)	Duvar Kalınlığı (cm)	Toplam Kalınlık (cm)
A-1	Bişkek Caddesi No:44	Ø10	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-2	Bişkek Caddesi No:44	Ø10	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-3	Bişkek Caddesi No:44	Ø10	25	15	2 veya3	22	27 cm
A-4	Bişkek Caddesi No:44	Ø16	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-5	Bişkek Caddesi No:44	Ø16	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-6	Bişkek Caddesi No:44	Ø16	25	15	2 veya3	22	27 cm
A-7	Bahriye Üçok Caddesi No: 11	Ø10	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-8	Bahriye Üçok Caddesi No: 11	Ø10	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-9	Bahriye Üçok Caddesi No: 11	Ø10	25	15	2 veya3	22	27 cm
A-10	Bahriye Üçok Caddesi No: 11	Ø16	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-11	Bahriye Üçok Caddesi No: 11	Ø16	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-12	Bahriye Üçok Caddesi No: 11	Ø16	25	15	2 veya3	22	27 cm
A-13	GMK No:125	Ø10	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-14	GMK No:125	Ø10	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-15	GMK No:125	Ø10	25	15	2 veya3	22	27 cm
A-16	GMK No:125	Ø12	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-17	GMK No:125	Ø12	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-18	GMK No:125	Ø12	25	15	2 veya3	22	27 cm
A-19	GMK No:125	Ø16	25	5	2 veya3	22	27 cm
A-20	GMK No:125	Ø16	25	10	2 veya3	22	27 cm
A-21	GMK No:125	Ø16	25	15	2 veya3	22	27 cm

2.3.2. B Grubu Deneyler

Bu deney grubuna ait deneyler Ankara İli Çankaya İlçesinde bulunan Gazi Mustafa Kemal Bulvarı No:125’de bulunan yığma binada farklı ankraj gömme derinlikleri ve farklı ankraj çapları için 2 deney yöntemi uygulanmıştır.

Tam sıyırılmalı çekme (Aderans göçmesi) ve levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneyleri olarak 4 farklı ankraj çapı ve 3 farklı ankraj gömme derinliği için uygulanmıştır. Tam sıyırılmalı çekme deneyi için birer, levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneyleri için ikişer olmak üzere toplamda 36 adet çekme deneyi yapılmış ve arasındaki farklar ortaya konulmuştur.

Çizelge 2.3.’de gösterilen deney numunelerinde uzunlukları 55 cm ve çapları Ø10, Ø12, Ø14 ve Ø16 olan ankraj çubukları kullanılmıştır. 5cm, 10cm ve 15cm derinliğinde duvar yüzeyine 90° olacak şekilde ankraj delikleri açılmıştır. Açılan ankraj deliklerinde oluşan toz, partikül vb. tanecikler fırça ve el pompası yardımıyla hava tutularak temizlenmiştir. Kimyasal ankrajlar tüm yüzeylerden çekme kuvveti üretirler, bu sebeple ankraj deliğine tam dolu olarak uygulama yapılmıştır.

Çizelge 2.3. B Grubu Yapılan Deneyler

Ankraj Gömme Derinlikleri	Deney No	Ø 10 luk Ankraj	Ø 12 luk Ankraj	Ø 14 luk Ankraj	Ø 16 luk Ankraj
5 cm Ankraj (+2cm siva)	B1	B1-Ø10/5	B1-Ø12/5	B1-Ø14/5	B1-Ø16/5
	B2	B2-Ø10/5	B2-Ø12/5	B2-Ø14/5	B2-Ø16/5
	B2	B2-Ø10/5	B3-Ø12/5	B3-Ø14/5	B3-Ø16/5
10 cm Ankraj (+2cm siva)	B1	B1-Ø10/10	B1-Ø12/10	B1-Ø14/10	B1-Ø16/10
	B2	B2-Ø10/10	B2-Ø12/10	B2-Ø14/10	B2-Ø16/10
	B2	B2-Ø10/10	B2-Ø12/10	B2-Ø14/10	B2-Ø16/10
15 cm Ankraj (+2cm siva)	B1	B1-Ø10/15	B1-Ø12/15	B1-Ø14/15	B1-Ø16/15
	B2	B2-Ø10/15	B2-Ø12/15	B2-Ø14/15	B2-Ø16/15
	B2	B2-Ø10/15	B2-Ø12/15	B2-Ø14/15	B2-Ø16/15

Çizelge 2.3. de B1 numaralı deneyler tam sıyırma çekme deneyini, B2 numaralı deneyler ise levhalı kısmi sıyırma çekme deneyini ifade etmektedir.

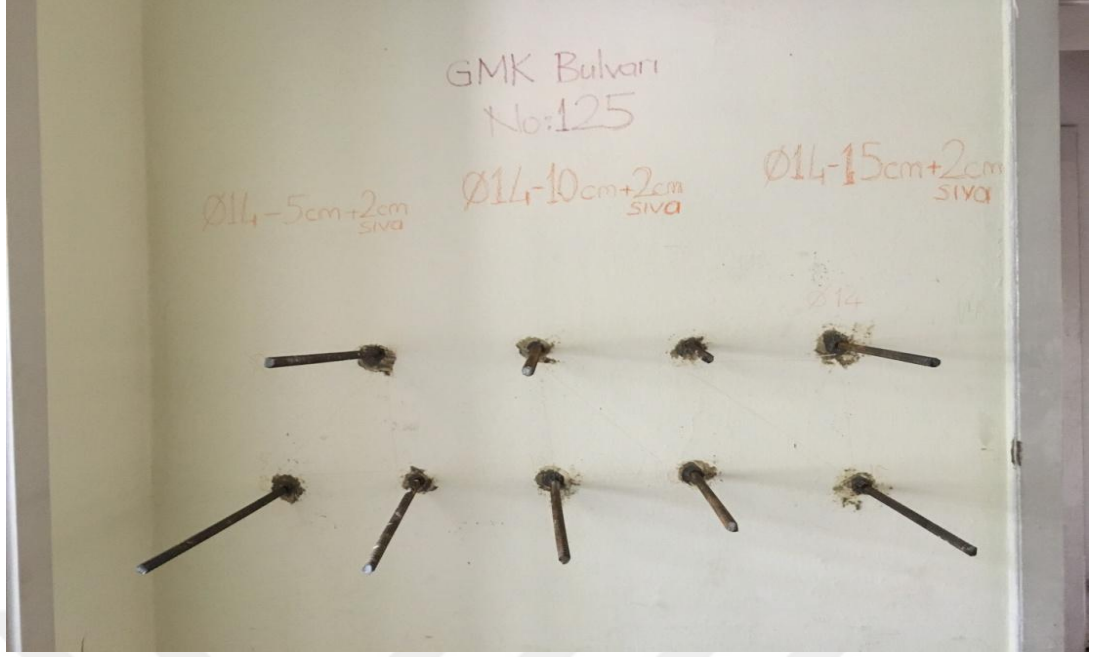
2.3.2.1. Tam Sıyırma Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi

B grubu deneylerde kullandığımız iki yöntemden birincisi olan tam sıyırma çekme (aderans göçmesi) deneyinde çift sıra tuğla örülü duvarlar tercih edilmiştir. Duvar yüzeyine açılacak ankraj deliklerine yaklaşık 2cm sıva kalınlığı da eklenerek 7(5+2)cm, 12(10+2)cm ve 17(15+2)cm'lik delikler açılmıştır. Delik genişlikleri açılırken ankraj yüzeyindeki nervür kalınlığı da dikkate alınmıştır. Açılan ankraj delikleri dip kısmından başlayarak önce ince fırça yardımıyla ardından da hava pompası yardımıyla temizlenmiştir.



Şekil 2.23. B Grubu Deney Düzeneği Hazırlanırken Temizlik ve Ankraj Ekimi

Temizlenen kısımlar için kimyasal dübel kullanılarak ankraj uygulamasına geçilmiştir. Uygulama tabancası yardımıyla karıştırıcı uç deliğin dip kısmından başlamak üzere doldurularak ve donatılar çevrilerek deliklere yerleştirilmiştir.



Şekil 2.24. Ø14 Çapında Ankraj Donatı Ekimi

Deliklere yerleştirilen ankrajlar kürünü aldıktan sonra itme ve çekme özelliği olan hidrolik kriko yardımıyla çekme kuvveti uygulamak için hazır hale getirilir.

2.3.2.2. Levhalı Kısmi Sıyırma Çekme Deneyi

B grubu deneylerde kullandığımız ikinci yöntem levhalı kısmi sıyırma çekme deneyidir. Bu deney yönteminde de tam sıyırma çekme deneyinde olduğu gibi çift sıra tuğla örülü duvarlar tercih edilmiştir. İlk yöntem tam sıyırma çekme (aderans göçmesi) deneyinde olduğu gibi duvar yüzeyine açılacak ankraj deliklerine yaklaşık 2 cm sıva kalınlığı da eklenerek 7(5+2)cm, 12(10+2)cm ve 17(15+2)cm'lik delikler açılmıştır. Delik genişlikleri açılırken ankraj yüzeyindeki nervür kalınlığı da dikkate alınmıştır. Açılan ankraj delikleri dip kısmından başlayarak önce ince fırça yardımıyla ardından da hava pompası yardımıyla temizlenmiş ve ankraj uygulamasına geçilmiştir.



Şekil 2.25. B2 Grubu Levhalı Kısmi Sıyırma Çekme Deney Düzeneği Ön Görünüş



Şekil 2.26. B2 Grubu Levhalı Kısmi Sıyırma Çekme Deney Düzeneği Yan Görünüş

Hazırlanan deney düzeneğinde tam sıyrılmalı çekme deneyinden farklı olarak kullanılan levha yardımıyla Ø10, Ø12, Ø14 ve Ø16 olan ankrajlar çekme özelliği olan hidrolik krika ile çekme kuvveti uygulanacak hale getirilmiştir.



3.DENEYLERİN YAPILIŞI VE DENEY SONUÇLARI

3.1. Ankrajların Derinliklerine Bağlı Çelik Çubukların Kesme Performansları (A Grubu Deneyler)

3.1.1. Ø10 / 5cm-10cm-15cm Ankraj Derinlikleri

Üç farklı yığma binada uygulanan A grubu deneylerde kesme ankrajlarının performansı derinlikle orantılı olarak artış göstermektedir. Ø10'luk çapta ankrajlarla hazırlanan numuneler karşıladığı kuvvet bakımından da diğer çaptaki numunelere oranla daha küçük enerji yutma kapasitesine sahiptir.



Şekil 3.1. Ø10'luk ankrajlara uygulanan kuvvet sonrası ankrajlarda oluşan hasar

A grubu deneylerde kullanılan ankrajlarda en küçük donatı çapı Ø10'dur. Deney sonucunda okunan değerler Çizelge 3.1.'de ve grafik olarak Şekil 3.2., Şekil 3.3., ve Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Ø10'luk ankrajla A grubu deneylerde oluşan maksimum kuvvet-deplasman

GMK Bulvarı No:125

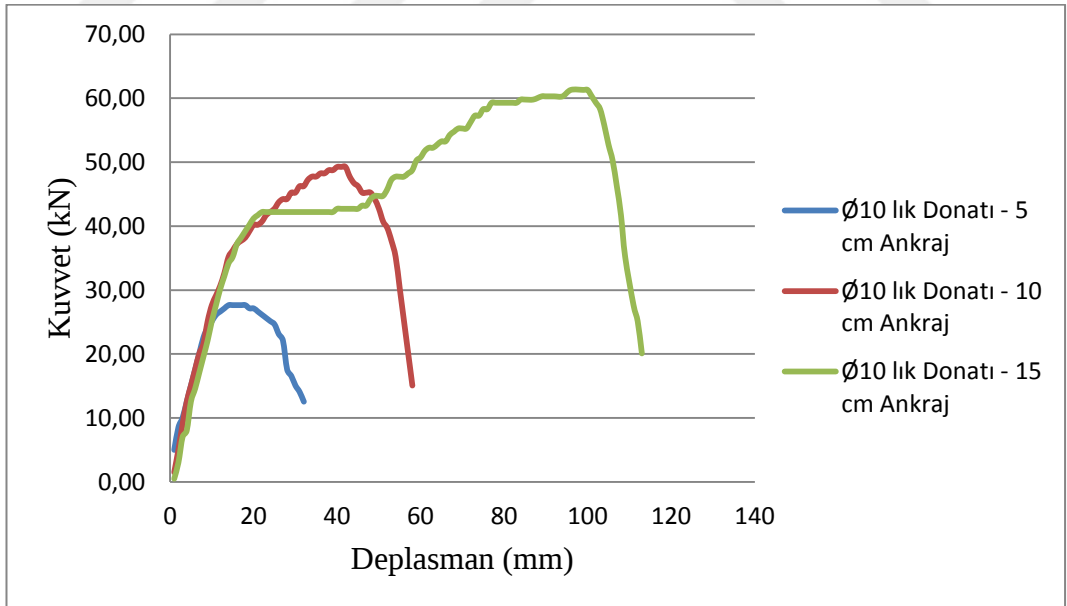
Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet (kN)	Deplasman(mm)
Ø10'luk Donatı - 5 cm Ankraj	27,65	18
Ø10'luk Donatı - 10 cm Ankraj	49,27	42
Ø10'luk Donatı - 15 cm Ankraj	61,23	100

Bişkek Caddesi No:44

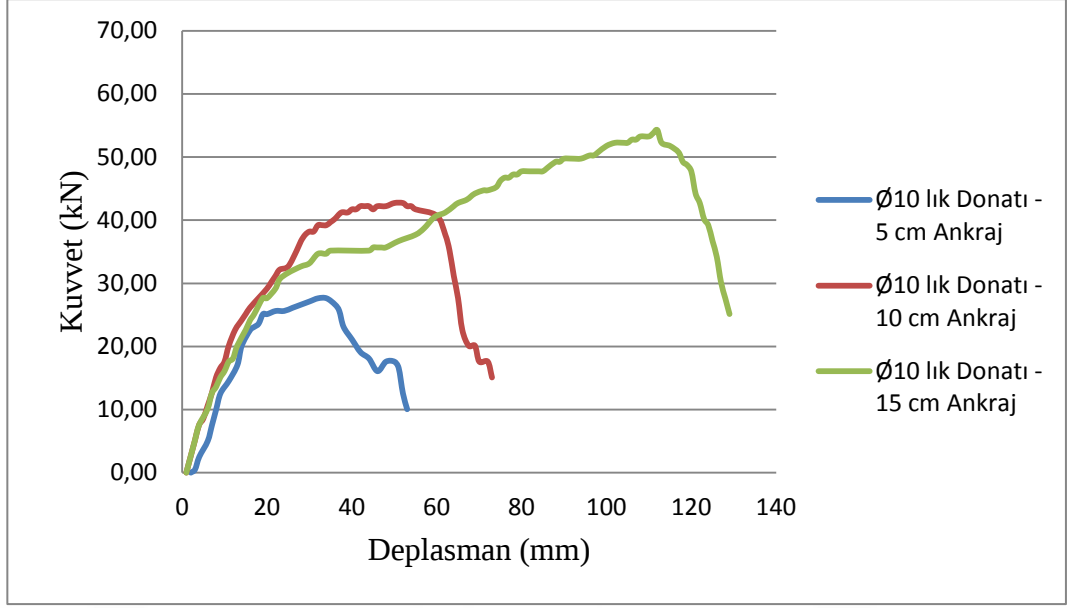
Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet (kN)	Deplasman (mm)
Ø10'luk Donatı - 5 cm Ankraj	27,65	34
Ø10'luk Donatı - 10 cm Ankraj	42,73	52
Ø10'luk Donatı - 15 cm Ankraj	54,29	112

Bahriye Üçok Caddesi No:11

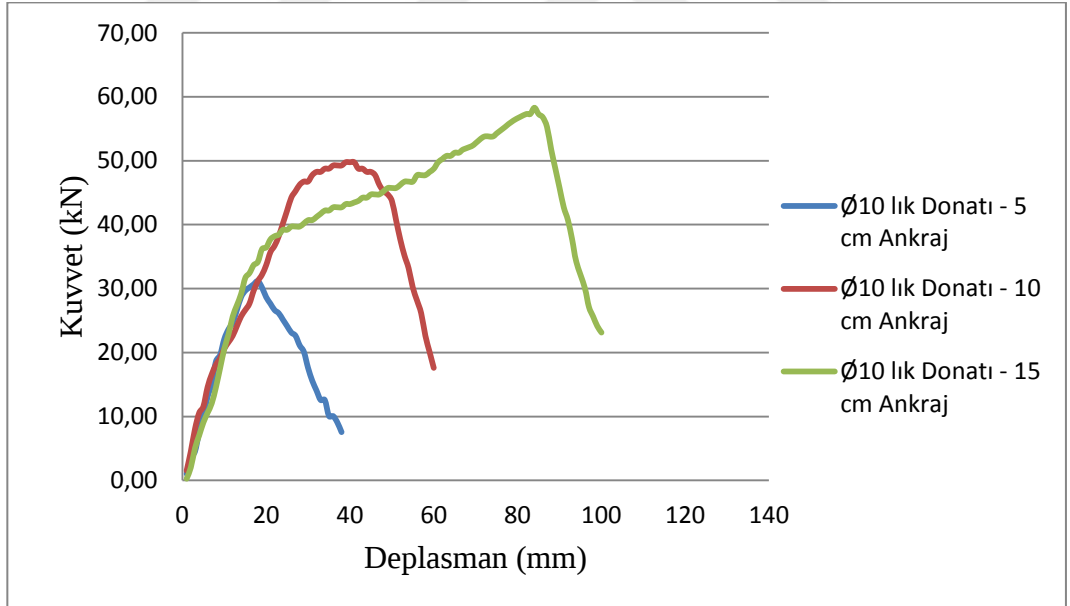
Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet (kN)	Deplasman (mm)
Ø10'luk Donatı - 5 cm Ankraj	31,14	18
Ø10'luk Donatı - 10 cm Ankraj	49,78	41
Ø10'luk Donatı - 15 cm Ankraj	58,30	84



Şekil 3.2. GMK Bulvarı No:125'de Ø10'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi



Şekil 3.3. Bişkek Caddesi No:44 de Ø10'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi



Şekil 3.4. Bahriye Üçok Caddesi No:11de Ø10'luk ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi

Çizelge 3.1.'de elde edilen sonuçlara göre ankraj derinliği arttıkça maksimum kuvvet ve deplasman miktarı da artmaktadır.

Yükleme yapılırken gömme derinliği fazla olan ankrajların maksimum kesme kuvvetine ulaşmasının ardından çatlakların ve kırılmaların aniden büyüdüğü, yük değerinde hızlı düşmeler olduğu gözlenmiştir.

3.1.2. Ø12 / 5cm-10cm-15cm Ankraj Derinlikleri

Bu deney numunesinde maksimum taşıma yük kapasitesini artırmak için Ø12'lik ankraj donatısı kullanılmıştır. Ø10'luk ankraj donatısına göre maksimum taşıma kapasitesi daha fazla kuvvet karşılamıştır.

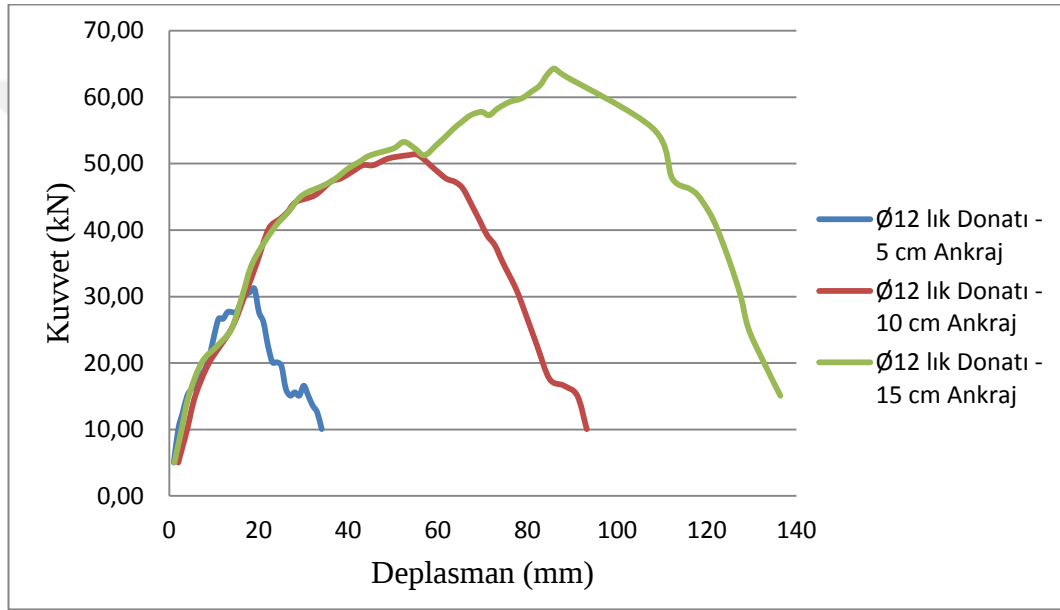


Şekil 3.5. Ø12'lik Ankrajla Oluşturulan Kesme Deney Düzeneği

Çizelge 3.2. Ø12'lik ankrajla A grubu deneylerde oluşan maksimum kuvvet-deplasman

GMK Bulvarı No:125

Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet(kN)	Deplasman(mm)
Ø12 lık Donatı - 5 cm Ankraj	31,16	19
Ø12 lık Donatı - 10 cm Ankraj	51,28	56
Ø12 lık Donatı - 15 cm Ankraj	64,32	86



Şekil 3.6. GMK Bulvarı No:125’de Ø12’lik ankraj donatısı için Tk kuvvetinin deplasmana etkisi

3.1.3. Ø16 / 5cm-10cm-15cm Ankraj Derinlikleri

Bu deney numunesinde de ankraj donatı çapının artmasıyla birlikte Ø10’luk ve Ø12’lik çaplara göre maksimum taşıma kapasitesi daha fazla kuvvet karşılamasına rağmen deplasman miktarları azalmıştır.



Şekil 3.7. Ø16'lık Ankraj Donatısıyla Oluşturulan Deney Düzeneği

Çizelge 3.3. Ø16'lık ankrajla A grubu deneylerde oluşan maksimum kuvvet-deplasman

GMK Bulvarı No:125

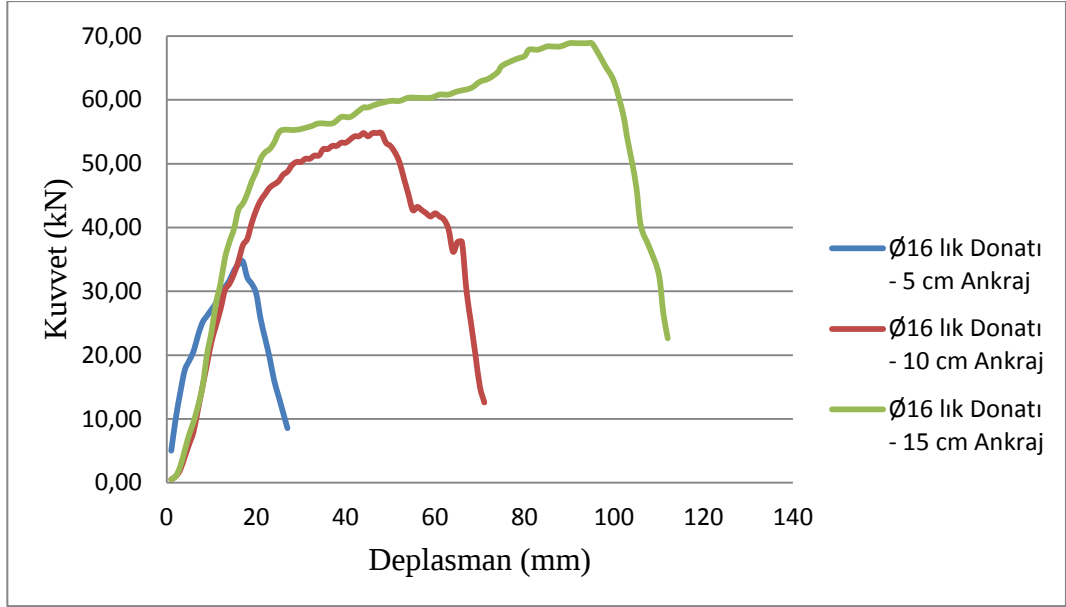
Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet(kN)	Deplasman(mm)
Ø16 lık Donatı - 5 cm Ankraj	34,64	11
Ø16 lık Donatı - 10 cm Ankraj	54,81	48
Ø16 lık Donatı - 15 cm Ankraj	68,71	95

Bişkek Caddesi No:44

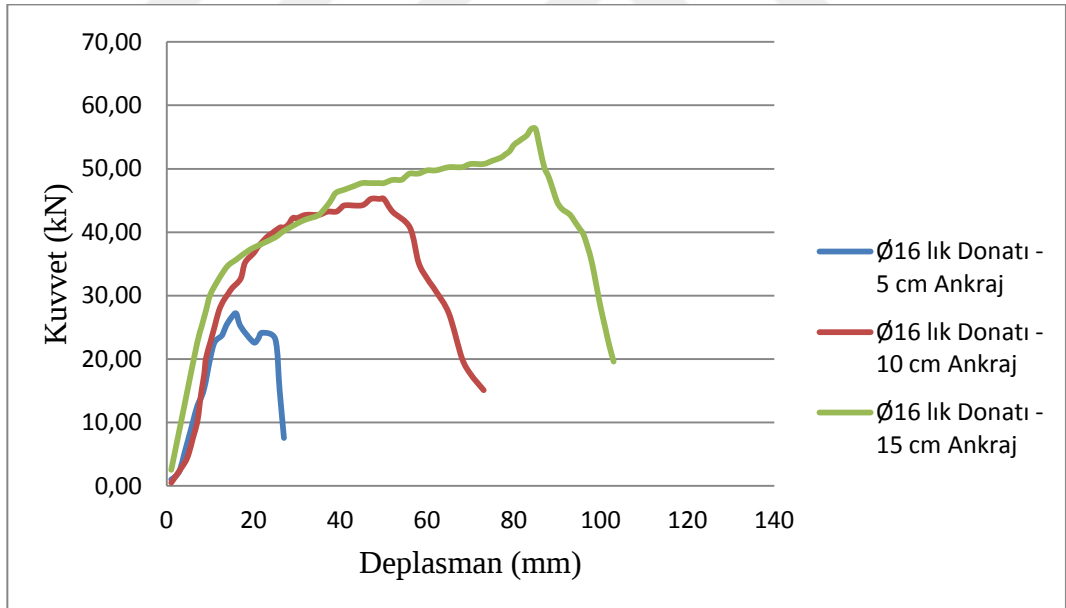
Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet(kN)	Deplasman(mm)
Ø16 lık Donatı - 5 cm Ankraj	27,14	16
Ø16 lık Donatı - 10 cm Ankraj	45,24	50
Ø16 lık Donatı - 15 cm Ankraj	56,30	85

Bahriye Üçok Caddesi No:11

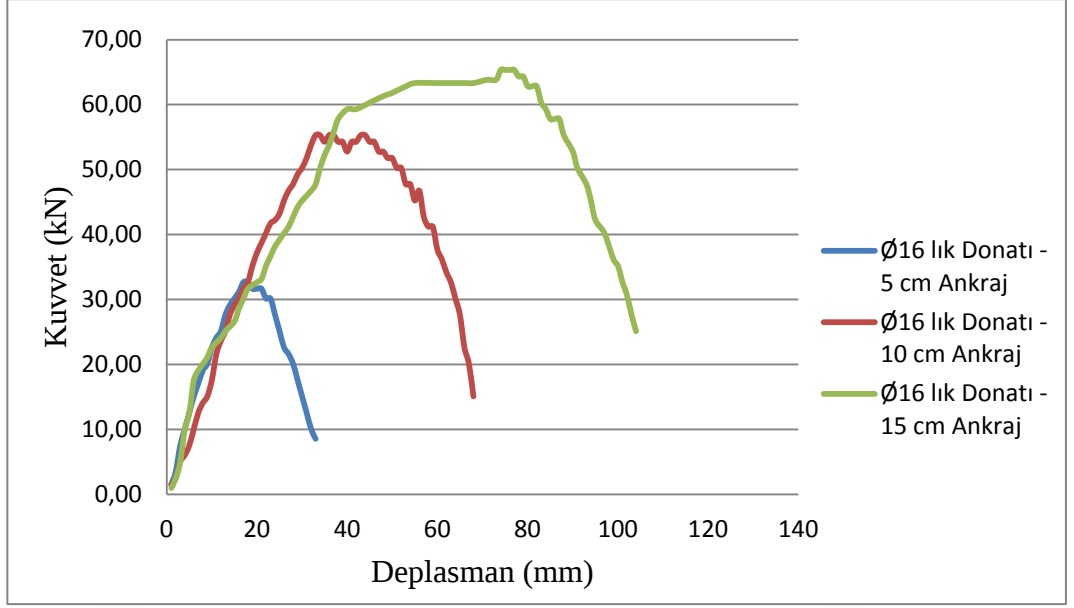
Ankraj Çapı/Derinliği	Maksimum Kuvvet(kN)	Deplasman(mm)
Ø16 lık Donatı - 5 cm Ankraj	32,67	18
Ø16 lık Donatı - 10 cm Ankraj	55,29	44
Ø16 lık Donatı - 15 cm Ankraj	63,84	77



Şekil 3.8. GMK Bulvarı No:125’de Ø16’lık ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi



Şekil 3.9. Bişkek Caddesi No:44’de Ø16’lık ankraj donatısı için T_k kuvvetinin deplasmana etkisi



Şekil 3.10. Bahriye Üçok Caddesi No:11’de Ø16’lık ankraj donatısı için T_k kuvvetinin Deplasmana etkisi

A grubu deneylerde kullanılan ankrajlarda en büyük donatı çapı olarak Ø16 kullanılmıştır. Ø16’lık çapta ankraj derinliği arttıkça T_{kmax} kuvvetinde karşılanan deplasman miktarı azalmış ve daha ani göçmelerle karşılaşmıştır.

3.2. Ankrajların Derinliklerine Bağlı Çelik Çubukların Çekme Performansları

Donatı ankrajlarına epoksi malzeme kullanılarak uygulanan kimyasal bağlantılı ankrajların hem donatı çapı hem de gömme derinliğine bağlı olarak eksenel çekme kuvveti etkisiyle davranışlarının detaylı biçimde ortaya konulması amacıyla bir takım deneyler yapılmıştır.

3.2.1. Tam Sıyırılmalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi

Yapılan çekme deneyleri sonucun elde edilen değerler Çizelge 3.11.'de verilmiştir. B1 numaralı deneyler tam sıyırılmalı çekme deneyini ifade etmektedir.



Şekil 3.11. Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyi

Çizelge 3.4. B1ve B2 Grubu Deney Sonuçlar

Ankraj Gömme Derinlikleri	Deney No	Ø 10 luk Ankraj	Ø 12 luk Ankraj	Ø 14 luk Ankraj	Ø 16 luk Ankraj
5 cm Ankraj (+2cm sıva)	B1	3,35	4,56	7,00	8,52
	B2	2,59	2,74	3,04	3,19
	B2/B1	0,77	0,60	0,43	0,38
10 cm Ankraj (+2cm sıva)	B1	6,69	9,43	11,56	13,38
	B2	4,56	4,72	5,17	5,32
	B2/B1	0,68	0,50	0,45	0,40
15 cm Ankraj (+2cm sıva)	B1	8,82	11,26	13,38	16,12
	B2	5,78	6,08	6,54	7,00
	B2/B1	0,66	0,54	0,49	0,43

3.2.2. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi

Levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneyinde tam sıyırılmalı deneyinden farklı olarak daha önce tasarlanan çekme levhası kullanılmaktadır. 4 farklı ankraj çapı kullanılan deneyde Ø10, Ø12, Ø14 ve Ø16'lık ankrajlar 5cm, 10cm ve 15 cm olmak üzere 3 farklı derinlik için uygulanmıştır. B2 numaralı deneyler levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneyini ifade etmektedir ve sonuçlar Çizelge 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi

4.DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan çalışmalarda kesme ve çekme kuvvetlerinin hesaplandığı A grubu ve B grubu deneylere ait elde edilen sonuçlar grafiklerle birleştirilerek denklemleri elde edilmiştir.

4.1.Kesme Performansları

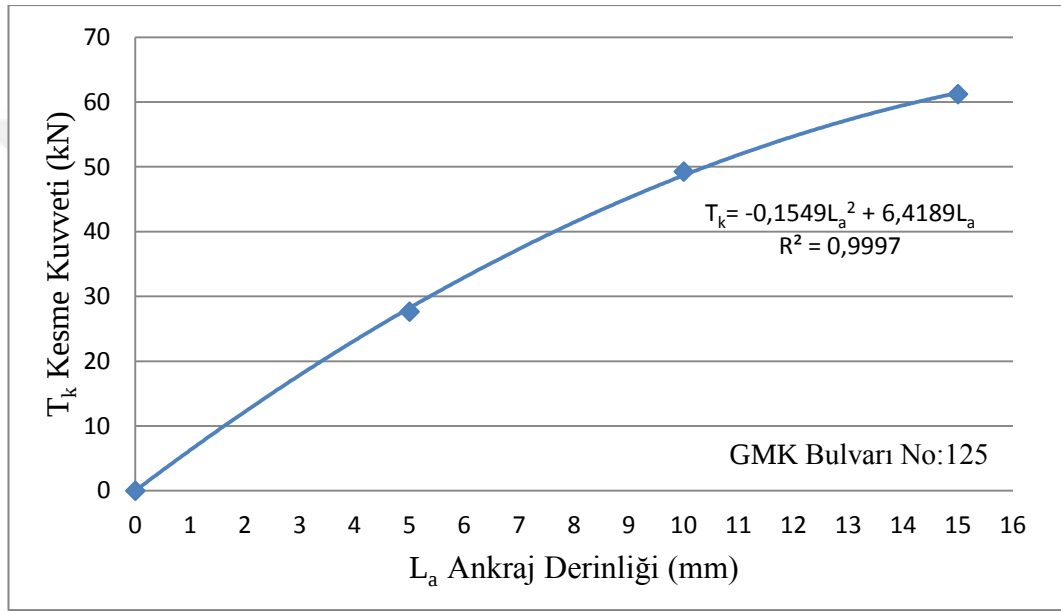
Üç farklı mevcut binada yapılan deneylerde 3 farklı çapta ankraj 3 farklı derinlik için uygulanmıştır. Binaların inşası aşamasında kullanılan yapı malzemelerinin farklı dönemlerde temin edilebilmektedir. Tuğla, sıva, örgü harcı gibi malzemelerin farklı ocaklarda imal edilebileceği veya yapım esnasında usta faktörü de ele alınarak deney yapılan yerlerden malzemelerin kalitesinde ve mekanik özelliklerin değişkenlik gösterebileceği endişesi ile tahribatsız deney yöntemlerinden biri olan schmidt test çekiciyle okumalar yapılmıştır. Bu yöntemle yapılan okumalarda deney düzeneğini oluşturan tuğla, sıva ve örgü harcı üzerinden okumalar yapılmıştır.

Çizelge 4.1. A ve B grubu deneyler için tuğla, sıva ve örgü harcı schmidt test çekici ortalama okuma değerleri

Schmidt Test Çekici Sonuçları	
GMK Bulvarı No:125	Tuğla Dayanımı (R) = 26,5
	Sıva Dayanımı (R) = 19,5
	Örgü Harcı Dayanımı (R) =12
Bişkek Caddesi No:44	Tuğla Dayanımı (R) = 23,5
	Sıva Dayanımı (R) = 10
	Örgü Harcı Dayanımı (R) =8
Bahriye Üçok Caddesi No:11	Tuğla Dayanımı (R) = 20
	Sıva Dayanımı (R) = 11
	Örgü Harcı Dayanımı (R) =12

Deneysel olarak yapılan çalışmalarda kesme performansları açısından schmidt okumaları ayrı bir önem taşımaktadır.

Ankraj çapı ve derinliğine bağlı olarak göçme kuvvetleri ve deplasman miktarları farklılık göstermektedir. Çizelge 3.1.'de elde edilen veriler Şekil 4.2. , Şekil 4.3., Şekil 4.4.'de ayrı ayrı eğilim çizgisi üzerinde gösterilmiş ve parabolik denklemi elde edilmiştir.

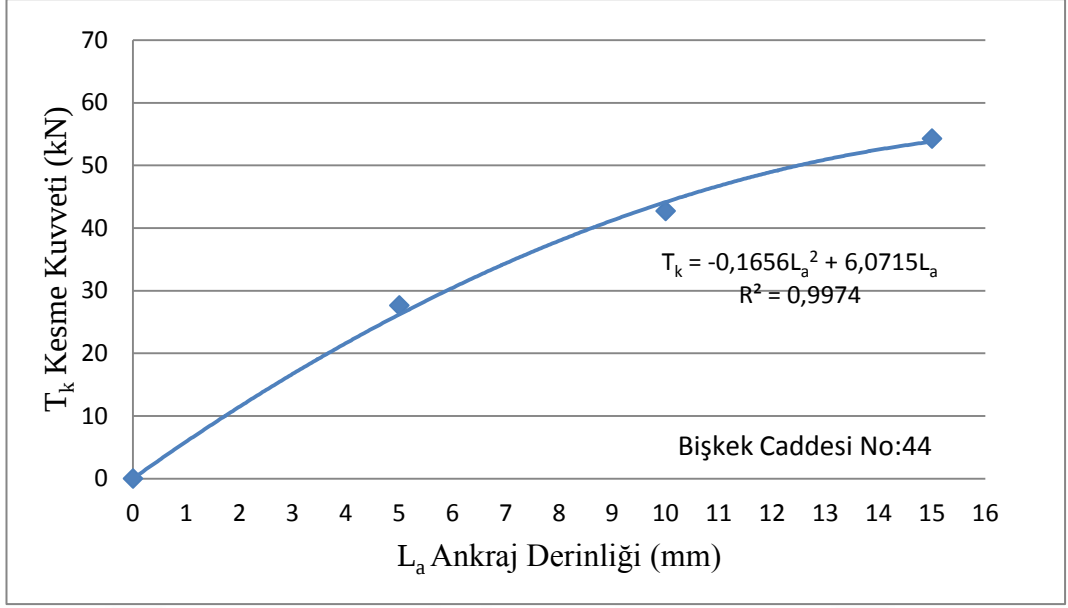


Şekil 4.1. Ø10'luk ankraj donatısı için GMK Bulvarı No:125'de ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.97 regresyonla

$$T_k = -0,1549 \cdot L_a^2 + 6,4189 \cdot L_a \quad (9)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

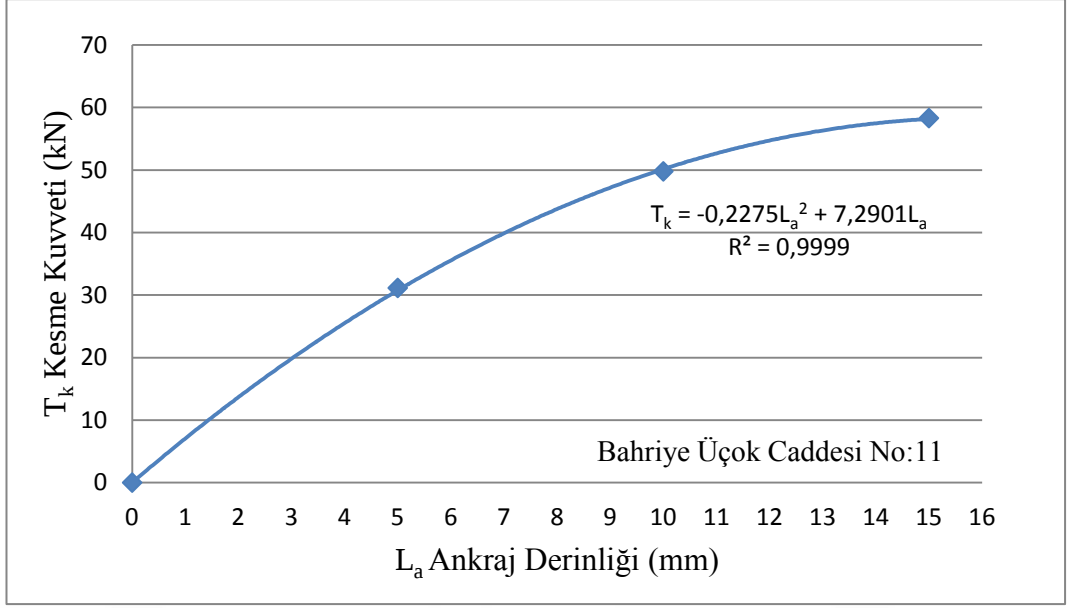


Şekil 4.2. Ø10'luk ankraj donatısı için Bişkek Caddesi No:44 ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.74 regrasyonla

$$T_k = -0,1656 \cdot L_a^2 + 6,0715 \cdot L_a \quad (10)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

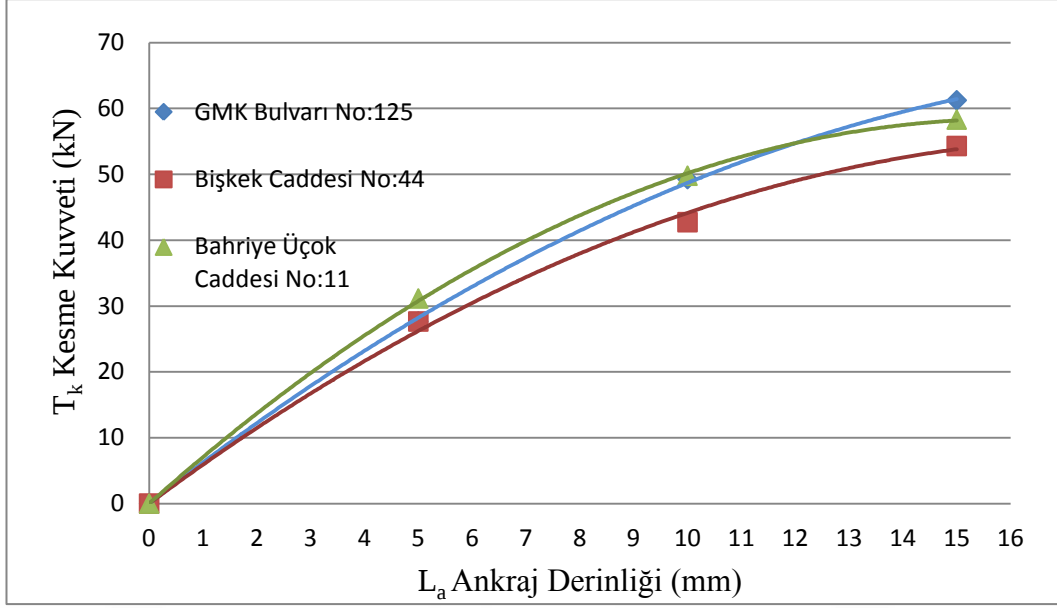


Şekil 4.3. Ø10'luk ankraj donatısı için Bahriye Üçok Caddesi No:11'de ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.99 regrasyonla

$$T_k = -0,2275 \cdot L_a^2 + 7,2901 \cdot L_a \quad (11)$$

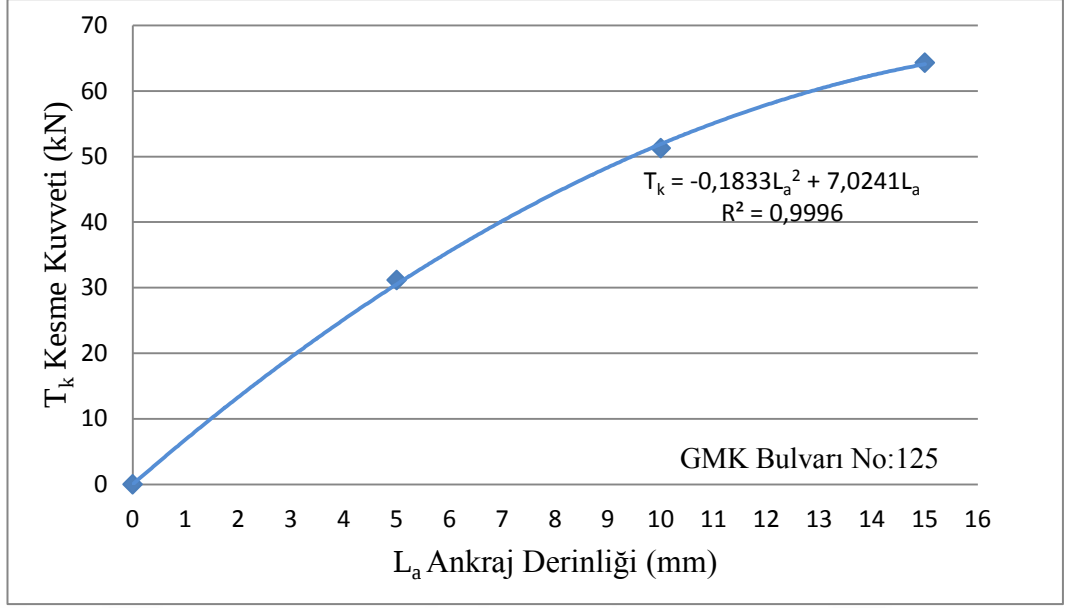
bağıntısı elde edilmiştir.



Şekil 4.4. 3 Bina için Ø10'luk ankrajlarda ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ø10'luk ankraj çapına ve gömme derinliğine (5cm, 10cm ve 15cm) bağlı olarak elde edilen eğilim çizgileri üç farklı bina için Şekil 4.4.'de verilmiştir.

Üç farklı binada aynı şartlarda kurulan deney düzenekleriyle yapılan deneylerde ankraj derinliği artışına bağlı olarak karşılanan T_k kuvveti artış göstermiş fakat bu artış doğrusal olmayan, azalan bir eğilim çizgisiyle olmuştur. Çizelge 3.1. de verilen değerler dikkate alındığında Ø10'luk ankraj için ankraj derinliği 5 cm den 3 katı olan 15 cm ye çıktığında binaların tuğla dayanımlarına bağlı olarak (T_k) kuvvetinin 3 farklı bina için %87, %96 ve %122 oranlarında parabolik bir artış göstermiştir.



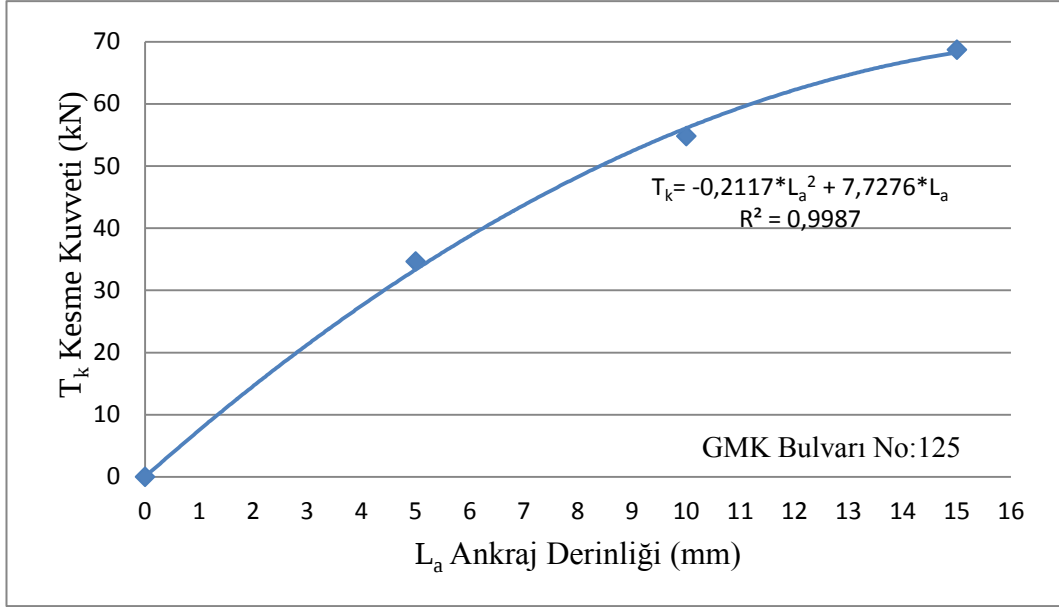
Şekil 4.5. Ø12’lik ankraj donatısı için GMK Bulvarı No:125’de ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.96 regresyonla

$$T_k = -0,1833 \cdot L_a^2 + 7,0241 \cdot L_a \quad (12)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

GMK Bulvarı No:125’de 3 farklı derinlik için uygulanan Ø12’lik ankraj donatısı için Çizelge 3.2. ve Şekil 4.5.’de verilen değerler dikkate alındığında, ankraj derinliği 5 cm den 3 katı olan 15 cm’ye çıktığında, binanın (T_k) kesme kuvvetinin %106’lık parabolik bir artış göstermiştir.

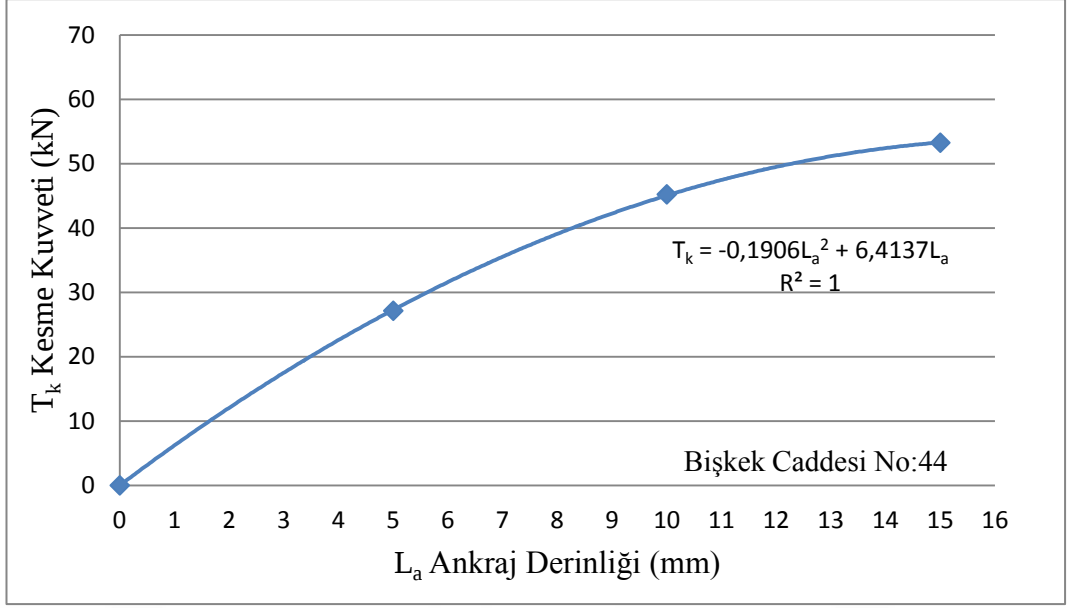


Şekil 4.6. Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.87 regrasyonla

$$T_k = -0,2117 \cdot L_a^2 + 7,7276 \cdot L_a \quad (13)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

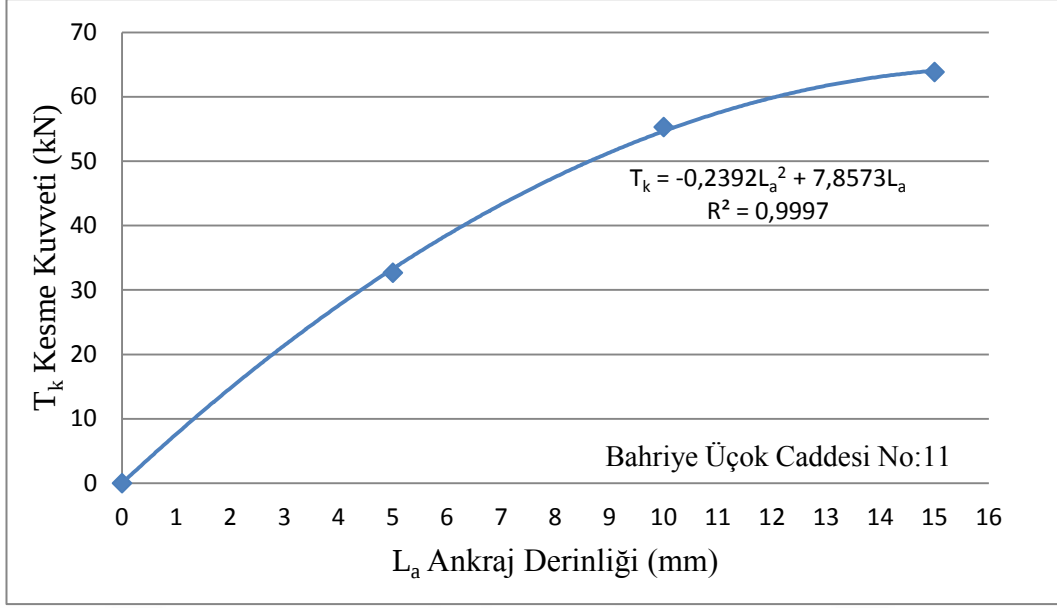


Şekil 4.7. Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %100 regresyonla

$$T_k = -0,1906 \cdot L_a^2 + 6,4137 \cdot L_a \quad (14)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

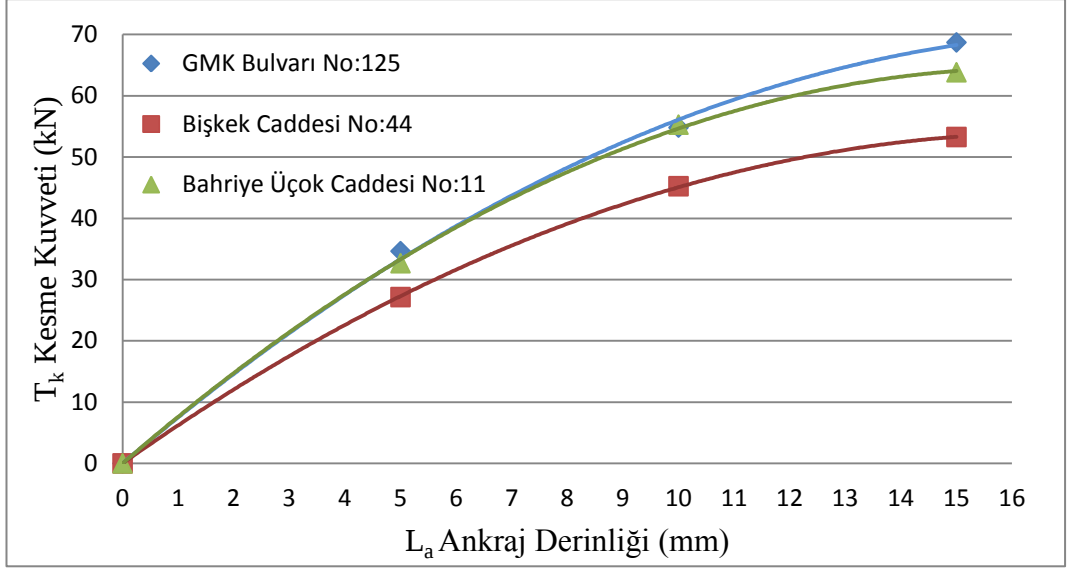


Şekil 4.8. Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin Tk kesme kuvvetine etkisi

Üç farklı binada aynı şartlarda kurulan deney düzenekleriyle yapılan deneylerde, üç farklı gömme derinliğinde (5cm, 10cm, 15cm) ekilen Ø16'lık ankraj için elde edilen eğilim çizgileri Çizelge 3.3. ve Şekil 4.6., Şekil 4.7., Şekil 4.8.'de verilmiştir. Ankraj derinliği artışına bağlı olarak kesme kuvveti (Tk) doğrusal olmayan, azalan bir eğilim çizgisiyle artış göstermiştir. Çizelgeler ve şekillerde verilen değerler dikkate alındığında Ø16'lık ankraj için ankraj gömme derinliği 5cm den 3 katı olan 15 cm'ye çıktığında binaların tuğla dayanımlarına bağlı olarak (Tk) kuvvetinin 3 farklı bina için % 95, %98 ve %107'lik parabolik bir artış göstermiştir. Ankraj kesme kuvveti (Tk) ile ankraj derinliği (La) arasında %99.97 regrasyonla

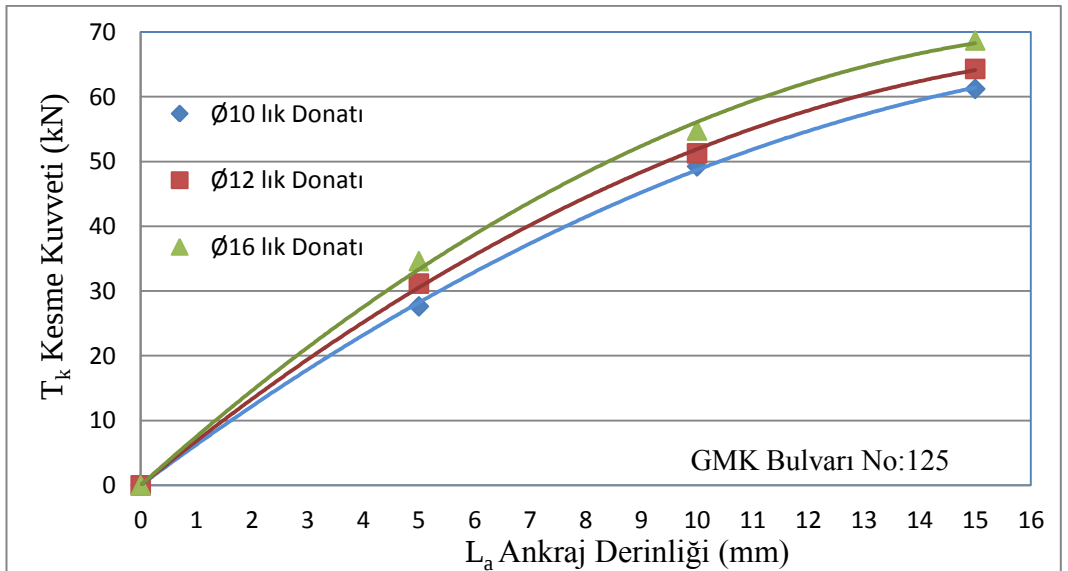
$$T_k = -0,2392 \cdot La^2 + 7,8573 \cdot La \quad (15)$$

bağıntısı elde edilmiştir.



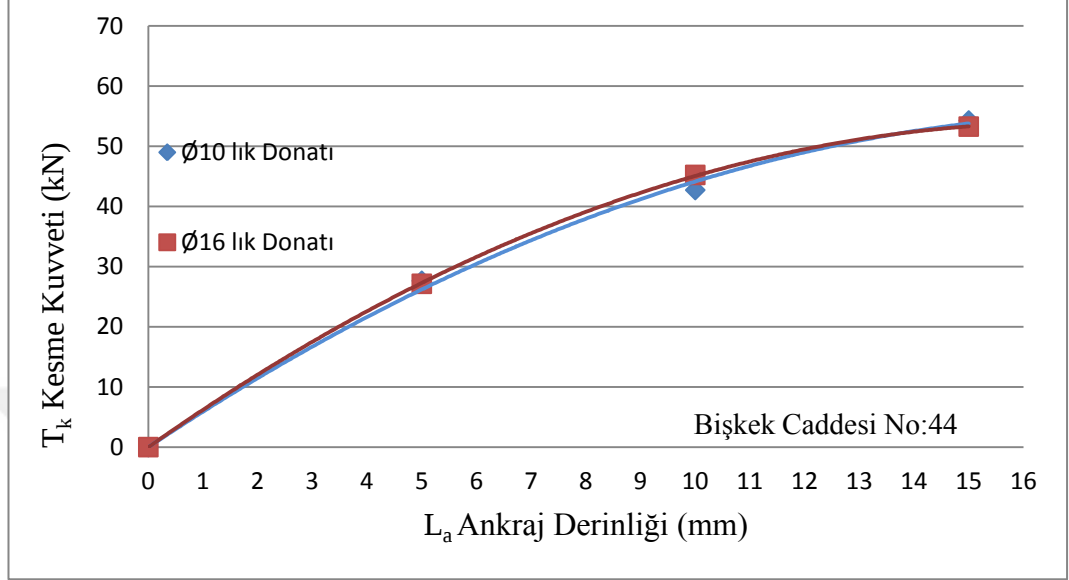
Şekil 4.9. 3 Bina için Ø16'lık ankrajlarda ankraj derinliğinin T_k kesme kuvvetine etkisi

Ø16'lık ankraj çapına ve 5cm, 10cm ve 15cm gömme derinliğine bağlı olarak elde eğilim çizgileri üç farklı bina için Şekil 4.9.'da verilmiştir.

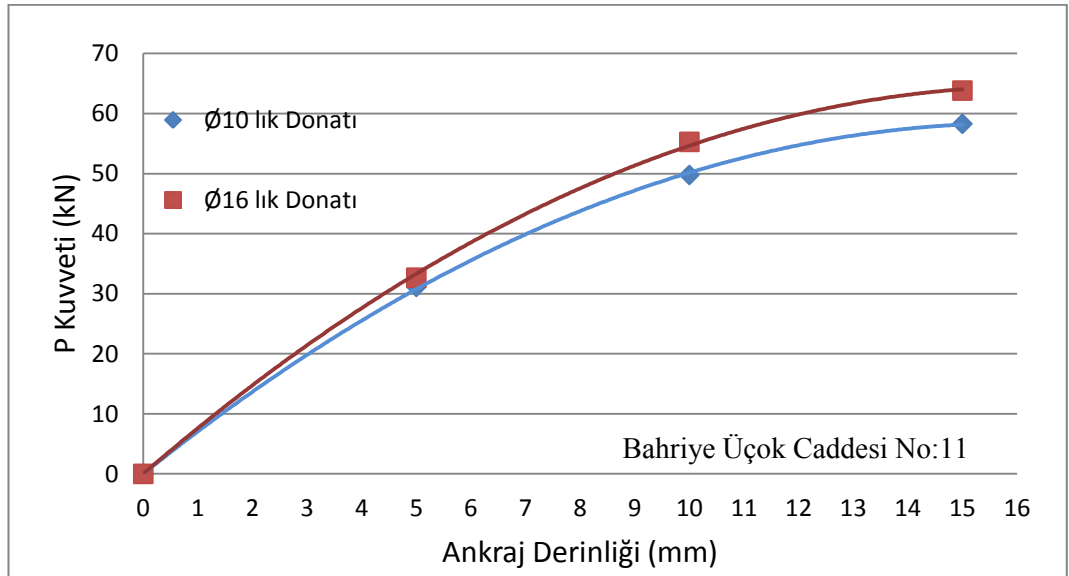


Şekil 4.10. Aynı Bina İçin Ø10'luk, Ø12'lik ve Ø16'lık Ankrajlarda T_k Kesme Kuvveti (kN) / L_a Ankraj Derinliği (mm) Grafiği

Üç farklı ankraj derinliğinde üç ankraj çapı için kesme kuvveti incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.

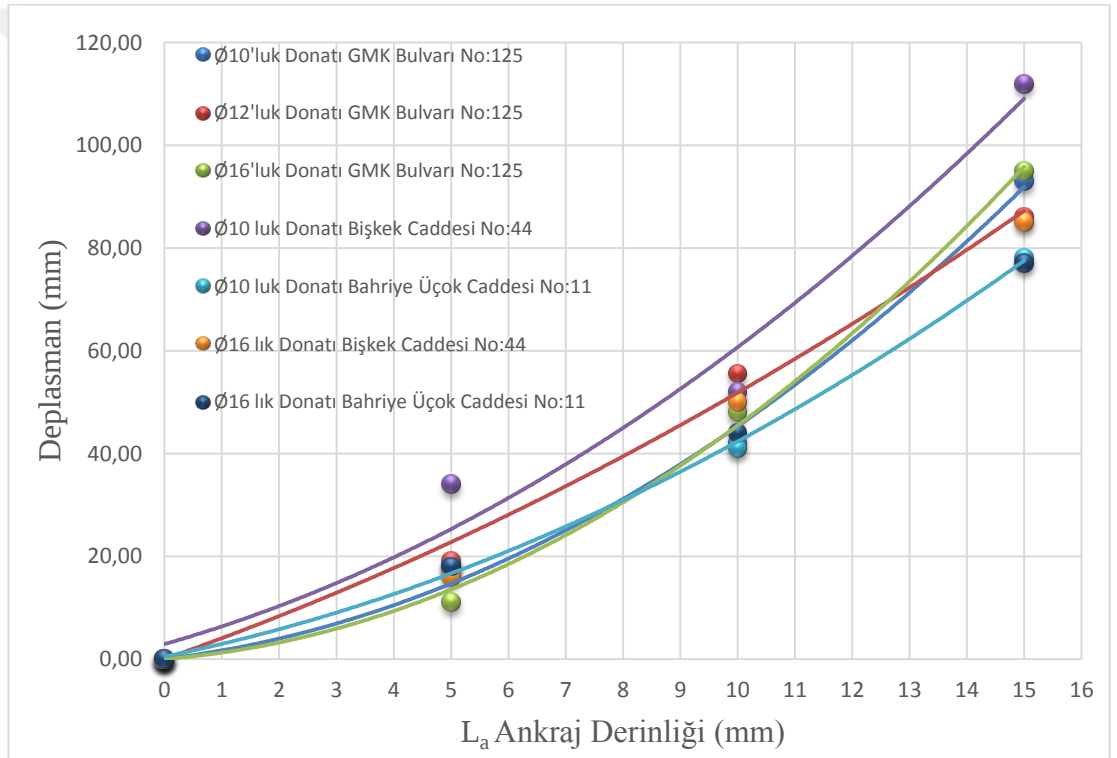


Şekil 4.11. Aynı Bina İçin Ø10'luk ve Ø16'lık Ankrajlarda Tk Kuvvet (kN) / La Ankraj Derinliği (mm) Grafiği



Şekil 4.12. Aynı Bina İçin Ø10'luk ve Ø16'lık Ankrajlarda Tk Kuvvet (kN) / La Ankraj Derinliği (mm) Grafiği

Üç farklı ankraj derinliğinde iki ankraj çapı için kesme kuvveti incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.11.'de ve Şekil 4.12.'de gösterilmiştir. Bişkek Caddesi No:44 de yapılan Ø10'luk ankraj 5 cm derinliğinde 27,65 kN luk yükü karşılarken 15 cm ankraj derinliğinde 54,29 kN luk yükü karşılamıştır. Fakat aynı yapıda ankraj çapının Ø16'lık ankraj derinliği 15cm olarak uygulandığında karşıladığı kuvvet 56,30 kN olarak ölçülmüştür. T_k kesme kuvvetini birinci dereceden artıran etkinin gömme derinliği olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Ø10'luk, Ø12'lik ve Ø16'lık Ankrajlarda Deplasman / L_a Ankraj Derinliği (mm) Grafiği

Üç farklı yapıda ankraj çapı ve ankraj derinliği için deplasmanlar incelenmiş sonuçlar Şekil 4.13.'de gösterilmiştir.

Küçük çaplı ankrajlarda; ankraj gömme derinliği arttıkça konnektörün daha elastik davrandığı ve göçme deplasmanının da arttığı görülmüştür. Fakat Ø10'luk çaptan Ø16'lık çapa geçişte deplasman artışı daha düşük ve rijit olduğu görülmüştür. Bişkek Caddesi No:44 de Ø10 çapında 15 cm gömme derinliğinde yapılan deneyde deplasman miktarı 112 mm olmasına rağmen aynı yapıda Ø16 çapında 15 cm gömme derinliğinde deplasman miktarı 85 mm olarak ölçülmüştür. Benzer durumla Bahriye Üçok Caddesi No:11 de Ø10 çapında 15 cm gömme derinliğinde yapılan deneyde deplasman miktarı 84 mm olmasına rağmen aynı yapıda Ø16 çapında 15 cm gömme derinliğinde deplasman miktarı 77 mm olarak ve GMK Bulvarı No:125 de ise Ø10 çapında 15 cm gömme derinliğinde yapılan deneyde deplasman miktarı 100 mm, Ø16 çapında 15 cm gömme derinliğinde deplasman miktarı 95 mm olarak ölçülmüştür. Yığma yapılarda kesme kuvvetlerinin hesaplandığı duvar yüzeyleri betonarme gibi homojen ve güçlü bir yapıya sahip değildir bu nedenle yığma yapılarda ankraj çapı arttıkça uygulanan T_k kuvvetiyle birlikte duvar yüzeyinde görülen deformasyon miktarı da artmaktadır. Bu durumda ankraj çapı arttıkça deplasman miktarında çap artışıyla azalış görülmüştür.

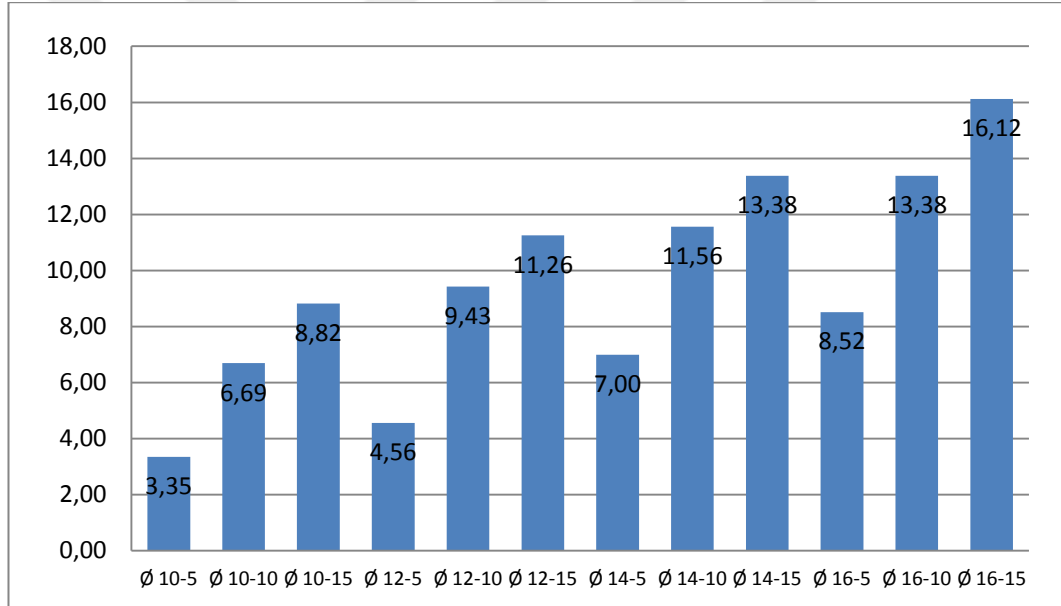
4.2.Çekme Performansları

4.2.1.Tam Sıyırılmalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi

B1 grubu olarak isimlendirilen deney çalışmasında farklı çap ve derinlikler için elde edilen tam sıyırılmalı çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.15. de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tam Sıyırnalı Çekme (Aderans Göçmesi) Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN)

Ankraj Gömme Derinlikleri	Deney No	Ø 10'luk Ankraj	Ø 12'lik Ankraj	Ø 14'lük Ankraj	Ø 16'luk Ankraj
5 cm Ankraj (+2cm sıva)	B1	3,35	4,56	7,00	8,52
10 cm Ankraj (+2cm sıva)	B1	6,69	9,43	11,56	13,38
15 cm Ankraj (+2cm sıva)	B1	8,82	11,26	13,38	16,12

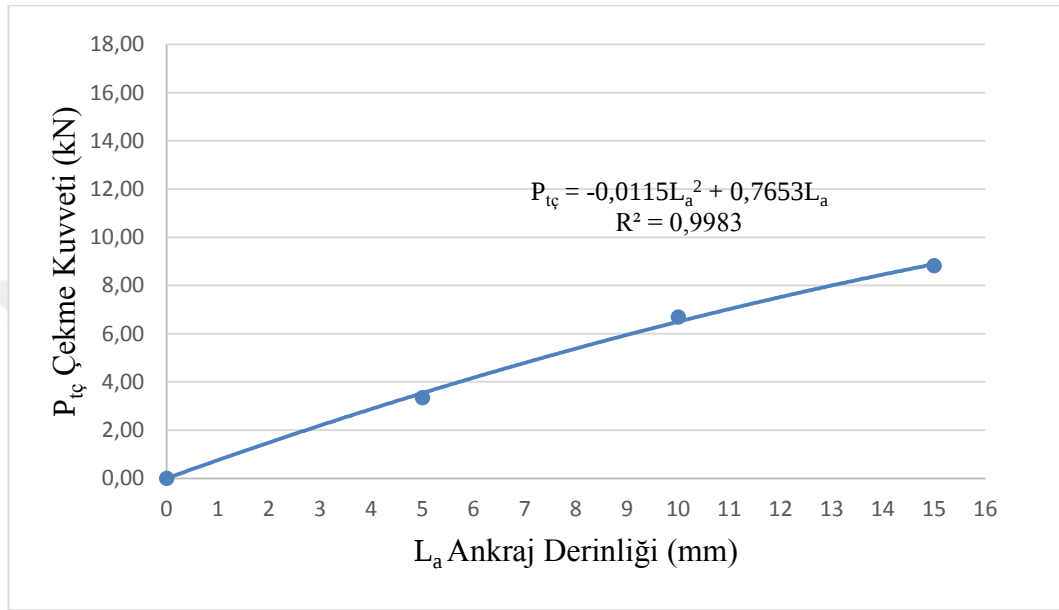


Şekil 4.14. B1 Tam Sıyırnalı Çekme Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN)

Çizelge 4.2.'de elde edilen deney sonuçları ayrıca grafik olarak Şekil 4.14.'de verilmiştir. Tam sıyırnalı çekme deneyi sonuçlarına göre ankraj çapı ve ankraj derinliği arttıkça çekme-çıkarma kuvveti de artmaktadır. Bu artışa sebep olarak aşağıdaki denklemde (7) gösterilen derinlik ve çap artışıyla artan ankraj yüzey alanıdır.

$$S_s \geq \pi r h_{ef} \quad (7)$$

Ankrajın yüzey alanı; S_s , ankrajın kimyasal yapıştırıcı ile bağlanmış derinliğini; h_{ef} ve delik çapını; r ifade etmektedir.

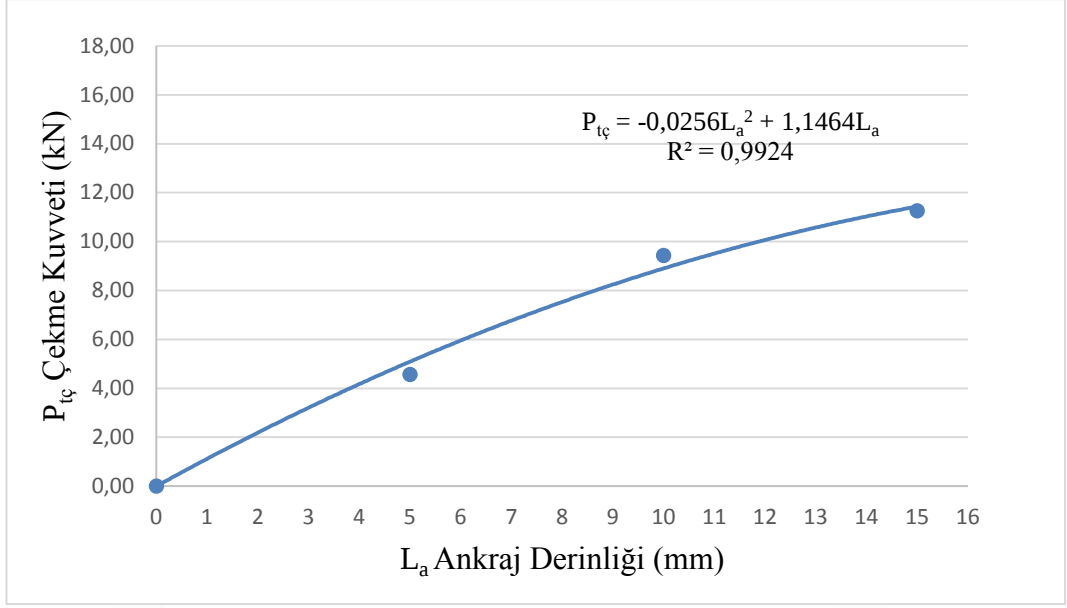


Şekil 4.15. B1 Tam Sıyrırmalı Çekme Deneyinde Ø10'luk ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P_{tç} çekme kuvvetine etkisi

Ankraj çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.83 regresyonla

$$P_{tç} = -0,0115 \cdot L_a^2 + 0,7653 \cdot L_a \quad (16)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

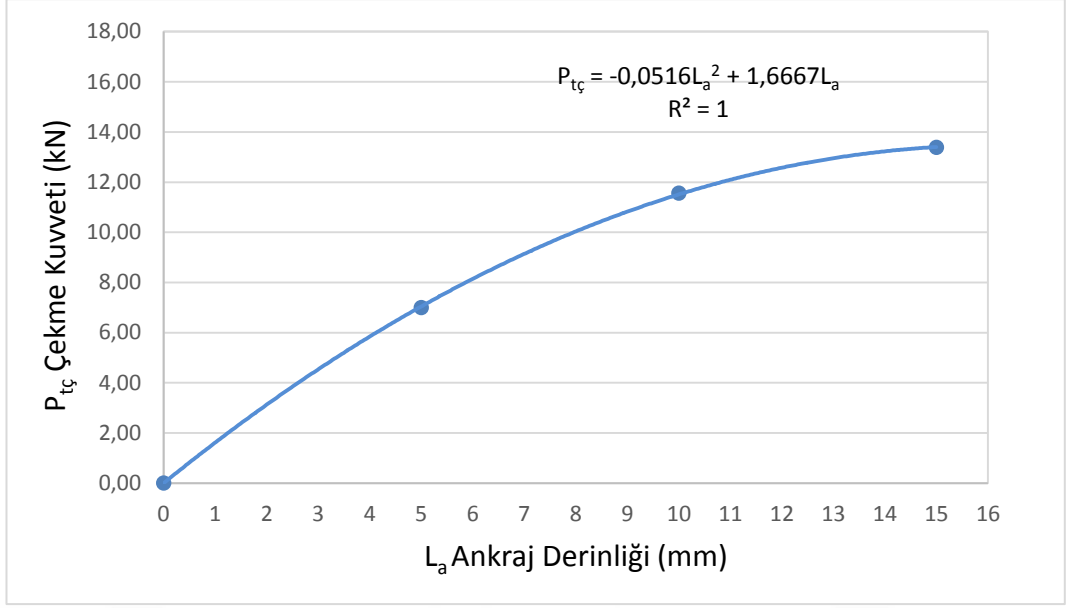


Şekil 4.16. B1 Tam Sıyırnalı Çekme Deneyinde Ø12'lik ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P_{tç} çekme kuvvetine etkisi

Ankraj çekme kuvveti (P_{tç}) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.24 regresyonla

$$P_{tç} = -0,0256 \cdot L_a^2 + 1,1464 \cdot L_a \quad (17)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

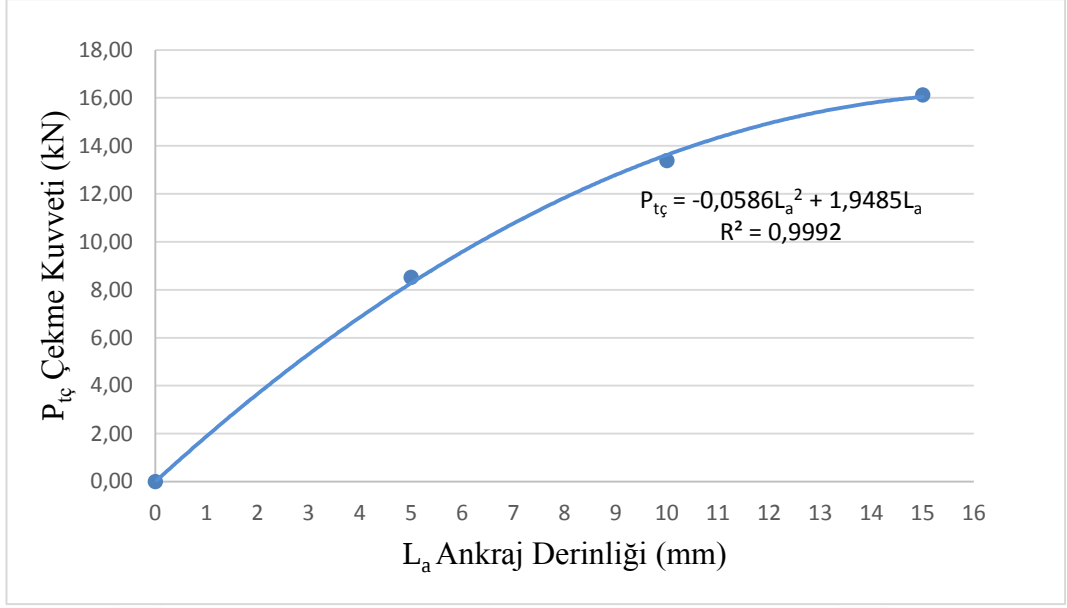


Şekil 4.17. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø14'lük ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P_{tç} çekme kuvvetine etkisi

Ankraj çekme kuvveti (P_{tç}) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %100 regrasyonla

$$P_{tç} = -0,0516 \cdot L_a^2 + 1,6667 \cdot L_a \quad (18)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

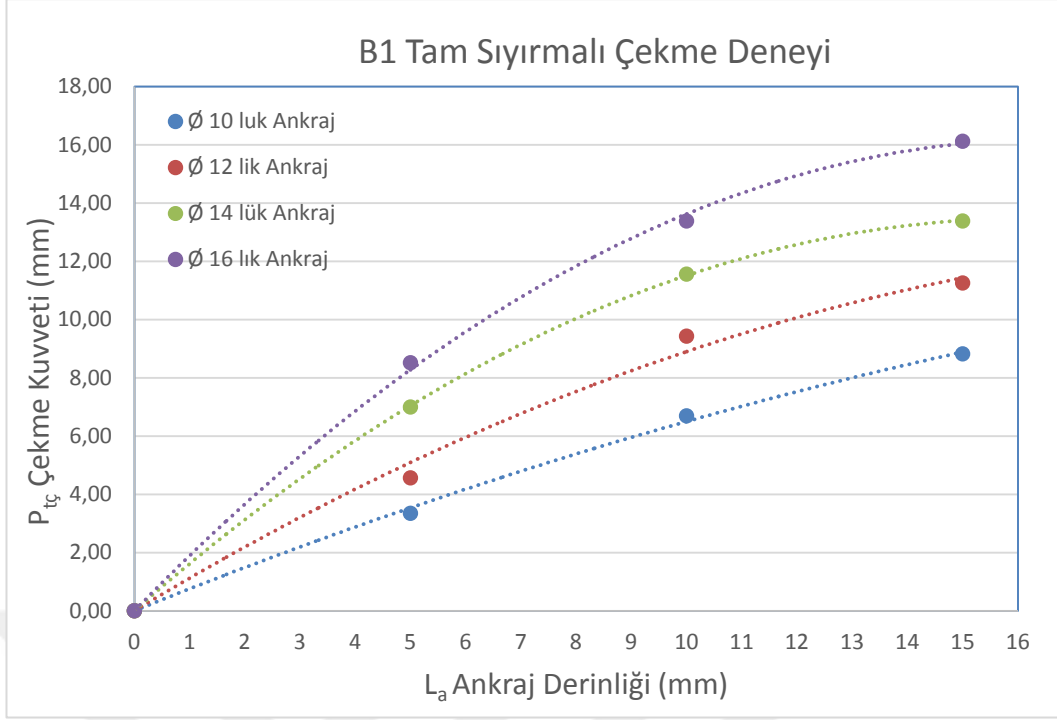


Şekil 4.18. B1 Tam Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø16'lık ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P_{tç} çekme kuvvetine etkisi

Ankraj çekme kuvveti (P_{tç}) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %99.92 regrasyonla

$$P_{tç} = -0,0586 \cdot L_a^2 + 1,9485 \cdot L_a \quad (19)$$

bağıntısı elde edilmiştir.



Şekil 4.19. B1 Tam Sıyırnalı Çekme Deneyi Ø10'lık, Ø12'lik, Ø14'lük ve Ø16'lık ankraj donatıları için ankraj derinliğinin P_{tç} çekme kuvvetine etkisi

Tam sıyırnalı çekme deneyine ait olarak ayrı ayrı verilen Şekil 4.15., Şekil 4.16., Şekil 4.17., Şekil 4.18.,'de verilen sonuçlara göre oluşturulan grafiklerde derinlik miktarının ve çapın artışıyla karşılanan kuvvetin de arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.19.,'da farklı çaptaki ankraj donatıları için karşılaştırmalı olarak daha net biçimde ifade edilmiştir. Yapılan direkt çekme deneylerinde en büyük kuvveti Ø16'lık ankraj çapı ve 15 cm gömme derinliği olan deney 16,12 kN olarak, en küçük kuvveti ise Ø10'luk ankraj çapı ve 5 cm gömme derinliği olan deney 3,35 kN'la karşılamıştır.

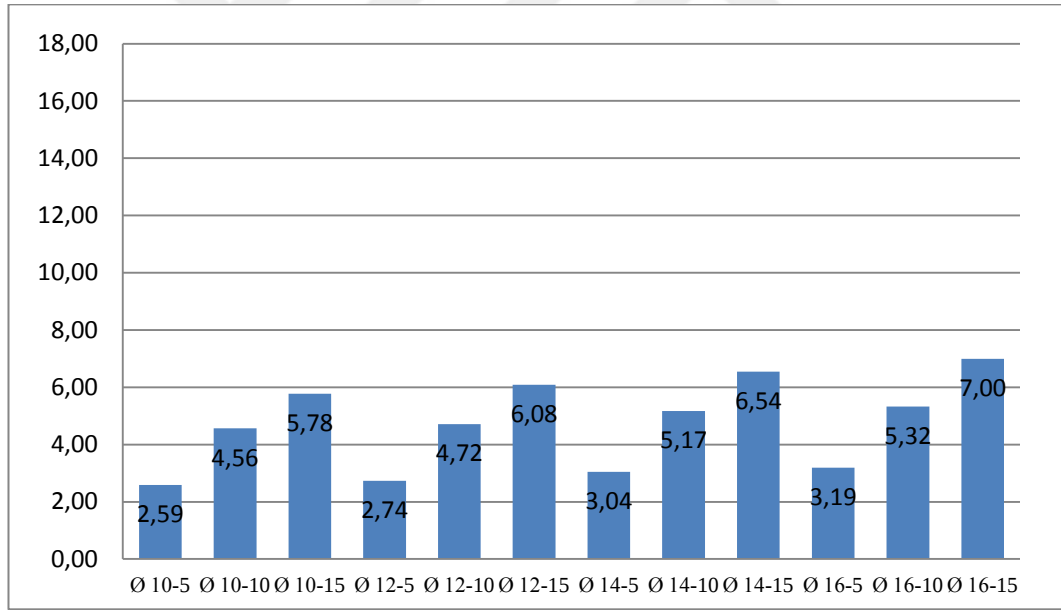
4.2.2. Levhalı Kısmi Sıyırnalı Çekme Deneyi

B2 grubu olarak isimlendirilen deney çalışmasında elde edilen sonuçlar farklı çap ve derinliklerde olmak üzere Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Uygulanan çekme kuvveti sonucunda Ø16'lık ankraj çapı 15 cm gömme derinliği için maksimum 7 kN'luk

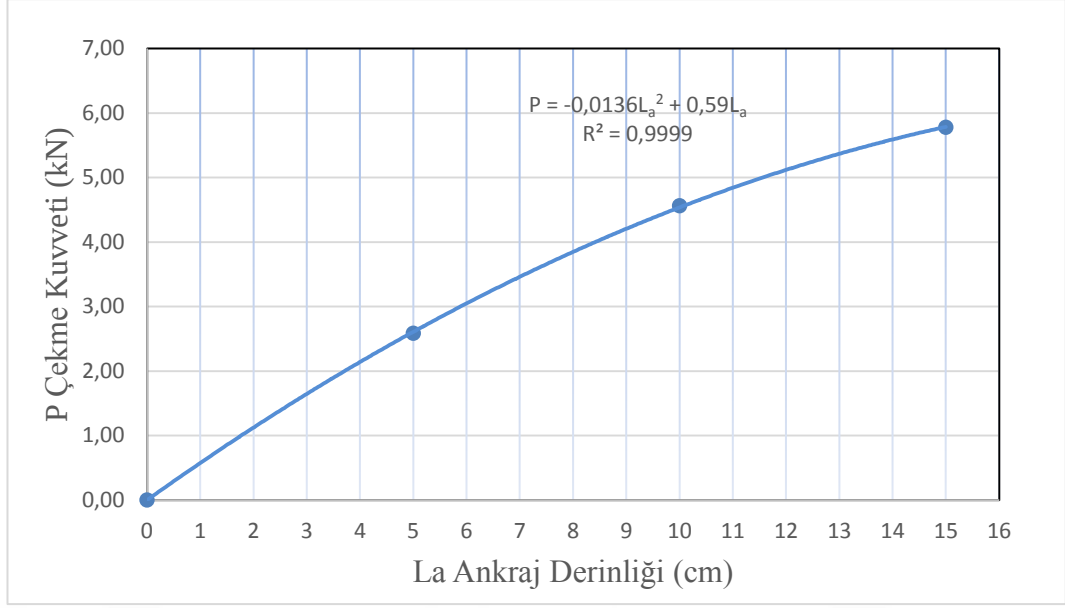
kuvveti karşılamıştır. Minimum çekme kuvveti ise Ø10'luk ankraj çapı 5 cm gömme derinliğinde 2,59 kN olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN)

Ankraj Gömme Derinlikleri	Deney No	Ø 10'luk Ankraj	Ø 12'lik Ankraj	Ø 14'lük Ankraj	Ø 16'lık Ankraj
5 cm Ankraj (+2cm sıva)	B2	2,59	2,74	3,04	3,19
10 cm Ankraj (+2cm sıva)	B2	4,56	4,72	5,17	5,32
15 cm Ankraj (+2cm sıva)	B2	5,78	6,08	6,54	7,00



Şekil 4.20. B2 Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyi Çekme Kuvveti Değerleri (kN)

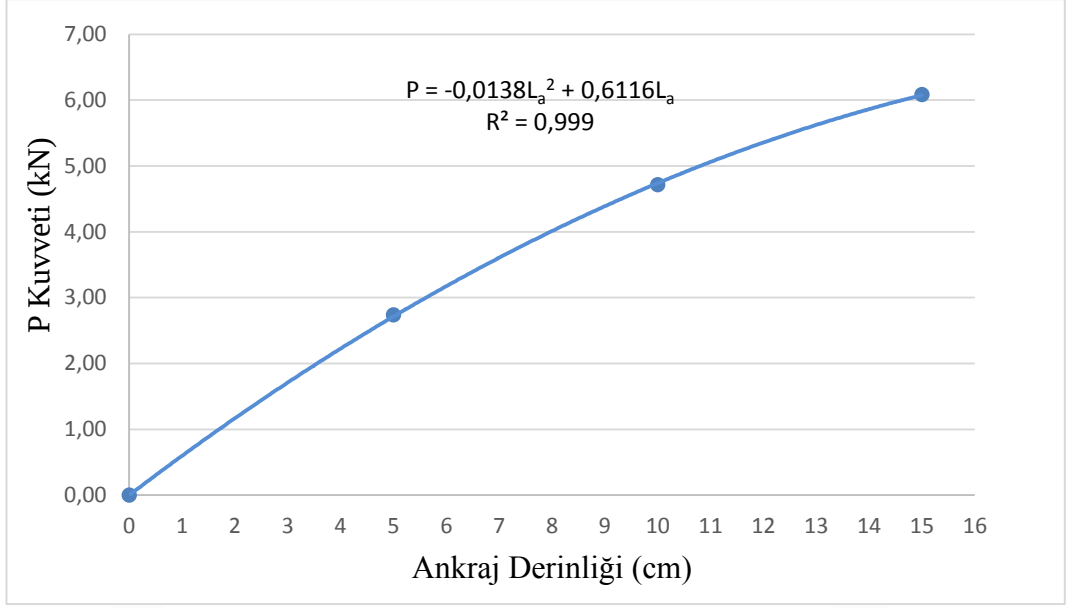


Şekil 4.21. B2 Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Deneyinde Ø10'luk ankrāj donatısı için ankrāj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi

Ankrāj çekme kuvveti (P) ile ankrāj derinliği (L_a) arasında %99.99 regrasyonla

$$P = -0,0136 \cdot L_a^2 + 0,59 \cdot L_a \quad (20)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

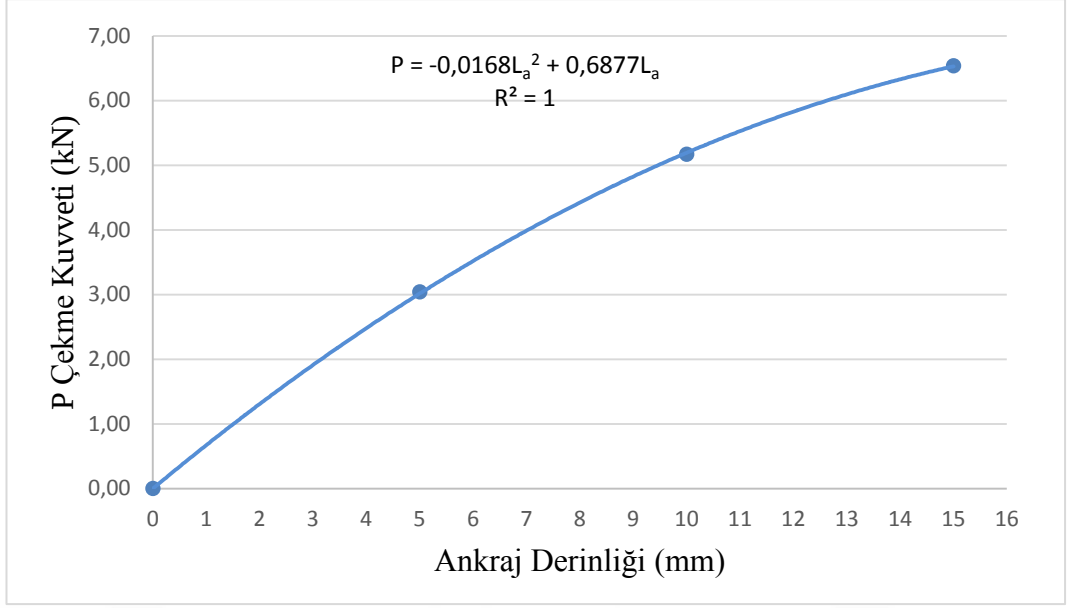


Şekil 4.22. B2 Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Deneyinde Ø12'lik ankray donatısı için ankray derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi

Ankray çekme kuvveti (P) ile ankray derinliği (L_a) arasında %99.99 regrasyonla

$$P = -0,0138 \cdot L_a^2 + 0,6116 \cdot L_a \quad (21)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

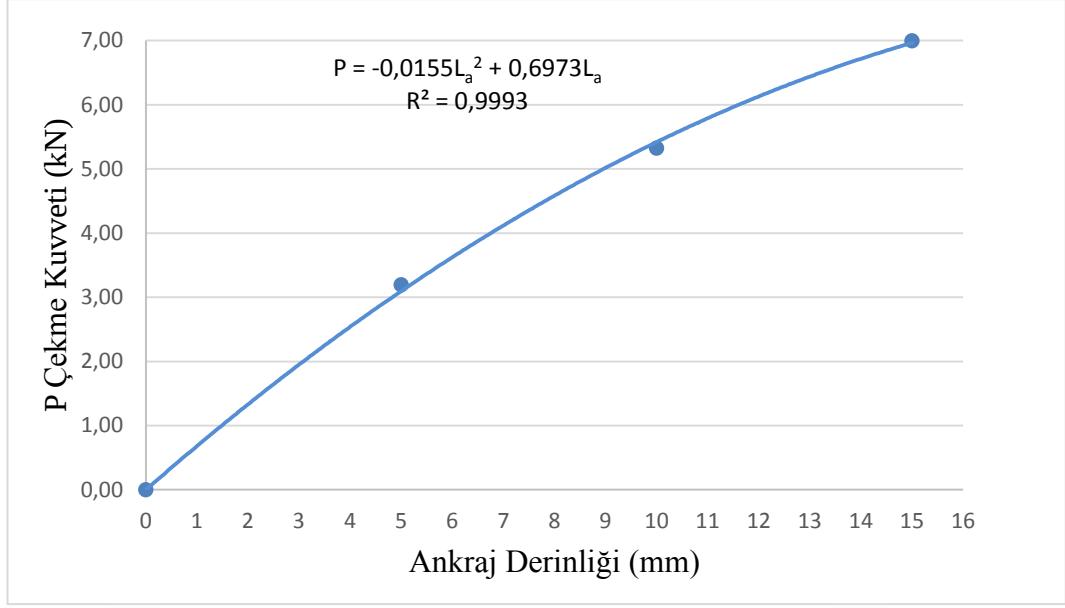


Şekil 4.23. B2 Levhalı Kısmi Sıyırılmalı Çekme Deneyinde Ø14'lük ankraj donatısı için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi

Ankraj çekme kuvveti (P) ile ankraj derinliği (L_a) arasında %100 regrasyonla

$$P = -0,0168 \cdot L_a^2 + 0,6877 \cdot L_a \quad (22)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

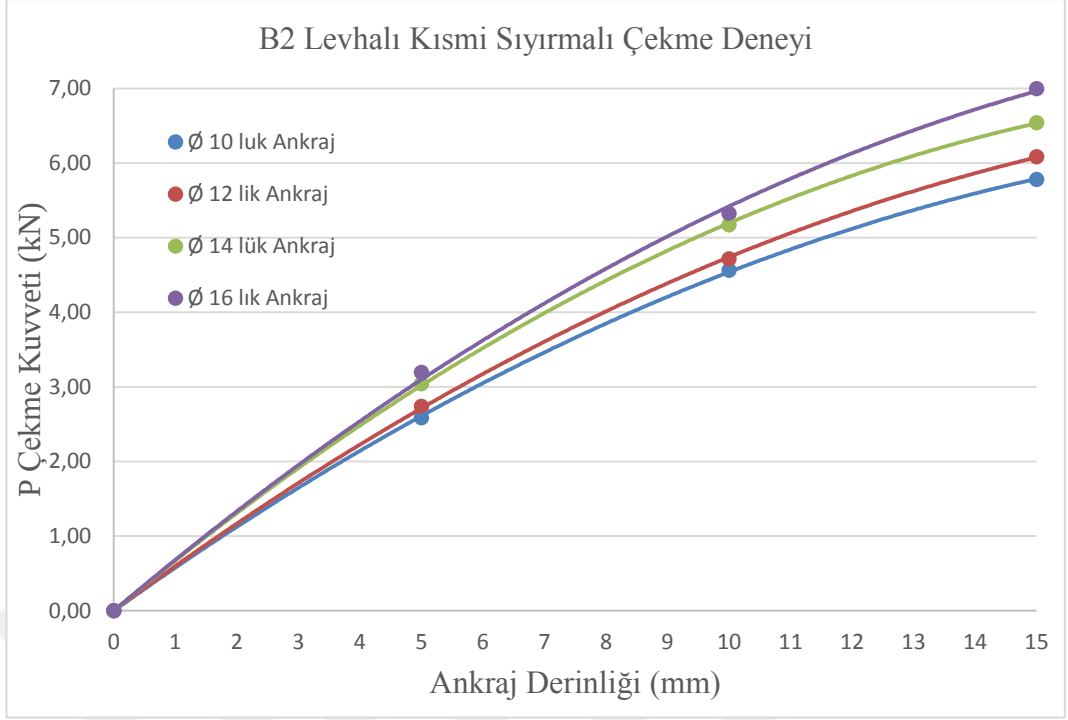


Şekil 4.24. B2 Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Deneyinde Ø16'lık ankrāj donatısı için ankrāj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi

Ankrāj çekme kuvveti (P) ile ankrāj derinliği (L_a) arasında %99,93 regrasyonla

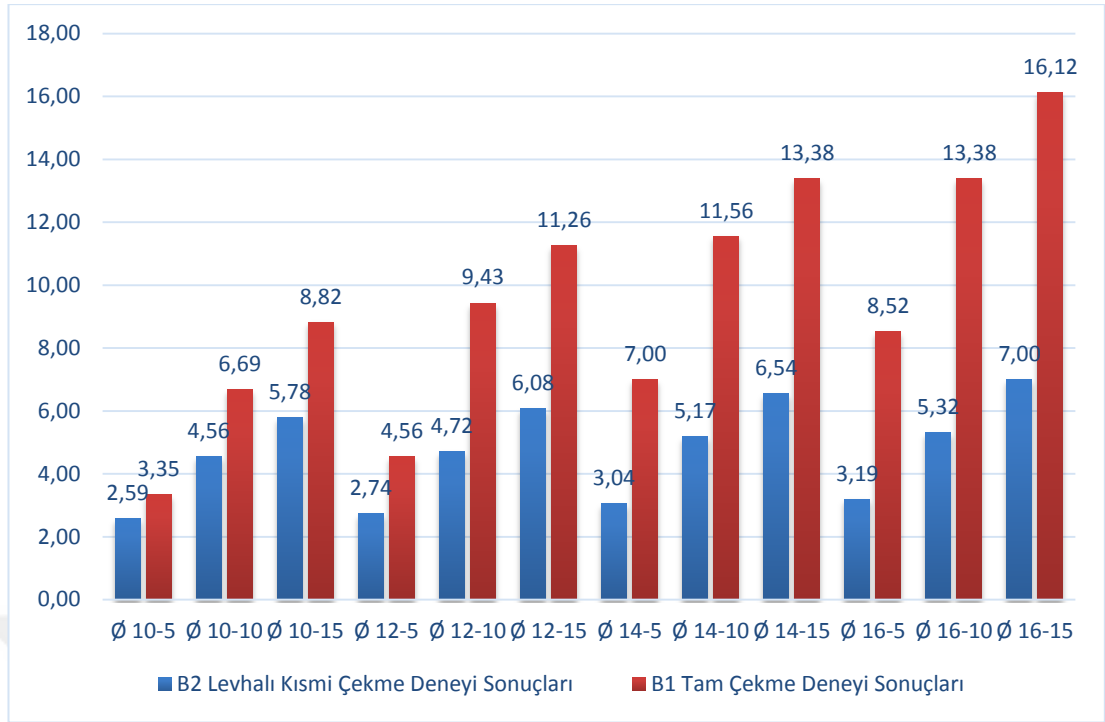
$$P = -0,0155 \cdot L_a^2 + 0,6973 \cdot L_a \quad (23)$$

bağıntısı elde edilmiştir.



Şekil 4.25. B2 Levhalı Kısmi Sıyırnalı Çekme Deneyi Ø10'luk, Ø12'lik, Ø14'lük ve Ø16'luk ankraj donatıları için ankraj derinliğinin P kesme kuvvetine etkisi

Şekil 4.25.'de farklı çaptaki ankraj donatıları için karşılaştırmalı olarak daha net biçimde ifade edilmiştir. Yapılan levhalı kısmi sıyırnalı çekme deneylerinde en büyük kuvveti Ø16'luk ankraj çapı ve 15 cm gömme derinliği olan deney 7,00 kN olarak, en küçük kuvveti ise Ø10'luk ankraj çapı ve 5 cm gömme derinliği olan deney 2,59 kN la karşılamıştır.

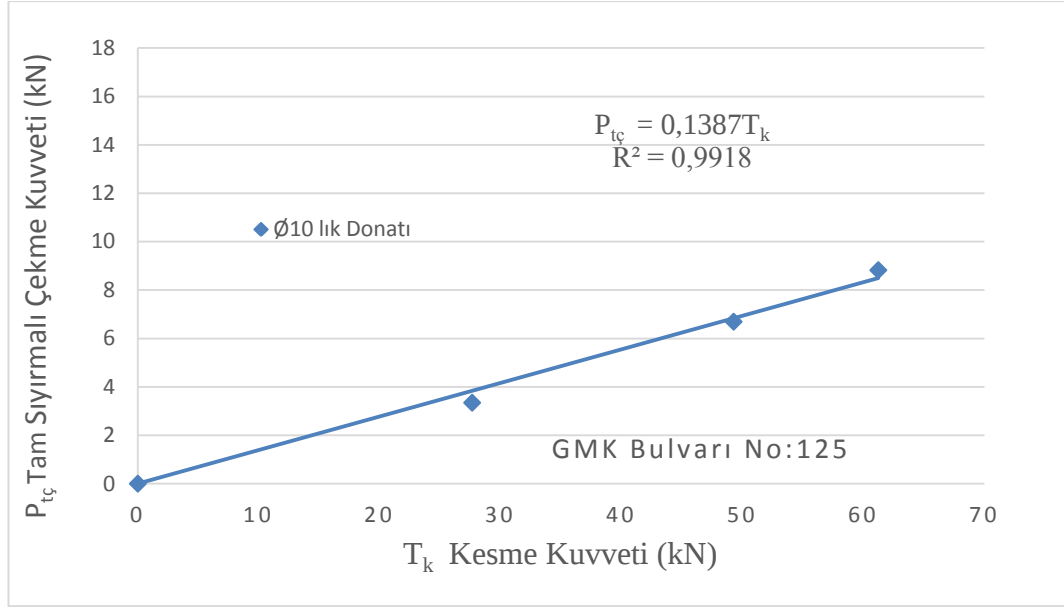


Şekil 4.26. B1 Tam Sıyrılmalı Çekme Deneyi ve B2 Levhalı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Deneyi karşılaştırması

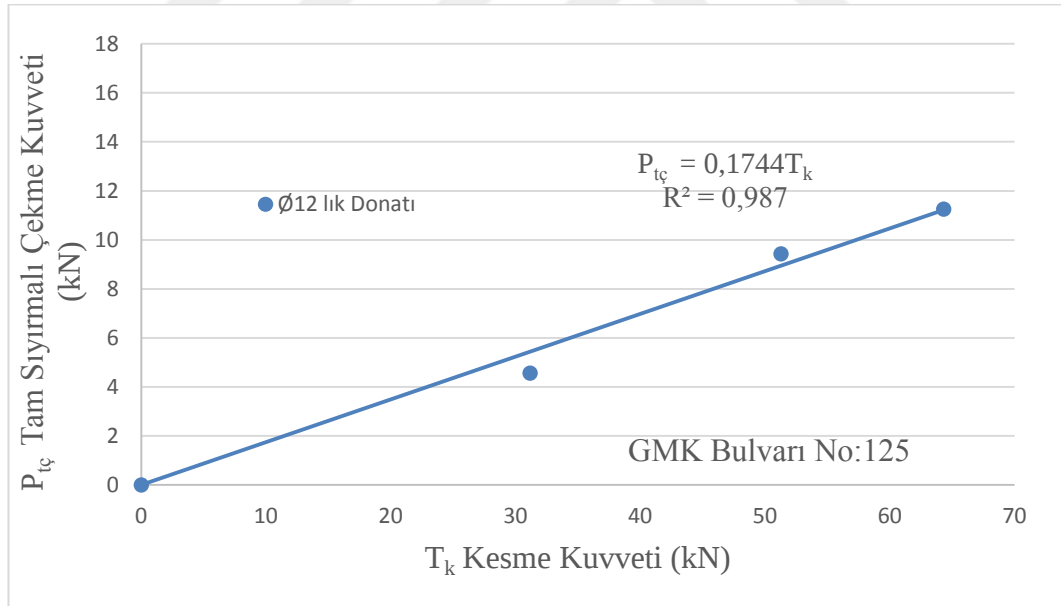
Çekme deneylerinde B2 deney gruplarında elde edilen sonuçlar B1 deney gruplarına göre daha düşük performans sergilemiştir. Kullanılan ankraj çapı ve derinliği arttıkça B2 grubu deneylerde karşılanan kuvvet B1 grubu deneylere oranla %23 ile %57 aralığında azalış göstermektedir.

4.3. Tam Sıyrılmalı Çekme ve Levhalı Kısmi Sıyrılmalı Çekme Deneylerine ait Sonuçların Grafıksel Gösterimi

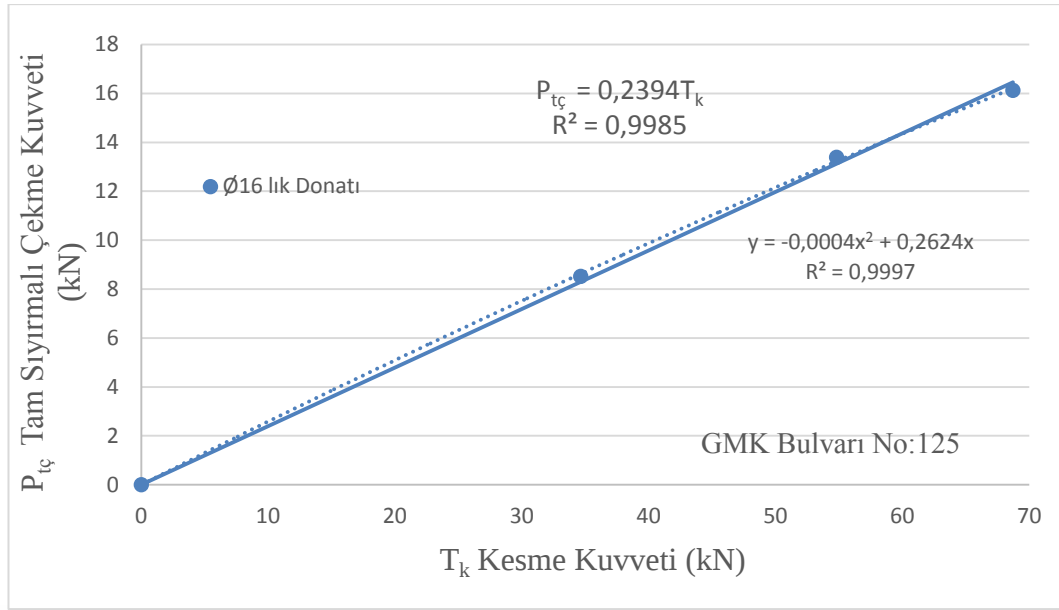
Yapılan A ve B grubu deneylerde elde edilen sonuçlar aynı donatı çapı ve aynı ankraj derinliği için karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.



Şekil 4.27. Ø10’luk ankraj donatısı için $P_{tç}$ Tam Sıyırılmalı Çekme Kuvvetinin, T_k Kesme Kuvvetine oranı



Şekil 4.28. Ø12’lik ankraj donatısı için $P_{tç}$ Tam Sıyırılmalı Çekme Kuvvetinin, T_k Kesme Kuvvetine oranı



Şekil 4.29. Ø16'lık ankraj donatısı için $P_{tç}$ Tam Sıyrmalı Çekme Kuvvetinin, T_k Kesme Kuvvetine oranı

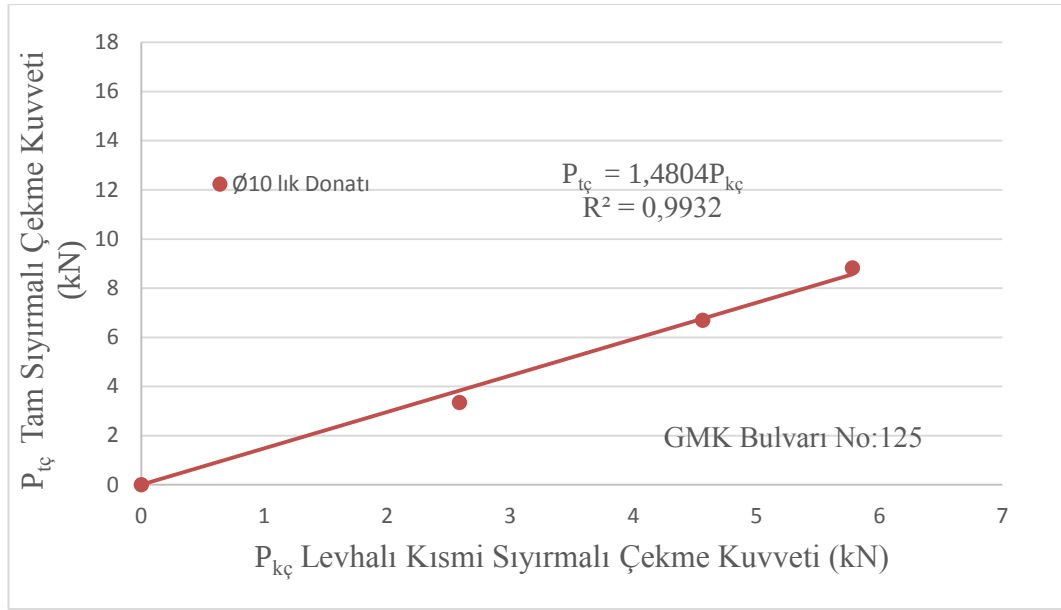
Şekil 4.27., Şekil 4.28. ve Şekil 4.29.'de farklı çaplardaki ankraj numunelerinde tam sıyrmalı çekme kuvvetinin kesme kuvvetine oranları verilmiş ve tam sıyrmalı çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile kesme kuvveti (T_k) arasında;

- Ø10'luk ankraj için %99.18 regrasyonla $P_{tç} = 0,1387T_k$, (24)

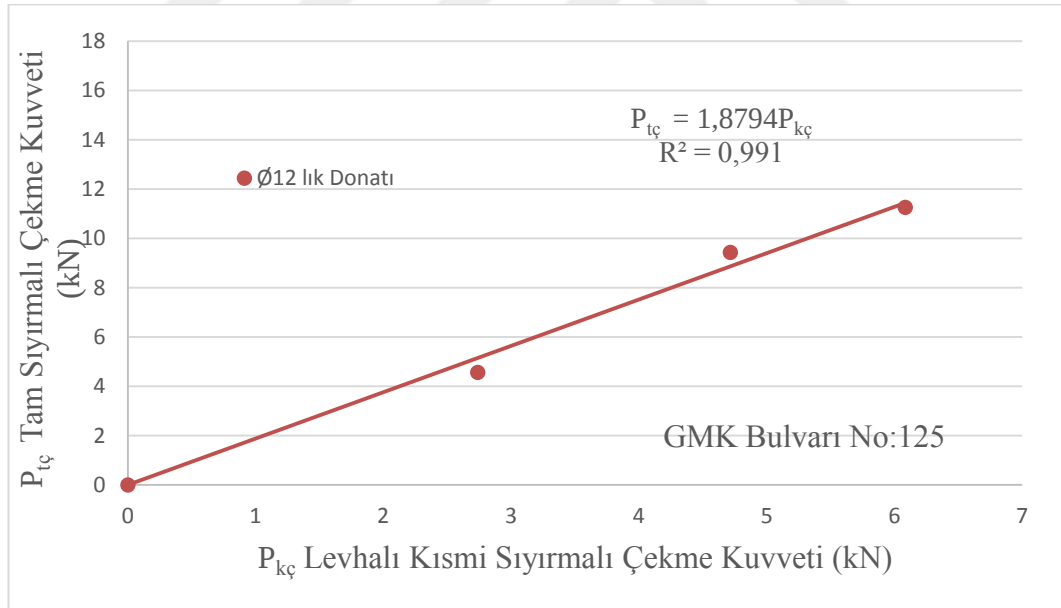
- Ø12'lik ankraj için %98.70 regrasyonla $P_{tç} = 0,1744T_k$ (25)

- Ø16'lık ankraj için %99.95 regrasyonla $P_{tç} = 0,2394T_k$ (26)

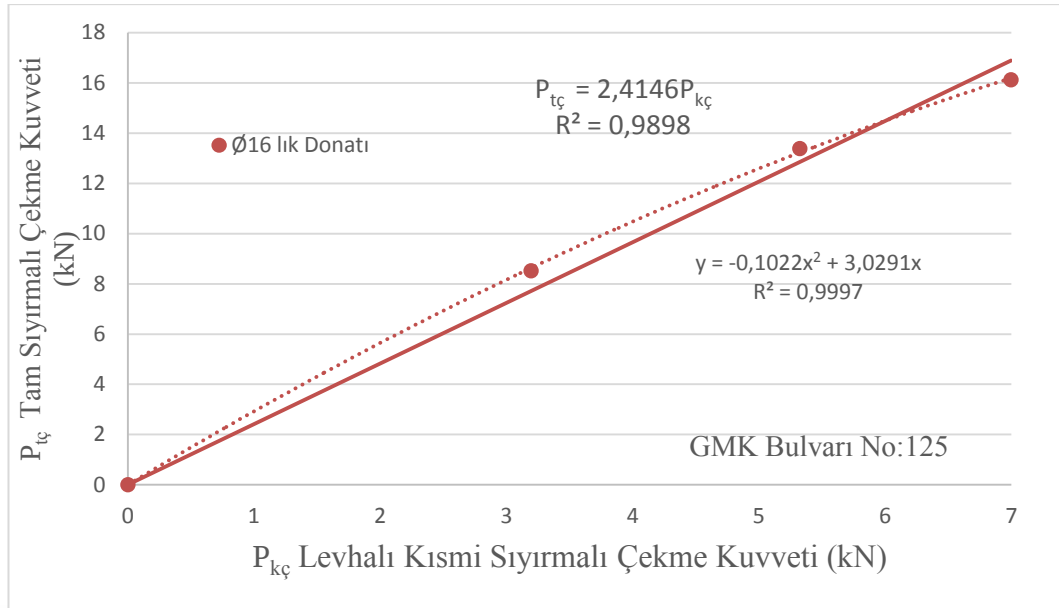
bağıntıları elde edilmiştir.



Şekil 4.30. Ø10'lık ankraj donatısı için $P_{tç}$ Tam Sıyırma Çekme Kuvvetinin, $P_{kç}$ Levhalı Kısmi Sıyırma Çekme Kuvvetine oranı



Şekil 4.31. Ø12'lık ankraj donatısı için $P_{tç}$ Tam Sıyırma Çekme Kuvvetinin, $P_{kç}$ Levhalı Kısmi Sıyırma Çekme Kuvvetine oranı



Şekil 4.32. Ø16’lık ankraj donatısı için $P_{tç}$ Tam Sıyırmaı Çekme Kuvvetinin, $P_{kç}$ Levhalı Kısmi Sıyırmaı Çekme Kuvvetine oranı

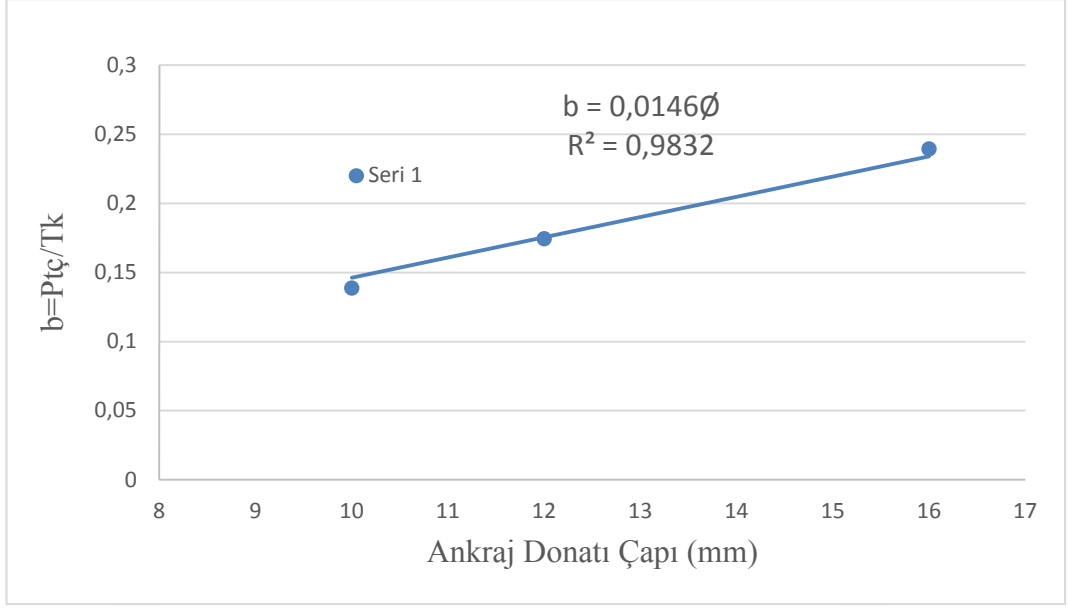
Şekil 4.30., Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.’de farklı çaplardaki ankraj numunelerinde tam sıyırmaı çekme kuvvetinin, levhalı kısmi sıyırmaı çekme kuvvetine oranları verilmiş ve tam sıyırmaı çekme kuvveti($P_{tç}$) ile levhalı sıyırmaı çekme kuvveti($P_{kç}$) arasında;

- Ø10’luk ankraj için %99.32 regrasyonla $P_{tç} = 1,4804 T_k$ (27)

- Ø12’lik ankraj için %99.10 regrasyonla $P_{tç} = 1,8794 T_k$ (28)

- Ø16’lık ankraj için %98.98 regrasyonla $P_{tç} = 2,4146 T_k$ (29)

bağıntıları elde edilmiştir.

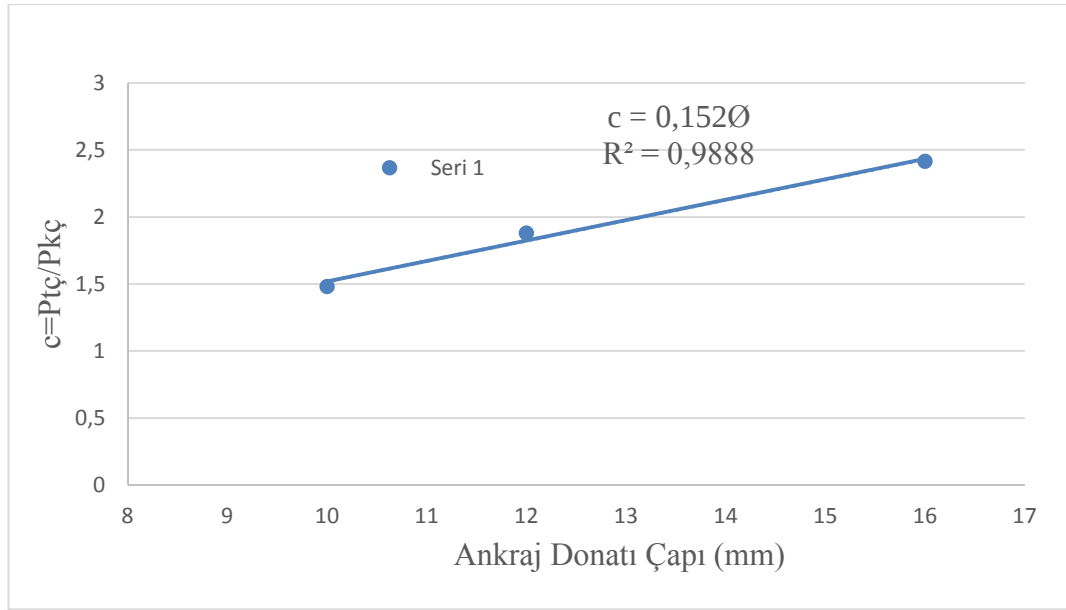


Şekil 4.33. Ankraj çapına bağlı tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin kesme kuvvetine oranı

Şekil 4.27., Şekil 4.28. ve Şekil 4.29.'da elde edilen denklemlerden tam sıyırılmalı çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile kesme kuvveti (T_k) arasında

- %98.32 regrasyonla çapa bağlı $b=0,0146Ø$ değeri ve $P_{tç} = b \cdot T_k$ (30)

denklemini elde edilmiştir.



Şekil 4.34. Ankraj çapına bağlı tam sıyırılmalı tam sıyırılmalı çekme kuvvetinin levhalı kısmi sıyırılmalı çekme kuvvetine oranı

Şekil 4.30., Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.'de elde edilen denklemlerden tam sıyırılmalı çekme kuvveti($P_{tç}$) ile levhalı kısmi sıyırılmalı çekme kuvveti($P_{kç}$) arasında

- %98.88 regrasyonla çapa bağlı $c=0,152\varnothing$ değeri ve $P_{tç}=c \cdot P_{kç}$ (31)

denklemini elde edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında binaların kesme performanslarını belirleyebilmek için mevcut 3 farklı yığma binada 21 adet kesme deneyi ve yığma binaların güçlendirilmesinde tercih edilen epoksili donatı ankrajların, çapı ve gömme derinliği değişken tutularak 12 adet tam sıyırılmalı çekme, 24 adet levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneyleri yapılmıştır.

Kesme performansı deneylerinde 3 farklı binada yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar birbirlerini destekler nitelikte olup, ankraj derinliğindeki artışa bağlı olarak kesme kuvveti artışlarının daha büyük ve sünek olduğu, ankraj derinliğindeki artışın çaptaki artışa oranla kesme kuvvetini daha çok artırdığı görülmüştür.

Tam sıyırılmalı çekme ve levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneylerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; tam sıyırılmalı çekme deneylerinin levhalı kısmi sıyırılmalı çekme deneylerine oranla daha fazla çekme kuvveti karşıladığı, ankraj derinliğindeki artışın çaptaki artışa oranla çekme kuvvetini daha çok artırdığı görülmüştür.

Bu deneyler sonucunda donatı çapı arttıkça kesme kuvvetleri ihmal edilecek kadar az artış gösterirken, ankraj derinliğinin artmasıyla kesme ve çekme kuvvetlerinde azalan eğilimde parabolik artışlar görülmüştür. Dolayısıyla Ø10'luk gibi ince ankrajların güçlendirme elemanları ile daha elastik bağ oluşturuyor olması nedeniyle tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Üç farklı binada aynı şartlarda kurulan deney düzenekleriyle yapılan deneylerde, üç farklı gömme derinliğinde (5cm, 10cm ve 15cm) ekilen **Ø10'luk ankraj** için edilen eğilim çizgileri Şekil 4.4.'de verilmiştir. Ankraj derinliği artışına bağlı olarak kesme kuvveti (T_k) doğrusal olmayan, azalan bir eğilim çizgisiyle artış göstermiştir. Çizelge 3.1.'de verilen değerler dikkate alındığında Ø10'luk ankraj için ankraj derinliği 5 cm'den 3 katı olan 15 cm'ye çıktığında binaların tuğla dayanımlarına bağlı olarak T_k

kuvveti 3 farklı bina için %87, %96 ve %122 oranlarında parabolik bir artış göstermiştir.

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında;

- Ø10'luk ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.97 regrasyonla

$$T_k = -0,1549 \cdot L_a^2 + 6,4189 \cdot L_a \quad (9)$$

- Ø10'luk ankraj için Bişkek Caddesi No:44'de %99.74 regrasyonla

$$T_k = -0,1656 \cdot L_a^2 + 6,0715 \cdot L_a \quad (10)$$

- Ø10'luk ankraj için Bahriye Üçok Caddesi No:11'de %99.99 regrasyonla

$$T_k = -0,2275 \cdot L_a^2 + 7,2901 \cdot L_a \quad (11)$$

bağıntıları elde edilmiş olup, örgü harcının kesme performansı üzerinde 1. dereceden etkili, tuğla mukavemetinin 2. dereceden etkili olduğunu göstermiştir.

GMK Bulvarı No:125'de 3 farklı derinlik için uygulanan **Ø12'lik ankraj** donatısı için Çizelge 3.2. ve Şekil 4.5.'de verilen değerler dikkate alındığında, ankraj derinliği 5 cm den 3 katı olan 15 cm'ye çıktığında, binanın T_k kuvvetinin %106'luk parabolik bir artış göstermiştir.

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında;

- Ø12'luk ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.96 regrasyonla

$$T_k = -0,1833 \cdot L_a^2 + 7,0241 \cdot L_a \quad (12)$$

bağıntısı elde edilmiştir.

Üç farklı binada aynı şartlarda kurulan deney düzenekleriyle yapılan deneylerde, üç farklı gömme derinliğinde (5cm, 10cm ve 15cm) ekilen Ø16'lık ankraj için edilen

eğilim çizgileri Çizelge 3.3. ve Şekil 4.6., Şekil 4.7., Şekil 4.8.'de verilmiştir. Ankraj derinliği artışına bağlı olarak kesme kuvveti (T_k) doğrusal olmayan, azalan bir eğilim çizgisiyle artış göstermiştir. Çizelgelerde ve şekillerde verilen değerler dikkate alındığında **Ø16'lık ankraj** için ankraj derinliği 5 cm'den 3 katı olan 15 cm'ye çıktığında binaların tuğla dayanımlarına bağlı olarak T_k kuvvetinin 3 farklı bina için %95, %98 ve %107'lik parabolik bir artış göstermiştir.

Ankraj kesme kuvveti (T_k) ile ankraj derinliği (L_a) arasında;

- Ø16'lık ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.87 regrasyonla

$$T_k = -0,2117 * L_a^2 + 7,7276 * L_a \quad (13)$$

- Ø16'lık ankraj için Bişkek Caddesi No:44'de %100 regrasyonla

$$T_k = -0,1906 * L_a^2 + 6,4137 * L_a \quad (14)$$

- Ø16'lık ankraj için Bahriye Üçok Caddesi No:11'de %99.97 regrasyonla

$$T_k = -0,2392 * L_a^2 + 7,8573 * L_a \quad (15)$$

bağıntısı elde edilmiş, Ø10'luk ankraj verilerine benzer bir davranış sergilemiştir.

Üç farklı ankraj derinliğinde iki ankraj çapı için kesme kuvveti incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.11.'de ve Şekil 4.12.'de gösterilmiştir. Bişkek Caddesi No:44 de yapılan Ø10'luk ankraj 5 cm derinliğinde 27,65 kN'luk yükü karşılariken 15 cm ankraj derinliğinde 54,29 kN'luk yükü karşılamıştır. Fakat aynı binada ankraj çapının Ø16'lık ankraj derinliği 15cm olarak uygulandığında karşıladığı kuvvet 56,30 kN olarak ölçülmüştür. T_k kesme kuvvetini birinci dereceden artıran etkinin gömme derinliği olduğu görülmüştür.

Üç farklı yapıda ankraj çapı ve ankraj derinliği için deplasmanlar incelenmiş sonuçlar Şekil 4.13.'de gösterilmiştir. Küçük çaplı ankrajlarda; ankraj gömme derinliği arttıkça konnektörün daha elastik davrandığı ve göçme deplasmanının da

arttığı görülmüştür. Fakat Ø10'luk çaptan Ø16'luk çapa geçişte deplasman artışı daha düşük ve rijit olduğu görülmüştür. Bişkek Caddesi No:44'de Ø10 çapında 15 cm gömme derinliğinde yapılan deneyde deplasman miktarı 112 mm olmasına rağmen aynı yapıda Ø16 çapında 15 cm gömme derinliğinde deplasman miktarı 85 mm olarak ölçülmüştür. Benzer durumla Bahriye Üçok Caddesi No:11 de Ø10 çapında 15 cm gömme derinliğinde yapılan deneyde deplasman miktarı 84 mm olmasına rağmen aynı yapıda Ø16 çapında 15 cm gömme derinliğinde deplasman miktarı 77 mm olarak ve GMK Bulvarı No:125 de ise Ø10 çapında 15 cm gömme derinliğinde yapılan deneyde deplasman miktarı 100 mm, Ø16 çapında 15 cm gömme derinliğinde deplasman miktarı 95 mm olarak ölçülmüştür. Yığma yapılarda kesme kuvvetlerinin hesaplandığı duvar yüzeyleri betonarme gibi homojen ve güçlü bir yapıya sahip değildir bu nedenle yığma yapılarda ankraj çapı arttıkça uygulanan T_k kuvvetiyle birlikte duvar yüzeyinde görülen deformasyon miktarı da artmaktadır. Bu durumda ankraj çapı arttıkça deplasman miktarında çap artışıyla azalış görülmüştür.

Tam sıyrılmalı çekme deneyi sonuçlarına göre ankraj çapı ve ankraj derinliği arttıkça çekme-çıkarma kuvveti de artmaktadır. Bu artışa sebep olarak aşağıdaki eşitlik (7) gösterilen derinlik ve çap artışıyla artan ankraj yüzey alanıdır.

$$S_s \geq \pi r h_{ef} \quad (7)$$

Tam sıyrılmalı çekme deneyine ait olarak ayrı ayrı verilen Şekil 4.15., Şekil 4.16., Şekil 4.17., Şekil 4.18.,'de verilen sonuçlara göre oluşturulan grafiklerde derinlik miktarının ve çapın artışıyla karşılanan kuvvetin de arttığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.19.'da farklı çaptaki ankraj donatıları için karşılaştırmalı olarak daha net biçimde ifade edilmiştir. Yapılan direkt çekme deneylerinde en büyük kuvveti Ø16'luk ankraj çapı ve 15 cm gömme derinliği olan deney 16,12 kN olarak, en küçük kuvveti ise Ø10'luk ankraj çapı ve 5 cm gömme derinliği olan deney 3,35 kN'la karşıladığı görülmüştür.

Tam sıyrılmalı çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile ankraj derinliği (L_a) arasında;

- Ø10'luk ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.83 regrasyonla

$$P_{tç} = -0,0115 * L_a^2 + 0,7653 * L_a \quad (16)$$

- Ø12'lik ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.24 regrasyonla

$$P_{tç} = -0,0256 * L_a^2 + 1,1464 * L_a \quad (17)$$

- Ø14'lük ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %100 regrasyonla

$$P_{tç} = -0,0516 * L_a^2 + 1,6667 * L_a \quad (18)$$

- Ø16'lık ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.92 regrasyonla

$$P_{tç} = -0,0586 * L_a^2 + 1,9485 * L_a \quad (19)$$

bağıntıları elde edilmiştir. $P_{tç}$ çekme kuvvetini büyük ölçüde artıran etkinin ankraj çapının olduğu görülmüştür.

Tam sıyrılmalı çekme deneyinde olduğu gibi levhalı sıyrılmalı çekme deneyi sonuçlarına göre ankraj çapı ve ankraj derinliği artıkça çekme-çıkarma kuvveti de artmaktadır. Bu artışa sebep olarak derinlik ve çap artışıyla artan ankraj yüzey alanıdır.

B2 grubu olarak isimlendirilen deney çalışmasında elde edilen sonuçlar farklı çap ve derinliklerde olmak üzere Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Uygulanan çekme kuvveti sonucunda Ø16'lık ankraj çapı 15 cm gömme derinliği için maksimum 7 kN'luk kuvveti karşılamıştır. Minimum çekme kuvveti ise Ø10'luk ankraj çapı 5 cm gömme derinliğinde 2,59 kN olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.25.'de farklı çaptaki ankraj donatıları için karşılaştırmalı olarak daha net biçimde ifade edilmiştir. Yapılan çekmeli sıyırma deneylerinde en büyük kuvveti Ø16'lık ankraj çapı ve 15 cm gömme derinliği olan deney 7,00 kN olarak, en küçük kuvveti ise Ø10'luk ankraj çapı ve 5 cm gömme derinliği olan deney 2,59 kN'la karşılaşmıştır.

Çekme deneylerinde B2 deney gruplarında elde edilen sonuçlar B1 deney gruplarına göre daha düşük performans sergilemiştir. Kullanılan ankraj çapı ve derinliği arttıkça B2 grubu deneylerde karşılanan kuvvet B1 grubu deneylere oranla %23 ile %57 aralığında azalış göstermiştir.

Levhalı kısmi sıyırmalı çekme kuvveti ($P_{kç}$) ile ankraj derinliği (L_a) arasında;

- Ø10'luk ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.99 regrasyonla

$$P_{kç} = -0,0136 * L_a^2 + 0,59 * L_a \quad (20)$$

- Ø12'lik ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.99 regrasyonla

$$P_{kç} = -0,0138 * L_a^2 + 0,6116 * L_a \quad (21)$$

- Ø14'lük ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %100 regrasyonla

$$P_{kç} = -0,0168 * L_a^2 + 0,6877 * L_a \quad (22)$$

- Ø16'lık ankraj için GMK Bulvarı No:125'de %99.93 regrasyonla

$$P_{kç} = -0,0155 * L_a^2 + 0,6973 * L_a \quad (23)$$

bağıntıları elde edilmiştir.

Şekil 4.27., Şekil 4.28. ve Şekil 4.29.'da farklı çaplardaki ankraj numunelerinde tam sıyırma çekme kuvvetinin kesme kuvvetine oranları verilmiş ve tam sıyırma çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile kesme kuvveti (T_k) arasında;

$$\text{Ø}10\text{'luk ankraj için \%99.18 regrasyonla } P_{tç} = 0,1387T_k, \quad (24)$$

$$\text{Ø}12\text{'lik ankraj için \%98.70 regrasyonla } P_{tç} = 0,1744T_k \quad (25)$$

$$\text{Ø}16\text{'lık ankraj için \%99.95 regrasyonla } P_{tç} = 0,2394T_k \quad (26)$$

bağıntıları elde edilmiştir.

Şekil 4.27., Şekil 4.28. ve Şekil 4.29.'da elde edilen denklemlerden tam sıyırma çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile kesme kuvveti (T_k) arasında %98.32 regrasyonla çapa bağlı;

$$P_{tç} = b \cdot T_k \quad (30)$$

denklemini elde edilmiş, burada Ø ankraj çapı olup, $b=0,0146\text{Ø}$ olarak bulunmuştur.

Şekil 4.30., Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.'de farklı çaplardaki ankraj numunelerinde tam sıyırma çekme kuvvetinin, levhalı kısmi sıyırma çekme kuvvetine oranları verilmiş ve tam sıyırma çekme kuvveti($P_{tç}$) ile levhalı sıyırma çekme kuvveti($P_{kç}$) arasında;

$$\text{Ø}10\text{'luk ankraj için \%99.32 regrasyonla } P_{tç} = 1,4804 T_k \quad (27)$$

$$\text{Ø}12\text{'lik ankraj için \%99.10 regrasyonla } P_{tç} = 1,8794 T_k \quad (28)$$

$$\text{Ø}16\text{'lık ankraj için \%98.98 regrasyonla } P_{tç} = 2,4146 T_k \quad (29)$$

bağıntıları elde edilmiştir.

Şekil 4.30., Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.'de elde edilen denklemlerden tam sıyırmlı çekme kuvveti ($P_{tç}$) ile levhalı kısmi sıyırmlı çekme kuvveti ($P_{kç}$) arasında %98.88 regrasyonla çapa bağlı;

$$P_{tç}=c*P_{kç} \quad (31)$$

denklemini elde edilmiş, burada $\emptyset$ ankraj çapı olup, $c=0,152\emptyset$ olarak bulunmuştur.

Bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; levhalı kesme, levhalı kısmi sıyırmlı çekme ve tam sıyırmlı çekme kuvvetleri arasında oldukça net lineer bağıntıların olduğu ortaya konmuş olup, aktif olarak kullanılan binalarda yapılması çok zor ve zaman alıcı olan levhalı kesme ve levhalı kısmi sıyırmlı çekme deneyleri yapmak yerine daha kolay ve hızlı yapılabilen tam sıyırmlı çekme deneyi yapıp, verileri kullanılarak, yukarıda verilen denklemler ile ankrajların kesme ve levhalı kısmi sıyırmlı çekme kuvvetleri kolayca hesaplanabilecektir.

Burada sunulan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ve ortaya çıkan amprik denklemlere ek olarak;

- Farklı mekanik özelliklere sahip malzemelerle inşaa edilmiş binalarda benzer testler yapılarak, farklı örgü malzemelerinin ankraj performansları üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Bu deneylerde kullanılan ankrajlardan daha büyük ve daha küçük çaplı veya farklı ankraj tipleri kullanılarak, daha rijit ve daha elastik bağlayıcıların ankraj performansları üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Betonarme perdelerle yapılacak güçlendirmelerde mevcut bina elemanları ile ilave edilen perde elemanları arasındaki kesme ve çekme performansları belirlemek için betonarme elemanlar üzerinde benzer deneyler yapılabilir.
- Açılan delik çapının ankraj çapına oranı büyütülerek ve farklı epoksi dolgu malzemeleri kullanılarak, delik çapının ve epoksi türlerinin ankraj performansı üzerindeki etkisi araştırılabilir.

6.KAYNAKLAR

- [1] Çalışkan, Ö., 2010 Mevcut Betonarme Binaların Dış Perde Duvar ile Güçlendirilmesinde Ankraj Uygulamalarının Deneysel Olarak Araştırılması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 152s.
- [2] Çalışkan, Ö., Yılmaz, S. Kaplan, H. 2011 Güçlendirme Ankrajlarının Kesme Dayanımının ACI318 ve TS500'e Göre Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 14(3), 19-27.
- [3] Yılmaz, S. Çalışkan, Ö. Kaplan, H. Ve Kırac, N. 2010. Kimyasal Ankrajların Dayanımını Etkileyen Faktörler. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1), 124-133.
- [4] 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.
- [5] Yerlici V., Ersoy, U., Özturan, T., Türk, M., Özden, Ş. 1995 Yüksek Dayanımlı Beton Elemanlarda Donatı Kenetlenme Özelliklerinin İncelenmesi, İMO Teknik Dergi, 1007-1026, Yazı 61.
- [6] Özturan, T., M., Gesoğlu, Özel, M., ve Güneyisi, E. 2004. Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları. İMO Teknik Dergi, 2004 3105-3124, Yazı 208.
- [7] Seyhan, E.C., 2006. Kimyasal Ankrajların Davranışlarının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 191s.
- [8] Durmuş, A., Dahil, H. ve Arslan , M.E. 2006 Yüksek Başarımlı Beton-Donatı Aderansının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi,

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 441-2006/1.

[9] Gürbüz, T., 2007 Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 226s.

[10] Gürbüz, T., Seyhan, E., İlki, A. ve Kumbasar, N. 2007 Güçlendirme Ankrajlarında Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altında Davranışları. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim İstanbul, 649-659.

[11] Kaya, Y. (2007). Yapıların Güçlendirilmesi Uygulamalarında Kullanılabilecek Kısmi Bağlı Ankraj Detayı ve Yüzey Temizliği Koşulları Altında Ankrajların Eksenel Çekme Davranışlarının İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 185s.

[12] Demir, İ., Şimşek, O. ve Yaprak, H. 2009 Ankraj Donatısı Türünün Ankraj Performansına Etkisi. 5. Uluslar Arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) Karabük.

[13] Altan, F., 2013. Betona Sonradan Yerleştirilen Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkileri Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s.

[14] Francesca Silveri, Paolo Riva, Giacomo Profeta, Elena Poverello & Christiano Algeri (2016) Experimental Study on Injected Anchors for the Seismic Retrofit of Historical Masonry Buildings, International Journal of Architectural Heritage, Bergamo, Italy, 10:2-3, 182-203.

[15] Cook, R. A., 1993. Behaviour of Chemically Bonded Anchors, Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), 119(9), 2744-2762.

- [16] ACI Committee 355. 1991. State-of-the-Art Report on Anchorage to Concrete, ACI 355.1R-91, American Concrete Institute, Detroit, MI.
- [17] Peier, W. H., 1983. Model for Pullout Strength of Anchors in Concrete, Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), V.109, No.5, 1155-1173.
- [18] Goto, Y., Obata, M., Maeno, H., Kobayashi, Y., Failure Mechanism of New Bolt-Type Anchor Bolt Subject to Tension.
- [19] Bayülke, N. ,1992, Yığma Yapılar (Genişletilmiş 2nci Baskı), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- [20] Odacıoğlu, O.G., 2018 Yığma Binalarda Yatay Yük Hesabına Esas Kesme Performansının Deneysel Olarak Belirlenmesi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s.
- [21] Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [22] Öz Saraç, S. 2008. Yığma Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarların GFRP ile Güçlendirilmesinin Deneysel Olarak İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, 153s.
- [23] ACI318 2005, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA.