T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇELİK DÜBELLERİN ANKRAJ DAYANIMLARININ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

Sedat BOZANCI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET....i
ABSTRACT....ii
TEŞEKKÜR....iii
ŞEKİLLER DİZİNİ....iv
ÇİZELGELER DİZİNİ....vi
SİMGELER DİZİNİ....vii
1. GİRİŞ....1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR....2
3. MATERYAL VE YÖNTEM....10
3.1. Materyal....10
3.1.1. Ankrajlar İle İlgili Genel Bilgiler....11
3.1.1.1. Sertleşmiş Betona Yapılan Ankrajlar....13
3.1.1.1.1. Mekanik Ankrajlar....14
3.1.1.1.2. Bağ Tipi Ankrajlar....15
3.1.1.1.2.1. Kimyasal Bağlı Ankrajlar....16
3.1.1.1.2.2. Harçlı Ankrajlar....21
3.1.1.2. Taze Betona Yapılan Ankrajlar....22
3.1.2. Çelik Dübel İle İlgili Genel Bilgiler....22
3.1.3. Çelik Dübel Çeşitleri....23
3.1.3.1. Klipsi Çelik Dübel....23
3.1.3.2. Gömlekli Çelik Dübel....23
3.1.3.3. Civatalı Borulu Çelik Dübel....24
3.1.3.4. Ağır Yük Çelik Dübeli....25
3.1.3.5. Asma Tavan Çelik Dübel....25
3.1.3.6. Çakmalı (Çakma) Çelik Dübel....26
3.1.3.7. Çekmeli Çelik Dübel....27
3.1.3.8. Kancalı Çelik Dübel....27
3.1.3.9. Kasa Çelik Dübeli....28
3.1.3.10. S Tipi Çelik Dübeli....28
3.1.3.11. Kimyasal Dübeli....29
3.1.4. Elek Analizi ve Agrega Granülometri Deneyleri....30
3.1.4.1. Elek Analiz Deneyi....30
3.1.4.2. Özgül Ağırlık Deneyi....31
3.1.5. Deney Numunelerinde Kullanılan Çimentonun Özellikleri....32
3.1.6. Deney Numunelerinde Kullanılan Karışım Suyu....33
3.1.7. Numunelerde Kullanılan Betonun Hazırlanması....33
3.1.8. Taze Betonda Yapılan Deneyler....33
3.1.8.1. Slump (Çökme) Deneyi....33
3.1.9. Sertleşmiş Betonda Yapılan Deneyler....34
3.1.9.1. Beton Numunelerin Basınç Dayanımların Belirlenmesi....35
3.1.10. Ankraj Uygulanacak Numunenin Hazırlanması....37
3.1.10.1. Epoksi İle Ankraj Uygulanması....39
3.1.10.2. Çelik Dübeller İle Ankraj Uygulanması....41
3.1.10.2.1. Klipsli Çelik Dübel İle Ankraj Uygulanması....41
3.1.10.2.2. Gömlekli Çelik Dübel İle Ankraj Uygulanması....43
3.1.11. Deneyde kullanılan Kimyasal Yapıştırıcı....45
3.1.12. Deneyde kullanılan Ankraj Çubukları Ve Çelik Dübeller....46
3.2. Yöntem....50
3.2.1. Deney Parametreleri....50
3.2.3. Deney Düzeneği....53
3.2.3. Deney numunelerin ankraj uygulanması....54

3.2.3.1 Uygulanan Ankraj Donatıların Ve Çelik Dübellerin Hazırlanması55
3.2.3.2 Ankraj Uygulanacak Deliklerin Hazırlanması....55
3.2.3.3 Ankraj Uygulanacak Deliklerin Temizlenmesi....56
3.2.3.4 Ankraj Uygulanacak Donatıların ve Çelik Dübellerin ekimi....57
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA....59
4.1 Çekip Çıkarma (Pullout) Deneyi....59
4.2 Numunelerin Deney Düzeneğine Yerleştirilmesi....59
4.3 Sertleşmiş Betona Uygulanan Ankraj Deney Sonuçları....60
4.3.1 Klipsli Çelik Dubellerin En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi....61
4.3.2 Gömlekli Çelik Dubellerin En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi....63
4.3.3 Kimyasal Ankraj(Epoksi)'ın En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi....65
4.3.4 Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması....67
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER....68
5.1 Sonuçlar....68
5.2 Öneriler....68
KAYNAKLAR....69
ÖZ GEÇMİŞ....72
EKLER....73
Ek 1. Sertleşmiş Betona Yapılan Kimyasal Ankraj Donatı Deneyleri....73
Ek 2. Sertleşmiş Betona Yapılan Çelik Dübel İle Ankraj Deneyleri....92

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇELİK DÜBELLERİN ANKRAJ DAYANIMLARININ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

Sedat BOZANCI

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ
Yıl: 2020; Sayfa:142

Bu çalışma kapsamında mevcut yapıların onarım ve güçlendirmesinde sıklıkla kullanılan kimyasal yapıştırıcı (epoksi) kullanılarak ekilen donatı çeliğinin ve çelik dübellerin ankraj dayanımlarının belirlenmesi ve karşılaştırılmasına yönelik deneysel bir araştırma yapılmıştır. Ankraj çapı ve betona ait kimyasal ve mekanik özelliklerin sabit tutulduğu numuneler eksenel çekme kuvveti etkisi altında denenmiştir. Kimyasal yapıştırıcı kullanılarak oluşturulan anakrajların çelik dubel kullanılarak oluşturulan ankrajlara göre eksenel yük taşıma kapasitelerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada klipsli ve gömlekli olmak üzere piyasada çok kullanılan iki tip çelik dubel seçilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda klipsli çelik dubelin, gömlekli çelik dubele göre eksenel ankraj dayanımının daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kimyasal ankraj, ankraj çekme dayanımı, klipsli çelik dübel, gömlekli çelik dübel

ABSTRACT

MSc Thesis

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF ANCHORAGE RESISTANCE OF STEEL DOWELS

Sedat BOZANCI

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ
Year: 2020, Page: 142

The scope of this study, an experimental research was carried out to determine and compare the anchorage strength of steel bars and steel dowels using chemical adhesive (epoxy), which is frequently used in repair and strengthening of existing structures. Specimens in which anchorage diameter and concrete properties were kept constant were tested under axial tensile force. It has been determined that anchoring with chemical adhesives in hardened concrete has higher axial load capacities compared to steel dowels. In this research, two types of steel dowels, which are the clip anchor and the anchor with sheet metal, were chosen. As a result of the evaluation made between the steel anchors, the capacity load of the clip anchor was higher than the anchor with sheet metal.

KEYWORDS: chemical anchors, anchors, anchorage resistance, clip anchor, anchor with sheet metal

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında desteğini, anlayışını ve yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen danışmanım, çok kıymetli Sayın Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ danışman hocama, Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümün bütün elemanlarına ve bana her zaman güç veren, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1 Çelik Dubel Çekme Aparatı 11
Şekil 3.2 Betona Uygulanan Ankraj Çeşitleri....12
Şekil 3.3 Sertleşmiş betona sonradan uygulanan ankrajlar (ACI 318, 2005)....12
Şekil 3.4 Sertleşmiş betona sonradan uygulanan ankrajlar (ACI 318, 2005)....13
Şekil 3.5Ankraj Tipleri....13
Şekil 3.6 Mekanik Ankrajlar....15
Şekil 3.7 Mekanik Ankrajlar....16
Şekil 3.8 Kimyasal Yapıştırıcı Bağlı Ankrajların Bileşenleri....17
Şekil 3.9 Ankrajlarda Oluşan Farklı Yüklemeler....17
Şekil 3.10 Ankraj Donatısının Kopması....18
Şekil 3.11 Ankraj Donatısının Sıyrılması....19
Şekil 3.12 Betonun Konik Kopması....20
Şekil 3.13 Koni ile Sıyrılmanın Birlikte Oluşması....20
Şekil 3.14 Betonun Yarılması....21
Şekil 3.15 Harçlı Ankrajlar....21
Şekil 3.16 Taze betona yapılan ankrajlar (ACI Committee 355, 1991)....22
Şekil 3.17 Klipsli Çelik Dübel....23
Şekil 3.18 Gömlekli Çelik Dübel....24
Şekil 3.19 Civatalı Borulu Çelik Dübel....24
Şekil 3.20 Ağır Yük Çelik Dübeli....25
Şekil 3.21 Ağır yük Çelik Dübel....26
Şekil 3.22 Çakmalı (Çakma) Çelik Dübel....26
Şekil 3.23 Çekmeli Çelik Dübel....27
Şekil 3.24 Kancalı Çelik Dübel....27
Şekil 3.25 Kasa Çelik Dübel....28
Şekil 3.26 Kasa Çelik Dübel....28
Şekil 3.27 Kimyasal Dübeli....29
Şekil 3.28 Agregalar ve granülometri deneyleri....30
Şekil 3.29 Agregaların Granülometri Eğrilesi....31
Şekil 3.30 Özgül ağırlık sehpası....32
Şekil 3.31 Deney Numunelerinde Kullanılan Çimento....32
Şekil 3.32 Slump (çökme) deneyi....34
Şekil 3.33 Ankraj Yapılacak Numuneler....35
Şekil 3.34 Basınç Dayanımı Belirleme Deneyi....36
Şekil 3.35 Beton Numunelerin 7 Günlük Basınç Dayanımları....37
Şekil 3.36 Ankraj Uygulanacak Numunlerin Hazırlanması....38
Şekil 3.37 Kür Havuzu....38
Şekil 3.38 Epoksi İle Ankraj İçin Numune Hazırlanması....39
Şekil 3.39 Ankraj Çubuğu ve LVDT'nin Okuma Yapması İçin Bağlanan Aparatı....40
Şekil 3.40 Epoksi İle Ankraj Uygulanması....40
Şekil 3.41 Epoksi İle Ankraj Uygulanması....41
Şekil 3.42 Klipsli Çelik Dübel İçin Numune Hazırlanması....42
Şekil 3.43 Klipsli Çelik Dübelin Verimli (ideal) sıkışma miktarının belirlenmesi....43
Şekil 3.44 Klipsli çelik dübel numunelerin verimli (ideal) sıkışma miktarına ayarlanması....43
Şekil 3.45 Gömlekli Çelik Dübel İçin Numune Hazırlanması....44
Şekil 3.46 Gömlekli çelik dübel numunelerin verimli (ideal) sıkışma miktarına ayarlanması....45
Şekil 3.47 Kullanılan Kimyasal Yapıştırıcı....46
Şekil 3.48 Ankraj Çubukların Çekme Deneyi....46
Şekil 3.49 Klipsli Ve Gömlekli Çelik Dübeller....47
Şekil 3.50 Çekme Deneyinde Kullanılan Çelik Dübel ve Çekme Aparatının Çalışma Prensibi....48
Şekil 3.51 Çekme Deneyinde Kullanılan Nervürlü Donatı Çubukları....49
Şekil 3.52 150x150x18 mm Ebatlarında Plywood Kalıp....50

Şekil 3.53 Ankraj Deliklerin Temizlenmesi....51
Şekil 3.54 Delik Çapların Genişletilmesi....52
Şekil 3.55 Çekme Deney Düzeneği....53
Şekil 3.56 Çekip Çıkarma (Pullout) Deney Düzeneği....54
Şekil 3.57 Ankraj Donatıları ve Çelik Dübeller....55
Şekil 3.58 Ankraj Deliklerin Hazırlanması....56
Şekil 3.59 Ankraj Uygulanacak Deliklerin Temizlenmesi....57
Şekil 3.60 Ankraj Çubukların ve Çelik Dübellerin Ekimi....58
Şekil 4.1 Deney Numunelere Plakalar Yapıştırılması....59
Şekil 4.2 Çekip Çıkarma(Pullout) Deney Aşamaları....60
Şekil 4.3 Klipsli Çelik Dubellerin Yük Taşıma ve Yerdeğiştirme Kapasiteleri....62
Şekil 4.4 Gömlekli Çelik Dubellerin Yük Taşıma ve Yerdeğiştirme Kapasiteleri....64
Şekil 4.5 Çelik Donatı Çapı 12 mm olan Epoksi İle Yapılan Ankraj Yük Yaşıma ve Yerdeğişrirme Kapasiteleri....66
Şekil 4.6 Sertleşmiş Betona Yapılan Ankrajların Ortalama Yük Taşıma Kapasiteleri....67
Şekil Ek.1 EPK 1 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....73
Şekil Ek.2 EPK 2 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....74
Şekil Ek.3 EPK 3 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....75
Şekil Ek.4 EPK 4 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....76
Şekil Ek.5 EPK 5 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....77
Şekil Ek.6 EPK 6 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....78
Şekil Ek.7 EPK 7 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....79
Şekil Ek.8 EPK 8 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....80
Şekil Ek.9 EPK 9 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....81
Şekil Ek.10 EPK 10 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....82
Şekil Ek.11 EPK 11 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....83
Şekil Ek.12 EPK 12 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....84
Şekil Ek.13 EPK 13 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....85
Şekil Ek.14 EPK 14 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....86
Şekil Ek.15 EPK 15 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....87
Şekil Ek.16 EPK 16 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....88
Şekil Ek.17 EPK 17 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....89
Şekil Ek.18 EPK 18 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....90
Şekil Ek.19 EPK 19 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....91
Şekil Ek.20 G 1 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....92
Şekil Ek.21 G 2 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....93
Şekil Ek.22 G 3 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....94
Şekil Ek.23 G 4 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....95
Şekil Ek.24 G 5 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....96
Şekil Ek.25 G 6 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....97
Şekil Ek.26 G 7 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....98
Şekil Ek.27 G 8 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....99
Şekil Ek.28 G 9 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....100
Şekil Ek.29 G 10 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....101
Şekil Ek.30 G 11 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....102
Şekil Ek.31 G 12 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....103
Şekil Ek.32 G 13 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....104
Şekil Ek.33 G 14 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....105
Şekil Ek.34 G 15 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....106
Şekil Ek.35 G 16 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....107
Şekil Ek.36 G 17 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....108
Şekil Ek.37 G 18 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....109
Şekil Ek.38 G 19 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....110
Şekil Ek.39 K 1 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....111
Şekil Ek.40 K 2 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....112
Şekil Ek.41 K 3 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....113
Şekil Ek.42 K 4 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....114
Şekil Ek.43 K 5 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....115

Şekil Ek.44 K 6 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....116
Şekil Ek.45 K 7 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....117
Şekil Ek.46 K 8 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....118
Şekil Ek.47 K 9 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....119
Şekil Ek.48 K 10 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....120
Şekil Ek.49 K 11 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....121
Şekil Ek.50 K 12 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....122
Şekil Ek.51 K 13 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....123
Şekil Ek.52 K 14 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....124
Şekil Ek.53 K 15 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....125
Şekil Ek.54 K 16 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....126
Şekil Ek.55 K 17 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....127
Şekil Ek.56 K 18 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....128
Şekil Ek.57 K 19 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği....129

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1 Betonda bulunan gerçek malzeme miktarları (kg/m^3).....33
Çizelge 3.2 Beton Küp Numunelerin 7 Günlük Basınç Dayanım Deney Sonuçları.....36
Çizelge 3.3 Kimyasal Yapıştırıcının Teknik Özellikleri.....45
Çizelge 4.1 Çapı 12 mm Olan Klipsli Çelik Dubellerin En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi.....61
Çizelge 4.2 Çapı 12 mm Olan Gömlekli Çelik Dubellerin En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi..63
Çizelge 4.3 Epoksi İle Yapılan Ankrajların En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi.....65
Çizelge Ek.1 EPK 1 Numunesinin Verileri.....73
Çizelge Ek.2 EPK 2 Numunesinin Verileri.....74
Çizelge Ek.3 EPK 3 Numunesinin Verileri.....75
Çizelge Ek.4 EPK 4 Numunesinin Verileri.....76
Çizelge Ek.5 EPK 5 Numunesinin Verileri.....77
Çizelge Ek.6 EPK 6 Numunesinin Verileri.....78
Çizelge Ek.7 EPK 7 Numunesinin Verileri.....79
Çizelge Ek.8 EPK 8 Numunesinin Verileri.....80
Çizelge Ek.9 EPK 9 Numunesinin Verileri.....81
Çizelge Ek.10 EPK 10 Numunesinin Verileri.....82
Çizelge Ek.11 EPK 11 Numunesinin Verileri.....83
Çizelge Ek.12 EPK 12 Numunesinin Verileri.....84
Çizelge Ek.13 EPK 13 Numunesinin Verileri.....85
Çizelge Ek.14 EPK 14 Numunesinin Verileri.....86
Çizelge Ek.15 EPK 15 Numunesinin Verileri.....87
Çizelge Ek.16 EPK 16 Numunesinin Verileri.....88
Çizelge Ek.17 EPK 17 Numunesinin Verileri.....89
Çizelge Ek.18 EPK 18 Numunesinin Verileri.....90
Çizelge Ek.19 EPK 19 Numunesinin Verileri.....91
Çizelge Ek.20 G 1 Numunesinin Verileri.....92
Çizelge Ek.21 G 2 Numunesinin Verileri.....93
Çizelge Ek.22 G 3 Numunesinin Verileri.....94
Çizelge Ek.23 G 4 Numunesinin Verileri.....95
Çizelge Ek.24 G 5 Numunesinin Verileri.....96
Çizelge Ek.25 G 6 Numunesinin Verileri.....97
Çizelge Ek.26 G 7 Numunesinin Verileri.....98
Çizelge Ek.27 G 8 Numunesinin Verileri.....99
Çizelge Ek.28 G 9 Numunesinin Verileri.....100
Çizelge Ek.29 G 10 Numunesinin Verileri.....101
Çizelge Ek.30 G 11 Numunesinin Verileri.....102
Çizelge Ek.31 G 12 Numunesinin Verileri.....103
Çizelge Ek.32 G 13 Numunesinin Verileri.....104
Çizelge Ek.33 G 14 Numunesinin Verileri.....105
Çizelge Ek.34 G 15 Numunesinin Verileri.....106
Çizelge Ek.35 G 16 Numunesinin Verileri.....107
Çizelge Ek.36 G 17 Numunesinin Verileri.....108
Çizelge Ek.37 G 18 Numunesinin Verileri.....109
Çizelge Ek.38 G 19 Numunesinin Verileri.....110
Çizelge Ek.39 K 1 Numunesinin Verileri.....111
Çizelge Ek.40 K 2 Numunesinin Verileri.....112
Çizelge Ek.41 K 3 Numunesinin Verileri.....113
Çizelge Ek.42 K 4 Numunesinin Verileri.....114
Çizelge Ek.43 K 5 Numunesinin Verileri.....115
Çizelge Ek.44 K 6 Numunesinin Verileri.....116
Çizelge Ek.45 K 7 Numunesinin Verileri.....117

Çizelge Ek.46 K 8 Numunesinin Verileri....118
Çizelge Ek.47 K 9 Numunesinin Verileri....119
Çizelge Ek.48 K 10 Numunesinin Verileri....120
Çizelge Ek.49 K 11 Numunesinin Verileri....121
Çizelge Ek.50 K 12 Numunesinin Verileri....122
Çizelge Ek.51 K 13 Numunesinin Verileri....123
Çizelge Ek.52 K 14 Numunesinin Verileri....124
Çizelge Ek.53 K 15 Numunesinin Verileri....125
Çizelge Ek.54 K 16 Numunesinin Verileri....126
Çizelge Ek.55 K 17 Numunesinin Verileri....127
Çizelge Ek.56 K 18 Numunesinin Verileri....128
Çizelge Ek.57 K 19 Numunesinin Verileri....129

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACI	Amerikan Beton Kurumu
ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği
CCD	Kapasite Dizaynı
PÇ	Portland Çimento
TS	Türk Standartları
E	Elastisite Modülü
ε	Şekil Değiştirme
σ	Gerilme
f_c	Karakteristik Beton Basınç Dayanımı
f_{ct}	Beton Çekme Dayanımı
S420a	Sıcak Haddeleme İşlemi ile İmal Edilen Donatı
C	Beton Sınıfı
EPK	Epoksi Ankraj Yük Taşıma Kapasitesi
K	Klipsli Çelik Dubellerin Ankraj Yük Taşıma Kapasitesi
G	Gömlekli Çelik Dubellerin Ankraj Yük Taşıma Kapasitesi

1. GİRİŞ

Ülkemizde son yılarda yaşadığımız depremler ve mevcut yapıların incelenmesi sonucunda, hasar gören ve dayanımları yetersiz olduğu tespit edilen yapıların dayanımlarını artırmak için güçlendirme yöntemleri uygulamaları önemli bir konu haline gelmiştir. Yapıların güçlendirilmesinde farklı ankraj uygulamaları yapılmaktadır.

Yapıların mevcut haliyle yani sertleşmiş betonda onarım veya güçlendirme uygulamalarında çelik veya betonarme elemanların eklenmesiyle oluşmaktadır, ilave elemanların eklenmesinde kimyasal ankrajlar ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Kimyasal ankrajların; düşük maliyetli, pratik uygulanabilir, yüksek dayanım ve yapışma özeliğine sahip olması gibi özelikleri nedeniyle tercih edilmektedir.

Bu tez çalışması ile sertleşmiş betonda ankraj yapmak için yaygın olarak kimyasal (epoksi) ankrajların ve çelik dubellerin ankraj dayanımlarını belirlemeye yönelik deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma neticesinde elde edilen bulgulara bağlı olarak kullanım amacına ve ankaraj dayanımına göre uygun çelik dubellerin şeçimi kolaylaşmış olacaktır. Çalışmanın bir başka hedefi de epoksi kullanılarak yapılan ankrajla, çelik dubel kullanılarak yapılan ankrajların eksenel çekme dayanımlarının karşılaştırılmasıdır. Çalışma konusu ile ilgili literatür incelendiğinde çelik dubellerin ankraj dayanımlarının belirtildiği kaynakların çok az ve içeriğinin yetersiz olduğu görülmüştür. Yapıların onarım ve güçlendirme çalışmalarında, makina ve ev eşyalarının sabitlenmesinde yaygın olarak kullanılan çelik dubellerin ankraj dayanımlarının belirlendiği bu çalışma ile literatürde tespit edilen eksiklik, kısmen giderilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde sertleşmiş betona epoksi ve çelik dübeller ile ankraj yapılması konusunda yer alan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Sağbaş (2002), "Betonarme Döşemelerin Dübeller İle Güçlendirmesi Hakkında Deneysel Bir Çalışma" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, döşemelerin imalat esnasında yetersiz donatı eksikliği, erken kalıp sökümü yanlışlığı, döşeme kalınlığının açıklığına göre narin oluşu ve beton kalitesinin ön görülen kaliteden düşük olması gibi benzer imalat hataların sonucunun doğurduğu sehim ve çatlaklar gibi zararlar oluşturabileceğini belirtmiştir. Bu zararlar deprem gibi afetlerin sonucunda daha da belirgin oluşmaya başlar dolayısıyla bu tarz hasarların sonucunda onarım ve güçlendirme çalışmalarının olması gerektiği sonucuna varılır. Yapılan güçlendirme ile döşemelerde eski beton ile yeni yapılacak beton arasında çelik dübeller uygulanarak, döşemelerin taşıma gücünü ve sehim veya oluşabilecek çatlakların önlenmesi konularının oluşturduğu etkiyi araştırmak için deneysel çalışma yapılmıştır. Döşemelerin güçlendirmesinde uygulanan çelik dübel sayıları arttırılarak döşemedeki davranış değişikliği gözlenmiştir. Uygulanan çelik dübel sayıları değiştirilerek 12 adet deney numunesi üretilmiş ve çelik dübel sayıların döşeme üzerindeki etkisi incelenmiştir. Döşemelerde 20x20'lik bir plaka ile yük yayılarak döşemenin orta noktasında tekli yük uygulanmıştır. Yapılan deneysel çalışmaya paralel olarak, yapılan kuramsal çalışmada elde edilen sonuçları karşılaştırmak için deney sistemi sonlu elemanlar yöntemiyle Sap2000 bilgisayar programıyla modellemiştir. Her iki çalışma sonucunda çıkan sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın bundan sonra yapılacak benzer çalışmalara önemli faydalı bir kaynak olması hedeflenmiştir.

Özturan, Gesoğlu, Özel ve Güneyisi (2004), "Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları" adlı İMO Teknik Dergi çalışmasında; yalın, çelik lif katkılı normal ve yüksek dayanımlı beton bloklar üzerine yerleştirilen kimyasal, harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajlar ile ilgili

toplamda 130 adet deney yapılmıştır. Sertleşmiş betona sonradan yerleştirilen ankrajların statik çekme, tekrarlı çekme ve statik kesme yüklemesi altındaki yük-deplasman davranışları, yük taşıma kapasitelerini ve göçme modlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmanın sonucunda; ankrajlar arası uzaklık ve kenar uzaklıklar ASTM E 488'de verilen minimum değerlerini derin ankrajlar için yeterli olduğu ancak sığ ve orta derinlikteki ankrajların yetersiz olduğu gözlenmiştir. Statik çekme yükleri altındaki kimyasal ve harçlı ankrajların taşıma kapasiteleri beton basınç dayanımının artmasıyla ortalama %30 oranında artmakta ancak, genişleyen tip mekanik ankrajlarda ise bu oran daha da azdır. Çelik lif katkılı betonda ankrajın daha sünek bir davranış göstermesine neden olduğu, beton üzerindeki basınç dayanımı artmasıyla ankraj yük taşıma kapasitesini artırıldığı, ankraj çapı ve filiz ekme boyunun artmasıyla ankraj göçme yükünün artığını ve tekrarlı yükleme altındaki ankraj rijitliğinde azalma görüldüğü sonuçlarına varılmıştır.

Seyhan (2006), "Kimyasal Ankrajların Davranışlarının İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, düşük dayanımlı beton olarak sınıflandırılan (C16 sınıfı gibi) betonlara ankraj yapılmasını araştırmıştır. Bu çalışma kapsamında ekilen filizleri için kimyasal yapıştırıcı, donatı çapı, ankrajın delik çapı, ankraj deliklerin hazırlanması ve ankrajın derinliği gibi parametrelerin ankraj dayanımını nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu çalışmada ankraj, kimyasal ve mekanik ankrajlar olmak üzere 2 grup sınıflandırmıştır. Betonarme binaların onarım ve güçlendirme çalışmalarında, donatı ekiminde en yaygın olarak kimyasal ankrajların kullanıldığı vurgulanmıştır. Donatı çapı, gömülme derinliği, kimyasal yapıştırıcının kalitesi, ve delik yüzeyinin temizliği gibi ankraj dayanımını belirleyen parametrelerden en önemlisinin kimyasal yapıştırıcı kalitesi olduğunu belirlemiştir. Ankraj derinliğinin artmasıyla birlikte ankraj dayanımının da arttığı gözlemlemiştir.

Gürbüz, Seyhan, İlki ve Kumbasar (2007), Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferans Bildirisinde, farklı dayanımlara sahip iki farklı beton blok içeresine, farklı tipte kimyasal yapıştırıcı kullanılarak ankraj donatı çapının (Φ16 ve Φ20) ve ankraj derinliğinin (6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ) değişken olarak incelendiği 24 adet ankraj numunesinin çekip çıkarma deneyi yapılmış ve deneysel çalışmada yük-

yerdeğiştirme ilişkileri, eksenel yük kapasiteleri, göçme biçimleri gözlemlenmiştir. Ankraj numunelerin uygulandığı beton blokları 12 MPa ve 16 MPa olduğu düşük dayanımlı beton kalitesini temsil edecek şekilde iki farklı beton kullanılmıştır. Beton konisi şeklinde göçme olacak şekilde deney düzeneği tasarlanmıştır. Deney düzeneğinde M1 ve M2 kimyasal yapıştırıcılar kullanılmıştır. M1 kimyasal yapıştırıcılarının 9-10 MPa seviyesinde bir dayanımlarının olduğu, M2 kimyasal yapıştırıcılarda ise 4-5 MPa seviyesinde dayanım sağlayan yapışma özeliğine sahip oldukları gözlenmiş bu durum ankraj dayanımın kapasitesinde kimyasal yapıştırıcıların çok büyük etkisi olduğunu göstermiştir.

Kaya (2007), "Yapıların Güçlendirilmesi Uygulamalarında Kullanılabilecek Kısmi Bağlı Ankraj Detayı ve Yüzey Temizliği Koşulları Altında Ankrajların Eksenel Çekme Davranışlarının İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, sıkça kullanılan epoksi bazlı kimyasal ankraj malzemesi ile 14 MPa basınç dayanımına sahip betonlarda kullanılan kimyasal yapıştırıcılar, delik çapı ve ankraj da kullanılan donatı çapı (16 mm) gibi değerler sabit tutularak farklı ankraj derinliği ve yüzey koşullarındaki statik çekme ve eksenel çekme davranışlarını araştırmıştır. Ankrajlar kısmi bağlı ve tam bağlı olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmiş olup, ankraj çapların katları olacak şekilde ankraj derinlikleri seçilmiştir. Derinlik artınca tam bağlı ankraj numunelerin göçme yükleri doğrusal olarak artarken, kısmi bağlı olan ankraj numunelerinin hepsinde sıyrılma ve göçme olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; ankraj derinliği beton plak kalınlığının %75'inden daha derin olması durumu sakıncalı olduğu ve problem teşkil edileceği ifade edilmiştir. Tam bağlı ankraj aynı derinlikte kısmi bağlı ankraja göre iki kat daha az dayanıma sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Gürbüz (2007), "Yapıların Güçlendirmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, onarım ve güçlendirme projelerinde sıklıkla kullanılan kimyasal ankrajların, ankrajın delik koşulları, ankraj delik parametreleri gibi durumları göz önünde bulundurarak eksenel çekme deneyleri yapmıştır. Ankraj uygulamalarında kısmi bağlı ve tam bağlı ankrajlar ele alınmıştır. Deneyde beton basınç dayanımını

12,7 MPa olarak kabul edilmiş, ankraj çubuk çapı 16 mm, ankraj delik çapı 22 mm olacak şekilde sabit tutulmuştur. Deneyleri ankraj çubuklarını çekip çıkarma testi yapılmış, 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ derinlikleri kullanılmış ve toplamda 85 adet numune teste tabi tutulmuştur. Kısmı bağlı ankrajların tam bağlı ankrajlara oranla daha yüksek göçme dayanımına ulaştığı gözlemlenmiştir. Temizlenen ankraj deliklerine yapılan ankrajların temizlenmemiştir. ankraj deliklerine oranla %40 fazla yük kapasitesinin olduğu gözlemlenmiştir. Nemli ortamlarda ankrajların göçme yüklerinin %30 oranda azaldığını gözlemlenmiş ve sonuç olarak kimyasal yapıştırıcıların performansı yani yapışma dayanımları üretici firmaların vermiş olduğu dayanım değerin üstünde bir değer olduğu sonucuna varmıştır.

Çalışkan (2010), "Mevcut Betonarme Binaların Dış Perde Duvar İle Güçlendirmesinde Ankraj Uygulamalarının Deneysel Olarak Araştırılması" adlı Doktora tez çalışmasında, beton dayanımları 5-25 MPa, ankraj çapı 12-20 mm ve ankraj derinliği 10Φ-20Φ aralığında değişken tutulmuş ve 48 adet ankraj deneyi ile tekrarlı-tersinir kesme yükleri altında davranışları incelenmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında düşük ve normal beton dayanımlarını etkileyen ankrajların kesme davranışlarını incelenmiştir. Deneysel çalışmanın sonucunda, ankrajların gömülme oranıyla beton basın dayanımın üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını, ankraj çapları artıkça kesme kuvvetinin artığı görülmüştür. deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik(2007)'te ankraj çapı için verilen 16 mm alt sınırının yetersiz olduğu ve 16 mm den daha üst sınır belirlenmesi uygun olacağına kanaat getirmiştir. Deneysel çalışmanın ikinci aşamasında ise, birinci aşamasından elde edilen verileri kullanarak düşük ve normal beton dayanımlarına sahip çerçevelere güçlendirme perdeleri farklı ankraj bağlantılarıyla bağlanmıştır. Ankrajlar kolon ve kirişlere mevcut ankrajları farklı oranlarda azaltılarak ekilmiştir. Deneylerin tekrar edilmesi sonucunda kolonlara yapılan ankrajların gereken ankraj miktarının %70'ine kadar azaltılabileceği fakat üst kat kirişine ek ankraj yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Özen (2010), "Düşük ve Normal Dayanımlı Betonlarda Epoksi Ankrajların Çekme Davranışı" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, epoksi bazlı kimyasal

ankrajların düşük ve normal dayanıma sahip betonlarda çekme dayanımlarını incelemiştir. Bu deneysel çalışmada 337 adet ankraj numuneleri, betonu 2-25 MPa basınç dayanımı arasında değişen betonarme elemanlarına S420a ve S420b donatı çubukları ekilmesiyle çekme testine tabi tutulmuştur. Deneysel çalışma sonucunda, ankraj çubukların kenar uzunlukları donatı çapının en az 15 kat kadar olması gerektiği belirlenmiştir. ACI 318 ankraj normal kapasitesinin yaklaşımı %95 güvenli olarak alınmaktadır. Yalnız, S420a ve S420b deney elemanlarında bu değer aynı olmayıp, S420a deney elemanı %82'sinde ACI 318 normal dayanımı aşılabilmektedir. S420a kimyasal ankrajların çekme dayanımları ACI 318 yönteminin daha büyük dayanım azaltma katsayıları ile kullanılabileceği görülmüş, S420b deney elemenında ise bu değer %37'ye düşmekte olup, S420b donatı elemanı ile yapılan ankrajlar için ise ACI 318 yönetmeliğinin kullanılması önerilmediği sonucuna varılmıştır.

Çalışkan Değirmenci, Aydoğan, Aras ve Çerçevik (2015), "Ankrajlarda Epoksi Kullanımı" adlı Derleme Makalesinde, onarım ve güçlendirme ya da yapıların deprem kuvvetlerine karşı dayanımını artırmak için ve donatı korozyonu, sehim, yangın hasarları gibi problemleri elimine edilmesine yönelik tespitlerde bulunmuştur. Epoksi reçineleri yaygın olarak kullanılan polimer kaynaklı bir malzeme olup özelikle onarımlarda, çatlakların doldurulup onarılmasında ve sonradan betonun içine ekilecek olan donatı filizlerinde kullanılmaktadır. Epoksi malzemeleriyle ilgili geniş çaplı teknik araştırma çalışması yapılmış ve onarım ve güçlendirme çalışmalarında epoksinin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelikleri ele alınmış ve uygulama alanları incelemiştir. Sonuç olarak kimyasal ankrajların performansları değerlendirmiştir. Onarım ve güçlendirmede kullanılan epoksili ankrajların davranışları açıklamış ve uygulamada dikkat edilmesi gereken kurallar üzerinde durulmuştur.

Yoldaş (2015), "Çelik profillerle Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerde Çelik Dübellerin Performans Analizinin Deneysel Olarak Araştırılması" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, betonarme yapılarda uygulanacak güçlendirme yöntemlerinden biri olan çelik çapraz profillerle güçlendirme yöntemini araştırmıştır. Betonarme çerçevenin gelebilecek yatay ve düşey yük dayanımlarının artırılması için kolon-

kiriş birleşim bölgelerinde çelik profilleri çelik dübellerle ankraj edildiği çapraz profillerin bu plakalara kaynak yapılarak oluşturduğu sistemin etkisini incelemiştir. Beton dayanımları göz önünde bulundurarak ankraj dübellerin performansını gözlenmiş, bu süreçte farklı taktikler uygulanarak (ankraj boyu, ankraj delik çapı ve sayısı gibi) etkenler arasında değişikler yapılarak deneysel çalışma yapılmış ve bu çalışmanın ankraj dübellerin performansına olan etkisi araştırılmıştır.

Aydoğan (2015), "Kimyasal Ankrajlarda Çap, Gömme Derinliği ve Kenar Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisi" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, ankraj derinliği çapların 5, 10, 15 ve 20 katı alınmış ve kenardan uzaklıkları ise çapın 5, 7.5, 10, 15 ve 20 katı olarak kabul görülüp ekilmiştir. Beton basınç dayanımı ortalama olarak 27 MPa olan ve S420a donatıdan oluşan toplam 80 adet ankraj ekilerek çekme testine tabi tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda yük ve deplasman değerleri ölçülerek numunelerin yük-deplasman grafikleri çizilmiş ve hangi moda göçtükleri belirlenmiştir. Deneysel çalışmada ankraj çapı, ankrajın beton kenar mesafeleri ve ankraj ekme derinliği parametrelerine göre değerlendirmelerde bulunulmuştur. Deneysel çalışma sonuçları ile ACI 318 Ek-D'nin öngördüğü kapasite ve dayanım değerleri ile karşılaştırılarak güvenlik katsayıları bulunmuştur. Sonuç olarak değerlendirme yapıldığında, çekme kuvveti ile orantılı olarak artan ankraj çapı ve kenar mesafesi arttıkça arttığını, çekme kuvvetin ise ankraj ekme derinlik çapının 15 katına kadar arttığı devamında ise azaldığı tespit edilmiştir. Çap artmasıyla güvenlik katsayının azaldığı sonucuna varılmıştır.

Beyazıt (2016), "Betonarme Elemanlarda Donatı Oranının Ankraj Uygulamalarına Etkisinin Araştırılması" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, ankraj yapılan yapı elemanlarında farklı miktarlarda donatı oranlarını yerleştirilmiş ve ankraj dayanımına olan etkisini belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda etriye aralığı farklı olan 4 adet kolon elemanı üretilerek ankraj yapılan yapı elemanlarındaki donatı miktarının ankrajın dayanımına olan etkisini gözlemlenmiştir. Kolonların üzerine 6Φ, 8Φ, 10Φ ve 12Φ derinliklerinde 48 adet 16 mm çaplı ankrajlar yerleştirilmiş ve yerleştirilen ankrajların üzerinde eksenel çekme testi yapılmıştır. Sonuç olarak değerlendirme yapıldığında, donatı miktarı ve etriye aralığı

değişmesinde dayanıma pek fazla etki etmediğini fakat göçme modlarını etkilediği tespit edilmiş ve dayanımı etkileyen en önemli faktörün ankrajın derinliği olduğunu sonucuna varılmıştır.

Sansak (2019), "Ankraj Çubuklarının Çekme Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, sertleşmiş beton ve taze betona yerleştirilen kimyasal ankrajların eksenel çekme dayanımlarını araştırılmıştır. Deneysel çalışma ile ankraj dayanımların etkisini bulmak istenilen ankrajın çapı, ankrajın taze veya sertleşmiş betona kimyasal yapıştırıcı ile ekilmesi ve ankrajın galvanizle kaplı olması veya olmaması durumları incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken, ankrajın donatı cinsi, betona ait özelikler, ankraj gömülme derinliği, kimyasal yapıştırıcıların cinsi vs. gibi faktörleri sabit tutulmuştur. Yapılan deneysel çalışma sonucunda, ankraj çapının artmasıyla dayanım arasında doğru bir orantı olduğu ve sertleşmiş betonda kimyasal yapıştırıcı kullanılarak sonradan ekilen ankrajın, taze betona yerleştiren ankraja göre dayanımların önemli ölçüde azalma olduğunu gözlenmiştir.

Ağdağ (2019), "Kimyasal Ankraj Çekme Dayanımını Etkileyen Faktörler" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasında, ankrajların kimyasal yapıştırıcıyla ekilmesi, gerek kolay uygulanabilirlik açısından olsun gerekse hızlı uygulanabilir olması ve yüksek yapışma dayanımına sahip olması nedeniyle en çok tercih edilen yöntem olarak kabul edilmiştir. Bu kimyasal ankrajlarda çekme dayanımlarını etkileyen faktörleri araştırılmıştır. Araştırmada farklı çap (12, 16, 20) mm, derinlik olarak ankraj çubukların çapın (5, 10, 15, 20) mm katı derinliğinde farklı ortam koşularına bağlı olarak kimyasal ankrajların çekme kuvvetini incelenmiştir. Bu durumda ankraj derinliğinin temizliği, nem ve sıcaklık durumları değişken olarak kabul edilerek deneyler yapılmıştır. Yapılan çekip-çıkarma deneylerin sonucunda; ankrajların derinlik, farklı çap ve ortam koşularındaki yük-deplasman eğrileri, göçme modları, eksenel yük kapasiteleri, deplasman süneklik oranları, rijitlik ve enerji yutma kapasiteleri parametreleri belirlenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda, ankrajların ekileceği deliklerin temizliği, ortamın ve ankrajların nem durumu ve ortamın sıcaklığı kimyasal ankrajların dayanımını etkilediği görülmüştür. Ankrajlardan

istenilen performansın edilebilmesi için belirtilen hususlara dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Sertleşmiş betona epoksi ile ankraj ve çelik dübel ile ankraj yapılmasının karşılaştırılması için yapılan deneysel çalışmaların, çekme deneyinde 150x150x132 mm ebatlarında beton numuneler kullanılmıştır. Beton numunelerin 150x150x132 mm ebatlarında elde edilmesi için 150x150x18 mm boyutlarında 57 adet plywood plak yapılmış ve beton numune kalıbın altına yerleştirilmiştir. Numunelerden, 19 adet klipsli çelik dübel, 19 adet gömlekli çelik dübel olmak üzere 38 adet çelik dübel ve 19 adet de donatı çubuğunun epoksi ile ankrajı olmak üzere toplamda 57 adet deney yapılmıştır. Çekme deneyi için 2 farklı çelik dübel çeşidi ve 1 adet epoksi ile ankraj yapılması için betonarme donatı çubuğu kullanılmıştır.

Çelik dübel çeşitlerinden olan klipsli dübel Ø12 mm çapında ve 110 mm boyunda kullanılmıştır. İkinci çelik dübel çeşidi gömlekli dübel Ø12 mm çapında ve 110 mm boyunda seçilmiştir. Epoksi ile ankraj yapılmasında kullanılan donatı çubuğu Ø12 mm çapında ve 400 mm boyutlarında kullanılmıştır. Ebatları Ø12x110 mm olan çelik dubellere, LVDT takılabilmesi için ebatları Ø10x90 mm boyutlarında düz donatı kaynak edilmiştir. Dolayısıyla toplam çelik dübellerin boyu 200 mm olmuştur. Dübellerin çekme deneylerin yapılması için Ø20x250 mm boyutlarında olan demir çubuğun bir tarafına torna ile Ø12x50 mm yiv açılarak çekme çeneleri ile bağlantı sağlayacak bir aparat kullanılmıştır. Bu aparatın fotoğrafı fotoğrafı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Ankraj ekiminde kimyasal yapıştırıcı olarak BASF marka hızlı priz alan stiren içermeyen epoksi kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çelik dubel çekme aparatı

Bu bölüm de epoksi ankraj yapılması ve çelik dübeller ile ankraj yapılmasının çalışma prensipleri, deneysel çalışma yöntemleri, deneysel çalışmada dikkat edilmesi gereken hususlar, kullanılacak malzeme seçimi, çelik dübeller hakkında bilgi kullanım şekli ve deneysel çalışmalar ile ilgili konu başlıkları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1 Ankrajlar İle İlgili Genel Bilgiler

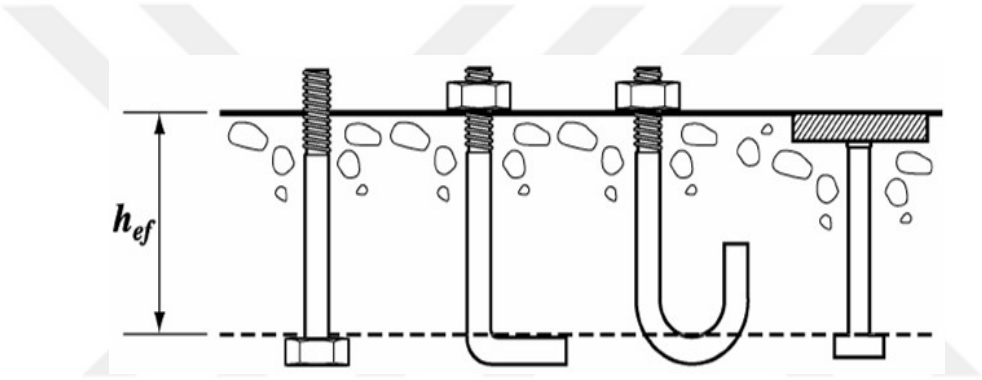
Ülkemizde sıklıkla meydana gelen depremler sonucunda, yapıların onarım ve güçlendirmesine olan ilgi ve alaka daha da çok önem görmektedir. Yapıların onarım ve güçlendirmesinde, yüksek yapışma dayanımlarından, düşük maliyetli olmasından, kolay ve hızlı uygulanabilir olmaları gibi sebeplerden ötürü kimyasal ankrajlar sıklıkla kullanılmaktadır.

Betona uygulanan ankrajları Amerikan Beton Kurumu (ACI) Şekil 3.2'de gösterildiği gibi; betonlama esnasında uygulanan ankrajlar (cast-in-place anchors) ve betona sonradan yerleştirilen yani sertleşmiş betona uygulanan ankrajlar (past-installed anchors) olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir. (ACI Committee 355, 1991).



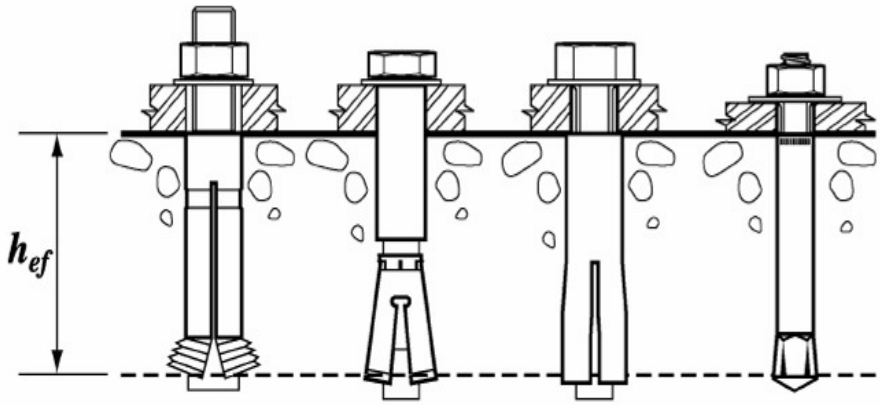
Şekil 3.2. Betona Uygulanan Ankraj Çeşitleri

Taze betona uygulanan ankrajları ve ankraj da kullanılan farklı türlerdeki ekilen filiz ve kanca çeşitlerin Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



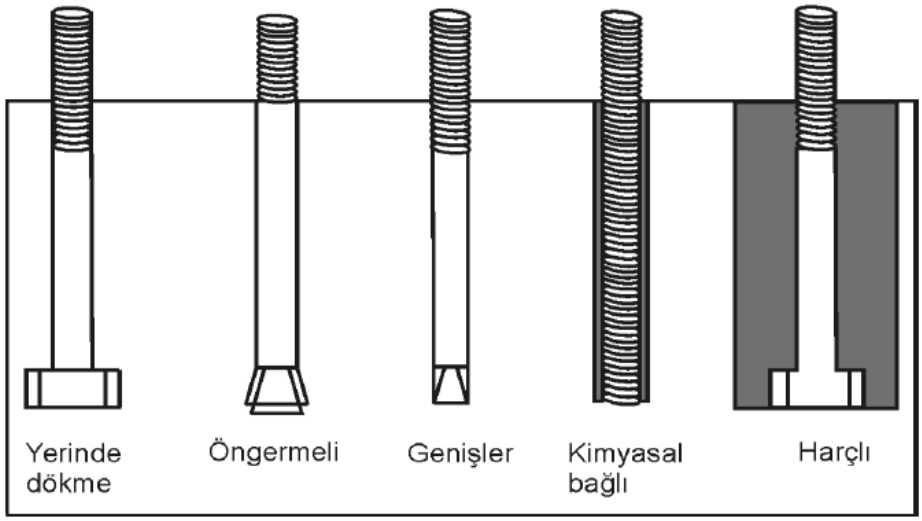
Şekil 3.3. Taze betona uygulanan ankrajlar (ACI 318, 2005)

Betona sonradan yerleştirilen yani sertleşmiş betona sonradan uygulanan ankraj elemanları genellikler onarım ve güçlendirme işlerinde kullanılmaktadır. Bu şekilde ankrajlar ile uygulan yapılar betonarme yapılara ek bir kuvvet şeklinde eklenmektedir, Şekil 3.4'de gösterildiği gibi sertleşmiş betona sonradan yerleştirilerek eklenen ankrajlar, betonda açılan silindir şeklindeki deliğe yerleştirilen ve genişleyerek betona sürtünme kuvveti yolu ile yük aktararak oluşan elemanlardır.



Şekil 3.4. Sertleşmiş betona sonradan uygulanan ankrajlar (ACI 318, 2005)

Değişik amaçlar doğrultusunda uygulanan ankraj tipleri Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Ankraj tipleri (ACI 318, 2005)

Burada harçlı ankrajlar ve kimyasal bağlı ankrajlar bağ tipi ankrajlardır, öngermeli ankrajlar ve genişler ankrajları mekanik ankrajlardır. Dolayısıyla mekanik ankrajlar ve bağ tipi ankrajlar, sertleşmiş betona sonradan yerleştiren ankraj tipleridir. Yerinde dökme ankraj çeşidi de taze betona yapılan ankraj tipidir.

3.1.1.1. Sertleşmiş Betona Yapılan Ankrajlar

Sertleşmiş betonlara sonradan uygulanan ankrajların, bağ tipi ve mekanik ankrajlar olduğunu, bağ tipi ankrajlar kendi içinde harçlı ve kimyasal bağlı ankrajlar olduğunu, kimyasal ankrajlar ise kendi içinde öngermeli ve genişler ankrajlar olduğun önceki bölümde belirtilmiştir.

Sertleşmiş betona sonradan yerleştirilen ankrajlar, genelikle onarım ve güçlendirme yapılacak yapılarda taşıyıcı sisteme yeni betonarme elemanlar eklenmesine uygun ortam oluşturacak şekilde kullanılır. Betona sonradan yerleştirilen ankrajlar, betonda açılan silindir şeklindeki deliğe yerleştirilen ve delik içerisinde genişleyen betona sürtünme kuvvetleri yolu ile yük aktaran elemanlar ve betona açılan deliğe yerleştirildikten sonra delik cidarı ile arasındaki boşluk bağlayıcı bir malzeme ile doldurulan elemanlar olmak üzere iki guruba ayrılır. Bağlayıcı malzeme açısından da bağlayıcısı polimer esaslı olanlar ve çimento esaslı döküm harçlı olanlar olmak üzere farklı ankraj türlerine rastlanılabilir (Özkul vd., 2001).

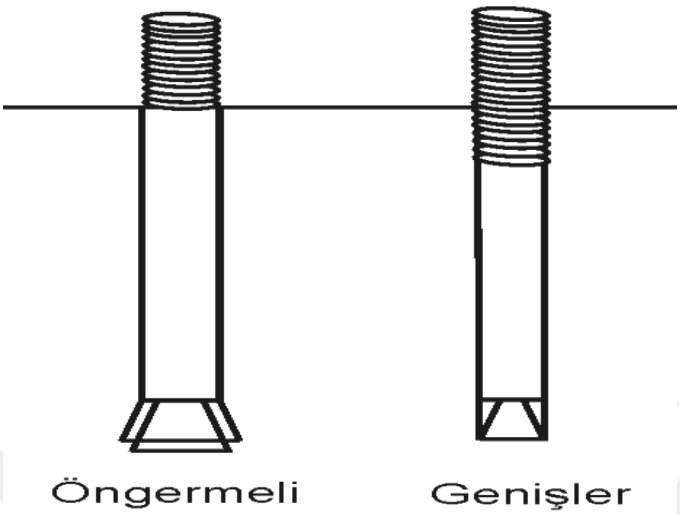
Kimyasal ankrajlar, maliyet ve uygulama kolaylığı yönünden en çok tercih edilen ankraj tipidir. Ankrajlarda uygulanan çekme yüklerini monte edildikleri beton içerisinde ankrajın bağlı olduğu derinlik boyunca oluşabilecek aderans gerilmeleri sayesinde aktarılır. Kimyasal ankrajlarda aderansı etkileyen bileşenler; epoksi ile beton arasındaki sürtünme, epoksi ile çelik arasındaki sürtünme, epoksi ile beton arasında oluşan kimyasal bağ, epoksi ile çelik arasında oluşan kimyasal bağ, çelik üzerindeki mekanik diş kuvvetleridir (Gürbüz, 2007).

Kimyasal ankrajlarda, donatı-epoksi ara yüzeyindeki veya beton-epoksi ara yüzeyindeki tutunmayı sağlayan kayma gerilmelerine aderans denir. Betona sonradan yerleştirilen ankrajlar çekip çıkarma kapasitesi önceden taze betona yerleştirilen ankrajlardan %10 daha düşüktür (Muratlı vd., 2004).

3.1.1.1.1. Mekanik Ankrajlar

Mekanik ankrajlar, Şekil 3.6'de görüldüğü gibi ön germeli ve ucu genişler olmak üzere iki tip ankraj vardır. Mekanik ankrajlar, etkisi altında oldukları kuvveti

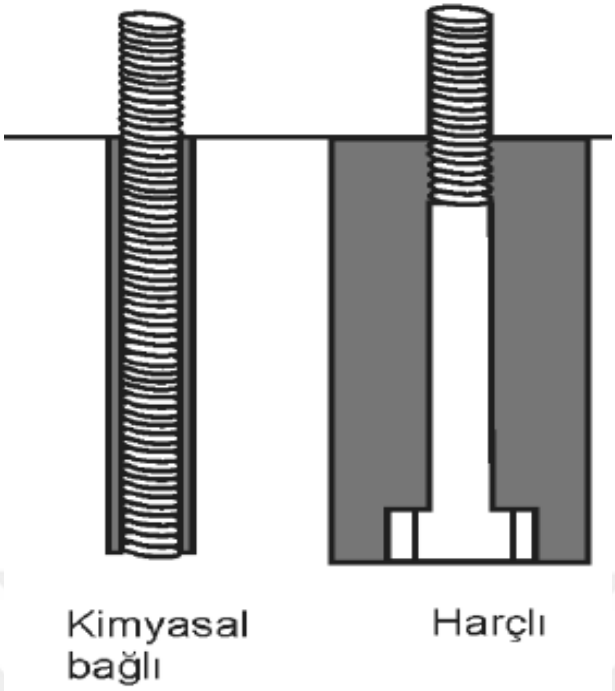
derinlik boylarınca meydana gelen mekanik sürtünme ve kilitlenme mekanizmaları ile betona aktarılır.



Şekil 3.6. Mekanik ankrajlar

3.1.1.1.2. Bağ Tipi Ankrajlar

Bağ tipi ankrajlar, Şekil 3.7'da görüldüğü gibi kimyasal bağlı ve harçlı ankrajlar olmak üzere iki tip ankraj vardır.



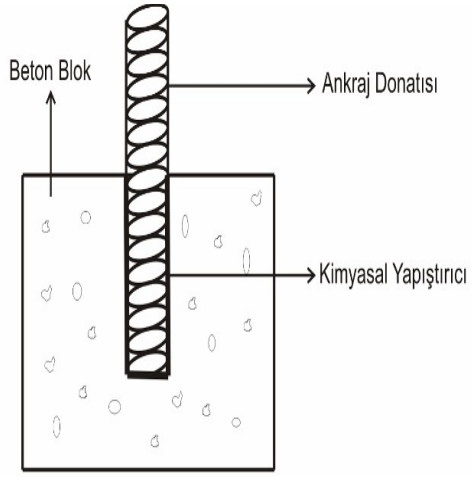
Şekil 3.7. Mekanik ankrajlar

3.1.1.1.2.1. Kimyasal Bağlı Ankrajlar

Kimyasal ankrajlar, maliyet ve uygulama kolaylığı yönünden en çok tercih edilen ankraj türüdür. Yapıların güçlendirmesinde sıklıkla kullanılan kimyasal ankrajlar Şekil 3.8'de gösterildiği gibi temel bileşenleri; ankraj donatısı, kimyasal yapıştırıcı ve beton blok olmak üzere üç temel bileşenden oluşur. Kimyasal ankrajlar, derinlikleri boyunca etkisi altında olduğu kuvveti oluşan aderens gerilmeleriyle betona aktarılırlar. Kimyasal ankrajların uygulamaları, ankraj çubuğuna göre açılan ankraj derinliği iyice kurulayıp temizlendikten sonra, kimyasal yapıştırıcı ile açılan deliği doldurulup, ankraj çubuğu yavaş bir şekilde döndürülerek ekilir. Dolayısıyla beton ile ankraj çubuğu arasındaki yapışmayı, bağlayıcı kimyasal madde sağlar ve ankraj çubuğunun betonla birlikte çalışmasını sağlar. Kimyasal ankrajların tasarımı ve uygulaması çekme dayanımları üzerinde önemli etkilere sahiptir o yüzden uygulama esnasında özen göstermeleri gerekmektedir.

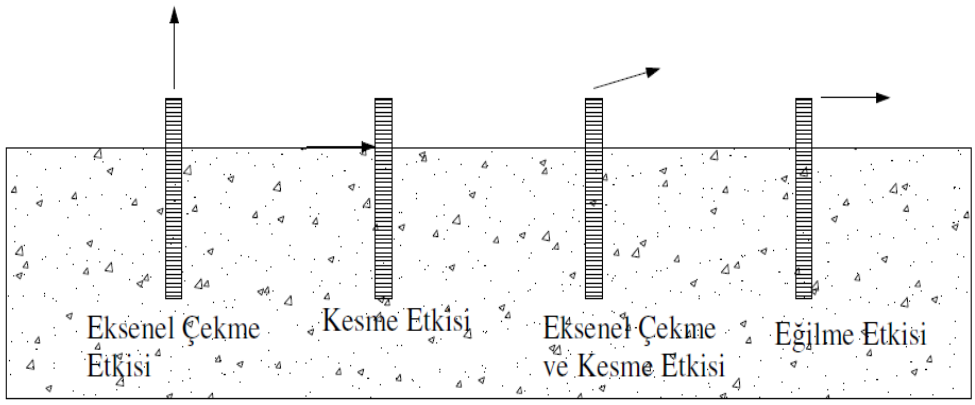
Kimyasal ankrajların davranışlarını etkileyen faktörler; ankraj çubuk çapı, ankraj delik çapı, ankraj delik derinliği, ankraj çubuğunun dayanımı, ankraj

derinliğinin ıslak, kuru ve nemli olması, ankraj derinliğinin tozlu ve temiz olması, kimyasal yapıştırıcın türü ve özeliği, ankrajların ara mesafesi, yükleme tipi ve hızı, kür süresi, ortam şartları gibi faktörler sıralanabilir.



Şekil 3.8. Kimyasal yapıştırıcı bağlı ankrajın bileşenleri

Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajlar kullanılmadan önce ankrajların, kesme, eğilme, eksenel çekme gibi yükleme türlerin altında nasıl davranılacağını bilinmesi gerekmektedir. Şekil 3.9'de gösterildiği gibi ankrajların ACI-355.2-07'de tanımlanmasına göre ankrajların farklı yükleme tipleri oluşabilmektedir.



Şekil 3.9. Ankrajlarda Oluşan Farklı Yüklemeler

Ankrajlarda oluşan farklı yükleme türleri;

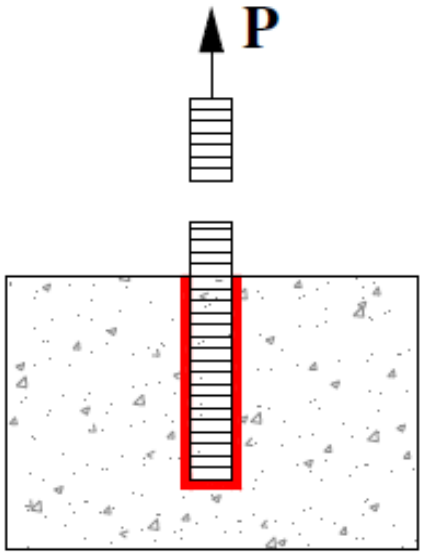
- Eksenel çekme etkisi altındaki ankrajlar
- Kesme etkisi altındaki ankrajlar
- Eksenel çekme ve kesme etkisi altındaki ankrajlar
- Eğilme etkisi altındaki ankrajlar

olarak sınıflandırılabilir.

Ankrajların çekip çıkarma deneylerinde değişik göçme modlarıyla karşılaşmaktadır. Ankrajlar eksenel çekme deneyleri etkisinde 5 farklı geometrik göçme tipi gözlemlenmektedir (ACI 355, 1991).

Ankraj göçme modları aşağıda özetlenmiştir:

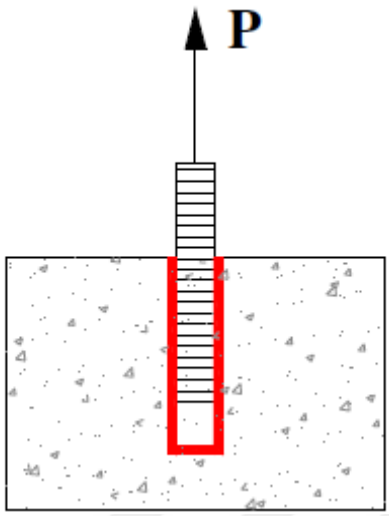
1. Ankraj donatısının akması veya kopması durumu; tasarımcı için istenilen bir davranış olduğunu söyleyebiliriz. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi kimyasal ankrajlarda beton ile donatının iyi bir şekilde kenetlendiği, beton kalitesinin iyi olduğu ve donatı çapı küçük olan durumlarda gerçekleşebilen bir durumdur (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993).



Şekil 3.10. Ankraj Donatısının Kopması

Ankraj donatısının sıyrılması durumu; kimyasal ankrajların derinliği boyunca var olan yapışma dayanımın sona ermesi sonucu ankraj donatısının sıyrılarak

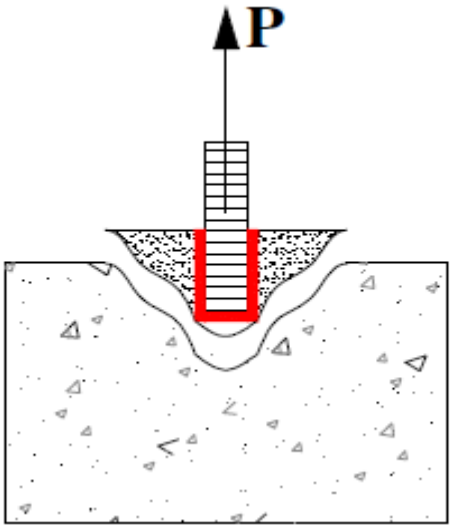
yerinden çıkması durumudur. Şekil 3.11'da gösterildiği durumun oluşması, yapışma dayanımı düşük olan kimyasallar kullanılması yada uygulama sırasında ankraj deliğin temizliğinin yapılmaması veya beton kür durumunun eksik yapılması durumu sonucundada oluşabilir.(Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993).



Şekil 3.11. Ankraj Donatısının Sıyrılması

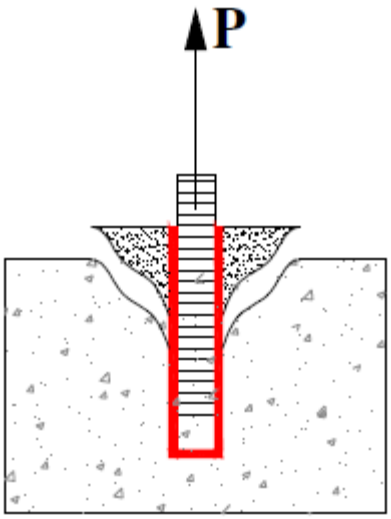
2. Betonun konik kopması durumu; eksenel çekme sonucunda betonda çekme gerilmesinin, beton çekme dayanımını aşması sonucunda betonda konik kırılmalara yol açabilir. Şekil 3.12'de gösterildiği durumun oluşması, ankraj çubuğunun yeteri derinlikte olmaması ve betonda oluşan çekme gerilmesinin beton çekme dayanımını aşması durumu sonucu oluşabilir (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993).

Beton dayanımı düştükçe koni derinliği artmakta, ankraj dayanımı düşmektedir (Eligehausen, R., Malee, R., Rehm, G., 1984).



Şekil 3.12. Betonun Konik Kopması

3. Koni ile sıyrılmanın birlikte oluşması durumu; Şekil 3.13'da gösterildiği durumun oluşması, ankraj derinliğinin 50-75 mm'den daha derin olduğu ankrajlarda kimyasal yapışmanın düşük olduğu ve beton dayanımın düşük olması vb durumların oluşması sonucu oluşabilir. Beton konisi ile sıyrılmanın birlikte gerçekleştiğinin Cook yapmış olduğu deneysel çalışmalarıyla gösterilmiştir (Cook, R.A.,Doerr, G.T., Klinger,R. 1993).



Şekil 3.13. Koni ile Sıyrılmanın Birlikte Oluşması

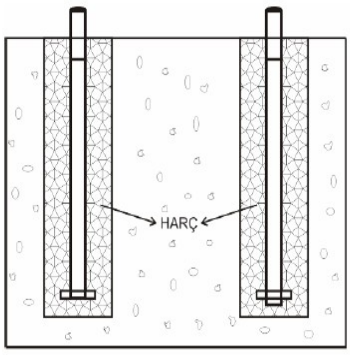
Betonun yarılması durumu; Şekil 3.14'de gösterilen durumun oluşması, taban elemanın derinliğin sığ olduğu ve ankrajların serbest kenara yada birbirlerine yakın olduğu durumlarda oluşabilir.



Şekil 3.14. Betonun Yarılması

3.1.1.1.2.2. Harçlı Ankrajlar

Harçlı ankrajlar, kimyasal ankrajlar gibi güçlendirme projelerinde kullanılmaktadır. Fakat kimyasal ankrajlar gibi istenilen dayanımı vermemektedir. Şekil 3.15'de görüldüğü gibi kimyasal ankrajlarda kullanılan kimyasal yapıştırıcı yerine harç kullanılarak uygulanmaktadır. Kimyasal ankrajlara göre maliyeti daha düşük olan harçlı ankrajlar, kimyasal ankrajlara nazaran, yetersiz bağ kuvvetleri, daha düşük basınç ve çekme dayanımları sonuçların doğurmasıyla harçlı ankrajları dezavantajlı duruma düşürür.

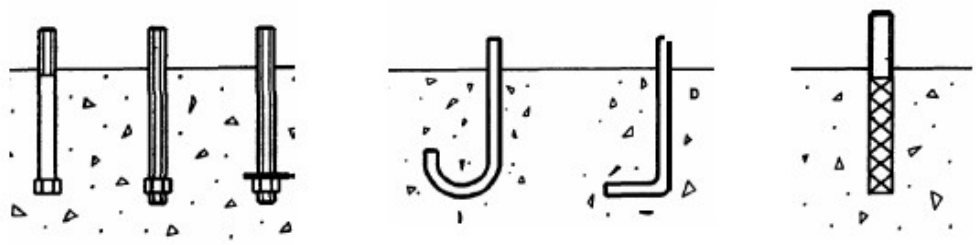


Şekil 3.15. Harçlı Ankrajlar

3.1.1.2. Taze Betona Yapılan Ankrajlar

Taze betona uygulanan ankrajlar, çelik ve betonarme elemanların birleştiği elemanlarda uygulanır. Taze betona uygulanan ankrajlar, betonda güç tükenmesi oluşmadan ankrajlar sünek davranış gösterip akmasını hedeflemektedir.

Şekil 3.16'de görüldüğü gibi, bulonlu ankrajlar, kanca tipi ankrajlar ve harçlı veya kimyasal bağlı ankrajlar göstermektedir. Kimyasal yapıştırıcılar, harçlı ankrajlara göre daha pahalı olma durumuna karşın, yüksek basınç ve çekme dayanımına ve yeterli bağ kuvvetleri ile avantajlı duruma gelmektedir (Cook, R. A., Collins, D. M., Klinger, R., Polyzois, D., 1992).



Şekil 3.16. Taze betona yapılan ankrajlar (ACI Committee 355, 1991).

3.1.2 Çelik Dübel İle İlgili Genel Bilgiler

Bir malzemeyi, aparatı, profili, makineyi, dolap gibi elemanları bir yere sabitlemeye yarayan bir bağlantı çeşididir. Zeminde, duvarda, tavanda vs. gibi yerlerde sabitleme yapılabilir. Mukavemet ve uygulanacağı yere göre çelik dübeller farklılık göstermektedir. Dübel uygulanacak delik fırça veya hava ile mutlaka temizlenmelidir. Çelik dübeller, ankraj deliğin içinde genişleyerek tutunup ve sürtünme kuvveti ile dönmeyi zorlaştıran bir ankraj malzemesidir.

Dübel çeşitleri; klipsli dübel, gömlekli dübel, s tipi dübel, ağır yük dübeli, asma tavan dübeli, çakmalı dübel, çekmeli dübel, cıvatalı borulu dübel, kancalı dübel, kasa dübeli, kimyasal dübel, plastik dübel, kanatlı alçıpan dübeli, gaz beton dübeli olmak üzere toplam 14 adettir. Bunlardan; klipsli dübel, gömlekli dübel, s tipi

dübel, ağır yük dübeli, asma tavan dübeli, çakmalı dübel, çekmeli dübel, cıvatalı borulu dübel, kancalı dübel, kasa dübeli, kimyasal dübel olmak üzere toplam 11 adet çelik dübel sınıfında değerlendirilebilir, çelik dübeller aşağıda sıralanmıştır.

3.1.3 Çelik Dübel Çeşitleri

3.1.3.1 Klipsi Çelik Dübel

Klipsli dübelin uygulanacağı betonun kalitesi en az C20/25 olması gerekmektedir. Uygulamada matkap çapı ile dübel çapı aynıdır. Kolay ve hızlı bir şekilde uygulanabilen bir dübeldir. Şekil 3.17'da gösterildiği gibi uygulama esnasında somun çevrildiğinde, ucunda bulunan halka açılmaya başlar ve delik içindeki duvarlara tutunarak sabitlenir. Klipsli dübel genellikle beton dayanımı yüksek olan yerlerde kullanılır ve çoğunlukla çatlaksız betonlarda kullanılırlar ama bazı çatlaklı betonlarda da kullanılan çeşitleri vardır. Genellikle orta derece ağırlıklarında ki yüklerin sabitlenmesinde kullanılan bir dübel çeşididir.



Şekil 3.17. Klipsli Çelik Dübel

3.1.3.2 Gömlekli Çelik Dübel

Gömlekli çelik dübel genellikle kısa deliklerde ve titreşimli alanlarda kullanılmayı tercih edilmektedir. Düşük kalitedeki betonlarda ve orta ağırlıktaki

yüklerde kullanılır. Şekil 3.18'de gösterilen gömlekli çelik dübel dolgu şeklindeki duvarlarda herhangi bir elemanı sabit etmek içindeki montajda kullanılır.



Şekil 3.18. Gömlekli Çelik Dübel

3.1.3.3 Civatalı Borulu Çelik Dübel

Cıvatalı borulu çelik dübel üzerindeki kovanı borudan imal edilmiş ve paslanmalara karşı korunmak için çinko ile kaplanmıştır. Şekil 3.19'de gösterilen civatalı çelik dübel , genellikle düşük kaliteli betonun olduğu yerlerde tercih edilir.



Şekil 3.19. Civatalı Borulu Çelik Dübel

3.1.3.4 Ağır Yük Çelik Dübeli

Adından da anlaşılacağı gibi mukavemet değeri yüksek olan bir çelik dübeldir. Genellikle çok güvenli bağlantılar da tercih edilir. Altı köşe başlı cıvata ile kullanılır, cıvatanın sıkılmasıyla kovan ucunda bulunan konik parçanın yukarıya doğru ilerlemesiyle kovanın delik içeresinde sabitlenmesini sağlanır. Şekil 3.20'da gösterilen çelik dübel montajı iki aşamadan yapılır; öncelikle çelik dübeli deliğe oturduktan sonra cıvatayı sabitlenen parçadan geçirildikten sonra hem itme hem de döndürme kuvveti uygulayarak dübel ucundaki konik parçanın iç kısmındaki vidalı kısma oturması daha sonra bu parçayı yukarı doğru çektirmesi sağlanmalıdır. Bağlantı vidası birden çok kes sökülüp tekrar bağlanıp sabitlenebilmekte ve paslanmalara karşı çinko ile kaplanırlar.



Şekil 3.20. Ağır Yük Çelik Dübeli

3.1.3.5 Asma Tavan Çelik Dübel

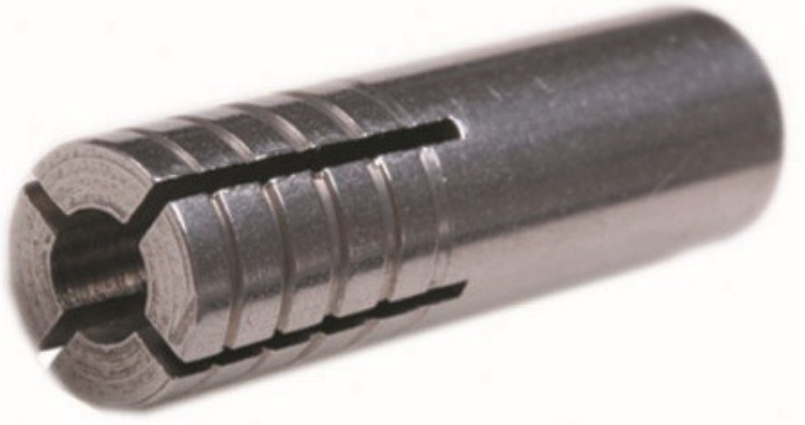
Bu dübel Şekil 3.21'de gösterildiği gibi yapısı gereği kısa olarak tutunma yapan askı parçası ile birleştirilerek imal edilmiş çelik dübel çeşididir.



Şekil 3.21 Ağır yük Çelik Dübel

3.1.3.6 Çakmalı (Çakma) Çelik Dübel

Beton zeminlere montajı yapılan bu dübel çeşidinin, dübel derinliği dübel kovan uzunluğunun minimum 3-5 mm uzun olmalıdır. Beton zeminlere emniyetli bir tutunma yapılarak konik parça sayesinde her yere eşit yük aktararak sabitlenir. Montaj iki aşamadan yapılır; birincisi öncelikle dübel deliğe çakılır daha sonra cıvata çevrilerek çelik kovanın içeresinde tutunmasını sağlanır. Şekil 3.22'de gösterilen çelik dübel çeşidinin açılma koniğin açılma kısmında çakma aletiyle içeriye doğru sürmesi sırasında kovan açılmaya başlar ve çepere kenetlenir. Yerleştirme derinliği düşün olan yerlerde rahatlıkla uygulanabilir. Havalandırma tesisatlarında, ızgaralar, kablo tavaları, asma tavanlar gibi yerlerde kullanılır.



Şekil 3.22. Çakmalı (Çakma) Çelik Dübel

3.1.3.7 Çekmeli Çelik Dübel

Çekmeye karşı mukavemeti yüksek olan dübel deliğe oturduğunda Şekil 3.22'de gösterildiği gibi civata üzerindeki yarıklar sayesinde ayrılarak deliğe tutunup dönme veya ilerleme gibi hareketlere karşı sabitlenir. Kullanma aşamasında, civata boyuna ve saplamalarda somun ve pul uzunluğu dikkate alınarak kullanmalıdır. Uygulamada civata veya saplama ile kullanılabilir.



Şekil 3.22. Çekmeli Çelik Dübel

3.1.3.8 Kancalı Çelik Dübel

Küçük işlerde, kısa deliklerde ve düşük yüklerde, kullanılabilir. Şekil 3.24'te gösterildiği gibi ucunda kanca bulunan çelik dübel titreşimli alanlarda da kullanılabilir



Şekil 3.24. Kancalı Çelik Dübel

3.1.3.9 Kasa Çelik Dübeli

Kapı ve pencere kasaların duvara monte edilmesi ve sabitlenmesine kullanılan bir dübel çeşididir. Şekil 3.25'te gösterilen çelik dübel çeşidi yanal yüklerde mukavemeti yüksektir. Uygulama alanları olarak çelik dübel; beton delikli tuğla gibi yerlerde kullanmayı tercih edilir.



Şekil 3.25. Kasa Çelik Dübel

3.1.3.10 S Tipi Çelik Dübel

Kullanma esnasında cıvata boyuna, saplamalarda somun ve pul uzunluğu dikkate alınarak kullanmalıdır. Genellikle civata ve saplama ile kullanılan Şekil 3.26'de gösterilen çelik dübelin çekme mukavemeti çok yüksektir. Paslanmalara karşı çinko ile kaplanır.



Şekil 3.26. Kasa Çelik Dübel

3.1.3.11 Kimyasal Dübeli

Kimyasal dübeli kullanmadan önce üretici firmanın teknik değerlerine göre, belirtmiş olduğu delik derinliği, delik çapı, nerelere kullanılabileceği, montaj yapılacak ortamın sıcaklığı gibi birçok değeri göz ününde bulundurarak montaj yapılmalıdır. Yüksek mukavemet gerektiren yerlerde, titreşimli, sulu çalışma alanlarda gibi yerlerde kullanılan ani yüklemelere dayanıklı olan bir dübel çeşididir. Bu tarz dübellerin son kullanma tarihlerine dikkat edilmelidir, çünkü son kullanma tarihleri geçenlerde istenilen randıman alınmayacağı gibi kullanım sonrasında tehlikelere yol açarlar. Şekil 3.27'de gösterildiği gibi kimyasal dübelin uygulanacağı yerin ortam sıcaklığı çok önemli olup sıcaklık değeri -5/+40 C aralığında olması gerekmektedir.

Cam tüplü kimyasal dübeller iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır, tüplerin birinde reçine diğerinde ise sertleştirici bulunmaktadır. Betona çakılma esnasında cam tüpler kırılır ve birbirine karışır, daha sonra delik içeresinde kimyasal dübel rotunun sabitlenir. Uygulama daha çok cam tüp kullanılarak daha büyük delikler içinde kullanılabilir. Uygulama esnasında deliğin temiz olması önem arz etmektedir.



Şekil 3.27. Kasa Çelik Dübel

3.1.4 Elek Analizi ve Agrega Granülometri Deneyleri

Numunelerin üretiminde kullanılacak beton malzemeleri öncelikle deneylere tabi tutulmuştur. Bu deneyler; elek analizi ve özgül ağırlık deneyleridir.

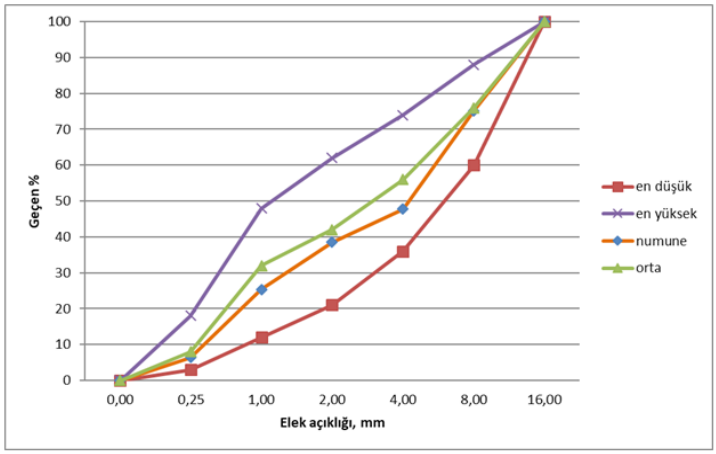
3.1.4.1 Elek Analiz Deneyi

Elek analizi deneyleri Şekil 3.28'de gösterildiği gibi 0-5 aralığında nehir kumu ve 5-16 mm aralığında kırma bazalt olmak üzere 3 farklı agrega grubu için yapılmıştır. Daha sonra ince agregadan %48, iri agregadan %52 oranda alınarak karıştırılmış ve sonra elek analizi deneyi yapılmıştır.



Şekil 3.28. Agregalar ve granülometri deneyleri

Yapılan deneylerin granülometri eğrisi Şekil 3.29'de gösterilmiştir. Granülometri eğrileri karışımdaki agreganın tane çaplarının, karışım içerisinde hangi oranlarda bulunduğunu gösteren eğridir. Maksimum tane büyüklüğü 16 mm olan karışık agrega için granülometri eğrileri çizilmiştir.



Şekil 3.29. Agregaların Granülometri Eğrilesi

Granülometri eğsini incelendiğinde deneye tabi tutuğumuz numune sonuçlarının ilgili satandartda belirtilen eğrilerin arasında kaldığı görülmektedir. Seçilen agraga grubunun uygun granülometri dağılımını sağladığı belirlenmiştir.

3.1.4.2 Özgül Ağırlık Deneyi

Deney numunelerinde kullanılan agregalar için özgür ağırlık deneyi yapıldı. Deney düzeneği için Şekil 3.30'da gösterildiği gibi hassas terazi ve özgül ağırlık sehpasından faydalanılmıştır. Deney numunelerinde iri agrega ve ince agrega olmak üzere iki çeşit agrega kullanılmıştır.

İri agrega: Kuru ağırlığı 1500 gr, Suya doygun ağırlığı 1522 gr, Su içindeki ağırlığı 967 gr, Yç 2,70 gr/cm^3, Yd 2,74 gr/cm^3, Su emme oranı 1,49 olarak hesaplanmıştır.

İnce agrega: Kuru ağırlığı 474 gr, Suya doygun ağırlığı 500 gr, Beher ağırlığı 389 gr, Yç 2.79 gr/cm^3, Yd 2.94 gr/cm^3, Su emme oranı 5.48 olarak hesaplanömıştır.



Şekil 3.30 Özgül ağırlık sehpası

3.1.5 Deney Numunelerinde Kullanılan Çimentonun Özellikleri

Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan çimento Şekil 3.31'da gösterilen standart Limak Şanlıurfa Çimento CEM I 42.5 R tipli Portlant Çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. Bu çimento yüksek dayanım ve erken mukavemet sağlama özeliğine sahip olup TS EN 197-1: 2012 standartlarına göre kullanıma uygundur.



Şekil 3.31 Deney Numunelerinde Kullanılan Çimento

3.1.6 Deney Numunelerinde Kullanılan Karışım Suyu

Deney numunelerinde kullanılan su, Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümün Yapı ve Deprem Mühendislik Laboratuvarında kullanılan şebeke suyu aynı zamanda üniversitede içme suyu olarak kullanılan su kullanılmıştır.

3.1.7 Numunelerde Kullanılan Betonun Hazırlanması

Su/Ç oranı 0.43 olarak kabul edilerek hazırlanan betonun karışım oranları 1m^3 betonda bulunan gerçek malzeme miktarları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. 1 m^3 Beton karışımında kullanılan malzeme miktarları

S/Ç	Çimento	Su	Katkı	Kum	Çakıl
	kg	kg	kg	kg	kg
0.43	400	172	8	892	966

3.1.8 Taze Betonda Yapılan Deneyler

3.1.8.1 Slump (Çökme) Deneyi

Deney numunelerinde kullanılacak betonarme yapı elemanları için beton kıvamını belirlemek amacıyla slump (çökme) deneyi yapılmıştır. Taze betonun kıvamını belirlenmek için üç adet slump (çökme) deneyi yapılmıştır. Deneyler, Şekil 3.32'de gösterilen çökme konisini doldurulup 25 kez etrafına eşit bir şekilde çelik çubukla şişleme yapılmış ve çökme konisi yavaş ve dengeli bir şekilde çekildikten sonra, oluşan çökme ölçülmüştür. Bu deney 3 numune içinde aynı şekilde tekrar edilmiştir. Slump (çökme) deneyleri sonucunda ortalama çökme 17 cm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.32 Slump (çökme) deneyi

3.1.9 Sertleşmiş Betonda Yapılan Deneyler

Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümün Yapı ve Deprem Mühendislik Laboratuvarında sertleşmiş betonun mekanik özelliklerini belirlemek için; standart numune basınç dayanımı deneyinden üç adet yapılmıştır. Test edilmek üzere Şekil 3.33'de gösterildiği şekilde 57 adet 150x150x132 mm numune dökülmüştür. Bunların 19 adet numune epoksi ile ankraj yapılması için, 38 adet ise çelik dübel ile ankraj yapılmasında kullanılmıştır. Bunların 19 adet klipsli çelik dübel, 19 adet gömlekli çelik dübel olacak şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 3.33 Ankraj Yapılacak Numuneler

3.1.9.1 Beton Numunelerin Basınç Dayanımların Belirlenmesi

Betonun 28 günlük basınç dayanımlarını belirlenmek için numunelerin 7 günlük basınç dayanımları kür havuzunda bekletilen numuneleri Şekil 3.34'de gösterildiği gibi basınç deneyine tabi tutulmuştur. Numunelerin 7 günlük basınç dayanımlarına ait deney sonuçları Çizelge 3.2'de belirtildiği gibi karakteristik basın dayanımın ortalaması verilmiştir. Ebatları 150x150x150 mm olan küp numunelerin basınç dayanımları için 3000 kN kapasiteli test cihazında ASTM C39 standartlarına uygun yapılmıştır.



Şekil 3.34 Basınç Dayanımı Belirleme Deneyi

Çizelge 3.2 Beton Küp Numunelerin 7 Günlük Basınç Dayanım Deney Sonuçları

Numune No	Beton Yaşı (Gün)	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1	7	51,5	49,27
2	7	48,3	
3	7	48	

Betonun 7 günlük basınç dayanımları Çizelge 3.2'de verilen numunelerin test cihazındaki değerleri Şekil 3.35'te gösterilmiştir.



Şekil 3.35 Beton Numunelerin 7 Günlük Basınç Dayanımları

Beton küp numunelerin 7 günlük basınç dayanımların ortalaması 49,27 MPa bulunmuştur. Silindirik basınç dayanımına çevirmek için %20 oranında düşürülerek, 39,42 MPa değerine ulaşılmıştır. Bulunan silindirik basınç dayanımının %35 oranında artırılarak bulunan 53,22 MPa betonun 28 günlük basınç dayanımını yaklaşık olarak belirlenmiştir.

3.1.10. Ankraj Uygulanacak Numunenin Hazırlanması

Hazırlanan 150x150x150 mm ebatlarındaki küp kalıpları, ankrajların çekme dayanımlarının belirlenmesi için Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı ve Deprem laboratuarında toplanmıştır. Şekil 3.36'te gösterildiği gibi hazırlanan numune kalıpların altına 18 mm kalınlığında plywood kalıp konulmuş, kalıbın tam ortası delinmiş ve içine plastik boru konulmuş, daha sonra beton dökülmüş ve betonun içinde kalan plastik borunun düz bir şekilde kalması için plastik boruların içine demir çubuk yerleştirilmiştir. Beton dökülmeden önce beton numunelerin yüzey pürüzsüzlüğü için kalıbın içi yağlanmıştır.



Şekil 3.36 Ankraj Uygulanacak Numunlerin Hazırlanması

Numunelere dökülen beton içine sika marka akışkanlaştırıcı kullanılarak uygun çökme miktarı sağlanmıştır. Kalıplara vibrasyon makinesine tabi tutularak betonun iyi bir şekilde yerleştirilmesi sağlanmış ve beton dökümü tamamlandıktan sonra beton yüzeyleri mastarlanarak yüzeyi düzgünleştirilmiştir. Numuneler; epoksi ile ankraj, klipsli çelik dübel ile ankraj ve gömlekli çelik dübel ile ankraj yapılacak şekilde 3 grup deney numuneleri üzerinde araştırma yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu işlemler bitikten sonra numuneler Şekil 3.37'da gösterildiği gibi kür havuzuna beklemeye bırakılmıştır.

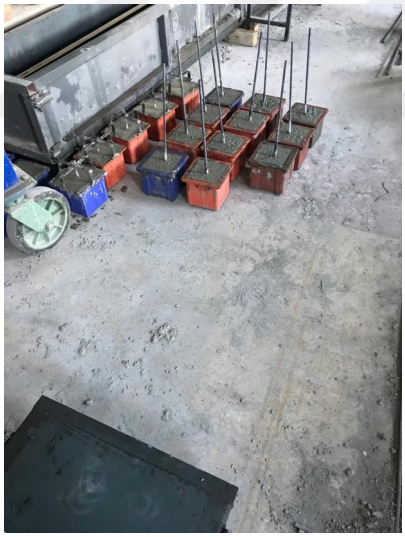


Şekil 3.37 Kür Havuzu

Kür havuzunda 28 günlük bekleme sonucunda numuneler çıkarılmış ve kurumaya bırakılmış, kuruduktan sonra ankraj ekimine başlanmıştır. Ankraj uygulanacak numuneler; epoksi ile ankraj uygulanması, klipsli çelik dübel ile ankraj uygulanması, gömlekli çelik dübel ile ankraj uygulanması şeklinde 3 grup altında değerlendirilmiştir.

3.1.10.1 Epoksi İle Ankraj Uygulanması

Epoksi ile ankraj uygulanmasında 19 adet 150x150x18 mm plywood kalıbın ortasında donatı ankrajı için matkap ucu ile 14 mm çapında delik açılmıştır. Deney düzeneğinde kullanılacak olan donatı çubuğu 12 mm olup numune delik çapı 16 mm dir. Delme işleminin pratik ve düzgün yapılması için taze betona Şekil 3.38'de gösterildiği gibi 14 mm çapında boru yerleştirilmiş ve beton sertleştikten sonra borunun bulunduğu delik kısmı 16 mm matkap ucu ile genişletilmiştir.



Şekil 3.38 Epoksi İle Ankraj İçin Numune Hazırlanması

Epoksi ile ankraj yapılmasında kullanılan donatı çubuğunun çapı Ø12mm ve boyu 400 mm'dir. Ankraj çubuğunun bir ucuna şekil 3.39'da gösterildiği gibi LVDT okuma yapılmasını sağlamak için takılacak aparatın bağlanması amacıyla 18 mm uzunluğundaki kısmının çapı 10 mm düşürülmüştür.



Şekil 3.39 Ankraj Çubuğu ve LVDT'nin okuma yapması için bağlanan aparat

Epoksi ile ankraj yapılmasında matkap ucu ile genişletme işlemi yapıldıktan sonra hava kompresörü ile delik iyice temizlenip kurutulduktan sonra epoksi ile ankrajlar ekilmeye balanmıştır. Epoksi deliklerden akmaması için Şekil 3.40'de gösterildiği gibi pet şişelerin üst kısmı kesilerek silikon yardımıyla betona yapıştırılış ve ankrajların sabit ve düzgün tutulması için çamaşır mandallarından yararlanmıştır.



Şekil 3.40 Epoksi İle Ankraj Uygulanması



Şekil 3.41 Epoksi İle Ankraj Uygulanması

3.1.10.2 Çelik Dübeller İle Ankraj Uygulanması

Çelik dübeller ile ankraj deneyleri, klipsli çelik dübel 19 adet deney numunesi ve 19 gömlekli çelik dübel deney numunesi olmak üzere iki grup altında değerlendirilmiştir.

3.1.10.2.1 Klipsli Çelik Dübel İle Ankraj Uygulanması

Klipsli çelik dübel ile ankraj yapılmasında 19 adet 150x150x18 mm plywood kalıbın ortasında matkap ucu ile 10 mm çapında delik açılmıştır. Deney düzeneğinde kullanılacak olan klipsli çelik dübel ve deliği 12 mm'dir. Delme işleminin pratik ve düzgün yapılması için taze betona Şekil 3.42'de gösterildiği gibi 10 mm çapında boru yerleştirilmiş ve beton sertleştikten sonra bu bölüm 12 mm matkap ucu ile genişletilmiştir.



Şekil 3.42 Klipsli Çelik Dübel İçin Numune Hazırlanması

Klipsli çelik dübelin çapı 12mm ve boyu 110 mm'dir. Bu çelik dubellere, çapı 10 mm boyu 90 mm olan düz donatı kaynak edilmiştir. Bunun sebebi beton numunenin yüksekliğinin 132 mm olması ve dubellerin betona yerleştirildikten sonra bulon yardımıyla maksimum sıkışmanın sağlanması içindir. Dolayısıyla toplam çelik dübellerin boyu 200 mm olması öngörülmüştür. Beton numunelerine yerleştirilen 10 mm çapındaki plastik borular çıkartılıp, matkap ucuyla bu kısmın çapı 10 mm olacak şekilde genişletildikten sonra klipsli dübel betona ankraj edilmiştir. Dübellerin çekme deneylerin yapılması için çapı 20 mm boyu 250 mm olan demir çubuğun bir tarafına torna ile çapı 12 mm boyu 50 mm yiv açılarak çekme çeneleri ile bağlantıyı sağlayacak aparat oluşturulmuştur. Bu aparat kullanılarak çekme deneyi yapılmıştır.

Klipsli çelik dübellerin verimli (ideal) sıkışma miktarını Şekil 3.43'te gösterildiği gibi tespit etmek için bir adet numune üzerinde denemeler yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda ankraj somunun çelik dubelin uç kısmının beton yüzey 25 mm olacak şekilde sıkıştırılması ile elde edildiği belirlenmiştir. Bundan sonra bu sıkışma miktarı bütün numunelerde uygulanmıştır.



Şekil 3.43 Klipsli Çelik Dübelin Verimli (ideal) sıkışma miktarının belirlenmesi

İdeal sıkışma miktarını tespit edildikten sonra bütün numunelerin sıkışma miktarları göz önünde bulundurarak klipsli çelik dübellerin numuneye çakılmasını ve somunun anahtar yardımıyla sıkıştırılması yapılıp Şekil 3.44'te gösterildiği gibi ideal sıkışma miktarı ayarlanmıştır.



Şekil 3.44 Klipsli çelik dübel numunelerin verimli (ideal) sıkışma miktarına ayarlanması

3.1.10.2.2 Gömlekli Çelik Dübel İle Ankraj Uygulanması

Gömlekli çelik dübel ile ankraj yapılmasında 19 adet 150x150x18 mm plywood kalıbın ortasında matkap ucu ile 14 mm genişliğinde delik açılmıştır. Deney

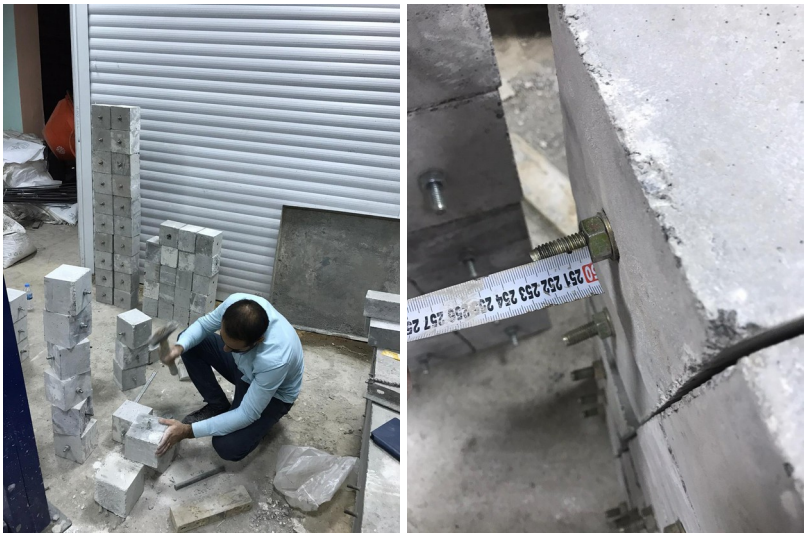
düzeneğinde kullanılacak olan gömlekli çelik dubellerin deliği 16 mm dir. Beton numunelerde delme işlemin pratik ve düzgün oluşması için taze betona Şekil 3.45'te gösterildiği gibi 14 mm çapında plastik boru yerleştirilmiş ve beton sertleştikten sonra 16 mm matkap ucu ile genişletilmiştir.



Şekil 3.45 Gömlekli Çelik Dübel İçin Numune Hazırlanması

Gömlekli çelik dübellerin verimli (ideal) sıkışma miktarını Şekil 3.46'de gösterildiği gibi tespit etmek için bir adet numune üzerinde denemeler yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda ankraj somunun çelik dubelin uç kısmının beton yüzeyden 25 mm olacak şekilde sıkıştırılması ile elde edildiği belirlenmiştir. Bundan sonra bu sıkışmanın miktarı bütün numunelerde uygulanmıştır.

Gömlekli dübellerin boyu, klipsli çelik dübellerin boyu ile eşit olup 110 mm dir. Beton numunelerin içine yerleştirilen 14 mm çapındaki borular çıkartılıp 16 mm çapında matkap ucu ile genişletildikten sonra gömlekli dübeller beton numunelere ankraj edilmiştir.



Şekil 3.46 Gömlekli çelik dübel numunelerin verimli (ideal) sıkışma miktarına ayarlanması

3.1.11. Deneyde kullanılan Kimyasal Yapıştırıcı

Sertleşmiş betonda uygulanan kimyasal yapıştırıcılar; beton ve çelik çubukların yapışmasında, taş ve yapı malzemelerin yapışmasına, betonda oluşan çatlakların kapatılmasında, taş duvarlara filiz ekilmesinde, güçlendirme ve çelik çubukların ankrajlarında kullanılır. Kimyasal yapıştırıcının kalitesi, ankraj çubukların performansını, mekanik özeliklerini, dayanımını önemli derecede etkilemektedir.

Numunelerde kullanılan kimyasal yapıştırıcının teknik özelikleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Kimyasal Yapıştırıcının Teknik Özellikleri

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

Teknik özelikleri Çizelge 3.3'te yazılan kimyasal yapıştırıcının; kimyasallara karşı dayanıklı, mekanik dayanımlarını çabuk kazanabilme ve hızlı priz alma özeliğindedir. Şekil 3.47'de gösterilen kimyasal yapıştırıcının metakrilat esaslı,

yüksek performanslı, stiren içermeyen, iki bileşenli, kolaylıkla uygulanan, macun kıvamında montaj malzemesi olan BASF firmasının ürettiği MasterFlow® 920 AN, kullanılmıştır.



Şekil 3.47 Kullanılan Kimyasal Yapıştırıcı

3.1.12 Deneyde kullanılan Ankraj Çubukları Ve Çelik Dübeller

Yapılan deneysel çalışmada 57 adet numune hazırlanmış, bunların 19 adet klipsli dübel, 19 adet gömlekli çelik dübel olmak üzere 38 adet çelik dübel ve 19 adet de nervürlü donatı çeliğinin epoksi ile ankraj yapılması olmak üzere toplamda 57 adet deney için numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 3.48 Ankraj Çubukların Çekme Deneyi

Eksenel çekme dayanımının belirlenmesi deneylerinde hem epoksi ile ankraj yapılması hem de çelik dübel ile ankraj yapılması deneylerinde 12 mm çapında çelik

dubeller ve nervürlü donatı çeliği çubukları kullanılmıştır. Epoksi ile ankraj yapılmasında kullanılan ankraj çubuğu farklı özelikte olmaması için 12 m uzunluğundaki aynı bağdan S420a kalitesinde olan beton çeliğinden 40 cm uzunluğunda parçalar kesilmiştir.

Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı ve Deprem laboratuarında yapılan ankraj çubukların çekme deneyleri Şekil 3.48'de gösterilen periyodik olarak kalibrasyonu yapılan UTM-3000 otomatik 500 kN UTEST çekme cihazıyla yapılmıştır.

Çekme deneyi düzeneği için için 2 grup farklı çelik dübel çeşidi ve 1 grup epoksi ile ankraj yapılması için kullanılarak çelik donatı çubuğu kullanılmıştır. Çelik dübel çeşitlerinden olan klipsli dübelin çapı 12 mm boyu 110 mm'dir. İkinci grup çelik dübel çeşidi olan gömlekli dübelin çapı 12 mm boyu 110 mm'dir. Ebatları Ø12x 100 mm olan çelik dubellere çapı 10 mm boyu 90 mm olan düz donatı kaynak edilerek toplamda Şekil 3.49'da gösterildiği gibi klipsli ve gömlekli çelik dübellerin boyu 200 mm olmuştur.



Şekil 3.49 Klipsli Ve Gömlekli Çelik Dübeller

Dübellerin çekme deneylerinin yapılması için Şekil 3.50'de gösterildiği gibi 20 mm çapında 250 mm boyunda içi dolu bir çubuk yapılmış ve demir çubuğun bir tarafına torna ile çapı 12 mm ve boyu 50 mm olacak şekilde yiv açılarak çekme

çeneleri ile bağlantı sağlayacak aparat oluşturulmuştur. Bu aparat bütün çelik dübel deney numunelerinde dubellere çekme kuvveti uygulamak için kullanılmıştır. Uzunluğu 250 mm, çapı 20 mm ve delik kısmındaki et kalınlığı 12 mm olan çelik aparatın deneylerde kullanma durumu Şekil 3.50'de gösterilmiştir.



Şekil 3.50 Çekme deneyinde kullanılan çelik dübel ve çekme aparatının çalışma prensibi

Epoksi ile ankraj yapılmasında kullanılan donatı çubuğu Şekil 3.51'de gösterildiği gibi çapı 12 mm ve boyu 400 mm'dir.



Şekil 3.51 Çekme deneyinde kullanılan nervürlü donatı çubukları

Deney düzeneği için hazırlıklar titizlikle yapılmıştır. Deney süresince ankrajlara uygulanan çekme kuvveti ve numune üzerine yerleştirilen LVDT'lerden okunan deplasmanlar kaydedilmiş ve deney tamamlandıktan sonra Excel ortamına aktarılmıştır. Excel ortamına aktarılan veriler kullanılarak her bir numune için yerdeğiştirme-çekme yükü grafikleri çizilmiştir.

3.2. Yöntem

Sertleşmiş betonda epoksi ile ankraj ve çelik dübeller ile ankraj deneylerinin ve sonuçların karşılaştırılması, Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümün Yapı Ve Deprem Mühendisliği laboratuarında yapılmıştır. Öncelikle deney yapılacak beton numunelerin üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada 150x150x150 mm küp kalıplar kullanılmıştır. Şekil 3.51'de gösterildiği gibi 150x150x18 mm ebatlarında 57 adet plywood kalıbı hazırlanmış ve küp numunelerin altına yerleştirmiştir. Dolayısıyla beton numunelerin ebatları 150x150x132 mm olarak üretilmiştir. Toplam 57 adet numunelerin; 19 adet epoksi ile ankraj yapılmasında, 19 adet klipsli dübellerin ankrajında, 19 adeti de gömlekli dübellerin ankrajında kullanılmıştır.



Şekil 3.52 150x150x18 mm ebatlarında plywood kalıp

3.2.1 Deney Parametreleri

Ankrajları tamamlanan numunelerin çekme etkisi altındaki davranışını incelemek için çalışmalar yapılmıştır. Sertleşmiş beton numunelerin üzerinde yapılan; epoksi ile ankaraj yapılması, klipsli çelik dübel ile ankraj yapılması ve gömlekli çelik dübel ile ankraj yapılması şeklinde üç farklı deney grubu için yapılan üç farklı çalışmada da ankraj çubuğunun çapı sabit 12 mm olacak şekilde sabit tutulmuştur. Numunelerde kimyasal yapıştırıcı uygulanmadan önce Şekil 3.52'de gösterildiği gibi ankraj delikleri hava kompresörü ile temizlenmiştir.



Şekil 3.53 Ankraj Deliklerin Temizlenmesi

Ankraj delikleri iyicene temizlenip kurutulduktan sonra kimyasal yapıştırıcı uygulanmıştır. Deliklerin temizlenmesi ankrajın dayanımı üzerindeki etkisi çok büyüktür. Bu yüzden ankraj uygulamaları esnasında deliklerin temizlenmesi, kurutulması gibi aşamalara dikkat edilmemesi durumunda ankrajın dayanım performansında ciddi değişiklikler olabilmektedir.

İyi bir aderansın oluşabilmesi için delik çapının kullanılacak olan donatı çapından en az 4-5 mm daha büyük olması gerekir.

Numuneler bu şekilde hazırlandıktan sonra ankraj ekimine hazır duruma hale getirmek için Şekil 3.53'te gösterildiği gibi daha önceden plastik boru kullanılarak oluşturulan delikler matkap ile ideal delik çapına getirilmiştir.



Şekil 3.54. Delik Çapların Genişletilmesi

Ankraj ekimi yapılan küp beton numunelerin basınç dayanımları yaklaşık olarak 53 MPa olarak belirlenmiştir. Kimyasal yapıştırıcı olarak ankraj ekiminde, metakrilat esaslı, yüksek performanslı, stiren içermeyen, iki bileşenli, kolaylıkla uygulanan ve BASF Yapı Kimyasalları A.Ş tarafından üretilen MasterFlow® 920 AN kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda ankrajların kapasitesi ve davranışları üzerindeki etkileri incelemek için çekip çıkarma (pullout) deneyi yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmaların içeriğinde üç adet farklı deney sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

- Sertleşmiş betonda yapılan ankrajda, epoksinin etkisi
- Sertleşmiş betonda yapılan klipsli çelik dübelli ankraj
- Sertleşmiş betonda yapılan, gömlekli çelik dübelli ankraj etkisi araştırılmıştır.

Daha sonraki aşamada bu deney sonuçlarından elde edilen verilerin üzerinde durulmuştur.

Deneyde kullanılan üç farklı grup ankraj numunelerinde ankraj gömülme derinliği sabit tutulmuştur. Bütün numunelerde ankraj derinliği eşit ve 150 mm alınmış, ankrajların temas etiği yüzeyleri ise 132 mm olarak ölçülmüştür. Çekip çıkarma (pullout) deneyi; epoksi ile yapılan ankrajlar, klipsli çelik dübel ile yapılan ankrajlar ve gömlekli çelik dübel ile yapılan ankrajlar olmak üzere üç farklı ankraj detayı kullanılmıştır.

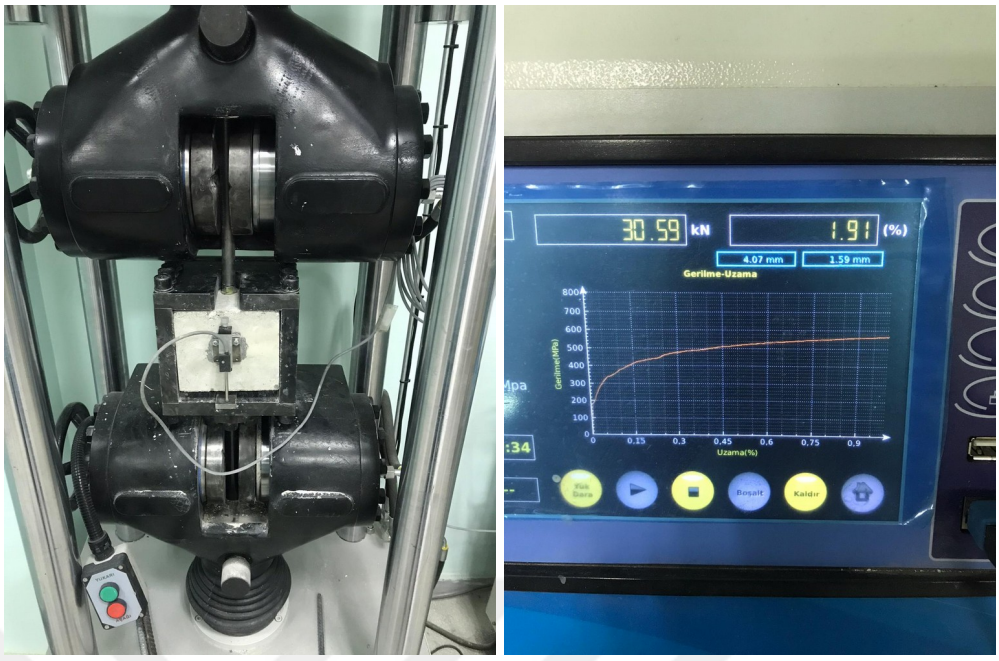
3.2.2 Deney Düzeneği

Sertleşmiş betona uygulanan Epoksi ile ankraj, klipsli çelik dübel ile ankraj ve gömlekli çelik dübel ile ankraj yapılmasının eksenel çekme dayanımını belirlenmek için Şekil 3.54'de gösterilen deney düzeneği hazırlanmıştır.



Şekil 3.55. Çekme deney düzeneği

Deney düzeneğinde eksenel çekme kuvveti etkisi altında, ankrajlarda meydana gelen yerdeğiştirmeler deplasman (LVDT) ölçer aracılığıyla ölçülmüştür. TS EN 12504-3 standartlarında geçen yükleme hızı 1 mm/s olarak sabit tutulmuştur. Eksenel çekme deneyi sürecinde ankraj çubuğunda meydana gelen sıyırma olayı sonucunda ankraj çubuğunun alt kısmında bağlı bulunan aparat yukarı doğru hareket etmesi sonucunda oluşan yerdeğiştirme ölçülmüştür. Deneysel çalışma boyunca, yük ölçer ve yer değiştirme bilgisayar tarafından kayıt altına alınan verileri excell ortamına aktarılarak kayıt altına alınmıştır. Yapılan tüm çekip çıkarma (Pullout) deneylerin Şekil 3.55'te gösterildiği gibi eksenel yük kapasitelerine ulaşılıncaya kadar, yük-yerdeğiştirme eğrileri kaydedilmiştir.



Şekil 3.56. Çekip çıkarma (Pullout) deney düzeneği

3.2.3 Deney numunelerine ankraj uygulanması

Deney numunelerine ankraj uygulama aşamaları;

- Ankrajın belirlenmiş boyda donatı ve çelik dübellerin hazırlanmıştır
- Uygulanacak olan ankrajın çapına göre uygun matkap ucuyla delik çaplarının oluşturulması.
- Matkap ucu ile açılan delikler hava kompresörü ile temizlenmiş ve kurutulmuştur.
- Son olarak da epoksi ile ankraj ve çelik dübel ile ankraj uygulanarak deney numunleri hazır hale getirilmiştir.

3.2.3.1 Uygulanan Ankraj Donatılarının Ve Çelik Dübellerin Hazırlanması

Ankraj uygulanmasında kullanılan 19 adet epoksi ile yapılacak ankraj çubuğu, 19 adet klipsli çelik dübel, 19 adet gömlekli çelik dübel şeklinde 57 adet deney numunesi için yapılan Çelik dübel çeşitlerinden olan klipsli dübel Ø12x110 mm boyutlarında ve ikinci çelik dübel çeşidi gömlekli dübel Ø12x110 mm ebatlarında kullanılmıştır. Epoksi ile ankraj yapılmasında kullanılan donatı çubuğu Ø12x400 mm boyutlarında kullanlmıştır. Ebatları Ø12x110 mm olan çelik dübelere, ebatları

Ø10x90 mm boyutlarında düz donatı kaynak edilmiş, dolayısıyla toplam çelik dübellerin boyu 200 mm olmuştur. Dübellerin çekme deneylerin yapılması için Ø20x250 mm boyutlarında olan demir çubuğun bir tarafına torna ile Ø12x50 mm yiv açılarak çekme çeneleri ile bağlantı yapacak çekme aparatı oluşturulmuştur. Bu aparat bütün deney numunelerinde uygulanmıştır. Ankraj donatıları ve çelik dübeller Şekil 3.56'da gösterilmiştir.



Şekil 3.57. Ankraj donatıları ve çelik dübeller

3.2.3.2 Ankraj Uygulanacak Deliklerin Hazırlanması

Ankraj uygulanmasında kullanılan 19 adet epoksi ile yapılacak ankraj deliği, 19 adet klipsli çelik dübel için ankraj deliği, 19 adet gömlekli çelik dübel için ankraj deliği olacak şekilde toplam 57 adet ankraj deliği oluşturulmuştur. Ankraj uygulanmadan yapılan işlemler şöyle sıralayabiliriz; epoksi ile ankraj uygulanmasında taze betona yerleştirilen 14 mm çapında plastik boruları deney düzeneği için 16 mm matkap ucu ile genişletme yapılmıştır. Klipsli çelik dübel ile ankraj yapılmasında taze betona yerleştirilen 10 mm çapındaki plastk borularına deney düzeneği için 12 mm matkap ucu ile genişletme yapılmıştır. Gömlekli çelik dübel deliklerinde ise taze betona yerleştirilen 14 mm çapındaki plastik borularına deney düzeneği için 16 mm matkap ucu ile genişletme yapılmıştır. Ankraj delikleri Şekil 3.57'de gösterilmiştir.



Şekil 3.58. Ankraj deliklerin hazırlanması

3.2.3.3 Ankraj Uygulanacak Deliklerin Temizlenmesi

Epoksi ile ankraj uygulanmasında ve çelik dübeller ile yapılan ankraj uygulanmasından önce matkap ucu ile açılan deliklerin, ankraj uygulanmadan önce Şekil 3.58'da gösterildiği gibi delikler kompresör yardımıyla basınçlı hava ile deliklerin içi tozdan arındırılmıştır. Çünkü ankraj dayanımını etkileyen en önemli faktörlerden biride ankraj deliklerin temizliğidir.



Şekil 3.59 Ankraj uygulanacak deliklerin temizlenmesi

3.2.3.4 Ankraj Uygulanacak Donatıların Ekimi ve Çelik Dübellerin Yerleştirilmesi

Ankraj deliklerin temizlenmesinden sonra, epoksi ile ankraj ekimi ve çelik dübellerin yerleştirlmesi yapılmıştır.

Epoksi ile ankraj ekiminde, Ankrajların üretiminde metakrilat esaslı, iki bileşenli, yüksek performanslı, stiren içermeyen, özel bir tabancayla uygulanabilen, macun kıvamında ankraj ve montaj malzemesi olan MasterFlow® 920 AN, BASF kullanılanan epoksinin deliklerden akmaması için pet şişelerin üst kısmı kesilerek silikon yardımıyla betona yapıştırılmış ve ankrajların sabit ve düzgün tutulması için çamaşır mandallarından yararlanmıştır.

Çelik dübeller ile ankraj uygulanması klipsli ve gömlekli çelik dübeller olarak iki başlık altında değerlendirilmiştir. Klipsli çelik dübellerin ankraj uygulanmasında ideal sıkışma miktarını tespit etmek için bir adet numune üzerinde denemeler yapılmış ve ideal sıkışma miktarı 25 mm olarak belirlenmiş ve buna göre bütün deney numunelerinde uygulanmıştır. Gömlekli çelik dübellerin ankraj uygulanmasında ideal sıkışma miktarını tespit etmek için bir adet numune üzerinde denemeler yapılmış ve ideal sıkışma miktarı 25 mm olarak belirlenmiş ve buna göre bütün deney numunelerinde uygulanmıştır. Sonuç olarak çelik dübellerde ideal sıkışma miktarları göz önünde bulundurularak çelik dübel yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Epoksi ile ankraj uygulanması ve çelik dübellerin uygulanması ile ilgili görseller Şekil 3.59'de gösterilmiştir.

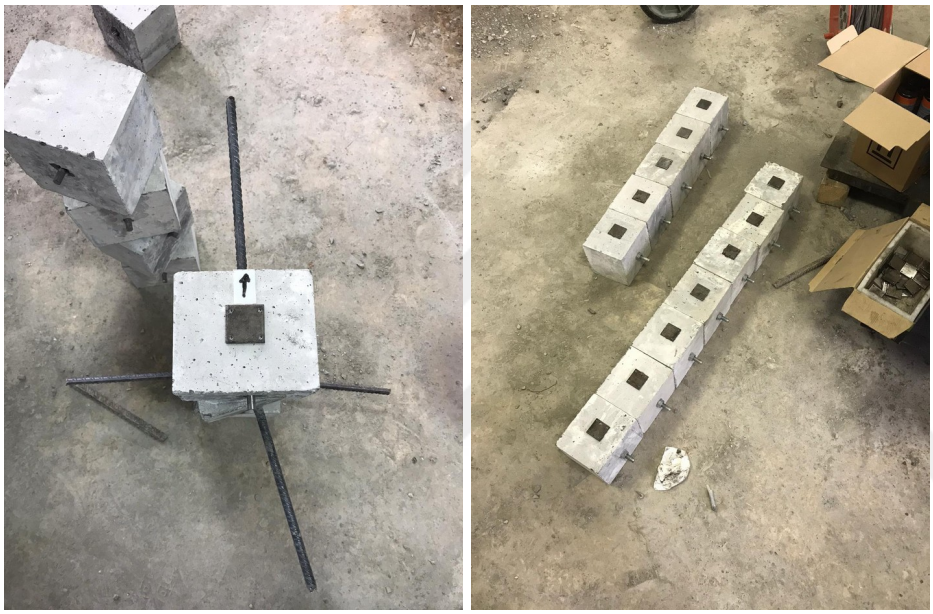


Şekil 3.60 Ankraj çubukların ve çelik dübellerin ekimi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çekip Çıkarma (Pullout) Deneyi

Çekip çıkarma deneyinde numunelere 40x40 mm ebatlarında Şekil 4.1'de gösterildiği gibi plaklar yapıştırılmıştır. Bu plakaların betona yapıştırılmasının amacı yükleme sırasında oluşan yerdeğiştirme miktarının ölçmek için yerleştirilen deplasman ölçüm aletinin yerleştirilmesini sağlamak içindir.



Şekil 4.1. Deney numunelere plakalar yapıştırılması

4.2 Numunelerin Deney Düzeneğine Yerleştirilmesi

Deneylerin kapsamında nervürlü donatı çeliği ile sertleşmiş betona ankraj ile klipsli ve dübelli çelik dübelerin eksenel çekme davranışlarını belirlenmek için deney düzeneği tasarlanmıştır. Deney süresince yükleme hızı 1 mm/s olarak sabit tutulmuştur, eksenel çekme kuvveti altında ankrajların yaptıkları yer değiştirmeler, bir ucu donatıya bağlanmış aparata, diğer ucu betona yapıştırılmış metale bağlanmış yerdeğiştirme ölçer aracılığıyla ölçülmüştür.

Deney anında çekme etkisi altında ankrajın bağlı bulunduğu derinlik boyunca meydana gelen sıyrılma olayı sonucunda ankraj çubuğunun alt kısmına bağlanan aparat yukarı doğru hareket ettirmesi sonucu ölçüm gerçekleştirilmiştir. Deneyde yük ölçer ile alınan veriler

bilgisayara aktarılarak kayıt altına alınmış ve verileri excell ortamına aktarılmıştır. Deney başlatıldığı zaman numuneler üzerine eksenel yük sabit bir hızla uygulanmıştır. Numunelerden alınan yerdeğiştirme ve yük değerleri numuneler ankraj taşıma kapasitesinin büyük bir kısmını kaybedinceye kadar verileri alınmaya devam etmiştir. Böylece tüm numunelerden eksenel yük kapasitelerine ulaşıldığı ana kadar yük-yerdeğiştirme verileri alınmıştır. Çekip çıkarma (Pullout) deney düzeneğin görselleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Çekip Çıkarma (Pullout) deney aşamaları

4.3 Sertleşmiş Betona Uygulanan Ankraj Deney Sonuçları

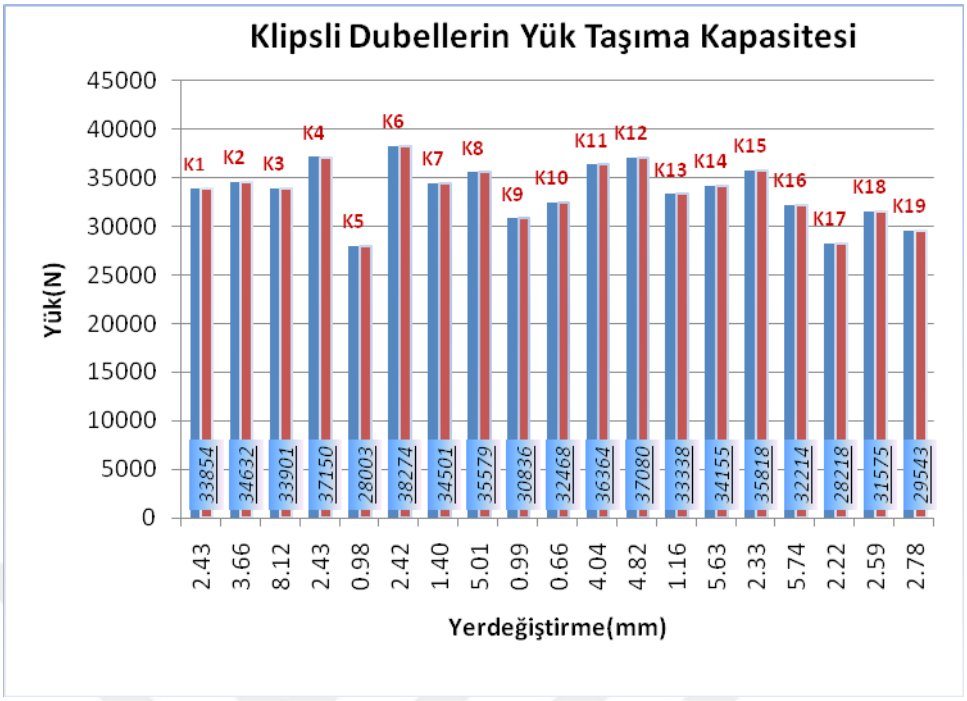
Deneysel çalışmanın ankraj çekme deneylerinde elde edilen sonuçları bu bölümde açıklanmıştır. Epoksi ile ankraj, klipsi çelik dübel ile ankraj ve gömlekli çelik dübelle ankraj yapılması şeklinde üç farklı deney grubuna uygulanacak ankrajın çapı eşit tutulmuş ve elde edilen yük-yerdeğiştirme grafikleri oluşturulmuştur.

4.3.1 Klipsli Çelik Dubellerin En Büyük Yükyerdeğiştirme Kapasitesi

Deneylerin sonucunda kapasite yükleri bulunmuştur. Klipsli çelik dübeller ile yapılan ankrajların maksimum yük ve maksimum yerdeğiştirme kapasiteleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Çapı 12 mm olan klipsli çelik dubellerin maksimum yük-yerdeğiştirme kapasitesi

Numune No	Klipsli Çelik Dubel İle Ankrajda Oluşan En Büyük Yük Kapasitesi (N)	En Büyük Ankraj Yükünün Oluşturduğu Andaki Yerdeğiştirme Miktarı (mm)
K1	33854	2.43
K2	34632	3.66
K3	33901	8.12
K4	37150	2.43
K5	28003	0.98
K6	38274	2.42
K7	34501	1.40
K8	35579	5.01
K9	30836	0.99
K10	32468	0.66
K11	36364	4.04
K12	37080	4.82
K13	33338	1.16
K14	34155	5.63
K15	35818	2.33
K16	32214	5.74
K17	28218	2.22
K18	31575	2.59
K19	29543	2.78
ORTALAMA	**33553**	**2.93**



Şekil 4.3. Klipsli çelik dubellerin yük taşıma ve yerdeğiştirme kapasiteleri

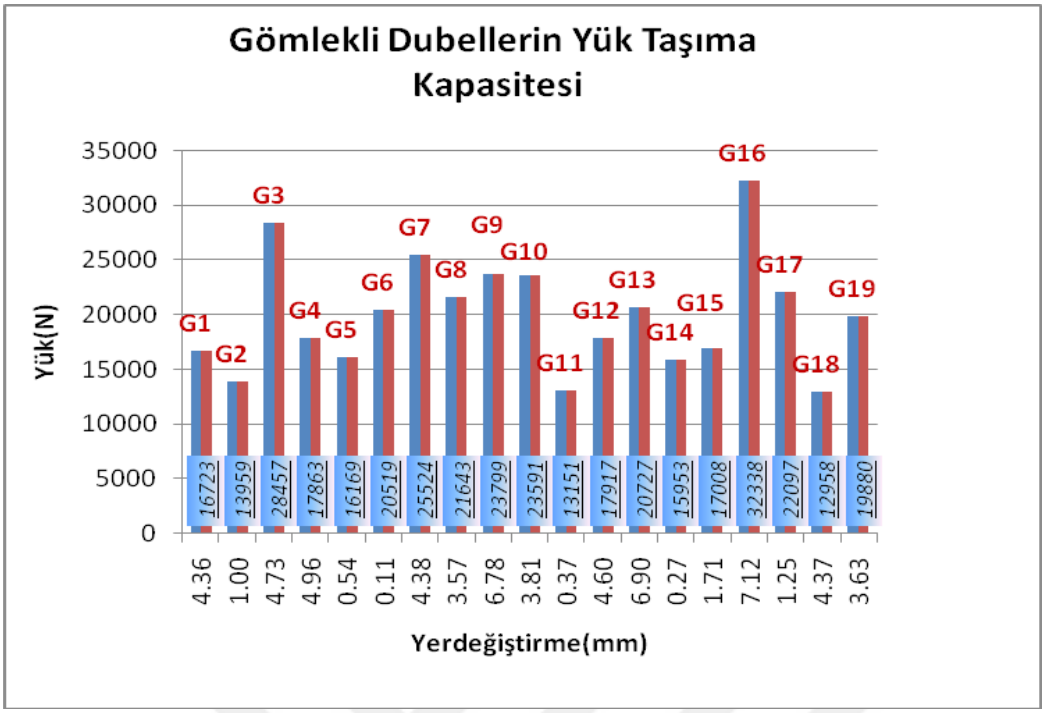
Klipsi çelik dubeller üzerine yapılan 19 adet deneyden elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alındığında Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi ortalama ankraj dayanımının 33553 N olduğu görülmüştür.

4.3.2 Gömlekli Çelik Dubellerin En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi

Gömlekli çelik dübeller ile yapılan ankrajların en büyük yük ve en büyük yerdeğiştirme kapasiteleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Çapı 12 mm olan gömlekli çelik dubellerin en büyük yük-yerdeğiştirmesi

Numune No	Gömlekli Çelik Dubel İle Ankrajda Oluşan En Büyük Yük Kapasitesi (N)	En Büyük Ankraj Yükünün Oluşturduğu Andaki Yerdeğiştirme Miktarı (mm)
G1	16723	4.36
G2	13959	1.00
G3	28457	4.73
G4	17863	4.96
G5	16169	0.54
G6	20519	0.11
G7	25524	4.38
G8	21643	3.57
G9	23799	6.78
G10	23591	3.81
G11	13151	0.37
G12	17917	4.60
G13	20727	6.90
G14	15953	0.27
G15	17008	1.71
G16	32338	7.12
G17	22097	1.25
G18	12958	4.37
G19	19880	3.63
ORTALAMA	**20015**	**3.39**



Şekil 4.4 Gömlekli çelik dubellerin yük taşıma ve yerdeğiştirme kapasiteleri

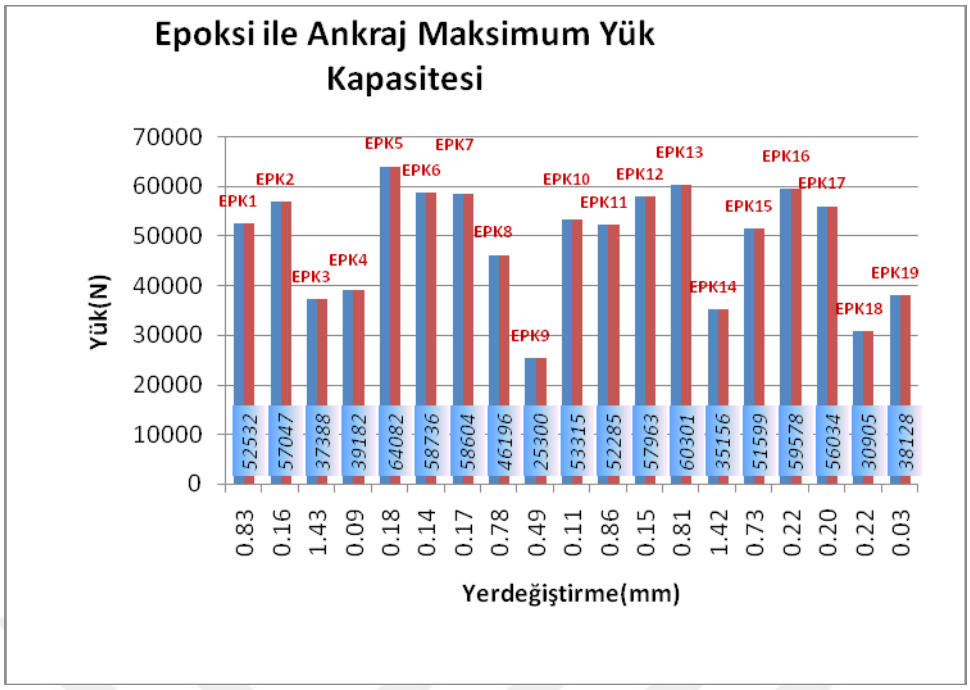
Gömlekli çelik dubeller üzerine yapılan 19 adet deneyden elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alındığında Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi ortalama ankraj dayanımının 20015 N olduğu görülmüştür.

4.3.3 Kimyasal Ankraj (Epoksi)'ın En Büyük Yük-Yerdeğiştirme Kapasitesi

Epoksi ile yapılan ankrajların maksimum yük ve maksimum yer değiştirme kapasiteleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Epoksi ile yapılan ankrajların maksimum yük-yerdeğiştirme kapasitesi

Numune No	Çelik Donatının Epoksi İle Ankrajında Oluşan En Büyük Yük Kapasitesi (N)	Çelik Donatının Epoksi İle Ankrajında En Büyük Yükün Oluşturduğu Andaki Yerdeğiştirme Miktarı (mm)
EPK1	52532	0.83
EPK2	57047	0.16
EPK3	37388	1.43
EPK4	39182	0.09
EPK5	64082	0.18
EPK6	58736	0.14
EPK7	58604	0.17
EPK8	46196	0.78
EPK9	25300	0.49
EPK10	53315	0.11
EPK11	52285	0.86
EPK12	57963	0.15
EPK13	60301	0.81
EPK14	35156	1.42
EPK15	51599	0.73
EPK16	59578	0.22
EPK17	56034	0.20
EPK18	30905	0.22
EPK19	38128	0.03
ORTALAMA	**49175**	**0.47**

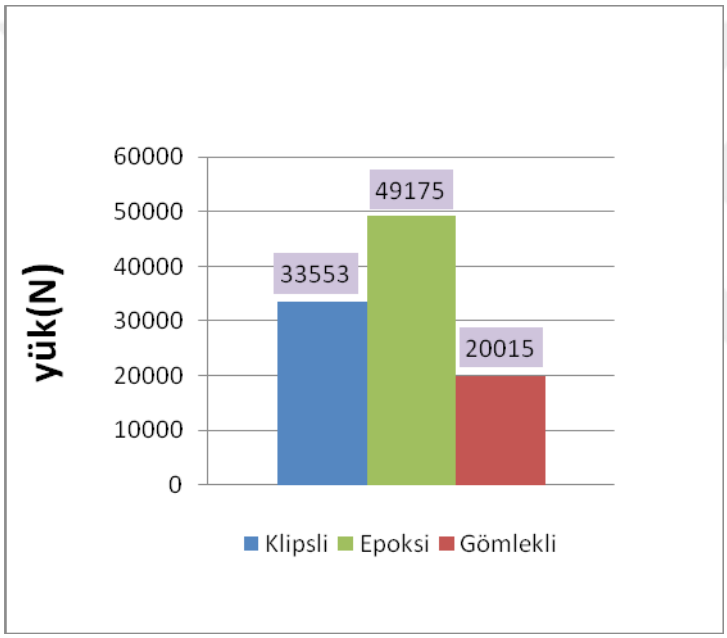


Şekil 4.5 Çelik donatı çapı 12 mm olan epoksi ile yapılan ankrajın yük taşıma ve yerdeğiştirme kapasiteleri

Çelik donatı çapı 12 mm olan ankraj çubuğunun epoksi kullanılarak oluşturulan 19 adet numune üzerinde yapılan çelik çıkarma deneyi sonucunda Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi ortalama ankraj dayanımı 49175 N olarak belirlenmiştir.

4.3.4 Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Ankraj çapı sabit tutularak (12 mm) epoksi, klipsli çelik dubel ve gömlekli çelik dubellerle yapılan ankraj dayanım deneyleri ve sonucunda şekil 4.6'da görüldüğü üzere en büyük dayanımı 49175 N epoksili ankraj, 33553 N ile klipsli çelik dubelle yapılan ankraj ve 20015 N'luk dayanımı ile gömlekli çelik dubelle yapılan ankraj sağlanmıştır. Epoksi ile yapılan ankrajda elde edilen dayanımı %100 kabul edersek, klipsli çelik dubelle yapılan ankrajın bu değerinin %68'sini, gömlekli çelik dubelle yapılan ankrajın işe %40 oranında bir dayanım kapasitesini sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 4.6 Sertleşmiş betona yapılan ankrajların ortalama yük taşıma kapasitesi

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında yapılan ; epoksi ile ankraj, klipsli çelik dübel ile ankraj, gömlekli dübel ile ankraj yapılması deneylerinin eksenel çekme altında ankraj dayanım kapasitesini araştırmıştır. Deney yapılan bütün numunelerde beton basınç dayanımı, ankraj çapı ve gömülme derinliği sabit tututulmuştur.

Deney sonuçları göz önünde bulundurduğumuzda; epoksi ile yapılan ankrajların kapasite yüklerin ortalaması 49175 N, klipsli çelik dübel ile yapılan ankrajın kapasite yüklerin ortalaması 33553 N ve gömlekli çelik dübel ile yapılan ankrajın kapasite yüklerin ortalaması 20015 N olarak belirlenmiştir. Epoksi ile yapılan ankrajlarda elde edilen ortalama ankraj dayanımı referans kabul edilmiş ve diğer çelik dubellerden elde edilen ortalama ankraj dayanımları bununla oranlanmıştır. Bu değerlendirmeye göre klipsli çelik dubelle yapılan ankrajda elde edilen dayanım, epoksi ile elde edilen dayanımın %68 ve gömlekli çelik dubelle elde edilen dayanım ise epoksi ile elde edilen dayanım %40 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

5.2 Öneriler

Sertleşmiş betona yapılacak ankrajlarda ortamın nem ve sıcaklık durumu ve süre uygun olduğu durumlarda kimyasal ankrajlar tercih edilebilir. Sıcaklık uygun olmadığı ve hızlı uygulama gereken durumlarda klipsli çelik dubel tercih edilebilir. Ayrıca epoksi ile yapılan ankrajda yük taşıma kapasitesi yüksek olmasına karşın, maksimum yüklemeden sonra yük taşıma kapasitesinde ani düşüş meydana gelmektedir. Çelik dubellerle yapılan ankrajda maksimum yükleme sırasında yükleme kapasitesinde yavaş bir düşüş gözlemlenmiştir. Bunun nedeni çelik dubellerin numuneden sıyrılması sırasında gömlek kısımlarının delik çeperlerine yapışmasından kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı kullanım amaçlarına göre ankraj türü belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

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

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

Ağdağ, Y., 2019. Kimyasal Ankraj Çekme Dayanımını Etkileyen Faktörler. Eskişehir Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s.

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

Cook, R. A., Collins, D. M.İ., Klingner, R. E. ve Polyzois, D., 1992. Loaddeflection behavior of cast in place and retrofit concrete anchors. ACI Structral Journal, 89(6): 639-649.

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

Cook, R.A., Doerr, G.T. ve Klingner, R.E., 1993. Bond stress model for design of adhesive anchors. ACI Structural Journal, 90(5): 514-524.

Cook, R.A., Kunz, J., Fuchs, W. ve Konz, R.C., 1998. Behavior and design of single adhesive anchors under tensile load in uncracked concrete. ACI Structural Journal, 95(1): 9-26.

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

Çalışkan Değirmenci, Ö., Aydoğan, İ., Aras, M. ve Çerçevik, A.E., 2015. Ankrajlarda Epoksi Kullanımı. Bilecik Şeyh Edabalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Derleme Makalesi, 2(1): 2148-2330.

Eligehausen, R., Malee, R. ve Rehm, G., 1984. Beferigungen Mit Verbundankern (Fixing formed with resin anchors). Betonwerk + Fertigteil – Technik, 12: 686-692.

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

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

Gürbüz, T., Seyhan, E., İlki, A. ve Kumbasar, N., 2007. Güçlendirme çalışmalarında kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altında davranışları. 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.

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

Özkul, H., Mutlu M. ve Sağlam, A.R., 2001. Beton Ankrajları. Sika Teknik Bülten, 4: 1-11 .

Özturan, T., Gesoğlu, M., Özel, M. ve Güneyisi, E., 2004. Kimyasal, harçlı ve mekanik ankrajların çekme ve kesme yükleri altındaki davranışları. İMO Teknik Dergi, 208: 3105-3124,

Özen, A., 2010. Düşük ve Normal Dayanımlı Betonlarda Epoksi Ankrajların Çekme Davranışı. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kasım, 132s.

Sansak, F., 2019. Ankraj Çubuklarının Çekme Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s.

Sağbaş, G., 2002. Betonarme Döşemelerin Dübeller İle Güçlendirmesi Hakkında Deneysel Bir Çalışma. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs, 74s.

Seyhan, E., 2006. Kimyasal Ankrajların Davranıslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, S., Çalışkan, Ö., Kaplan, H. ve Kıraç, N., 2010. Kimyasal ankrajların dayanımını etkileyen faktörler. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1): 123-134.

Yoldaş, F., 2015. Çelik profillerle Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerde Çelik Dübellerin Performans Analizinin Deneysel Olarak Araştırılması. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aralık, 79s.

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

ÖZ GEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Sedat Bozancı

Uyruğu **:** T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi **:** Şanlıurfa/16.10.1990

Telefon **:** 05434732747

E-mail **:** sedat.boz2163@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı**	**İlçe/İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Gazi Lisesi	Şanlıurfa	2009
Üniversite	:	Harran Üniversitesi	Şanlıurfa	2015
Yüksek Lisans	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2016 -Devam	Şanlıurfa Büyük Şehir Belediyesi	İnşaat Mühendisi

EKLER

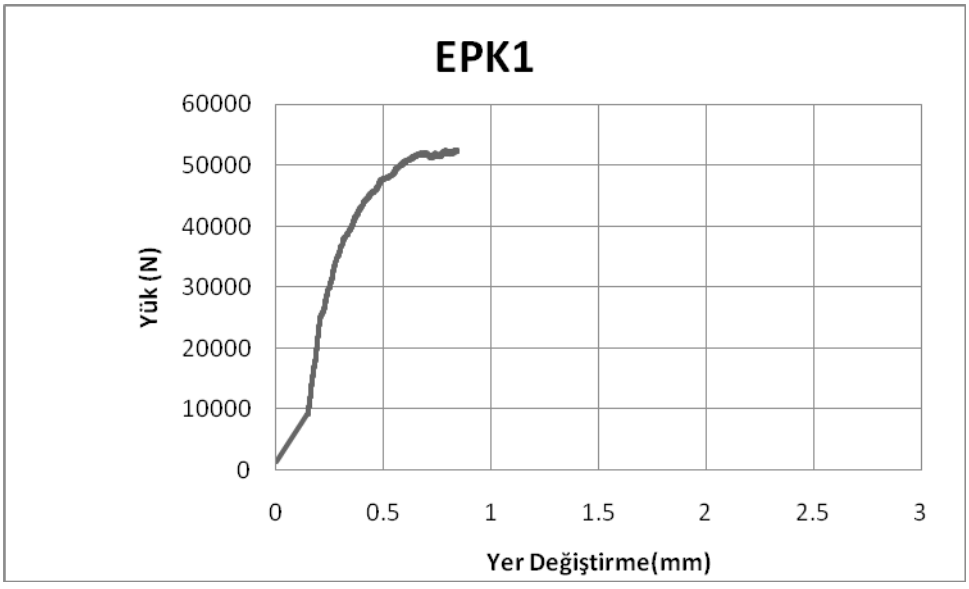
Ek 1. Sertleşmiş Betona Yapılan Kimyasal Ankraj Donatı Deneyleri

EPK 1

Çizelge Ek 1'de EPK 1 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.1'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 1: EPK 1 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 1)
Maximum Yerdeğiştirme	0.83 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	52532 N
Epoksi	✓



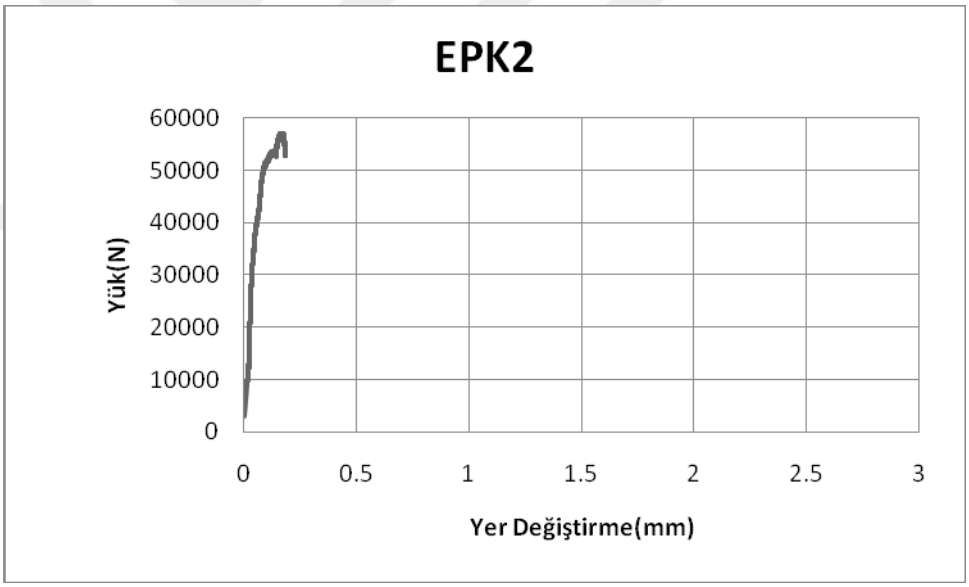
Şekil Ek 1: EPK 1 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 2

Çizelge Ek 2’de EPK 2 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.2’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 2: EPK 2 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 2)
Maximum Yerdeğiştirme	0.16 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	57046 N
Epoksi	✓



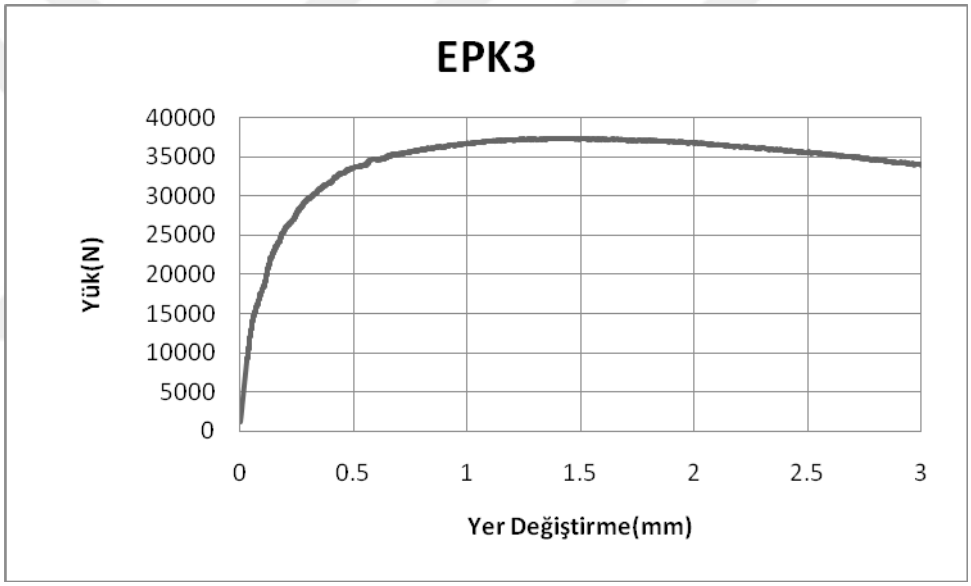
Şekil Ek.2: EPK 2 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 3

Çizelge Ek 3’de EPK 3 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.3’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 3: EPK 3 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 3)
Maximum Yerdeğiştirme	1.43 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	37388 N
Epoksi	✓



Şekil Ek.3: EPK 3 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 4

Çizelge Ek 4’de EPK 4 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.4’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 4: EPK 4 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 4)
Maximum Yerdeğiştirme	0.09 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	39182 N
Epoksi	✓



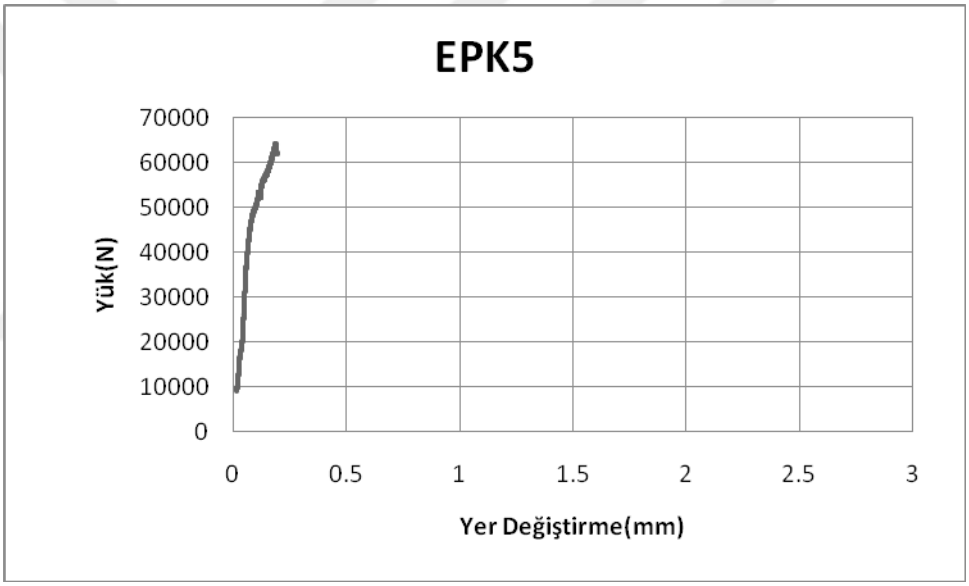
Şekil Ek.4: EPK 4 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 5

Çizelge Ek 5’de EPK 5 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.5’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 5: EPK 5 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 5)
Maximum Yerdeğiştirme	0.18 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	64082 N
Epoksi	✓



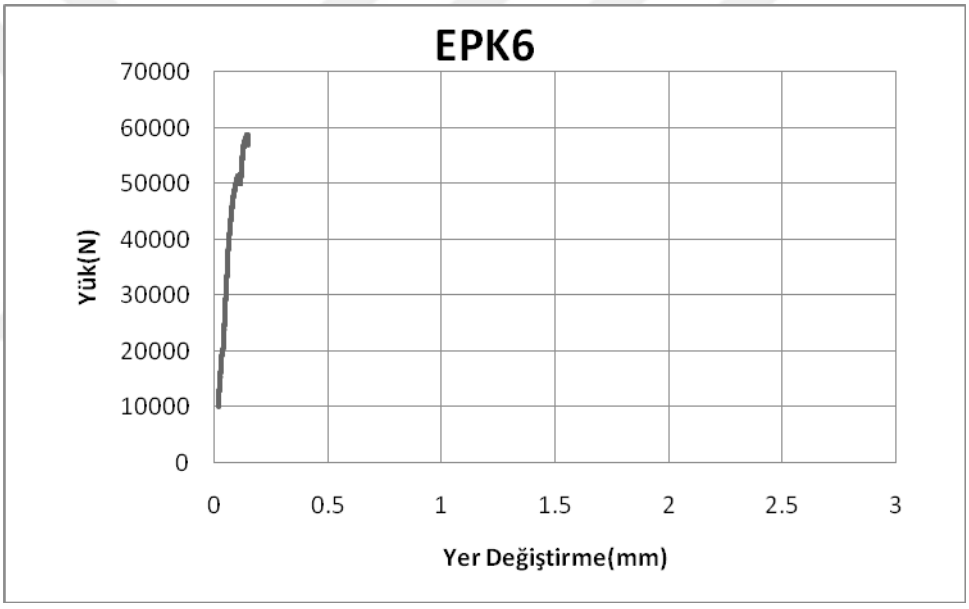
Şekil Ek.5: EPK 5 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 6

Çizelge Ek 6’de EPK 6 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.6’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 6: EPK 6 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 6)
Maximum Yerdeğiştirme	0.14 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	58736 N
Epoksi	✓



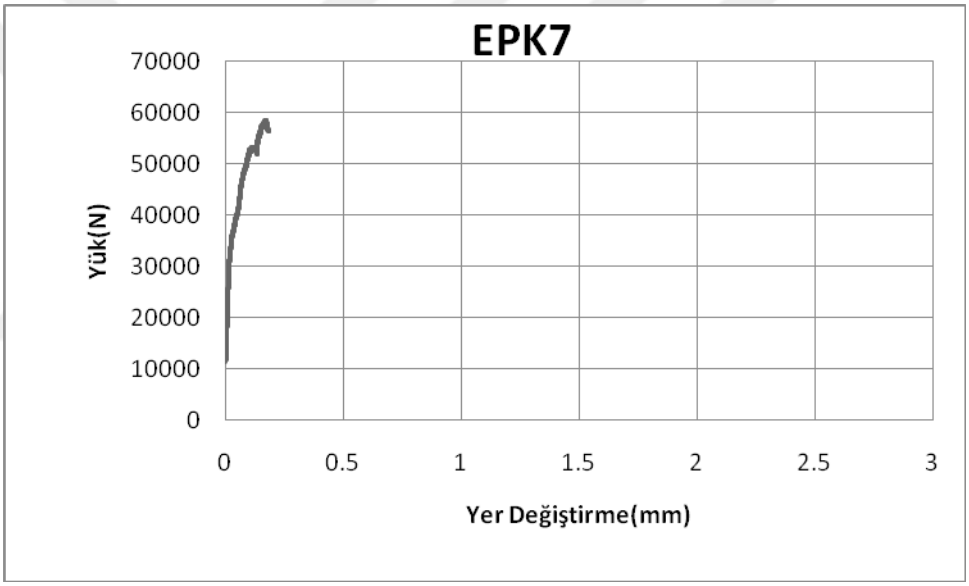
Şekil Ek.6: EPK 6 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 7

Çizelge Ek 7’de EPK 7 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.7’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 7: EPK 7 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 7)
Maximum Yerdeğiştirme	0.17 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	58604 N
Epoksi	✓



Şekil Ek.7: EPK 7 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 8

Çizelge Ek 8’de EPK 8 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.8’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 8: EPK 8 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 8)
Maximum Yerdeğiştirme	0.78 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	46196 N
Epoksi	✓



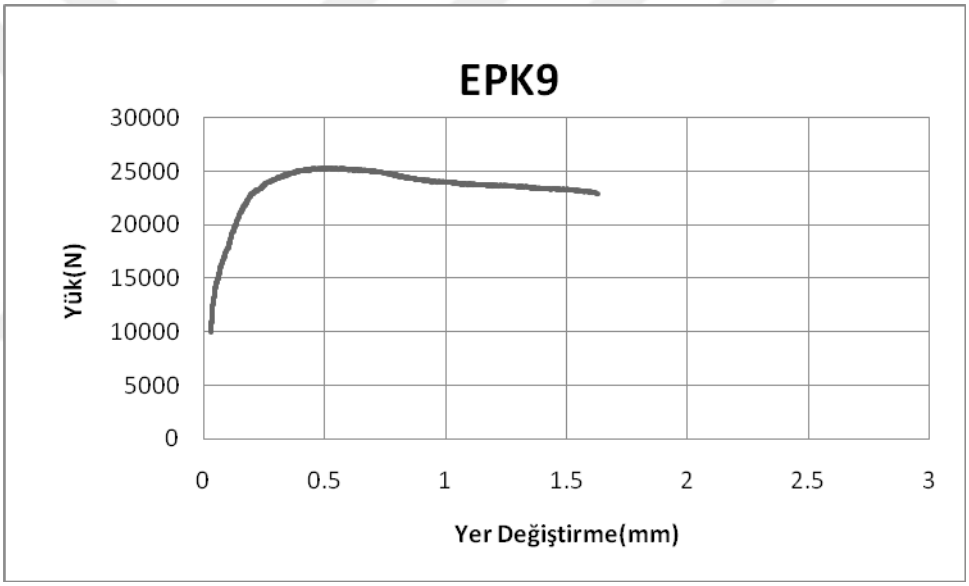
Şekil Ek.8: EPK 8 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 9

Çizelge Ek 9’de EPK 9 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.9’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 9: EPK 9 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 9)
Maximum Yerdeğiştirme	0.49 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	25300 N
Epoksi	✓



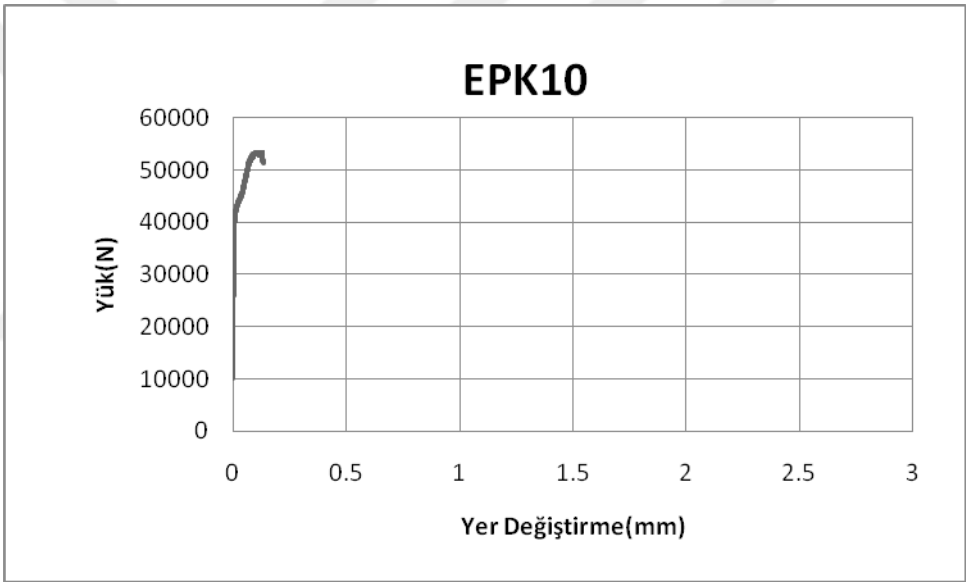
Şekil Ek.9: EPK 9 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 10

Çizelge Ek 10’de EPK 10 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.10’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 10: EPK 10 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 10)
Maximum Yerdeğiştirme	0.11 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	53315 N
Epoksi	✓



Şekil Ek.10: EPK 10 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 11

Çizelge Ek 11’de EPK 11 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.11’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 11: EPK 11 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 11)
Maximum Yerdeğiştirme	0.86 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	52285 N
Epoksi	✓



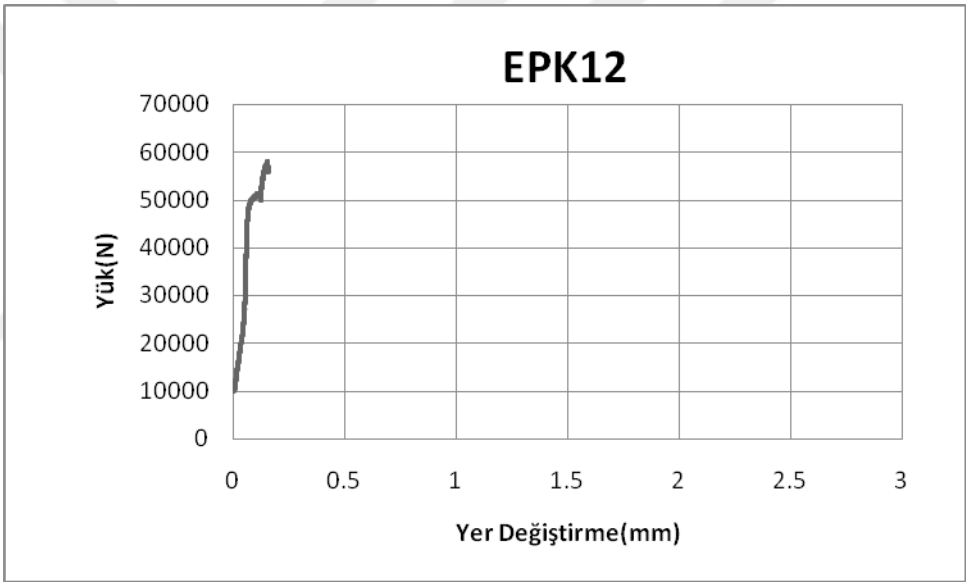
Şekil Ek.11: EPK 11 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 12

Çizelge Ek 12’de EPK 12 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.12’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 12: EPK 12 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 12)
Maximum Yerdeğiştirme	0.15 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	57963 N
Epoksi	✓



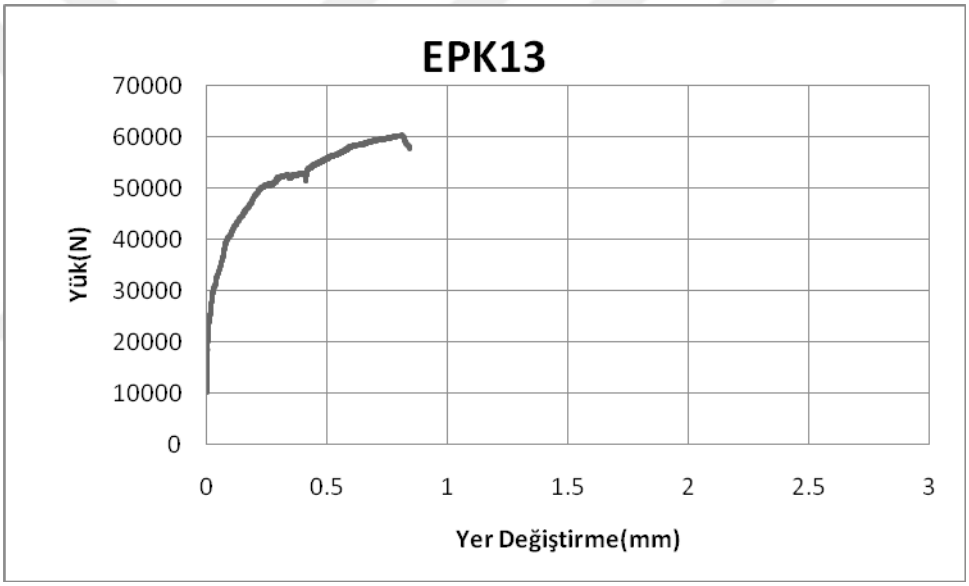
Şekil Ek.12: EPK 12 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 13

Çizelge Ek 13’de EPK 13 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.13’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 13: EPK 13 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 13)
Maximum Yerdeğiştirme	0.81 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	60301 N
Epoksi	✓



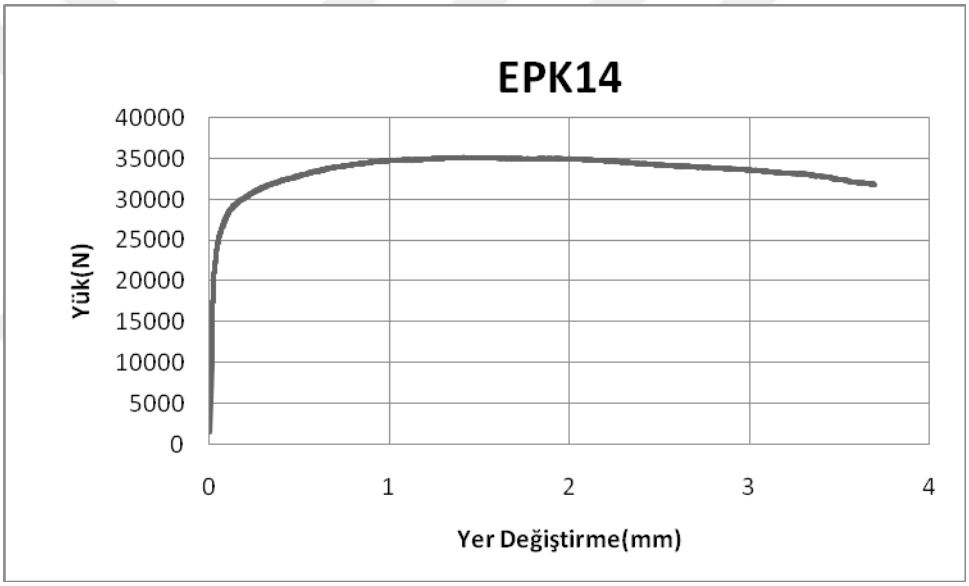
Şekil Ek.13: EPK 13 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 14

Çizelge Ek 14’de EPK 14 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.14’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 14: EPK 14 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 14)
Maximum Yerdeğiştirme	1.42 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	35156 N
Epoksi	✓



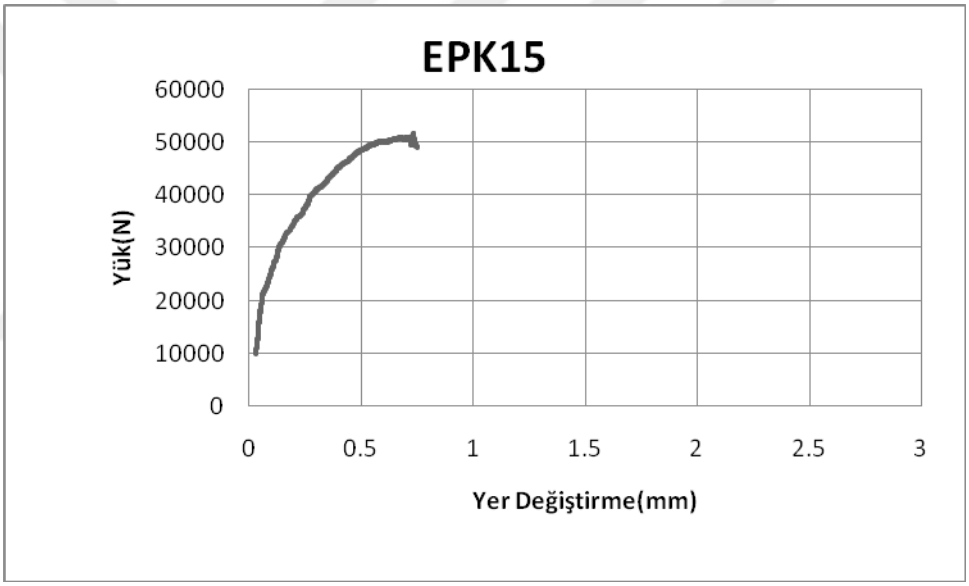
Şekil Ek.14: EPK 14 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 15

Çizelge Ek 15’de EPK 15 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.15’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 15: EPK 15 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 15)
Maximum Yerdeğiştirme	0.73 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	51599 N
Epoksi	✓



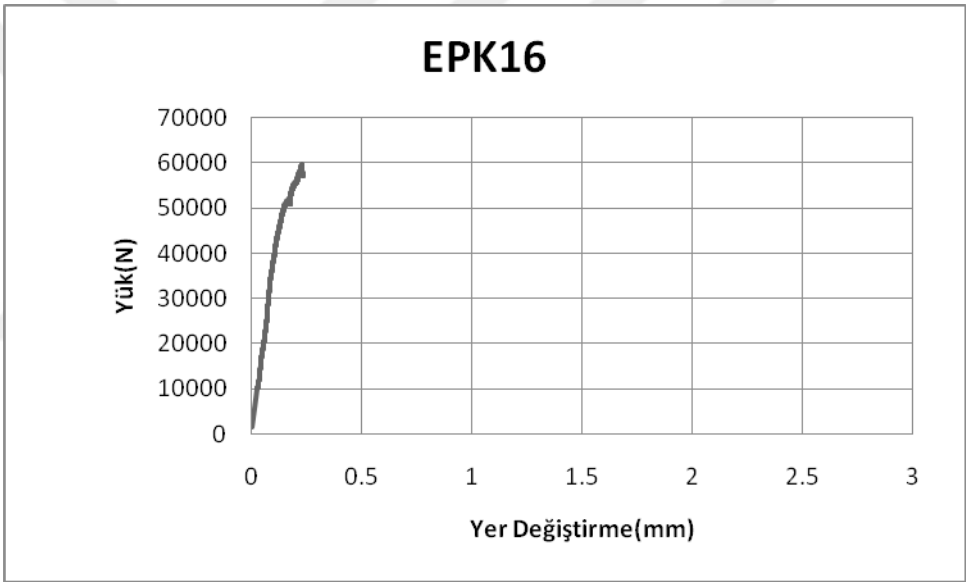
Şekil Ek.15: EPK 15 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 16

Çizelge Ek 16’de EPK 16 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.16’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 16: EPK 16 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 16)
Maximum Yerdeğiştirme	0.22 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	59578 N
Epoksi	✓



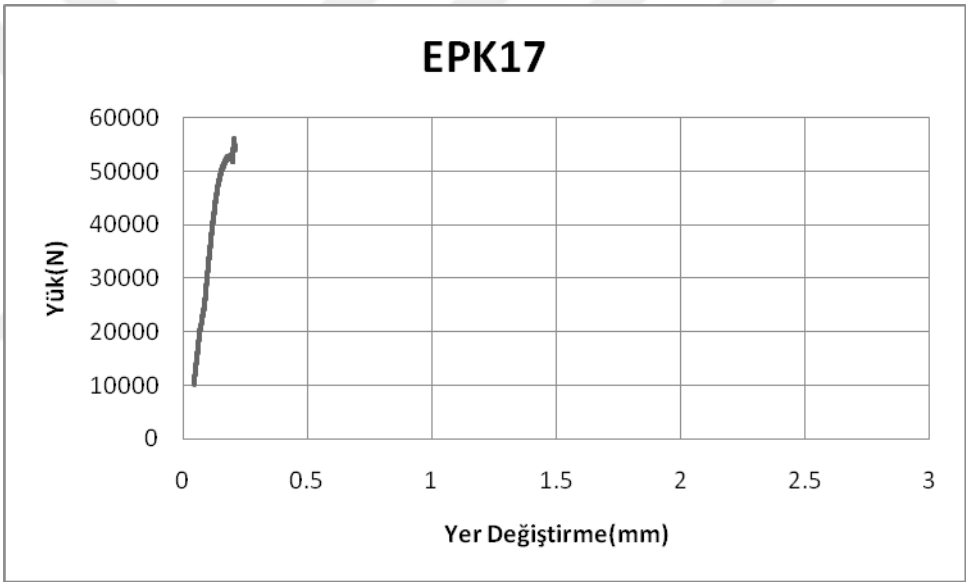
Şekil Ek.16: EPK 16 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 17

Çizelge Ek 17’de EPK 17 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.17’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 17: EPK 17 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 17)
Maximum Yerdeğiştirme	0.20 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	56034 N
Epoksi	✓



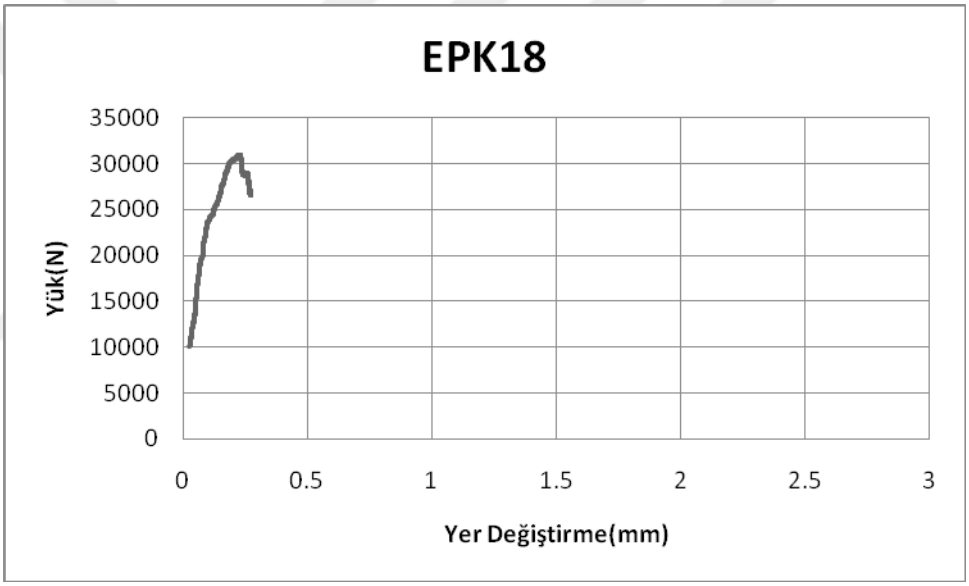
Şekil Ek.17: EPK 17 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 18

Çizelge Ek 18’de EPK 18 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.18’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 18: EPK 18 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 18)
Maximum Yerdeğiştirme	0.22 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	30905 N
Epoksi	✓



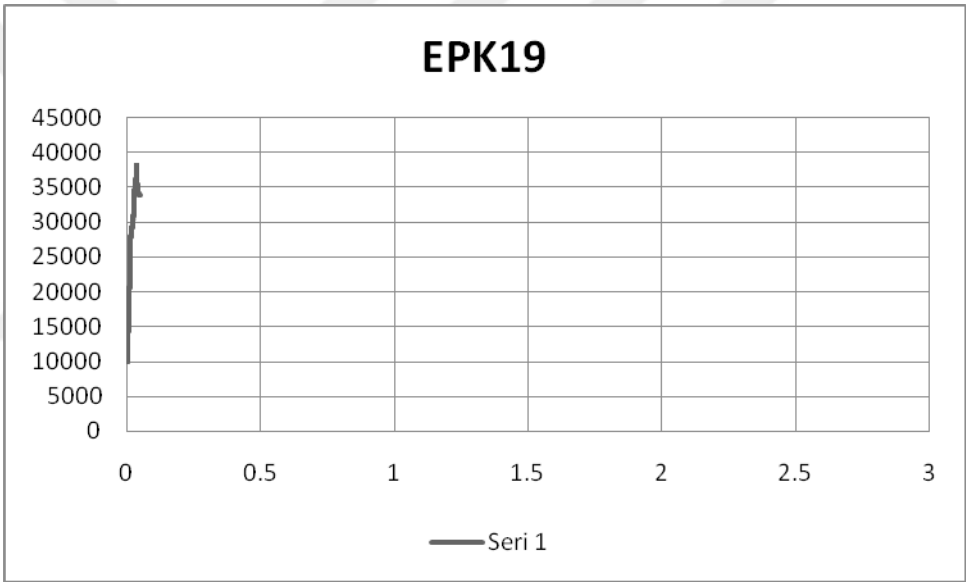
Şekil Ek.18: EPK 18 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

EPK 19

Çizelge Ek 19'de EPK 19 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.19'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 19: EPK 19 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(EPK 19)
Maximum Yerdeğiştirme	0.03 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	38128 N
Epoksi	✓



Şekil Ek.19: EPK 19 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

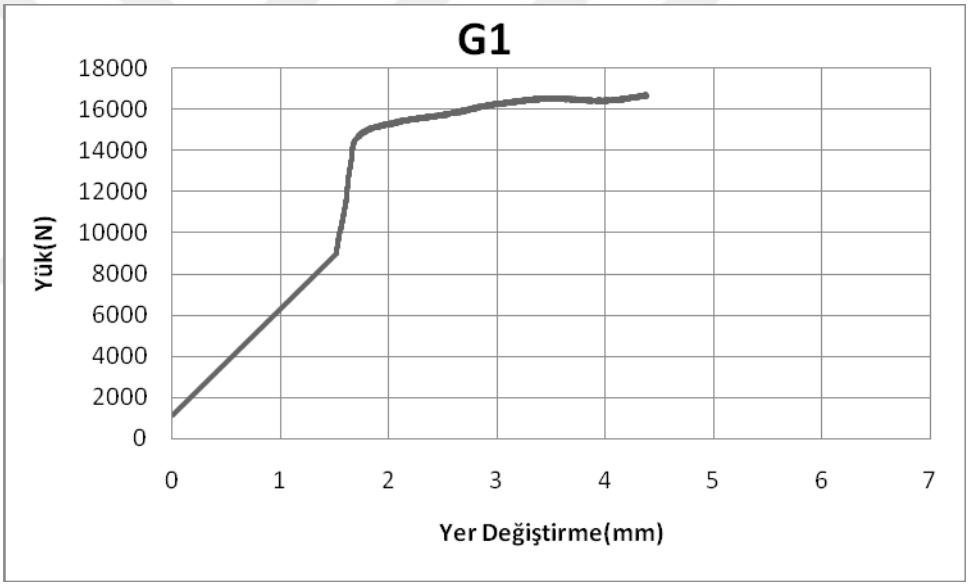
Ek 2. Sertleşmiş Betona Yapılan Çelik Dübel İle Ankraj Deneyleri

G 1

Çizelge Ek 20’de G 1 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.20’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 20: G 1 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 1)
Maximum Yerdeğiştirme	4.36 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	16723 N
Epoksi	-



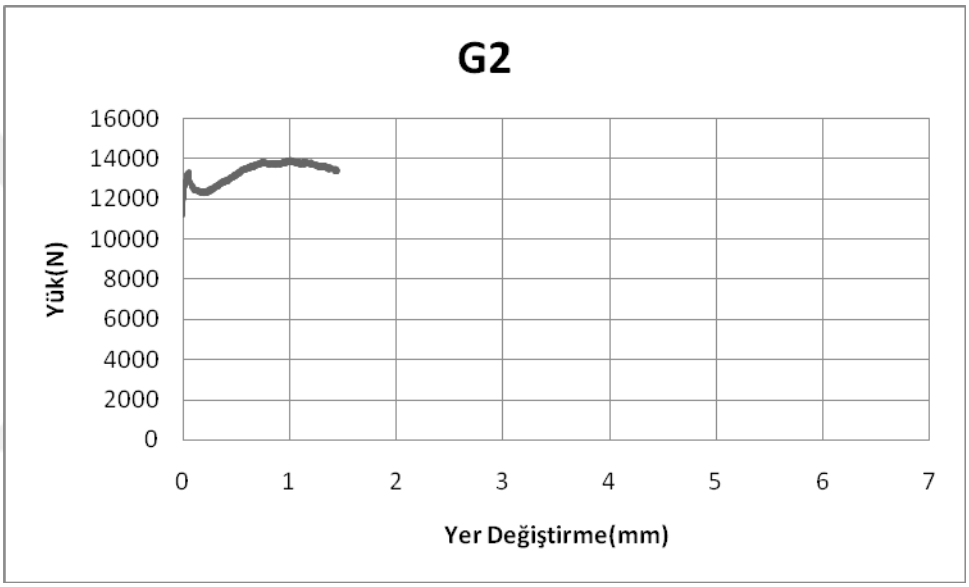
Şekil Ek.20:G 1 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 2

Çizelge Ek 21’de G 2 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.21’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 21: G 2 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 2)
Maximum Yerdeğiştirme	1.00 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	13959 N
Epoksi	-



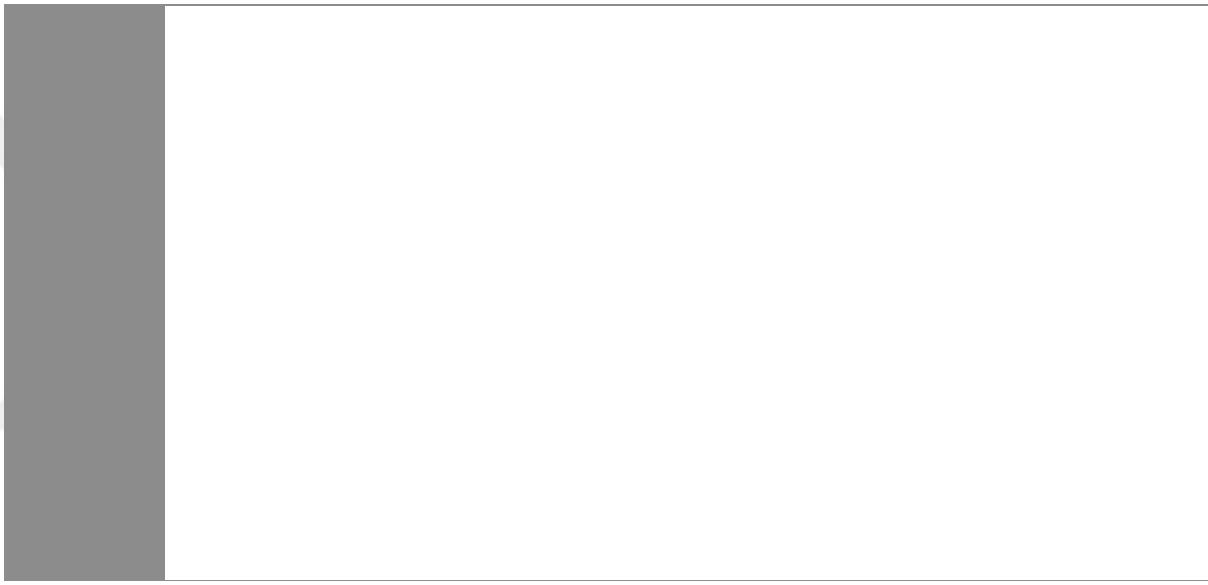
Şekil Ek.21:G 2 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 3

Çizelge Ek 22'de G 3 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.22'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 22: G 3 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 3)
Maximum Yerdeğiştirme	4.73 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	28457 N
Epoksi	-



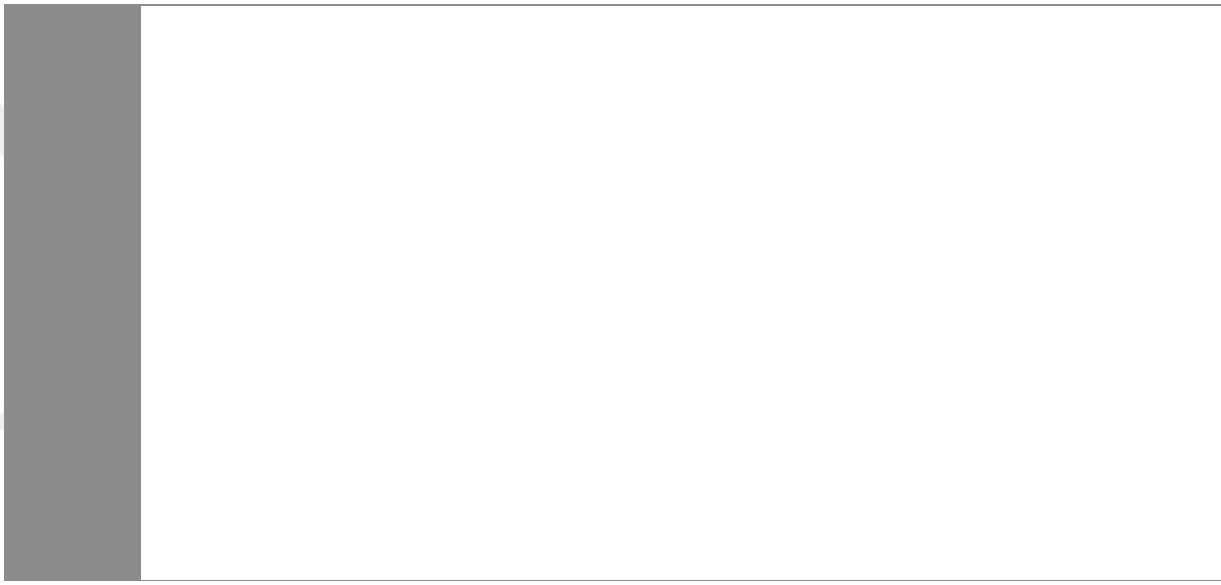
Şekil Ek.22:G 3 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 4

Çizelge Ek 23'de G 4 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.23'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 23: G 4 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 4)
Maximum Yerdeğiştirme	4.96 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	17863 N
Epoksi	-



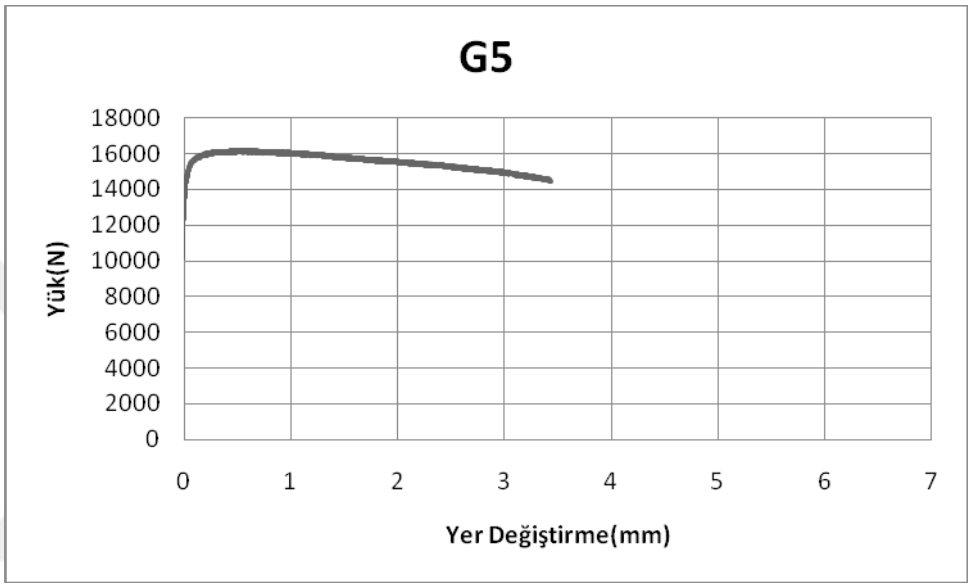
Şekil Ek.23:G 4 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 5

Çizelge Ek 24'de G 5 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.24'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 24: G 5 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 5)
Maximum Yerdeğiştirme	0.54 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	17863 N
Epoksi	-



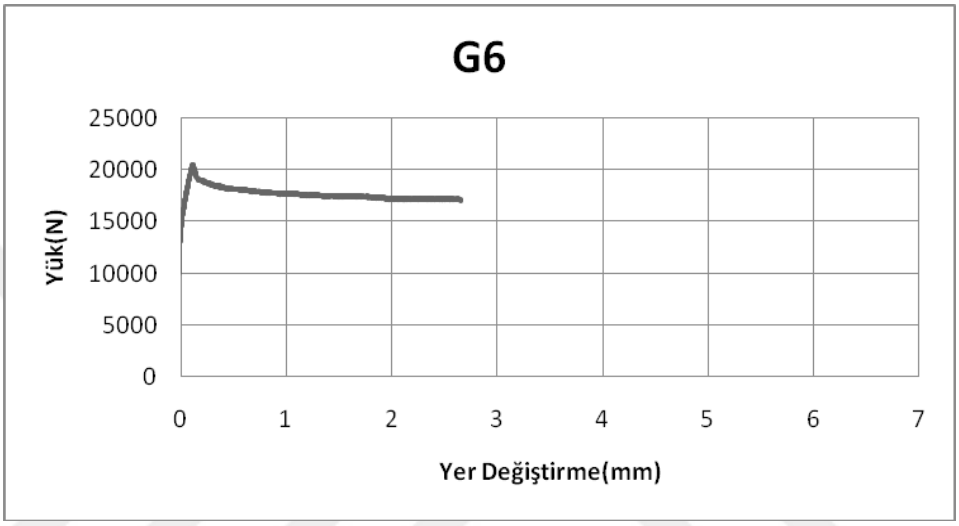
Şekil Ek.24:G 5 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 6

Çizelge Ek 25'de G 6 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.25'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 25: G 6 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 6)
Maximum Yerdeğiştirme	0.11 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	20519 N
Epoksi	-



Şekil Ek.25:G 6 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 7

Çizelge Ek 26'de G 7 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.26'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 26: G 7 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 7)

Maximum Yerdeğiştirme	4.38 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	25524 N
Epoksi	-



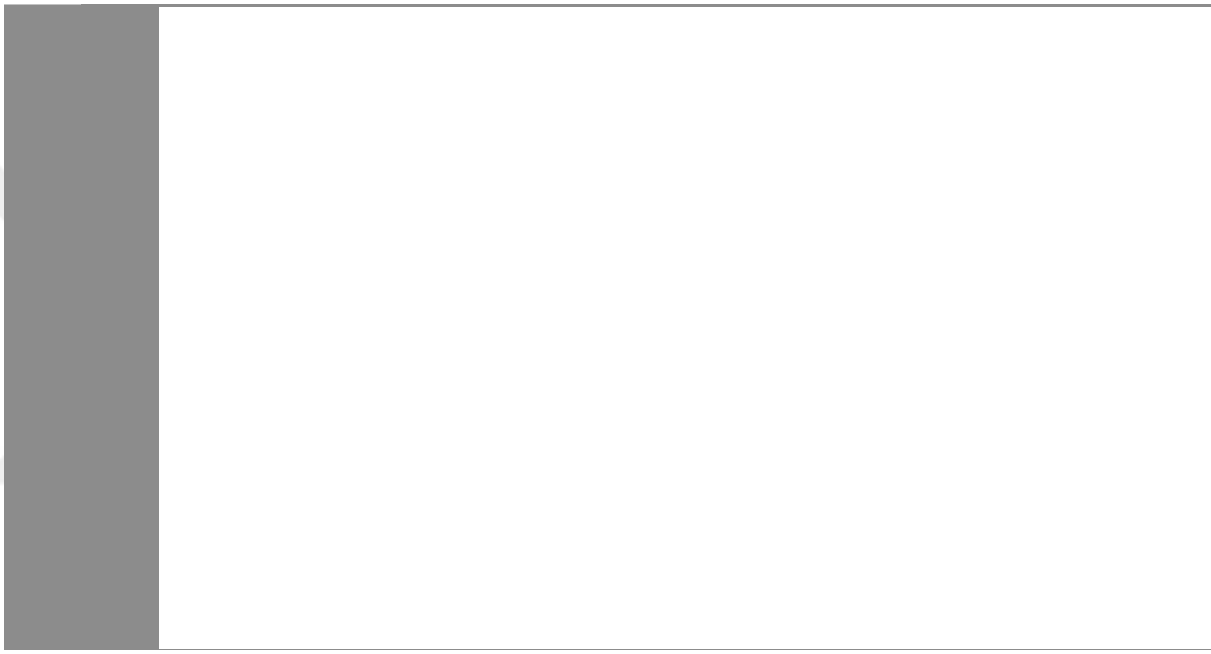
Şekil Ek.26:G 7 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 8

Çizelge Ek 27'de G 8 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.27'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 27: G 8 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 8)
Maximum Yerdeğiştirme	3.57 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	21643 N
Epoksi	-



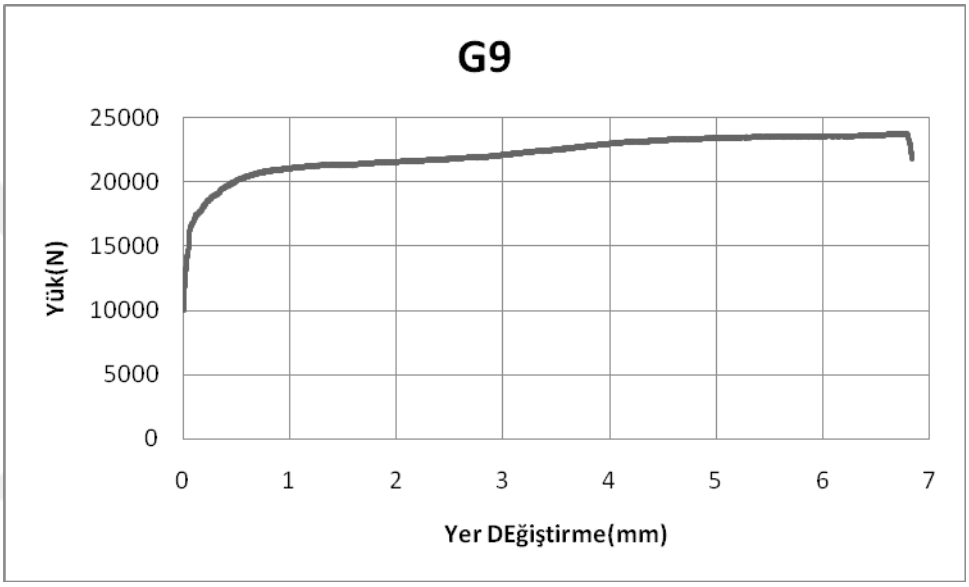
Şekil Ek.27:G 8 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 9

Çizelge Ek 28'de G 9 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.28'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 28: G 9 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 9)
Maximum Yerdeğiştirme	6.78 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	23799 N
Epoksi	-



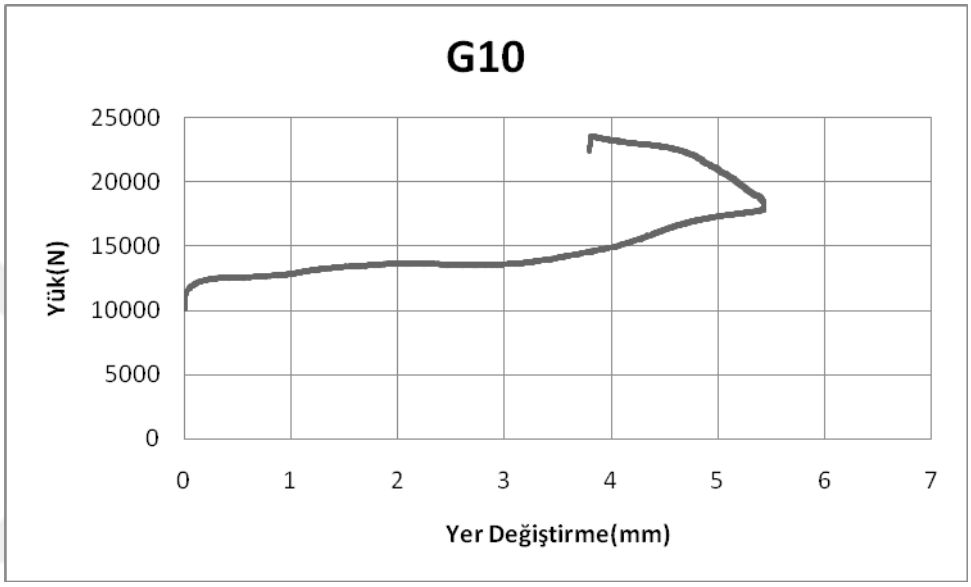
Şekil Ek.28:G 9 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 10

Çizelge Ek 29'de G 10 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.29'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 29: G 10 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 10)
Maximum Yerdeğiştirme	3.81 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	23591 N
Epoksi	-



Şekil Ek.29: G 10 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

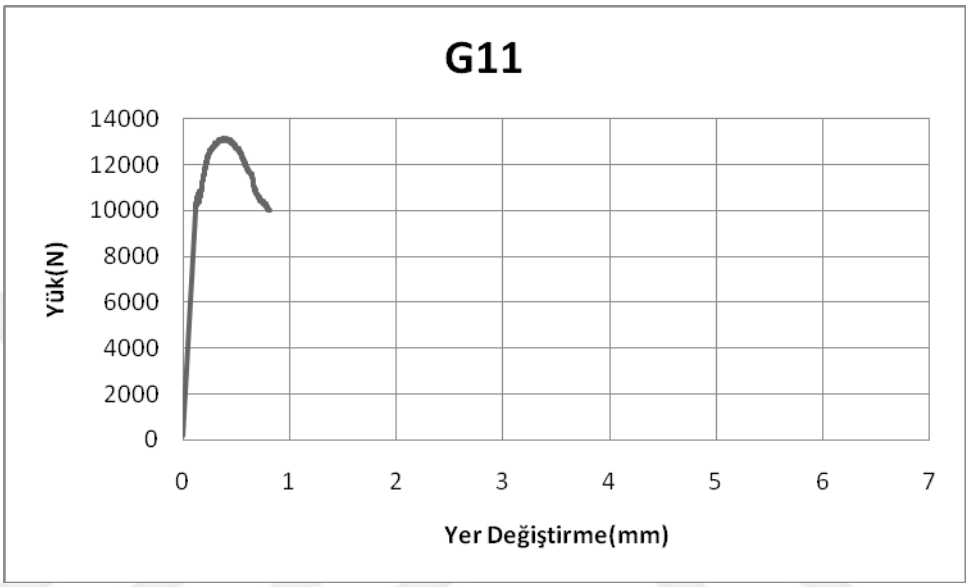
G 11

Çizelge Ek 30'de G 11 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.30'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 30: G 11 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 11)

Maximum Yerdeğiştirme	0.37 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	13151 N
Epoksi	-



Şekil Ek.30: G 11 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

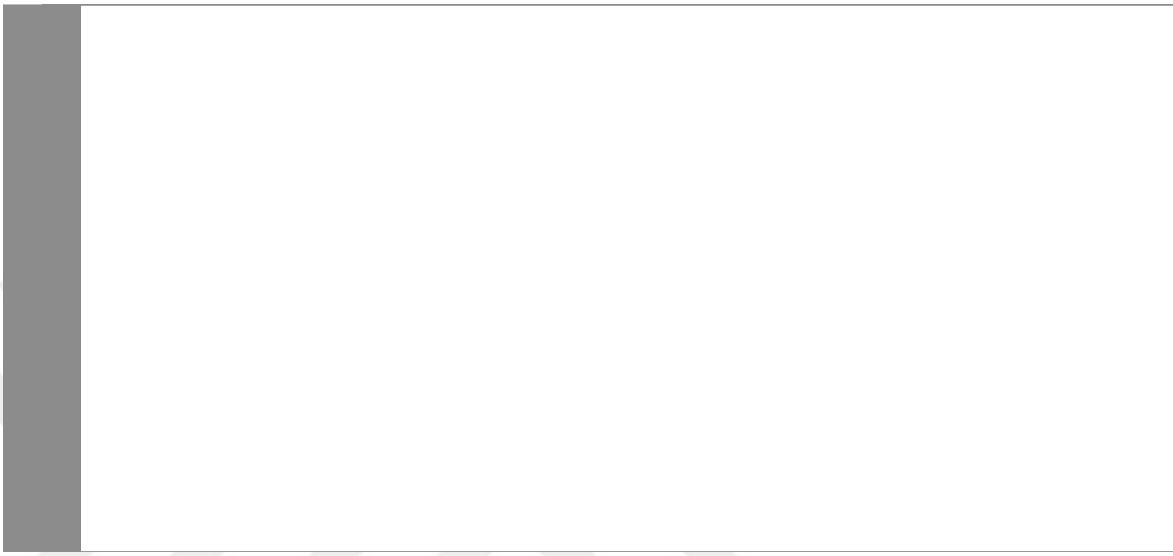
G 12

Çizelge Ek 31'de G 12 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.31'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 31: G 12 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 12)

Maximum Yerdeğiştirme	4.60 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	17917 N
Epoksi	-



Şekil Ek.31: G 12 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

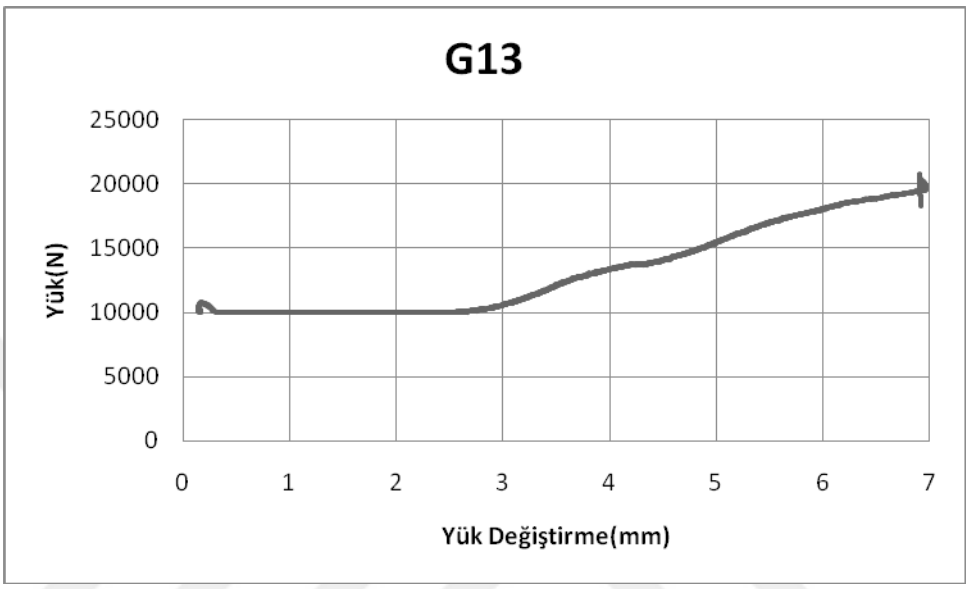
G 13

Çizelge Ek 32’de G 13 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.32’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 32: G 13 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 13)
Maximum Yerdeğiştirme	

Donatı Çapı	6.90 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	12 mm 20727 N
Epoksi	-



Şekil Ek.32: G 13 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

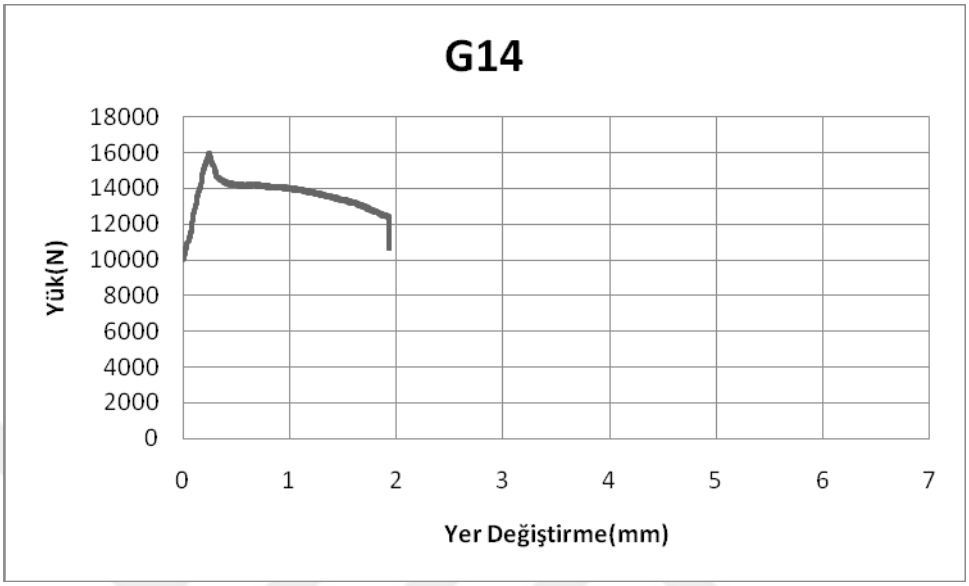
G 14

Çizelge Ek 33'de G 14 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.33'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 33: G 14 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 14)
Maximum Yerdeğiştirme	0.27 mm

Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	15953 N
Epoksi	-



Şekil Ek.33: G 14 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

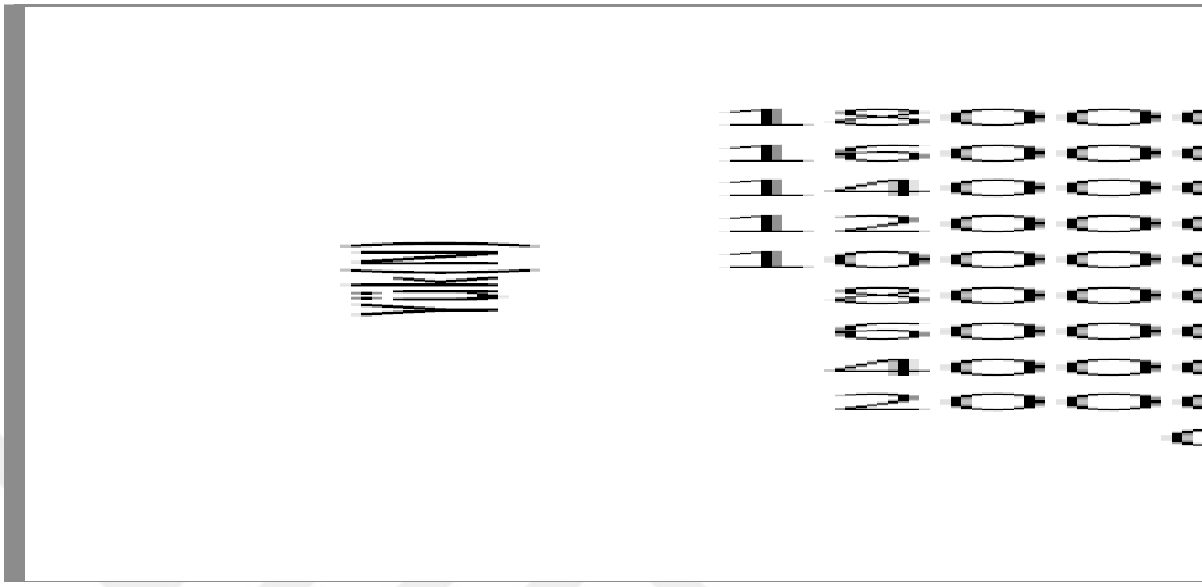
G 15

Çizelge Ek 34'de G 15 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.34'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 34: G 15 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 15)
Maximum Yerdeğiştirme	1.71 mm
Donatı Çapı	12 mm

Çekme Yükü Kapasitesi	17008 N
Epoksi	-



Şekil Ek.34: G 15 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

G 16

Çizelge Ek 35'de G 16 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.35'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 35: G 16 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 16)
Maximum Yerdeğiştirme	7.12 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	32338 N

Epoksi	-



Şekil Ek.35: G 16 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

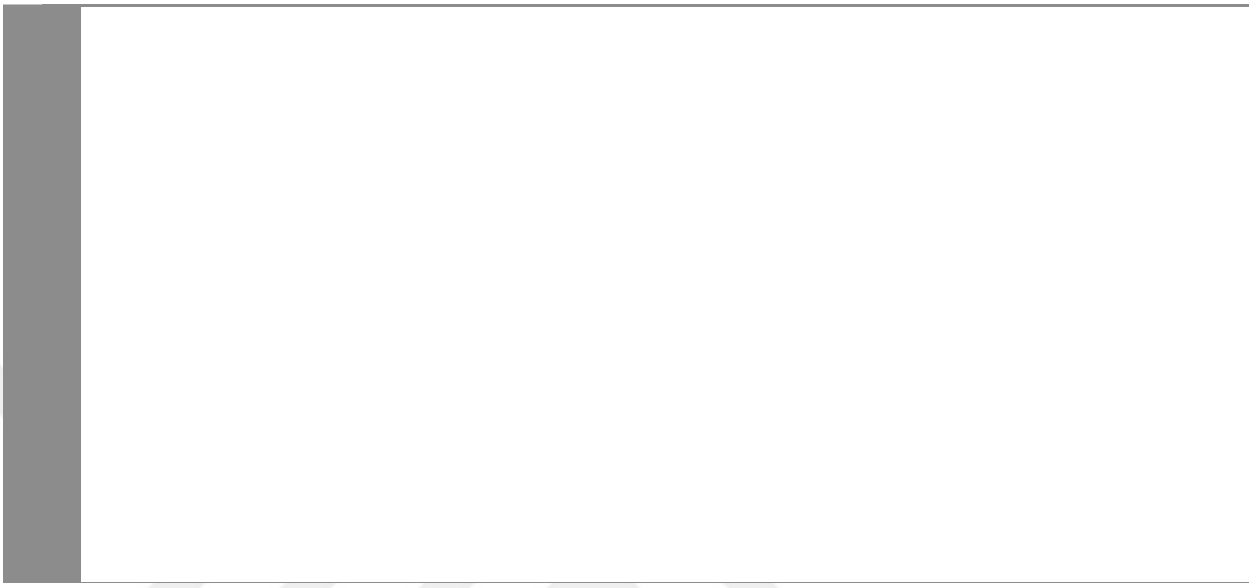
G 17

Çizelge Ek 36'de G 17 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.36'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 36: G 17 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 17)
Maximum Yerdeğiştirme	1.25 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	22097 N

Epoksi	-



Şekil Ek.36: G 17 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

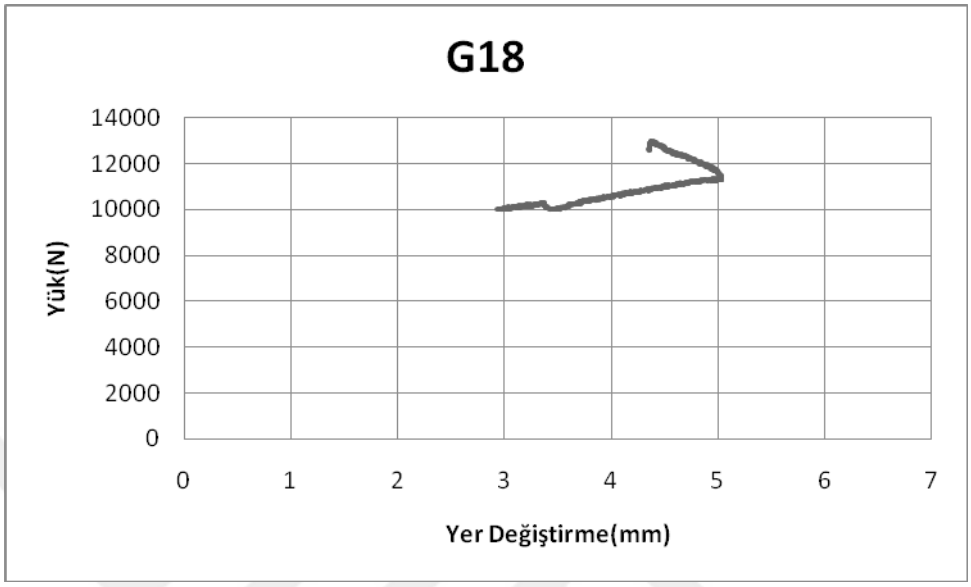
G 18

Çizelge Ek 37'de G 18 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.37'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 37: G 18 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 18)
Maximum Yerdeğiştirme	4.37 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	12958 N

Epoksi	-



Şekil Ek.37: G 18 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

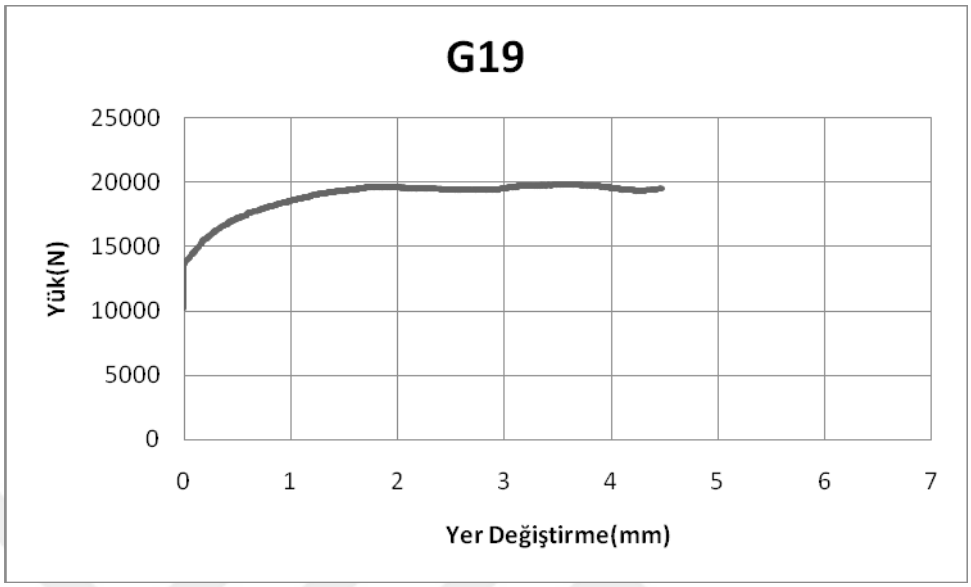
G 19

Çizelge Ek 38'de G 19 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.38'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 38: G 19 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(G 19)
Maximum Yerdeğiştirme	3.63 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	12958 N

Epoksi	-



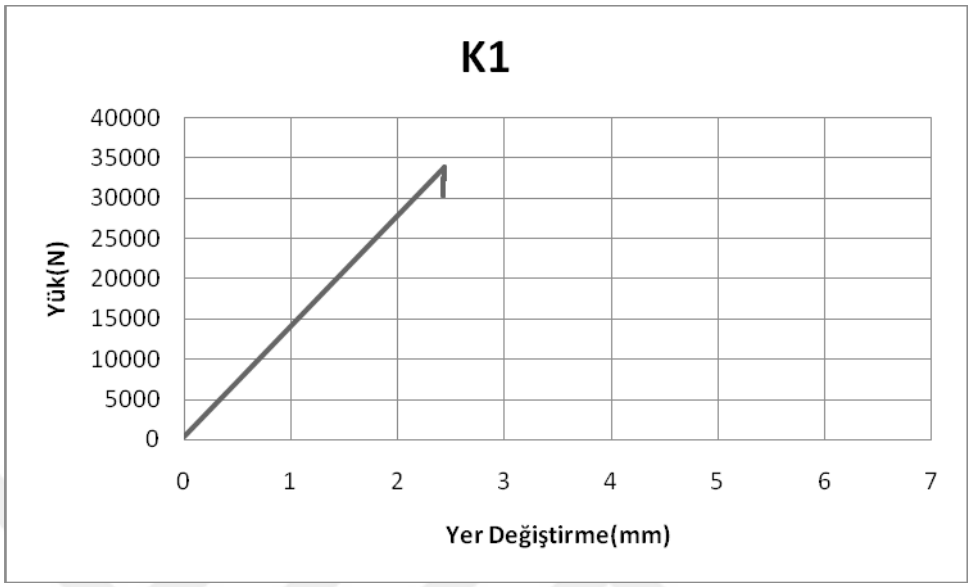
Şekil Ek.38: G 19 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 1

Çizelge Ek 39'de K 1 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.39'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 39: K 1 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 1)
Maximum Yerdeğiştirme	2.43 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	33854 N
Epoksi	-



Şekil Ek.39: K 1 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 2

Çizelge Ek 40'de K 2 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.40'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 40: K 2 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 2)
Maximum Yerdeğiştirme	3.66 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	34631 N
Epoksi	-



Şekil Ek.40: K 2 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 3

Çizelge Ek 41’de K 3 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.41’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 41: K 3 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 3)
Maximum Yerdeğiştirme	8.12 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	33900 N
Epoksi	-



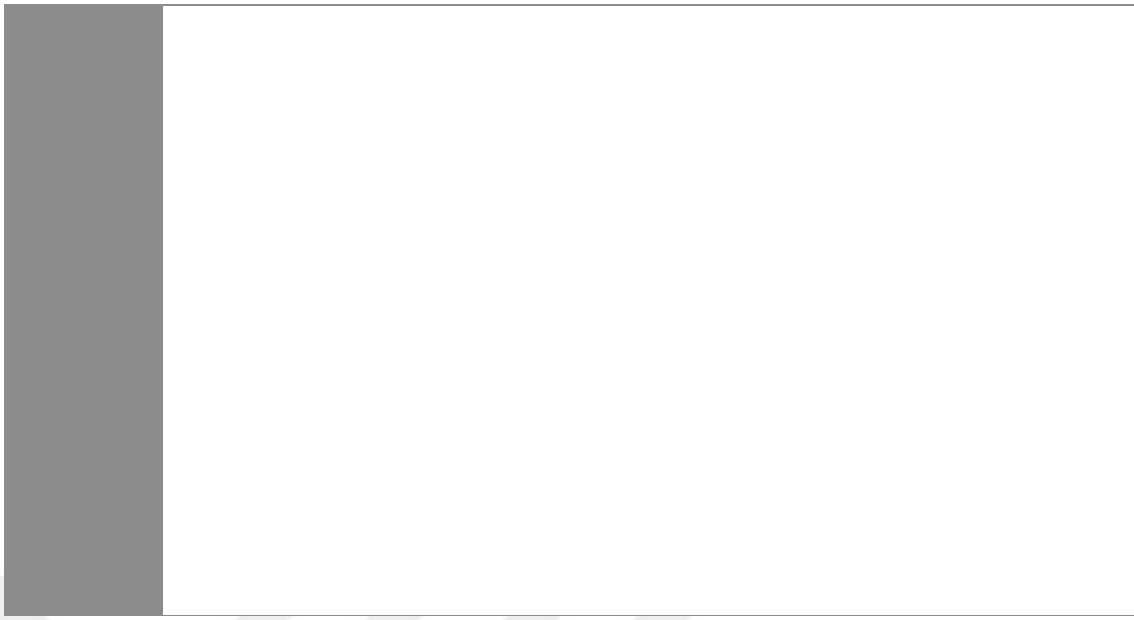
Şekil Ek.41: K 3 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 4

Çizelge Ek 42'de K 4 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.42'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 42: K 4 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 4)
Maximum Yerdeğiştirme	2.43 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	37149 N
Epoksi	-



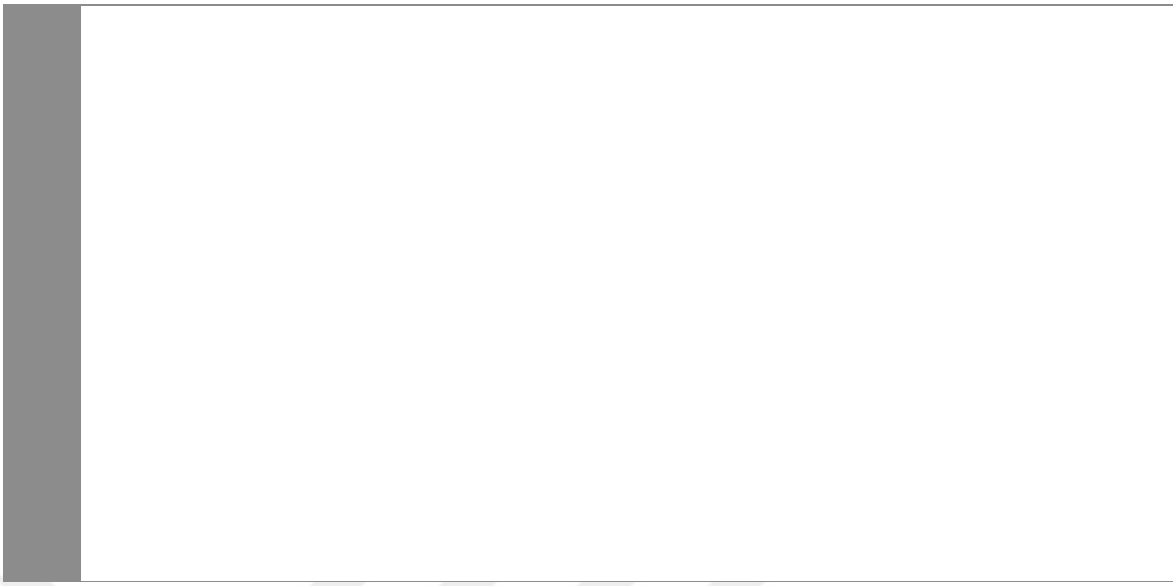
Şekil Ek.42: K 4 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 5

Çizelge Ek 43’de K 5 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.43’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 43: K 5 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 5)
Maximum Yerdeğiştirme	0.98 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	37149 N
Epoksi	-



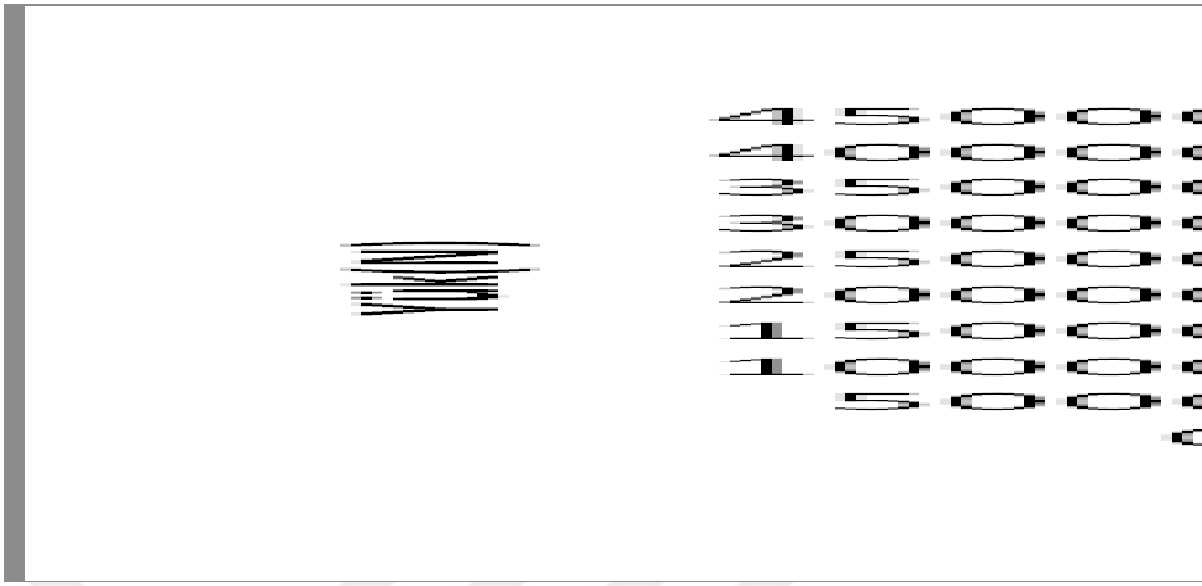
Şekil Ek.43: K 5 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 6

Çizelge Ek 44’de K 6 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.44’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 44: K 6 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 6)
Maximum Yerdeğiştirme	2.42 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	38274 N
Epoksi	-



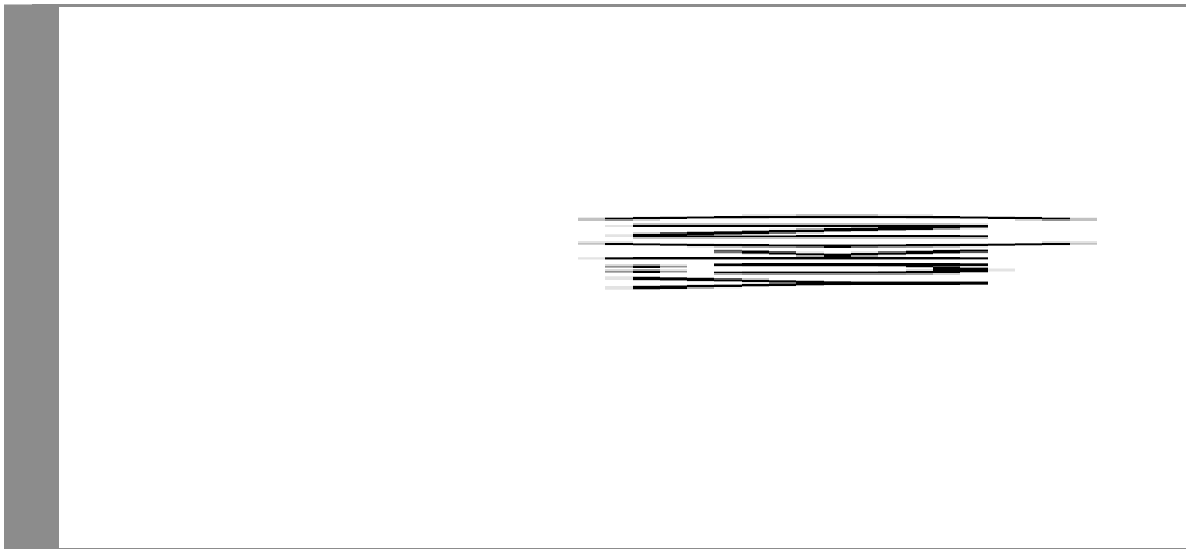
Şekil Ek.44: K 6 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 7

Çizelge Ek 45’de K 7 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.45’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 45: K 7 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 7)
Maximum Yerdeğiştirme	1.40 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	34501 N
Epoksi	-



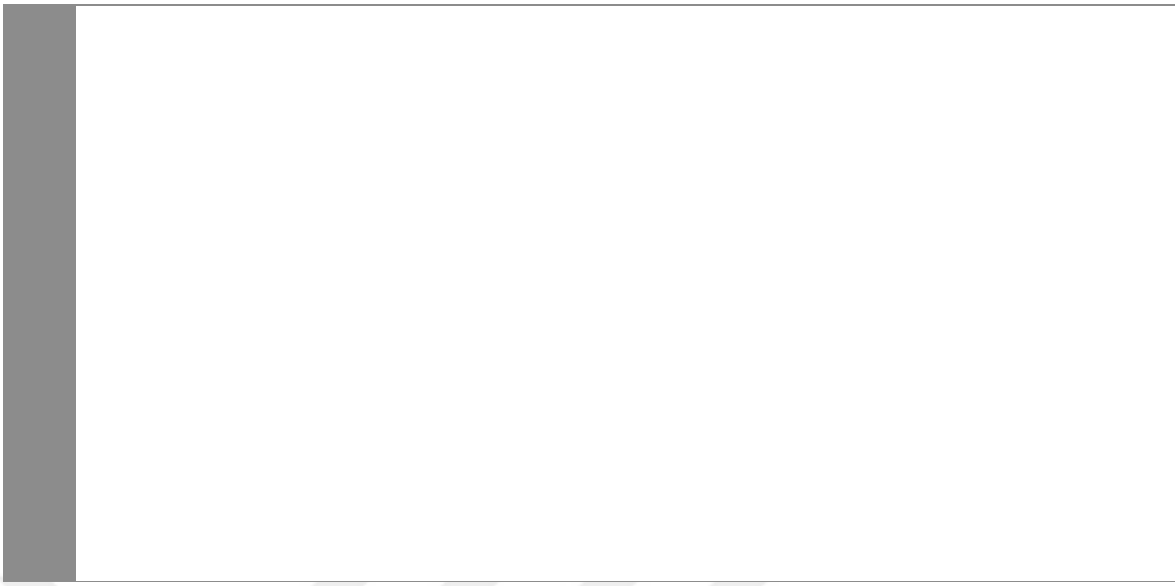
Şekil Ek.45: K 7 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 8

Çizelge Ek 46'de K 8 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.46'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 46: K 8 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 8)
Maximum Yerdeğiştirme	5.01 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	35579 N
Epoksi	-



Şekil Ek.46: K 8 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 9

Çizelge Ek 47'de K 9 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.47'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 47: K 9 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 9)
Maximum Yerdeğiştirme	0.99 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	30836 N
Epoksi	-



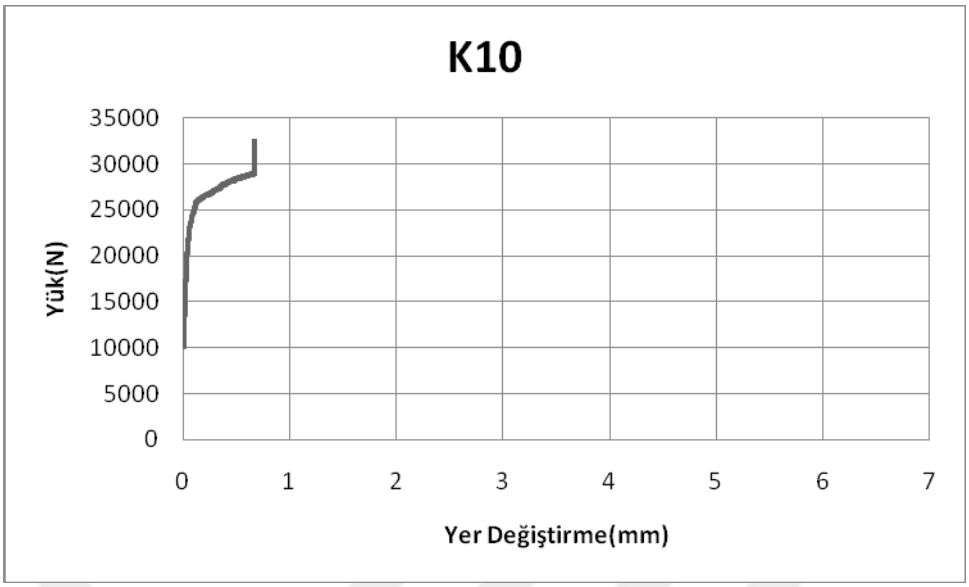
Şekil Ek.47: K 9 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 10

Çizelge Ek 48'de K 10 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.48'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 48: K 10 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 10)
Maximum Yerdeğiştirme	0.66 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	32468 N
Epoksi	-



Şekil Ek.48: K 10 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 11

Çizelge Ek 49'de K 11 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.49'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 49: K 11 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 11)
Maximum Yerdeğiştirme	4.04 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	36364 N
Epoksi	-



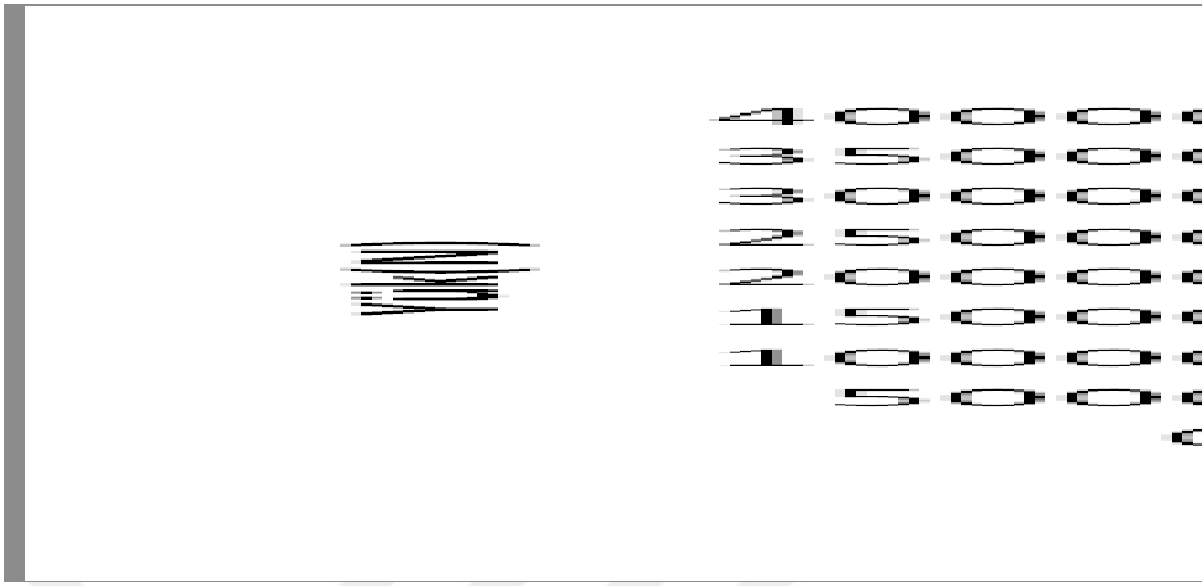
Şekil Ek.49: K 11 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 12

Çizelge Ek 50'de K 12 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.50'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 50: K 12 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 12)
Maximum Yerdeğiştirme	4.82 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	37080 N
Epoksi	-



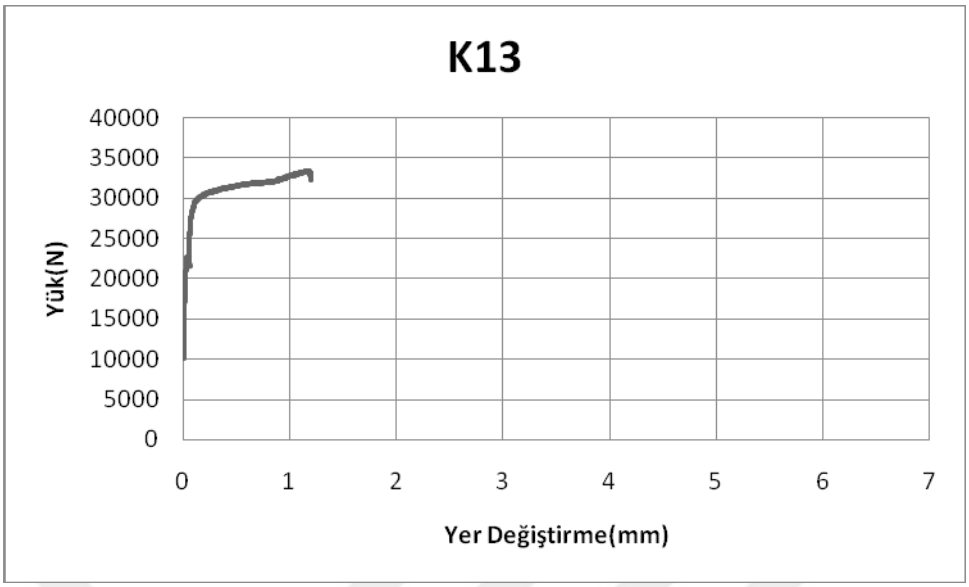
Şekil Ek.50: K 12 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 13

Çizelge Ek 51’de K 13 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.51’de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 51: K 13 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 13)
Maximum Yerdeğiştirme	1.16 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	33338 N
Epoksi	-



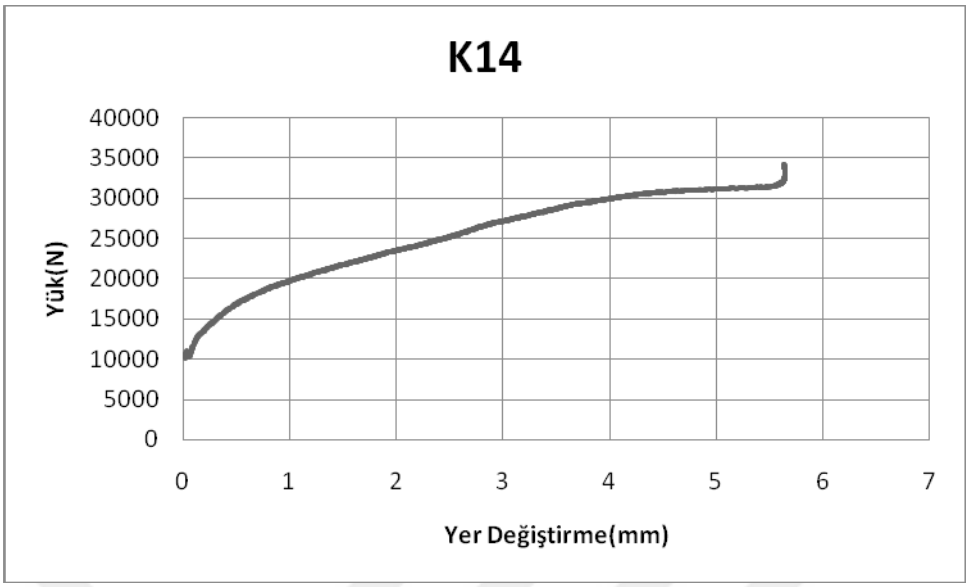
Şekil Ek.51: K 13 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 14

Çizelge Ek 52'de K 14 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.52'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 52: K 14 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 14)
Maximum Yerdeğiştirme	5.63 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	34155 N
Epoksi	-



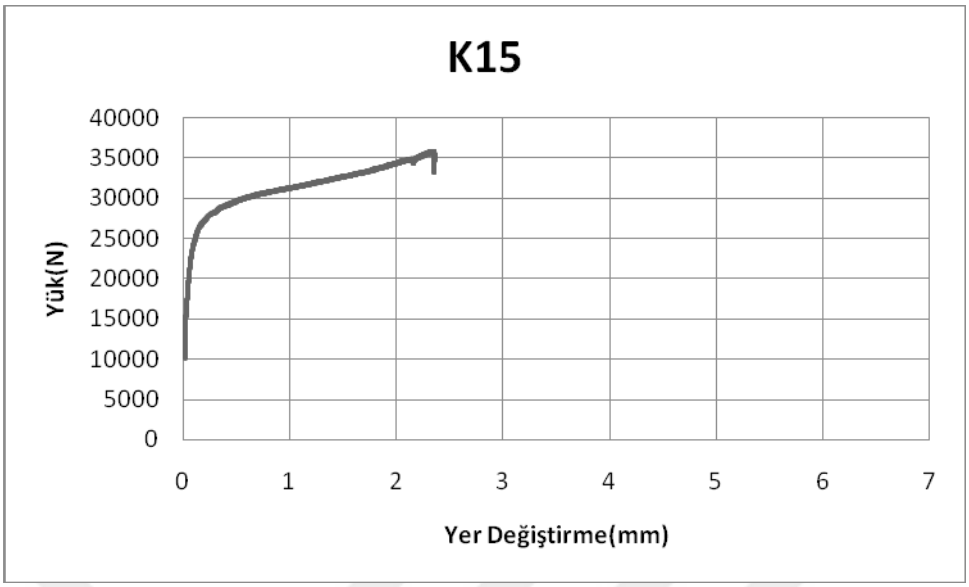
Şekil Ek.52: K 14 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 15

Çizelge Ek 53'de K 15 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.53'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 53: K 15 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 15)
Maximum Yerdeğiştirme	2.33 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	35818 N
Epoksi	-



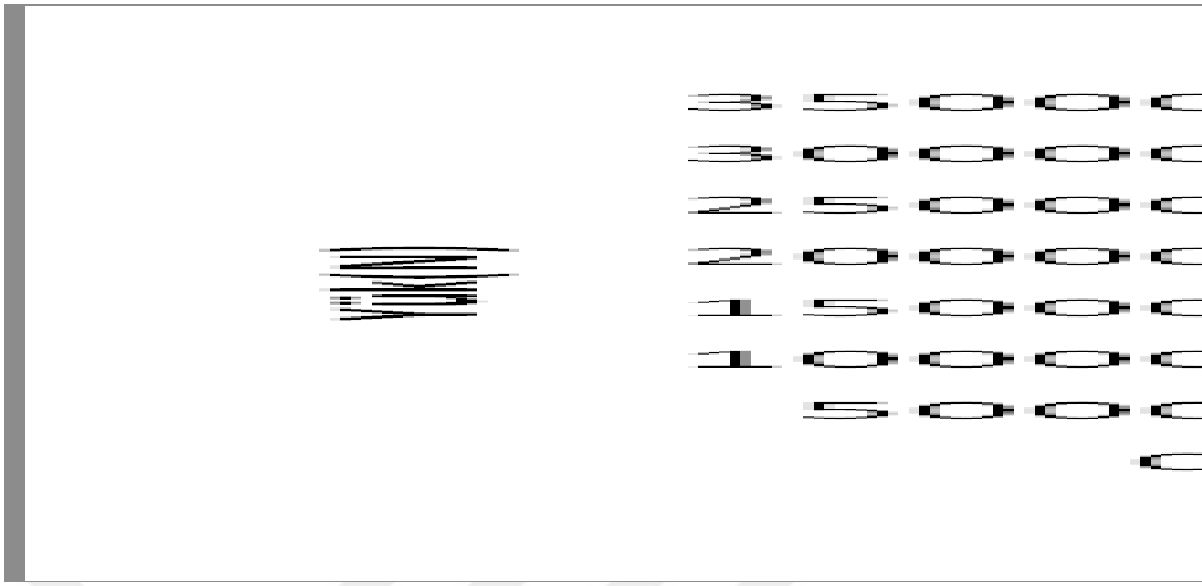
Şekil Ek.53: K 15 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 16

Çizelge Ek 54'de K 16 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.54'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 54: K 16 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 16)
Maximum Yerdeğiştirme	5.74 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	32214 N
Epoksi	-



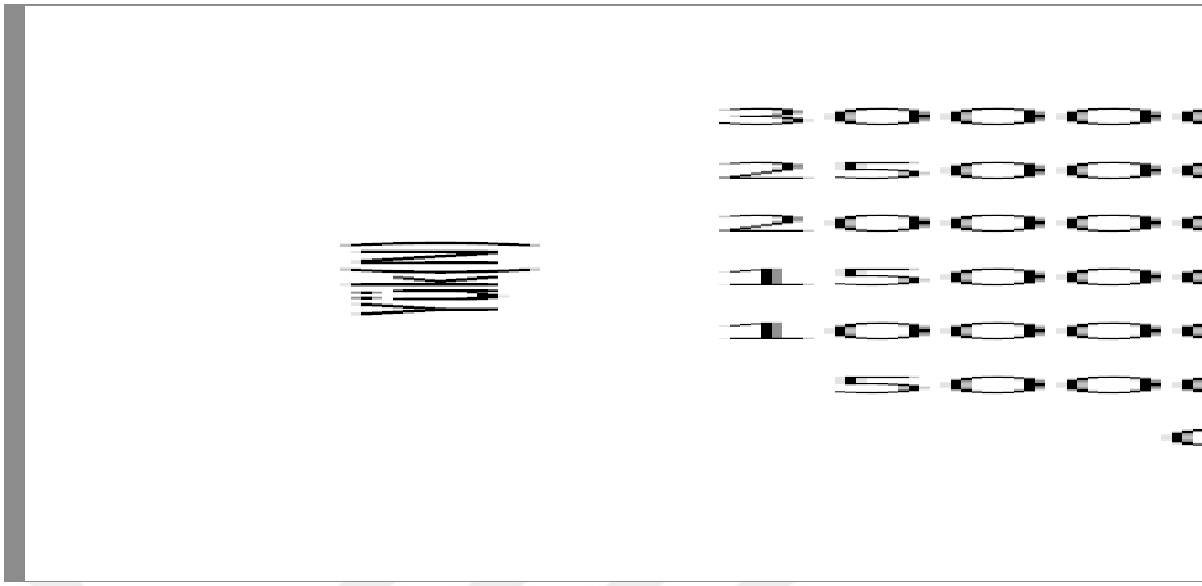
Şekil Ek.54: K 16 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 17

Çizelge Ek 55'de K 17 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.55'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 55: K 17 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 17)
Maximum Yerdeğiştirme	2.22 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	28218 N
Epoksi	-



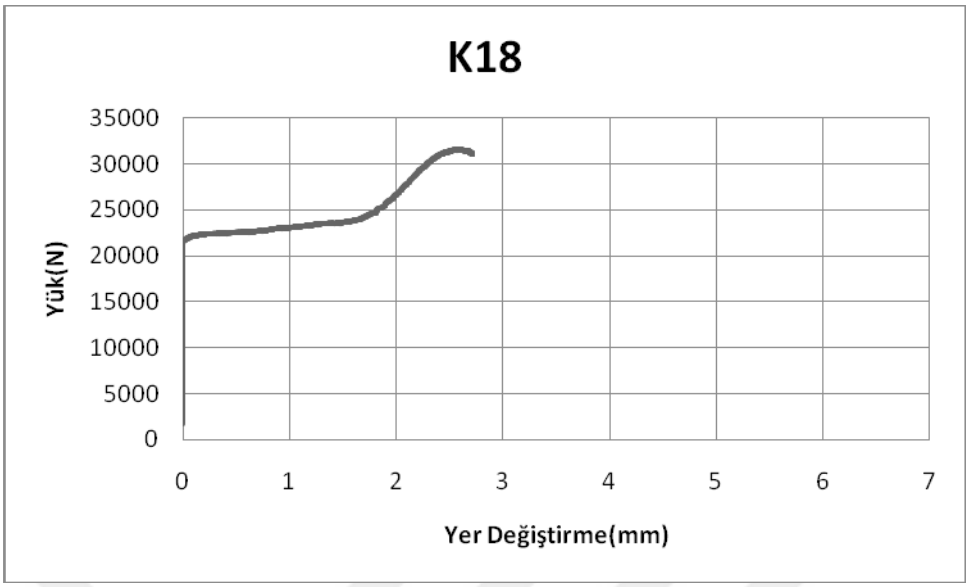
Şekil Ek.55: K 17 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 18

Çizelge Ek 56'de K 18 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.56'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğiştirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 56: K 18 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 18)
Maximum Yerdeğiştirme	2.59 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	31575 N
Epoksi	-



Şekil Ek.56: K 18 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

K 19

Çizelge Ek 57'de K 19 numunesine ait deneysel veriler ve Şekil Ek.57'de deneysel veriler sonucunda elde edilen yük - yerdeğistirme grafiği gösterilmiştir.

Çizelge Ek 57: K 19 Numunesinin Verileri

Numune Adı	(K 19)
Maximum Yerdeğiştirme	2.78 mm
Donatı Çapı	12 mm
Çekme Yükü Kapasitesi	29543 N
Epoksi	-



Şekil Ek.57: K 19 Numunesinin Yük-Yerdeğiştirme Grafiği