



**DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN
KAPASİTELERİNİN TAM ÖLÇEKLİ YÜKLEME DENEYLERİ İLE
İNCELENMESİ**

Zeynep KAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

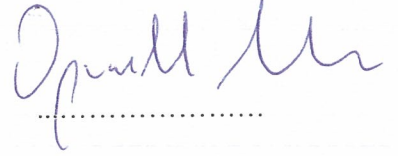
AĞUSTOS 2016

Zeynep KAYA tarafından hazırlanan “DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN KAPASİTELERİNİN TAM ÖLÇEKLİ YÜKLEME DENEYLERİ İLE İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ

İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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



Başkan : Prof. Dr. Recep KILIÇ

Jeoloji Mühendisliği, Ankara Üniversitesi

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



Üye : Prof. Dr. Nail ÜNSAL

İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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



Tez Savunma Tarihi: 16/08/2016

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

.....

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Zeynep KAYA

16.08.2016

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN KAPASİTELERİNİN TAM ÖLÇEKLİ YÜKLEME DENEYLERİ İLE İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Zeynep KAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2016

ÖZET

Bu çalışmada derin karıştırma kolonlarının yük-oturma davranışı ve hesaplanan ile yorumlanan kapasiteleri arasındaki ilişkiler, dört farklı sahada gerçekleştirilmiş olan toplam kırk iki adet tam ölçekli eksenel yükleme deney verisi kullanılarak incelenmiştir. Uygulamada yaygın olarak kullanılan kapasite belirleme yöntemi yenilmeye dek sürdürülen tek deneyde ölçümler ile uyumlu sonuçlar ortaya çıkartmıştır. Bunun yanında, hesaplanan emniyetli kapasiteler ve hatta söz konusu kapasitenin %50 üzerindeki yüklerde dahi derin karıştırma test kolonlarında meydana gelen maksimum oturmaların temel tasarımında izin verilebilir oturma miktarlarının oldukça altında kaldığı, birçok deneyde ise elastik bölgenin aşılmadığı gözlenmiştir. Sonuçlar, derin karıştırma kolonlarında uç dayanımının kazık çapının yaklaşık %2-%2,5'i mertebesindeki deplasmanlarda önemli oranda mobilize olduğunu işaret etmektedir. Bu değer beklenildiği üzere fore kazıklardaki deplasmanlardan küçük, çakılan kazıklardan ise büyüktür. Yük artışı ile deformasyonlar arasında elde edilen söz konusu ilişki, derin karıştırma kolonlarının emniyetli taşıma gücü mertebesindeki yükler altında kabul edilebilecek ölçüde oturma yapacağını ifade etmektedir. Bu husus, tipik emniyet katsayıları kullanılması halinde, özel durumlar haricinde derin karıştırma kolonu tasarımında ayrıca bir deformasyon analizine ihtiyaç duyulmayacağını göstermektedir. Deneylerin genellikle son derece düşük deformasyon seviyelerinde sonlandırılmış olması, yük-deplasman eğrilerinin literatürde yer verilen kapasite tahmin yöntemleri kullanılarak yorumlanmasını güçleştirmektedir. Mazurkiewicz, Chin-Konder ve Hirany-Kulhawy yöntemlerinin derin karıştırma kolonları için asgari olarak kazık çapının %2'sine denk gelen düşey deformasyon seviyelerine ulaşan eksenel yükleme deneylerinde kapasitenin tahmininde kullanılabileceği, Brinch-Hansen %80 ve Davisson yöntemlerinin ise fore kazıklarda olduğu gibi derin karıştırma kolonlarında da nihai kapasite tayininde uygun yöntemler olmadıkları sonucuna varılmıştır.

Bilim Kodu : 91105

Anahtar Kelimeler : Zemin iyileştirme, derin karıştırma yöntemi, statik yükleme deneyi

Sayfa Adedi : 255

Danışman : Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ

AN ASSESSMENT OF MEASURED AND CALCULATED CAPACITIES OF DEEP
MIXING COLUMNS USING FULL SCALE LOAD TEST RESULTS

(M. Sc. Thesis)

Zeynep KAYA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2016

ABSTRACT

In this study, load-settlement behavior and the relationship between the calculated and interpreted capacities of deep mixing columns were examined using data from forty two full scale axial load tests conducted at four different sites. The ultimate capacity calculated from the method widely used in practice and the measured ultimate load from the single test that was continued to failure have been found to be in conformity. On the other hand, it was observed that the settlements of deep mixing columns under the calculated allowable capacities and even under loads that are 50 % higher than the allowable capacities were significantly smaller than the safe limits mentioned in foundation engineering practice. It was observed that even the elastic range of deformations was not exceeded in many tests. The results point out that, for deep mixing columns, significant mobilization of the tip resistance occurs at displacements of about 2% to 2,5 % of the pile diameter. This value, as expected, is smaller than that observed for drilled shafts and is larger than that of driven piles. The obtained load-deformation relationships indicate that the settlements corresponding to the allowable load carrying capacity of deep mixing columns will be acceptable in most cases. This means that, in the design of deep mixing columns with typical safety factors there is no need for additional deformation analyses other than special considerations. Since the load tests were terminated at significantly low deformation levels, examination of load-deformation curves via certain capacity interpretation methods given in the literature becomes complicated. It has been concluded that, Mazurkiewicz, Chin-Konder, and Hirany-Kulhawy techniques can be utilized in axial load tests that attain a vertical deformation of at least 2% of the pile diameter for deep mixing columns. However, as in the case for drilled shafts, Brinch-Hansen 80% and Davisson methods are concluded to be inappropriate for the interpretation of the final capacity estimation for deep mixing columns.

Science Code : 91105

Key Words : Ground Improvement, Deep Soil Mixing, Static Loading Test

Page Number : 255

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca engin bilgi ve desteğini benden esirgemeyen, tecrübeleriyle bana yön veren ve tez süresi boyunca göstermiş olduğu anlayıştan dolayı danışmanım Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ'a teşekkür ederim.

Tezimde bahsi geçen projelerin yükleme test deney raporları ve tezim sürecinde ihtiyacım olan teknik bilgilere ulaşmama vesile olan Sağlık Bakanlığı geoteknik uzmanı İnşaat Yüksek Mühendisi Abdülaziz ÖZDEMİR, İksa Mühendislik Kurucusu Jeoloji Mühendisi Osman AYDOĞDU ve İksa Mühendislik Genel Koordinatörü İnşaat Mühendisi Serkan NEMLİ 'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince her türlü konuda desteklerini esirgemeyen İnşaat Mühendisi Melek ARSLAN ve İnşaat Mühendisi Mukadder SEVİNÇ başta olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezim sürecinde mesleki tecrübesini benimle paylaşan, beni her konuda yönlendiren ve bugünlere gelmemde katkı sağlayan babam İnşaat Mühendisi Mehmet Selim KAYIŞOĞLU, tez çalışmalarım boyunca beni her konuda cesaretlendiren ve bana hep güvenen annem Esin KAYIŞOĞLU ve mesleki tecrübesiyle yanımda olan kardeşim İnşaat Mühendisi Adil Sinan KAYIŞOĞLU başta olmak üzere tüm aileme, her koşulda yanımda olan eşim İnşaat Mühendisi Ergun KAYA ve sevgili oğlum Ferit Kaan KAYA'ya sonsuz teşekkürlerimle...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. DERİN KARIŞTIRMA YÖNTEMİ.....	3
2.1. Derin Karıştırma Yönteminin Dünyadaki Gelişimi	4
2.3. Derin Karıştırma Yönteminin Uygulama Şekilleri Ve Uygulama Alanları.....	10
2.4. Derin Karıştırma Yöntemi Uygulanan Zeminlerin Mekanik Özellikleri	19
2.5. Derin Karıştırma Kolonlarının Taşıma Gücü Hesabı.....	20
2.5.1. Uç taşıma gücünün hesabı.....	21
2.5.2. Çevre sürtünmesi.....	25
2.6. Derin Karıştırma Yöntemiyle İyileştirilen Zeminlerin Taşıma Gücü Hesabı	28
3. İNCELENEN PROJELERLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	29
3.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi	29
3.1.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için yapı ve zemin bilgileri	29
3.1.2. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı	36
3.2. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi.....	40
3.2.1. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için yapı ve zemin bilgileri.....	40

Sayfa

3.2.2. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı	48
3.3. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi	53
3.3.1. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için yapı ve zemin bilgileri	53
3.3.2. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı	57
3.4. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi.....	60
3.4.1. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için yapı ve zemin bilgileri	60
3.4.2. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı.....	65
4. DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ YÜKLEME DENEYLERİ VE YORUMLANMASI	71
4.1. Statik Eksenel Yükleme Deneyleri	71
4.2. Statik Eksenel Basınç Yükleme Deneylerinin Yorumlanması.....	82
4.2.1. Mazurkiewicz yöntemi (1972)	83
4.2.2. Chin Kondner yöntemi (1970)	84
4.2.3. Brinch – Hansen %80 yöntemi (1963).....	85
4.2.4. Davisson yöntemi (1970)	86
4.2.5. Hirany-Kulhawy yöntemi (2002).....	88
4.3. Statik Eksenel Basınç Yükleme Deneylerinin Yorumlanması İçin Kullanılan Yöntemlerin Kıyaslanması.....	88
4.3.1. Mazurkiewicz yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması	101
4.3.2. Chin Kondner yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması	104
4.3.4. Davisson yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması.....	111

Sayfa

4.3.5. Hirany-Kulhawy yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması	114
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	119
KAYNAKLAR	123
EKLER.....	127
EK-1. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri	128
EK-2. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi	169
EK-3. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi	184
EK-4. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi	199
EK-5. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi	213
EK-6. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi.....	234
ÖZGEÇMİŞ	255

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Derin karıştırma yönteminin avantaj ve limitleri	3
Çizelge 2.2. Derin karıştırma yönteminin kuru ve ıslak uygulamalarının seçimini etkileyen karakteristik özellikler	10
Çizelge 2.3. İyileştirilen zeminin dayanımını artıran etkenler	19
Çizelge 2.4. İyileştirilen zeminin özellikleri	20
Çizelge 2.5. Taşıma gücü (N_q) katsayıları.....	22
Çizelge 2.6. SPT-N darbe sayısı ile ϕ' arasındaki ilişkiler	23
Çizelge 2.7. Taşıma gücü faktörü (N_c) katsayıları	23
Çizelge 2.8. SPT-N darbe sayısı ile c_u arasındaki ilişki	24
Çizelge 2.9. Kazık tipine göre K katsayıları	26
Çizelge 2.10. Kazık / zemin sürtünme değerleri	26
Çizelge 2.11. Adezyon katsayıları.....	27
Çizelge 3.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri	32
Çizelge 3.2. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri	37
Çizelge 3.3. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri.....	42
Çizelge 3.4. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri	49
Çizelge 3.5. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri.....	55
Çizelge 3.6. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri.....	58
Çizelge 3.7. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri	62
Çizelge 3.8. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri.....	66

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Eskişehir sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri	75
Çizelge 4.2. Çorum sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri	77
Çizelge 4.3. Van sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri	79
Çizelge 4.4. Amasya sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri	80
Çizelge 4.5. Eskişehir sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması	89
Çizelge 4.6. Çorum sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması	92
Çizelge 4.7. Van sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması	95
Çizelge 4.8. Amasya sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması	97
Çizelge 4.9. Dört farklı sahada yer alan en yüksek ve ortalama derin karıştırma kolonu deplasmanları	98
Çizelge 4.10. Dört farklı sahada yer alan derin karıştırma kolonları için emniyetli taşıma gücü altında elastik ve kalıcı deformasyon miktarları	99
Çizelge 4.11. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Mazurkiewicz yönteminin kıyaslanması	101
Çizelge 4.12. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Chin Kondner yönteminin kıyaslanması	105
Çizelge 4.13. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Brinch-Hansen %80 yönteminin kıyaslanması	108
Çizelge 4.14. Statik yükleme deneyleri için Davisson yönteminin kıyaslanması	111
Çizelge 4.15. Statik yükleme deneyleri için Hirany-Kulhawy yönteminin kıyaslanması	115

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma yöntemi için a) Japon DJM tekniğine göre karıştırma aracı b,c,d) İskandinav tekniğine göre karıştırma araçları	7
Şekil 2.2. Kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma yönteminin uygulama aşamaları	8
Şekil 2.3. Tek veya daha çok milden oluşan çeşitli karıştırma makineleri	9
Şekil 2.4. Grup kolon sistemlerinin uygulama şekilleri	11
Şekil 2.5. Derin karıştırma yöntemi uygulama şekli a) Duvar sistemi uygulama şekli b) Blok sistemi uygulama şekli c) Izgara sistemi uygulama şekli.....	12
Şekil 2.6. Derin karıştırma yöntemi uygulama alanları	13
Şekil 2.7. Japonya’da derin karıştırma yönteminin sıvılaşmaya karşı dolgu altındaki bir uygulaması.....	14
Şekil 2.8. Derin karıştırma yöntemiyle iyileştirilen temel uygulamaları a) Singapur’da derin karıştırma yöntemi uygulanan tank uygulaması b) Japonya’da derin karıştırma yöntemi uygulanan köprü ayağı	15
Şekil 2.9. Derin karıştırma yönteminin yapı temellerindeki uygulamaları	16
Şekil 2.10. Derin karıştırma yönteminin Çin’de Pearl nehri kenarındaki kazı uygulaması	17
Şekil 2.11. Arıtma tesisi için tasarlanan rıhtım duvarı, Japonya.....	17
Şekil 2.12. Derin karıştırma yönteminin kıyı ve deniz yapılarındaki uygulamaları	18
Şekil 2.13. Kazık temellerin taşıma gücü temel kavramları	21
Şekil 2.14. Kohezyonsuz zeminler içinde kazık temellerin birim sürtünme direnci.....	27
Şekil 2.15. Derin karıştırma kolonlarının genel yerleşim planı	28
Şekil 3.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı	29
Şekil 3.2. Arazide sondaj çalışmaları, alınan SPT ve UD karot numuneleri	30
Şekil 3.3. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için sondaj kuyularının arazi üzerindeki yerleri	31
Şekil 3.4. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti.....	36

Şekil	Sayfa
Şekil 3.5. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin kritik derinliği	38
Şekil 3.6. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı	41
Şekil 3.7. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti	48
Şekil 3.8. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin kritik derinliği	51
Şekil 3.9. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı	53
Şekil 3.10. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için sondaj kuyularının arazi üzerindeki yerleri	54
Şekil 3.11. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti.....	57
Şekil 3.12. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı.....	60
Şekil 3.13. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti	65
Şekil 3.14. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin kritik derinliği.....	67
Şekil 4.1. 1E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği.....	81
Şekil 4.2. 1E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği	81
Şekil 4.3. 1E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için oturma – yük grafiği....	81
Şekil 4.4. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi	83
Şekil 4.5. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi	84
Şekil 4.6. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi.....	86
Şekil 4.7. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi	87

Şekil	Sayfa
Şekil 4.8. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi	88
Şekil 4.9. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir).	102
Şekil 4.10. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)	103
Şekil 4.11. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van).....	103
Şekil 4.12. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya) ..	104
Şekil 4.13. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir).	105
Şekil 4.14. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)	106
Şekil 4.15. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van).....	107
Şekil 4.16. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin ($Q_{ÖLÇ}$) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya)	107
Şekil 4.17. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir).....	109
Şekil 4.18. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)	109
Şekil 4.19. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van).....	110
Şekil 4.20. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya)	111
Şekil 4.21. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir).	112
Şekil 4.22. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)	113

Şekil	Sayfa
Şekil 4.23. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van).....	113
Şekil 4.24. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin ($Q_{ÖLÇ}$) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya).....	114
Şekil 4.25. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir).....	115
Şekil 4.26. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)	116
Şekil 4.27. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van).....	116
Şekil 4.28. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya) ..	117

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Çekme Kolonlu Sistem ve Ölçüm Aletlerinin Şematik Gösterimi (ASTM D1143/D).....	73
Resim 4.2. Eskişehir, Çorum, Van ve Amasya sahalarında uygulanan 3 kolonlu ve 5 kolonlu yükleme düzeneği	74

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
K	Permeabilite katsayısı
E	Elastisite modülü
c_u	Drenajsız kayma mukavemeti
Q_u	Nihai taşıma gücü
Q_p	Kazık uç taşıma gücü
Q_f	Kazık çevre sürtünmesi kaynaklı taşıma gücü
A_p	Kazık kesit alanı
q_p	Birim alana düşen uç taşıma gücü
c'	Kazığın uç bölgesindeki zeminin kohezyonu
q'	Kazığın uç kısmında oluşan düşey efektif gerilme
N_c	Taşıma gücü katsayısı
N_q	Taşıma gücü katsayısı
ϕ'	Efektif sürtünme açısı
D_f	Temel derinliği
B	Temel genişliği
p	Kazık enkesitinin çevre uzunluğu
ΔL	Kazığın içinden geçtiği zemin tabakalarının kalınlığı
f	Kazığın zemin içindeki birim çevre sürtünmesi
c'	Zeminin efektif kohezyonu
α	Adezyon katsayısı
K	Zeminin yatay toprak basıncı katsayısı
ΔL	Kazığın içinden geçtiği zemin tabakalarının kalınlığı
δ	Zeminle kazık arasındaki sürtünme açısı
σ'_v	Zeminin ortalama düşey efektif gerilmesi
L'	Kritik derinlik

Simgeler **σ_{emn}** **A** **δ_e** **δ_{maks}** **δ_{ort}** **ξ** **Açıklamalar**

İyileştirilmiş olan zeminin emniyetli taşıma gücü

Derin karıştırma kolonu etki alanı

Elastik boy kısalması

Maksimum deplasman

Ortalama deplasman

Kazık boyunca oluşan sürtünmeye bağlı katsayı

Kısaltmalar**ASTM****FHWA****FS****Açıklamalar**

American Society for Testing and Materials

Federal Highway Administration

Güvenlik Katsayısı

1. GİRİŞ

Günümüzde artan yapılaşma nedeniyle yapıların uygulanacağı taşıma kapasiteleri yeterli yerleşim alanları hızla azalmakta, bu durum da yapıların problemlili zeminlerin üzerine inşa edilmesi zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Problemlili zeminler taşıma kapasitesi düşük, sıkışabilirliği fazla ve sıvılaşmaya müsait olan zeminlerdir. Problemlili bir zeminle karşılaşılması halinde yapının inşa edileceği mevcut sahayı veya zemini değiştirmek veya derin temellerden faydalanılarak üst yapıdan gelen yüklerin sağlam zemine aktarılabilmesini sağlamak mümkündür. Fakat bu yöntemler her zaman ekonomik olmayabilir. Bu sebeple, zeminin iyileştirilerek yapının mevcut saha üzerine uygulanması yoluna gitmek bazı durumlarda en uygun çözümdür.

Bu çalışma kapsamında zemin iyileştirme yöntemlerinden derin karıştırma yöntemi ele alınmıştır. Derin karıştırma yöntemi; kireç, çimento veya her ikisini de içeren bağlayıcılarla ortası delik burgular veya kanatlı karıştırıcılar aracılığıyla zeminin, yerinde karıştırılmasıyla uygulanan derin bir iyileştirme yöntemidir. Bu yöntem 1960'lı yıllardan beri birçok ülkede sıklıkla kullanılmakla beraber, 2000'li yılların ortalarından itibaren ülkemizde de tercih edilmeye başlanmıştır. Derin karıştırma yöntemi, zeminin taşıma kapasitesini artırmak, oturma miktarını ve permeabilitesini azaltmak ve sıvılaşmayı engellemek amacıyla uygulanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, derin karıştırma kolonlarının eksenel yükler altındaki davranışları Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyumu, 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi, Van 200 Yataklı Kardiyovasküler Cerrahisi (KVC) ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi ve Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projelerinde uygulanan statik yükleme deney sonuçları dikkate alınarak incelenmiştir. Söz konusu deney sonuçlarının beş farklı yöntemle yorumlamaları yapılmış olup bu yorumlardan elde edilen taşıma gücü ile hesaplanan taşıma gücü karşılaştırılarak hesapların doğruluk ve güvenilirlikleri irdelenmiştir.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde derin karıştırma yönteminin dünyadaki gelişimi, uygulama yöntemleri, uygulama şekilleri, uygulama alanları ve mekanik özellikleri özetlenmiştir. Ayrıca, bu bölümde derin karıştırma kolonlarının uygulamada halen sıklıkla gerçekleştirilen taşıma gücü hesabı hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi, 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi, Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi ve Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projelerinin yapı ve zemin özellikleri incelenmiş, uygulanan derin karıştırma kolonlarının taşıma gücü hesapları uygulamada gerçekleştirilen metodoloji kullanılarak yapılmıştır. Dördüncü bölümde gerçekleştirilmiş olan statik yükleme deneyleri hakkında bilgi verilmiş ve her dört projede uygulanan statik eksenel basınç yükleme deneylerinin sonuçları incelenmiştir. Ayrıca, statik eksenel basınç yükleme deneyleri Mazurkiewicz, Chin Kondner, Brinch-Hansen %80, Davisson ve Hirany-Kulhawy yöntemleriyle yorumlanmış ve bu yöntemler sonucunda bulunan taşıma gücü, hesaplanan taşıma gücü ile kıyaslanarak, tasarıma yönelik öneriler yapılmıştır. Beşinci bölümde ise, bu çalışma kapsamında proje ve deneylerin incelenmesiyle elde edilen veriler değerlendirilerek öneriler sunulmuştur.

2. DERİN KARIŞTIRMA YÖNTEMİ

Derin karıştırma yöntemi zeminin kireç, çimento veya her ikisini de içeren bağlayıcılarla ortası delik burgular veya kanatlı karıştırıcılar kullanılarak yerinde karıştırılmasıyla uygulanan bir iyileştirme yöntemidir. Bu yöntem, bağlayıcı türü ve miktarı doğru seçildiğinde, diğer iyileştirme yöntemlerine göre belli sınırlar içerisinde bazı avantajlara sahiptir. (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1. Derin karıştırma yönteminin avantaj ve limitleri (Topolnicki, 2003)

Derin Karıştırma Yönteminin Avantajları	Derin Karıştırma Yönteminin Sınırlamaları
Büyük yapı alanlarında uygulanan projelerde hem ekonomik hem de verimlidir.	Derinlik limiti (Uygulanan yöntemin çeşidine bağlı olarak)
Zemin türlerinin çoğunda uygulanabilir.	Çok gevşek zeminlerde, çok sert zeminlerde veya kayalarda uygulanamaz.
Yapı gereksinimlerine bağlı çok sayıda uygulama şekilleri vardır.	Eğimli kolonlarda uygulanamaz. (Ekipman türüne bağlı olarak)
İyileştirilen zeminin mühendislik parametreleri güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir.	Bazı durumlarda karıştırılacak zeminin üniform dağılımı ve zeminin kalitesi değişebilir.
Zemin iyileştirilmesi sırasında komşu yapılara minimum ölçekte zarar verir.	Kolonlar mevcut yapılara yakın uygulanamaz.
Uygulama sırasında titreşim oluşturmaz ve gürültü seviyesi azdır. Zemin yapısında çok fazla bozulma olmaz. (Kuru yöntem için)	Donma çözülme bozulması olabilir. Özellikle ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırmada bozulmalar olabilir.
Karada, denizde, kıyı ve liman projelerinde uygulanabilir.	Ekipman ağırlığı zayıf zeminler için sorun olabilir. (Uygulanan yöntemin çeşidine bağlı olarak)
Uygulama sırasında çeşitli laboratuvar ve arazi testleriyle yapılan uygulamanın kalitesi doğrulanabilir.	Hava basıncı yada zemin enjeksiyon basıncı zemin kabarmasına neden olabilir.
Derin karıştırma yönteminin çevreye verdiği zarar diğer yöntemlere göre daha azdır.	Derin karıştırma yönteminin uygulanması sırasında derinlik arttıkça izolasyon zorlaşabilir.

Derin karıştırma yönteminin doğru şekilde uygulanabilmesi için tasarım sürecinin aşağıdaki aşamalara göre uygulanması gerekir.

- Uygun derin karıştırma uygulama yönteminin seçilmesi (Kuru veya ıslak yöntem) ve yapım yöntemi
- İyileştirilecek zeminin taşıma kapasitesinin belirlenmesi (Karıştırma tasarımı)

- İyileştirilecek zeminin uygulama şeklinin belirlenmesi (Geoteknik tasarımı) (Topolnicki, 2003)

Bu aşamalar gerçekleştirilirken laboratuvar ve arazi deneyleriyle destelenerek, uygulanan derin karıştırma yönteminin doğruluğu teyit edilir.

2.1. Derin Karıştırma Yönteminin Dünyadaki Gelişimi

Derin karıştırma kolonları 1960'lı yıllardan beri birçok ülkede sıklıkla kullanılan bir zemin iyileştirme yöntemi olmakla beraber, 2006 yılından itibaren ülkemizde de tercih edilen bir zemin iyileştirme yöntemi olmuştur.

Derin karıştırma kolonları 1960'lı yılların başlarından beri Japonya'nın liderliğinde araştırılmış ve geliştirilmiştir. PHRI (Port and Harbour Research Institute) önderliğinde yapılan araştırmaların ilk aşamalarında kireç kolonları olarak geliştirilmiştir. Karıştırma oranları ve iyileştirmenin çeşitli zeminler için etkinliğini saptamak amacıyla, farklı yerlerden deniz killeri toplanmış ve kireç ile farklı oranlarda karıştırılmıştır (Okumura, Terashi, Mitsumoto, Sakai ve Yoshida, 1972). Güneydoğu Asya ve Japonya'da kireç kolonları 1974 yılında uygulanmaya başlanmıştır. 1975 yılında ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları, 1980 yılında ise kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları geliştirilmiştir. Bu yöntemler 1990 yılından sonra günümüzde uygulanan sisteme benzer şekilde güncellenmiştir. Bütün bu uygulamalar gerçekleştirilirken derin karıştırma yönteminin depreme dayanımı ve sıvılaşma üzerindeki etkileri araştırılmaya devam etmekte olup, Japonya'da çok sayıda uygulama örnekleri mevcuttur. Japonya'da geliştirilmeye ve uygulanmaya başlanan derin karıştırma kolonları 1970'li yılların sonlarından itibaren Japonya ile paralel olarak Çin'de de uygulanmaya başlanmış ve 1978 yılında hemen hemen çoğu yapıda uygulanabilir duruma getirilmiştir.

Avrupa ülkelerinde ise, derin karıştırma yönteminin araştırmalarına İsveç ve Finlandiya ülkeleri liderlik etmiştir. 1967 yılında İsveç Geoteknik Enstitüsü tarafından İsveç Kireç Kolonları geliştirilmiştir. 1974 yılında Finlandiya'da zemin taşıma kapasitesi üzerinde kolon uzunluğunun etkisini araştırmak amacıyla 8 ve 6 m uzunluğunda kireç kolonları uygulanmıştır (Rathmayer ve Leminen, 1980). 1995 yılında İsveç Geoteknik Enstitüsü derin

karıştırma kolonlarının yeni tasarımını geliştirmiştir. Avrupa’da derin karıştırma yöntemi günümüzde çeşitli uygulama şekilleriyle yaygın olarak uygulanmaktadır.

Derin karıştırma kolonlarının araştırılması ve geliştirilmesine Japonya’nın liderlik etmiş olmasına rağmen aslında derin karıştırma kolonlarının ilk uygulaması Amerika’da Instrusion Prepakt firması tarafından 1956 yılının ilk zamanlarında tekli burgu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk uygulama sonrasında, Amerika’da 1980 yıllarına kadar derin karıştırma yöntemi uygulamalarına rastlanmamıştır. 1980 yılında Japonya’daki derin karıştırma yöntemindeki gelişmeler ve başarılı uygulamaları, Amerika’da da derin karıştırma yöntemi uygulamasına dikkatleri çekmiş, derin karıştırma kolonları deprem sırasında zeminde oluşabilecek sıvılaşmadan korunmak amacıyla bir projede uygulanmıştır. Daha sonrasında derin karıştırma yöntemi Amerika’da baraj yapılarında uygulanmıştır. Amerika derin karıştırma yöntemlerinin baraj yapılarındaki uygulamalarının geliştirilmesiyle ilgili öncülük etmiştir. Ohio’daki Lockington barajı (Walker, 1994), Wyoming’de Jackson Baraj gölü (Taki ve Yang, 1991), ve Washington’daki Cushman dolu savak projelerinin (Yang ve Takeshima, 1994) yenilenme projelerinde ve sayısız birçok projede uygulanmıştır. Amerika’da günümüzde hala yaygın olarak derin karıştırma yönteminin sayısız uygulamaları mevcuttur.

Derin karıştırma yöntemi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ryan ve Jasperse (1989) çalışmalarında, 1917 yılında düşük plastisiteli silt üzerine inşa edilmiş olan Jackson Baraj Gölü’nün, potansiyel bir depreme bağlı sıvılaşma riski kaynaklı göçme ihtimaline karşı yapının kaldırılmasını, dolu savağın yeniden yapılandırılmasını ve temel zemininin iyileştirilmesini kapsayan projeyi incelemişlerdir. Bu proje kapsamında zemin iyileştirme yöntemlerinden kum sıkıştırma kazıkları, taş kolonlar, zemin sıkıştırma yöntemleri, jet grout kolonları ve derin karıştırma kolonları gibi derin zemin iyileştirme yöntemlerinin birçoğu dikkate alınmıştır. Fakat uygulama kolaylığı, kontrol mekanizmasının mümkünlüğü sebebiyle derin karıştırma yönteminin bu proje için en uygunu olduğunu saptamışlardır. Bu proje kapsamında derin karıştırma yöntemi hem cut-off duvarı uygulamalarında, hem de temel zemini iyileştirmesi amacıyla uygulanmıştır. Proje uygulaması sırasında kolonlardan alınan ıslak numuneler üzerinde kayma dayanımı ve basınç dayanımı testleri uygulanmıştır. Ryan ve Jasperse (2012) bu testlerden iki sonuca varmıştır.

Bu sonuçlar,

- Derin karıştırma kolonlarının uygulandıktan sonra en az 112 gün boyunca dayanım kazanmaya devam ettiği,
- Su/çimento oranının, özellikle çimentonun nihai dayanımı belirleyen önemli bir faktör olduğudur.

Bergado ve Lorenzo (2005) çalışmalarında, biri derin zemin karıştırma kolonlarıyla iyileştirilmiş zemin üzerine diğeri ise iyileştirilmemiş yumuşak kil zemin üzerine olmak üzere iki adet 6 m yüksekliğinde toprak dolgu inşa etmişlerdir. Her iki toprak dolgudaki aşırı boşluk suyu basıncı, oturma miktarı ve yanal hareketleri gözlemlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda derin karıştırma kolonlarıyla iyileştirilmiş zemin üzerinde uygulanan dolgunun bulunduğu sistemde; yanal hareket ve oturma miktarında %70-80 oranında azalma, taşıma kapasitesinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Şengör (2011) doktora tezi çalışmasında, iyileştirilmiş zeminler üzerinde tek eksenli basınç deneyleri yaparak yumuşak kil zeminler için etkili karışım oranlarını ve karışım tiplerini araştırmıştır. Ayrıca, tezi kapsamında büyük ölçekli konsolidasyon tankları içerisinde dört farklı yerleşimde ve üç tip karışım oranında model derin karıştırma kolonları oluşturmuş böylece derin karıştırma kolonları ile iyileştirilmiş kil zeminlerin konsolidasyon özelliklerini araştırmıştır. Bu araştırma sonucunda;

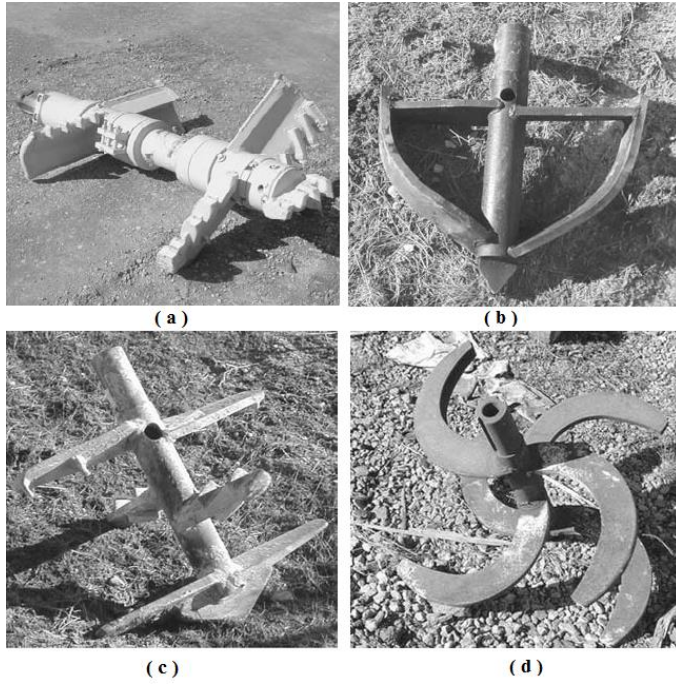
- İyileştirilmiş kil zeminin sıkışma özelliklerinin kolon parametrelerine, özellikle etkili alan oranı ve karışım malzemesi miktarına bağlı olduğuna,
- İyileştirme açısından kolon çimento miktarının en etkili parametre olduğuna,
- İyileştirilmiş zeminin sıkışma modülünün tespitinde zeminin ve kolon malzemesinin sıkışma modüllerinin kullanılmasının daha iyi sonuç verdiğine ulaşmıştır.

2.2. Derin Karıştırma Uygulama Yöntemleri

Derin karıştırma yöntemi birçok ülkede tercih edilen bir zemin iyileştirme yöntemidir. Bu yöntem diğer ülkelerde farklı şekilde isimlendirilmiş olsalar bile ana prensip ve tekniğin uygulanış şekli bakımından aynıdır.

Derin karıştırma yöntemi zemine enjekte edilen bağlayıcıya, zemine uygulanış şekillerine, nozulların yeri ve dikey mesafelerine göre sınıflandırılmaktadır. Derin karıştırma yöntemi iki başlıca grupta incelenebilir. Bunlardan biri kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma diğeri ise ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma olarak adlandırılmaktadır.

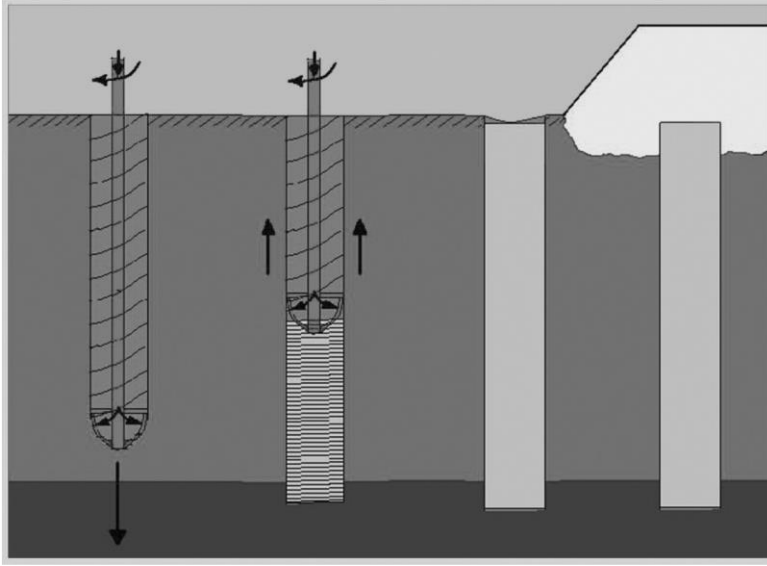
Kuru yöntemle uygulanan sistem 1960'lı yıllarda İsveç ve Japonya'da geliştirilmiştir. Uygulamanın ilk aşamalarında kuru yöntem için bağlayıcı olarak kireç kullanılmış daha sonraki uygulamalar bağlayıcı olarak çimento da kullanılmaya başlanmıştır. Kuru yöntemin uygulanabilmesi için gerekli ekipmanlar sabit ya da hareketli bir bağlayıcı depolama ve ön karıştırma ünitesi ile bağlayıcı maddenin enjeksiyonu ve kolonun oluşturulması için bir karıştırma makinesinden oluşmaktadır. Kuru yöntem de iki ana karıştırma tekniği vardır. Bunlardan biri İskandinav tekniği diğeri ise Japon DJM tekniğidir. Bu teknikler için kullanılan karıştırma araçları Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma yöntemi için a) Japon DJM tekniğine göre karıştırma aracı b,c,d) İskandinav tekniğine göre karıştırma araçları (Topolnicki, 2003)

Kuru yöntemde, yüksek hızlı bir karıştırma aracı yumuşak zemin içinde kolon derinliğince indirilerek bir boşluk oluşturulur. Sönmüş kireç, çimento veya kireç – çimento karışımı yumuşak zemin içinde açılmış olan çukurun içine karıştırma aracı üzerindeki kolon çapıyla aynı çapta ki karıştırma araçlarıyla basınçlı hava ile enjekte edilirken karıştırma aracı tekrar

basıncı hava ile yavaşça geri çekilir. Şekil 2.2’de kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonunun uygulama aşamaları gösterilmektedir. Bu işlem sonucunda her yerinde homojen olarak aynı çapa sahip bir kolon elde edilir. Bu yöntem yumuşak kil ve turba zeminlerde kayma mukavemetini artırır ve zayıf zeminlerin sıkışabilirliğini azaltır.



Şekil 2.2. Kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma yönteminin uygulama aşamaları (Hussin, 2006)

Islak yöntem, bağlayıcı olarak çimento veya kireç-çimento karışımı sulu harç halinde kullanılarak, maksimum 50 m derinliğe kadar uygulanan bir yöntemdir. Bağlayıcının zemin ile karışmasını karıştırma şaftları sağlamaktadır. Karıştırma şaftları kolon çapıyla aynı çaptaki çeşitli kesme bıçaklarından ve süreksiz burgulardan veya karıştırma bıçaklarından oluşur. Bağlayıcı, zemine kesme bıçakları üzerindeki deliklerden enjekte edilir. Islak yöntem yumuşak killer, siltler, ince taneli kumlar ve organik zeminlerde uygulanır.

Islak yöntemin uygulanabilmesi için gerekli ekipmanlar bağlayıcıyı temin etmek için bir karıştırma tesisi ve zeminle bağlayıcının karıştırılması için bir karıştırma makinesinden oluşmaktadır. Karıştırma tesisi silolar, su deposu, depolama sistemi, geçici depolama tankı, çamur pompaları ve güç kaynağı birimlerini kapsar. Karıştırma makineleri ise sabit 1 ila 4 mil ile miller üzerinde ki karıştırma araçlarından oluşur. Çeşitli karıştırma milleri Şekil 2.3’te gösterilmektedir.



(a)



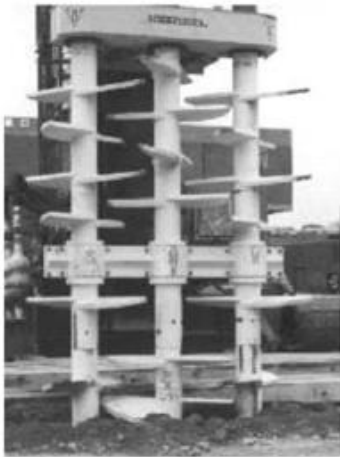
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 2.3. Tek veya daha çok milden oluşan çeşitli karıştırma makineleri (Topolnicki, 2004)

Derin karıştırma uygulama yöntemlerinden hangisinin kullanılacağı uygulaması yapılacak olan projenin tasarımının ilk aşamasında karar verilmesi gereken bir konudur.

Çizelge 2.2’de derin karıştırma yönteminin kuru ve ıslak uygulamalarının seçimini etkileyen karakteristik özellikler gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Derin karıştırma yönteminin kuru ve ıslak uygulamalarının seçimini etkileyen karakteristik özellikler (Topolnicki, 2003)

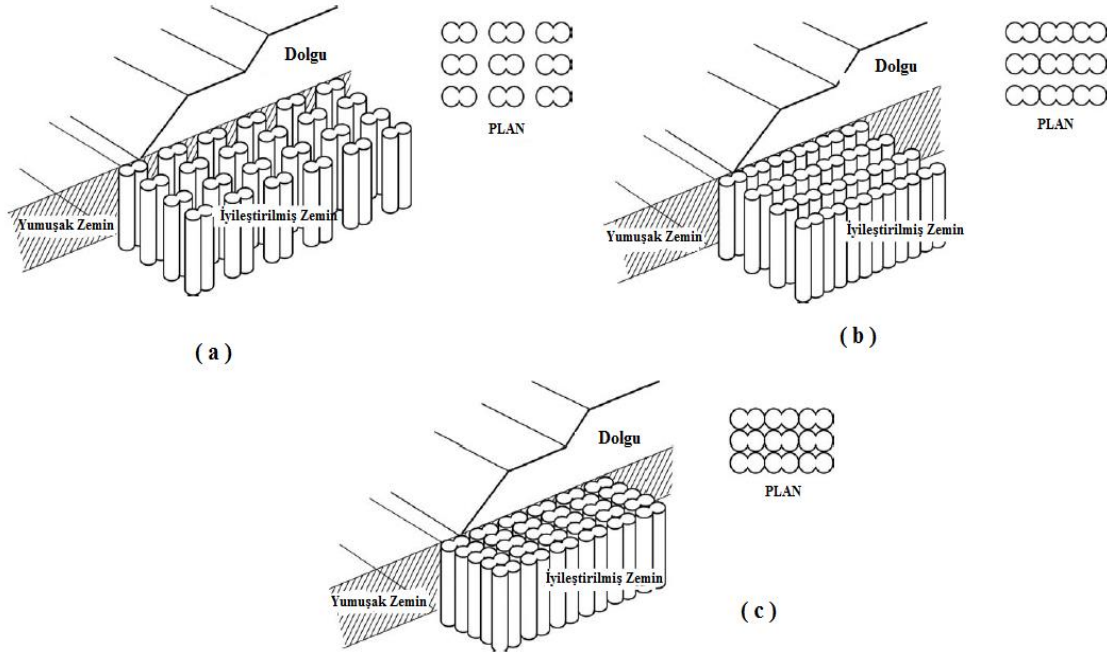
KONU	ZEMİN ÖZELLİKLERİ
İyileştirilecek zeminin su muhtevası	Kohezyonlu zeminlerde kuru yöntem için en iyi su muhtevası %60-200. Bu da yüksek su muhtevası içeren zeminlerde kuru yöntemin ıslak yöntemden daha etkili olduğunu gösterir.
Karıştırma kalitesi	Islak yöntemde karıştırma işlemi daha çok homojenlik sağlar. Çünkü karıştırma süresi daha uzundur ve sulu harç kolon alanına daha kolay dağılır.
Zemin - bağlayıcı karışımının basınç dayanımı	Yüksek dayanım ıslak yöntemde elde edilir. (Su muhtevası fazla olan zeminler hariç)
Sert zemin katmanlarda uygulanabilirliği	Islak yöntemin sert zemin katmanlarında uygulanabilirliği, taneler arasında ki suyun yağlama etkisi ve karıştırma millerinin yüksek dönme etkisi nedeniyle daha yüksektir.
Tabakalı zeminlerde uygulanabilirliği	Islak yöntemde daha homojen dağılım sağlar.
Bozulma	Kuru yöntemde bozulmalar daha az miktarda olmaktadır.
Bağlayıcı ve endüstriyel yan ürünlerin kullanımı	Kuru yöntemde sıklıkla çeşitli bağlayıcılar ve endüstriyel yan ürünler kullanılır. Islak yöntemde genellikle cüruf çimentosu kullanılır.
0°C ' nin altındaki hava sıcaklıklarında	Kuru yöntemin uygulanması basınçlı hava ile yapıldığı için düşük sıcaklıklardan daha az etkilenir.
Kolon donatısı	Kolon donatısının ıslak yöntemde kullanılması mümkün olabilir.
Uygulanan iyileştirme yönteminin maliyeti	Islak yöntem kuru yöntemle göre daha maliyetli bir uygulamadır.

2.3. Derin Karıştırma Yönteminin Uygulama Şekilleri Ve Uygulama Alanları

Derin karıştırma yöntemi tekil kolonlar, duvarlar, ızgara sistemler veya bloklar şeklinde değişik sistemlerde uygulanabilir. Bu sistemler üst yapının önem ve boyutuna, iyileştirmenin fonksiyon ve amacına, yapının uygulanacağı yerin şartlarına bağlı olarak seçilir.

Derin karıştırma yönteminin tekil veya grup kolonlar halinde tasarlanarak uygulandığı sistemlerin amacı zemindeki oturmaları azaltmak ve zemin taşıma kapasitesini artırarak zemin stabilitesini iyileştirmektir. Bu tür sistemler iyileştirme alanının büyük olmadığı, yol veya demiryolu dolgularında ve üst yapı yükünün az olduğu yapılarda tercih edilebilir.

İyileştirme alanının büyümesi halinde kolonlar arasındaki mesafe azalır ve kolonlar birbirine dokunarak teğet kolon sistemini oluştururlar. Grup kolon sistemlerinin uygulama şekilleri Şekil.2.4'te gösterilmektedir.

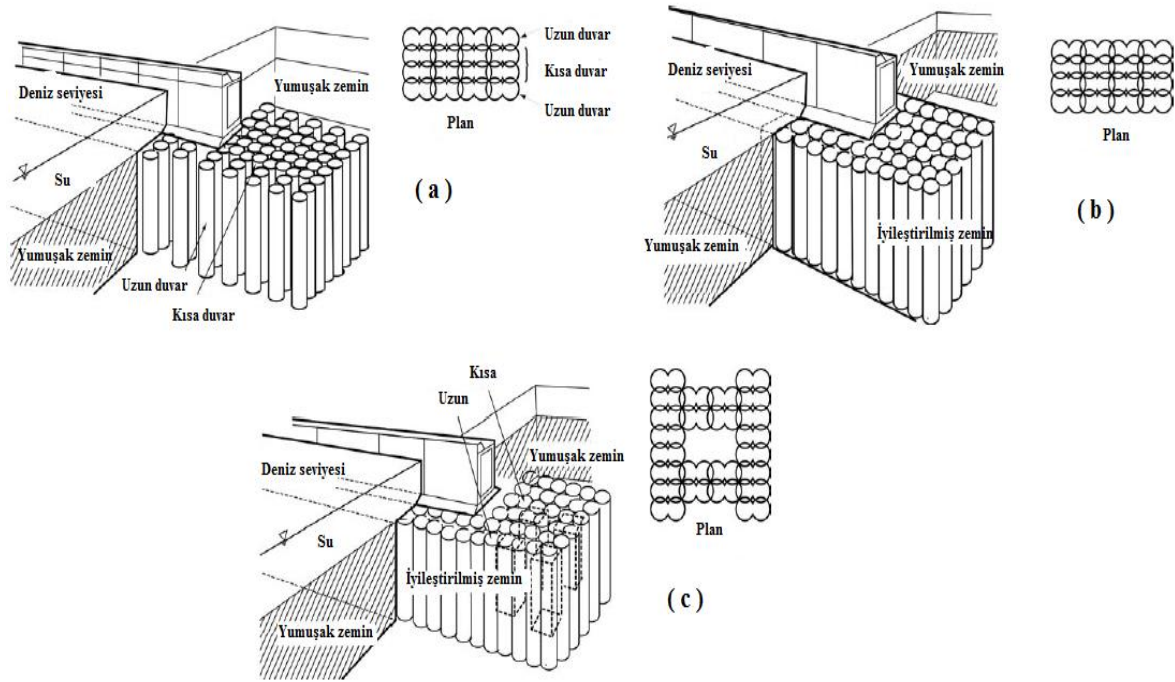


Şekil 2.4. Grup kolon sistemlerinin uygulama şekilleri (Kitazume ve Terashi, 2012)

Derin karıştırma yönteminin birbiriyle örtüşen kolon sistemlerinin bir araya gelerek oluşturdukları uygulama şekli duvar sistemi olarak adlandırılır. Bu sistemde üst yapıdan aktarılan yüklerin taşınması ve gelen yüklerin sağlam zemine aktarılması amacıyla yapılan uzun duvarlar ve bu duvarları dik kesen uzun duvarların stabilitesini sağlamak amacıyla uygulanan kısa duvarlar mevcuttur. Bu sistem genellikle zemin tutucu yapıların stabilitesini artırmak, dolgu şevlerinin desteklenmesi ve palplanş duvarların desteklenmesi için uygulanır.

Derin karıştırma yönteminin her iki yönde de birbiriyle örtüşen kolon sistemlerinin bir araya gelerek oluşturdukları uygulama şekli blok sistem olarak adlandırılır. Bu uygulama şekli diğer uygulama şekillerinden daha maliyetli ve uygulama süresi uzun olmasına rağmen, diğer uygulama şekillerine göre daha stabil bir iyileştirme sistemidir. Bu uygulama sistemi üstyapı yükü fazla olan dalgakıran, liman yapıları gibi uzun süreli yapılarda uygulanır.

Derin karıştırma yönteminin duvar ve blok sistemlerinin bir arada kullanılmasıyla oluşturdukları uygulama şekli ızgara sistemlerini oluşturur. Bu sistemler zeminin taşıma kapasitesini ve zemin stabilitesini artırmak için uygulanmaktadır. Ayrıca deprem sırasında kumlu zeminde oluşabilecek sıvılaşmadan korunmak amacıyla da uygulanmaktadır. Derin karıştırma yönteminin duvar sistemler, blok sistemler ve ızgara sistemlerle oluşturulmuş uygulama şekilleri Şekil.2.5'te gösterilmektedir.



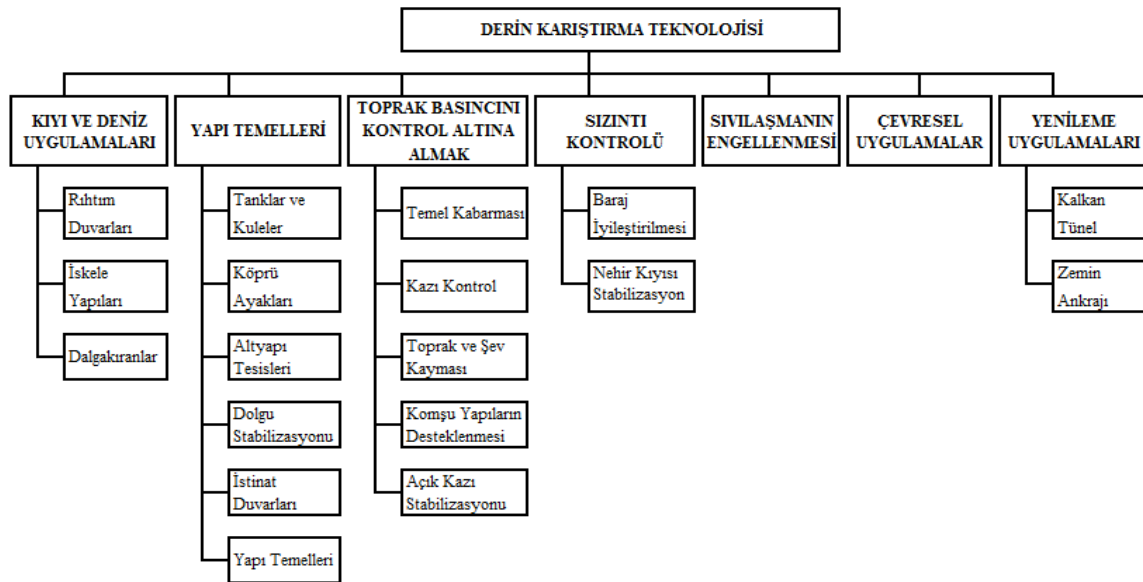
Şekil 2.5. Derin karıştırma yöntemi uygulama şekli a) Duvar sistemi uygulama şekli b) Blok sistemi uygulama şekli c) Izgara sistemi uygulama şekli (Kitazume ve Terashi, 2012)

Derin karıştırma yönteminin farklı şekillerdeki uygulamaları derin karıştırma yönteminin amaç ve uygulama alanına bağlı olarak seçilmektedir. Derin karıştırma yönteminin uygulanmasının birçok amacı vardır.

Bu amaçlardan bazıları;

- Taşıma kapasitesini artırmak,
- Oturmayı azaltmak,
- Şev stabilitesinin sağlanması,
- Kazı çevresindeki yapıları korumak,
- Sızıntıları kontrol altına almak,
- Sıvılaşma potansiyelini azaltmak,
- Kirlenmiş zeminlerin iyileştirilmesi,
- Yumuşak zeminlerde uygulanan tünellerin stabilitesini artırmak,
- Zemindeki titreşimi engellemek olarak sıralanabilir. (Porbaha, Tanaka ve Kobayashi,1998)

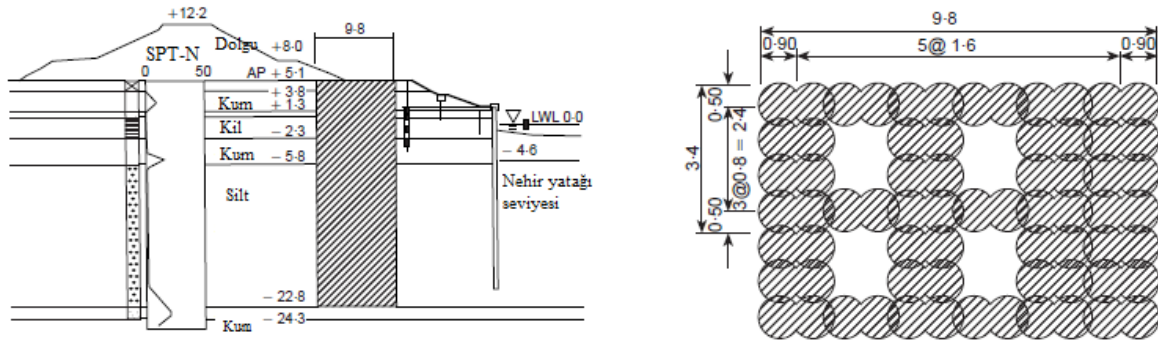
Derin karıştırma yöntemi bu amaçlarla birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Şekil 2.6’da bu uygulama alanları şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Derin karıştırma yöntemi uygulama alanları (Porbaha ve diğerleri, 1998)

Derin karıştırma yöntemi sıklıkla taşıma kapasitesini artırmak ve oturma miktarlarını azaltmak amacıyla özellikle yapıdan zemine aktarılan yük miktarının fazla olduğu tankların, kulelerin, altyapı tesislerinin, köprü ayaklarının, dolguların, istinat duvarlarının ve yapıların temellerinde uygulanmaktadır.

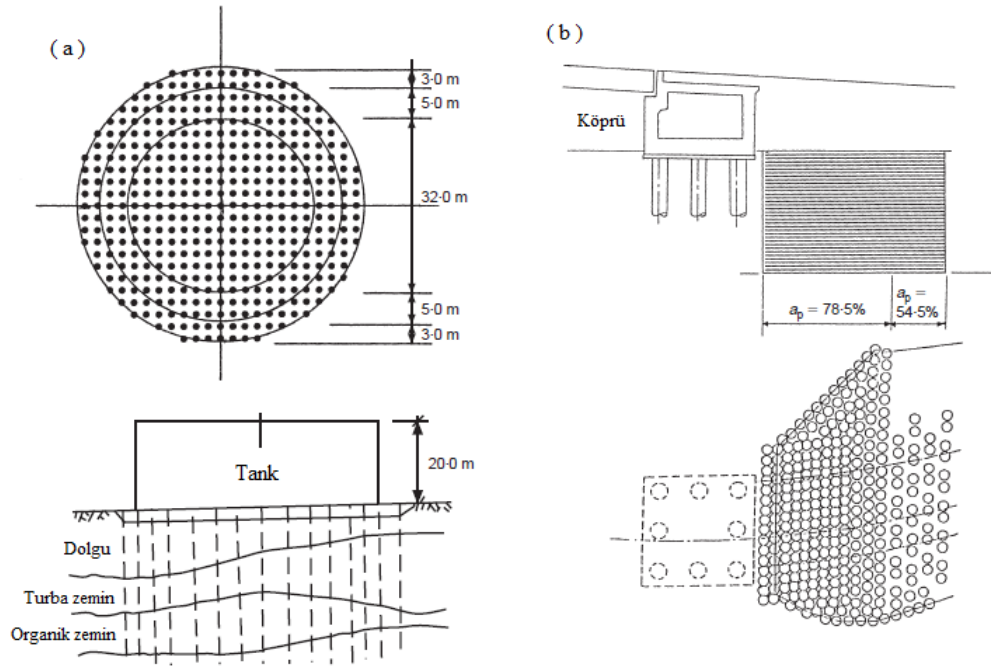
Derin karıştırma yöntemi yapı temellerinde derin temel olarak kesme deformasyonundan yapıyı korumak ve böylece sıvılaşmadan korunmak için uygulanır. Bazı durumlarda derin temellerdeki yanal dayanımı da artırır. İstinat yapılarında duvarın arkasındaki zeminin kaymasını engellemek; dolgu altlarında ise şev kayması ve farklı oturmaları engellemek, dolgu topuğunda ki erozyonu azaltmak, sızıntılara karşı önlem olarak veya sıvılaşmayı engellemek amacıyla uygulanır. Derin karıştırma kolonları ızgara sistemler olarak teşkil edilerek gevşek kumlu zeminlerde kesme dayanımını artırarak sıvılaşmaya engel olurlar. Şekil 2.7’de siltli tabakanın üstündeki dolgunun kesme dayanımını artırmak amacıyla ızgara sistemli derin karıştırma yöntemi uygulaması gösterilmektedir. Ayrıca derin karıştırma yöntemi altyapı tesislerinde de sızıntı ve yer altı suyunu engellemek veya zemin oturmalarını kontrol altına almak için uygulanmaktadır.



Şekil 2.7. Japonya’da derin karıştırma yönteminin sıvılaşmaya karşı dolgu altındaki bir uygulaması (Porbaha ve diğerleri, 1998)

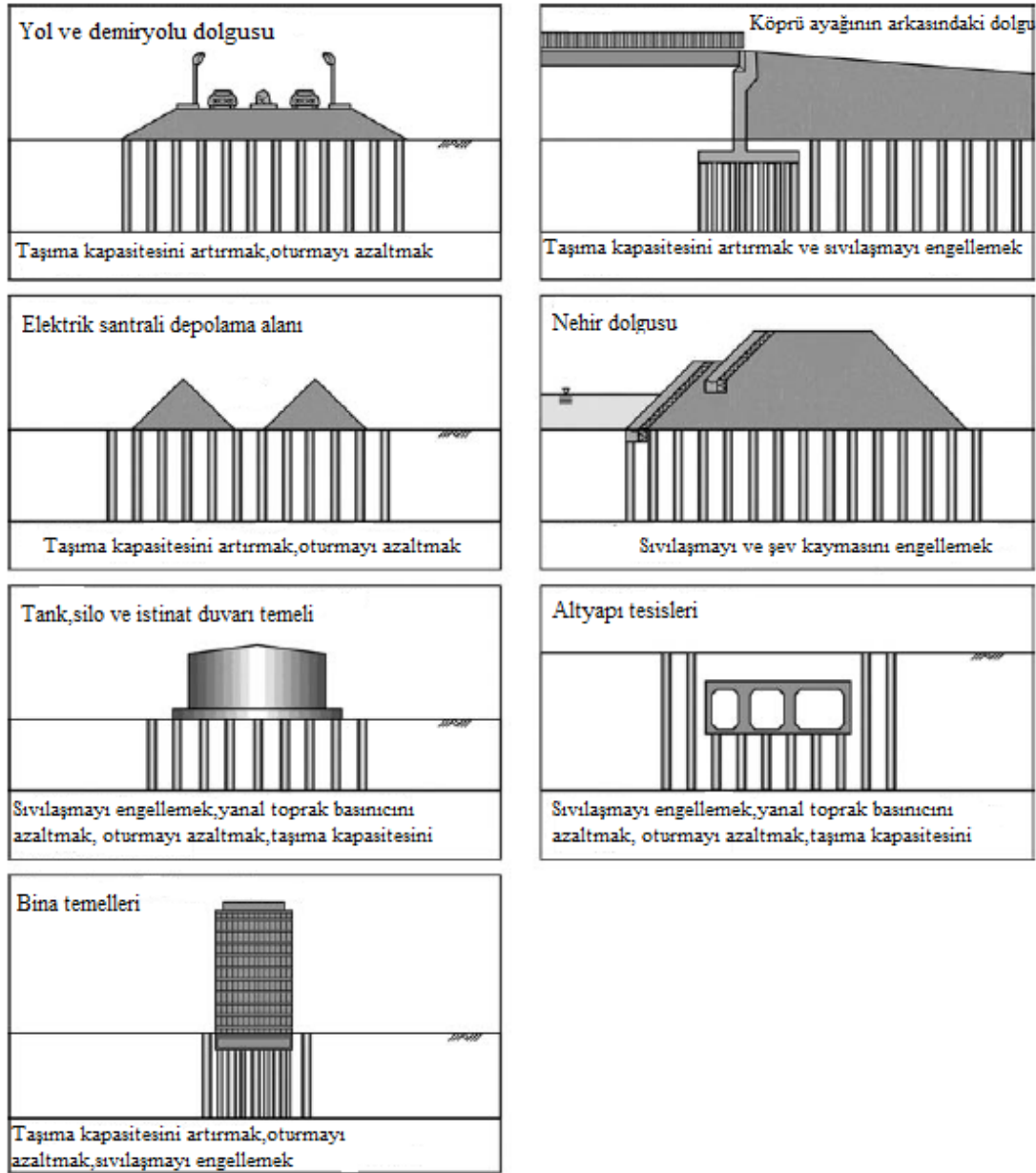
Singapur’da 20 m yüksekliğinde, 42 m yakıt tankının temelinde 40 cm çapında, 13 m derinliğinde ve 1,2 m aralıklarla kireç kolonları uygulanmıştır. Böylece, zemin taşıma kapasitesi artırılmış ve zeminde ki oturmalar azaltılarak zemin iyileştirilmiştir. Derin karıştırma yöntemi ile iyileştirilen tank Şekil 2.8a’da gösterilmektedir.

Derin karıştırma yöntemi köprülerde ya köprü ayaklarında temel olarak ya da toprak basıncından da sıklıkla oluşacak yanal hareket ve kayma hareketinden köprü ayaklarını korumak için uygulanır. Şekil 2.8b’de Japonya’da bir köprü ayağında zemin iyileştirme yöntemi olarak 2674 adet, 1 m çapında ve 8,4-9,2 m derinliğindeki kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları gösterilmektedir. Derin karıştırma yönteminin yapı temelleri uygulamaları Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



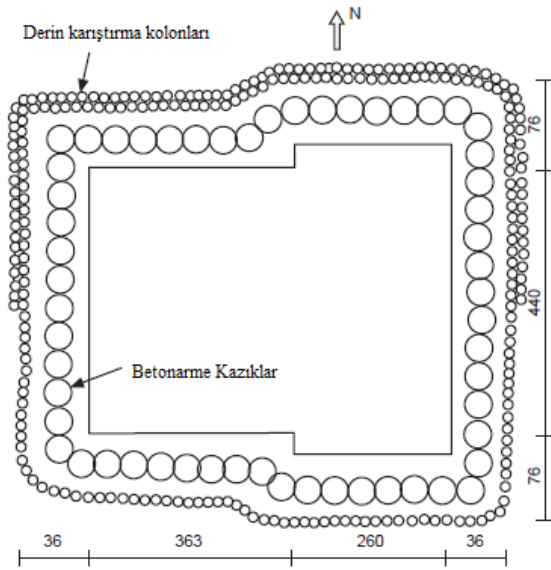
Şekil 2.8. Derin karıştırma yöntemiyle iyileştirilen temel uygulamaları a) Singapur’da derin karıştırma yöntemi uygulanan tank uygulaması b) Japonya’da derin karıştırma yöntemi uygulanan köprü ayağı (Porbaha ve diğerleri, 1998)

Zeminde kazı esnasında toprak basıncı sebebiyle temel kabarması, şev kayması, komşu yapıların desteklenmesi ve stabilizasyonu gibi sayısız problem ile karşılaşılmaktadır. Bu sebeple toprak basıncını kontrol altına almak amacıyla da derin karıştırma yöntemi uygulanmaktadır.



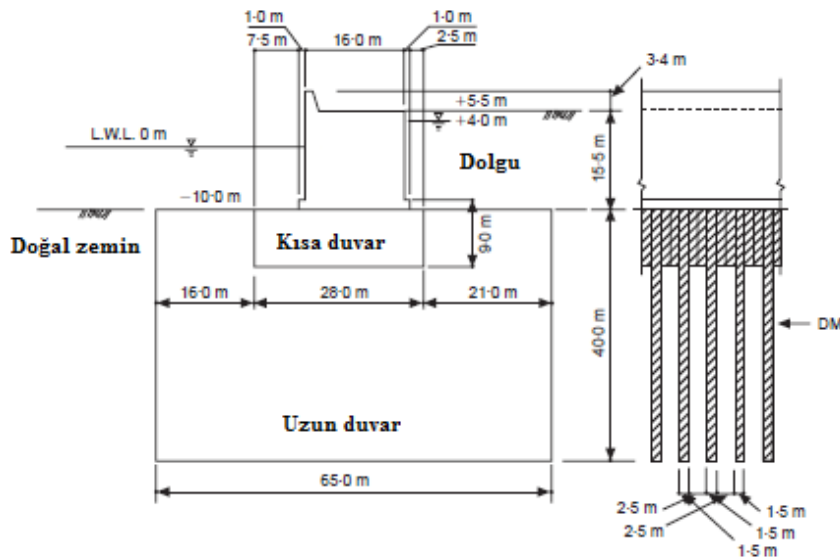
Şekil 2.9. Derin karıştırma yönteminin yapı temellerindeki uygulamaları (Kitazume ve Terashi, 2012)

Kazı kontrol sistemleri yer altı suyunu ve sızmayı kontrol altına almak, toprak basıncı kaynaklı hareketleri engelleyerek hareketsiz bir kazı yüzeyi sağlamak ve yüzey dayanımını artırmak amacıyla uygulanan sistemlerdir. Çin’de Pearl nehrinin kenarına 9 m derinliğinde 62,3 m x 44 m’lik bir alanda kazı yapılmış olan bir kazıda 1,3 m çapında 15 m derinliğinde betonarme kazıklar uygulanmıştır. Ancak kazı sırasında kazı uygulanacak alanın nehir kenarında olması sebebiyle zemin yüzeyindeki hareketi engellemek amacıyla nehir kenarına bitişik iki sıra halinde 6-11 m uzunluğunda derin karıştırma kolonları inşa edilmiştir (Porbaha ve diğerleri, 1998). Bu sistem Şekil 2.10’da gösterilmektedir.



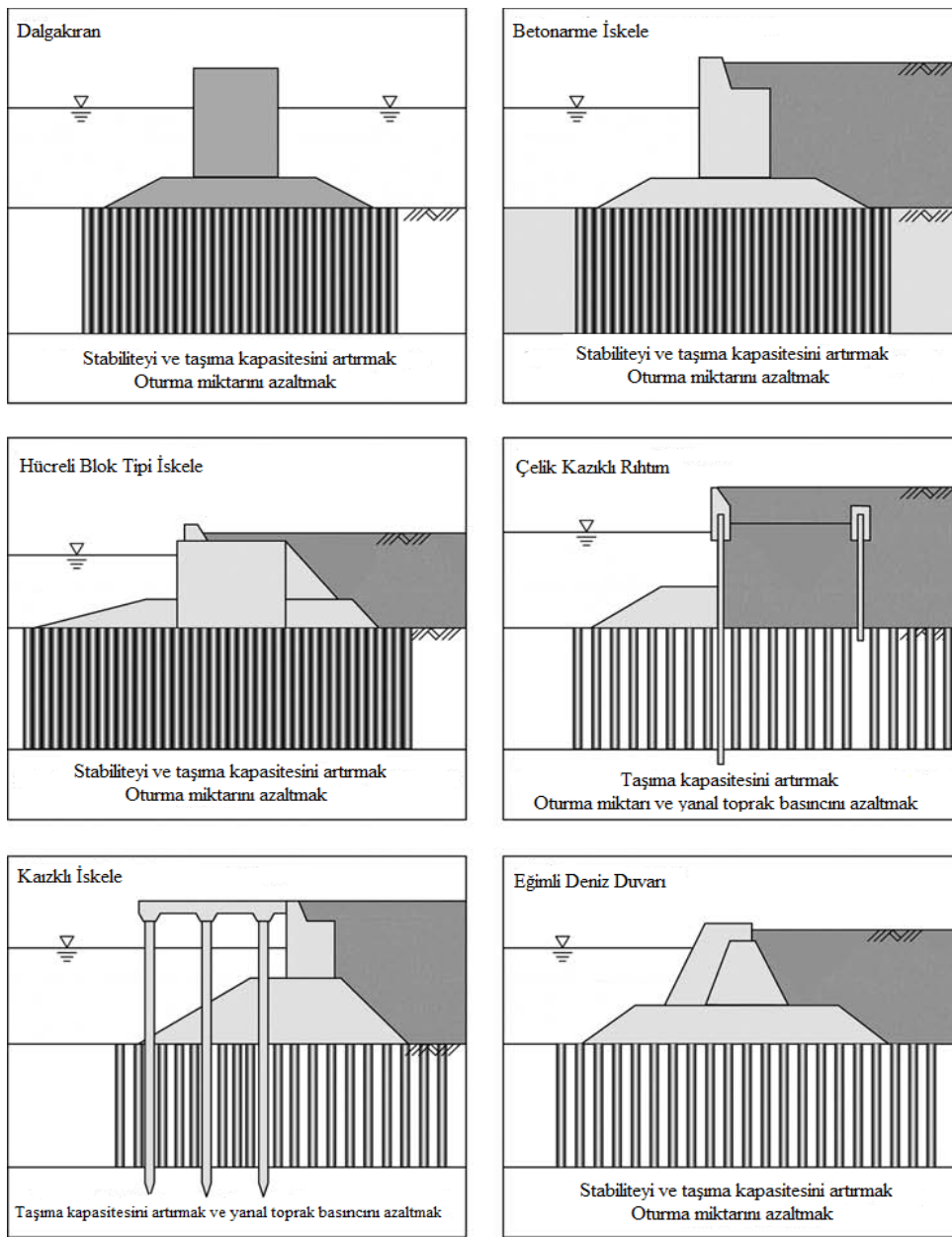
Şekil 2.10. Derin karıştırma yönteminin Çin'de Pearl nehri kenarındaki kazı uygulaması (Porbaha ve diğerleri, 1998)

Kıyı ve deniz yapıları özel tipteki yapılardır. Bu yapılara rıhtım duvarları, iskele yapıları ve dalgakıranlar örnek gösterilebilir. Bu yapılar gemilerin, su basıncının, toprak basıncının ve depremlerin etkisiyle oluşan kuvvetlere maruz kalan yapılardır. Bu sebeple bu yapıların stabilitesini ve güvenliğini sağlayabilmek için çeşitli zemin iyileştirme önlemleri uygulanmaktadır (Porbaha ve diğerleri, 1998).



Şekil 2.11. Arıtma tesisi için tasarlanan rıhtım duvarı, Japonya (Kawasaki, Suzuki ve Suzuki, 1981)

Bu yapılardan rıhtım yapıları, kıyı şeridini dalga hareketinin oluşturduğu erozyon ve diğer zararlardan korumak amacıyla yapılan, kıyının bir kısmına inşa edilen kıyı yapılarıdır (Porbaha ve diğerleri, 1998). Şekil 2.11’de Japonya’da derin karıştırma yöntemiyle oluşturulmuş 65 m uzunluğundaki duvar tipi bir zemin iyileştirme uygulaması gösterilmektedir. Derin karıştırma yöntemiyle uygulanan zemin iyileştirme, kesme dayanımını artırmak ve oluşan gerilmeleri azaltmak amacıyla tatbik edilmiştir. Derin karıştırma yönteminin kıyı ve deniz yapıları üzerindeki uygulamada şematik olarak Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Derin karıştırma yönteminin kıyı ve deniz yapılarındaki uygulamaları (Kitazume ve Terashi, 2012)

2.4. Derin Karıştırma Yöntemi Uygulanan Zeminlerin Mekanik Özellikleri

Derin karıştırma yönteminin uygulandığı zeminlerde, iyileştirilen zeminin dayanımı bağlayıcının ve yöntemin uygulandığı zeminin özelliklerine, zeminde uygulanan karıştırma yöntemine, kür özelliklerine ve yükleme durumuna bağlı olarak artmaktadır. İyileştirilen zeminin dayanımını artıran etkenler Çizelge 2.3'te detaylı olarak ele alınmıştır.

Çizelge 2.3. İyileştirilen zeminin dayanımını artıran etkenler (Terashi, 1997)

I	Bağlayıcı maddenin özellikleri	1 Bağlayıcının türü 2 Bağlayıcının kalitesi 3 Su ve diğer katkı maddeleriyle karıştırılması
II	İyileştirilecek zeminin özellikleri	1 Zeminin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri 2 Organik içerik 3 Boşluk suyunun pH değeri 4 Su muhtevası
III	Karıştırma durumu	1 Karıştırma derecesi 2 Karıştırma süresi 3 Bağlayıcı kalitesi
IV	Kürlenme durumu	1 Sıcaklık 2 Kürlenme süresi 3 Nem oranı 4 Islaklık ve kuruluk/ donma ve çözülme vb.
V	Yükleme durumu	1 Yükleme oranı 2 Yanal basınç 3 Gerilme (Basınç, kesme vb.)

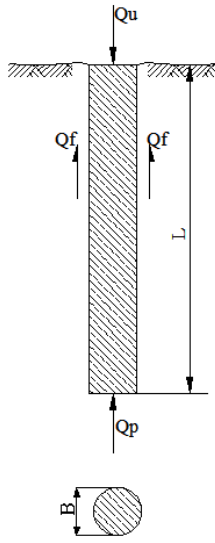
Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma yönteminde genellikle iyileştirilecek zeminin 1 m³'üne 100-500 kg çimento enjekte edilirken kuru yöntemle uygulanan derin karıştırma yönteminde 100-300 kg kadar çimento enjekte edilir (Bruce ve Bruce, 2001). İyileştirilmiş zeminin özellikleri Çizelge 2.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. İyileştirilen zeminin özellikleri (Bruce ve Bruce, 2001)

ISLAK YÖNTEM	
Serbest Basınç Mukavemeti (28 gün)	0,2 - 5,0 MPa (0,5 - 5 MPa granüler zeminlerde) (0,2 - 2 MPa kohezyonlu zeminlerde)
K (Permeabilite katsayısı)	1×10^{-6} - 1×10^{-9} m/s (Bentonit kullanılması halinde daha düşük bir değer alır.)
E₅₀ (Elastisite Modülü)	350 - 1000 x Serbest basınç mukavemeti (Laboratuvar) 150 - 500 x Serbest basınç mukavemeti (Arazi)
Kayma Mukavemeti	Serbest basınç mukavemeti < 1 MPa ise % 40 - 50 x Serbest basınç mukavemeti
Çekme Mukavemeti	% 8 - 14 x Serbest basınç mukavemeti
28 Günlük Serbest Basınç Mukavemeti	Silt ve killer için 7 günlük dayanımın 1,4-1,5 katı Kumlar için 7 günlük dayanımın 2 katı
60 Günlük Serbest Basınç Mukavemeti	28 günlük dayanımın 1,5 katı
KURU YÖNTEM	
Drenajsız Kayma Mukavemeti, c_u	Zeminin drenajsız kayma mukavemeti x 10 - 50 (150 - 1000 kPa)
Elastisite Modülü (E)	50 - 200 x c _u 50 - 200 x q _u (çimento) (q _u : İyileştirilmiş zeminin serbest basınç mukavemeti)
Kırılma Deformasyonu	< %2

2.5. Derin Karıştırma Kolonlarının Taşıma Gücü Hesabı

Zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan derin karıştırma yönteminin tasarımında bir derin karıştırma kolonunun ne kadar yükü emniyetli bir şekilde taşıdığıının hesaplanması önem taşımaktadır. Bunun için çeşitli hesap yöntemleri bulunmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan yöntem, derin karıştırma kolonlarının kapasitesinin kazık temellerin taşıma gücüne benzer şekilde hesaplanmasıdır. Bu yöntemle göre kazıkların taşıma gücünün iki bileşeni vardır. Bunlardan biri uç taşıma gücü, diğeri ise çevre sürtünmesi kaynaklı taşıma gücüdür. Kazıklara tesir eden kuvvetler Şekil 2.13'te gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Kazık temellerin taşıma gücü temel kavramları (Prakash ve Sharma, 1990)

$$Q_u = Q_p + Q_f \quad (2.1)$$

Burada;

Q_u : Nihai taşıma gücü

Q_p : Kazık uç taşıma gücü

Q_f : Kazık çevre sürtünmesi kaynaklı taşıma gücünü ifade etmektedir.

2.5.1. Uç taşıma gücünün hesabı

Derin karıştırma kolonlarının uç taşıma gücü; kazık temeller için uygulanan yöntemler dikkate alınarak hesaplanabilir;

$$Q_p = A_p \times q_p \quad (2.2)$$

Burada;

A_p : Kazık kesit alanını,

q_p : Birim alana düşen uç taşıma gücünü ifade etmektedir.

$$q_p = c' \times N_c + q' \times N_q + \gamma \times B \times N_\gamma \quad (2.3)$$

Eş. 2.3'te yer alan B değeri kazık çapını ifade etmektedir ve kazık çapı derinliğe oranla genellikle çok küçük bir değer olduğundan eşitliğe etkisi ihmal edilebilir bir seviyede olacaktır. Dolayısıyla kazığın birim alanına düşen uç taşıma gücü Eş. 2.4 ile hesaplanabilir;

$$q_p = c' \times N_c + q' \times N_q \quad (2.4)$$

Burada;

c' : Kazığın uç bölgesindeki zeminin kohezyonunu,

q' : Zemin yüzeyinden itibaren kazığın uç kısmında oluşan düşey efektif gerilmeyi,

N_c, N_q : Taşıma gücü katsayılarını ifade etmektedir.

Kohezyonsuz zeminlerde yapılan uygulamalarda, $c' = 0$ olduğu için uç taşıma gücü Eş. 2.5 ile hesaplanabilir;

$$Q_p = A_p \times q' \times N_q \quad (2.5)$$

N_q taşıma gücü katsayısı şekil ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Bu katsayıların tespitiyle ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda N_q katsayılarının, kazık derinliğinin, genişliğine oranına (D_t/B), efektif sürtünme açısına (ϕ') ve kazığın yüklenme şekline bağlı olduğu saptanmıştır. Bu çalışmaların sonucunda birçok araştırmacı N_q katsayıları belirlemiş olup, Prakash ve Sharma (1990) Çizelge 2.5'i oluşturmuştur.

Çizelge 2.5. Taşıma gücü (N_q) katsayıları (Prakash ve Sharma, 1990)

$\phi' (^{\circ})$	20	25	28	30	32	34	36	38	40	42	45
N_q (çakma kazık)	8	12	20	25	35	45	60	80	120	160	230
N_q (fore kazık)	4	5	8	12	17	22	33	40	60	80	115

Çizelge 2.5'ten N_q katsayıları için; derin karıştırma kolonlarının uygulamasının fore kazıklara benzemesinden dolayı, fore kazıklara denk gelen N_q katsayıları dikkate alınmaktadır.

Zeminin efektif sürtünme açısı (ϕ') arazide yapılan sondaj çalışmaları sırasında ulaşılan SPT-N darbe sayılarından faydalanılarak Çizelge 2.6'daki çeşitli araştırmacıların hesap yöntemleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

Çizelge 2.6. SPT-N darbe sayısı ile ϕ' arasındaki ilişkiler (McGregor ve Duncan, 1998)

Zemin Cinsi	ϕ' (°)	Referans
Köşeli ve iyi derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{60})^{0,5} + 25$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve iyi derecelenmiş veya köşeli ve üniform derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{60})^{0,5} + 20$	Dunham (1954)
Yuvarlak ve üniform derecelenmiş zemin daneleri	$\phi' = (12N_{60})^{0,5} + 15$	Dunham (1954)
Kumlu ve kumlu ince çakıl	$\phi' = 28^\circ + (N_{60}/4)$	Peck ve diğerleri (1957)
Kumlu	$\phi' = (20N_{60})^{0,5} + 15$	Ohsaki ve diğ. (1959)
Kaba daneli	$\phi' = 3,5 (N_{60})^{0,5} + 20$	Muromachi ve diğ. (1974)
Kumlu	$\phi' = (15N_{60})^{0,5} + 15 \leq 45 \text{ (N>5)}$	Japan Road Assosiation (1990)
Kumlu	$\phi' = (20N_{1,60})^{0,5} + 20$	Hatanaka ve Uchida (1996)

Kohezyonlu zeminlerde yapılan uygulamalarda, kazıkların taşıma gücü, inşaat sonrasında kısa vadede kritik sonuçlar verir. Bu sebeple, kil içindeki kazıklar için $\phi = 0$ olarak değerlendirilir. Dolayısıyla kohezyonlu zeminler içinde kazık uç taşıma gücü Eş. 2.6 ile hesaplanır;

$$Q_p = A_p \times c_u \times N_c \quad (2.6)$$

N_c taşıma gücü katsayısı da N_q gibi şekil ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. N_c katsayısının; temel derinliğinin, temel genişliğinin oranına (D_f / B) bağlı değerleri; NAVFAC tarafından hazırlanan Çizelge 2.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Taşıma gücü faktörü (N_c) katsayıları (Prakash ve Sharma, 1990)

D_f / B	N_c
0	6,2
1	7,8
2	8,5
≥ 4	9

Kazık temeller için bu oran genellikle 4'ten büyük olduğu için N_c katsayısının 9 alınması uygundur. Bu durumda kohezyonlu zeminlerde uç taşıma gücü Eş. 2.7 ile hesaplanabilir;

$$Q_p = 9 \times A_p \times c_u \quad (2.7)$$

Kazığın uç bölgesindeki zeminin drenajsız kayma dayanımı (c_u), zeminden alınan örselenmemiş numune üzerinde yapılan laboratuvar deneyleriyle tespit edilebildiği gibi, örselenmemiş numunenin alınmadığı derinliklerde yapılan SPT veya benzer deneylerden faydalanılarak tespit edilebilmektedir. Zeminin kohezyonunun bu şekilde tespit edilebilmesi için birçok araştırmacı zemin cinsi ve SPT-N darbe sayılarını dikkate alarak bu ilişkiyi araştırmıştır. Bu incelemeler sonucunda elde edilen korelasyonlardan bazıları Çizelge 2.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.8. SPT-N darbe sayısı ile c_u arasındaki ilişki

Araştırmacılar	Zemin Cinsi	c_u (kPa)
Sanglerat (1972)	Killer	12,5 N
	Siltli Killer	10 N
Terzaghi & Peck	İnce daneli zeminler	6,25 N
Sowers (1979)	Yüksek plastisiteli killer	12,5 N
	Orta plastisiteli killer	7,5 N
	Düşük plastisiteli killer	3,75 N
Nixon (1982)	Killer	12 N
Kulhawy & Mayne (1990)	İnce daneli zeminler	29 $N^{0,72}$
İyisan ve Ansal (1990)	İnce daneli zeminler, n=106 (Veri sayısı)	4,43 $N_a + 8,07$
Stroud (1974)	Killer $S_u = f_1 \times N$, $f_1 = f(I_p)$	$I_p > 30$ ~ 4,2 N
		$20 < I_p < 30$ 4 ~ 5 N
		$I_p < 20$ 6~7 N
Sivrikaya & Toğrul (2002)	Yüksek plastisiteli killer (CH), n=113 (Veri sayısı)	4,85 N_a r = 0,83
		6,82 N_{60} r = 0,80
	Düşük plastisiteli killer (CL), n=72 (Veri sayısı)	3,35 N_a r = 0,76
		4,93 N_{60} r = 0,73
	İnce daneli zeminler, n=226 (Veri sayısı)	4,32 N_a r = 0,80
		6,18 N_{60} r = 0,78
	İnce daneli zeminler, n=30 (Veri sayısı)	(0,1 $I_p + 3,10$) N_{60} $N_{60} < 25$

2.5.2. Çevre sürtünmesi

Derin karıştırma kolonlarının çevre sürtünmesine bağlı kapasite hesabı, kazık temeller için uygulanan yöntemler dikkate alınarak gerçekleştirilir. Kazık temellerde; kohezyonsuz zeminlerde zemin ile kazık arasındaki fiziksel sürtünmeye bağlı olarak, kohezyonlu zeminlerde ise adezyon kuvvetine bağlı olarak çevre sürtünmesi oluşur. Çevre sürtünmesi genel olarak Eş. 2.8 ile hesaplanabilir;

$$O_f = \sum p \times \Delta L \times f \quad (2.8)$$

Burada;

p : Kazık enkesitinin çevre uzunluğunu,

ΔL : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakalarının kalınlığını,

f : Kazığın zemin tabakası içindeki birim çevre sürtünmesini ifade etmektedir.

Kazığın zemin içindeki birim çevre sürtünmesi Eş. 2.9’da olduğu gibi ifade edilebilir;

$$f = \alpha \times c' + K \times \sigma'_v \times \tan \delta \quad (2.9)$$

Burada;

c' : Kazığın içinden geçtiği zeminin efektif kohezyonunu,

α : Kazığın içinden geçtiği zeminin adezyon katsayısını,

K : Kazığın içinden geçtiği zeminin toprak basıncı katsayısını,

δ : Kazığın içinden geçtiği zeminle kazık arasındaki sürtünme açısını,

σ'_v : Kazığın içinden geçtiği zeminin ortalama düşey efektif gerilmesini ifade etmektedir.

Kohezyonsuz zeminlerde $c'=0$ olduğu için birim çevre sürtünmesi; Eş. 2.10’daki gibi ifade edilebilir;

$$f = K \times \sigma'_v \times \tan \delta \quad (2.10)$$

Eş. 2.10’daki, yatay toprak basıncı katsayısı (K), granüler zeminlerde efektif sürtünme açısının (ϕ') bir fonksiyonudur. Bu katsayı, kolonun imalat şekline göre Çizelge 2.9’daki

eşitlikler dikkate alınarak tespit edilir. Derin karıştırma kolonlarının uygulama şeklinin fore kazıklarla benzerlik göstermesi sebebiyle kolonların taşıma gücü hesabı yapılırken, Çizelge 2.9'daki katsayılardan fore kazık için geçerli katsayılar dikkate alınacaktır.

Çizelge 2.9. Kazık tipine göre K katsayıları (Birand, 2007)

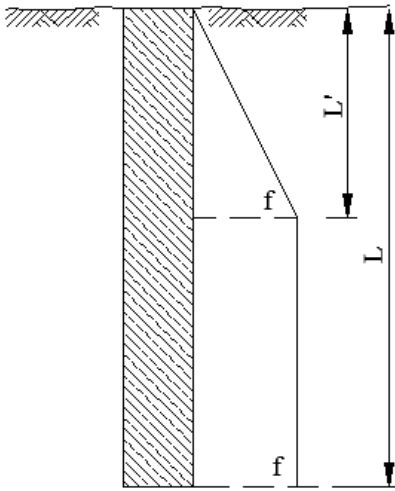
Kazık Tipi	K
Fore kazık	$K_0 = 1 - \sin \phi$
Az deplasman yapan çakma kazık	$1 \times K_0 - 1,4 \times K_0$
Yüksek deplasman yapan çakma kazık	$1 \times K_0 - 1,8 \times K_0$

Eş. 2.10'daki, zemin ile kazık arasındaki sürtünme açısının (δ) Kulhawy (1984) tarafından önerilen değerler Çizelge 2.10'da gösterilmiştir. Derin karıştırma kolonları, yerinde dökme kolonlar olduğu için Çizelge 2.10'dan bu duruma karşılık gelen değer dikkate alınmaktadır.

Çizelge 2.10. Kazık / zemin sürtünme değerleri (Kulhawy, 1984)

Kazık / Zemin Temas Durumu	Kazık / Zemin Sürtünme Açısı (δ)
Pürüzsüz veya kaplanmış çelik / Kum	$0,5 \phi - 0,7 \phi$
Kaba çelik / Kum	$0,7 \phi - 0,9 \phi$
Önceden dökülmüş beton / Kum	$0,8 \phi - 1,0 \phi$
Yerinde dökülmüş beton / Kum	$1,0 \phi$
Ahşap / Kum	$0,8 \phi - 0,9 \phi$
Zemin içinde boru bırakılan kolonlar	$0,7 \phi - 0,85 \phi$

Eş. 2.10'daki, kazığın içinden geçtiği zeminin ortalama düşey efektif gerilmesi (σ'_v) hesaplanırken çevre sürtünmesinin; Şekil 2.14'te gösterildiği gibi bir kritik derinliğe (L') kadar doğrusal olarak arttığı, bu derinlikten sonra ise sabit kaldığı kabulü yapılır. Bu derinlik, gevşek kumlarda kazık çapının 10 katı, orta sıkı kumlarda kazık çapının 15 katı, sıkı kumlarda ise kazık çapının 20 katı olarak dikkate alınabilir.



Şekil 2.14. Kohezyonsuz zeminler içinde kazık temellerin birim sürtünme direnci

Kohezyonlu zeminlerde $\phi = 0$ durumu için birim çevre sürtünmesi; Eş.2.11'deki gibi ifade edilebilir.

$$f = \alpha \times c' \quad (2.11)$$

Adezyon (α) katsayısı, drenajsız kayma dayanımı (c_u) değerine bağlı bir katsayıdır. Eğer, drenajsız kayma dayanımı (c_u) değeri, $25 < c_u < 90$ (kN/m²) sınırları içerisinde adezyon katsayısı Eş. 2.12 ile hesaplanabilir (Birand,2007). $c_u > 90$ olması halinde ise adezyon katsayısı için Çizelge 2.11'deki veriler dikkate alınacaktır.

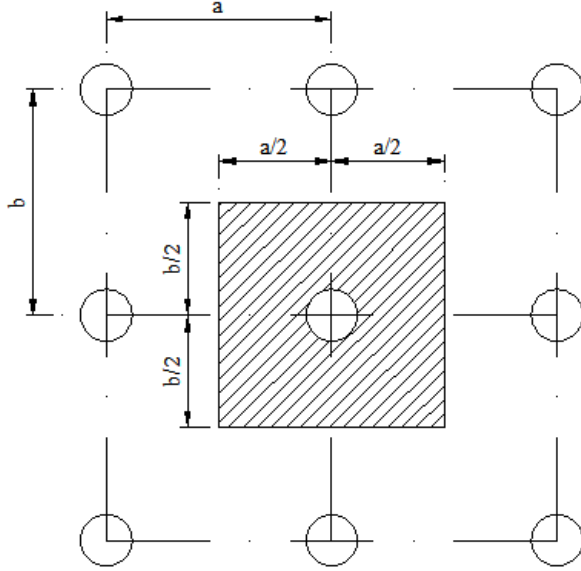
$$\alpha = 1 - 0,00615 \times (c' - 25) \quad (2.12)$$

Çizelge 2.11. Adezyon katsayıları (Birand, 2007)

c	α
90	0,60
100	0,58
150	0,42
200	0,35

2.6. Derin Karıştırma Yöntemiyle İyileştirilen Zeminlerin Taşıma Gücü Hesabı

Üst yapıdan zemine aktarılan düşey ve deprem yükleri dikkate alınarak, iyileştirilecek zemin için ulaşılmak istenilen taşıma gücüne bağlı olarak derin karıştırma kolon aralıkları tespit edilir. (Şekil 2.15)



Şekil 2.15. Derin karıştırma kolonlarının genel yerleşim planı

Derin karıştırma yöntemiyle iyileştirilen zeminlerin emniyetli taşıma gücü, sistemdeki bir derin karıştırma kolonunun etki alanı dikkate alınarak Eş. 2.13 ile hesaplanır.

$$\sigma_{emn} = (Q_u / A) + \sigma_{zemn} \quad (2.13)$$

σ_{emn} : İyileştirilmiş olan zeminin emniyetli taşıma gücü (t/m^2)

Q_u : Derin karıştırma kolonunun taşıma gücü (t)

A : Derin karıştırma kolonu etki alanı (m^2)

$$A = a \times b \quad (2.14)$$

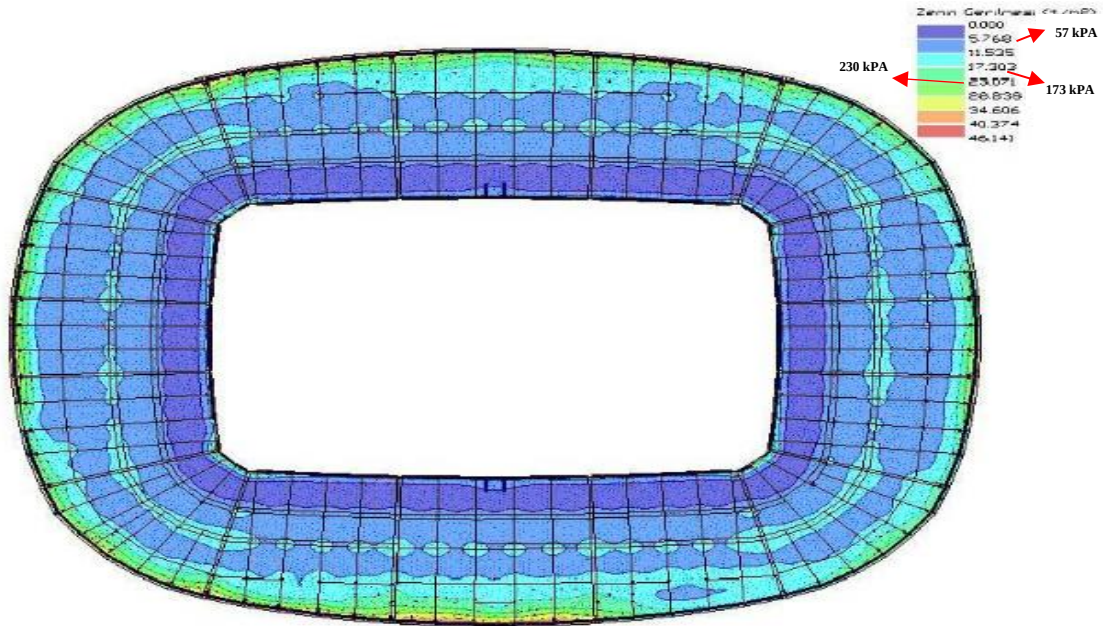
3. İNCELENEN PROJELERLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Derin karıştırma kolonlarının uygulamaları dört farklı proje üzerinde incelenmiştir. Bu bölüm kapsamında bu projelerin yapı ve zemin özellikleri incelenmiş olup uygulanması planlanan derin karıştırma kolonlarının teorik taşıma gücü Bölüm 2.6'da özetlenen yöntem çerçevesinde hesaplanmıştır.

3.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi

3.1.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için yapı ve zemin bilgileri

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi, bir katı bodrum olmak üzere yedi kattan oluşmaktadır. Bu yapının temel alanı 23103 m^2 olup, toplam inşaat alanı 166547 m^2 'dir. Yapı dilatasyon derzleriyle ayrılmış 16 bloktan oluşmaktadır. Yapının radye temeli $-5,00 \text{ m}$ kotunda olacaktır. Düşey yüklerin etkisi altında radye temel altındaki gerilmeler Şekil 3.1' de görüldüğü gibi, temel alanının çoğunluğunda 57 kPa ($5,7 \text{ t/m}^2$) ile 173 kPa ($17,3 \text{ t/m}^2$) arasında değişmekte olup, temel alanının kenarlarında ise 230 kPa ($23,0 \text{ t/m}^2$) değerine ulaşmaktadır.



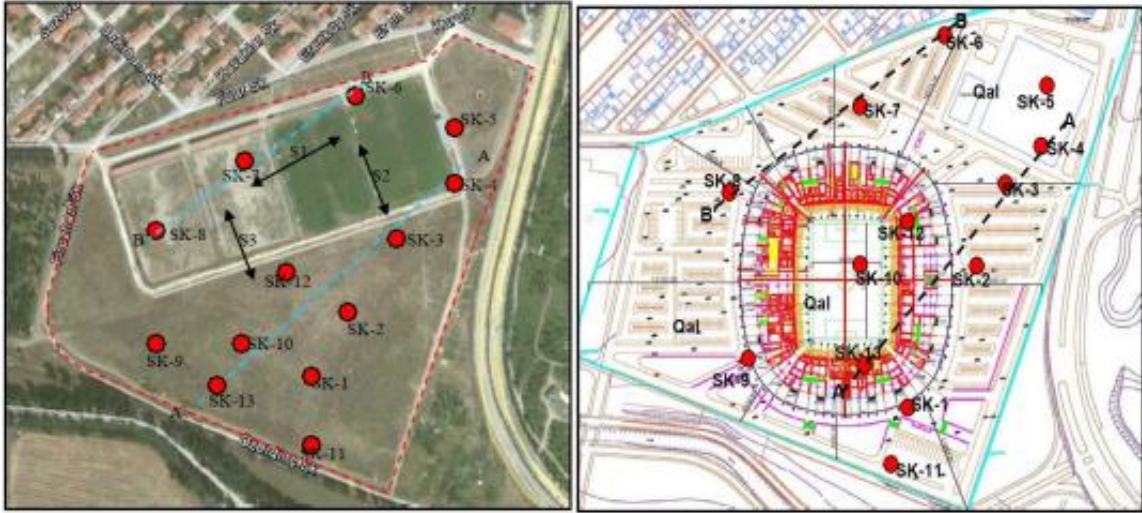
Şekil 3.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı

Yapının zemin inceleme çalışmaları Cirit ve Uslu (2012) tarafından yapılmıştır. Zemin inceleme çalışmaları sırasında 11 noktada 20 m derinlikte, 2 noktada ise 30 m derinlikte olmak üzere; toplam 280 m temel sondaj kuyusu açılmıştır. Şekil 3.2’de arazi çalışmaları görülmektedir.



Şekil 3.2. Arazide sondaj çalışmaları, alınan SPT ve UD karot numuneleri

Arazide yapılan sondaj çalışmaları esnasında SPT ve UD örnekleri alınarak, numuneler üzerinde uygulanan deneylerle su muhtevası, doğal birim hacim ağırlığı belirlenmiş, ayrıca Atterberg limitleri deneyi, üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon ve şişme deneyleri yapılarak zemin profili saptanmıştır (Cirit ve Uslu, 2012). Sondaj kuyularının arazi üzerindeki yerleri Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için sondaj kuyularının arazi üzerindeki yerleri (Cirit ve Uslu, 2012)

İnceleme alanında Cirit ve Uslu (2012) tarafından yapılan sondajlarda yer altı su seviyesi; 1 nolu sondaj kuyusunda 4,50 m; 2, 3, 5, 8, 10, 11 ve 13 nolu sondaj kuyularında 4,00 m; 4 ve 7 nolu sondaj kuyularında 3,00 m; 6 nolu sondaj kuyusunda 3,50 m; 9 nolu sondaj kuyusunda 6,00 m ve 12 nolu sondaj kuyusunda ise 5,00 m olarak tespit edilmiştir. Derin karıştırma kolonu hesapları sırasında, temel alt kotunun -5,00 m’de olması sebebiyle yer altı su seviyesi 5,00 m olarak dikkate alınmıştır.

Zemin inceleme çalışmaları sırasında belirlenen zemin profiline göre; zeminin SPT-N darbe sayıları, kil ve silt katmanlarında enerji düzeltme faktörü (C_E), kum katmanlarında ise enerji (C_E) ve jeolojik yük düzeltme faktörleri (C_N) uygulanarak $N_{1,60}$ değerleri elde edilmiştir. Yapı zemininde 13 noktada uygulanan sondaj kuyularının her biri için hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Cirit ve Uslu (2012) tarafından yapılan sondaj çalışmaları sonucunda saptanan zemin profillerinin idealize edilmesi sonucu zemin profili saptanmıştır. Bu durumda bu çalışma kapsamında zemin profili, 0,00 ile 0,50 m arası nebati toprak, 0,50 ile 5,00 m arası düşük plastisiteli kil (CL) , 5,00 ile 12,00 m arası düşük plastisiteli silt (ML), 12,00 ile 30,00 m arası ise siltli kum (SM) olarak yorumlanmıştır.

Çizelge 3.1. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK1						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a^1	C_E^2	N_{60}^3	σ'_v (kN/m ²)	C_N^4	$N_{1,60}^5$
1,50	CL	12	0,75	9	-	-	9
3,00	CL	13	0,75	10	-	-	10
4,50	CL	31	0,75	23	-	-	23
(YASS) -4,50							
6,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
7,50	ML	43	0,75	32	-	-	32
9,00	ML	24	0,75	18	-	-	18
10,50	SM	15	0,75	11	139,5	0,85	9
12,00	SM	24	0,75	18	153,0	0,81	15
13,50	SM	21	0,75	16	166,5	0,77	12
15,00	ML	50	0,75	38	-	-	38
16,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
18,00	SM	50	0,75	38	207,0	0,70	26
19,50	SM	48	0,75	36	220,5	0,67	24
20,00	CL	47	0,75	35	-	-	35

Kuyu No	SK2						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	9	0,75	7	-	-	7
3,50	CL	12	0,75	9	-	-	9
(YASS) -4,00							
4,50	ML	29	0,75	22	-	-	22
6,50	CL	33	0,75	25	-	-	25
7,50	ML	22	0,75	17	-	-	17
9,00	ML	24	0,75	18	-	-	18
10,50	ML	21	0,75	16	-	-	16
12,00	SM	27	0,75	20	148,0	0,82	16
13,50	SM	33	0,75	25	161,5	0,79	20
15,00	SM	48	0,75	36	175,0	0,76	27
16,50	ML	42	0,75	32	-	-	32
18,00	ML	50	0,75	38	-	-	38
19,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
20,00	ML	50	0,75	38	-	-	38

Kuyu No	SK3						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	10	0,75	8	-	-	8
3,50	CL	11	0,75	8	-	-	8
(YASS) -4,00							
4,50	CL	10	0,75	8	-	-	8
6,50	CL	18	0,75	14	-	-	14
7,50	ML	25	0,75	19	-	-	19
9,00	ML	26	0,75	20	-	-	20
10,50	ML	50/	0,75	-	-	-	-
12,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-
13,50	SM	50/	0,75	-	-	-	-
15,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-
16,50	SM	50/	0,75	-	-	-	-
18,00	ML	31	0,75	23	-	-	23
19,50	ML	50/	0,75	-	-	-	-
20,00	ML	50	0,75	38	-	-	38

Kuyu No	SK4						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	8	0,75	6	-	-	6
(YASS) -3,00							
3,50	CL	13	0,75	10	-	-	10
4,50	CL	13	0,75	10	-	-	10
6,50	CL	16	0,75	12	-	-	12
7,50	ML	18	0,75	14	-	-	14
9,00	ML	23	0,75	17	-	-	17
10,50	SM	50	0,75	38	124,5	0,90	34
12,00	SM	30	0,75	23	138,0	0,85	20
13,50	SM	50	0,75	38	151,5	0,81	31
15,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-
16,50	SM	18	0,75	14	178,5	0,75	10
18,00	SM	50	0,75	38	192,0	0,72	27
19,50	SM	50	0,75	38	205,5	0,70	27
21,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-
22,50	SM	50	0,75	38	232,5	0,66	25
24,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-
25,50	SM	22	0,75	17	-	-	17
27,00	ML	42	0,75	32	-	-	32
28,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
30,00	SM	50	0,75	38	-	-	38

1 SPT-N darbe sayısı

2 Enerji düzeltme faktörü

3 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

4 Derinlik düzeltme faktörü

5 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına ve efektif jeolojik basıncına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

Çizelge 3.1. (devam) Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK5						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	ML	11	0,75	8	-	-	8
3,00	ML	12	0,75	9	-	-	9
(YASS) -4,00							
4,50	ML	22	0,75	17	-	-	17
6,00	ML	29	0,75	22	-	-	22
7,50	ML	29	0,75	22	-	-	22
9,50	SM	49	0,75	37	125,5	0,89	33
10,50	SM	46	0,75	35	134,5	0,86	30
12,50	SM	50	0,75	38	152,5	0,81	31
13,50	SM	50	0,75	38	161,5	0,79	30
15,00	SM	50	0,75	38	175,0	0,76	29
16,50	SM	47	0,75	35	188,5	0,73	25
18,00	SM	50	0,75	38	202,0	0,70	27
19,50	SM	50	0,75	38	215,5	0,68	26
20,00	SM	50	0,75	38	220,0	0,67	26

Kuyu No	SK6						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	ML	13	0,75	10	-	-	10
3,00	ML	17	0,75	13	-	-	13
(YASS) -3,50							
4,50	ML	12	0,75	9	-	-	9
6,00	ML	28	0,75	21	-	-	21
7,50	ML	16	0,75	12	-	-	12
9,50	ML	19	0,75	14	-	-	14
10,50	ML	42	0,75	32	-	-	32
12,00	SM	50	0,75	38	143,0	0,84	32
13,50	SM	50/	0,75	-	-	-	-
15,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-
16,50	SM	50/	0,75	-	-	-	-
18,00	SM	50	0,75	38	197,0	0,71	27
19,50	SM	50/	0,75	-	-	-	-
20,00	SM	50/	0,75	-	-	-	-

Kuyu No	SK7						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	ML	10	0,75	8	-	-	8
3,00	ML	14	0,75	11	-	-	11
(YASS) -3,00							
4,50	ML	20	0,75	15	-	-	15
6,00	ML	25	0,75	19	-	-	19
7,50	ML	20	0,75	15	-	-	15
9,00	ML	31	0,75	23	-	-	23
10,50	ML	48	0,75	36	-	-	36
12,00	SM	50	0,75	38	138,0	0,85	32
13,50	SM	46	0,75	35	151,5	0,81	28
15,00	SM	38	0,75	29	165,0	0,78	23
16,50	SM	31	0,75	23	178,5	0,75	17
18,00	SM	47	0,75	35	192,0	0,72	25
19,50	SM	50	0,75	38	205,5	0,70	27
20,00	SM	49	0,75	37	210,0	0,69	26

Kuyu No	SK8						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	16	0,75	12	-	-	12
3,00	CL	20	0,75	15	-	-	15
(YASS) -4,00							
4,50	CL	19	0,75	14	-	-	14
6,00	CL	26	0,75	20	-	-	20
7,50	CL	24	0,75	18	-	-	18
9,00	CL	33	0,75	25	-	-	25
10,50	CL	44	0,75	33	-	-	33
12,00	SM	43	0,75	32	148,0	0,82	26
13,50	SM	40	0,75	30	161,5	0,79	24
15,00	SM	50	0,75	38	175,0	0,76	29
16,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
18,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
19,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
20,00	ML	31	0,75	23	-	-	23

Çizelge 3.1. (devam) Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK9						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	9	0,75	7	-	-	7
3,00	CL	11	0,75	8	-	-	8
4,50	CL	23	0,75	17	-	-	17
(YASS) -6,00							
6,50	ML	31	0,75	23	-	-	23
7,50	ML	32	0,75	24	-	-	24
9,00	SM	38	0,75	29	141,0	0,84	24
10,50	SM	40	0,75	30	154,5	0,80	24
12,00	SM	41	0,75	31	168,0	0,77	24
13,50	SM	46	0,75	35	181,5	0,74	26
15,00	SM	50	0,75	38	195,0	0,72	27
16,50	SM	50	0,75	38	208,5	0,69	26
18,00	SM	50	0,75	38	222,0	0,67	26
19,50	ML	36	0,75	27	-	-	27
20,00	ML	33	0,75	25	-	-	25

Kuyu No	SK10						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	10	0,75	8	-	-	8
3,00	CL	11	0,75	8	-	-	8
(YASS) -4,00							
4,50	CL	20	0,75	15	-	-	15
6,00	ML	22	0,75	17	-	-	17
7,50	ML	37	0,75	28	-	-	28
9,00	ML	42	0,75	32	-	-	32
10,50	ML	46	0,75	35	-	-	35
12,00	ML	46	0,75	35	-	-	35
13,50	ML	44	0,75	33	-	-	33
15,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
16,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
18,00	ML	50	0,75	38	-	-	38
19,50	SM	50	0,75	38	215,5	0,68	26
20,00	SM	48	0,75	36	220,0	0,67	24

Kuyu No	SK11						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	21	0,75	16	-	-	16
3,00	CL	15	0,75	11	-	-	11
(YASS) -4,00							
4,50	CL	9	0,75	7	-	-	7
6,00	SM	13	0,75	10	94,0	-	10
7,50	SM	21	0,75	16	107,5	0,96	15
9,00	SM	25	0,75	19	121,0	0,91	17
10,50	SM	27	0,75	20	134,5	0,86	17
12,00	ML	26	0,75	20	-	-	20
13,50	ML	40	0,75	30	-	-	30
15,00	ML	46	0,75	35	-	-	35
16,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
18,00	SM	50	0,75	38	202,0	0,70	27
19,50	SM	50	0,75	38	215,5	0,68	26
20,00	SM	50	0,75	38	220,0	0,67	26

Kuyu No	SK12						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	CL	11	0,75	8	-	-	8
3,00	CL	12	0,75	9	-	-	9
4,50	CL	19	0,75	14	-	-	14
(YASS) -5,00							
6,50	CL	21	0,75	16	-	-	16
7,50	CL	27	0,75	20	-	-	20
9,00	ML	25	0,75	19	-	-	19
10,50	ML	32	0,75	24	-	-	24
12,50	ML	19	0,75	14	-	-	14
13,50	ML	30	0,75	23	-	-	23
15,00	ML	46	0,75	35	-	-	35
16,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
18,50	SM	42	0,75	32	216,5	0,68	22
19,50	SM	45	0,75	34	225,5	0,67	23
21,00	ML	50	0,75	38	-	-	38
22,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
24,00	ML	50	0,75	38	-	-	38
25,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
27,00	SM	50	0,75	38	293,0	0,58	22
28,50	SM	50	0,75	38	306,5	0,57	22
30,50	SM	50	0,75	38	324,5	0,55	21

Çizelge 3.1. (devam) Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

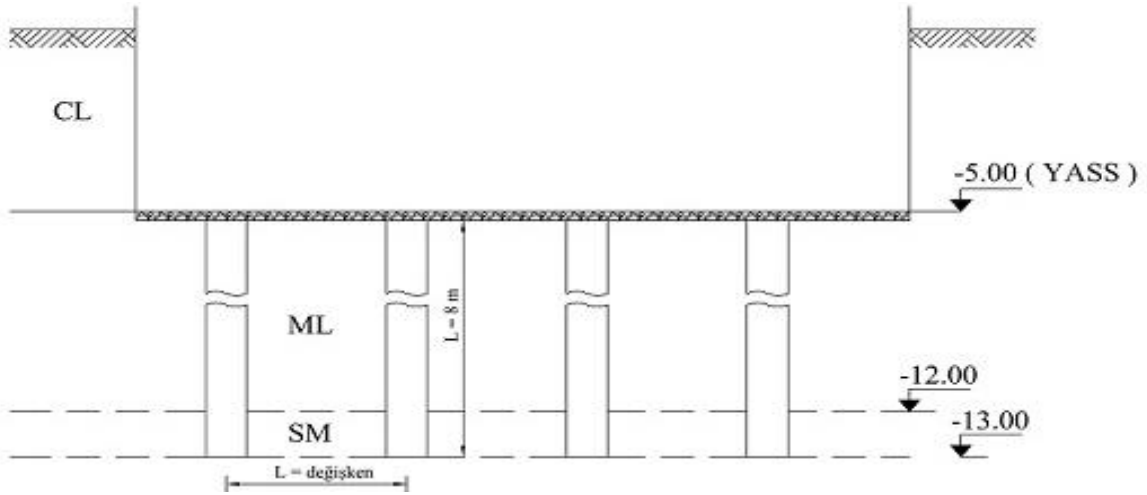
Kuyu No	SK13						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,50	ML	14	0,75	11	-	-	11
3,00	ML	9	0,75	7	-	-	7
(YASS)				-4,00			
4,50	ML	19	0,75	14	-	-	14
6,50	ML	22	0,75	17	-	-	17
7,50	ML	19	0,75	14	-	-	14
9,00	ML	26	0,75	20	-	-	20
10,50	ML	32	0,75	24	-	-	24
12,00	ML	44	0,75	33	-	-	33
13,50	SM	43	0,75	32	161,5	0,79	25
15,00	ML	50	0,75	38	-	-	38
16,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
18,00	ML	48	0,75	36	-	-	36
19,50	ML	50	0,75	38	-	-	38
20,00	ML	50	0,75	38	-	-	38

Cirit ve Uslu (2012) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporunda sunulan deneyler (SPT, konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi vb.) sonucunda, zeminin emniyetli brüt taşıma kapasitesinin 111 kPa (11,1 t/m²) olduğu tespit edilmiştir. Yapıdan gelen yüklerin tesiriyle radye temel altında oluşan gerilmelerin, zeminin taşıma kapasitesi değerinden yer yer büyük olması sebebiyle zeminde taşıma kapasitesi problemi beklenmektedir. Ayrıca; Avcı (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda, net yüke göre yapılan oturma hesaplarında, en yüksek oturmanın 100 mm mertebelerinde olduğu, bu değerinde radye temeller için izin verilen limitlerin üzerinde çıktığı ve incelenen alandan alınan numune sonuçlarından faydalanılarak yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarından, incelenen alanda sıvılaşma riski olduğu tespit edilmiştir.

Yapının radye temel altında oluşan gerilme değerinin, zeminin emniyetli taşıma kapasitesinden fazla olması, oturma miktarının radye temeller için belirlenen sınır değerinin üzerinde olması ve incelenen alanda sıvılaşma riski olması sebebiyle Avcı (2013) tarafından zemin iyileştirme yapılması gerekli görülmüştür. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları zemin iyileştirme yöntemi olarak tercih edilmiştir.

3.1.2. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı

Zemin iyileştirme yöntemi olarak seçilen ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları; zemindeki taşıma gücü problemleri ve zemindeki sıvılaşma riski göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının 800 mm çapında ve 8 m uzunluğunda olmak suretiyle, radye temel altında oluşan gerilmelerin değişken olması sebebiyle değişken aralıklarla yerleştirilmesine karar verilmiştir. Derin karıştırma kolonunun tip kesiti Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Derin karıştırma kolonunun uygulanması sırasında su/çimento oranı 1,00 olarak alınmıştır.



Şekil 3.4. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti

Derin karıştırma kolonları için tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sırasında on dört farklı kolondan karot numuneleri alınmış ve karot basınç dayanımlarının ortalaması 10,23 MPa olarak belirlenmiştir. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için Çizelge 2.4'te belirtilen elastisite modülü aralıkları dikkate alındığında, elastisite modülünün basınç dayanımının 350 ile 1000 katı aralığında olduğu görülmektedir. Bu durumda, Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi'nde ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için tasarıma esas elastisite modülü, serbest basınç dayanımının 350 ile 1000 değerlerinin ortalaması olan 675 katı olarak dikkate alınmış olup, 6905 MPa olarak hesaplanılmıştır.

Derin karıştırma kolonu taşıma gücü hesabının yapılması sırasında kullanılacak katsayıları ve eşitlikleri, zemin profili ve özellikleri belirlemektedir. Geoteknik parametreler ve derin

karıştırma kolonu özellikleri Çizelge 3.2’de verilmektedir. Zeminin birim hacim ağırlığı (γ), Cirit ve Uslu (2012) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan alınmıştır.

Cirit ve Uslu (2012) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan, silt (ML) ve kil (CL) tabakalarının düşük plastisiteli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle derin karıştırma kolonları tasarımına esas kohezyon değerleri düşük plastisiteli siltler için Çizelge 2.8’de belirtilen Stroud (1974)’ un aşağıdaki eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu durumda; kohezyon değerlerinin 5,00 ile 12,00 m kotları arasında 98 ile 154 kPa değerleri arasında olduğu görülmektedir.

$$c' = (6 - 7) \times N$$

Çizelge 3.2. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri

Derinlik	Zemin Sınıfı	Birim Hacim Ağırlığı γ (kN/m ³)	Ortalama $N_{1,60}$	Kohezyon c' (kPa)	N_q	İçsel Sürtünme Açısı ϕ'	Kolon/ Zemin Sürtünme Açısı δ	Toprak Basıncı Katsayısı K	Adezyon α	Kolon Boyu (ΔL) (m)	Kolon Çapı (D) (m)	Kolon Kesit Alanı (A_p) (m ²)	Kolon Enkesitinin Çevre Uzunluğu (p) (m)
1,50 - 1,95	CL	19	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00 - 3,50	CL	19	10										
4,50 - 5,00	CL	19	14										
(Temel Seviyesi) -5,00													
5,00 - 7,50	ML	19	20	98 (7 x 14) 154 (7 x 22)	-	-	-	-	0,58	7,00	0,8	0,50	2,51
9,00 - 9,50	ML	19	22										
10,50 - 12,00	ML	19	26										
12,00 - 13,00	SM	19	22										

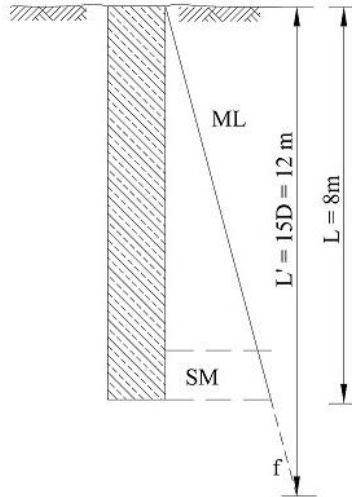
10,50 ile 13,00 m kotları arasındaki kohezyonsuz zemin için efektif sürtünme açısı, Çizelge 2.6’da belirtilen Hatanaka ve Uchida (1996)’nın aşağıdaki eşitliğinden faydalanılarak 42° olarak hesaplanmıştır.

$$\phi' = (20 \times N_{1,60})^{0,5} + 20^\circ$$

Fakat bu eşitlik temiz kumlar için dikkate alınan bir eşitliktir. Siltli kumlar için efektif sürtünme açısı Carter ve Bentley (1991) tarafından önerildiği biçimde 34° olarak sınırlandırılmıştır.

Çizelge 3.2’de verilen N_q katsayıları efektif sürtünme açısına (ϕ') bağlı olarak Çizelge 2.5 ve adezyon (α) katsayıları ise kohezyona (c') bağlı olarak Çizelge 2.10’dan alınmıştır.

Derin karıştırma kolonunun taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için öncelikle çevre sürtünmesinin kritik derinliğinin, derin karıştırma kolonunun çapının 15 katı kadar olduğu kabul edilmiş ve kolon boyunun kolon kritik derinliğinin içinde kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin kritik derinliği

Derin karıştırma kolonunun uç kısmının bulunduğu zeminin siltli kum (SM) olması sebebiyle uç taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için öncelikle kolonun uç kısmına kadar içinden geçtiği tabakaların düşey efektif gerilmesi Eş. 3.1 ile hesaplanmıştır. Düşey efektif gerilme hesapları sırasında suyun birim hacim ağırlığı 10 kN/m^3 olarak alınmıştır.

$$q' = 19 \times (5,00 + 7,00 + 1,00) - 10 \times (7,00 + 1,00) = 167 \text{ kN/m}^2 \quad (3.1)$$

Derin karıştırma kolonunun uç kısmının taşıma gücü Eş. 2.5 ile hesaplanmıştır.

$$Q_p = A_p \times q' \times N_q = 0,50 \times 167 \times 22 = 1837 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun içinden geçtiği zemin türleri farklı olduğundan çevre sürtünmesi hesaplanırken, silt (ML) ve siltli kum (SM) tabakasındaki çevre sürtünmeleri ayrı ayrı hesaplanarak toplanmıştır. Silt (ML) tabakası içindeki çevre sürtünmesi hesabı Eş. 2.8 ve Eş. 2.11 eşitliklerinden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_{f1} = \sum p \times \Delta L \times \alpha \times c = 2,51 \times 7,00 \times 98 \times 0,58 = 999 \text{ kN}$$

Siltli kum (SM) tabakası içindeki çevre sürtünmesi hesabının yapılabilmesi için, kolonun içinden geçtiği tabakaların ortalama düşey efektif gerilmesi Eş. 3.2 ile hesaplanmıştır. Ortalama düşey efektif gerilme hesapları sırasında suyun birim hacim ağırlığı 10 kN/m^3 olarak alınmıştır.

$$\sigma'_v = 19 \times (5,00 + 7,00 + 0,50) - 10 \times (7,00 + 0,50) = 163 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2)$$

Derin karıştırma kolonunun siltli kum (SM) tabakası içindeki çevre sürtünmesi hesabı Eş. 2.8 ve Eş. 2.10 eşitliklerinden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_{f2} = \sum p \times \Delta L \times K \times \sigma'_v \times \tan \delta = 2,51 \times 1,00 \times 0,440 \times 163 \times \tan 34^\circ = 121 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin taşıma gücüne olan katkısı kil (CL) ve siltli kum (SM) tabakaları için bulunan değerler toplanarak Eş. 3.3'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$Q_f = Q_{f1} + Q_{f2} = 999 + 121 = 1120 \text{ kN} \quad (3.3)$$

Derin karıştırma kolonunun hesaplanan uç taşıma gücü ve çevre sürtünmesi sonucu oluşan taşıma gücü dikkate alınarak toplam taşıma gücüne Eş. 3.4 ile ulaşılmıştır.

$$Q_u = Q_p + Q_f = 1837 + 1120 = 2957 \text{ kN} \approx 296 \text{ ton} \quad (3.4)$$

Derin karıştırma kolonunun emniyetli taşıma gücü (Q_{emn}), güvenlik faktörü (FS) kolonun uç kısmı için 3, kolonun yanal kısımları için ise 2 alınmak suretiyle yaklaşık olarak 117 ton olarak hesaplanmıştır.

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum projesi kapsamında, Avcı (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda ıslak yöntemle uygulanan 8 m derinlik ve 80 cm çapındaki derin karıştırma kolonları için taşıma gücü 264 ton, emniyetli taşıma gücü ise 136 ton olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında hesaplanan taşıma gücü ile geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü bir miktar farklılık göstermektedir.

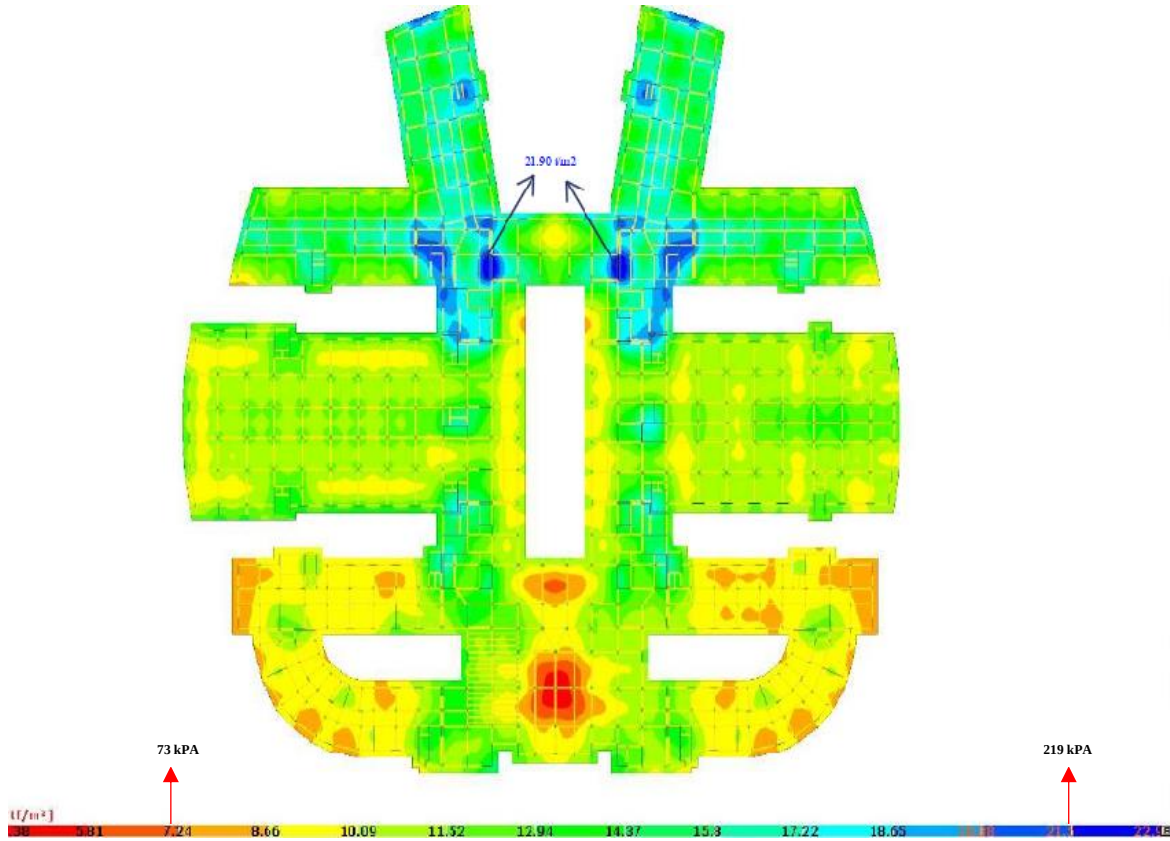
Bu farklılığın başlıca sebepleri ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının taşıma gücü hesabı sırasında;

- Bu çalışma kapsamında $N_{1,60}$ değerleri kullanılırken, Avcı (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda SPT-N darbe sayılarının kullanılmasından,
- Zemin profilindeki kum (SM) tabakası için bu çalışma kapsamında efektif sürtünme açısı 34° olarak dikkate alınarak N_q katsayısı seçilirken, Avcı (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda efektif sürtünme açısı 27° olarak dikkate alınarak N_q katsayısının seçilmesinden,
- Zemin profilindeki silt (ML) tabakası, bu çalışma kapsamında düşük plastisiteli silt olarak değerlendirilirken, Avcı (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda orta plastisiteli kil olarak değerlendirilerek efektif kohezyon (c') değerinin göz önünde bulundurulmuş olmasından kaynaklanmaktadır.

3.2. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi

3.2.1. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için yapı ve zemin bilgileri

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi, dilatasyon derzleriyle ayrılmış, bir katı bodrum olmak üzere minimum dört katlı, maksimum sekiz katlı değişken kat adetlerinde 12 bloktan oluşmaktadır. Bu yapının temel alanı 21378 m^2 olup, toplam inşaat alanı 109780 m^2 'dir. Yapının radye temeli -4,50 m kotunda olacaktır. Düşey yüklerin etkisi altında radye temel altındaki gerilmeler Şekil 3.6' da görüldüğü gibi, temel alanının çoğunluğunda 73 kPa ($7,3 \text{ t/m}^2$) ile 219 kPa ($21,9 \text{ t/m}^2$) arasında değişmektedir.



Şekil 3.6. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı

Yapının zemin inceleme çalışmaları Aygün (2011) tarafından yapılmıştır. Zemin inceleme çalışmaları sırasında 18 noktada 20 m derinlikte, 2 noktada ise 30 m derinlikte olmak üzere toplam 420 m temel sondaj kuyusu açılmıştır. Arazide yapılan sondaj çalışmaları esnasında SPT ve UD örnekleri alınarak, numuneler üzerinde uygulanan deneylerle su muhtevası, doğal birim hacim ağırlığı belirlenmiş, ayrıca Atterberg limitleri deneyi, üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon ve şişme deneyleri yapılarak zemin profili saptanmıştır (Aygün, 2011).

İnceleme alanında Aygün (2011) tarafından yapılan sondajlarda yer altı su seviyesi; 1, 2, 5, 7, 12 ve 17 nolu sondaj kuyularında 0,20 m; 3 nolu sondaj kuyusunda 0,80 m; 4 nolu sondaj kuyusunda 0,30 m; 6, 8, 13 ve 16 sondaj kuyularında 0,40 m; 9 nolu sondaj kuyusunda 0,25 m; 10 ve 11 nolu sondaj kuyularında 0,50 m; 14 nolu sondaj kuyusunda 1,50 m; 15 nolu sondaj kuyusunda 1,00 m; 18 nolu sondaj kuyusunda 1,65 m; 19 nolu sondaj kuyusunda 1,60 m ve 20 nolu sondaj kuyusunda ise 1,55 m olarak tespit edilmiştir. Tasarımda yer altı su seviyesi 1,50 m olarak dikkate alınmıştır.

Zemin inceleme çalışmaları sırasında belirlenen zemin profiline göre; zeminin SPT-N darbe sayıları, kil ve silt katmanlarında enerji düzeltme faktörü (C_E), kum katmanlarında ise enerji (C_E) ve jeolojik yük düzeltme faktörleri (C_N) uygulanarak $N_{1,60}$ değeri elde edilmiştir. Yapı zemininde 20 noktada uygulanan sondaj kuyularının her biri için hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Aygün (2011) tarafından yapılan sondaj çalışmaları sonucunda saptanan zemin profillerinin idealize edilmesi sonucu zemin profili saptanmıştır. Bu durumda bu çalışma kapsamında zemin profili, 0,00 ile 0,50 m arası nebati topraktan, 0,50 ile 6,50 m arası düşük plastisiteli kilden (CL), 6,50 ile 13,50 m arası siltli kumdan (SM), 13,50 ile 30,00 m arası ise düşük plastisiteli kilden (CL) oluşmaktadır.

Çizelge 3.3. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK1						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a^1	C_E^2	N_{60}^3	σ'_v (kN/m ²)	C_N^4	$N_{1,60}^5$
(YASS) -0,20							
1,73	CL	10	0,75	8	-	-	8
3,73	SM	9	0,75	7	35,6	-	7
4,73	SM	30	0,75	23	44,6	-	23
6,73	SM	35	0,75	26	62,6	-	26
7,73	SM	24	0,75	18	71,6	-	18
9,23	SM	28	0,75	21	85,1	-	21
10,73	SM	25	0,75	19	98,6	-	19
12,23	SM	31	0,75	23	112,0	0,94	22
13,73	CL	26	0,75	20	-	-	20
15,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
16,73	CL	31	0,75	23	-	-	23
18,23	CL	32	0,75	24	-	-	24
19,73	CL	27	0,75	20	-	-	20

Kuyu No	SK2						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,20							
1,73	CL	11	0,75	8	-	-	8
3,73	CL	8	0,75	6	-	-	6
4,73	CL	13	0,75	10	-	-	10
6,23	SM	28	0,75	21	58,1	-	21
7,73	SM	23	0,75	17	71,6	-	17
9,23	SM	60	0,75	45	85,1	-	45
10,73	SM	50	0,75	38	98,6	-	38
12,23	SM	49	0,75	37	112,0	0,94	35
13,73	SM	49	0,75	37	125,6	0,89	33
15,23	CL	36	0,75	27	-	-	27
16,73	CL	43	0,75	32	-	-	32
18,23	CL	44	0,75	33	-	-	33
19,73	CL	49	0,75	37	-	-	37

1 SPT-N darbe sayısı

2 Enerji düzeltme faktörü

3 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

4 Derinlik düzeltme faktörü

5 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına ve efektif jeolojik basıncına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

Çizelge 3.3. (devam) 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK3						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,80							
1,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
3,73	CL	13	0,75	10	-	-	10
4,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
6,23	CL	14	0,75	11	-	-	11
7,73	SM	47	0,75	35	77,6	-	35
9,23	SM	35	0,75	26	91,1	-	26
10,73	SM	39	0,75	29	104,6	0,98	28
12,23	SM	57	0,75	43	118,1	0,92	40
13,73	SM	48	0,75	36	131,6	0,87	31
15,23	SM	54	0,75	41	145,1	0,83	34
16,73	CL	30	0,75	23	-	-	23
18,23	CL	33	0,75	25	-	-	25
19,73	CL	38	0,75	29	-	-	29

Kuyu No	SK4						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,30							
1,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
3,73	CL	11	0,75	8	-	-	8
4,73	CL	13	0,75	10	-	-	10
6,23	CL	12	0,75	9	-	-	9
7,73	SM	31	0,75	23	72,6	-	23
9,23	SM	33	0,75	25	86,1	-	25
10,73	SM	41	0,75	31	99,6	-	31
12,23	SM	58	0,75	44	113,1	0,94	41
13,73	SM	47	0,75	35	126,6	0,89	31
15,23	SM	61	0,75	46	140,1	0,84	39
17,20	CL	35	0,75	26	-	-	26
18,23	CL	32	0,75	24	-	-	24
19,73	CL	46	0,75	35	-	-	35

Kuyu No	SK5						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,20							
1,73	CL	9	0,75	7	-	-	7
3,73	CL	10	0,75	8	-	-	8
4,73	CL	11	0,75	8	-	-	8
6,23	CL	12	0,75	9	-	-	9
7,73	SM	29	0,75	22	71,6	-	22
9,23	SM	31	0,75	23	85,1	-	23
10,73	SM	33	0,75	25	98,6	-	25
12,23	SM	42	0,75	32	112,1	0,94	30
13,73	CL	22	0,75	17	-	-	17
15,23	CL	26	0,75	20	-	-	20
16,73	CL	27	0,75	20	-	-	20
18,23	CL	31	0,75	23	-	-	23
19,73	CL	36	0,75	27	-	-	27

Kuyu No	SK6						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,40							
1,73	CL	8	0,75	6	-	-	6
3,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
4,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
6,23	SM	19	0,75	14	60,1	-	14
7,73	SM	20	0,75	15	73,6	-	15
9,23	SM	29	0,75	22	87,1	-	22
10,73	SM	38	0,75	29	100,6	-	29
12,23	SM	41	0,75	31	114,1	0,94	29
13,73	SM	36	0,75	27	127,6	0,89	24
15,23	CL	25	0,75	19	-	-	19
16,73	CL	27	0,75	20	-	-	20
18,23	CL	32	0,75	24	-	-	24
19,73	CL	38	0,75	29	-	-	29

Çizelge 3.3. (devam) 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK7						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,20							
1,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
3,23	CL	8	0,75	6	-	-	6
5,23	CL	8	0,75	6	-	-	6
6,73	SM	17	0,75	13	62,6	-	13
7,73	SM	20	0,75	15	71,6	-	15
9,23	SM	31	0,75	23	85,1	-	23
10,73	SM	35	0,75	26	98,6	-	26
12,23	SM	42	0,75	32	112,1	0,94	30
13,73	SM	43	0,75	32	125,6	0,89	29
15,23	SM	50	0,75	38	139,1	0,85	32
16,73	CL	28	0,75	21	-	-	21
18,23	CL	33	0,75	25	-	-	25
19,73	CL	36	0,75	27	-	-	27

Kuyu No	SK8						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,40							
1,73	CL	7	0,75	5	-	-	5
3,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
4,73	CL	13	0,75	10	-	-	10
6,73	CL	16	0,75	12	-	-	12
7,73	SM	50	0,75	38	73,6	-	38
9,23	SM	59	0,75	44	87,1	-	44
10,73	SM	58	0,75	44	100,6	-	44
12,23	SM	49	0,75	37	114,1	0,94	35
13,73	SM	49	0,75	37	127,6	0,89	33
15,23	SM	40	0,75	30	141,1	0,84	25
16,73	SM	35	0,75	26	154,6	0,80	21
18,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
19,73	CL	27	0,75	20	-	-	20

Kuyu No	SK9						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,25							
1,73	CL	6	0,75	5	-	-	5
3,23	CL	8	0,75	6	-	-	6
5,23	CL	8	0,75	6	-	-	6
6,73	SM	16	0,75	12	63,1	-	12
7,73	SM	22	0,75	17	72,1	-	17
9,23	SM	38	0,75	29	85,6	-	29
10,73	SM	40	0,75	30	99,1	-	30
12,23	SM	41	0,75	31	112,6	0,94	29
13,73	SM	46	0,75	35	126,1	0,89	31
15,23	SM	50	0,75	38	139,1	0,85	32
16,73	CL	50	0,75	38	-	-	38
18,23	CL	50	0,75	38	-	-	38
19,73	CL	36	0,75	27	-	-	27

Kuyu No	SK10						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,50							
1,73	CL	5	0,75	4	-	-	4
3,23	CL	9	0,75	7	-	-	7
5,23	CL	10	0,75	8	-	-	8
6,73	SM	17	0,75	13	65,6	-	13
7,73	SM	24	0,75	18	74,6	-	18
9,23	SM	29	0,75	22	88,1	-	22
10,73	SM	32	0,75	24	101,6	0,99	24
12,23	SM	35	0,75	26	115,1	0,93	24
13,73	CL	23	0,75	17	-	-	17
15,23	CL	32	0,75	24	-	-	24
16,73	CL	36	0,75	27	-	-	27
18,23	CL	39	0,75	29	-	-	29
19,73	CL	43	0,75	32	-	-	32

Çizelge 3.3. (devam) 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK11						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,50							
1,73	CL	8	0,75	6	-	-	6
3,73	CL	11	0,75	8	-	-	8
4,73	CL	15	0,75	11	-	-	11
6,23	CL	18	0,75	14	-	-	14
7,73	SM	38	0,75	29	74,6	-	29
9,23	SM	42	0,75	32	88,1	-	32
10,73	CL	30	0,75	23	-	-	23
12,23	CL	30	0,75	23	-	-	23
13,73	CL	33	0,75	25	-	-	25
15,23	CL	35	0,75	26	-	-	26
16,73	CL	49	0,75	37	-	-	37
18,23	CL	36	0,75	27	-	-	27
19,73	CL	26	0,75	20	-	-	20
21,23	CL	29	0,75	22	-	-	22
22,73	CL	28	0,75	21	-	-	21
24,23	CL	41	0,75	31	-	-	31
25,73	CL	63	0,75	47	-	-	47
27,23	CL	64	0,75	48	-	-	48
29,73	CL	60	0,75	45	-	-	45

Kuyu No	SK14						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -1,50							
1,73	CL	11	0,75	8	-	-	8
3,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
6,73	CL	15	0,75	11	-	-	11
7,73	SM	24	0,75	18	84,6	-	18
9,23	SM	50	0,75	38	98,1	-	38
10,73	SM	44	0,75	33	111,6	0,95	31
12,23	SM	38	0,75	29	125,1	0,89	26
13,73	SM	36	0,75	27	138,6	0,85	23
15,23	SM	35	0,75	26	152,1	0,81	21
16,73	CL	27	0,75	20	-	-	20
19,73	CL	29	0,75	22	-	-	22
21,23	CL	40	0,75	30	-	-	30
22,73	CL	46	0,75	35	-	-	35
24,23	CL	52	0,75	39	-	-	39
25,73	CL	58	0,75	44	-	-	44
27,23	CL	59	0,75	44	-	-	44
29,73	CL	60	0,75	45	-	-	45

Kuyu No	SK12						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,20							
1,73	CL	10	0,75	8	-	-	8
3,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
5,23	CL	14	0,75	11	-	-	11
6,23	CL	20	0,75	15	-	-	15
7,73	SM	24	0,75	18	71,6	-	18
9,23	SM	26	0,75	20	85,1	-	20
10,73	SM	29	0,75	22	98,6	-	22
12,23	SM	27	0,75	20	112,1	0,94	19
13,73	CL	36	0,75	27	-	-	27
15,23	CL	40	0,75	30	-	-	30
16,73	CL	48	0,75	36	-	-	36
18,23	CL	49	0,75	37	-	-	37
19,73	CL	59	0,75	44	-	-	44

Kuyu No	SK13						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,40							
1,73	CL	8	0,75	6	-	-	6
3,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
6,73	SM	17	0,75	13	64,6	-	13
7,73	SM	37	0,75	28	73,6	-	28
9,23	SM	56	0,75	42	87,1	-	42
10,73	SM	42	0,75	32	100,6	-	32
12,23	SM	42	0,75	32	114,1	0,94	30
13,73	CL	25	0,75	19	-	-	19
15,23	CL	41	0,75	31	-	-	31
16,73	CL	33	0,75	25	-	-	25
18,23	CL	43	0,75	32	-	-	32
19,73	CL	48	0,75	36	-	-	36

Çizelge 3.3. (devam) 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK15						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -1,00							
1,73	CL	8	0,75	6	-	-	6
4,73	CL	21	0,75	16	-	-	16
6,23	SM	28	0,75	21	66,1	-	21
7,73	SM	41	0,75	31	79,6	-	31
9,23	SM	40	0,75	30	93,1	-	30
10,73	SM	25	0,75	19	106,6	0,97	18
12,23	SM	34	0,75	26	120,1	0,91	24
13,73	SM	38	0,75	29	133,6	0,87	25
15,23	CL	27	0,75	20	-	-	20
16,73	CL	35	0,75	26	-	-	26
18,23	CL	30	0,75	23	-	-	23
19,73	CL	29	0,75	22	-	-	22

Kuyu No	SK16						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,40							
1,73	CL	7	0,75	5	-	-	5
4,73	CL	11	0,75	8	-	-	8
6,23	SM	15	0,75	11	60,1	-	11
7,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
9,23	SM	61	0,75	46	87,1	-	46
10,73	SM	56	0,75	42	100,6	-	42
12,23	SM	58	0,75	44	114,1	0,94	41
13,73	CL	25	0,75	19	-	-	19
15,23	CL	28	0,75	21	-	-	21
16,73	CL	26	0,75	20	-	-	20
18,23	CL	24	0,75	18	-	-	18
19,73	CL	24	0,75	18	-	-	18

Kuyu No	SK17						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -0,20							
1,73	CL	6	0,75	5	-	-	5
3,73	CL	9	0,75	7	-	-	7
5,23	CL	12	0,75	9	-	-	9
6,23	CL	15	0,75	11	-	-	11
7,73	SM	30	0,75	23	71,6	-	23
9,23	SM	49	0,75	37	85,1	-	37
10,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
12,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
13,73	CL	21	0,75	16	-	-	16
15,23	CL	28	0,75	21	-	-	21
16,73	CL	27	0,75	20	-	-	20
18,23	CL	28	0,75	21	-	-	21
19,73	CL	29	0,75	22	-	-	22

Kuyu No	SK18						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -1,65							
1,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
3,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
4,73	CL	18	0,75	14	-	-	14
6,23	CL	21	0,75	16	-	-	16
7,73	CL	21	0,75	16	-	-	16
9,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
10,73	CL	28	0,75	21	-	-	21
12,23	CL	27	0,75	20	-	-	20
13,73	CL	22	0,75	17	-	-	17
15,23	CL	25	0,75	19	-	-	19
16,73	CL	31	0,75	23	-	-	23
18,23	CL	32	0,75	24	-	-	24
19,73	CL	30	0,75	23	-	-	23

Çizelge 3.3. (devam) 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK19						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -1,60							
1,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
3,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
4,73	CL	12	0,75	9	-	-	9
6,23	CL	18	0,75	14	-	-	14
7,73	CL	21	0,75	16	-	-	16
9,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
10,73	CL	50/	0,75	-	-	-	-
12,23	CL	28	0,75	21	-	-	21
13,73	CL	23	0,75	17	-	-	17
15,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
16,73	CL	31	0,75	23	-	-	23
18,23	CL	39	0,75	29	-	-	29
19,73	CL	45	0,75	34	-	-	34

Kuyu No	SK20						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
(YASS) -1,55							
1,73	CL	13	0,75	10	-	-	10
3,73	CL	15	0,75	11	-	-	11
4,73	CL	14	0,75	11	-	-	11
6,73	CL	17	0,75	13	-	-	13
7,73	CL	22	0,75	17	-	-	17
9,23	CL	21	0,75	16	-	-	16
10,73	CL	26	0,75	20	-	-	20
12,23	CL	50/	0,75	-	-	-	-
13,73	CL	29	0,75	22	-	-	22
15,23	CL	22	0,75	17	-	-	17
16,73	CL	31	0,75	23	-	-	23
18,23	CL	18	0,75	14	-	-	14
19,73	CL	34	0,75	26	-	-	26

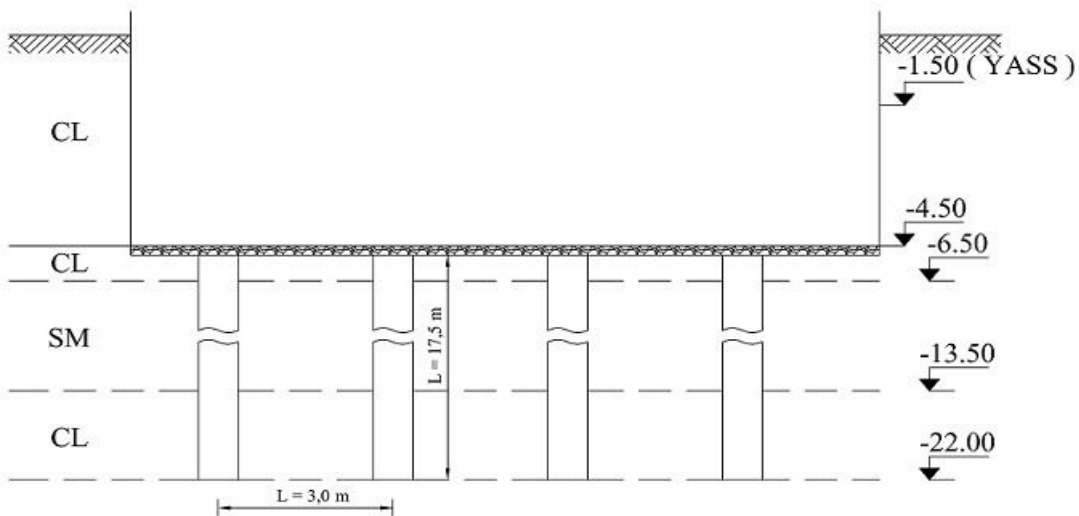
Aygün (2011) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporunda sunulan (SPT, konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi vb.) deneyler sonucunda, zeminin emniyetli brüt taşıma kapasitesinin 100 kPa (10,0 t/m²) olduğu tespit edilmiştir. Yapıdan gelen yüklerin tesiriyle radye temel altında oluşan gerilmelerin, zeminin taşıma kapasitesi değerinden yer yer büyük olması sebebiyle zeminde taşıma kapasitesi problemi beklenmektedir. Laman ve Kayışoğlu (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda net yüke göre yapılan oturma hesaplarında, oturmanın 10 mm olduğu ve radye temeller için izin verilen limit sınırların içinde kaldığı görülmektedir.

Yapının radye temel altında oluşan gerilme değerinin, zeminin emniyetli taşıma kapasitesinden fazla olması sebebiyle Laman ve Kayışoğlu (2013) tarafından zemin iyileştirme yapılması gerekli görülmüştür. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları zemin iyileştirme yöntemi olarak tercih edilmiştir.

3.2.2. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı

Zemin iyileştirme yöntemi olarak seçilen ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları, zeminin radye temel altında oluşan gerilmeleri karşılayabileceği taşıma gücüne ulaşabilmesi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda derin karıştırma kolonlarının 800 mm çapında ve 17,5 m uzunluğunda olmak suretiyle 3,0 x 3,0 m aralıklarla yerleştirilmesine karar verilmiştir. Derin karıştırma kolonunun tip kesiti Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Derin karıştırma kolonunun uygulanması sırasında su/çimento oranı 1,00 olarak alınmıştır.

Derin karıştırma kolonları için tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sırasında altı farklı kolondan karot numuneleri alınmış ve karot basınç dayanımlarının ortalaması 11,98 MPa olarak belirlenmiştir. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için Çizelge 2.4’te belirtilen elastisite modülü aralıkları dikkate alındığında, elastisite modülünün basınç dayanımının 350 ile 1000 katı aralığında olduğu görülmektedir. Bu durumda, 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi Projesi’nde ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için elastisite modülü, serbest basınç dayanımının 350 ile 1000 değerlerinin ortalaması olan 675 katı olarak dikkate alınmış olup, 8086 MPa olarak hesaplanılmıştır.



Şekil 3.7. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti

Derin karıştırma kolonu taşıma gücünün hesabının yapılması sırasında kullanılacak katsayıları ve eşitlikleri, zemin profili ve özellikleri belirlemektedir. Geoteknik parametreler ve derin karıştırma kolonu özellikleri Çizelge 3.4'te verilmektedir. Zeminin birim hacim ağırlığı (γ), Aygün (2011) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan alınmıştır.

Aygün (2011) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan, kil (CL) tabakalarının düşük plastisiteli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle derin karıştırma kolonları tasarımına esas kohezyon değerleri düşük plastisiteli siltler için Çizelge 2.8'de belirtilen Stroud (1974)'un aşağıdaki eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu durumda; kohezyon değerlerinin 4,50 ile 6,50 m kotları arasında 98 ile 154 kPa değerleri arasında, 13,50 ile 22,00 m kotları arasında ise 196 ile 182 kPa değerleri arasında olduğu görülmektedir.

$$c' = (6 - 7) \times N$$

6,50 ile 13,50 kotları arasındaki kohezyonsuz zemin için efektif sürtünme açısı, Hatanaka ve Uchida (1996)'nın aşağıdaki eşitliğinden faydalanılarak 42° olarak hesaplanılmıştır.

$$\phi' = (20 \times N_{1,60})^{0,5} + 20^\circ$$

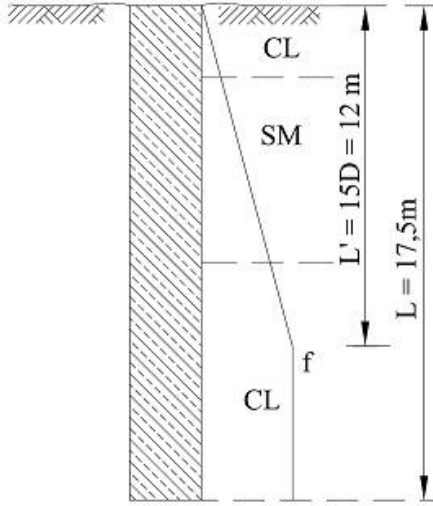
Fakat bu eşitlik temiz kumlar için dikkate alınan bir eşitliktir. Siltli kumlar için efektif sürtünme açısı Carter ve Bentley (1991) tarafından önerildiği biçimde 34° olarak sınırlandırılmıştır.

Çizelge 3.4'te verilen adezyon (α) katsayıları kohezyona (c') bağlı olarak Çizelge 2.10'dan alınmıştır.

Çizelge 3.4. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri

Derinlik	Zemin Sınıfı	Birim Hacim Ağırlığı γ (kN/m ³)	Ortalama $N_{1,60}$	Kohezyon c' (kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ϕ'	Kolon/ Zemin Sürtünme Açısı δ	Yatay Toprak Basıncı Katsayısı K	Adezyon α	Kolon Boyu (ΔL) (m)	Kolon Çapı (D) (m)	Kolon Kesit Alanı (A_p) (m ²)	Kolon Enkesitinin Çevre Uzunluğu (p) (m)
1,50 - 1,95	CL	19	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00 - 3,45	CL	19	6									
3,50 - 3,95	CL	19	9									
(Temel Seviyesi) -4,50												
4,50 - 4,95	CL	19	12	63 (7 x 9) 98 (7 x 14)	-	-	-	0,66	2,00	0,8	0,50	2,51
5,00 - 5,45	CL	19	9									
6,00 - 6,50	CL	19	14									
6,50 - 6,95	SM	19	14	-	34	34	0,440	-	7,00			
7,50 - 7,95	SM	19	19									
9,00 - 9,45	SM	19	29									
10,50 - 10,95	SM	19	28									
12,00 - 13,50	SM	19	28									
13,50 - 13,95	CL	19	24	196 (7 x 28) 182 (7 x 26)	-	-	-	0,36	8,50			
15,00 - 15,45	CL	19	25									
16,50 - 16,95	CL	19	25									
18,00 - 18,45	CL	19	25									
19,50 - 19,95	CL	19	28									
21,00 - 22,00	CL	19	26									

Derin karıştırma kolonunun taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için öncelikle çevre sürtünmesinin kritik derinliğinin, derin karıştırma kolonunun çapının 15 katı kadar olduğu kabul edilmiş ve kolon boyunun kolon kritik derinliğinin içinde kalmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.8. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin kritik derinliği

Derin karıştırma kolonunun uç kısmının bulunduğu zemin, düşük plastisiteli kil (CL) olduğu için uç taşıma gücü Eş. 2.7 ile hesaplanmıştır.

$$Q_p = 9 \times A_p \times c_u = 9 \times 0,50 \times 190 = 855 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun içinden geçtiği zemin türleri farklı olduğundan çevre sürtünmesi hesaplanırken, kil (CL) ve siltli kum (SM) tabakasındaki çevre sürtünmeleri ayrı ayrı hesaplanarak toplanmıştır. Kil (CL) tabakası içindeki çevre sürtünmesi hesabı Eş. 2.8 ve Eş. 2.11 eşitliklerinden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_{fl} = \sum p \times \Delta L \times \alpha \times c = 2,51 \times (80 \times 0,66 \times 2,00 + 190 \times 0,36 \times 8,50) = 1724 \text{ kN}$$

Siltli kum (SM) tabakası içindeki çevre sürtünmesi hesabının yapılabilmesi için, kolonun içinden geçtiği tabakaların ortalama düşey efektif gerilmesi Eş. 3.5 ile hesaplanmıştır. Ortalama düşey efektif gerilme hesapları sırasında suyun birim hacim ağırlığı 10 kN/m^3 olarak alınmıştır.

$$\sigma'_v = 19 \times (1,50 + 5,00 + 3,50) - 10 \times (5,00 + 3,50) = 105 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5)$$

Derin karıştırma kolonunun siltli kum (SM) tabakası içindeki çevre sürtünmesi değerine Eş. 2.8 ve Eş. 2.10 eşitliklerinden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_{f2} = \sum p \times \Delta L \times K \times \sigma'_v \times \tan \delta = 2,51 \times 7,00 \times 0,440 \times 105 \times \tan 34^\circ = 550 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin taşıma gücüne olan katkısı kil (CL) ve siltli kum (SM) tabakaları için bulunan değerler toplanarak Eş. 3.3'den faydalanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Q_f = Q_{f1} + Q_{f2} = 1724 + 550 = 2275 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun hesaplanan uç taşıma gücü ve çevre sürtünmesi sonucu oluşan taşıma gücü dikkate alınarak, toplam taşıma gücü Eş.3.4'ten faydalanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Q_u = Q_p + Q_f = 855 + 2275 = 3130 \text{ kN} = 313 \text{ ton}$$

Derin karıştırma kolonunun emniyetli taşıma gücü (Q_{emn}), güvenlik faktörü (FS) kolonun uç kısmı için 3, kolonun yanal kısımları için ise 2 alınmak suretiyle yaklaşık olarak 140 ton olarak hesaplanmıştır.

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi projesi kapsamında, Laman ve Kayışoğlu (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda ıslak yöntemle uygulanan 17,5 m derinlik ve 80 cm çapındaki derin karıştırma kolonları için taşıma gücü 300 ton, emniyetli taşıma gücü ise 126 ton olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında hesaplanan taşıma gücü ile geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü bir miktar farklılık göstermektedir.

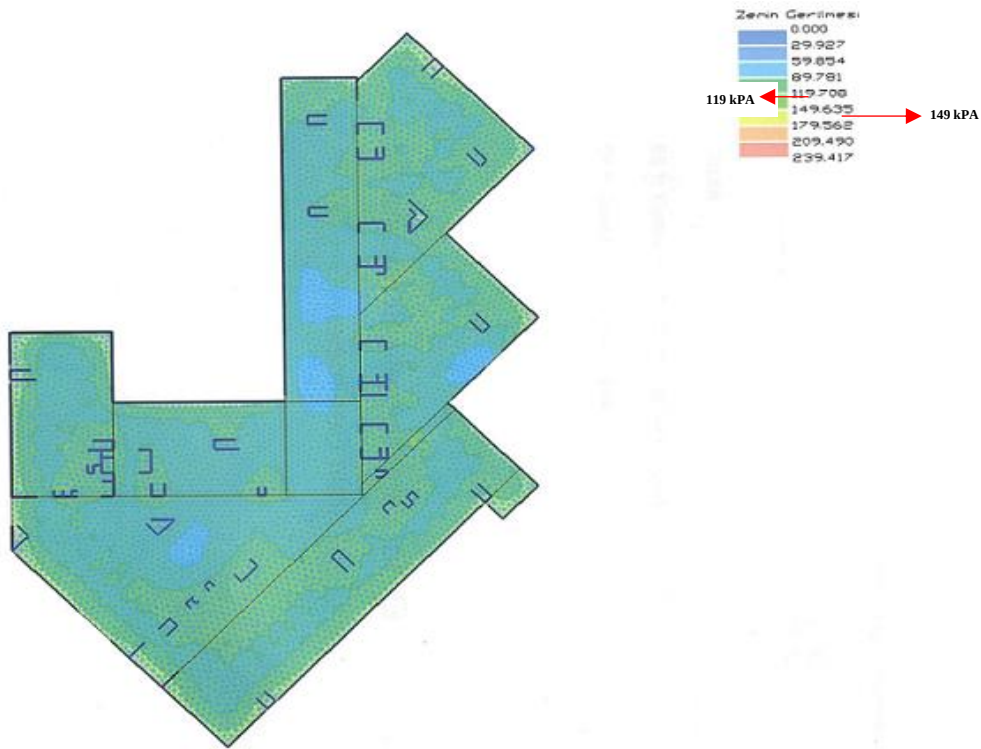
Bu farklılığın başlıca sebepleri ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının taşıma gücü hesabı sırasında;

- Bu çalışma kapsamında düzeltilmiş $N_{1,60}$ değerleri kullanılırken, Laman ve Kayışoğlu (2013) tarafından SPT-N darbe sayılarının kullanılmasından,
- Zemin profilindeki kil (CL) tabakası, bu çalışma kapsamında düşük plastisiteli kil olarak değerlendirilirken, Laman ve Kayışoğlu (2013) tarafından orta plastisiteli kil olarak değerlendirilerek efektif kohezyon (c') değerinin göz önünde bulundurulmuş olmasından kaynaklanmaktadır.

3.3. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi

3.3.1. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için yapı ve zemin bilgileri

Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi, bir katı bodrum olmak üzere beş kattan oluşmaktadır. Bu yapının temel alanı 21660 m^2 olup, toplam inşaat alanı 98650 m^2 'dir. Yapının radye temeli $-5,00 \text{ m}$ kotunda olacaktır. Düşey yüklerin etkisi altında radye temel altındaki gerilmeler Şekil 3.9'da görüldüğü gibi; 119 kPa ($11,9 \text{ t/m}^2$) ile 149 kPa ($14,9 \text{ t/m}^2$) arasında değişmekte olup, Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından hazırlanan geoteknik raporda gerilmelerin ortalama 135 kPa ($13,5 \text{ t/m}^2$) olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 3.9. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı

Yapının zemin inceleme çalışmaları Yenişan (2012) tarafından yapılmıştır. Zemin inceleme çalışmaları sırasında 8 noktada 20 m derinlikte toplam 160 m temel sondaj kuyusu açılmıştır. Arazide yapılan sondaj çalışmaları esnasında SPT ve UD örnekleri alınarak, numuneler üzerinde uygulanan deneylerle su muhtevası, doğal birim hacim ağırlığı belirlenmiş, ayrıca

Atterberg limitleri deneyi, üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon ve şişme deneyleri yapılarak zemin profili saptanmıştır. (Yenişan, 2012). Sondaj kuyularının arazi üzerindeki yerleri Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için sondaj kuyularının arazi üzerindeki yerleri (Yenişan, 2012)

İnceleme alanında Yenişan (2012) tarafından yapılan sondajlarda yer altı suyu seviyesi; 1, 5, 7 ve 8 nolu sondaj kuyularında 7,50 m; 2 nolu sondaj kuyusunda 7,00 m; 3 ve 6 nolu sondaj kuyularında 9,00 m ve 4 nolu sondaj kuyusunda 9,50 m olarak tespit edilmiştir. Temel alt kotu -5,00 m’de olduğundan yer altı su seviyesi temel alt kotunun altında kalmaktadır ve yer altı su seviyesi 7,00 m olarak dikkate alınmıştır.

Zemin inceleme çalışmaları sırasında belirlenen zemin profiline göre; zeminin SPT-N darbe sayıları kil ve silt katmanlarında enerji düzeltme faktörü (C_E) uygulanarak $N_{1,60}$ değeri elde edilmiştir. Yapı zemininde 8 noktada uygulanan sondaj kuyularının her biri için hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri Çizelge 3.5’te gösterilmiştir.

Yenişan (2012) tarafından yapılan sondaj çalışmaları sonucunda saptanan zemin profillerinin idealize edilmesi sonucu zemin profili saptanmıştır. Bu durumda bu çalışma kapsamında zemin profili, 0,00 ile 0,20 m arası nebati topraktan, 0,20 ile 20,00 m arasında ise düşük plastisiteli kilden (CL) oluşmaktadır.

Çizelge 3.5. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK1			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a^1	C_E^2	$N_{1,60}^3$
1,73	CL	14	0,75	11
3,23	CL	17	0,75	13
4,73	CL	21	0,75	16
6,23	CL	22	0,75	17
(YASS) -7,50				
7,73	CL	20	0,75	15
9,23	CL	21	0,75	16
10,73	CL	24	0,75	18
12,23	CL	31	0,75	23
13,73	CL	34	0,75	26
15,23	CL	38	0,75	29
16,73	CL	40	0,75	30
18,23	CL	42	0,75	32
19,73	CL	46	0,75	35

Kuyu No	SK2			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	15	0,75	11
3,23	CL	18	0,75	14
4,73	CL	20	0,75	15
6,23	CL	23	0,75	17
(YASS) -7,00				
7,73	CL	21	0,75	16
9,23	CL	24	0,75	18
10,73	CL	27	0,75	20
12,23	CL	28	0,75	21
13,73	CL	31	0,75	23
15,23	CL	35	0,75	26
16,73	CL	40	0,75	30
18,23	CL	43	0,75	32
19,73	CL	48	0,75	36

Kuyu No	SK3			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	13	0,75	10
3,23	CL	16	0,75	12
4,73	CL	19	0,75	14
6,23	CL	21	0,75	16
7,73	CL	25	0,75	19
(YASS) -9,00				
9,23	CL	21	0,75	16
10,73	CL	25	0,75	19
12,23	CL	28	0,75	21
13,73	CL	31	0,75	23
15,23	CL	34	0,75	26
16,73	CL	39	0,75	29
18,23	CL	41	0,75	31
19,73	CL	44	0,75	33

Kuyu No	SK4			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	16	0,75	12
3,23	CL	17	0,75	13
4,73	CL	21	0,75	16
6,23	CL	24	0,75	18
7,73	CL	26	0,75	20
9,23	CL	23	0,75	17
(YASS) -9,50				
10,73	CL	25	0,75	19
12,23	CL	29	0,75	22
13,73	CL	33	0,75	25
15,23	CL	28	0,75	21
16,73	CL	41	0,75	31
18,23	CL	48	0,75	36
19,73	CL	51	0,75	38

Kuyu No	SK5			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	18	0,75	14
3,23	CL	21	0,75	16
4,73	CL	33	0,75	25
6,23	CL	25	0,75	19
(YASS) -7,50				
7,73	CL	22	0,75	17
9,23	CL	25	0,75	19
10,73	CL	29	0,75	22
12,23	CL	33	0,75	25
13,73	CL	36	0,75	27
15,23	CL	38	0,75	29
16,73	CL	42	0,75	32
18,23	CL	46	0,75	35
19,73	CL	50	0,75	38

Kuyu No	SK6			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	16	0,75	12
3,23	CL	20	0,75	15
4,73	CL	23	0,75	17
6,23	CL	24	0,75	18
7,73	CL	26	0,75	20
(YASS) -9,00				
9,23	CL	22	0,75	17
10,73	CL	23	0,75	17
12,23	CL	29	0,75	22
13,73	CL	32	0,75	24
15,23	CL	36	0,75	27
16,73	CL	40	0,75	30
18,23	CL	42	0,75	32
19,73	CL	46	0,75	35

1 SPT-N darbe sayısı

2 Enerji düzeltme faktörü

3 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

4 Derinlik düzeltme faktörü

5 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına ve efektif jeolojik basıncına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

Çizelge 3.5. (devam) Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK7			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	13	0,75	10
3,23	CL	17	0,75	13
4,73	CL	20	0,75	15
6,23	CL	23	0,75	17
(YASS)		-7,50		
7,73	CL	20	0,75	15
9,23	CL	25	0,75	19
10,73	CL	28	0,75	21
12,23	CL	33	0,75	25
13,73	CL	37	0,75	28
15,23	CL	39	0,75	29
16,73	CL	43	0,75	32
18,23	CL	42	0,75	32
19,73	CL	44	0,75	33

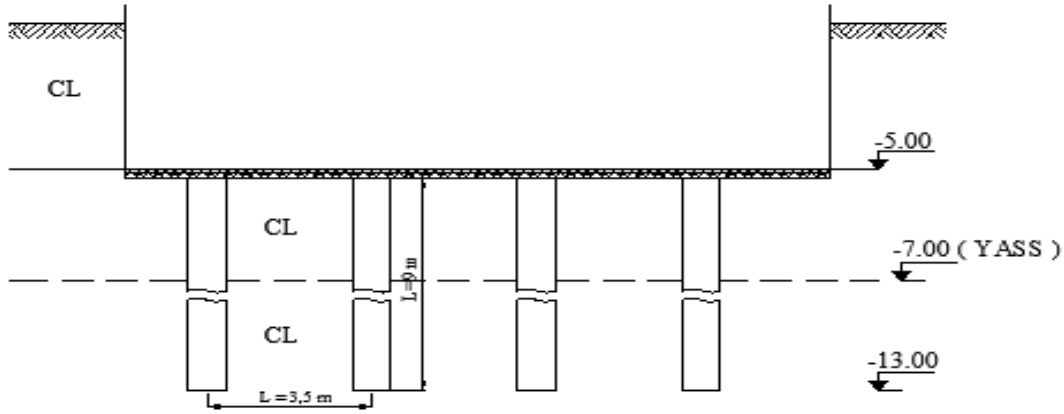
Kuyu No	SK8			
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	$N_{1,60}$
1,73	CL	17	0,75	13
3,23	CL	20	0,75	15
4,73	CL	23	0,75	17
6,23	CL	26	0,75	20
(YASS)		-7,50		
7,73	CL	21	0,75	16
9,23	CL	25	0,75	19
10,73	CL	29	0,75	22
12,23	CL	31	0,75	23
13,73	CL	36	0,75	27
15,23	CL	42	0,75	32
16,73	CL	45	0,75	34
18,23	CL	42	0,75	32
19,73	CL	46	0,75	35

Yenişan (2012) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporunda sunulan deneyler (SPT, konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi vb.) sonucunda, zeminin emniyetli brüt taşıma kapasitesinin 150 kPa (15,0 t/m²) olduğu tespit edilmiştir. Yapıdan gelen yüklerin tesiriyle radye temel altında oluşan gerilmelerin, zeminin taşıma kapasitesi değerinden küçük olması sebebiyle zemin de taşıma kapasitesi ile ilgili herhangi bir problem beklenmemektedir. Ancak; Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından hazırlanan geoteknik raporda net yüke göre yapılan oturma hesaplarında, oturmaların 90 ile 240 mm arasında olduğu ve radye temeller için izin verilen limitlerin üzerine çıktığı tespit edilmiştir.

Yapının hastane yapısı olması sebebiyle izin verilen oturma miktarı işveren idare tarafından 50 mm olarak belirlenmiştir. Zemin, üzerine inşa edilmesi planlanan yapıyı emniyetle taşımasına rağmen, yapının temelindeki oturma miktarı yer yer limit değeri aşmaktadır. Oturma değerlerinin işveren idarenin oturma limitlerini sağlayabilmesi için Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından zeminin iyileştirilmesi gerekli görülmüştür. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları zemin iyileştirme yöntemi olarak tercih edilmiştir.

3.3.2. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı

Zemin iyileştirme yöntemi olarak seçilen ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları; yapının oturma miktarı 50 mm ile sınırlandırılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının 800 mm çapında ve 9 m uzunluğunda olmak suretiyle 3,5 x 3,5 m karelajla yerleştirilmesine karar verilmiştir. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonunun tip kesiti Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Derin karıştırma kolonunun uygulanması sırasında su/çimento oranı 1,00 olarak alınmıştır.



Şekil 3.11. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti

Derin karıştırma kolonları için tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sırasında on iki farklı kolondan karot numuneleri alınmış ve karot basınç dayanımları ortalama 6,04 MPa olarak belirlenmiştir. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için Çizelge 2.4’te belirtilen elastisite modülü aralıkları dikkate alındığında, elastisite modülünün basınç dayanımının 350 ile 1000 katı aralığında olduğu görülmektedir. Bu durumda, Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi Projesi’nde ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için elastisite modülü, serbest basınç dayanımının 350 ile 1000 değerlerinin ortalaması olan 675 katı olarak dikkate alınmış olup, 4077 MPa olarak hesaplanılmıştır.

Derin karıştırma kolonu taşıma gücünün hesabının yapılması sırasında kullanılacak katsayıları ve eşitlikleri, zemin profili ve özellikleri belirlemektedir. Geoteknik parametreler

ve derin karıştırma kolonu özellikleri Çizelge 3.6' da verilmektedir. Zeminin birim hacim ağırlığı (γ), Yenişan (2012) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan alınmıştır.

Yenişan (2012) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan, kil (CL) tabakalarının düşük plastisiteli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle derin karıştırma kolonları tasarımına esas kohezyon değerleri düşük plastisiteli killeri için Çizelge 2.8'de belirtilen Stroud (1974)' un aşağıdaki eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu durumda; kohezyon değerlerinin 6,00 ile 9,45 m kotları arasında 119 ile 140 kPa değerleri arasında, 10,50 ile 14,00 m kotları arasında ise 126 ile 175 kPa değerleri arasında olduğu görülmektedir.

$$c' = (6 - 7) \times N$$

Çizelge 3.6'da verilen adezyon (α) katsayıları kohezyona (c') bağlı olarak Çizelge 2.10'dan alınmıştır.

Çizelge 3.6. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri

Derinlik	Zemin Sınıfı	Birim Hacim Ağırlığı γ (kN/m ³)	Ortalama $N_{1,60}$	Kohezyon c' (kPa)	Adezyon α	Kolon Boyu (ΔL) (m)	Kolon Çapı (D) (m)	Kolon Kesit Alanı (A_p) (m ²)	Kolon Enkesitinin Çevre Uzunluğu (p) (m)
1,50 - 1,95	CL	19	12	-	-	-	-	-	-
3,00 - 3,45	CL	19	14						
4,50 - 4,95	CL	19	17						
(Temel Seviyesi) -5,00									
6,00 - 6,45	CL	19	18	119 (7 x 17) 140 (7 x 20)	0,55	5,50	0,8	0,50	2,51
7,50 - 7,95	CL	19	17						
9,00 - 9,45	CL	19	18						
10,50 - 10,95	CL	19	20	126 (7 x 18) 175 (7 x 25)	0,50	3,50			
12,00 - 12,45	CL	19	23						
13,50 - 14,00	CL	19	25						

Derin karıştırma kolonunun uç kısmının bulunduğu zemin, düşük plastisiteli kil (CL) olduğu için uç taşıma gücü Eş. 2.7 ile hesaplanmıştır.

$$Q_p = 9 \times A_p \times c_u = 9 \times 0,50 \times 119 = 536 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonu homojen bir kil (CL) tabakası içinde olduğu için çevre sürtünmesi hesaplanırken, kil zeminler için kullanılan parametreler dikkate alınarak Eş. 2.8 ve Eş. 2.11 eşitliklerinden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_f = \sum p \times \Delta L \times \alpha \times c = 2,51 \times (119 \times 0,55 \times 5,50 + 126 \times 0,50 \times 3,50) = 1457 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun hesaplanan uç taşıma gücü ve çevre sürtünmesi sonucu oluşan taşıma gücü dikkate alınarak, toplam taşıma gücü Eş. 3.4'ten faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_u = Q_p + Q_f = 536 + 1457 = 1993 \text{ kN} = 199 \text{ ton}$$

Derin karıştırma kolonunun emniyetli taşıma gücü (Q_{emn}), güvenlik faktörü (FS) kolonun uç kısmı için 3, kolonun yanıl kısımları için ise 2 alınmak suretiyle yaklaşık olarak 91 ton olarak hesaplanmıştır.

Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi projesi kapsamında, Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından hazırlanan geoteknik raporda ıslak yöntemle uygulanan 9 m derinlik ve 80 cm çapındaki derin karıştırma kolonları için taşıma gücü 172 ton, emniyetli taşıma gücü ise 76 ton olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında hesaplanan taşıma gücü ile geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü bir miktar farklılık göstermektedir.

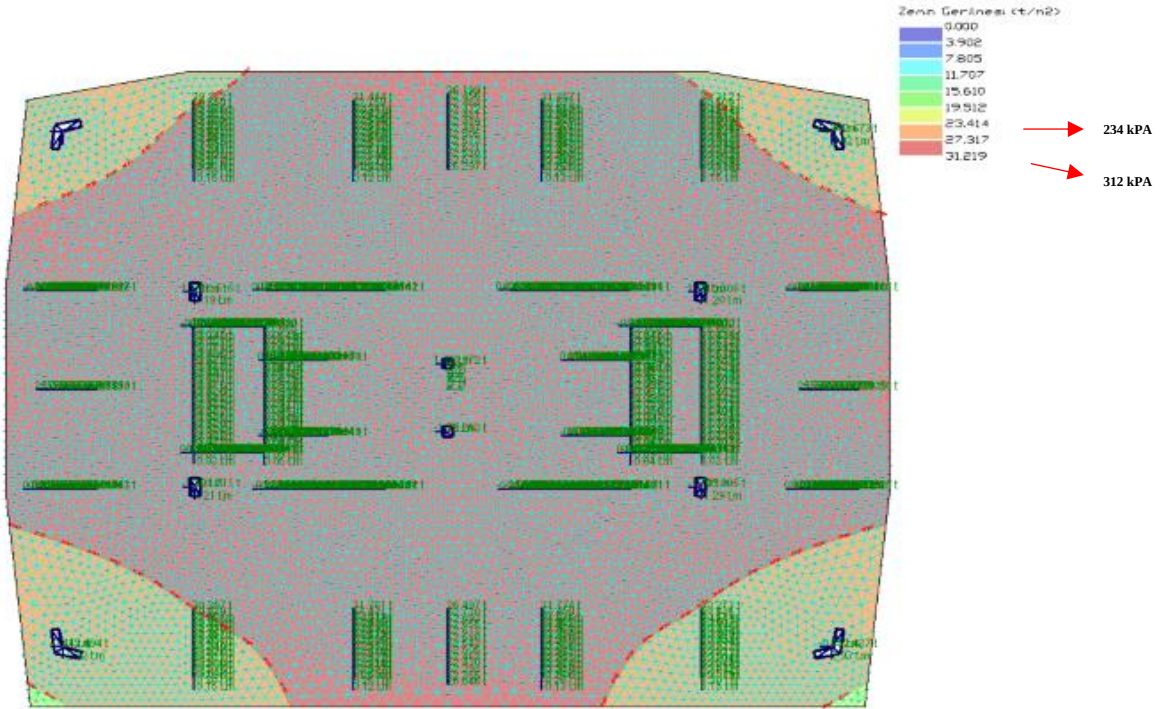
Bu farklılığın başlıca sebepleri ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının taşıma gücü hesabı sırasında;

- Bu çalışma kapsamında düzeltilmiş $N_{1,60}$ değerleri kullanılırken, Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından SPT-N darbe sayılarının kullanılmasından,
- Zemin profilindeki kil (CL) tabakası, bu çalışma kapsamında düşük plastisiteli kil olarak değerlendirilirken, Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından orta plastisiteli kil olarak değerlendirilerek efektif kohezyon (c') değerinin göz önünde bulundurulmuş olmasından kaynaklanmaktadır.

3.4. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi

3.4.1. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için yapı ve zemin bilgileri

Ataşehir Devlet Hastanesi kapsamındaki doktorlar sitesi, yapının radye temeli -4,50 m kotunda olacak şekilde inşa edilecektir. Düşey yüklerin etkisi altında radye temel altındaki gerilmeler Şekil 3.12’de görüldüğü gibi; temel alanının çoğunluğunda 234 kPa ($23,4 \text{ t/m}^2$) ile 312 kPa ($31,2 \text{ t/m}^2$) arasında değişmektedir.



Şekil 3.12. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için düşey yükler etkisi altında radye temel altındaki gerilme dağılımı

Yapının zemin inceleme çalışmaları Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik (2014) tarafından yapılmıştır. Zemin inceleme çalışmaları sırasında 5 noktada 15 m derinlikte, 3 noktada 25 m, 2 noktada ise 30 m derinlikte olmak üzere toplam 210 m temel sondaj kuyusu açılmıştır. Arazide yapılan sondaj çalışmaları esnasında SPT ve UD örnekleri alınarak, numuneler üzerinde uygulanan deneylerle su muhtevası, doğal birim hacim ağırlığı belirlenmiş, ayrıca Atterberg limitleri deneyi, üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon ve şişme deneyleri yapılarak zemin profili saptanmıştır (Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik, 2014).

İnceleme alanında Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik (2014) tarafından yapılan sondajlarda yer altı su seviyesi, 1, 2 ve 3 nolu sondaj kuyularında 5,00 m; 4 nolu sondaj kuyusunda 5,50 m ve 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu sondaj kuyularında ise 6,00 m olarak tespit edilmiştir. Tasarıma esas yer altı su seviyesi, sondaj kuyuları dikkate alınarak 5,00 m olarak belirlenmiştir.

Zemin inceleme çalışmaları sırasında belirlenen zemin profiline göre; zeminin SPT-N darbe sayıları, kum katmanlarında enerji (C_E) ve jeolojik yük düzeltme faktörleri (C_N) uygulanarak $N_{1,60}$ değerleri elde edilmiştir. Yapı zemininde 10 noktada uygulanan sondaj kuyularının her biri için hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri Çizelge 3.7’de gösterilmiştir.

Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik (2014) tarafından yapılan sondaj çalışmaları sonucunda saptanan zemin profillerinin idealize edilmesi sonucu zemin profili saptanmıştır. Bu durumda bu çalışma kapsamında zemin profili; 0,00 ile 30,00 m arası siltli kum (SM) olarak yorumlanmıştır.

Çizelge 3.7. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK1						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a^1	C_E^2	N_{60}^3	σ'_v (kN/m ²)	C_N^4	$N_{1,60}^5$
1,73	SM	16	0,75	12	32,9	-	12
3,23	SM	33	0,75	25	61,4	-	25
4,73	SM	22	0,75	17	89,9	-	17
(YASS) -5,00							
6,23	SM	22	0,75	17	106,1	0,97	17
7,73	SM	24	0,75	18	119,6	0,91	16
9,23	SM	38	0,75	29	133,1	0,87	25
10,73	SM	48	0,75	36	146,6	0,83	30
12,23	SM	34	0,75	26	160,1	0,79	21
13,73	SM	18	0,75	14	173,6	0,76	11
15,23	SM	22	0,75	17	187,1	0,73	12
16,73	SM	29	0,75	22	200,6	0,71	16
18,23	SM	26	0,75	20	214,1	0,68	14
19,73	SM	22	0,75	17	227,6	0,66	11
21,23	SM	30	0,75	23	241,1	0,64	15
22,73	SM	36	0,75	27	254,6	0,63	17
24,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-
25,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
27,23	SM	24	0,75	18	295,1	0,58	10
28,73	SM	33	0,75	25	308,6	0,57	14
30,23	SM	36	0,75	27	322,1	0,56	15

Kuyu No	SK7						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	9	0,75	7	32,9	-	7
3,23	SM	11	0,75	8	61,4	-	8
4,73	SM	12	0,75	9	89,9	-	9
(YASS) -6,00							
6,23	SM	14	0,75	11	116,1	0,93	10
7,73	SM	14	0,75	11	129,6	0,88	10
9,23	SM	18	0,75	14	143,1	0,84	12
10,73	SM	21	0,75	16	156,6	0,80	13
12,23	SM	30	0,75	23	170,1	0,77	18
13,73	SM	31	0,75	23	183,6	0,74	17
15,23	SM	27	0,75	20	197,1	0,71	14
16,73	SM	37	0,75	28	210,6	0,69	19
18,23	SM	32	0,75	24	224,1	0,67	16
19,73	SM	34	0,75	26	237,6	0,65	17
21,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-
22,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
24,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-
25,73	SM	49	0,75	37	291,6	0,59	22
27,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-
28,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
30,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-

Kuyu No	SK2						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	17	0,75	13	32,9	-	13
3,23	SM	18	0,75	14	61,4	-	14
4,73	SM	19	0,75	14	89,9	-	14
(YASS) -5,00							
6,23	SM	23	0,75	17	106,1	0,97	17
7,73	SM	35	0,75	26	119,6	0,91	24
9,23	SM	37	0,75	28	133,1	0,87	24
10,73	SM	38	0,75	29	146,6	0,83	24
12,23	SM	36	0,75	27	160,1	0,79	21
13,73	SM	40	0,75	30	173,6	0,76	23
15,23	SM	40	0,75	30	187,1	0,73	22

Kuyu No	SK4						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	16	0,75	12	32,9	-	12
3,23	SM	17	0,75	13	61,4	-	13
4,73	SM	18	0,75	14	89,9	-	14
(YASS) -5,00							
6,23	SM	19	0,75	14	111,1	0,95	13
7,73	SM	22	0,75	17	124,6	0,90	15
9,23	SM	26	0,75	20	138,1	0,85	17
10,73	SM	34	0,75	26	151,6	0,81	21
12,23	SM	35	0,75	26	165,1	0,78	20
13,73	SM	35	0,75	26	178,6	0,75	19
15,23	SM	40	0,75	30	192,1	0,72	22

1 SPT-N darbe sayısı

2 Enerji düzeltme faktörü

3 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

4 Derinlik düzeltme faktörü

5 Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin %60'ına ve efektif jeolojik basıncına göre düzeltilmiş vuruş sayısı

Çizelge 3.7. (devam) Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK3						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	10	0,75	8	32,9	-	8
3,23	SM	15	0,75	11	61,4	-	11
4,73	SM	18	0,75	14	89,9	-	14
(YASS) -5,00							
6,23	SM	18	0,75	14	106,1	0,97	14
7,73	SM	18	0,75	14	119,6	0,91	13
9,23	SM	40	0,75	30	133,1	0,87	26
10,73	SM	34	0,75	26	146,6	0,83	21
12,23	SM	34	0,75	26	160,1	0,79	21
13,73	SM	28	0,75	21	173,6	0,76	16
15,23	SM	37	0,75	28	187,1	0,73	20
16,73	SM	39	0,75	29	200,6	0,71	20
18,23	SM	45	0,75	34	214,1	0,68	23
19,73	SM	44	0,75	33	227,6	0,66	22
21,23	SM	49	0,75	37	241,1	0,64	24
22,73	SM	47	0,75	35	254,6	0,63	22
24,23	SM	46	0,75	35	268,1	0,61	21

Kuyu No	SK5						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	13	0,75	10	32,9	-	10
3,23	SM	15	0,75	11	61,4	-	11
4,73	SM	18	0,75	14	89,9	-	14
(YASS) -6,00							
6,23	SM	19	0,75	14	116,1	0,93	13
7,73	SM	23	0,75	17	129,6	0,88	15
9,23	SM	28	0,75	21	143,1	0,84	18
10,73	SM	33	0,75	25	156,6	0,80	20
12,23	SM	34	0,75	26	170,1	0,77	20
13,73	SM	34	0,75	26	183,6	0,74	19
15,23	SM	38	0,75	29	197,1	0,71	21
16,73	SM	38	0,75	29	210,6	0,69	20
18,23	SM	41	0,75	31	224,1	0,67	21
19,73	SM	45	0,75	34	237,6	0,65	22
21,23	SM	45	0,75	34	251,1	0,63	21
22,73	SM	47	0,75	35	264,6	0,61	22
24,23	SM	48	0,75	36	278,1	0,60	22

Kuyu No	SK6						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	9	0,75	7	32,9	-	7
3,23	SM	16	0,75	12	61,4	-	12
4,73	SM	16	0,75	12	89,9	-	12
(YASS) -6,00							
6,23	SM	17	0,75	13	116,1	0,93	12
7,73	SM	19	0,75	14	129,6	0,88	12
9,23	SM	20	0,75	15	143,1	0,84	13
10,73	SM	19	0,75	14	156,6	0,80	11
12,23	SM	26	0,75	20	170,1	0,77	15
13,73	SM	33	0,75	25	183,6	0,74	18
15,23	SM	31	0,75	23	197,1	0,71	16

Kuyu No	SK8						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	12	0,75	9	32,9	-	9
3,23	SM	14	0,75	11	61,4	-	11
4,73	SM	14	0,75	11	89,9	-	11
(YASS) -6,00							
6,23	SM	19	0,75	14	116,1	0,93	13
7,73	SM	21	0,75	16	129,6	0,88	14
9,23	SM	22	0,75	17	143,1	0,84	14
10,73	SM	36	0,75	27	156,6	0,80	22
12,23	SM	37	0,75	28	170,1	0,77	21
13,73	SM	37	0,75	28	183,6	0,74	21
15,23	SM	39	0,75	29	197,1	0,71	21

Çizelge 3.7. (devam) Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için SPT-N darbe sayıları ve hesaplanan $N_{1,60}$ değerleri

Kuyu No	SK9						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	13	0,75	10	32,9	-	10
3,23	SM	14	0,75	11	61,4	-	11
4,73	SM	17	0,75	13	89,9	-	13
(YASS) -6,00							
6,23	SM	27	0,75	20	116,1	0,93	19
7,73	SM	28	0,75	21	129,6	0,88	18
9,23	SM	34	0,75	26	143,1	0,84	22
10,73	SM	37	0,75	28	156,6	0,80	22
12,23	SM	36	0,75	27	170,1	0,77	21
13,73	SM	37	0,75	28	183,6	0,74	21
15,23	SM	39	0,75	29	197,1	0,71	21

Kuyu No	SK10						
Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	N_a	C_E	N_{60}	σ'_v (kN/m ²)	C_N	$N_{1,60}$
1,73	SM	19	0,75	14	32,9	-	14
3,23	SM	19	0,75	14	61,4	-	14
4,73	SM	13	0,75	10	89,9	-	10
(YASS) -6,00							
6,23	SM	17	0,75	13	116,1	0,93	12
7,73	SM	19	0,75	14	129,6	0,88	12
9,23	SM	17	0,75	13	143,1	0,84	11
10,73	SM	22	0,75	17	156,6	0,80	14
12,23	SM	24	0,75	18	170,1	0,77	14
13,73	SM	26	0,75	20	183,6	0,74	15
15,23	SM	25	0,75	19	197,1	0,71	14
16,73	SM	25	0,75	19	210,6	0,69	13
18,23	SM	25	0,75	19	224,1	0,67	13
19,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
21,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-
22,73	SM	50/	0,75	-	-	-	-
24,23	SM	50/	0,75	-	-	-	-

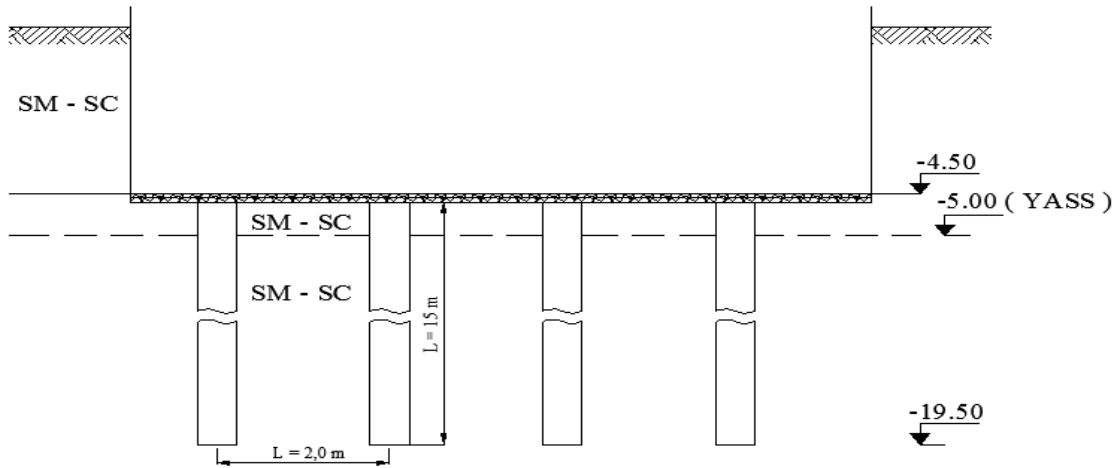
Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik (2014) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporunda sunulan deneyler (SPT, konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi vb.) sonucunda, zeminin emniyetli brüt taşıma kapasitesinin 80 kPa (8,0 t/m²) olduğu tespit edilmiştir. Yapıdan gelen yüklerin tesiriyle radye temel altında oluşan gerilmelerin, zeminin taşıma kapasitesi değerinden yer yer büyük olması sebebiyle zeminde taşıma kapasitesi problemi beklenmektedir. Ayrıca; Gökalp (2014) hazırlanan geoteknik raporda incelenen alandan alınan numune sonuçlarından faydalanılarak, yapılan sıvılaşma analizi sonuçlarından incelenen alanda sıvılaşma riski olduğu tespit edilmiştir.

Yapının radye temel altında oluşan gerilme değerinin, zemin emniyetli taşıma kapasitesinden fazla olması ve incelenen alanda sıvılaşma riski olması sebebiyle Gökalp

(2014) tarafından zemin iyileştirme yapılması gerekli görülmüştür. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları zemin iyileştirme yöntemi olarak tercih edilmiştir.

3.4.2. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için derin karıştırma kolonunun özellikleri ve taşıma gücü hesabı

Zemin iyileştirme yöntemi olarak seçilen ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları; zemindeki taşıma gücü problemleri ve zemindeki sıvılaşma riski göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının 800 mm çapında ve 15,0 m uzunluğunda olmak suretiyle 2,0 x 2,0 m aralıklarla yerleştirilmesine karar verilmiştir. Derin karıştırma kolonunun tip kesiti Şekil 3.13'te gösterilmiştir. Derin karıştırma kolonunun uygulanması sırasında su/çimento oranı 1,00 olarak alınmıştır.



Şekil 3.13. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için derin karıştırma kolonu tip kesiti

Derin karıştırma kolonları için tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sırasında beş farklı kolondan karot numuneleri alınmış ve karot basınç dayanımları ortalama 12,53 MPa olarak belirlenmiştir. Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için Çizelge 2.4'te belirtilen elastisite modülü aralıkları dikkate alındığında, elastisite modülünün basınç dayanımının 350 ile 1000 katı aralığında olduğu görülmektedir. Bu durumda, Ataşehir Devlet Hastanesi kapsamındaki doktorlar sitesi projesinde ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için elastisite modülü, serbest basınç

dayanımının 350 ile 1000 değerlerinin ortalaması olan 675 katı olarak dikkate alınmış olup, 8457 MPa olarak hesaplanılmıştır.

Derin karıştırma kolonunun taşıma gücünün hesabının yapılması sırasında kullanılacak katsayıları ve eşitlikleri, zemin profili ve özellikleri belirlemektedir. Geoteknik parametreler ve derin karıştırma kolonu özellikleri Çizelge 3.8’de verilmektedir. Zeminin birim hacim ağırlığı (γ), Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik (2014) tarafından hazırlanan zemin inceleme Raporundan alınmıştır.

Çizelge 3.8. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için tasarıma esas zemin parametreleri ve derin karıştırma kolonu özellikleri

Derinlik	Zemin Sınıfı	Birim Hacim Ağırlığı γ (kN/m ³)	Ortalama $N_{1,60}$	N_q	İçsel Sürtünme Açısı ϕ'	Kolon/ Zemin Sürtünme Açısı δ	Yatay Toprak Basıncı Katsayısı K	Kolon Boyu (ΔL) (m)	Kolon Çapı (D) (m)	Kolon Kesit Alanı (A_p) (m ²)	Kolon Enkesitinin Çevre Uzunluğu (p) (m)
1,50 - 1,95	SM	19	10	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00 - 3,45	SM	19	13	-	-	-	-	-	-	-	-
(Temel Seviyesi) -4,50											
4,50 - 4,95	SM	19	13	22	34	34	0,441	15	0,8	0,50	2,51
6,00 - 6,45	SM	19	14								
7,50 - 7,95	SM	19	15								
9,00 - 9,45	SM	19	18								
10,50 - 10,95	SM	19	20								
12,00 - 12,45	SM	19	19								
13,50 - 13,95	SM	19	18								
15,00 - 15,45	SM	19	18								
16,50 - 16,95	SM	19	18								
18,00 - 19,50	SM	19	17								

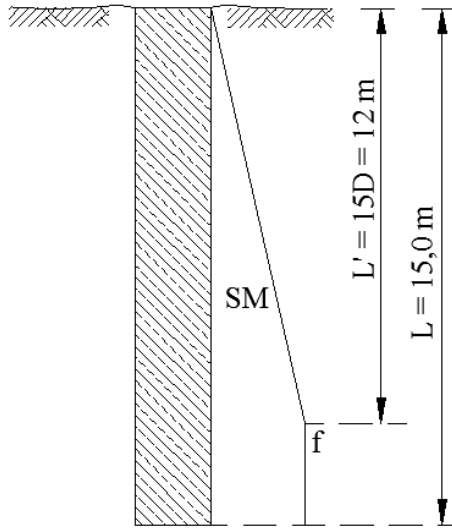
4,50 ile 19,50 m kotları arasındaki kohezyonsuz zemin için efektif sürtünme açısı, Çizelge 2.6’da belirtilen Hatanaka ve Uchida (1996)’nın aşağıdaki eşitliğinden faydalanılarak 38° olarak hesaplanmıştır.

$$\phi' = (20 \times N_{1,60})^{0,5} + 20^\circ$$

Fakat bu eşitlik temiz kumlar için dikkate alınan bir eşitliktir. Siltli kumlar için efektif sürtünme açısının Carter ve Bentley (1991) tarafından önerildiği biçimde 34° olarak sınırlandırılmıştır.

Çizelge 3.8’de verilen N_q katsayıları efektif sürtünme açısına (ϕ') bağlı olarak Çizelge 2.5’ten alınmıştır.

Derin karıştırma kolonunun taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için öncelikle çevre sürtünmesinin kritik derinliği, derin karıştırma kolonunun çapının 15 katı kadar olduğu kabul edilmiş ve kolon boyunun kolon kritik derinliğinin içinde kalmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle; efektif gerilme 0 ile 12 m ve 12 ile 15 m arasında olmak üzere iki aşamada hesaplanmıştır.



Şekil 3.14. Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için derin karıştırma kolonunun çevre sürtünmesinin kritik derinliği

Derin karıştırma kolonunun uç kısmının bulunduğu zemin, siltli kum (SM) olduğu için uç taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için öncelikle kolonun uç kısmına kadar içinden geçtiği tabakaların düşey efektif gerilmesi Eş. 3.6 ve Eş. 3.7 ile hesaplanmıştır. Düşey efektif gerilme hesapları sırasında suyun birim hacim ağırlığı 10 kN/m^3 olarak alınmıştır.

$$q'_{0-12} = 19 \times (5,00 + 11,50) - 10 \times 11,50 = 198,5 \text{ kN/m}^2 \quad (3.6)$$

$$q'_{12-15} = 198,5 \text{ kN/m}^2 \quad (3.7)$$

Derin karıştırma kolonunun uç kısmının taşıma gücü Eş. 2.5 ile hesaplanmıştır.

$$Q_p = A_p \times q' \times N_q = 0,50 \times 198,5 \times 22 = 2184 \text{ kN}$$

Siltli kum (SM) tabakası içindeki çevre sürtünmesi hesabının yapılabilmesi için, öncelikle kolonun içinden geçtiği tabakaların ortalama düşey efektif gerilmesi Eş. 3.8 ve Eş. 3.9 ile hesaplanmıştır. Ortalama düşey efektif gerilme hesapları sırasında suyun birim hacim ağırlığı 10 kN/m^3 olarak alınmıştır.

$$\sigma'_{v(0-12)} = 19 \times (5,00 + 11,50) - 10 \times 11,50 = 198,5 \text{ kN/m}^2 \quad (3.8)$$

$$\sigma'_{v(12-15)} = 198,5 \text{ kN/m}^2 \quad (3.9)$$

Derin karıştırma kolonunun siltli kum (SM) tabakası içindeki çevre sürtünmesi değeri, Eş. 2.8 ve Eş. 2.10 eşitliklerinden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$f_{(0-12)} = f_{(12-15)} = K \times \sigma'_v \times \tan \delta = 0,441 \times 198,5 \times \tan 34^\circ = 59,05 \text{ kN/m}^2$$

$$A = (f_{(0-12)} \times \Delta L \times 0,5 + f_{(12-15)} \times \Delta L) = (59,05 \times 12 \times 0,5 + 59,05 \times 3) = 531 \text{ kN/m}$$

$$Q_f = \sum p \times A = 2,51 \times 531 = 1334 \text{ kN}$$

Derin karıştırma kolonunun hesaplanan uç taşıma gücü ve çevre sürtünmesi sonucu oluşan taşıma gücü dikkate alınarak, toplam taşıma gücü Eş. 3.4'ten faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_u = Q_p + Q_f = 2184 + 1334 = 3518 \text{ kN} \approx 352 \text{ ton}$$

Derin karıştırma kolonunun emniyetli taşıma gücü (Q_{emn}), güvenlik faktörü (FS) kolonun uç kısmı için 3, kolonun yanıl kısımları için ise 2 alınmak suretiyle yaklaşık olarak 139 ton olarak hesaplanılmıştır.

Ataşehir Devlet Hastanesi kapsamındaki doktorlar sitesi projesi kapsamında, Gökalp (2014) tarafından ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonları için taşıma gücü 190 ton, emniyetli taşıma gücü ise 96 ton olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında hesaplanan taşıma gücü ile geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Bu farklılığın başlıca sebepleri ıslak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının taşıma gücü hesabı sırasında;

- Bu çalışma kapsamında düzeltilmiş $N_{1,60}$ değerleri kullanılırken, Gökalp (2014) tarafından SPT-N darbe sayılarının kullanılmasından,
- Kolonun içinden geçtiği tabakanın düşey efektif gerilmesi hesabının bu çalışma kapsamında zemin yüzeyinden itibaren yapılırken, Gökalp (2014) tarafından temel alt kotundan itibaren yapılmasından kaynaklanmaktadır.

4. DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ YÜKLEME DENEYLERİ VE YORUMLANMASI

4.1. Statik Eksenel Yükleme Deneyleri

Derin karıştırma kolonlarında da derin temellerde olduğu gibi taşıma gücü hesapları çeşitli araştırmacıların katsayı ve kabullerinden faydalanılarak Bölüm 3'te açıklandığı şekilde yapılmaktadır. Kullanılan söz konusu yöntemin ne derece gerçekçi ve güvenilir sonuçlar verdiği tam olarak bilinmemektedir. Bu sebeple, derin temellerin taşıma gücünün hassasiyetle yapılabilmesi, yapılan hesapların doğruluğunun teyidi ve kazıklar için hesapların ne derece geçerli olduğunun belirlenebilmesi için tam ölçekli yükleme deney sonuçlarının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yükleme deneylerinin amacı, oluşturulan derin karıştırma kolonunun nihai taşıma gücünü ve/veya belirli bir yükte deformasyon seviyesini belirleyebilmektir. Yükleme deneyleri; düşey eksenel taşıma gücünü ve yanal taşıma gücünü belirleyen statik yükleme deneyleri veya dinamik yükleme deneyleri şeklinde yapılabilir. Bu çalışma kapsamında incelenen derin karıştırma kolonlarının uygulandığı yapılarda eksenel statik yükleme deneyleri yapılmıştır.

Statik yükleme deneyleri, derin karıştırma kolonlarının tasarlanacağı proje için henüz taşıma gücü hesabı yapılmadan önce bir deneme kolonunda uygulanabildiği gibi, proje için taşıma gücü hesaplandıktan sonra, bu taşıma gücüne ulaşıp ulaşamadığının teyidi amacıyla bir kontrol kolonunda da uygulanabilir. Deneme kolonları genelde kolonun göçme yüküne kadar yüklenirken, kontrol kolonları ise hesaplanan taşıma gücünün 1,5 - 2 katına kadar yüklenir.

Statik yükleme deneyleri, yükün uygulanış şekline göre eksenel basınç deneyleri, eksenel çekme deneyleri ve yanal yükleme deneyleri olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bunlardan eksenel basınç deneylerinin uygulaması daha yaygındır. Eksenel çekme deneyleri genellikle, yüksek devrilme momenti tesirindeki kuleler ve suyun kaldırma kuvvetine maruz kalan deniz platformları gibi yapıların derin temellerinin kontrol edilmesi gerektiği noktalarda uygulanır. Yanal yükleme deneyleri ise deprem yükü, dalga yükleri gibi kazıklara gelen yanal yüklerin tesirlerinin fazla olduğu durumlarda uygulanır.

Statik yükleme deneyi sonucunda oturma-zaman, yük-zaman ve yük-oturma grafikleri elde edilir. Bu grafiklerden yola çıkılarak – genellikle asimptotik bir yük-oturma eğrisi elde edilemediğinden- çeşitli araştırmacıların yöntemleri kullanılarak nihai taşıma gücü yorumlanabilir.

Statik eksenel basınç yükleme deneyleri, yükleme şekillerine göre dört farklı şekilde gerçekleştirilebilir.

- Kademeli yavaş yükleme deneyleri (SML)

ASTM D1143/D tarafından önerilen bir yöntemdir. SML yönteminde kazık üzerine proje yükünün %25'i kadar yük artırımı ve yine aynı şekilde yük boşaltılması uygulanır. Yükleme proje yükünün 1,5 - 2 katına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu yöntemin uygulama süresi 40-70 saat kadar sürmektedir. Buna rağmen, kademeli yavaş yükleme deneyleri sıkça tercih edilmektedir. Çünkü, özel bir ekipman gerektirmemekle beraber elde edilen toplam ve net oturma değerlerine göre sonuçları değerlendirmek kolaydır.

- Kademeli hızlı yükleme deneyleri (QML)

ASTM D1143/D tarafından önerilen bir yöntemdir. QML yönteminde kazık üzerine proje yükünün %10 – %15'i kadar yük artırımı ve yine aynı şekilde yük boşaltılması uygulanır. Yükleme proje yükünün 3 katına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu yöntemin uygulama süresi 2-3 saat kadar sürmektedir. Kademeli hızlı yükleme deneyinin uygulanması sırasında drenajsız yükleme şartlarının sağlanmasına dikkat edilmelidir. Bu şartın sağlanamaması halinde oturma sonuçları yorumlanamamaktadır.

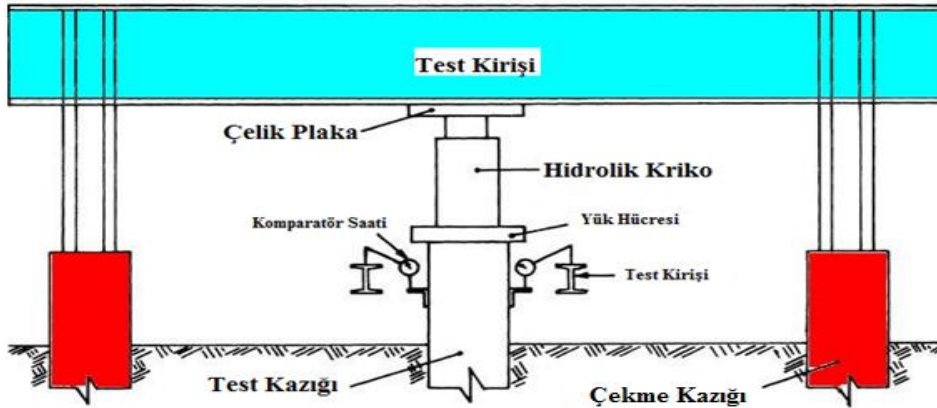
- Sabit penetrasyonlu yükleme deneyi (CRP)

ASTM D1143/D tarafından önerilen bir yöntemdir. CRP yönteminde yükleme göçme yüküne ulaşıncaya kadar devam eder. Bu yöntemin uygulama süresi 2-3 saat kadar sürmektedir. Sabit penetrasyonlu yükleme deneyinin uygulanması sırasında drenajsız yükleme şartlarının sağlanmasına dikkat edilmelidir. Elde edilen yük-deplasman eğrisi belirgin ve yorumlanması kolaydır.

- Çevrimli yükleme deneyi (CL)

Çevrimli yükleme deneyi İsveç Kazık Federasyonu tarafından önerilen bir yöntemdir. Bu yöntemde, kazık tasarım yükünün $1/3$ 'üne kadar yüklenir, daha sonra $1/6$ 'sına kadar düşürülür. Bu yükleme boşaltma işlemi 20 defa tekrarlanır. Bu işlem ilk aşamadaki yükün %50'si kadar artırılarak uygulanır ve tekrar yükleme boşaltma işlemi 20 defa tekrarlanır. Yükleme, göçme yüküne ulaşıncaya kadar devam eder. Bu yöntemin süresi oldukça uzundur. Deprem yükünün önem kazandığı sistemlerde uygulanması daha uygun bir yöntemdir.(Yıldırım, 2004)

Statik eksenel basınç deneylerinin uygulanması ile ilgili American Society for Testing and Materials'ın hazırlamış olduğu ASTM D1143/D (2007) şartnamesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Resim 4.1'de çekme kazıklı sistemin ölçüm aletlerinin şematik olarak gösterimi verilmiştir.



Resim 4.1. Çekme Kolonlu Sistem ve Ölçüm Aletlerinin Şematik Gösterimi (ASTM D1143/D)

Bu çalışma kapsamında incelenen dört farklı projede derin karıştırma kolonları üzerinde statik eksenel basınç yükleme deneyleri uygulanmıştır. Bu projelerden; Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesinde on altı adet, 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesinde on dokuz adet, Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesinde dört adet ve Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesinde ise üç adet olmak üzere toplam kırk iki adet kademeli yavaş statik eksenel basınç yükleme deneyi (SML) yapılmıştır.

Tüm statik eksenel basınç yükleme deneyleri çekme kazıklı sistem kullanılarak yapılmıştır. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi, Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi ve Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesinde bir adet test kolonu ve iki adet çekme kolonu olmak üzere üç adet kolonla statik eksenel basınç yükleme deney düzeneği hazırlanmıştır. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesinde ise statik eksenel basınç yükleme deney düzeneği, bir adet test kolonu ve dört adet çekme kolonu olmak üzere beş adet kolondan oluşturulmuştur. Statik eksenel basınç yükleme deney düzeneklerinden örnekler Resim 4.2’de gösterilmiştir. Çekme kolonları yerleştirilirken test kazığıyla arasındaki mesafenin kazık çapının 5 katından az olmamasına özen gösterilmiştir. Statik eksenel basınç yükleme deneyine başlanmadan önce kolona verilecek yükün düzenli bir şekilde dağılımını sağlamak üzere kolonun üzerinde başlık betonu oluşturulmuştur.



Resim 4.2. Eskişehir, Çorum, Van ve Amasya sahalarında uygulanan 3 kolonlu ve 5 kolonlu yükleme düzeneği

Statik eksenel basınç yükleme deneyinde Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesinde 160 ton kapasiteli bir adet hidrolik krika, Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi, 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi ve Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesinde ise 300 ton kapasiteli bir adet hidrolik krikodan faydalanılmıştır.

Statik eksenel basınç yükleme sırasında, yüklemeden dolayı derin karıştırma kolonlarında oluşan hareketler, kolon başlığına bağlanmış ve test kolonundan bağımsız referans kirişlere oturtulan, 100 mm kapasiteli ve 0,01 mm hassasiyette iki adet komparatör ile ölçülmüştür. Komparatörlerin uçlarının temas edeceği yüzeylerin temiz ve pürüzsüz olması sağlanmıştır.

Bu projeler kapsamında uygulanan statik eksenel basınç yükleme deneyi sırasında test kolonu proje kontrolünü sağlayan idarenin belirlemiş olduğu zaman aralıklarında proje yükünün 1,5 katına kadar proje yükünün % 25'i kadar yük artırımlarıyla kademeli olarak uygulanmıştır. Öncelikle hesaplanan taşıma gücünün %100'üne kadar yükleme yapıldıktan sonra yük boşaltılmıştır ve sonrasında tekrar bu defa %150'ye kadar yükleme ve boşaltma işlemi tekrarlanmıştır.

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için on altı adet statik eksenel basınç yükleme deneyi, Can ve Acar (2013) tarafından uygulanmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneylerinin uygulanması sırasında, Can ve Acar (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü dikkate alınmıştır. Deney yapılan derin karıştırma kolonlarından on beş tanesi öncelikle 136 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmış, daha sonra ise proje yükünün 1,5 katına denk gelen 204 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmıştır. Yükleme deneyi yapılan derin karıştırma kolonlarından bir tanesi ise göçme yüküne ulaşana kadar yükleme boşaltmaya maruz kalmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneyinin yükleme programı ve bu yüklemeler sonucunda okunan oturma değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Eskişehir sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi Test Uygulanan Derin Karıştırma Kolonlarının Oturma Okumaları (mm)																
Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	1E	2E	3E	4E	6E	7E	8E	9E	10E	11E	13E	14E	15E	16E
0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	34,00	20	1,03	0,84	1,01	0,72	0,93	1,25	0,74	0,55	1,36	0,96	1,13	0,85	1,01	1,26
50	68,00	20	2,83	2,20	2,36	1,54	2,09	2,97	1,68	1,73	2,69	2,07	3,18	2,06	2,85	2,57
75	102,00	20	5,97	4,68	4,12	2,98	3,72	4,60	3,65	3,14	5,03	3,55	5,26	3,84	5,12	4,54
100	136,00	120	10,72	8,28	7,66	5,36	6,99	8,20	6,98	5,70	8,89	6,86	8,72	7,42	8,69	8,65
75	102,00	10	9,45	7,94	6,86	4,99	6,71	7,82	6,23	5,30	8,32	6,41	8,21	7,19	8,19	8,23
50	68,00	10	7,13	6,96	5,66	3,97	5,94	6,95	4,96	4,43	7,11	5,53	6,87	6,22	6,56	6,87
25	34,00	10	5,15	5,12	4,12	2,89	4,83	5,72	3,25	3,47	5,78	4,67	5,11	5,04	4,22	4,88
0	0,00	30	3,30	3,33	2,10	1,51	3,36	3,95	1,65	1,89	3,44	3,14	2,45	3,28	2,01	3,13
25	34,00	20	4,76	4,46	3,21	2,47	4,11	5,14	2,94	2,78	4,89	3,92	4,23	4,62	4,58	4,58
50	68,00	20	6,11	5,91	4,46	3,47	5,16	6,19	4,34	3,69	6,12	4,97	5,84	5,79	5,98	5,98
75	102,00	20	8,04	7,43	5,91	4,26	6,41	7,44	5,61	4,92	7,59	6,07	7,22	6,95	7,56	7,56
100	136,00	20	9,74	8,89	7,79	5,53	7,97	8,98	7,11	6,13	9,23	7,61	9,36	8,51	9,23	9,23
125	170,00	20	12,66	11,41	9,98	7,28	9,96	12,44	9,22	8,07	11,69	10,13	12,67	11,24	12,23	12,23
150	204,00	240	17,75	14,94	13,69	10,23	13,31	16,92	13,26	11,29	17,53	14,87	17,65	16,81	17,56	17,56
125	170,00	10	17,03	14,21	13,01	10,01	12,95	16,08	12,98	10,92	16,33	14,31	17,01	16,55	17,19	17,19
100	136,00	10	15,60	12,93	11,95	9,09	12,01	14,94	11,87	10,13	14,32	13,16	15,67	15,21	15,86	15,86
75	102,00	10	13,89	11,36	10,46	7,86	11,19	13,82	11,01	9,13	12,89	11,89	13,65	13,26	14,02	14,02
50	68,00	10	11,69	9,54	8,88	6,41	9,98	11,34	9,65	7,56	11,12	10,69	11,29	11,26	11,66	11,66
25	34,00	10	9,20	7,36	7,11	5,01	7,69	9,00	7,22	5,92	8,89	8,49	8,26	8,97	9,23	9,23
0	0,00	30	6,30	5,36	4,86	3,21	5,12	6,49	5,02	4,03	5,89	6,13	4,98	5,63	6,22	6,22

Çizelge 4.1. (devam) Eskişehir sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi Test Uygulanan Derin Karıştırma Kolonlarının Oturma Okumaları (mm)								
Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	12E	Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	5E	ORTALAMA (mm)
0	0,00	0	0	0	0,00	0	0,00	-
25	34,00	60	1,13	25	34,00	20	0,65	-
50	68,00	60	2,36	50	68,00	20	1,52	-
75	102,00	60	3,96	75	102,00	20	2,46	-
100	136,00	60	7,12	100	136,00	120	4,65	7,55
75	102,00	20	6,84	75	102,00	10	4,36	-
50	68,00	20	5,73	50	68,00	10	3,23	-
25	34,00	20	4,12	25	34,00	10	2,18	-
0	0,00	20	2,36	0	0,00	30	1,12	-
25	34,00	60	3,66	25	34,00	20	2,02	-
50	68,00	60	4,95	50	68,00	20	3,09	-
75	102,00	60	6,52	75	102,00	20	4,17	-
100	136,00	60	8,11	100	136,00	20	5,30	-
125	170,00	60	10,86	125	170,00	20	7,25	-
150	204,00	60	13,98	150	204,00	240	10,22	14,90
150	204,00	60	14,15	125	170,00	10	10,02	-
150	204,00	60	14,38	100	136,00	10	9,09	-
150	204,00	60	14,61	75	102,00	10	7,86	-
150	204,00	60	14,80	50	68,00	10	6,41	-
150	204,00	60	14,98	25	34,00	10	5,00	-
150	204,00	60	15,10	0	0,00	30	3,19	-
150	204,00	60	15,27	25	34,00	20	4,51	-
150	204,00	60	15,40	50	68,00	20	5,59	-
150	204,00	60	15,53	75	102,00	20	6,67	-
150	204,00	60	15,62	100	136,00	20	7,80	-
150	204,00	60	15,68	125	170,00	20	9,75	-
125	170,00	20	15,26	150	204,00	20	12,72	-
100	136,00	20	13,89	175	238,00	20	16,61	-
75	102,00	20	12,34	200	272,00	20	21,67	-
50	68,00	20	10,36	225	306,00	20	66,60	-
25	34,00	20	8,12					
0	0,00	20	5,45					

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için on dokuz adet statik eksenel basınç yükleme deneyi, Can ve Acar (2014) tarafından uygulanmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneylerinin uygulanması sırasında, Laman ve Kayışoğlu (2013) tarafından hazırlanan geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü dikkate alınmıştır. Dolayısıyla, deney yapılan derin karıştırma kolonları öncelikle 126 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmış, daha sonra ise proje yükünün 1,5 katına denk gelen 189 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneyinin yükleme programı ve bu yüklemeler sonucunda okunan oturma değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir

Çizelge 4.2. Çorum sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi Test Uygulanan Derin Karıştırma Kolonlarının Oturma Okumaları (mm)												
Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	1Ç	2Ç	3Ç	4Ç	5Ç	6Ç	7Ç	8Ç	9Ç	10Ç
0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	31,50	30	0,30	0,22	0,33	0,33	0,29	0,18	0,25	0,46	0,16	0,49
50	63,00	30	0,79	0,71	1,03	1,04	0,80	0,50	0,82	1,53	0,73	1,33
75	94,50	30	1,46	1,63	2,19	1,98	1,63	1,17	1,47	2,23	1,51	2,47
100	126,00	120	2,61	3,32	3,94	3,57	2,34	2,26	2,32	3,62	3,37	4,16
75	94,50	10	2,29	3,01	3,56	3,08	2,03	1,74	1,91	3,15	3,02	3,63
50	63,00	10	1,81	2,46	2,96	2,41	1,38	1,27	1,47	2,47	2,53	2,73
25	31,50	10	1,20	1,66	2,02	1,66	0,96	0,66	0,94	1,54	1,80	1,92
0	0,00	30	0,63	0,88	1,47	1,03	0,68	0,30	0,52	0,63	1,05	1,37
25	31,50	30	0,97	1,16	1,80	1,41	1,25	0,54	0,93	1,19	1,47	1,86
50	63,00	30	1,50	1,86	2,67	2,16	2,02	1,08	1,45	2,11	2,23	2,65
75	94,50	30	2,06	2,47	3,18	3,02	2,36	1,64	1,85	3,19	3,09	3,60
100	126,00	30	3,13	3,33	3,99	3,77	3,33	2,10	2,36	4,30	3,58	4,51
125	157,50	30	3,93	3,95	4,99	5,19	4,20	2,74	2,95	5,00	4,40	5,97
150	189,00	180	5,19	6,43	6,53	7,99	5,71	3,74	4,77	5,94	5,50	8,98
125	157,50	10	5,04	6,25	6,02	7,24	5,37	3,29	4,43	5,40	5,03	8,76
100	126,00	10	4,55	5,78	5,05	6,57	4,71	2,80	4,04	4,69	4,45	8,29
75	94,50	10	3,41	4,91	4,64	5,67	3,89	2,41	3,34	3,83	3,83	7,51
50	63,00	10	2,96	3,75	3,58	4,76	3,03	1,91	2,81	2,94	3,03	6,50
25	31,50	10	2,05	2,79	2,72	4,18	2,63	1,53	2,39	2,28	2,60	5,20
0	0,00	30	1,19	1,89	2,18	2,90	1,60	1,23	1,75	1,71	1,61	3,90
Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	11Ç	12Ç	13Ç	14Ç	15Ç	16Ç	17Ç	18Ç	19Ç	ORTALAMA (mm)
0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
25	31,50	30	0,46	0,36	0,26	0,31	0,26	0,32	0,51	0,35	0,21	-
50	63,00	30	1,37	1,03	0,82	0,90	0,80	0,98	1,07	0,95	1,53	-
75	94,50	30	2,75	1,85	1,75	1,40	1,38	1,57	1,85	1,81	2,00	-
100	126,00	120	4,56	2,74	3,10	2,43	2,99	3,31	3,17	3,42	2,71	3,15
75	94,50	10	4,27	2,43	2,88	2,31	2,80	3,02	2,95	2,93	2,52	-
50	63,00	10	3,60	1,82	1,91	1,90	1,96	2,62	2,40	2,00	1,88	-

Çizelge 4.2. (devam) Çorum sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi Test Uygulanan Derin Karıştırma Kolonlarının Oturma Okumaları (mm)												
Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	11Ç	12Ç	13Ç	14Ç	15Ç	16Ç	17Ç	18Ç	19Ç	ORTALAMA (mm)
25	31,50	10	2,71	1,25	1,29	1,28	1,26	1,77	1,82	1,44	1,29	-
0	0,00	30	1,75	0,63	0,70	0,88	0,80	0,97	1,53	0,86	0,95	-
25	31,50	30	2,47	0,93	1,18	1,21	1,34	1,40	1,90	1,18	1,75	-
50	63,00	30	3,11	1,66	2,00	1,88	2,11	2,25	2,39	2,27	2,15	-
75	94,50	30	4,13	2,36	2,93	2,57	2,95	3,12	3,11	3,14	2,66	-
100	126,00	30	4,87	3,90	3,91	3,27	3,42	3,92	3,75	3,80	3,31	-
125	157,50	30	5,72	4,87	4,69	4,05	4,08	4,38	4,21	4,34	4,09	-
150	189,00	180	6,84	6,01	5,26	5,06	4,91	5,49	5,29	6,47	4,73	5,84
125	157,50	10	6,51	5,46	4,90	4,74	4,56	5,09	4,95	6,25	4,45	-
100	126,00	10	5,74	4,73	4,29	3,99	3,80	4,68	4,51	5,74	3,80	-
75	94,50	10	4,81	3,84	3,64	3,39	2,88	3,79	3,71	5,01	2,98	-
50	63,00	10	3,97	2,92	2,74	2,87	2,11	2,93	2,93	4,45	2,33	-
25	31,50	10	3,59	2,07	2,02	2,31	1,70	2,12	2,29	3,64	1,87	-
0	0,00	30	4,20	1,67	1,51	1,60	1,44	1,58	1,79	1,72	1,45	-

Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için dört adet statik eksenel basınç yükleme deneyi, Can ve Acar (2013) tarafından uygulanmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneylerinin uygulanması sırasında, Akbaş, İçöz ve Kubin (2012) tarafından hazırlanan geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü dikkate alınmıştır. Dolayısıyla; deney yapılan derin karıştırma kolonları öncelikle 76 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmış, daha sonra ise proje yükünün 1,5 katına denk gelen 114 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneyinin yükleme programı ve bu yüklemeler sonucunda okunan oturma değerleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Van sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri

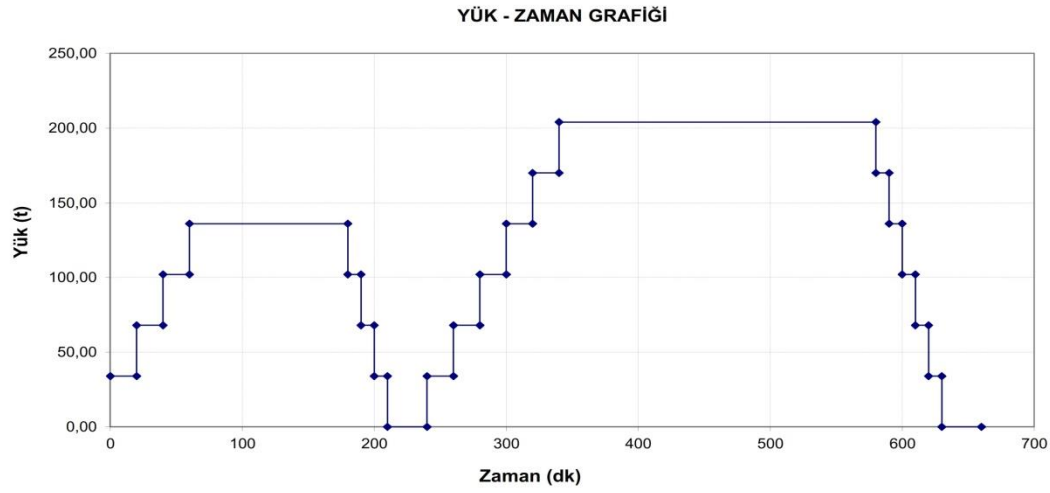
Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi Test Uygulanan Derin Karıştırma Kolonlarının Oturma Okumaları (mm)							
Proje Yükü (%100)	Uygulanan Yük (ton)	Okuma Süresi (dk)	1V	2V	3V	4V	ORTALAMA (mm)
0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
25	19,00	30	0,45	0,28	0,38	0,37	-
50	38,00	30	1,25	1,11	0,93	1,10	-
75	57,00	30	1,66	2,22	1,70	1,86	-
100	76,00	120	3,76	3,97	3,28	3,67	3,67
75	57,00	10	3,57	3,83	3,17	3,52	-
50	38,00	10	2,71	3,27	2,69	2,89	-
25	19,00	10	2,02	2,45	1,90	2,12	-
0	0,00	30	1,29	1,40	1,00	1,23	-
25	19,00	30	1,68	1,92	1,43	1,67	-
50	38,00	30	2,35	2,87	2,20	2,47	-
75	57,00	30	2,89	3,73	2,72	3,11	-
100	76,00	30	3,78	4,79	3,80	4,12	-
125	95,00	30	5,54	7,10	6,00	6,21	-
150	114,00	180	10,89	11,41	9,07	10,46	10,45
125	95,00	10	10,89	11,41	9,03	10,44	-
100	76,00	10	10,56	10,98	8,97	10,17	-
75	57,00	10	10,04	10,31	8,04	9,46	-
50	38,00	10	9,33	9,46	7,38	8,72	-
25	19,00	10	7,64	8,17	5,94	7,25	-
0	0,00	30	6,21	6,64	5,06	5,97	-

Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için üç adet statik eksenel basınç yükleme deneyi, Can ve Acar (2014) tarafından uygulanmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneylerinin uygulanması sırasında, Can ve Acar (2014) tarafından hazırlanan geoteknik raporda hesaplanan taşıma gücü dikkate alınmıştır. Dolayısıyla; deney yapılan derin karıştırma kolonları öncelikle 96 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmış, daha sonra ise proje yükünün 1,5 katına denk gelen 144 ton değerine kadar yüklenmiş ve boşaltılmıştır. Statik eksenel basınç yükleme deneyinin yükleme programı ve bu yüklemeler sonucunda okunan oturma değerleri Çizelge 4.4’te gösterilmiştir.

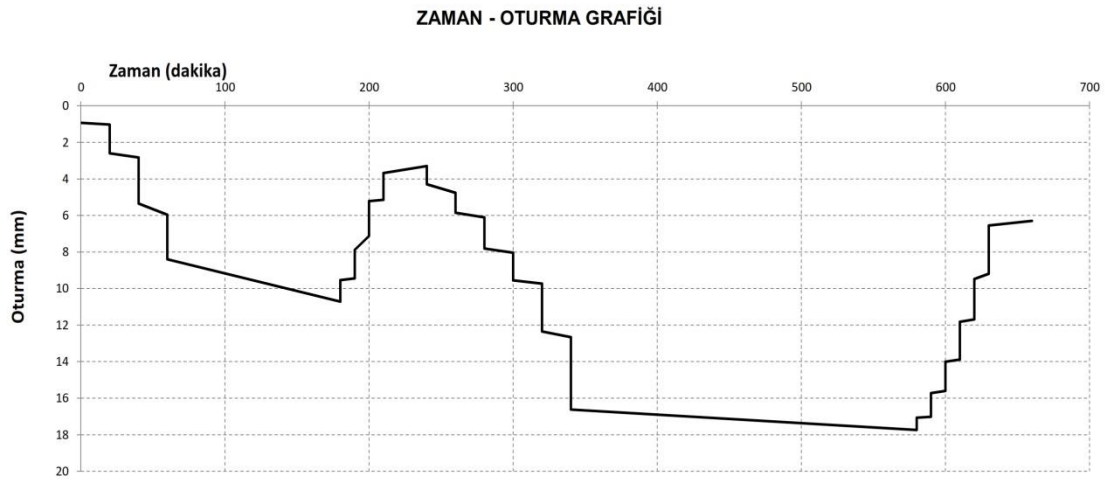
Çizelge 4.4. Amasya sahası için statik eksenel basınç yükleme deneyi yükleme programı ve oturma değerleri

Amasya İli Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi Test Uygulanan Derin Karıştırma Kolonlarının Oturma Okumaları (mm)						
Proje Yüğü (%100)	Uygulanan Yüğü (ton)	Okuma Süresi (dk)	1A	2A	3A	ORTALAMA (mm)
0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	-
25	24,00	30	0,13	0,13	0,17	-
50	48,00	30	0,30	0,37	0,48	-
75	72,00	30	0,70	0,60	0,92	-
100	96,00	120	1,36	1,04	1,55	1,32
75	72,00	10	1,17	0,91	1,28	-
50	48,00	10	1,02	0,69	0,99	-
25	24,00	10	0,77	0,53	0,71	-
0	0,00	30	0,61	0,31	0,53	-
25	24,00	30	0,85	0,59	0,78	-
50	48,00	30	1,03	0,77	0,95	-
75	72,00	30	1,28	0,98	1,22	-
100	96,00	30	1,56	1,21	1,56	-
125	120,00	30	2,00	1,63	1,93	-
150	144,00	180	2,68	2,08	2,37	2,38
125	120,00	10	2,44	1,96	2,06	-
100	96,00	10	2,06	1,74	1,93	-
75	72,00	10	1,78	1,46	1,66	-
50	48,00	10	1,52	1,19	1,38	-
25	21,00	10	1,17	1,00	1,17	-
0	0,00	30	0,93	0,85	0,92	-

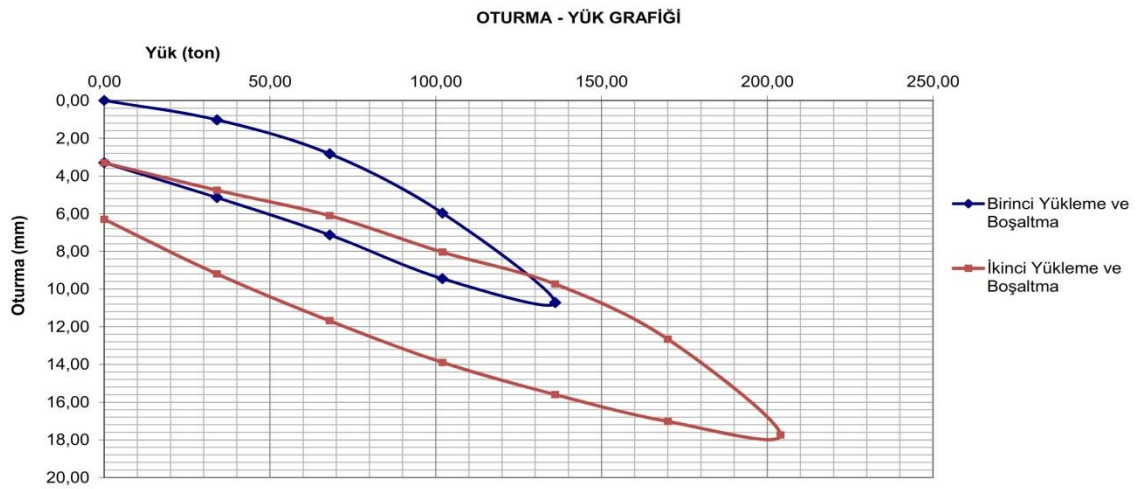
Bu projeler kapsamında yapılan statik eksenel basınç yükleme deneylerinin uygulanması sırasında okunan oturma değerlerinden faydalanılarak yük-zaman, oturma-zaman ve oturma-yük grafikleri elde edilmiştir. 1 nolu (Eskişehir) statik eksenel basınç yükleme deneyi için Şekil 4.1’de yük – zaman, Şekil 4.2’de oturma – zaman ve Şekil 4.3’te ise oturma – yük grafikleri gösterilmiş olup, diğer statik yükleme deneylerinin grafikleri Ek-1’de bulunmaktadır.



Şekil 4.1. 1E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği



Şekil 4.2. 1E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği



Şekil 4.3. 1E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için oturma – yük grafiği

4.2. Statik Eksenel Basınç Yükleme Deneylerinin Yorumlanması

Kazıklar üzerinden gerçekleştirilen enstrümanlı yükleme deneyleri, yanal sürtünme kaynaklı dayanımın çok küçük birim deformasyonlarda mobilize olmasına karşın, uç dayanımının ortaya çıkması için daha büyük oturma değerlerine ulaşılması gerektiğini işaret etmektedir. Yanal dayanım kazık tip veya çapından bağımsız olarak 5-10 mm deplasmana ihtiyaç duymaktadır (Kulhawy vd.,1983). Buna karşın, uç dayanımı kazık inşa tekniğine göre son derece farklı değerlerde mobilize olabilmektedir. Birçok araştırmacı, önemli derecede uç dayanımının oluşması için fore kazıklarda çakılan kazıklara kıyasla çok daha fazla deplasman gerçekleşmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Örn. Vesic, 1977; Hirany ve Kulhawy,1988; Davisson, 1993; O'Neill ve Reeses,1999; Kulhawy ve Hirany, 1999). Brown vd. (2010) fore kazıklar için bu değer kazık çapının %4 - %5'i mertebesinde olduğunu belirtmektedir. İnşaat teknikleri dikkate alındığında, derin karıştırma kolonlarının davranışının fore kazıklar ile çakılan kazıklar arasında yer alması beklenebilir.

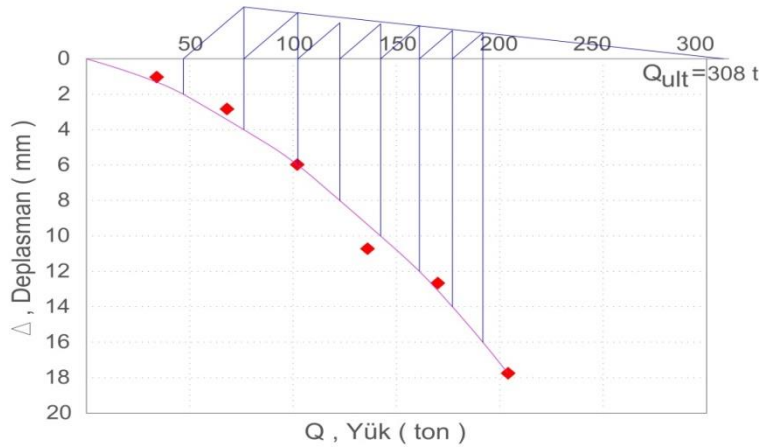
Kazık deneylerinde nadiren tam anlamı ile bir yenilme yüküne ulaşılır. Özellikle, yukarıda yer verilen kapasite-deformasyon ilişkisi kapsamında, kazık yükleme deneylerinin düşük deplasmanlarda sonlandırılarak nihai dayanıma ulaşılmadığı takdirde, sonuçların öncelikle de “yorumlanan kazık kapasitesinin” tartışmaya açık olacağı ortaya çıkmaktadır. Söz konusu prematüre yükleme deneyleri, yükleme çerçevesi ve diğer ekipmanların kapasite sınırlamaları veya yüksek derecede tutuculuk içeren tasarım sonuçları kaynaklı olabilir. Yorumlanan kazık kapasitesinin farklı şekilde yorumlanmasının bir diğer sebebi de yükleme deney verilerinin analizi için önerilen çok sayıda yöntemin mevcudiyetidir.

Statik eksenel basınç yükleme deneyinin uygulaması sonucunda elde edilen yük - oturma eğrisi doğrultusunda, deneyin yapılış amacı olan kolonun taşıma gücünün yük - deplasman eğrisi vasıtası ile belirlenebilmesi için çeşitli araştırmacıların geliştirdikleri yöntemler bulunmaktadır. Hirany ve Kulhawy (1988), kazık yenilme yükünün yük-deplasman eğrisinden tayinine yönelik olarak, grafiksel yorumlamalardan mutlak oturma limitlerine ya da oturma hızına kadar farklı değişkenlere dayalı en az kırk farklı prosedürden bahsetmektedir. Bu çalışma kapsamında bu yöntemlerden uygulamada sık kullanılan beş tanesi ele alınmış olup, yapılan statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının analitik olarak hesaplanan taşıma gücü ile karşılaştırılması yapılmıştır. Burada temel amaç, derin karıştırma kolonlarının yük-deplasman eğrilerinin yorumlanmasında hangi yöntem veya

yöntemlerin daha uygun olduğunun belirlenmesidir. Aşağıda, öncelikle incelenen yöntemler kısaca özetlenmektedir.

4.2.1. Mazurkiewicz yöntemi (1972)

Mazurkiewicz (1972) tarafından geliştirilen bu yöntem doğrultusunda yük - deplasman eğrisi parabolik kabul edilir. Bu yöntem ile kolon taşıma gücünün (Q_{ult}) belirlenebilmesi için öncelikle deplasman eksenini eşit aralıklarla bölünür ve deplasman eksenini eşit aralıklara bölen doğruların yük - deplasman eğrisini kestiği noktalardan deplasman eksenine paralel doğrular çizilir. Bu paralel doğruların yük eksenini kestiği noktalardan yük eksenini ile 45°'lik eğime sahip ve bir sonraki oturma eksenine paralel doğruyla kesiştirilmek suretiyle doğrular çizilir. Bu 45°'lik eğim yapan doğruların oluşturduğu üçgenlerin tepe noktalarını birleştiren bir doğru çizilir ve bu doğru yük eksenini kesene kadar uzatılır. Bu doğrunun yük eksenini kestiği nokta kolonun taşıma gücünü verir.



Şekil 4.4. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

1 nolu (Eskişehir) statik eksenel basınç yükleme deneyi sonucu okunan oturma değerleri dikkate alınarak Mazurkiewicz yöntemine uygun çizilen grafik Şekil 4.4'te gösterilmiş olup, diğer Mazurkiewicz yöntemiyle çizilen diğer grafikler Ek-2'de bulunmaktadır.

4.2.2. Chin Kondner yöntemi (1970)

Chin Kondner (1970) tarafından geliştirilen bu yöntem doğrultusunda yük - deplasman eğrisi hiperbolik olarak kabul edilir. Elde edilen yük - oturma eğrisinin yorumlanabilmesi için bu hiperbolik eğriden faydalanılarak, oturma/yük (Δ/Q) ve oturma (Δ) eksenlerinden oluşan bir grafik elde edilir. Bu grafikte çizilen doğrunun eğiminin tersi kolonun taşıma gücü (Q_{ult}) değerini verir. Eşitlik 4.1’de grafikten elde edilen doğrunun denklemi verilmiştir. Bu eşitliğe bağlı olarak kolonun taşıma gücü Eşitlik 4.2’deki şekilde elde edilir.

$$\Delta/Q = C_1 \times \Delta + C_2 \quad (4.1)$$

Burada;

Q : Statik eksenel basınç yükleme deneyi sırasında uygulanan yükü,

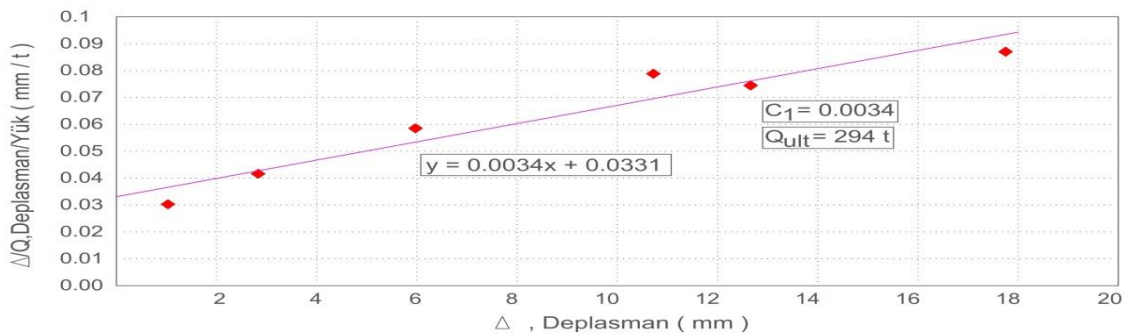
Δ : Statik eksenel basınç yükleme deneyi sırasında okunan oturma değerini,

C_1 : Doğrunun eğimini

C_2 : Doğrunun oturma/yük eksenini kestiği noktayı ifade etmektedir.

$$Q_{ult} = 1 / C_1 \quad (4.2)$$

1 nolu (Eskişehir) statik eksenel basınç yükleme deneyi sonucu okunan oturma değerleri dikkate alınarak Chin Kondner yöntemine uygun çizilen grafik Şekil 4.5’te gösterilmiş olup, diğer statik yükleme deneyleri için Chin Kondner yöntemiyle çizilen diğer grafikler Ek-3’te bulunmaktadır.



Şekil 4.5. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

4.2.3. Brinch – Hansen %80 yöntemi (1963)

Bu yöntem doğrultusunda Brinch-Hansen (1963)'nın çalışmalarına göre, uygulanan yükün %80'ine denk gelen oturmanın 4 katı oturmaya sebep olan yük göçme yükü olarak kabul edilir.

Bu yöntemde öncelikle $\Delta^{0.5}/Q$ ile Δ arasında bir grafik oluşturulur. Bu grafikten elde edilen doğrunun denklemi Eşitlik 4.3'te ifade edilmektedir.

$$\Delta^{0.5}/Q = C_1 \times \Delta + C_2 \quad (4.3)$$

Burada;

Q : Statik eksenel basınç yükleme deneyi sırasında uygulanan yükü,

Δ : Statik yükleme deneyi sırasında okunan oturma değerini,

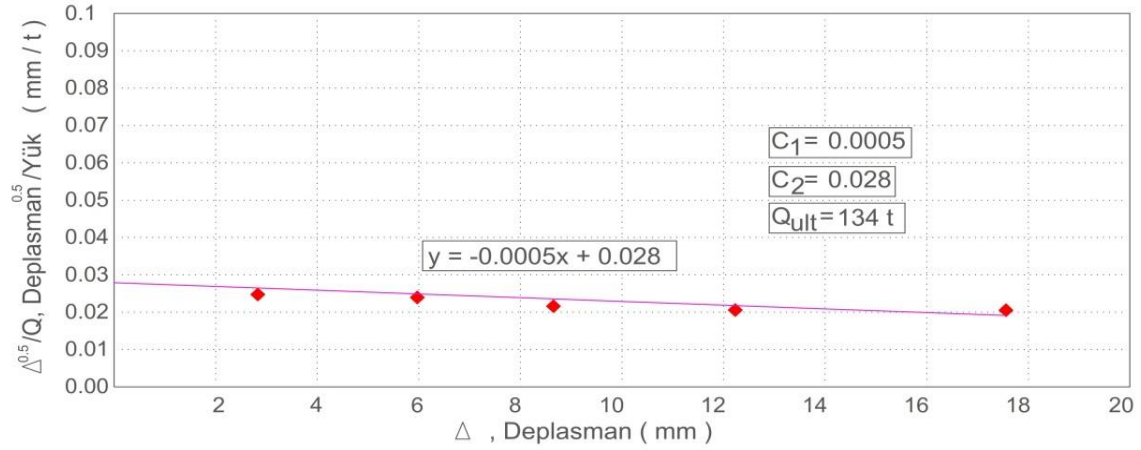
C_1 : Doğrunun eğimini

C_2 : Doğrunun $\Delta^{0.5}/Q$ eksenini kestiği noktayı ifade etmektedir.

Brinch - Hansen %80 yönteminde kolonun taşıma gücü Eşitlik 4.4'ten faydalanılarak hesaplanır.

$$Q_{ult} = 1 / (2 \times \sqrt{C_1 \times C_2}) \quad (4.4)$$

1 nolu (Eskişehir) statik eksenel basınç yükleme deneyi sonucu okunan oturma değerleri dikkate alınarak Brinch- Hansen %80 yöntemine uygun çizilen grafik Şekil 4.6'da gösterilmiş olup, diğer statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Brinch – Hansen %80 yöntemiyle çizilen grafikler Ek-4'te bulunmaktadır.



Şekil 4.6. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

4.2.4. Davisson yöntemi (1970)

Davisson (1970) tarafından geliştirilen bu yöntemin uygulanabilmesi için diğer yöntemlerde de olduğu gibi öncelikle yük-oturma eğrisi çizilir. Daha sonra derin karıştırma kolonunun boyu ve enkesit alanı ile derin karıştırma kolonunun uygulandığı malzemenin elastisite modülü de dikkate alınarak izin verilebilir oturma değeri Eşitlik 4.5'ten faydalanılarak hesaplanır.

$$\delta_e = (Q \times L) / (A \times E) \quad (4.5)$$

Burada;

Q : Statik eksenel basınç yükleme deneyi sırasında uygulanan yükü,

δ_e : Elastik boy kısalmasını ,

A : Kolon enkesit alanını,

L : Kolon boyunu,

E : Kolonun elastisite modülünü ifade etmektedir.

Islak yöntemle uygulanan derin karıştırma kolonlarının elastisite modülünün; Çizelge 2.4'te belirtildiği gibi serbest basınç dayanımının 350 ile 1000 katı aralığında olduğu görülmektedir. Bu aralığın ortalaması olan 675 değeri dikkate alınarak elastisite modülleri, Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için 6905 MPa, 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için 8086 MPa, Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk

Devlet Hastanesi için 4077 MPa ve Ataşehir Devlet Hastanesi kapsamındaki Doktorlar Sitesi için 8457 MPa olarak hesaplanmıştır.

Elastik boy kısalması statik yükleme deneyinin her yüklemesi için hesaplanarak orijinden başlayan bir doğru çizilir. Bu doğruya Eşitlik 4.6'dan faydalanılarak hesaplanan x mesafesi kadar uzaklıkta paralel bir doğru çizilir. Bu doğrunun yük-oturma eğrisini kestiği nokta o kolonun taşıma gücünü verir.

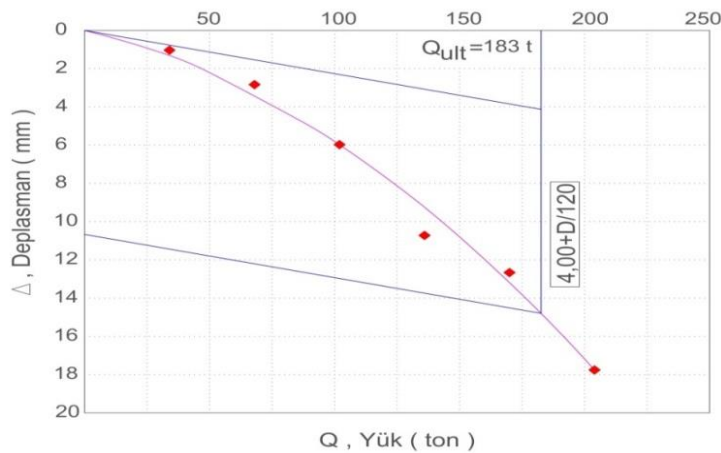
$$x = 4 + D/120 \quad (4.6)$$

Burada;

x : İki doğru arasındaki mesafe,

D : Kolonun çapını ifade etmektedir.

1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi sonucu okunan oturma değerleri dikkate alınarak Davisson yöntemine uygun çizilen grafik Şekil 4.7'de gösterilmiş olup, diğer statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Davisson yöntemiyle çizilen grafikler EK-1'de bulunmaktadır.

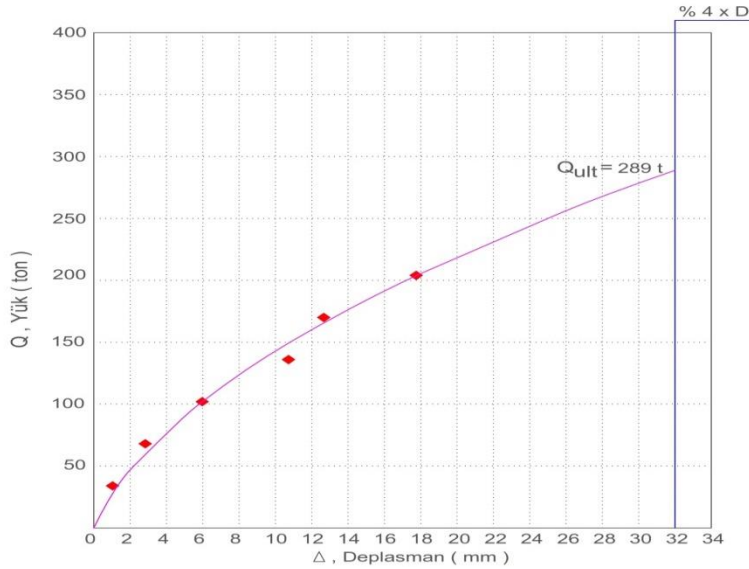


Şekil 4.7. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

4.2.5. Hirany-Kulhawy yöntemi (2002)

Bu çalışma kapsamında ele alınan yöntemler arasında en yenisi olan bu yöntem Hirany-Kulhawy (2002) tarafından öne sürülmüştür. Bu yöntem doğrultusunda yük - deplasman eğrisi parabolik kabul edilir. Yük – deplasman eğrisinin, kolon çapının 4 katı kadar oturma değerini kestiği nokta o kolonun taşıma gücünü vermektedir.

1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi sonucu okunan oturma değerleri dikkate alınarak Hirany-Kulhawy yöntemine uygun çizilen grafik Şekil 4.8’de gösterilmiş olup, diğer statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Hirany-Kulhawy yöntemiyle çizilen grafikler Ek-6’da bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi 1 nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

4.3. Statik Eksenel Basınç Yükleme Deneylerinin Yorumlanması İçin Kullanılan Yöntemlerin Kıyaslanması

Bu çalışma kapsamında ele alınan dört farklı proje için tasarlanan derin karıştırma kolonlarının çapları aynı (80 cm), derinlikleri ve uygulandığı zemin profilleri farklıdır. Her bir proje içinde beş farklı yöntemle değerlendirmeler yapılmış olup, bu yöntemlere göre taşıma gücü tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. (devam) Eskişehir sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ NİHAİ YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİNİN TESPİTİ İÇİN UYGULANAN STATİK YÜKLEME DENEYLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE YORUMLANMASI																	
DENEY NO	KOLON ÇAPI (cm) / KOLON BOYU (cm)	STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYİ		STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYLERİNİN YORUMLANMASI													
		UYGULANAN YÜK (ton)	ORTALAMA OTURMA (mm)	Mazurkiewicz (ton)	Deplasman (mm)	Chin Kondner (ton)	Deplasman (mm)	Brinch Hansen % 80 (ton)	Deplasman (mm)	Davisson (ton)	Deplasman (mm)	Hirany-Kulhawy (ton)	Deplasman (mm)	Ortalama Taşıma Gücü (ton)	Hesaplanan Taşıma Gücü (ton)	Nihai Deplasman (mm)	
6E	80/800	0	0,00	290	25,25	313	29,08	131	6,12	218	15,00	320	30,30	255	296	26,22	
		34	0,93														
		68	2,09														
		102	3,72														
		136	6,99														
		170	9,96														
		204	13,31														
7E	80/800	0	0,00	312	37,10	333	41,93	122	6,79	190	14,87	290	32,36	250	296	33,62	
		34	1,25														
		68	2,97														
		102	4,60														
		136	8,20														
		170	12,44														
		204	16,92														
8E	80/800	0	0,00	285	24,40	277	23,15	169	9,48	224	15,70	330	32,02	257	296	26,17	
		34	0,74														
		68	1,68														
		102	3,65														
		136	6,98														
		170	9,22														
		204	13,26														
9E	80/800	0	0,00	285	20,85	286	20,98	175	8,57	240	15,18	355	31,43	269	296	22,37	
		34	0,55														
		68	1,73														
		102	3,14														
		136	5,70														
		170	8,07														
		204	11,29														
10E	80/800	0	0,00	324	36,93	333	38,82	121	6,64	186	13,72	282	28,69	250	296	31,32	
		34	1,36														
		68	2,69														
		102	5,03														
		136	8,89														
		170	11,69														
		204	17,53														
11E	80/800	0	0,00	292	29,77	303	31,99	166	10,02	207	15,29	302	31,78	254	296	30,57	
		34	0,96														
		68	2,07														
		102	3,55														
		136	6,86														
		170	10,13														
		204	14,87														

Çizelge 4.5. (devam) Eskişehir sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ NİHAİ YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİNİN TESPİTİ İÇİN UYGULANAN STATİK YÜKLEME DENEYLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE YORUMLANMASI																
DENEY NO	KOLON ÇAPI (cm) / KOLON BOYU (cm)	STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYİ		STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYLERİNİN YORUMLANMASI												
		UYGULANAN YÜK (ton)	ORTALAMA OTURMA (mm)	Mazurkiewicz (ton)	Deplasman (mm)	Chin Kondner (ton)	Deplasman (mm)	Brinch Hansen % 80 (ton)	Deplasman (mm)	Davisson (ton)	Deplasman (mm)	Hirany-Kulhawvy (ton)	Deplasman (mm)	Ortalama Taşıma Gücü (ton)	Hesaplanan Taşıma Gücü (ton)	Nihai Deplasman (mm)
12E	80/800	0	0,00	307	33,87	313	35,17	140	7,52	201	14,95	300	32,39	255	296	31,56
		34	1,13													
		68	2,36													
		102	3,96													
		136	7,12													
		170	10,86													
		204	15,68													
13E	80/800	0	0,00	302	35,88	323	40,01	133	8,40	185	14,85	284	32,06	245	296	34,58
		34	1,13													
		68	3,18													
		102	5,26													
		136	8,72													
		170	12,67													
		204	17,65													
14E	80/800	0	0,00	300	36,51	278	31,33	190	14,57	194	15,19	280	31,79	250	296	35,54
		34	0,85													
		68	2,06													
		102	3,84													
		136	7,42													
		170	11,24													
		204	16,81													
15E	80/800	0	0,00	302	38,35	303	38,60	153	10,68	183	14,88	270	30,97	245	296	36,91
		34	1,01													
		68	2,85													
		102	5,12													
		136	8,69													
		170	12,04													
		204	18,23													
16E	80/800	0	0,00	304	38,81	313	41,13	136	7,86	187	14,77	280	32,95	245	296	36,80
		34	1,26													
		68	2,57													
		102	4,54													
		136	8,65													
		170	12,23													
		204	17,56													

Çorum’da uygulaması yapılacak olan projenin derin karıştırma kolonlarının statik eksenel basınç yükleme deneylerinin sonucunda elde edilen oturma değerlerinin, beş farklı yöntemle kıyaslanması sonucu elde edilen taşıma gücü Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ NİHAİ YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİNİN TESPİTİ İÇİN UYGULANAN STATİK YÜKLEME DENEYLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE YORUMLANMASI																
DENEY NO	KOLON ÇAPİ (cm) / KOLON BOYU (cm)	STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYİ		STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYLERİNİN YORUMLANMASI												
		UYGULANAN YÜK (ton)	ORTALAMA OTURMA (mm)	Mazurkiewicz (ton)	Deplasman (mm)	Chin Kondner (ton)	Deplasman (mm)	Brinch Hansen % 80 (ton)	Deplasman (mm)	Davisson (ton)	Deplasman (mm)	Hirany-Kulhawy (ton)	Deplasman (mm)	Ortalama Taşıma Gücü (ton)	Hesaplanan Taşıma Gücü (ton)	Nihai Deplasman (mm)
1Ç	80/1750	0	0,00	320	13,83	270	10,04	129	2,61	491	31,31	495	31,81	340	295	13,26
		31,5	0,30													
		63	0,79													
		94,5	1,46													
		126	2,61													
		157,5	3,93													
		189	5,19													
2Ç	80/1750	0	0,00	322	18,57	238	10,17	421	31,68	408	29,76	423	31,98	360	313	17,55
		31,5	0,22													
		63	0,71													
		94,5	1,63													
		126	3,32													
		157,5	3,95													
		189	6,43													
3Ç	80/1750	0	0,00	305	14,80	263	11,43	154	4,67	423	26,53	468	31,89	320	313	15,49
		31,5	0,33													
		63	1,03													
		94,5	2,19													
		126	3,94													
		157,5	4,99													
		189	6,53													
4Ç	80/1750	0	0,00	310	22,15	250	14,35	224	11,49	325	24,36	373	32,16	296	313	22,58
		31,5	0,33													
		63	1,04													
		94,5	1,98													
		126	3,57													
		157,5	5,19													
		189	7,99													
5Ç	80/1750	0	0,00	309	15,16	263	11,11	166	4,64	447	31,05	453	31,87	328	313	15,54
		31,5	0,29													
		63	0,80													
		94,5	1,63													
		126	2,34													
		157,5	4,20													
		189	5,71													
6Ç	80/1750	0	0,00	307	8,91	250	6,14	182	3,50	676	39,18	604	31,60	404	313	9,24
		31,5	0,18													
		63	0,50													
		94,5	1,17													
		126	2,26													
		157,5	2,74													
		189	3,74													

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ NİHAİ YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİNİN TESPİTİ İÇİN UYGULANAN STATİK YÜKLEME DENEYLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE YORUMLANMASI																
DENEY NO	KOLON ÇAPİ (cm) / KOLON BOYU (cm)	STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYİ		STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYLERİNİN YORUMLANMASI												
		UYGULANAN YÜK (ton)	ORTALAMA OTURMA (mm)	Mazurkiewicz (ton)	Deplasman (mm)	Chin Kondner (ton)	Deplasman (mm)	Brinch Hansen % 80 (ton)	Deplasman (mm)	Davisson (ton)	Deplasman (mm)	Hirany-Kulhawy (ton)	Deplasman (mm)	Ortalama Taşıma Gücü (ton)	Hesaplanan Taşıma Gücü (ton)	Nihai Deplasman (mm)
13Ç	80/1750	0	0,00	324	13,33	250	8,46	180	4,85	537	33,36	525	31,99	363	313	12,54
		31,5	0,26													
		63	0,82													
		94,5	1,75													
		126	3,10													
		157,5	4,69													
		189	5,26													
14Ç	80/1750	0	0,00	319	16,08	278	12,40	133	3,21	435	29,05	458	32,07	325	313	15,51
		31,5	0,31													
		63	0,90													
		94,5	1,40													
		126	2,43													
		157,5	4,05													
		189	5,06													
15Ç	80/1750	0	0,00	325	13,10	256	8,46	167	3,95	533	33,17	523	32,00	361	313	12,22
		31,5	0,26													
		63	0,80													
		94,5	1,38													
		126	2,99													
		157,5	4,08													
		189	4,91													
16Ç	80/1750	0	0,00	322	13,84	270	10,18	137	3,22	535	35,36	507	31,99	354	313	13,25
		31,5	0,32													
		63	0,98													
		94,5	1,57													
		126	3,31													
		157,5	4,38													
		189	5,49													
17Ç	80/1750	0	0,00	350	14,99	370	16,47	86	1,78	567	34,58	543	32,02	383	313	12,41
		31,5	0,51													
		63	1,07													
		94,5	1,85													
		126	3,17													
		157,5	4,21													
		189	5,29													
18Ç	80/1750	0	0,00	330	18,13	270	12,45	146	4,08	454	33,20	445	31,96	329	313	16,41
		31,5	0,35													
		63	0,95													
		94,5	1,81													
		126	3,42													
		157,5	4,34													
		189	6,47													

Çizelge 4.7. (devam) Van sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ NİHAİ YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİNİN TESPİTİ İÇİN UYGULANAN STATİK YÜKLEME DENEYLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE YORUMLANMASI																
DENEY NO	KOLON ÇAPİ (cm) / KOLON BOYU (cm)	STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYİ		STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYLERİNİN YORUMLANMASI												
		UYGULANAN YÜK (ton)	ORTALAMA OTURMA (mm)	Mazurkiewicz (ton)	Deplasman (mm)	Chin Kondner (ton)	Deplasman (mm)	Brinch Hansen % 80 (ton)	Deplasman (mm)	Davisson (ton)	Deplasman (mm)	Hirany-Kulhaway (ton)	Deplasman (mm)	Ortalama Taşıma Gücü Değerleri (ton)	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri	Nihai Deplasman (mm)
2V	80/900	0	0,00	173	28,26	213	43,94	217	45,63	135	16,55	183	31,86	185	199	38,05
		19	0,28													
		38	1,11													
		57	2,22													
		76	3,97													
		95	7,10													
		114	11,41													
3V	80/900	0	0,00	194	28,88	227	40,44	216	36,41	167	21,01	203	31,92	200	199	30,55
		19	0,38													
		38	0,93													
		57	1,70													
		76	3,28													
		95	6,00													
		114	9,07													
4V	80/900	0	0,00	192	29,29	244	48,63	337	95,34	151	17,47	201	32,29	225	199	31,60
		19	0,37													
		38	1,10													
		57	1,86													
		76	3,67													
		95	6,21													
		114	10,46													

Amasya’da uygulaması yapılacak olan projenin derin karıştırma kolonlarının statik eksenel basınç yükleme deneylerinin sonucunda elde edilen oturma değerlerinin, beş farklı yöntemle kıyaslanması sonucu elde edilen taşıma gücü Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Amasya sahası için statik eksenel basınç yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle kıyaslanması

DERİN KARIŞTIRMA KOLONLARININ NİHAİ YÜK TAŞIMA KAPASİTELERİNİN TESPİTİ İÇİN UYGULANAN STATİK YÜKLEME DENEYLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE YORUMLANMASI																
DENEY NO	KOLON ÇAPI (cm) / KOLON BOYU (cm)	STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYİ		STATİK EKSENEL BASINÇ YÜKLEME DENEYLERİNİN YORUMLANMASI												
		UYGULANAN YÜK (ton)	ORTALAMA OTURMA (mm)	Mazurkiewicz (ton)	Deplasman (mm)	Chin Kondner (ton)	Deplasman (mm)	Brinch Hansen % 80 (ton)	Deplasman (mm)	Davisson (ton)	Deplasman (mm)	Hirany-Kulhawy (ton)	Deplasman (mm)	Ortalama Taşıma Gücü Değerleri (ton)	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri	Nihai Deplasman (mm)
1A	80/1500	0	0,00	216	6,03	244	7,61	165	3,62	468	26,89	510	31,81	321	352	15,44
		19	0,13													
		38	0,30													
		57	0,70													
		76	1,36													
		95	2,00													
		114	2,68													
2A	80/1500	0	0,00	255	6,09	278	7,18	96	1,00	595	28,35	601	31,99	365	352	11,24
		19	0,13													
		38	0,37													
		57	0,60													
		76	1,04													
		95	1,63													
		114	2,08													
3A	80/1500	0	0,00	320	8,15	250	5,47	78	1,02	770	37,31	707	31,98	425	352	9,53
		19	0,17													
		38	0,48													
		57	0,92													
		76	1,55													
		95	1,93													
		114	2,37													

Tam ölçekli yükleme deneyleri, tüm sahalarda geoteknik raporlarda hesaplanmış olan emniyetli taşıma gücünün 1,5 katına kadar yükleme yapılması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Emniyetli taşıma gücünün 1,5 katında ve emniyetli taşıma gücü değerlerinde ölçülen, en yüksek ve ortalama derin karıştırma kolonu deplasmanları Çizelge 4.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Dört farklı sahada yer alan en yüksek ve ortalama derin karıştırma kolonu deplasmanları

Saha	Proje Yüklü (%)	Uygulanan Yük (ton)	Deplasmanlar	
			δ_{maks} (mm)	δ_{ort} (mm)
Eskişehir	100	136	10.72	7.55
	150	204	18.23	14.90
	225	306	66.60	66.60
Çorum	100	126	4.56	3.15
	150	189	8.98	5.84
Van	100	76	3.97	3.67
	150	114	11.41	10.17
Amasya	100	96	1.55	1.32
	150	144	2.68	2.38

Dört farklı sahada gerçekleştirilen eksenel yükleme deneyleri incelendiğinde, geoteknik raporlarda hesaplanan emniyetli taşıma gücü altında meydana gelen maksimum oturma miktarları sadece Eskişehir sahasında 10 mm mertebesine ancak ulaşmış, diğer sahalarda ise yaklaşık 1,5 ile 4,5 mm arasında kalmıştır. Emniyetli taşıma gücünün 1,5 katındaki maksimum deney yükünde dahi maksimum oturmalar son derece düşük değerler olarak Eskişehir için 20 mm, Van için 12 mm, Çorum için 10 mm, Amasya için ise 3 mm'ye dahi ulaşmamıştır.

Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, temel tasarımında oturma sınırlarının aslen farklı oturmalar dikkate alınarak oluşturulmuş olmasıdır. Eş yükleme altındaki iki derin karıştırma kolonu teorik olarak aynı elastik deformasyonu yapacağından, farklı oturma sadece elastik deformasyon harici deplasmanlar kaynaklı meydana gelebilecektir. Bu noktadan hareket ile söz konusu sahalarda yer alan derin karıştırma kolonlarında elastik oturma miktarları Eş. 4.7 ile hesaplanmış ve Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

$$\delta_{elastik} = \frac{(Q_p / FS + Q_f / FS \times \xi) \times L}{A_p \times E} \quad (4.7)$$

Burada;

Q_p : Kazığın uç taşıma gücünü,

Q_f : Kazık boyunca oluşan çevre sürtünmesine bağlı taşıma gücünü,

FS : Güvenlik faktörünü,

ξ : Bir zemin içerisinde kazık boyunca oluşan sürtünmeye bağlı katsayıyı,

A_p : Kazık kesit alanını,

L : Kazık boyunu,

E : Kazığın elastisite modülünü ifade etmektedir.

ξ katsayısının değeri kazık boyunca oluşan yanal yükün, üniform veya parabolik olması halinde 0,5, üçgen olması halinde 0,67 olarak seçilir (Das, 2011).

Çizelge 4.10. Dört farklı sahada yer alan derin karıştırma kolonları için emniyetli taşıma gücü altında elastik ve kalıcı deformasyon miktarları

Saha	Q_p (kN)	Q_f (kN)	L (m)	A_p (m ²)	E (kN / m ²)	ξ	Emniyetli Taşıma Gücüne Bağlı	
							$\delta_{elastik}$ (mm)	δ_{zemin} ($\delta_{toplam} - \delta_{elastik}$) (mm)
Eskişehir	1837	1120	8,00	0,50	6905000	0,67	2,28	8,44
Çorum	855	2270	17,50	0,50	8086000	0,60	4,18	0,38
Van	536	1457	9,00	0,50	4077000	0,67	3,00	0,97
Amasya	2184	1334	15,00	0,50	8457000	0,60	4,00	-

Çizelge 4.10'da açık şekilde görüldüğü üzere, Eskişehir sahası dışında tüm derin karıştırma kolonları geoteknik raporda hesaplanan emniyetli taşıma gücüne eşit yükler altında henüz sadece elastik deformasyon seviyesinde kalmışlardır. Eskişehir sahasında meydana gelen oturma miktarı da, temeller için tipik oturma sınırlarının son derece altındadır.

En yüksek deformasyon seviyelerine ulaşılan Eskişehir sahasında dahi deneylerin büyük çoğunluğunda maksimum deformasyon kazık çapının % 2,0 - % 2,2'si mertebesinde. Daha önce belirtildiği üzere, söz konusu deformasyon miktarı fore kazıklar için uç dayanımının mobilize olması hususunda yeterli olmayacaktır. Fakat derin karıştırma kolonları için söz konusu deformasyon seviyesinin yeterliliği konusunda yeterli bilgi mevcut değildir. Yenilmeye dek sürdürülen tek deney göz önünde bulundurulduğunda yenilmenin 21 mm okumasından sonra ani şekilde geliştiği anlaşılmaktadır. Bu durumda, tahmin edildiği

üzere deformasyonların kazık çapının %2,5'i mertebesine ulaştığında uç dayanımının pratik olarak bütünü ile mobilize olduğu söylenebilir. Eldeki veri son derece sınırlı olmakla birlikte, bu değer fore kazıklardan düşük, çakılan kazıklardan ise bir miktar daha yüksektir. Bir diğer önemli çıkarım ise söz konusu deney göz önünde bulundurulduğunda, elde edilen nihai taşıma gücünün hesaplanan ile son derece uyumlu olmasıdır.

Çorum sahasında gerçekleştirilen yükleme deneylerinde, tasarım yükü altında yaklaşık 2 - 5 mm mertebesinde son derece düşük ve büyük oranda elastik sınırlar içerisinde kalan deformasyonlar elde edilmiştir. Tasarım yükünün 1,5 katında dahi, deplasmanlar ortalama 6 mm mertebesinde olup, kazık çapının %1'ine dahi ulaşamamaktadır. Söz konusu değerler, deneyin verdiği bilgilerin sınırlı kaldığını ve hesaplanan nihai taşıma gücünün oldukça güvenli tarafta olabileceğini işaret etmektedir.

Van ve Amasya sahalarında sınırlı sayıda deney mevcuttur. Van sahasında, Çorum ile benzer biçimde emniyetli taşıma gücü altında deformasyonlar elastik sınırlar dahilinde kalmıştır. Tasarım yükünün 1,5 katında ise deplasmanlar Çorum deneylerinde gözlenenlerin bir miktar üstünde olup, ortalama 10 mm mertebesinde. Yine erken bitirilen bir deneyden ve güvenli tarafta kalan bir tasarım kapasitesinden söz edilmesi mümkündür.

Amasya sahasında proje yükünün 1,5 katında dahi ulaşılan en büyük deplasman 2,5 mm seviyesinde ve elastik sınırlar dahilindedir. Son derece güvenli tarafta kalan bir tasarım ve buna bağlı olarak prematüre bir yükleme deneyi söz konusudur.

İncelenen dört sahadan üçünde, deneylerin büyük oranda güvenli tarafta kalınan tasarım hesap sonuçları sebebi ile aslında nihai taşıma gücü göz önünde bulundurulduğunda gerekli geoteknik bilgiler sağlanamadan bitirilmiş olduğu anlaşılmaktadır. Bir sonraki alt bölümde bu husus da göz önünde bulundurularak beş adet deney sonucu yorumlama yönteminin uygunluğu ve güvenilirliği değerlendirilmiştir.

4.3.1. Mazurkiewicz yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması

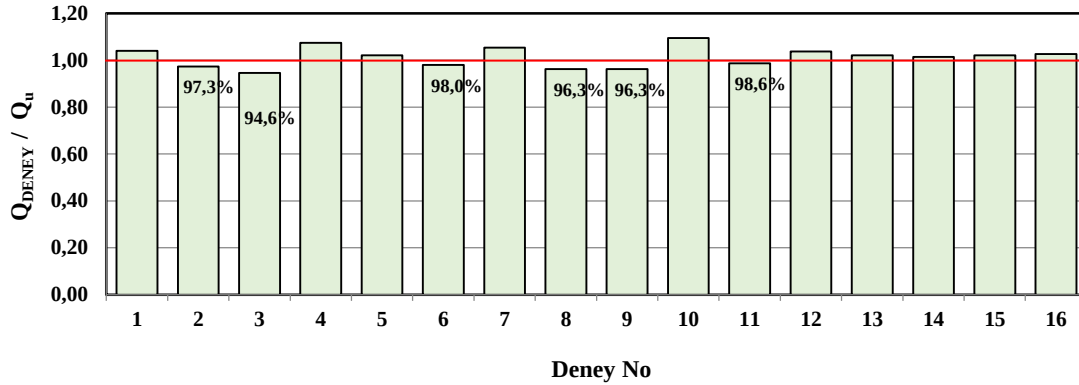
Dört farklı projede uygulanan toplam kırk iki adet statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü ile hesaplanan taşıma gücü arasındaki ilişki Çizelge 4.11’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Mazurkiewicz yönteminin kıyaslanması

MAZURKIEWICZ YÖNTEMİ											
Eskişehir			Çorum			Van			Amasya		
Deney No	Grafikten Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Qu)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Qu)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Qu)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Qu)
1E	308	296	1Ç	320	313	1V	182	199	1A	216	352
2E	288	296	2Ç	322	313	2V	173	199	2A	255	352
3E	280	296	3Ç	305	313	3V	194	199	3A	320	352
4E	318	296	4Ç	310	313	4V	192	199			
5E	302	296	5Ç	309	313						
6E	290	296	6Ç	307	313						
7E	312	296	7Ç	304	313						
8E	285	296	8Ç	345	313						
9E	285	296	9Ç	316	313						
10E	324	296	10Ç	308	313						
11E	292	296	11Ç	314	313						
12E	307	296	12Ç	314	313						
13E	302	296	13Ç	324	313						
14E	300	296	14Ç	319	313						
15E	302	296	15Ç	325	313						
16E	304	296	16Ç	322	313						
			17Ç	350	313						
			18Ç	330	313						
			19Ç	514	313						

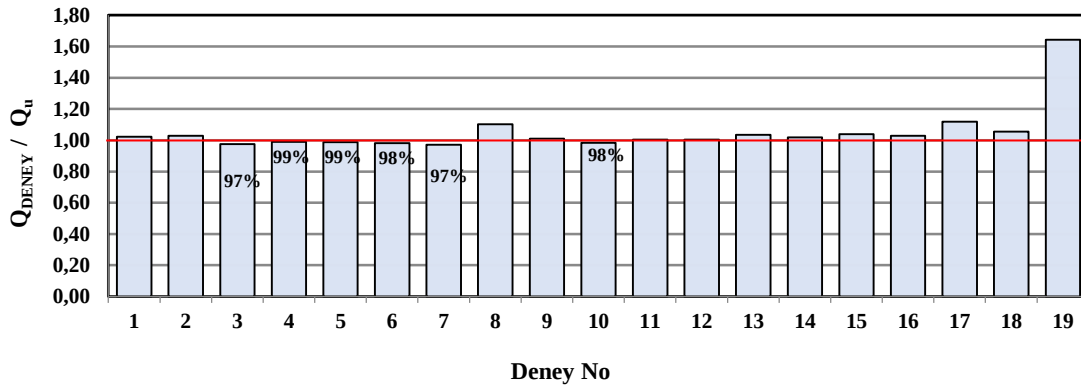
Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi kapsamında yapılan on altı adet statik eksenel basınç yükleme deneyi sonuçları incelendiğinde; Mazurkiewicz yönteminin nihai taşıma gücünü başarılı biçimde tahmin ettiği anlaşılmaktadır. Deneylerin on tanesinde Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü

değerinden büyüktür. Diğer altı tanesinde ise Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, yaklaşık olarak hesaplanan taşıma gücü değerinin % 96'sı kadardır. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



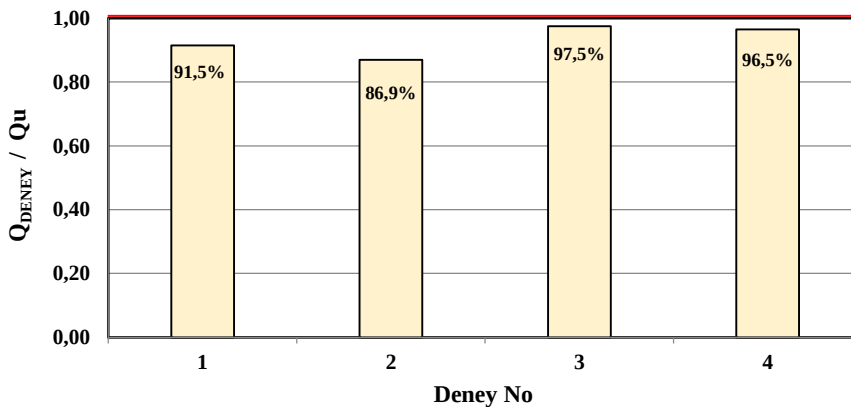
Şekil 4.9. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir)

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi kapsamında yapılan on dokuz adet statik eksenel basınç yükleme deneyi sonuçları incelendiğinde; Mazurkiewicz yönteminin nihai taşıma gücünü başarılı biçimde tahmin ettiği anlaşılmaktadır. Deneylerin on üç tanesinde Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyüktür. Diğer altı tanesinde ise Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, yaklaşık olarak hesaplanan taşıma gücü değerinin % 97'si kadardır. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



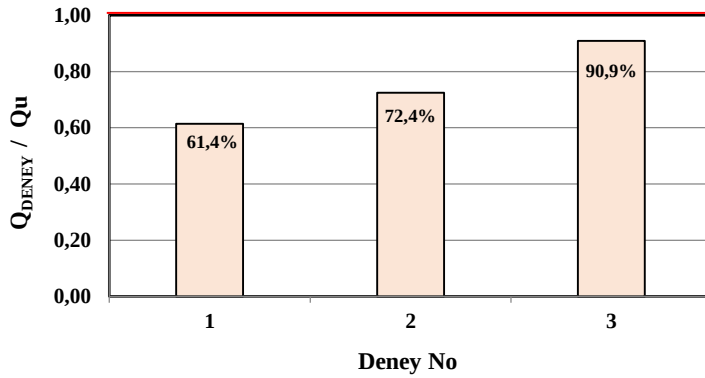
Şekil 4.10. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)

Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi kapsamında yapılan dört adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden küçük olmakla birlikte, aradaki fark kabul edilebilir seviyelerdedir. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 173 ton olup bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 86'sı kadardır. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.11'de gösterilmektedir. Burada yine dikkat edilmesi gereken husus, daha önce belirtildiği üzere deney düşük deformasyonlarda sonlandırıldığından, elde edilen kapasitenin yüksek bir güvenilirliğe sahip olmadığıdır.



Şekil 4.11. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van)

Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri kapsamında yapılan üç adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden küçüktür. Kısıtlı deney sayısına rağmen, söz konusu yöntemin en başarısız olduğu sahanın Amasya olduğu söylenebilir. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 216 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 61'i kadardır. Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENey}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Mazurkiewicz yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENey}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya)

4.3.2. Chin Kondner yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması

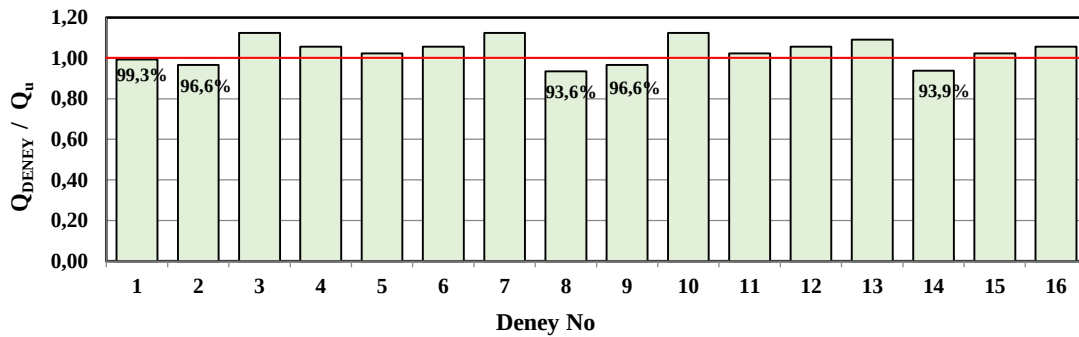
Dört farklı projede uygulanan toplam kırk bir adet statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri ile hesaplanan taşıma gücü değeri arasındaki ilişki Çizelge 4.12'de gösterilmektedir.

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi kapsamında yapılan on altı adet statik eksenel basınç yükleme deneyi incelendiğinde, Chin Kondner yöntemi ile elde edilen tahmini kapasite ile hesaplanan nihai taşıma gücünün son derece uyumlu olduğu görülmektedir. Yükleme testlerinin on bir tanesinde Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden az farkla büyüktür. Diğer beş tanesinde ise Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri yaklaşık olarak hesaplanan taşıma gücü değerinin % 97'si kadardır. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum

Projesi için Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.13'te gösterilmektedir.

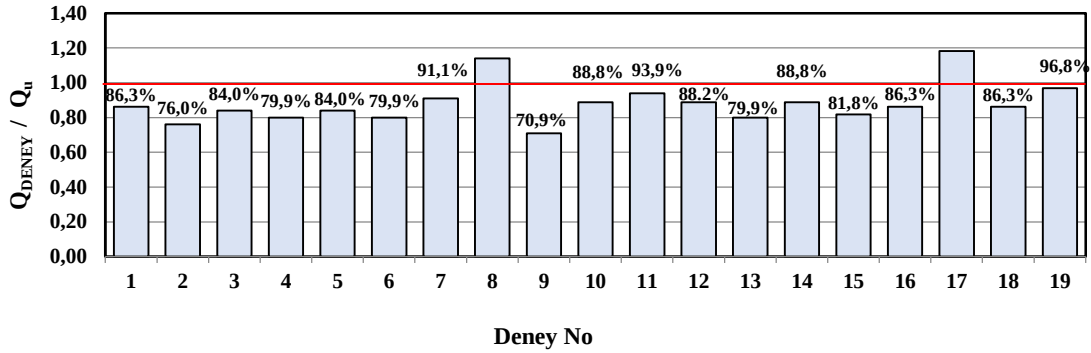
Çizelge 4.12. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Chin Kondner yönteminin kıyaslanması

CHIN KONDNER YÖNTEMİ											
Eskişehir			Çorum			Van			Amasya		
Deney No	Grafikten Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)
1E	294	296	1Ç	270	313	1V	322	199	1A	244	352
2E	286	296	2Ç	238	313	2V	213	199	2A	278	352
3E	333	296	3Ç	263	313	3V	227	199	3A	250	352
4E	313	296	4Ç	250	313	4V	244	199			
5E	303	296	5Ç	263	313						
6E	313	296	6Ç	250	313						
7E	333	296	7Ç	285	313						
8E	277	296	8Ç	357	313						
9E	286	296	9Ç	222	313						
10E	333	296	10Ç	278	313						
11E	303	296	11Ç	294	313						
12E	313	296	12Ç	278	313						
13E	323	296	13Ç	250	313						
14E	278	296	14Ç	278	313						
15E	303	296	15Ç	256	313						
16E	313	296	16Ç	270	313						
			17Ç	370	313						
			18Ç	270	313						
			19Ç	303	313						



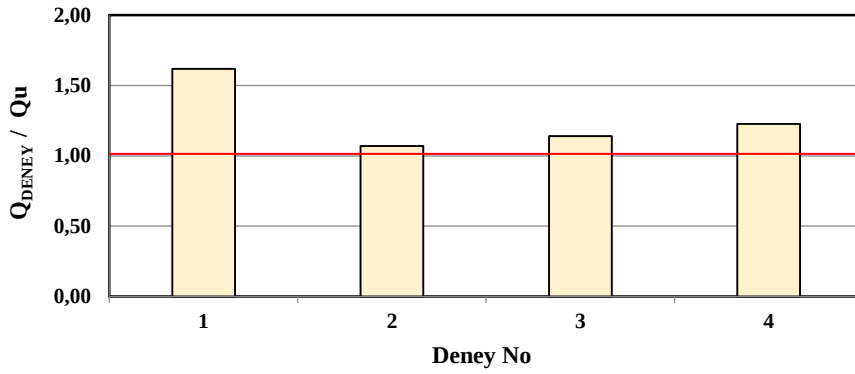
Şekil 4.13. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir)

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi kapsamında yapılan on dokuz adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin iki tanesinde Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyüktür. Diğer on yedi tanesinde ise Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden küçüktür. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 222 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 71'i kadardır. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.14'te gösterilmektedir.



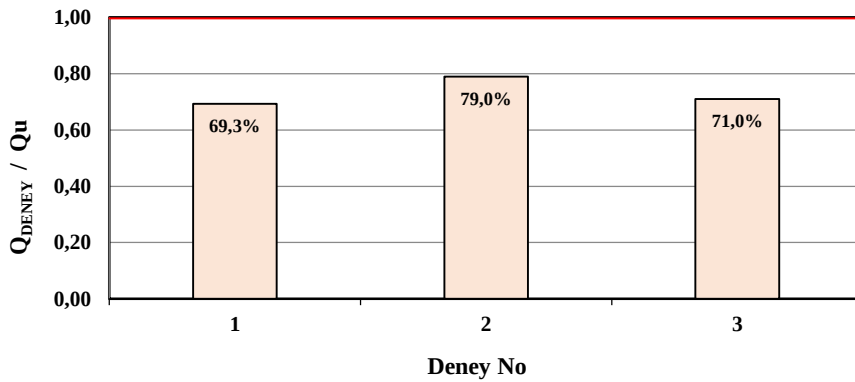
Şekil 4.14. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)

Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi kapsamında yapılan dört adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyüktür. Dört deneyin üçünde tasarım değerine oldukça yakın değerler elde edilmekle birlikte, bir deney fark oldukça yüksektir. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van)

Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri kapsamında yapılan üç adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin hepsinde Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden küçüktür. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 244 ton ve bu değer 244 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 69'u kadardır. Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Chin Kondner yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin ($Q_{ÖLÇ}$) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya)

4.3.3. Brinch-Hansen %80 yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması

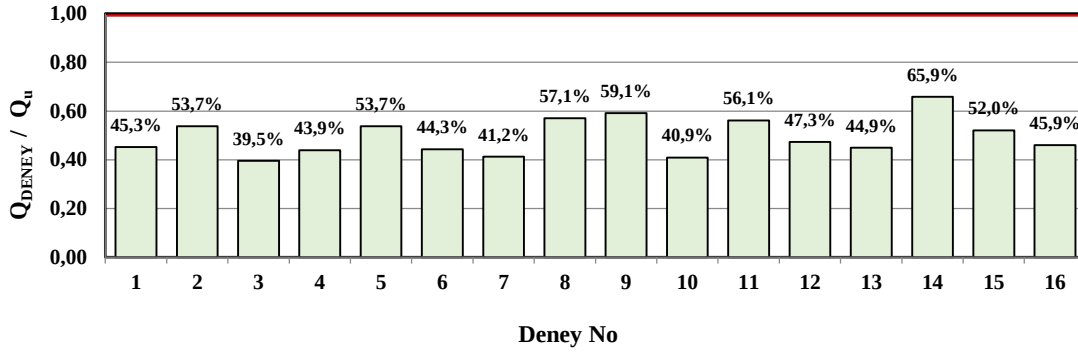
Dört farklı projede uygulanan toplam kırk bir adet statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri ile hesaplanan taşıma gücü değeri arasındaki ilişki Çizelge 4.13’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için Brinch-Hansen %80 yönteminin kıyaslanması

BRINCH-HANSEN %80 YÖNTEMİ														
Eskişehir			Çorum			Van			Amasya					
Deney No	Grafikten Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q _{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q _u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q _{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q _u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q _{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q _u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q _{DENEY})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q _u)			
1E	134	296	1Ç	129	313	1V	209	199	1A	165	352			
2E	159	296	2Ç	421	313	2V	217	199	2A	96	352			
3E	117	296	3Ç	154	313	3V	216	199	3A	78	352			
4E	130	296	4Ç	224	313	4V	337	199						
5E	159	296	5Ç	166	313									
6E	131	296	6Ç	182	313									
7E	122	296	7Ç	130	313									
8E	169	296	8Ç	89	313									
9E	175	296	9Ç	613	313									
10E	121	296	10Ç	145	313									
11E	166	296	11Ç	109	313									
12E	140	296	12Ç	135	313									
13E	133	296	13Ç	180	313									
14E	190	296	14Ç	133	313									
15E	153	296	15Ç	167	313									
16E	136	296	16Ç	137	313									
			17Ç	86	313									
			18Ç	146	313									
			19Ç	116	313									

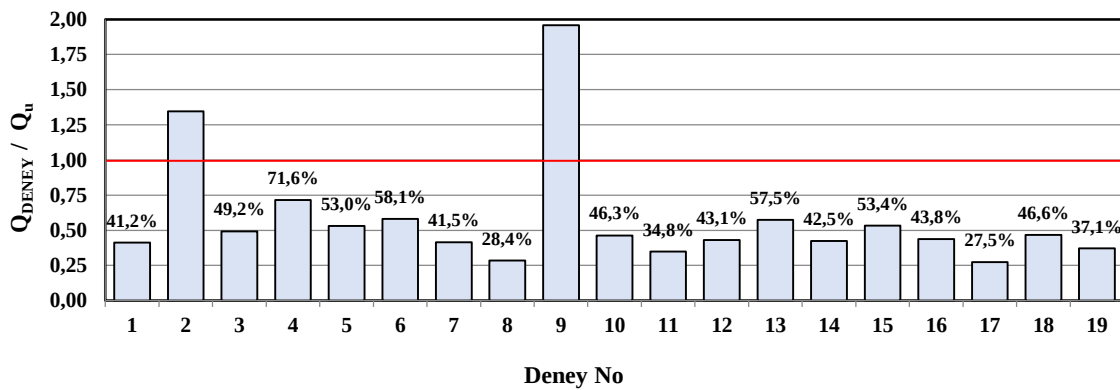
Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi kapsamında yapılan on altı adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden küçüktür. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 117 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 39’u kadardır. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin ($Q_{DENİY}$),

hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.17’de gösterilmektedir.



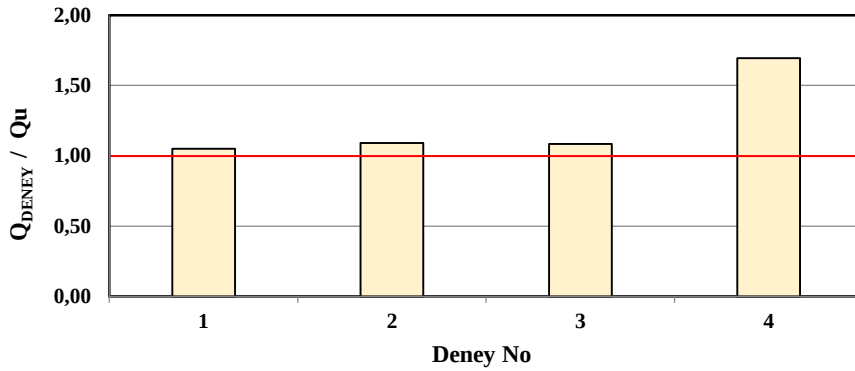
Şekil 4.17. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir)

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi kapsamında yapılan on dokuz adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin sonuçları incelendiğinde, tasarım kapasitesi ile oldukça uyumsuz sonuçlar elde edildiği gözlemlenmektedir. Deneylerin iki adedi Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden önemli miktarda büyüktür. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 86 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin %27’si kadardır. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.18’de gösterilmektedir.



Şekil 4.18. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)

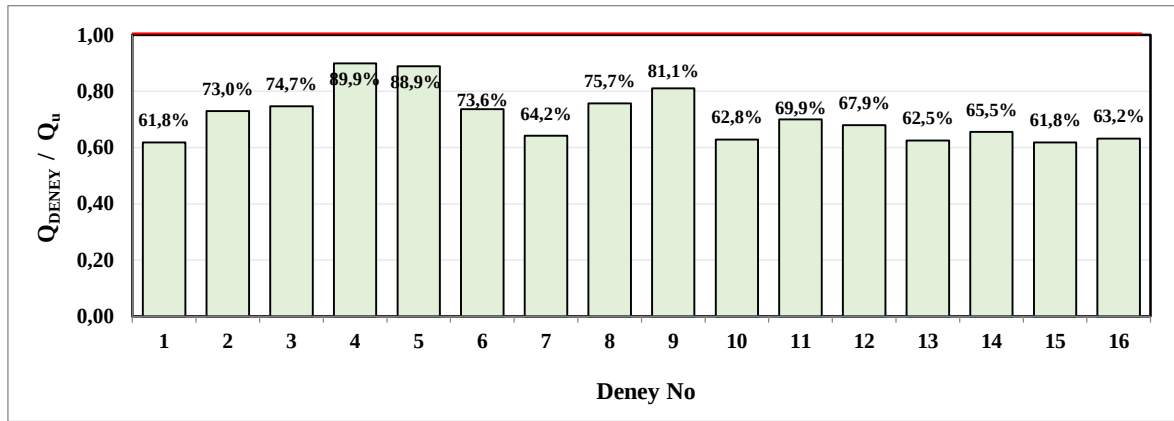
Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi kapsamında yapılan dört adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyüktür. Deneylerin üçünde önemli derecede uyumlu sonuçlar elde edilmekle birlikte, deney sayısının düşüklüğü sebebi ile yöntemin başarısı hususunda bir yorum yapmak güçleşmektedir. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.19’da gösterilmektedir.



Şekil 4.19. Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van)

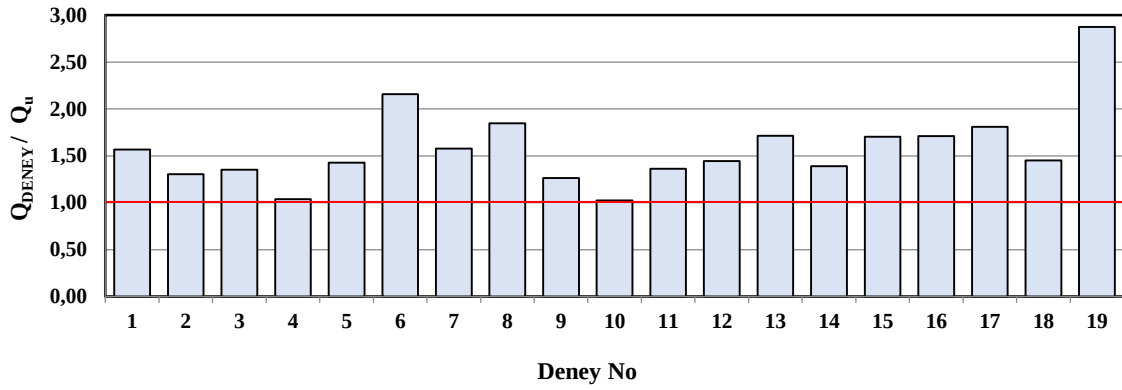
Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri kapsamında yapılan üç adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyük oranda küçüktür. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 78 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 22’si kadardır. Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi için Brinch-Hansen %80 yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.20’de gösterilmektedir.

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi kapsamında yapılan on altı adet statik eksenel basınç yükleme deneyleri incelendiğinde, tüm deneylerde Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden küçük olduğu görülmektedir. Grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 183 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 62'si kadardır. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.21'de gösterilmektedir.



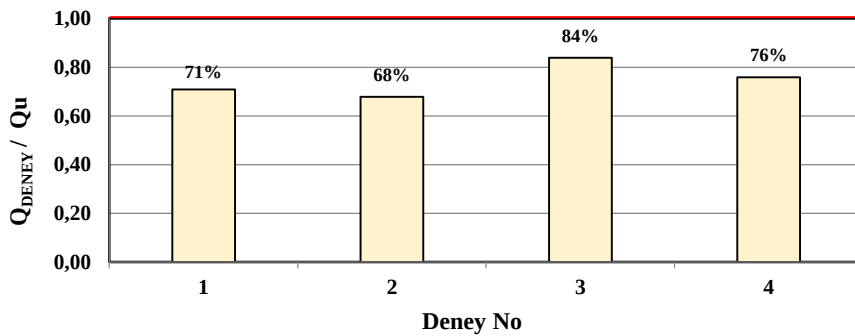
Şekil 4.21. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir)

650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi kapsamında yapılan on dokuz adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin hepsinde Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyüktür. Fark birçok deneyde önemli miktardadır. 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi için Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.22'de gösterilmektedir.



Şekil 4.22. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)

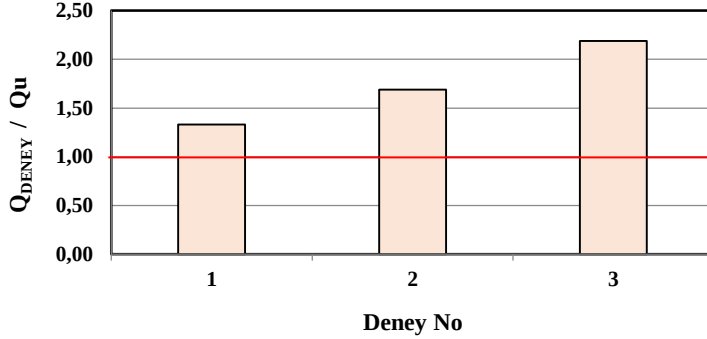
Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi kapsamında yapılan dört adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden önemli oranda küçüktür. Taşıma gücü değerleri arasındaki en küçük değer 135 ton ve bu değer hesaplanan taşıma gücü değerinin % 68’i kadardır. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.23’te gösterilmektedir.



Şekil 4.23. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van)

Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri kapsamında yapılan üç adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin tümünde Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyük olup, arada oldukça yüksek fark bulunmaktadır. Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri için Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin

(Q_{DENey}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



Şekil 4.24. Davisson yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin ($Q_{ÖLÇ}$) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya)

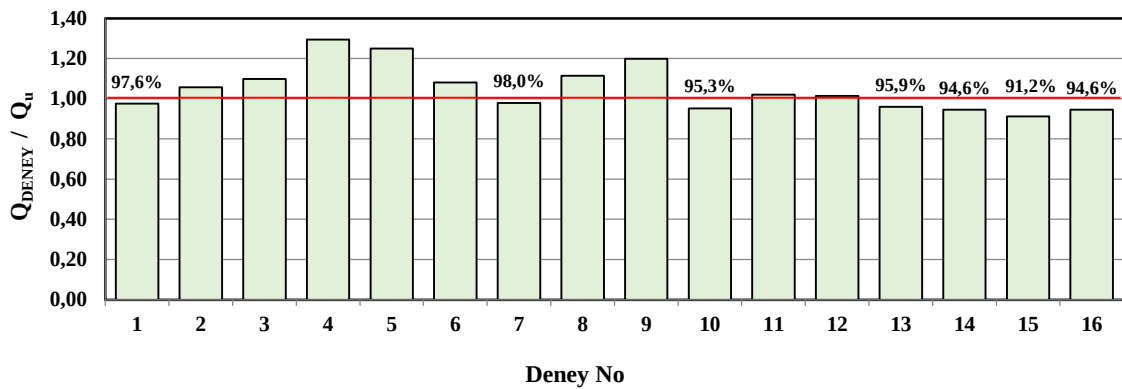
4.3.5. Hirany-Kulhawy yöntemiyle statik eksenel basınç yükleme deney sonuçlarının yorumlanması

Dört farklı projede uygulanan toplam kırk bir adet statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri ile hesaplanan taşıma gücü değeri arasındaki ilişki Çizelge 4.15'te gösterilmektedir.

Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi kapsamında yapılan on altı adet statik eksenel basınç yükleme deney sonuçları incelendiğinde, Hirany-Kulhawy yönteminin genel olarak hesaplanan kapasite ile uyumlu sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Deneylerin dokuz tanesinde Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden büyüktür. Diğer yedi tanesinde ise Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri yaklaşık olarak hesaplanan taşıma gücü değerinin % 91'i kadardır. Eskişehir 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi için Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENey}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.25'te gösterilmektedir.

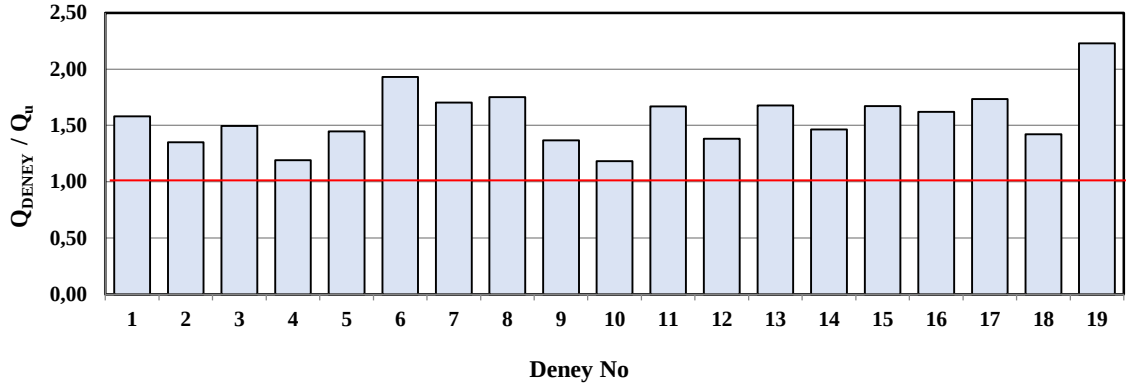
Çizelge 4.15. Statik yükleme deneyleri için Hirany-Kulhawy yönteminin kıyaslanması

HIRANY-KULHAWY YÖNTEMİ											
Eskişehir			Çorum			Van			Amasya		
Deney No	Grafikten Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)	Deney No	Ölçülen Taşıma Gücü Değeri (Q_{DENey})	Hesaplanan Taşıma Gücü Değeri (Q_u)
1E	289	296	1Ç	495	313	1V	188	199	1A	510	352
2E	313	296	2Ç	423	313	2V	183	199	2A	601	352
3E	325	296	3Ç	468	313	3V	203	199	3A	707	352
4E	383	296	4Ç	373	313	4V	201	199			
5E	370	296	5Ç	453	313						
6E	320	296	6Ç	604	313						
7E	290	296	7Ç	533	313						
8E	330	296	8Ç	548	313						
9E	355	296	9Ç	428	313						
10E	282	296	10Ç	370	313						
11E	302	296	11Ç	522	313						
12E	300	296	12Ç	432	313						
13E	284	296	13Ç	525	313						
14E	280	296	14Ç	458	313						
15E	270	296	15Ç	523	313						
16E	280	296	16Ç	507	313						
			17Ç	543	313						
			18Ç	445	313						
			19Ç	698	313						

Şekil 4.25. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENey}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Eskişehir)

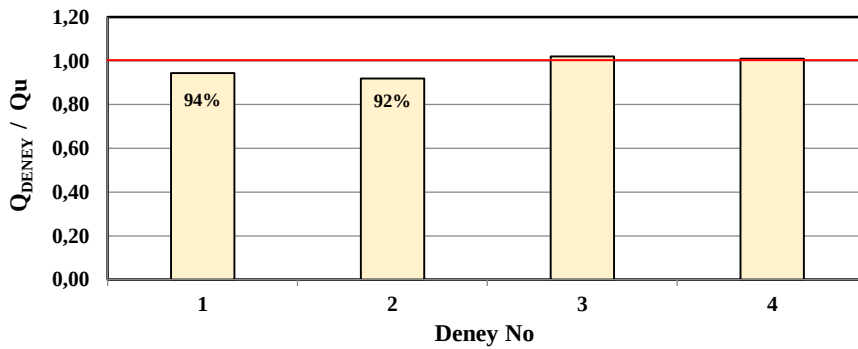
650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi kapsamında yapılan on dokuz adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin hepsinde Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden önemli ölçüde büyüktür. 650 Yataklı Çorum

Devlet Hastanesi için Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.26’da gösterilmektedir.



Şekil 4.26. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Çorum)

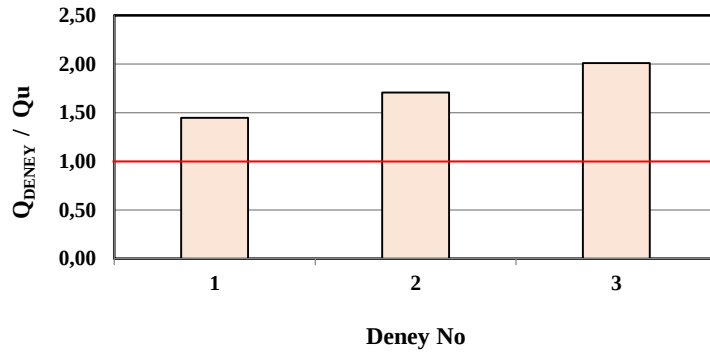
Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi kapsamında yapılan dört adet statik eksenel basınç yükleme deneyinden iki tanesinde Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değeri ile uyumludur. Van 200 Yataklı KVC ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi için Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.27’de gösterilmektedir.



Şekil 4.27. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Van)

Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri kapsamında yapılan üç adet statik eksenel basınç yükleme deneylerinin hepsinde Hirany-Kulhawy yöntemi ile

grafikten ölçülen taşıma gücü değerleri, hesaplanan taşıma gücü değerinden önemli oranda büyüktür. Amasya ili Ataşehir Hastanesi Kapsamındaki Doktorlar Sitesi projeleri için Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}), hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranlarını gösteren grafik Şekil 4.28’de gösterilmektedir.



Şekil 4.28. Hirany-Kulhawy yöntemi ile grafikten ölçülen taşıma gücü değerlerinin (Q_{DENEY}) hesaplanan taşıma gücü değerine (Q_u) olan oranları (Amasya)

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, birçok zemin şartında ekonomik bir zemin iyileştirme alternatifi olarak ortaya çıkan ve ülkemizde artan bir sıklıkla kullanılmaya başlanılan derin karıştırma kolonlarının yük-oturma davranışı ve kapasiteleri, dört farklı sahada gerçekleştirilmiş olan toplam kırk bir adet tam ölçekli yükleme deney verisi kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler aşağıda sunulmaktadır;

- Ülkemizde derin karıştırma kolonlarının taşıma gücü hesapları, fore kazıklar için uygulanan ile benzer biçimde yapılmaktadır. Söz konusu hesap yönteminin derin karıştırma kolonları için ne derece kesin ve güvenli olduğuna dair bir incelemeye literatürde rastlanmamıştır.
- Dört farklı sahada (Eskişehir, Çorum, Van ve Amasya) oluşturulan derin karıştırma kolonları için bu çalışma kapsamında hesaplanan ve mevcut geoteknik raporlarda hesaplanan nihai ve emniyetli taşıma gücü değerleri fore kazık bazlı yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Fakat özellikle SPT-N darbe sayılarının düzeltmeleri ve kohezyonsuz zeminlerde kritik derinlik belirlenmesi gibi detaylar sebebi ile elde edilen kapasitelerde bazı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bunun dışında, geoteknik parametre seçiminde uygulamada gerçekleştirilen alışlageldik sistematüğın dışına çıkılmamıştır. Bu sebeple yöntemlerden elde edilen sonuçların güvenilirliğinde parametre seçiminin etkisi ihmal edilebilir düzeyde olacaktır.
- Eskişehir, Çorum ve Van sahalarında mevcut geoteknik raporlarda ve bu çalışma kapsamında elde edilen taşıma gücü değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Amasya örneğinde ise aynı yöntem temel alınmasına rağmen elde edilen taşıma gücü değerleri çok büyük farklılıklar göstermektedir.
- Gerçekleştirilmiş olan tam ölçekli yükleme deneyleri, söz konusu kapasitelerin ve buna bağlı olarak uygulanan hesap yönteminin güvenilirliğini belirlemek için önemli doneler sunmaktadır.
- Tam ölçekli yükleme deneyleri, tüm sahalarda hesaplanan emniyetli kapasitenin 1,5 katına kadar yükleme sureti ile gerçekleştirilmiştir. Maksimum deney yükü ve emniyetli kapasitede ölçülen en yüksek ve ortalama derin karıştırma kolon deplasmanları oldukça önemli bir noktayı açığa çıkartmaktadır.

- Hesaplanan emniyetli kapasiteler altında meydana gelen maksimum oturma miktarları sadece Eskişehir sahasında 10 mm mertebesine ancak ulaşmış, diğer sahalarda ise yaklaşık 1,5 ile 4,5 mm arasında kalmıştır. Söz konusu değerlerin tümünün temel tasarımında izin verilebilir oturma miktarlarının oldukça altında olduğu açıktır. Emniyetli kapasitenin 1,5 katındaki maksimum deney yükünde dahi maksimum oturmalar son derece düşük değerler olarak Eskişehir için 20 mm, Van için 12 mm, Çorum için 10 mm, Amasya için ise 3 mm'ye dahi ulaşmamıştır.
- Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, temel tasarımında oturma sınırlarının aslen farklı oturmalar dikkate alınarak oluşturulmuş olmasıdır. Eş yükleme altındaki iki derin karıştırma kolonu teorik olarak aynı elastik deformasyonu yapacağından, farklı oturma sadece elastik deformasyon harici deplasmanlar kaynaklı meydana gelebilecektir. Bu noktadan hareket ile söz konusu sahalarda yer alan derin karıştırma kolonlarında elastik oturma miktarları hesaplanmıştır.
- Eskişehir sahası dışında tüm derin karıştırma kolonları hesaplanan emniyetli taşıma gücüne eşit yükler altında henüz sadece elastik deformasyon seviyesinde kalmışlardır. Eskişehir sahasında meydana gelen oturma miktarı da, temeller için tipik oturma sınırlarının son derece altındadır.
- Eskişehir sahasında yenilmeye dek yapılan yükleme, uç dayanımının çapın yaklaşık %2 - %2,5'i mertebesindeki deplasmanlarda önemli oranda mobilize olduğunu işaret etmektedir. Bu değer fore kazıklardan küçük, çakılan kazıklardan ise büyüktür.
- Bu noktadan hareket ile incelenen dört sahadan üçünde, deneylerin büyük oranda güvenli tarafta kalınan tasarım hesap sonuçları sebebi ile aslında nihai taşıma gücü göz önünde bulundurulduğunda gerekli geoteknik bilgiler sağlanamadan bitirilmiş olduğu anlaşılmaktadır. Derin karıştırma kolonları üzerinde gerçekleştirilen eksenel yükleme deneylerinin, yenilmeye ulaşılmasa dahi, asgari olarak çapın %2'si oranında düşey deplasman elde edilinceye dek sürdürülmesi gerektiği anlaşılmaktadır.
- Yük mobilizasyonu ile deformasyonlar arasında elde edilen söz konusu ilişki, derin karıştırma kolonlarının emniyetli taşıma gücü mertebesindeki yükler altında hemen hemen tüm yapılar tarafından kabul edilebilecek ölçüde oturma yapacağını işaret etmektedir. Bu husus, tipik emniyet katsayıları kullanılması halinde, özel durumlar haricinde derin karıştırma kolonu tasarımında ayrıca bir deformasyon analizine ihtiyaç duyulmayacağını göstermektedir.

- Uygulanan taşıma gücü belirleme yöntemi Eskişehir sahasında deney ölçümleri ile uyumlu sonuçlar ortaya çıkartmıştır. Diğer sahalarda ise deneyler erken bitirildiğinden bu konuda yorum yapmak zorlaşmaktadır.
- Taşıma gücü hesaplarında ki yüksek oranda tutuculuk, gerçekleştirilen yükleme deneylerinin de hedeflerine tam olarak ulaşmasına engel olmaktadır. Çünkü yukarıda belirtildiği üzere, deneyler geoteknik raporda hesaplanmış olan emniyetli taşıma gücünün 1,5 katına dek sürdürülmektedir.
- Deneylerin prematüre sonlandırılması sebebi ile derin karıştırma kolonu nihai taşıma gücünün güvenli şekilde belirlenmesi de mümkün olmamaktadır. Yine de, bu hususu göstermek amacı ile uygulamada kazık yükleme deney sonuçlarının yorumlanmasında sıkça kullanılan beş yöntem, kırk iki adet yükleme deneyinin sonuçlarının incelenmesinde kullanılmıştır.
- Yüklemenin en yüksek deplasmana ulaştığı Eskişehir’de gerçekleştirilen yükleme deneylerinde Mazurkiwicz, Chin-Konder ve Hirany-Kulhawy yöntemleri birbirine yakın ve 300 t mertebesinde nihai taşıma gücü değerini işaret ederek, hesaplanan taşıma gücü ile uyumlu sonuçlar sunmuştur.
- Mazurkiewicz ve Chin-Kondner Van ve Çorum sahalarında, Hirany-Kulhawy yöntemi ise Van sahasında da kabul edilebilir fakat Eskişehir sahasına göre hesaplanan taşıma gücü ile daha uyumsuz sonuçlar ortaya koymuştur. Söz konusu uyumsuzluk incelenen yöntemlerin yetersizliğinden çok, deneylerin son derece düşük deformasyon seviyelerinde bitirilmesi kaynaklıdır.
- Her üç yöntem de, derin karıştırma kolonları için asgari olarak çapının %2’sine denk gelen düşey deformasyon seviyelerine ulaşan eksenel yükleme deneylerinde kapasitenin belirlenmesinde kullanılabilir olarak değerlendirilmektedir.
- En yüksek deformasyon seviyesine ulaşılan Eskişehir sahasında dahi Brinch-Hansen %80 ve Davisson yöntemleri son derece tutarsız taşıma gücü değerleri ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar dahilinde söz konusu yöntemlerin fore kazıklarda olduğu gibi derin karıştırma kolonlarında da kullanılmaları önerilmez. Bu iki yöntemin çakılan kazıklar için geliştirilmiş olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Kısmen maksimum olarak kazık çapının %1,4’ü oranında bir deplasmana kadar yükleme gerçekleştirilen Van ve Çorum sahaları ile daha da önemlisi kazık çapının yalnızca %0,3’üne ulaşılan Amasya sahasında, inceleme konusu kazık taşıma gücü yorum yöntemlerinin kendi içlerinde ve aralarındaki tutarsızlıkları bu çalışma kapsamında

sunulmuştur. Uygulamada, prematüre sonlandırılan kazık yükleme deneylerinde bu çalışmada irdelenen ve daha başka yöntemlerin kullanımı ile taşıma gücü belirlenmesine sıkça şahit olunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, yeterli deplasmana ulaşılmadan herhangi bir yöntem ile taşıma gücü belirlenmesinin uygun olmadığını açıkça ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Akan, R. (2013). *Jet grout yönteminin zemin iyileştirmesine katkısının ve bu yöntemde kullanılan parametrelerin etkilerinin irdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Isparta.
- Akbaş S. O., İçöz, G., Kubin, D. (2012). Van 200 Yataklı Kardiyovasküler Cerrahisi (KVC) ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi Wet Soil Mixing (WSM) Zemin Islahı Hesap Raporu; Prota Mühendislik, Ankara.
- Andrus, R. D., Chung, R. M. (1995). *Ground improvement techniques for liquefaction remediation near existing lifelines*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- ANSI. (2007). *ASTM D 1143/D standard test methods for deep foundations under static axial compressive load*. America: American National Standards Institute.
- Avcı, S. (2013). 320 Pafta 2157 Ada Parsel’de Yapılacak Eskişehir Stadyum Projesi Temel Altı Derin Karıştırma Projesi Hesap Raporu; İksa Mühendislik, Ankara.
- Axtell, J. P., Stark, T. D. (2008). Increase in shear modulus by soil mix and jet grout methods. *DFI Journal, Deep Foundations Institute*, 2(1), 11-22.
- Aygün, A. (2011). 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi Zemin İnceleme Raporu; Sönmez Mühendislik, Samsun.
- Bahner, E. W., Naguib, A.M. (1998). *Design and construction of a deep soil mix retaining for the lake parkway freeway extension, Soil improvement for big dig*, USA: American Society of Civil Engineers.
- Bentley, S. P., Carter, M. (1991). *Correlations of soil properties*. London: Pentech Press.
- Bergado, D. T., & Lorenzo, G. A. (2005). A full-scale study on cement deep mixing in soft Bangkok clay. *Elsevier Geo-Engineering Book Series*, 3, 305-325.
- Birand, A. (2001). *Kazıklı temeller*. Ankara: Teknik Yayınevi.
- Bruce, D. A., Bruce, M. E. C. (2003). The Practitioner’s guide to deep mixing. *Geotechnical Special Publication*, 1, 474-488
- Bruce, D. A., Bruce, M. E. C., Dimillio A. F. (1998). Deep mixing method: A global perspective. *American Society of Civil Engineers*, 68(12), 38-41.
- Can, A., Acar, K. (2013, Eylül – 2013, Kasım). Eskişehir 33000 Seyirci Kapasiteli Stadyum ϕ 80 cm Derin Karıştırma Kolonu Yükleme Testi Sonuç Raporu; İksa Mühendislik, Ankara.
- Can, A., Acar, K. (2013, Mayıs). Van 200 Yataklı Kardiyovasküler Cerrahisi (KVC) ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi İnşaatı İş ϕ 80 cm (Derin Karıştırma Kolonu (1-4)) Yükleme Deneyi Sonuç Raporu; İksa Mühendislik, Ankara.

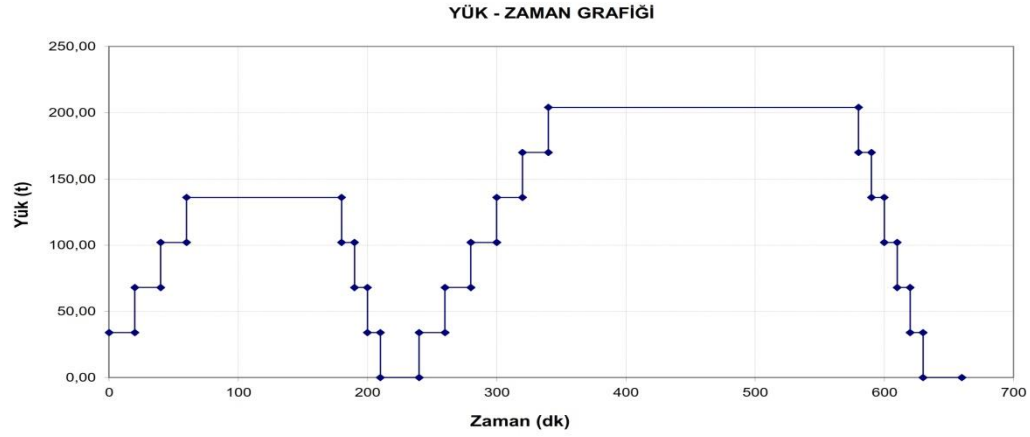
- Can, A., Acar, K. (2014, Eylül). Amasya Ataşehir Hastanesi ve Doktorlar Sitesi İnşaatı ϕ 80 cm WSM (Derin Karıştırma Kolonu (1- 3)), Yükleme Testi Sonuç Raporu; İksa Mühendislik, Ankara.
- Can, A., Acar, K. (2014, Mart – 2014, Haziran). Çorum 650 Yataklı Devlet Hastanesi ϕ 80 cm WSM (Derin Karıştırma Kolonu (1-19)) Yükleme Testi Sonuç Raporu; İksa Mühendislik, Ankara.
- Chen, J., Zhang, L. P. E., Zhang J., Zhu Y. and Wang J. (2013). Field tests, modification and application of deep soil mixing method in soft clay. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 139(1), 24-34.
- Cirit, O., Uslu, Ö. (2012). Eskişehir İli Tepebaşı İlçesi, Sazova Mahallesi 33000 Kapasiteli Stadyum Projesi'ne Ait Zemin Etüt Raporu; Grafit Jeoloji Mühendislik, Eskişehir.
- Çalışkan, Ö. (2003). *Kazıklı temellerin analitik yöntemlerle statik ve betonarme çözümleri*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Das, B. (2011). *Principles of foundation engineering*. USA: Cengage Learning.
- Denies, N., Lysebetten, G. V. (2012, 31 May-1 June). *Soil mixing 2 – deep mixing*. TC 211 International Symposium on Ground Improvement, Brussels, Belgium.
- Dinç, H. (2010). *Osterberg hücresi ile kazık taşıma kapasitesinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Durgunoğlu, H. T., Kulaç H. F., Oruç, K., Öge, C. E. ve Eker, F. Ş. (1998). *Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirmesi üzerine bir uygulama*. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi, İstanbul, Türkiye.
- FHWA. (1999). *FHWA-RD-99-138 an introduction to the deep mixing methods as used in geotechnical applications*. ABD: Federal Highway Administration.
- Fellenius, B. H. (2001). *What capacity value to choose from the results of a static loading tests*. New Jersey: Deep Foundation Institute.
- Gökalg P. (2014). Amasya İli Merkez İlçesinde Yapılacak Olan Hastane Kapsamındaki Doktorlar Sitesi Geoteknik Değerlendirme Raporu; İksa Mühendislik, Ankara.
- Gunther, J., Holm, G., Westberg, G., and Eriksson, H. (2004). Modified Dry Mixing (MDM)–a new possibility in deep mixing. *ASCE Geotechnical Special Publication*, 126, 1375, 1384.
- Hussin, J. D. (2006). *Methods of soft ground improvement*. LLC: Taylor & Francis Group.
- Karaca, D. (2008). *Kazıkların yatay ve düşey yükler altındaki davranışı kazıklı temeller ve örnek uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kawasaki, T., Suzuki, Y., and Suzuki, Y. (1981). On the deep mixing chemical mixing method using cement hardening agent. *Takenaka, Technical Research Report*, 26, 13-42.

- Kılıç, O. (2013). *Derin karıştırma yöntemi tasarım ve uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kirkit, M. (2009). *Türkiye’de yapılmış kazık yükleme deneylerinden veri tabanı oluşturulması ve veri tabanında bulunan kayaya soketli fore kazıkların analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kitazume, M. (2013). Deep mixing method in Japan. *Geotechnical Engineering Jpurnal of the SEAGS and AGSSEA*, 44(4), 97-114.
- Kitazume, M., Terashi, M. (2013). *The deep mixing method*. Netherlands: CRC Press.
- Kulhawy, F. H. (1984). *ASCE drilled shaft standard: University perspective*. New York: Analysis& Design of Pile Foundations.
- Küsin, C. C. (2009). *Jet grout yöntemi ile iyileştirilen zeminlerin sonlu elemanlar yöntemiyle sayısal analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Laman, M., Kayışoğlu, M. S. (2013). 650 Yataklı Çorum Devlet Hastanesi Geoteknik ve Zemin İyileştirme Raporu; Kayhan Mühendislik, Ankara.
- McGregor, J. A., Duncan, J. M. (1998). *Performance and use of the standard penetration test in geotechnical engineering practice*. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Mert, M. (2012). *Statik ve dinamik kazık yükleme deney sonuçlarının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Navin, M. P. (2005). *Stability of embankments founded on soft soil improved with deep-mixing-method columns*, PhD Thesis, The Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.
- Porbaha, A. (1998). State of the art in deep mixing technology: Part I. basic concepts and overview. *Ground Improvement*, 2(2), 81-92.
- Porbaha, A., Shibuya, S., Kishida, T. (2000). State of the art in deep mixing technology: Part III. geomaterial characterization. *Ground Improvement*, 4(3), 91-110.
- Porbaha, A., Tanaka, H., Koyoyashi, M. (1998). State of the art in deep mixing technology: Part II. applications. *Ground Improvement*, 2(2), 125-139.
- Prakash, S., Sharma, H. D. (1990). *Pile foundations in engineering practice*. USA: John Wiley & Sons.
- Ryan, R. C., Jasperse B. H. (1991). Deep soil mixing at the jackson lake dam. *American Society of Civil Engineers*, 117(12), 1976-1978.
- Sağlam, A., Düzceer, R. (2004). *Kazık yükleme deneyi sonuçlarının yorumlanması*. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul, Türkiye.

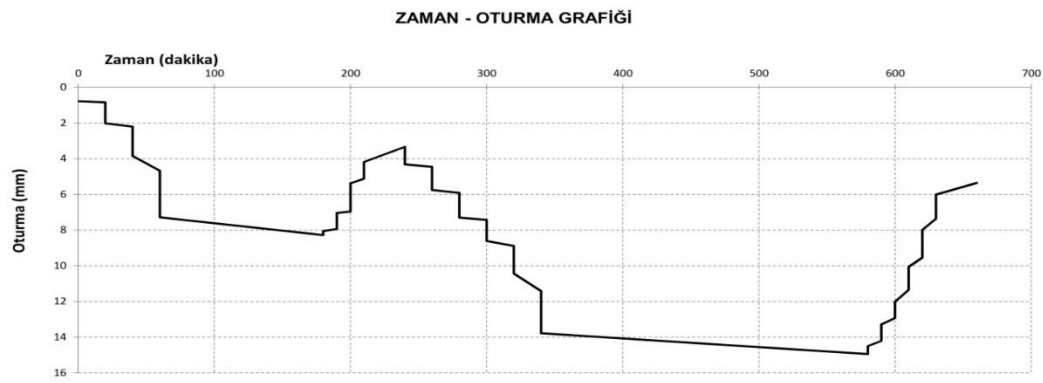
- Sivrikaya O., Toğrul E. (2007). Türkiye’de SPT-N değeri ile ince daneli zeminlerin drenajsiz kayma mukavemeti arasındaki ilişkiler. *İMO Teknik Dergi*, 18(4), 4229-4246.
- Sivrikaya O., Toğrul E. (2009). *Arazi deneyleri ve geoteknik tasarımda kullanımları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Sonuvar, M. M. (2007). *Kazık yükleme deneyi prosedürü*. 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumunda sunuldu, İzmir.
- Şengör, M. Y. (2011). *Yumuşak kil zemin içinde derin karıştırma kolonlarının deformasyon karakteristikleri, bir model deney çalışması*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şengör, M. Y., Tekin, M., Pekcan, O., Öztürk and Ergun, U. (2012). *Settlement of foundation on soils improved by columns*. 10th International Congress on Advances in Civil Engineering, Ankara, Turkey.
- Tekin, E., Özdemir, A. (2013). *Derin karıştırma yöntemi ile iyileştirilen zeminin vaka analizi*. 5. Geoteknik Sempozyumunda sunuldu, Adana.
- Teksa Teknik Sondaj Araştırma Mühendislik. (2014). Amasya Merkez Ataşehir Hastanesi ve Doktorlar Sitesi Sondaj Değerlendirme Raporu, Amasya.
- Toğrol, E., Tan, O. (2009). *Kazıklı temeller*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Topolnicki, M. (2004). In situ soil mixing. *Ground Improvement*, 2, 331-428.
- Topolnicki, M. (2006). *In situ soil mixing*. In M. P Moseley, B. Gebreselassie, (Eds.), *Ground Improvement book*. Second Edition. New York: Spon Press.
- Turan, E. (2006). *Statik ve dinamik düşey yükler altındaki kazıklı temellerin davranışı*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Yenişan, T. (2012). Van 200 Yataklı Kardiyovasküler Cerrahisi (KVC) ve 300 Yataklı Kadın Doğum – Çocuk Devlet Hastanesi Zemin İnceleme Raporu; Pusula Jeoteknik Proje Mühendislik, Eskişehir.
- Yıldırım, S. (2004). *Zemin incelemesi ve temel tasarımı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

EKLER

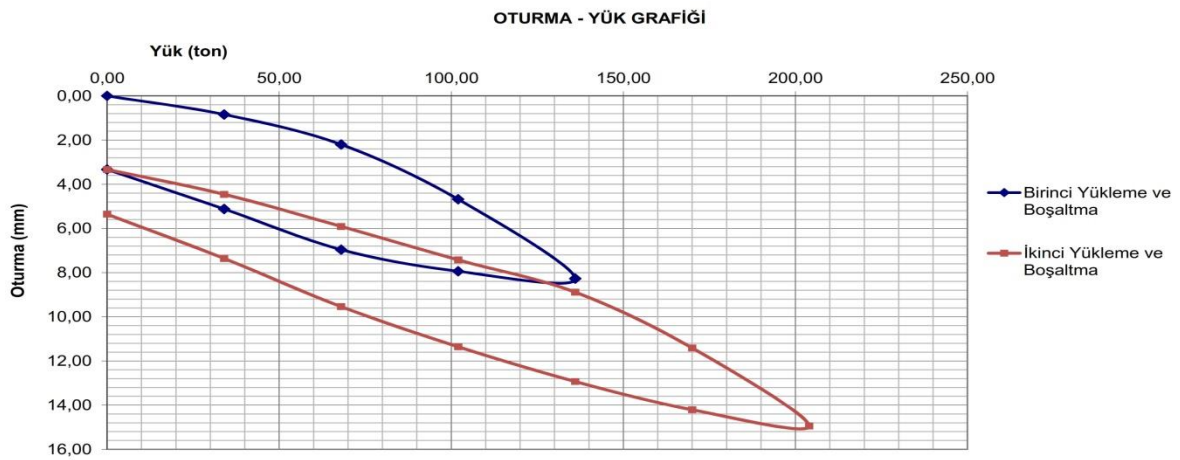
EK-1. Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.1. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

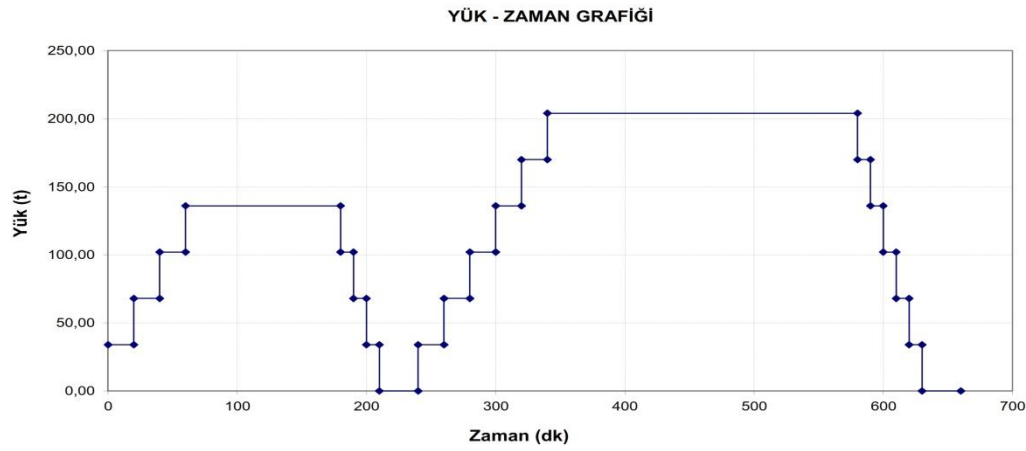


Şekil 1.2. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

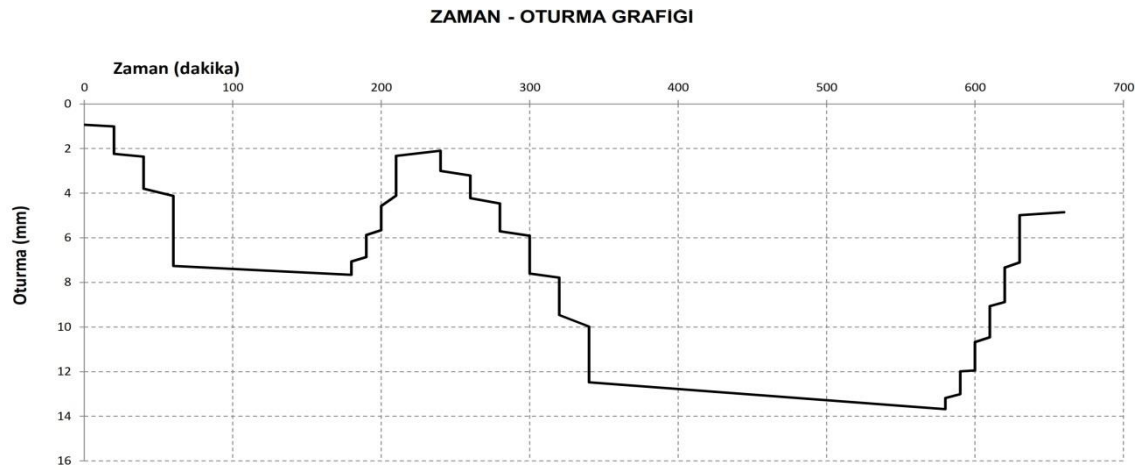


Şekil 1.3. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için oturma – yük grafiği

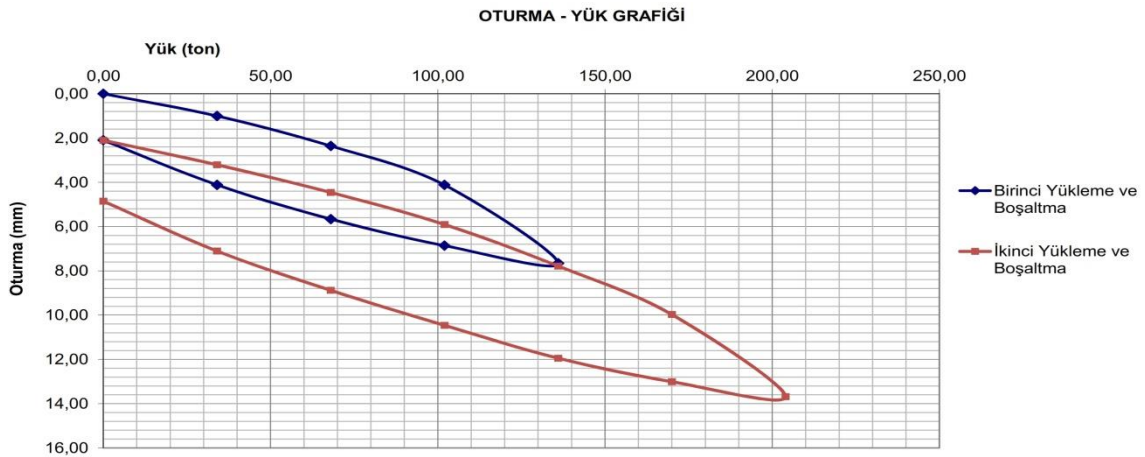
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.4. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

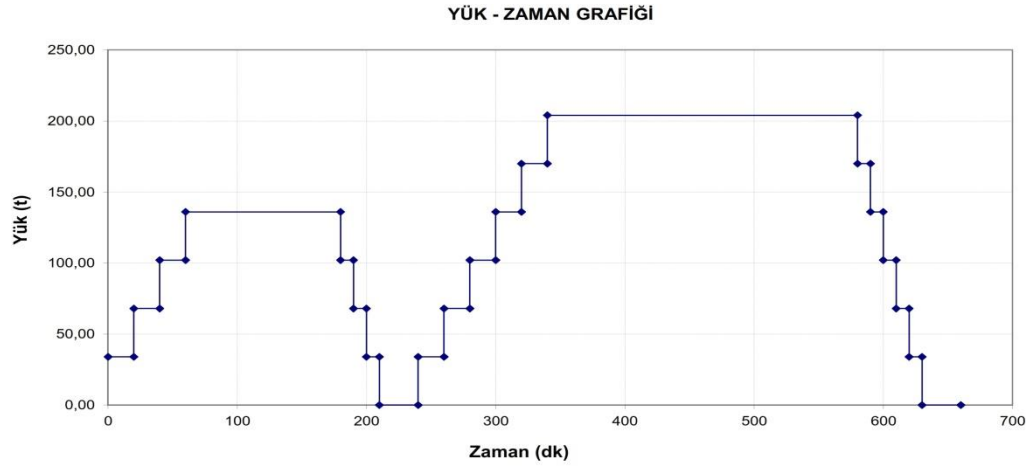


Şekil 1.5. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

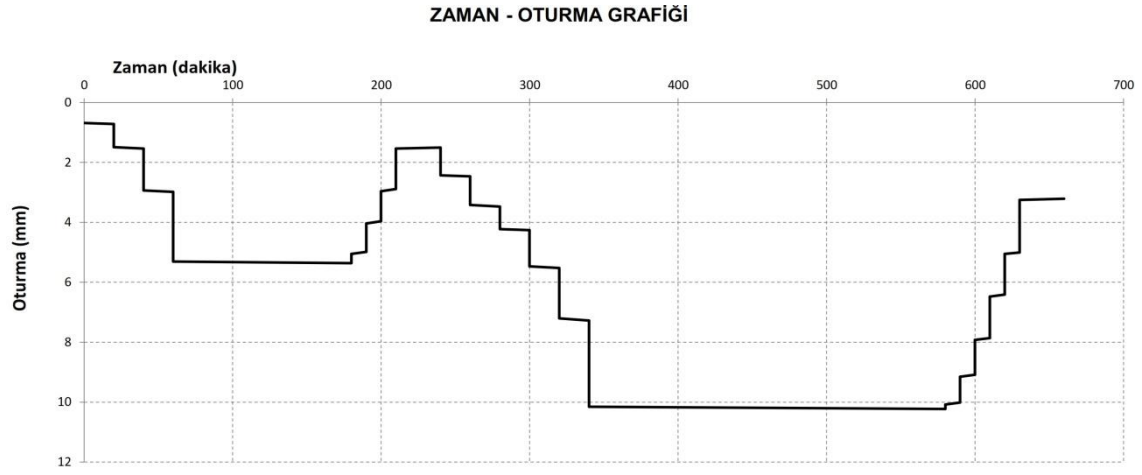


Şekil 1.6. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

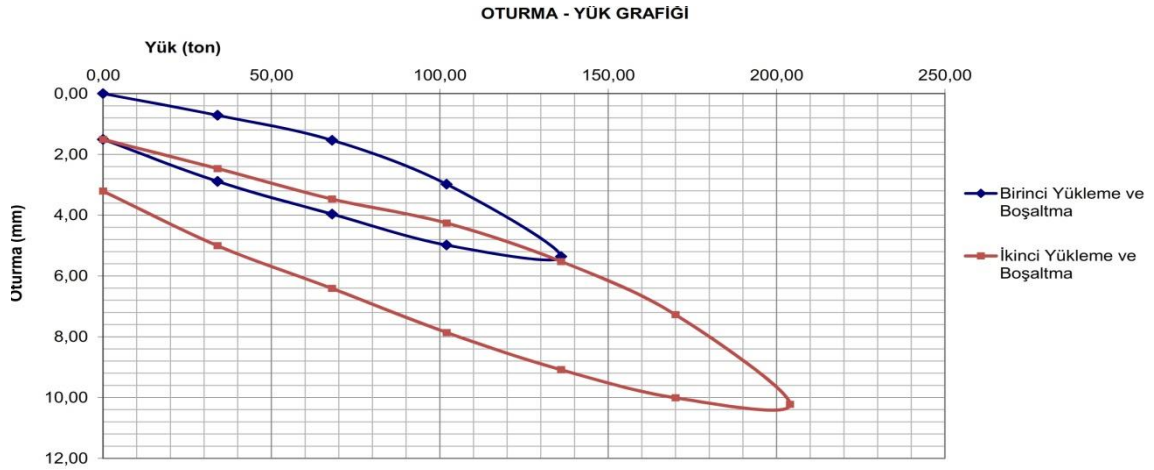
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.7. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

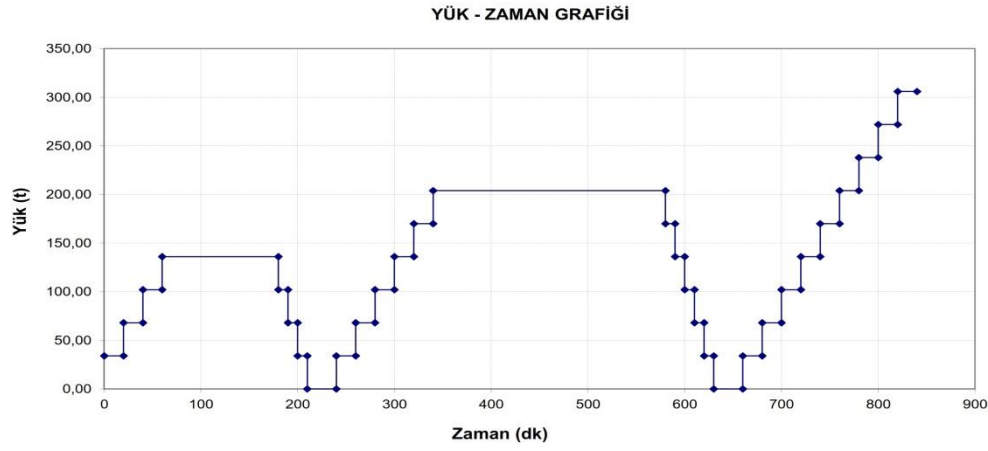


Şekil 1.8. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

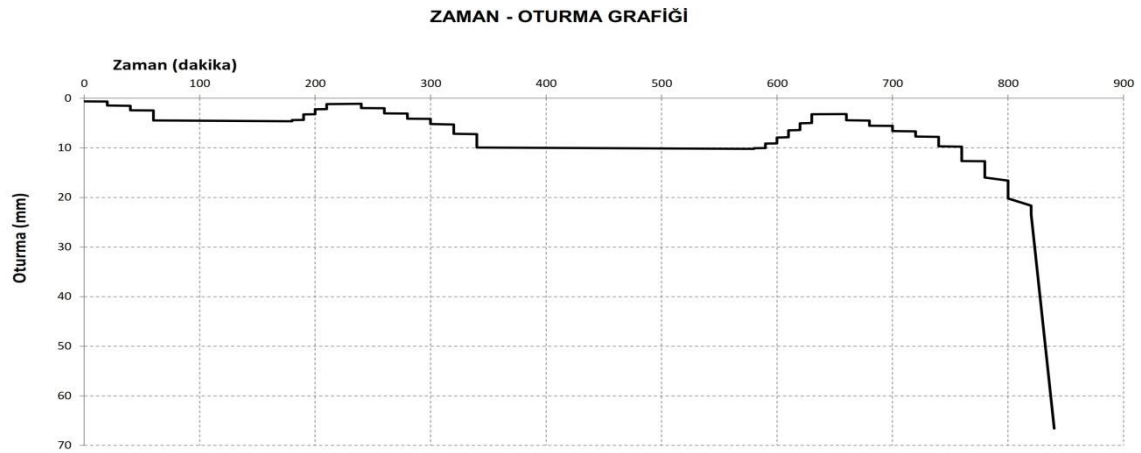


Şekil 1.9. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

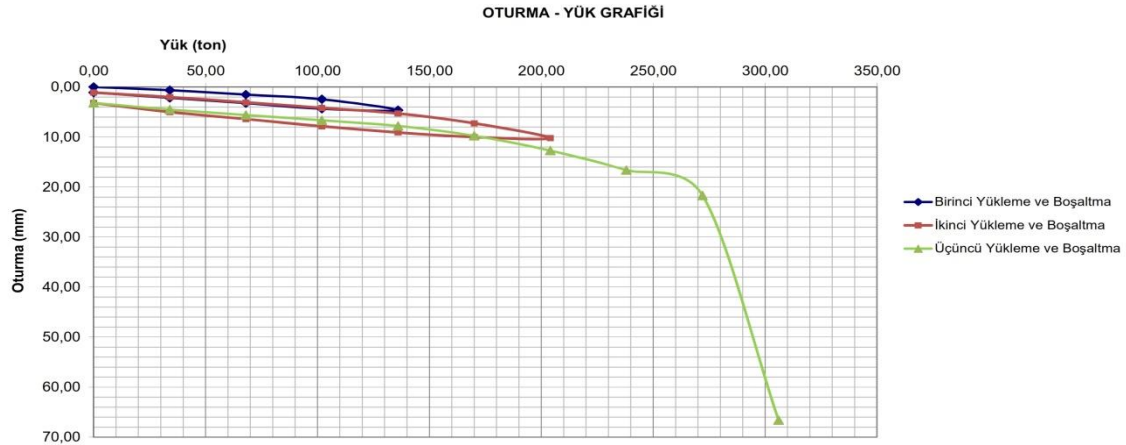
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.10. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

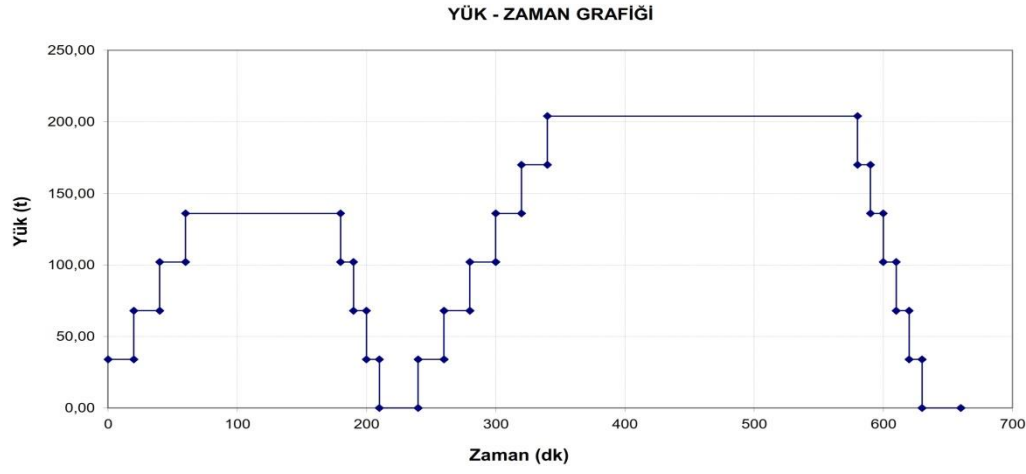


Şekil 1.11. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

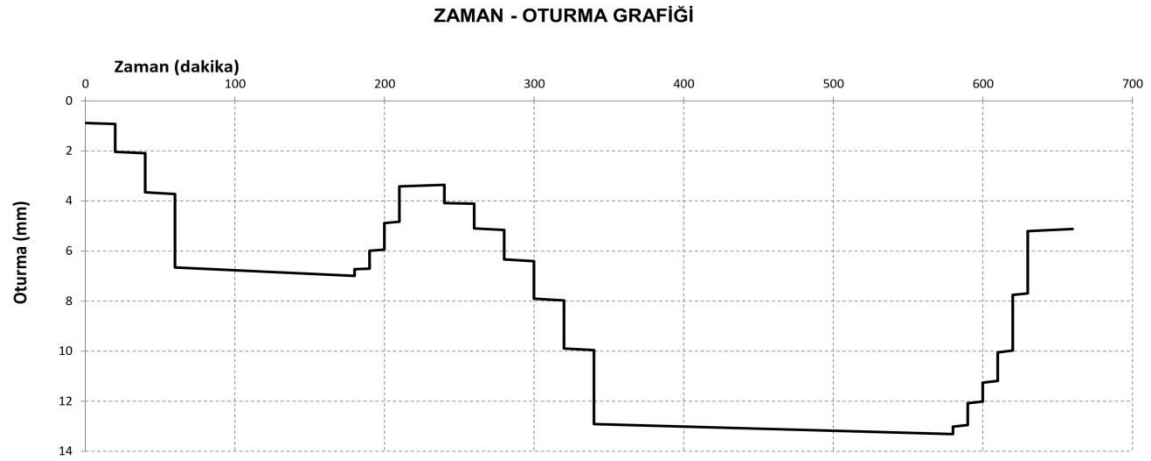


Şekil 1.12. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

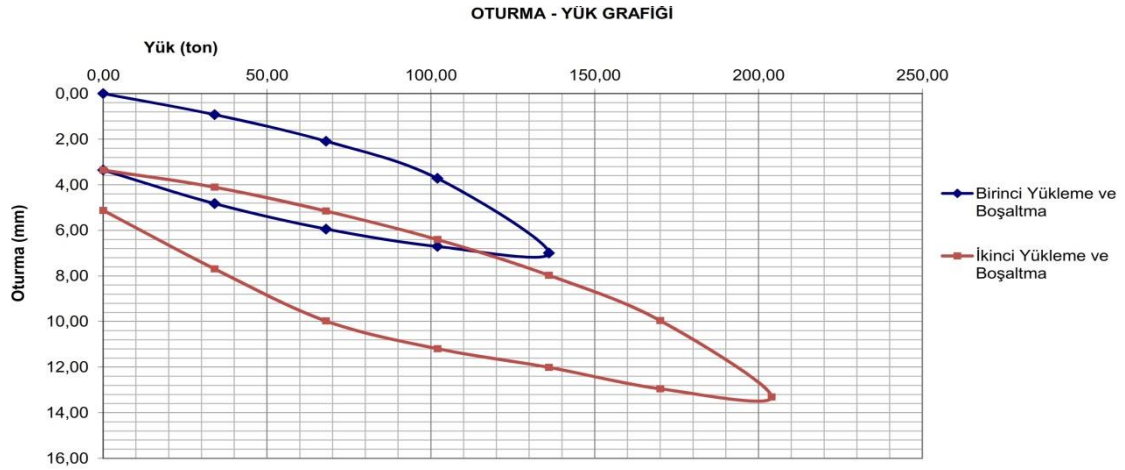
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.13. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

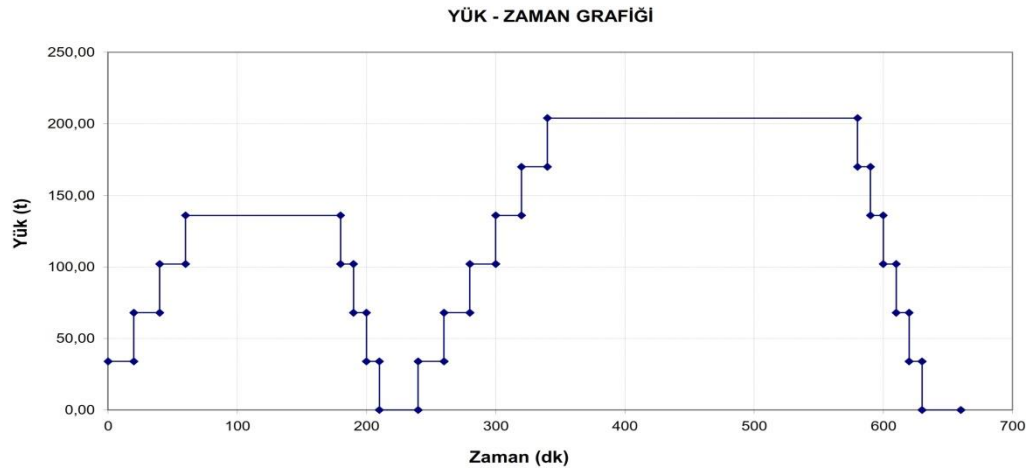


Şekil 1.14. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

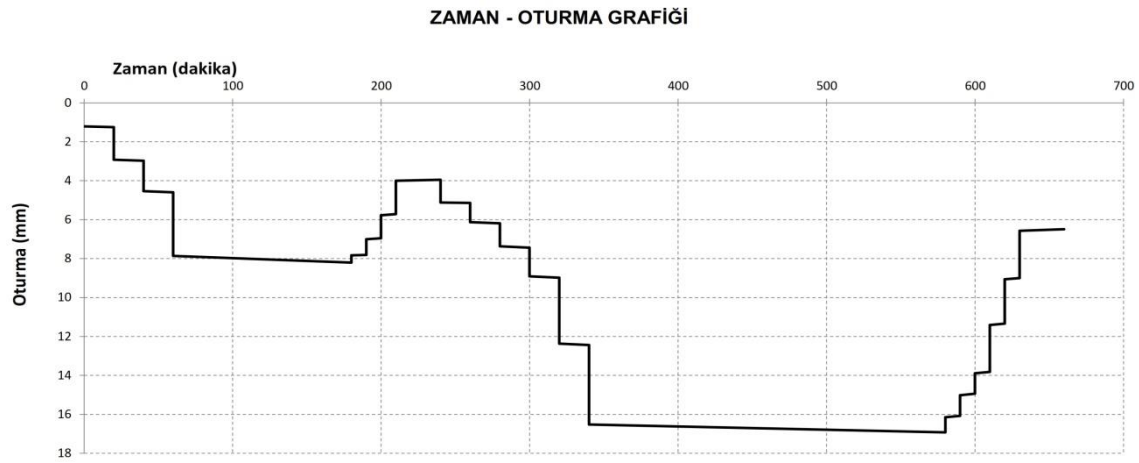


Şekil 1.15. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

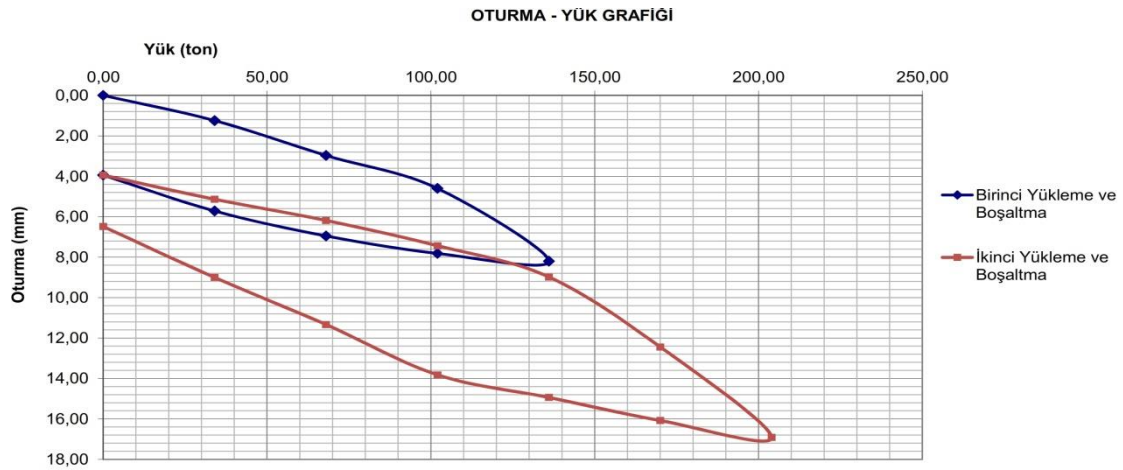
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.16. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

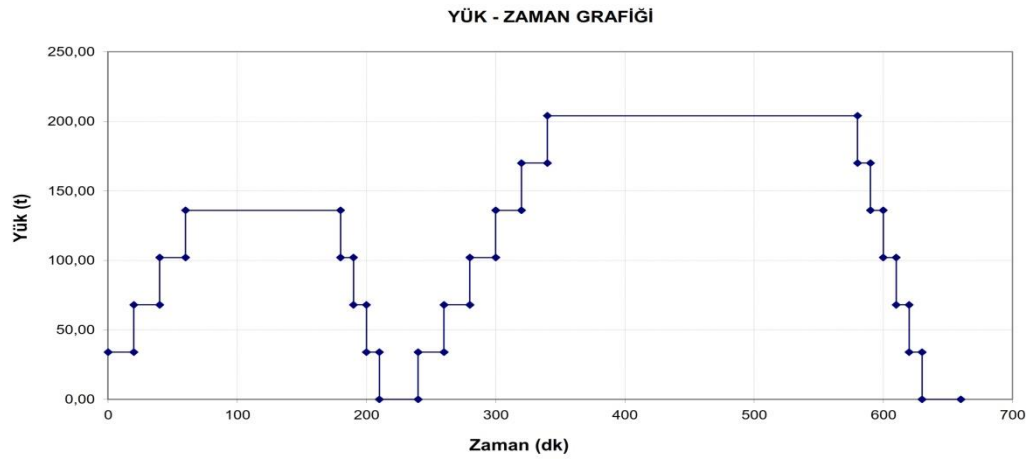


Şekil 1.17. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

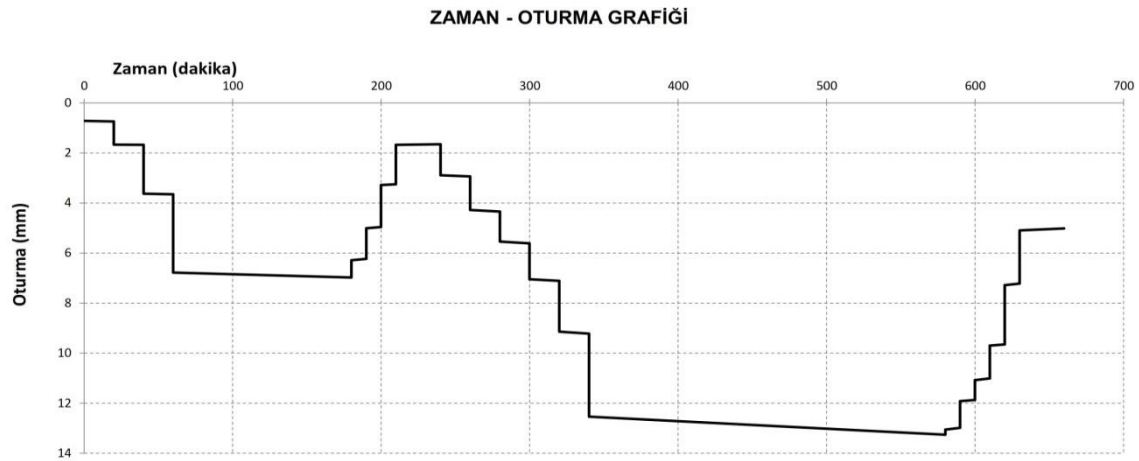


Şekil 1.18. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

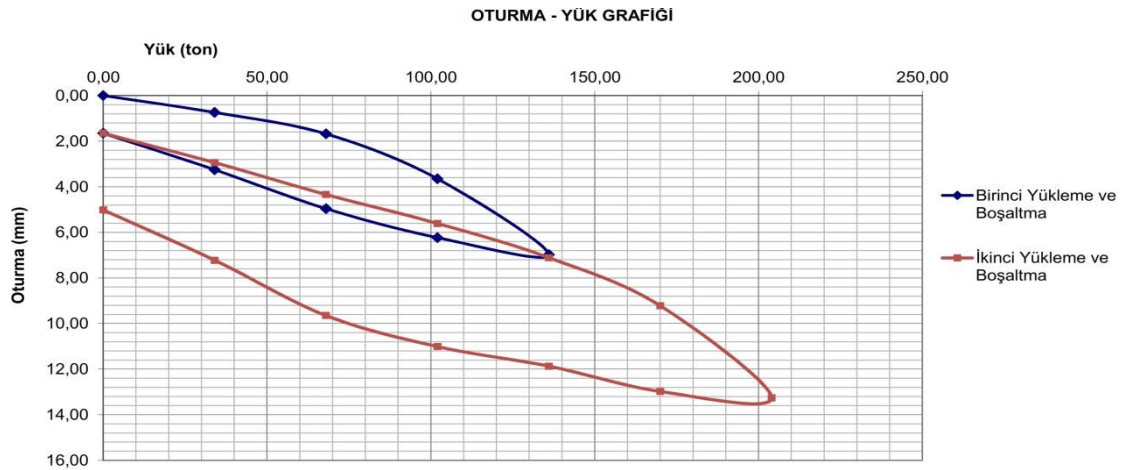
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.19. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

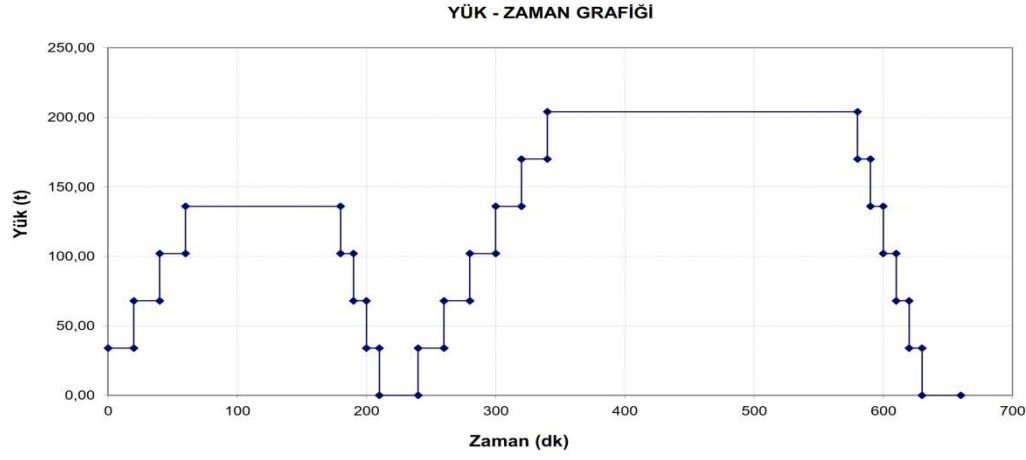


Şekil 1.20. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

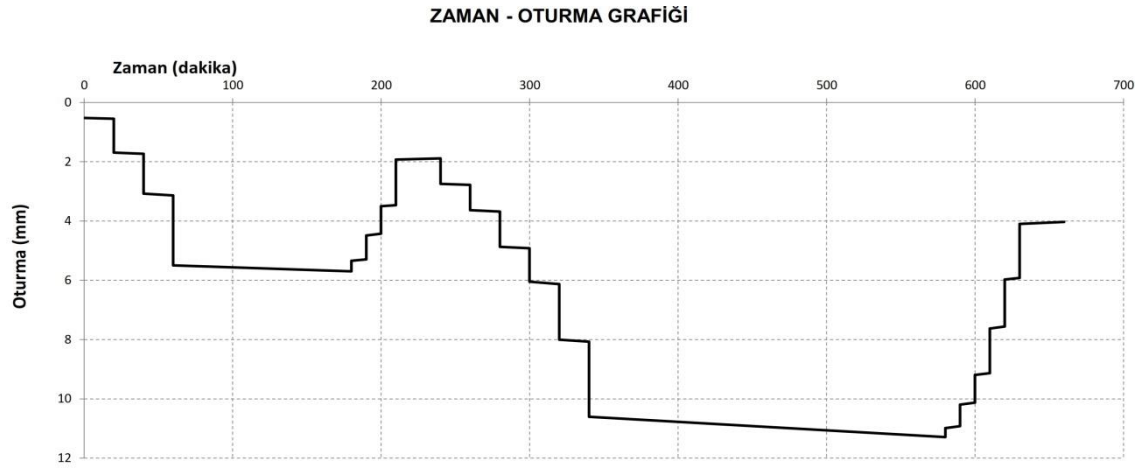


Şekil 1.21. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

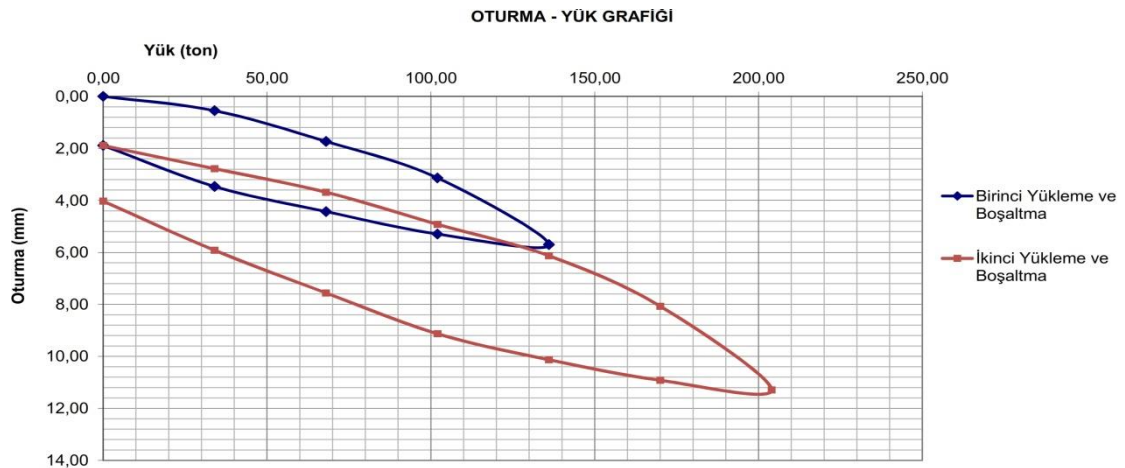
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.22. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

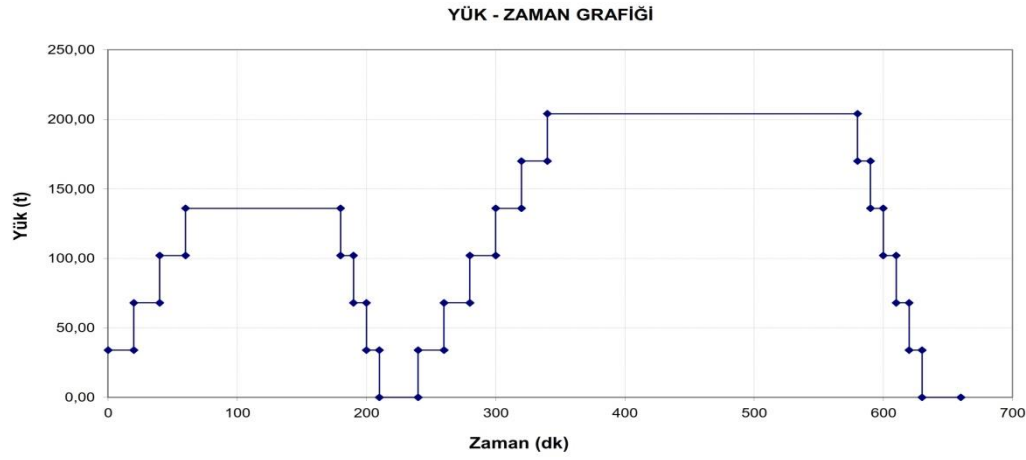


Şekil 1.23. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

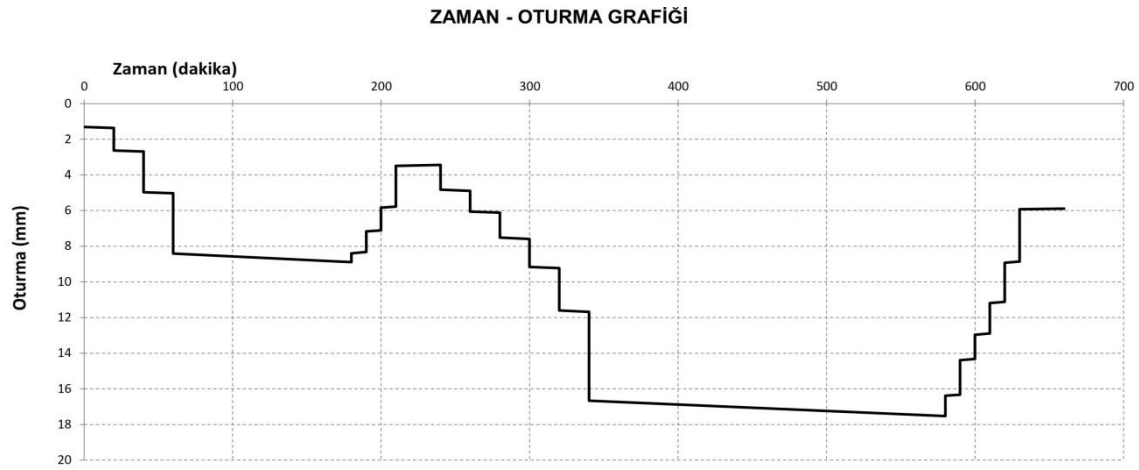


Şekil 1.24. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

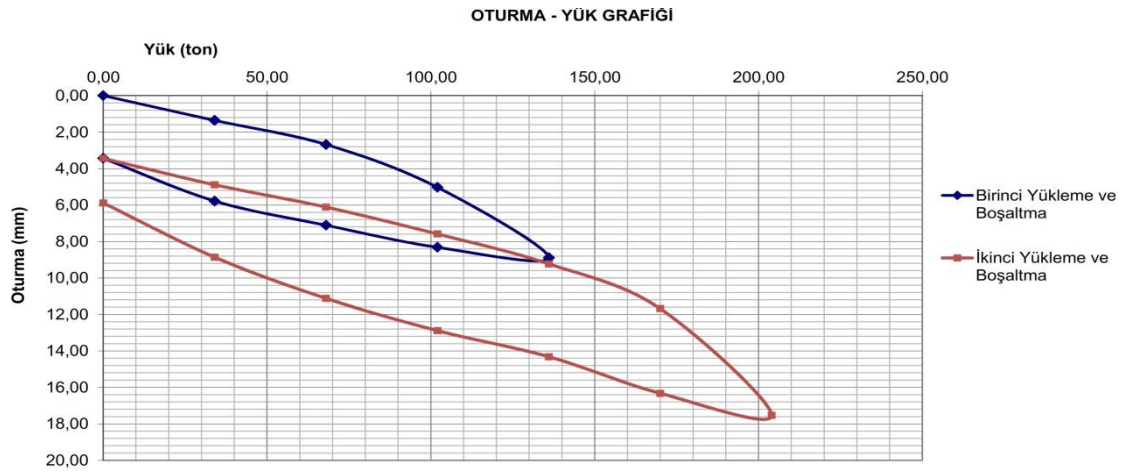
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.25. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

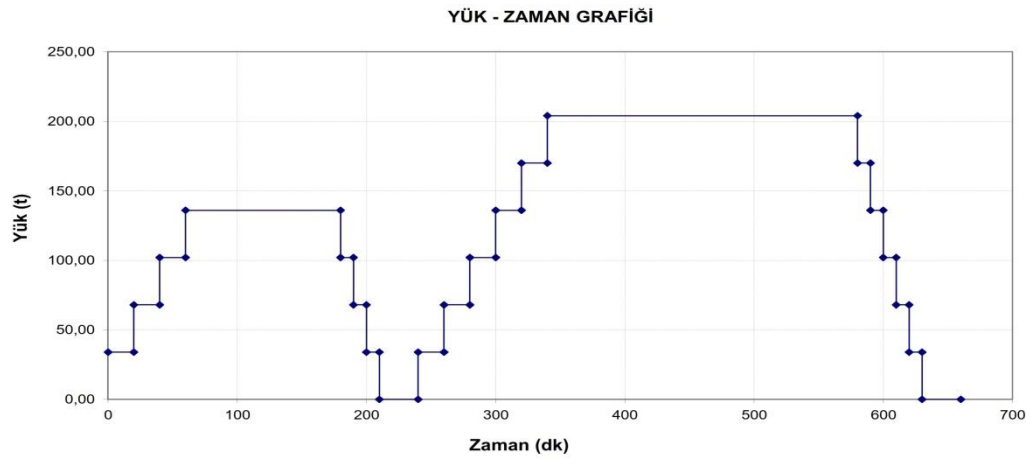


Şekil 1.26. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

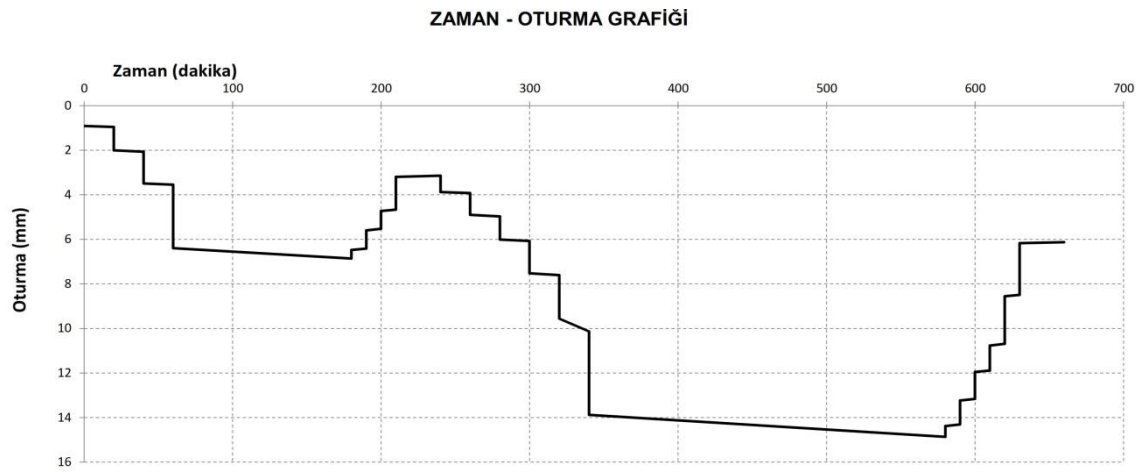


Şekil 1.27. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

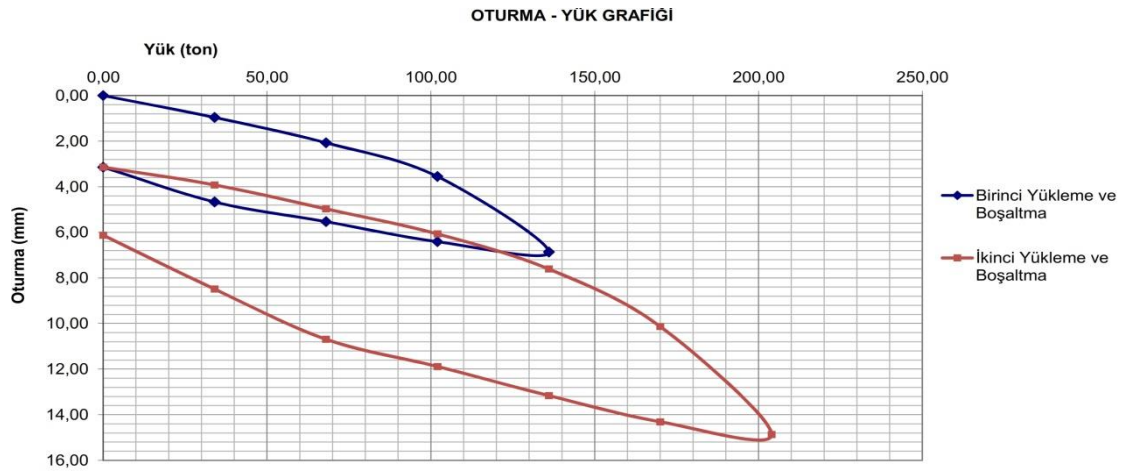
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.28. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

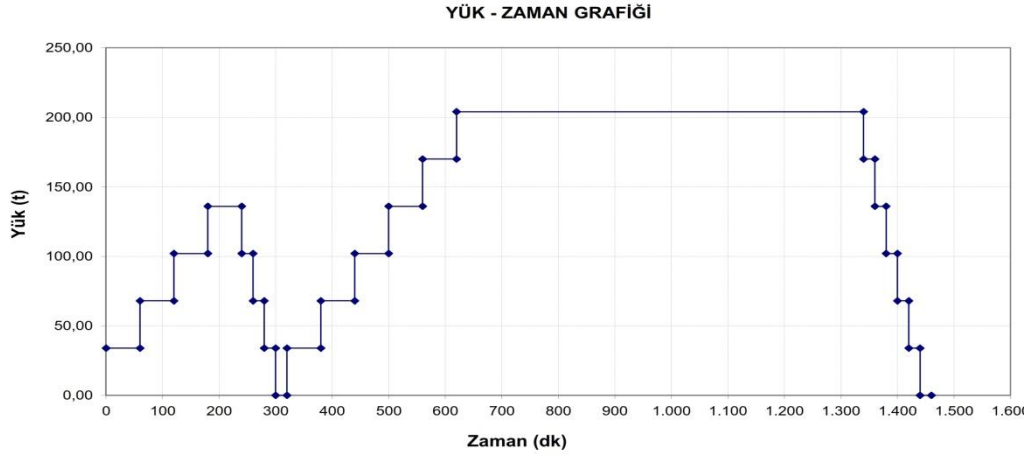


Şekil 1.29. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

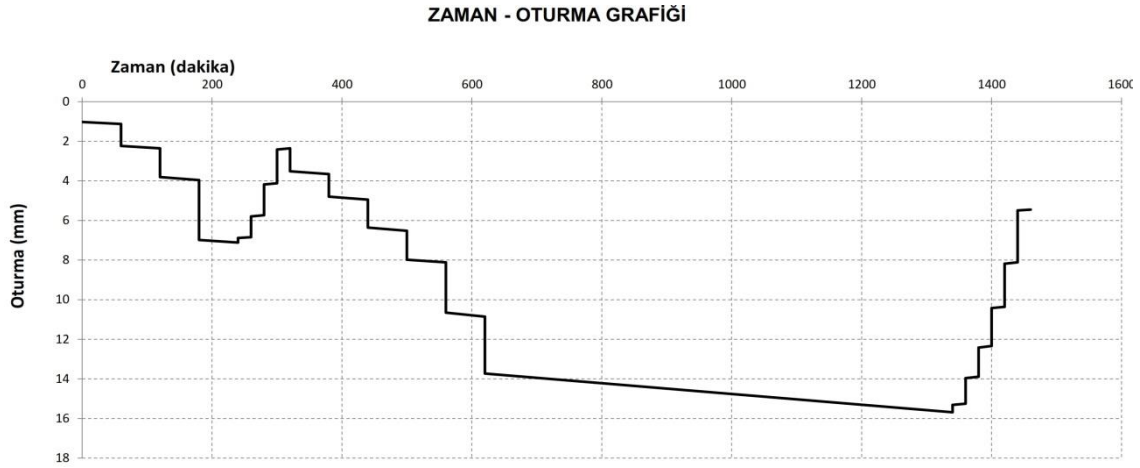


Şekil 1.30. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

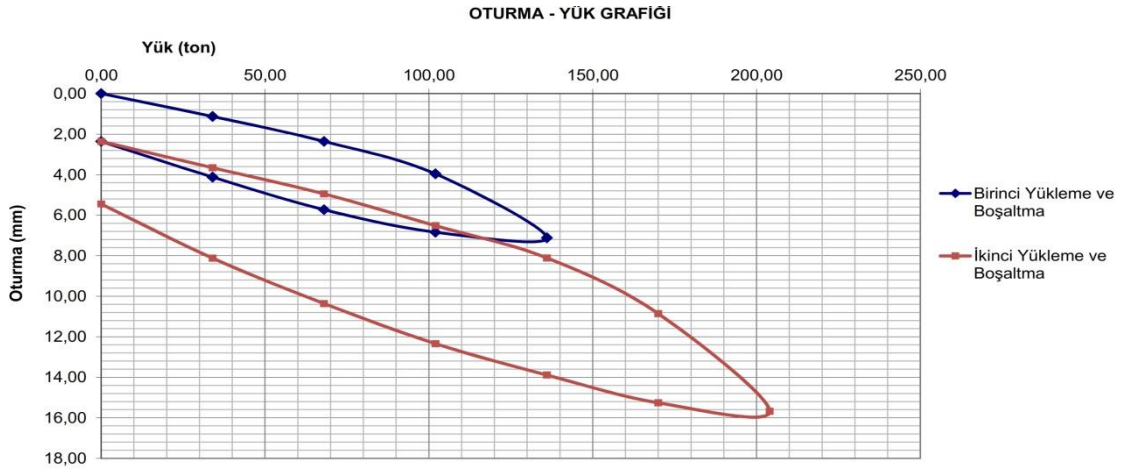
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.31. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

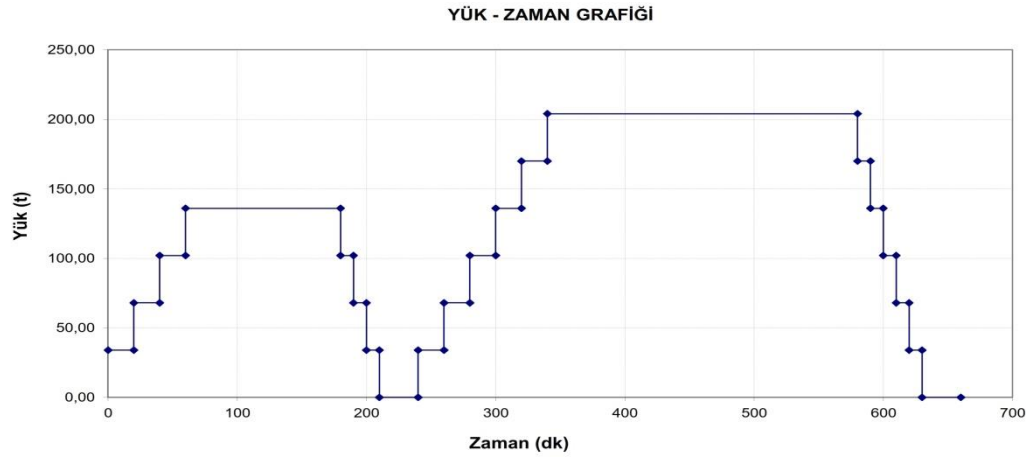


Şekil 1.32. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

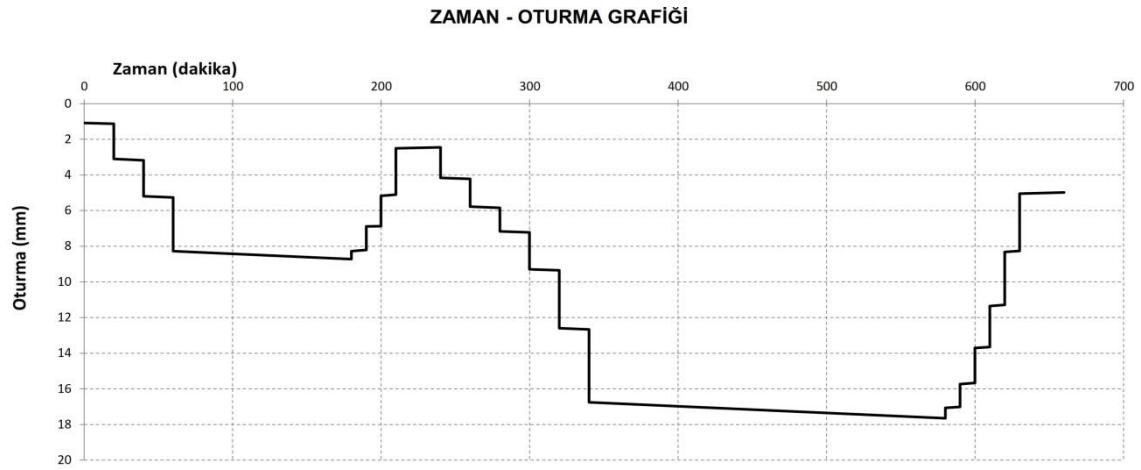


Şekil 1.33. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

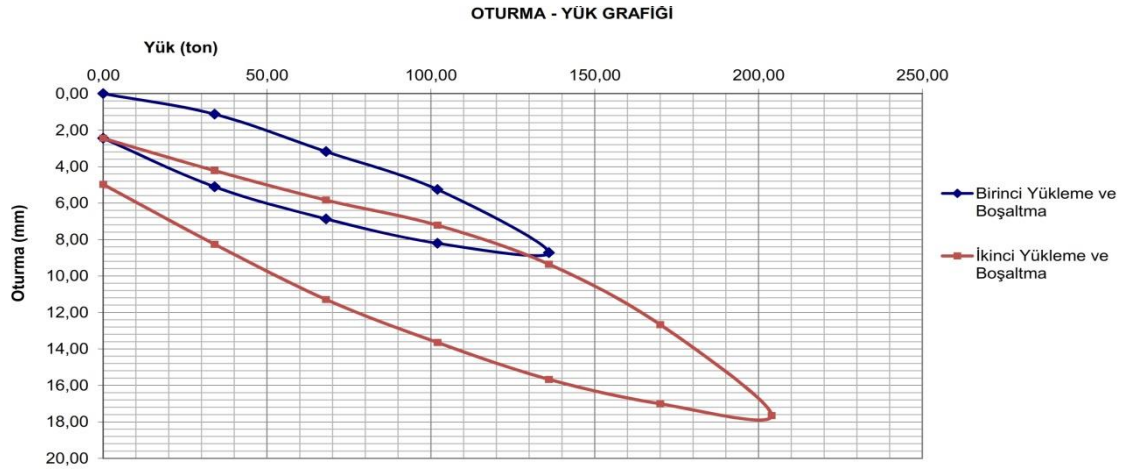
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.34. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

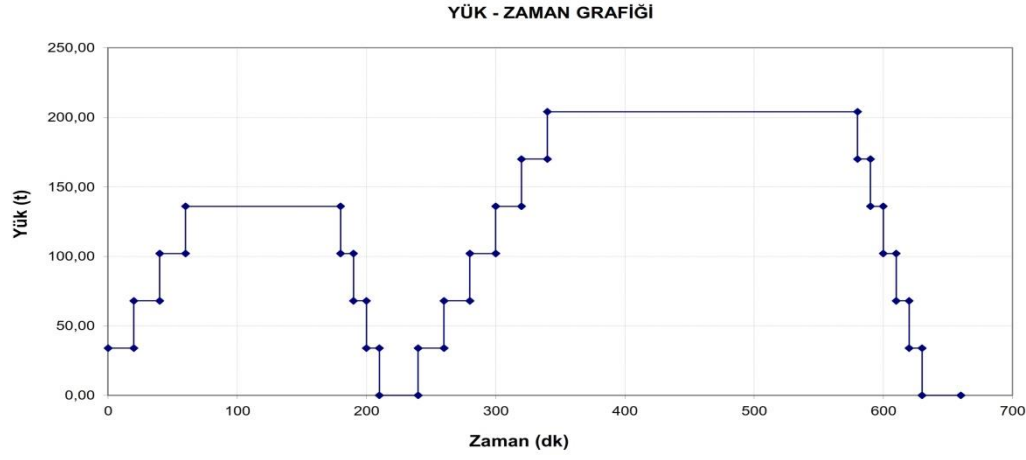


Şekil 1.35. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

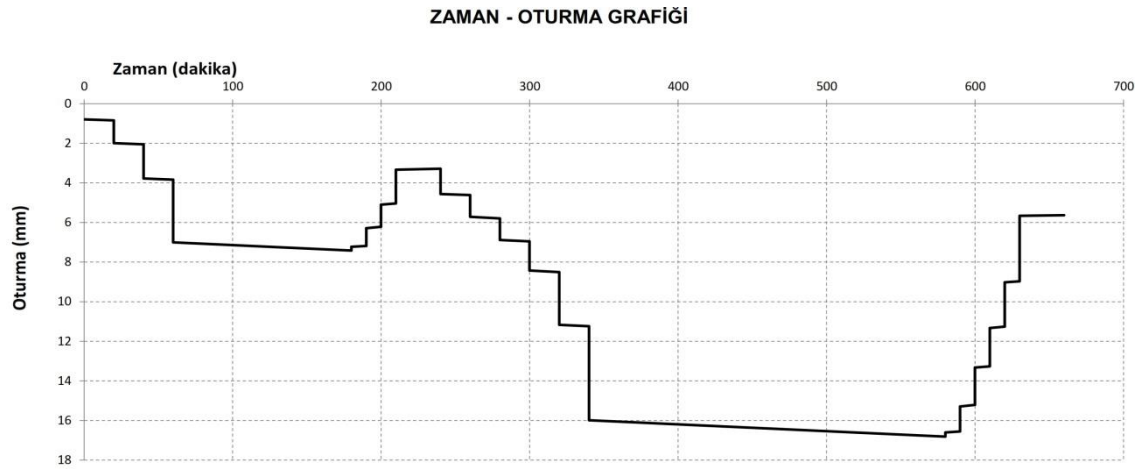


Şekil 1.36. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

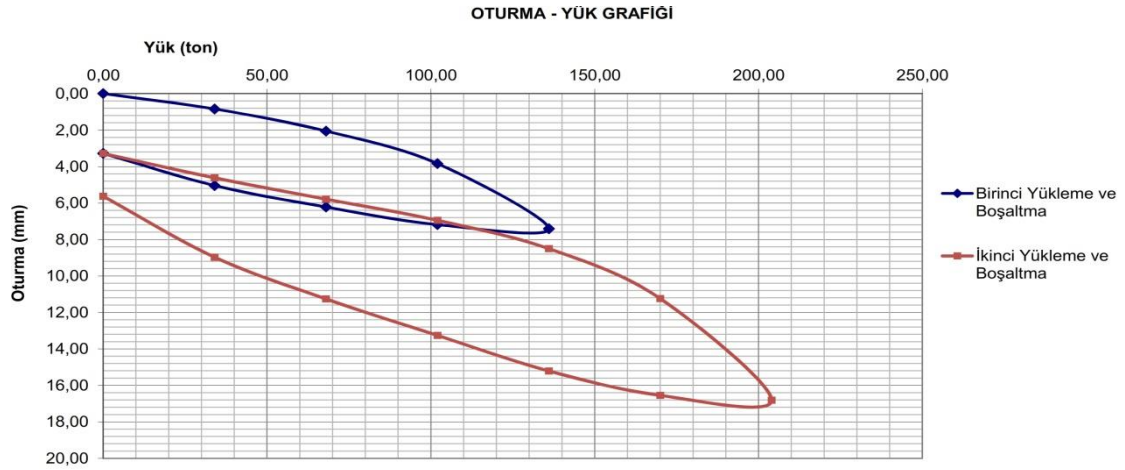
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.37. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

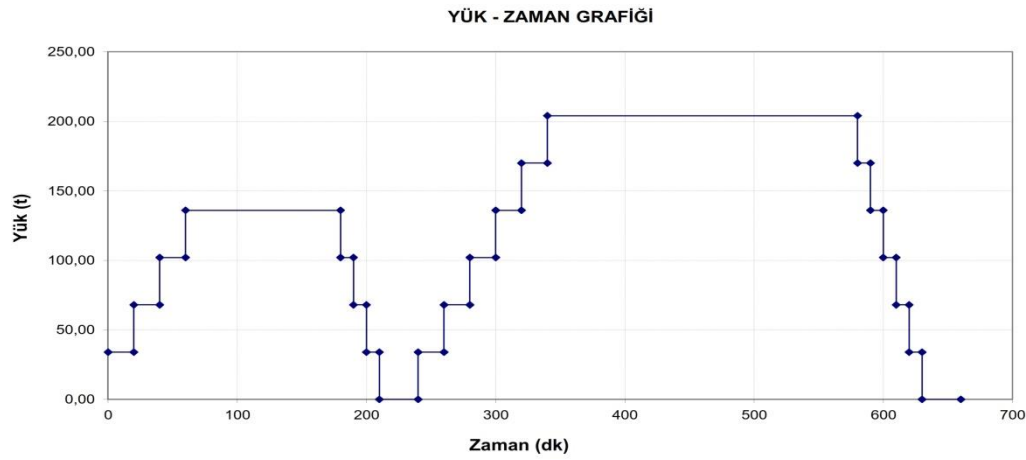


Şekil 1.38. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

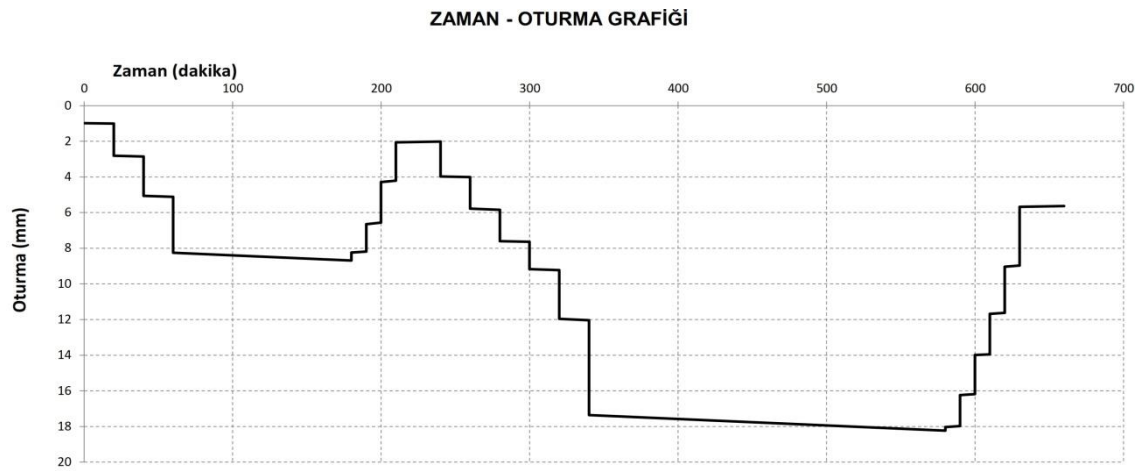


Şekil 1.39. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

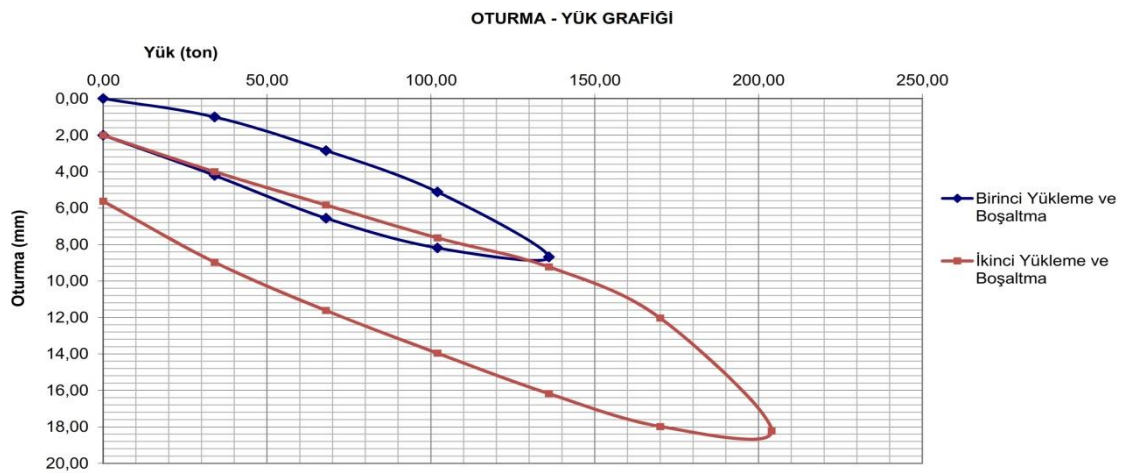
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.40. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

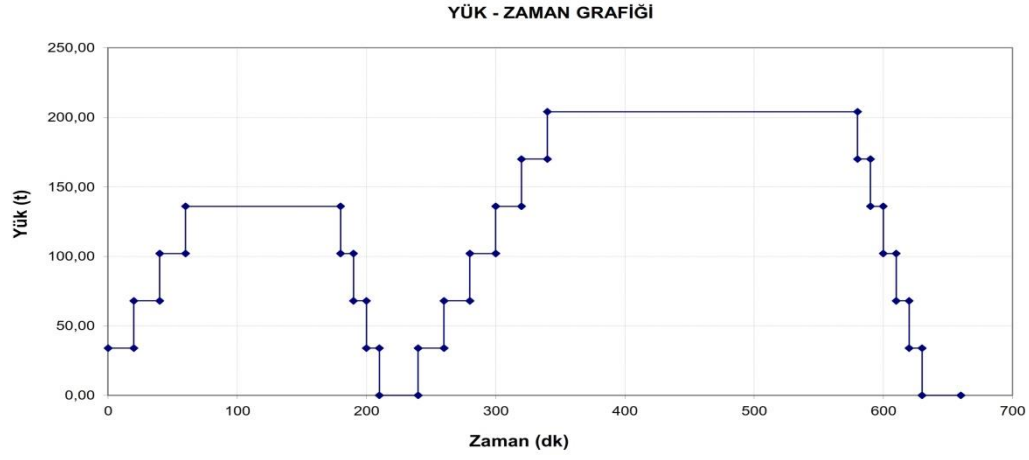


Şekil 1.41. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

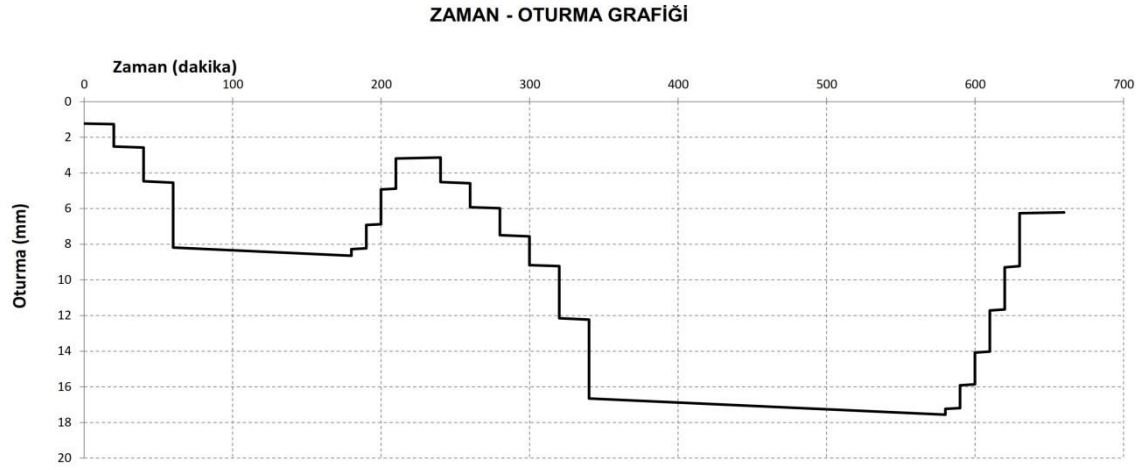


Şekil 1.42. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

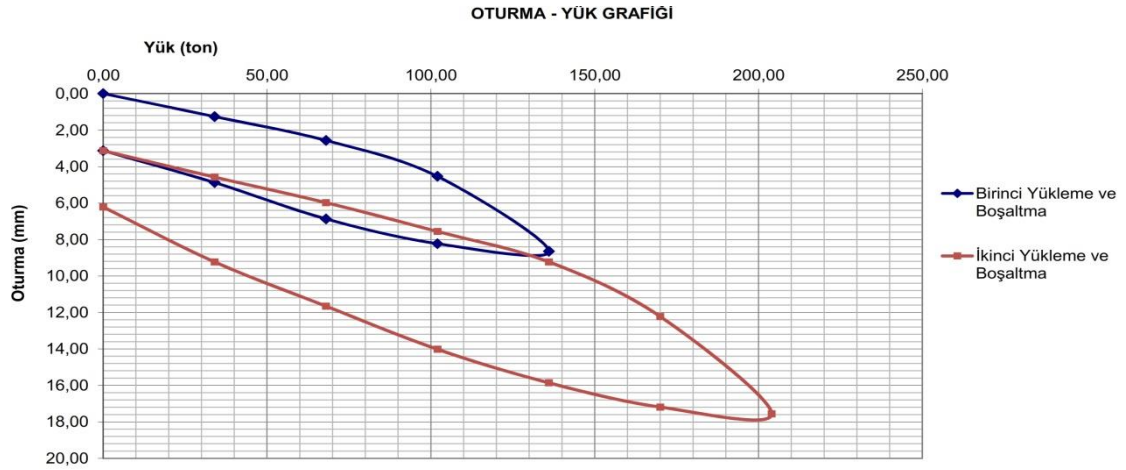
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.43. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

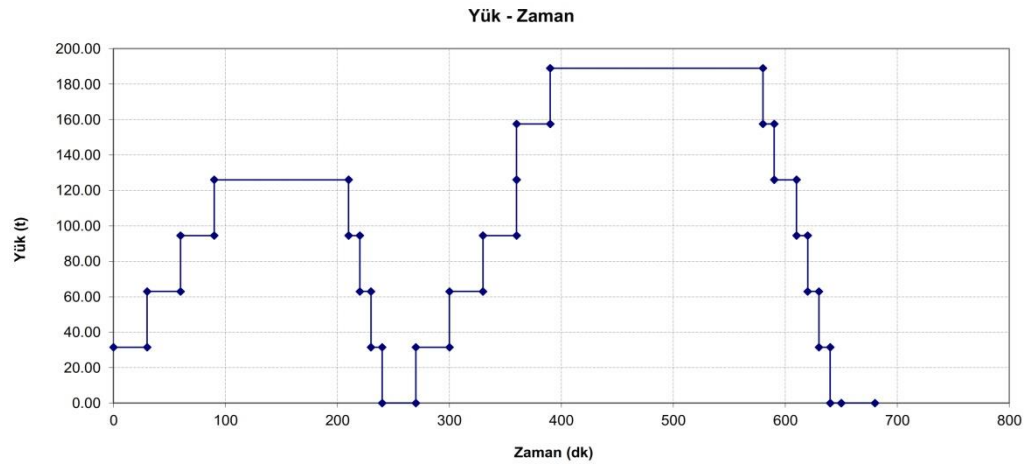


Şekil 1.44. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

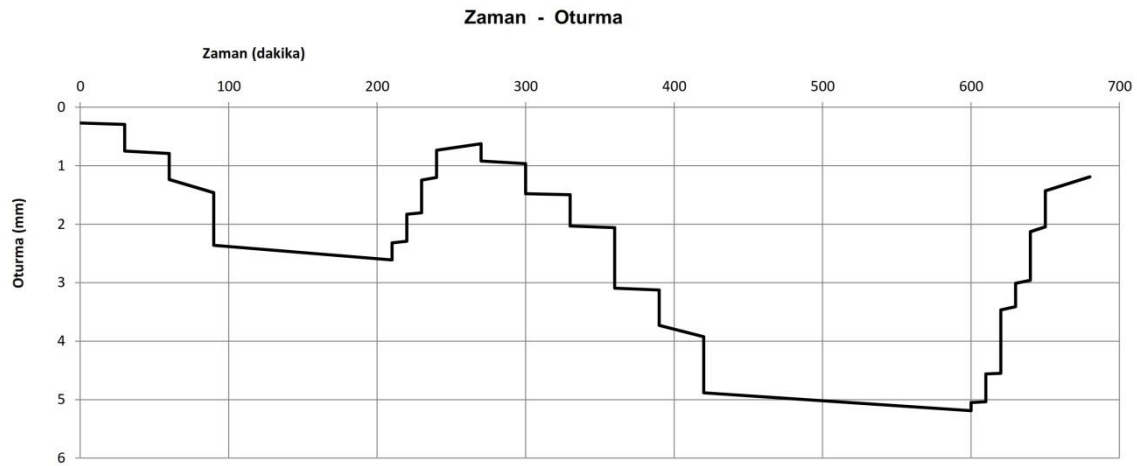


Şekil 1.45. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

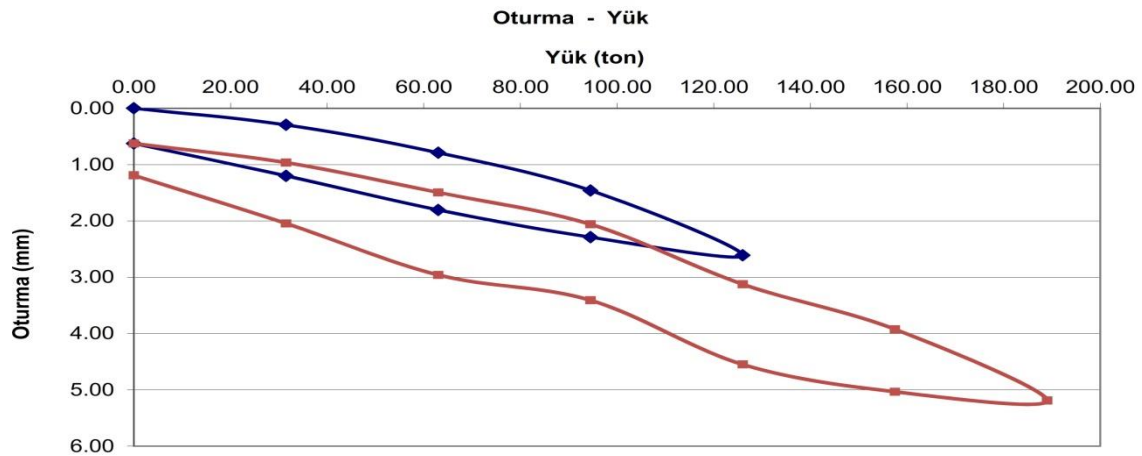
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.46. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

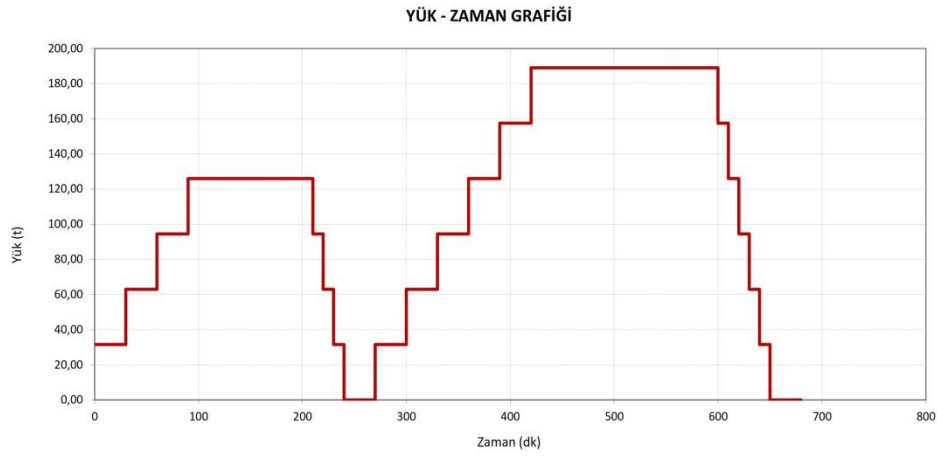


Şekil 1.47. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

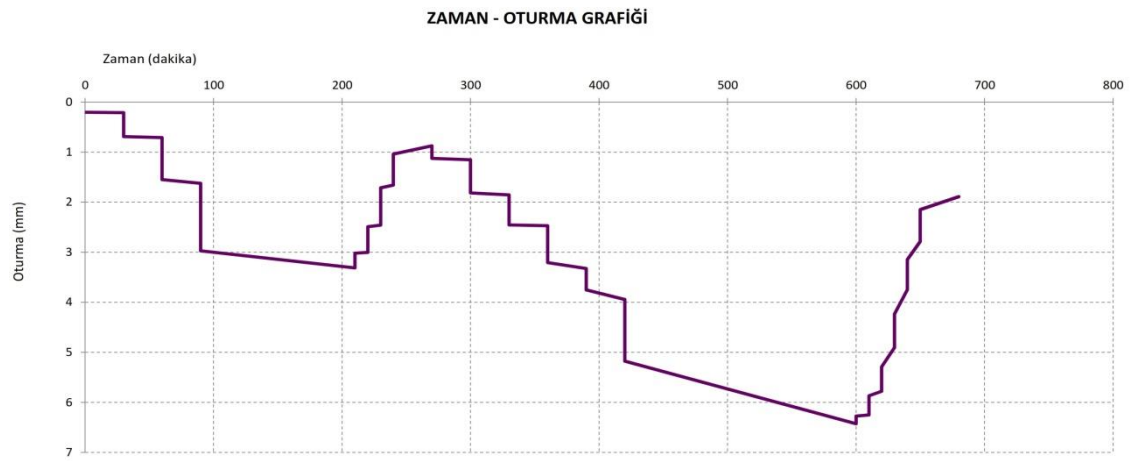


Şekil 1.48. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

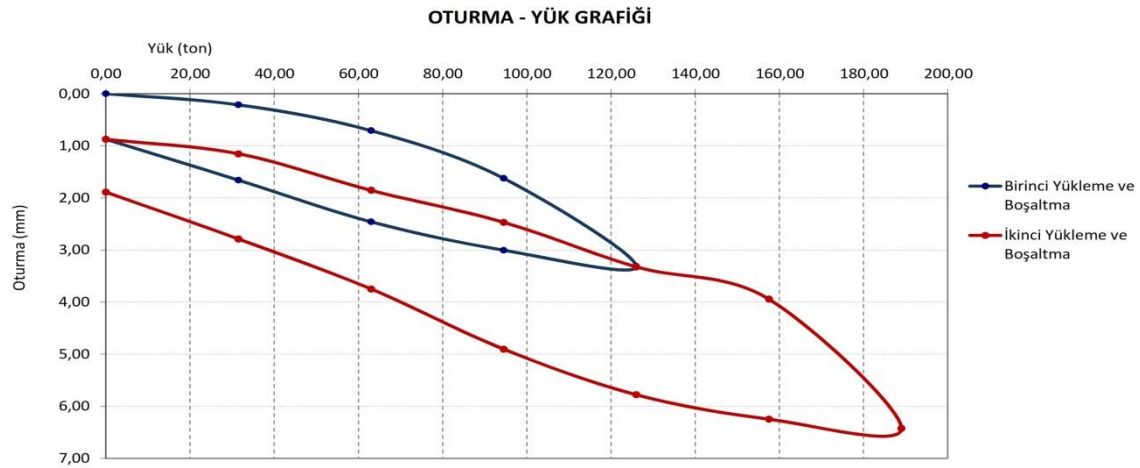
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.49. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

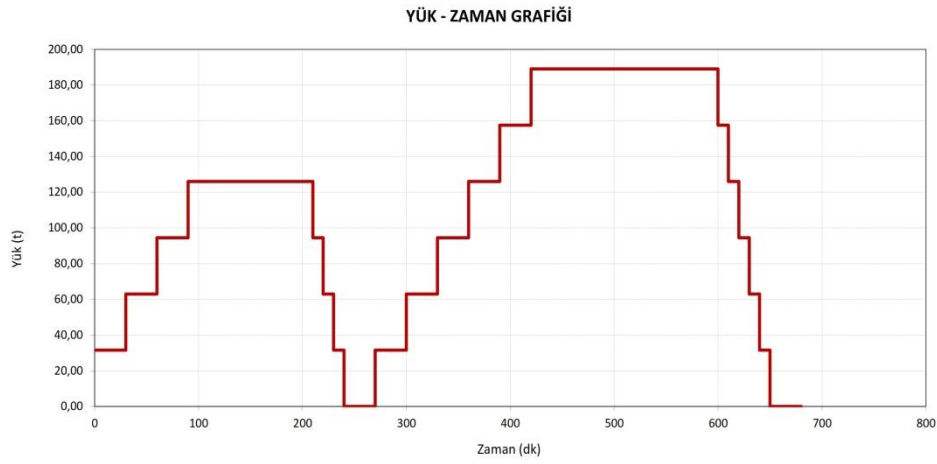


Şekil 1.50. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

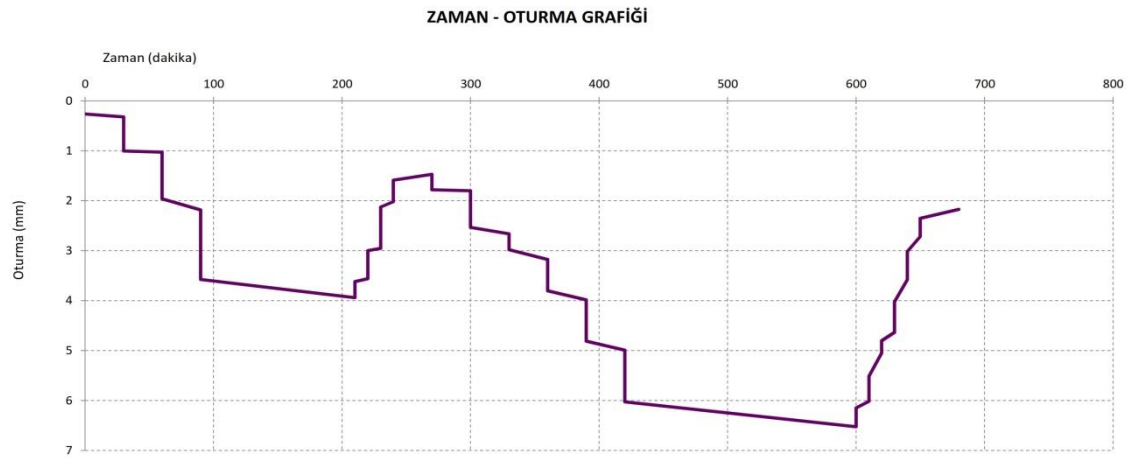


Şekil 1.51. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

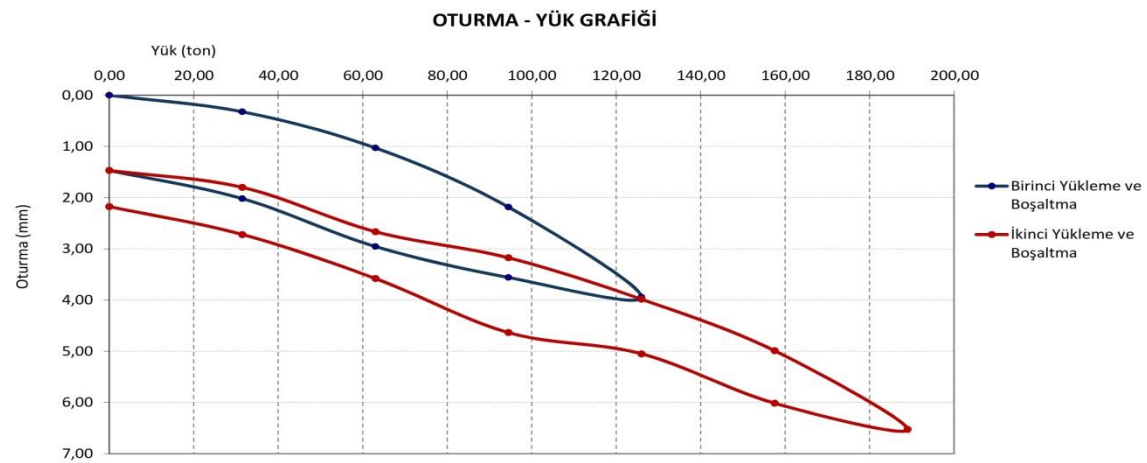
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.52. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

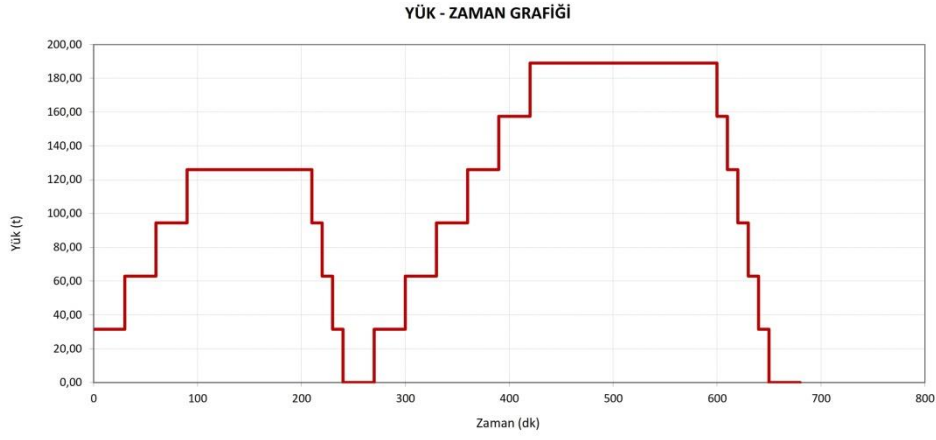


Şekil 1.53. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

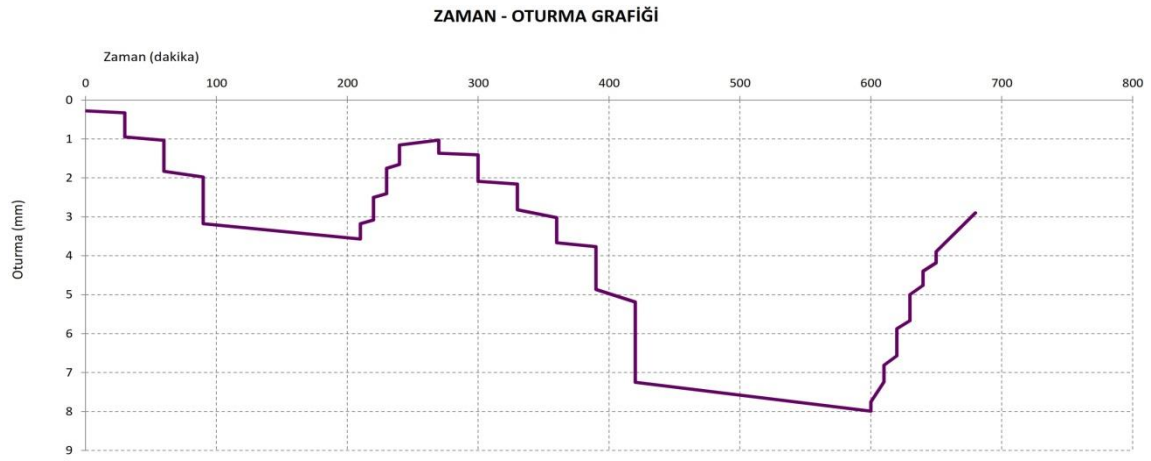


Şekil 1.54. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

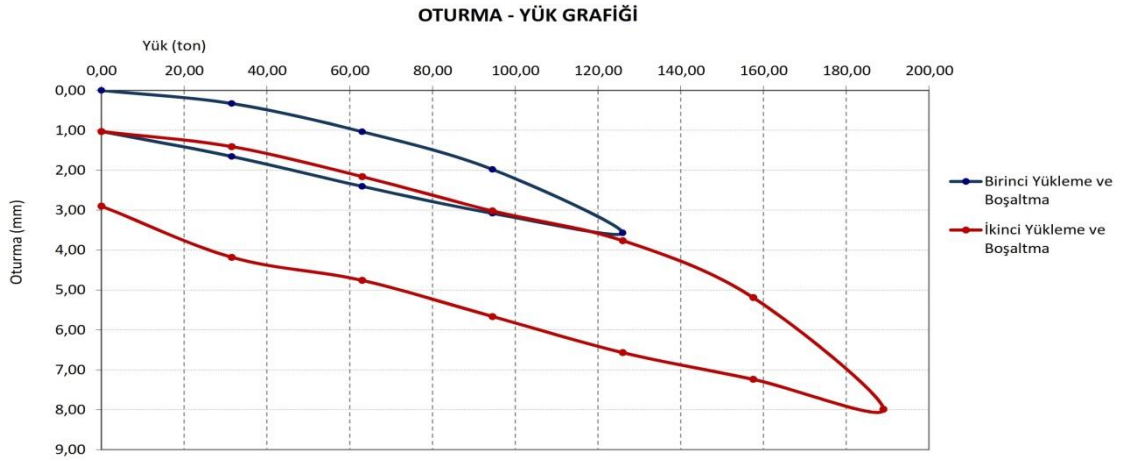
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.55. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

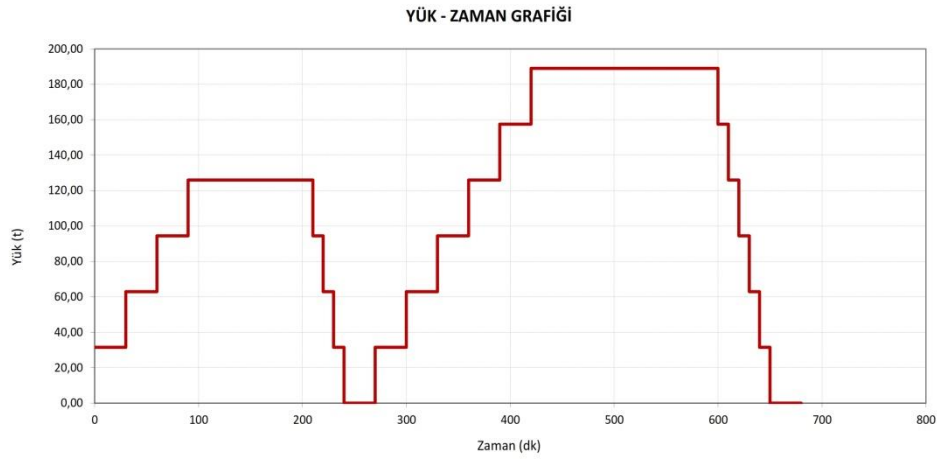


Şekil 1.56. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

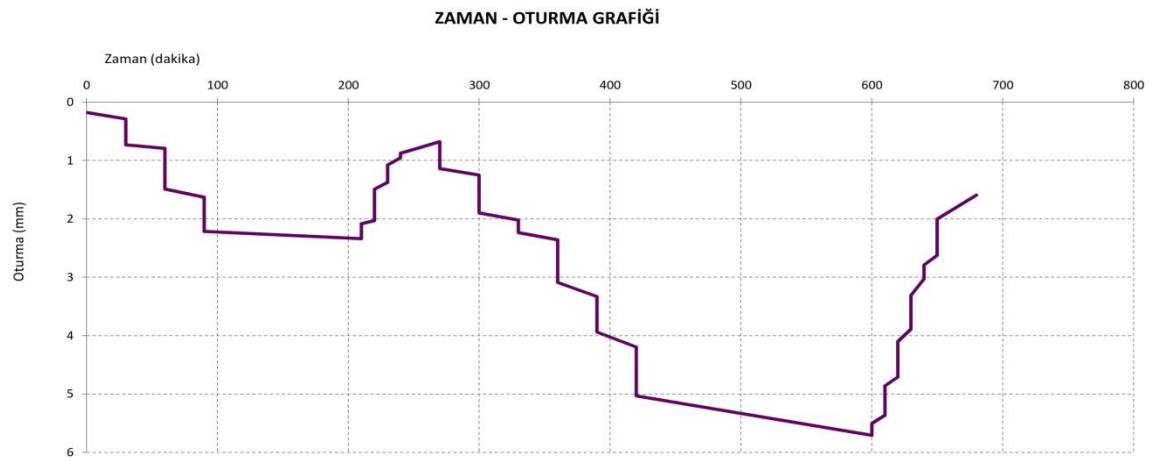


Şekil 1.57. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

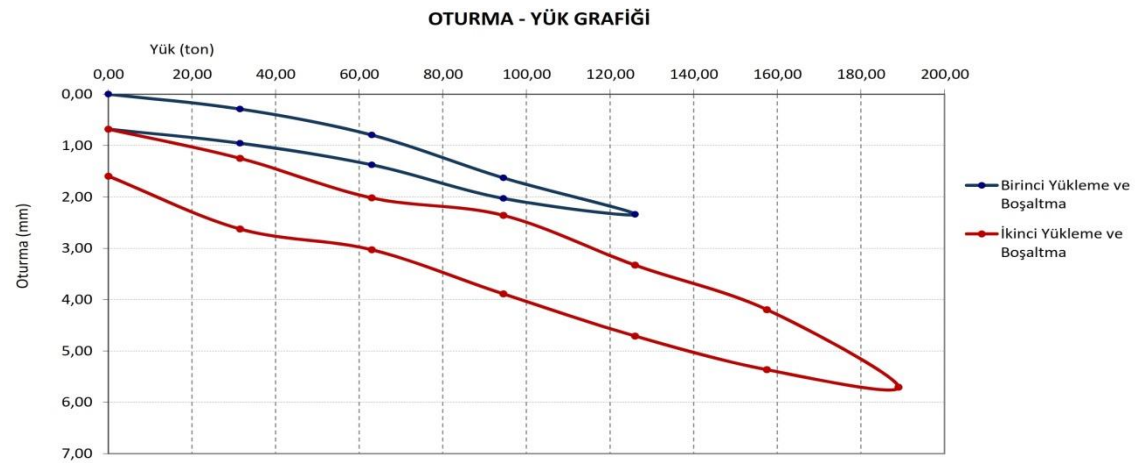
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.58. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

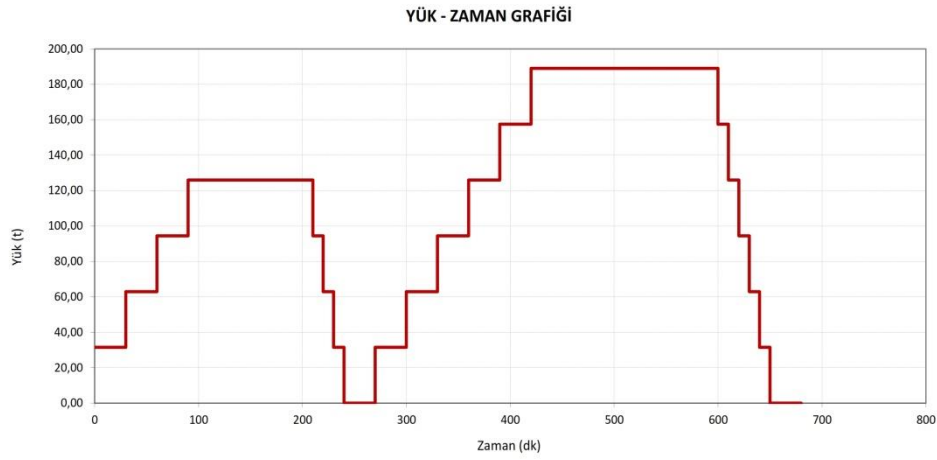


Şekil 1.59. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

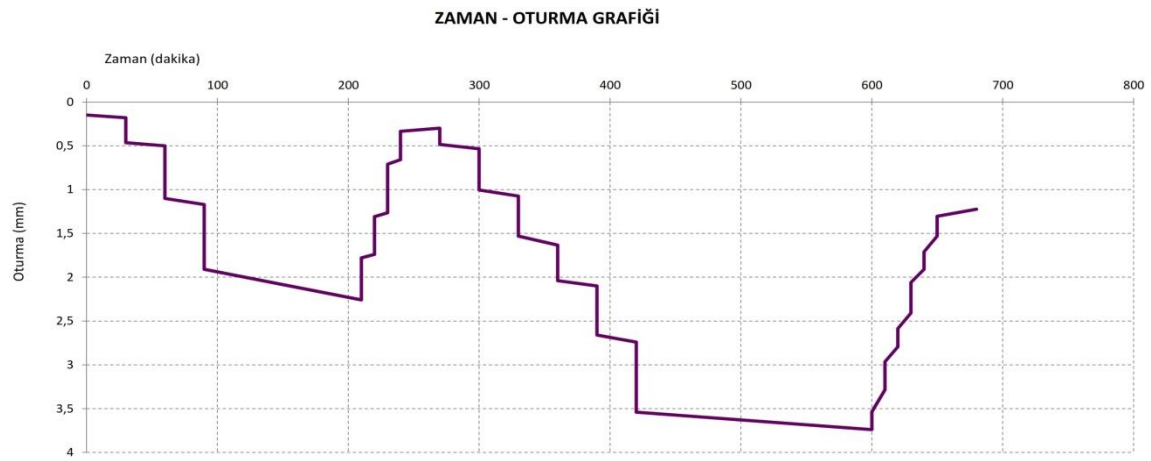


Şekil 1.60. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

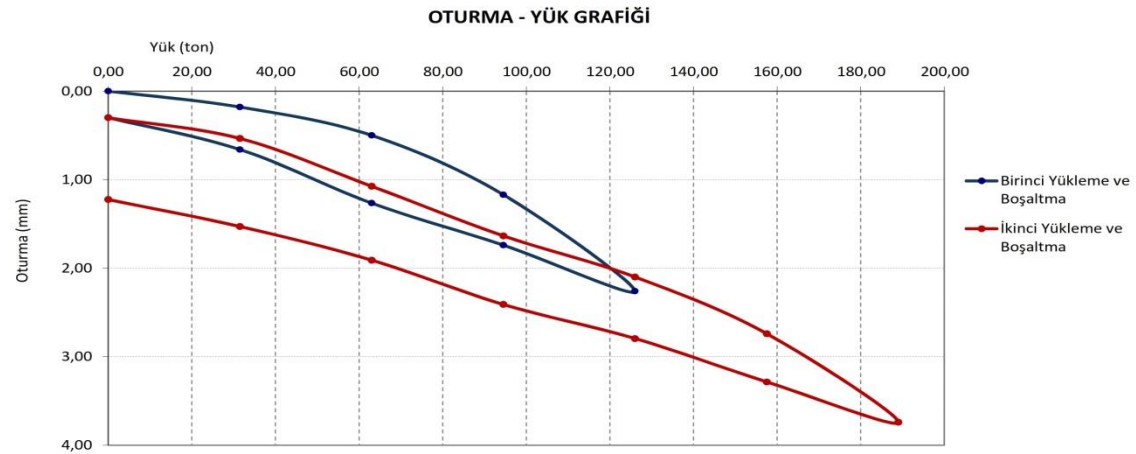
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.61. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

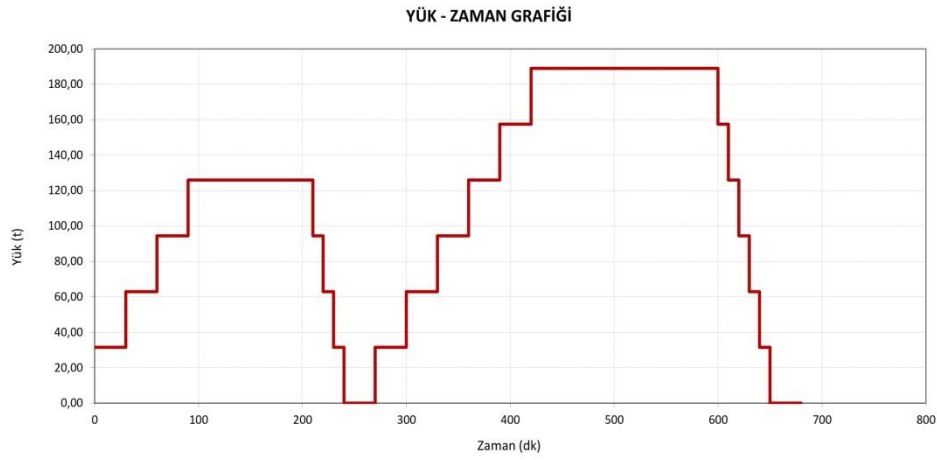


Şekil 1.62. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

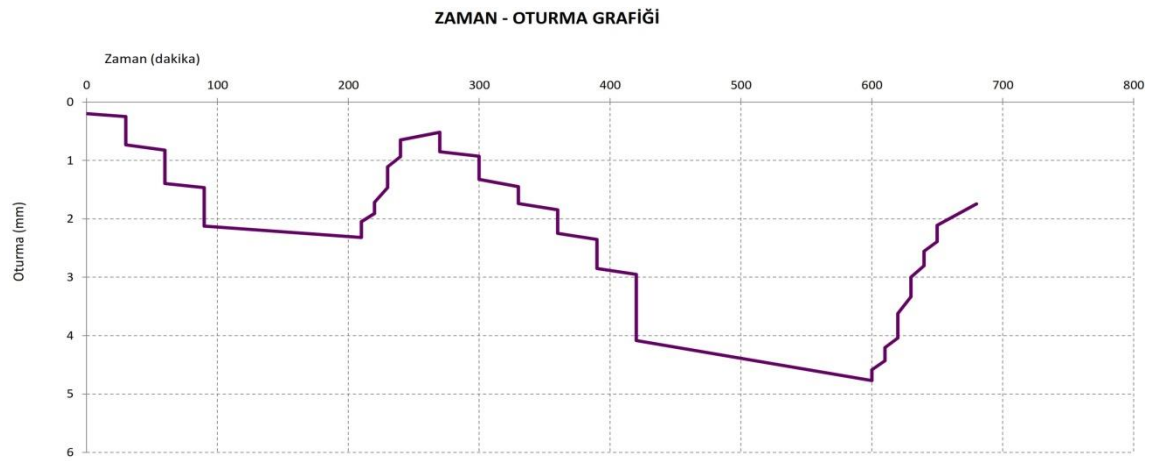


Şekil 1.63. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

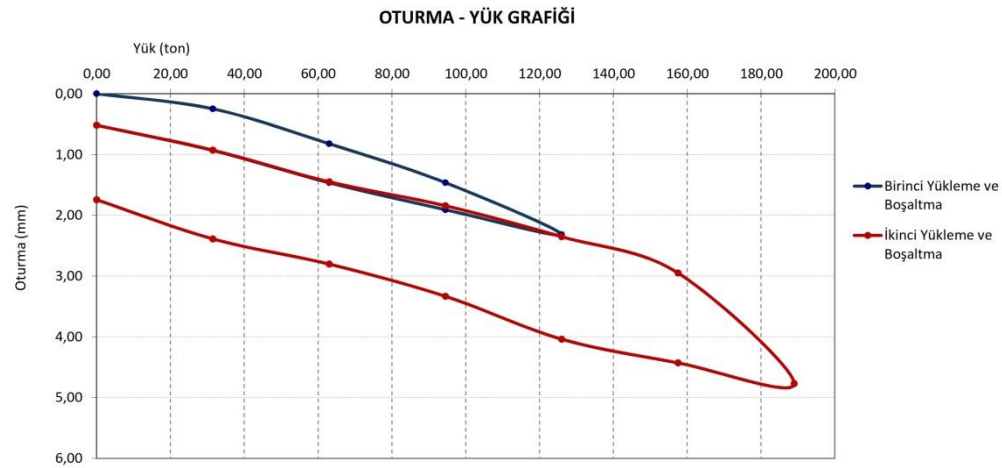
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.64. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

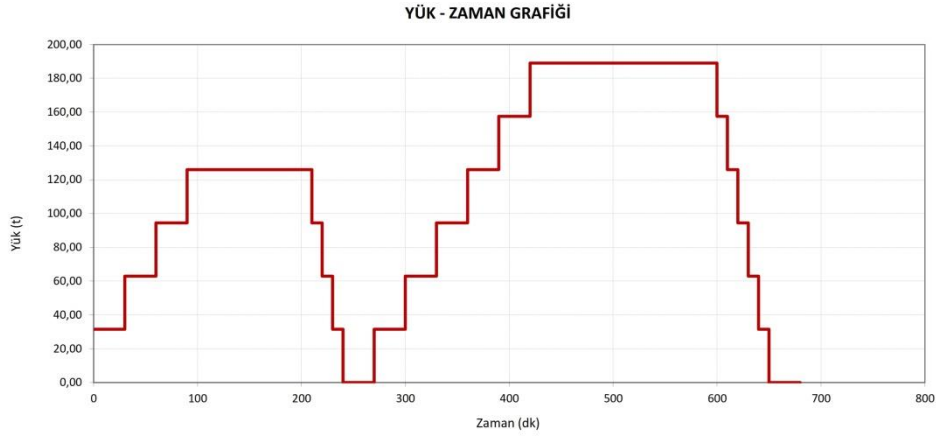


Şekil 1.65. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

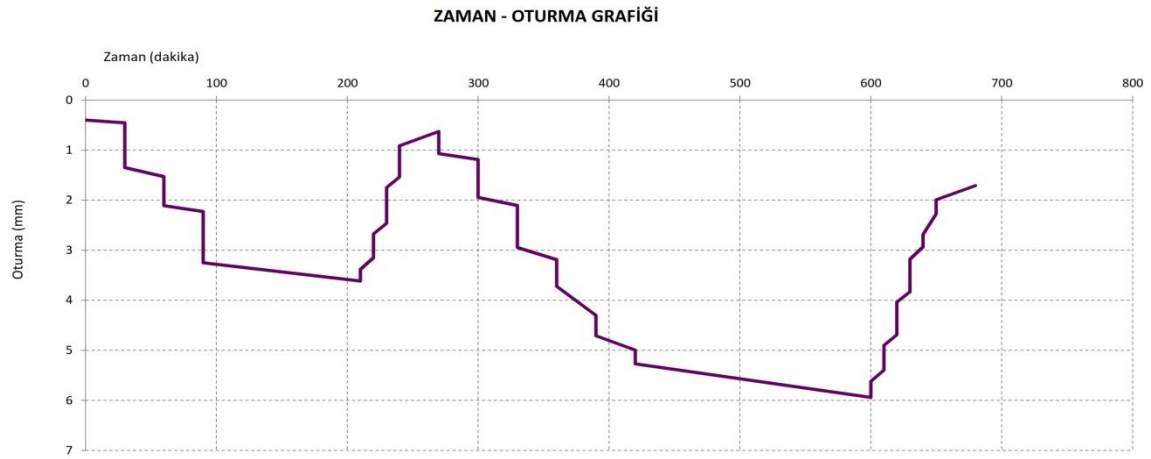


Şekil 1.66. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

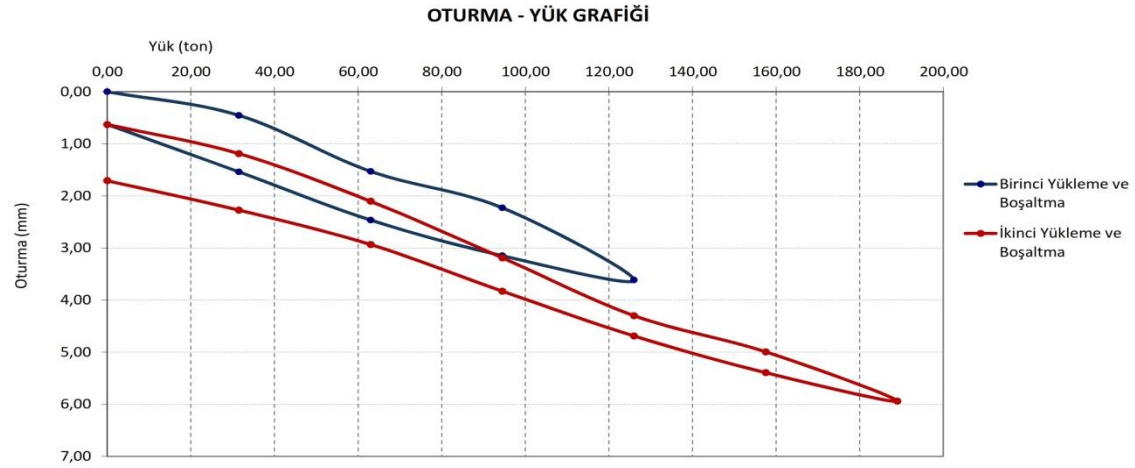
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.67. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

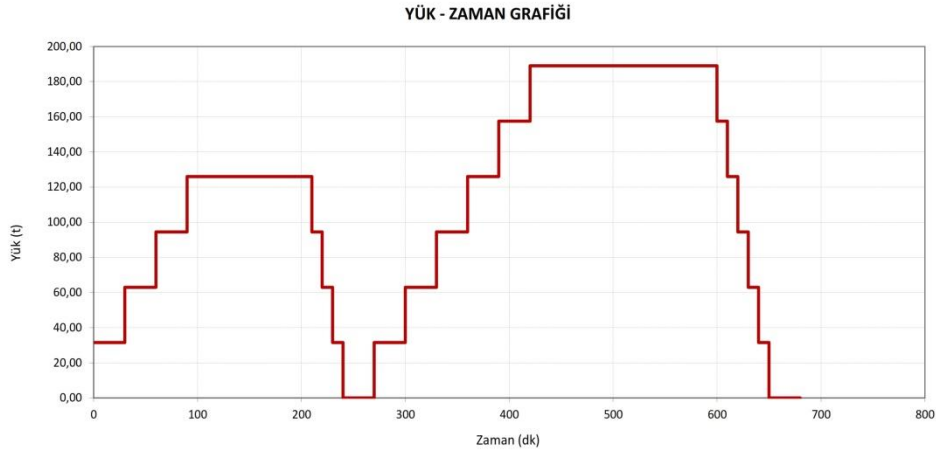


Şekil 1.68. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

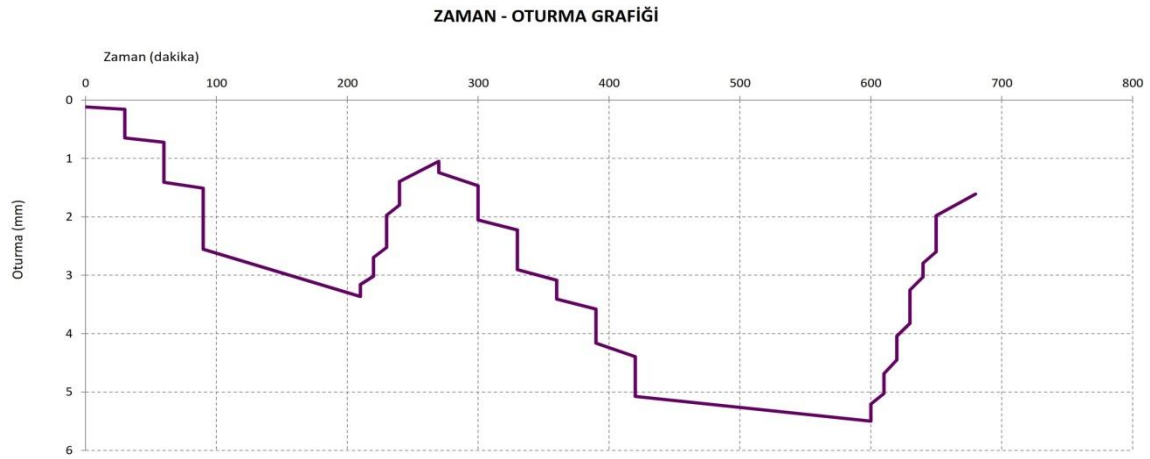


Şekil 1.69. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

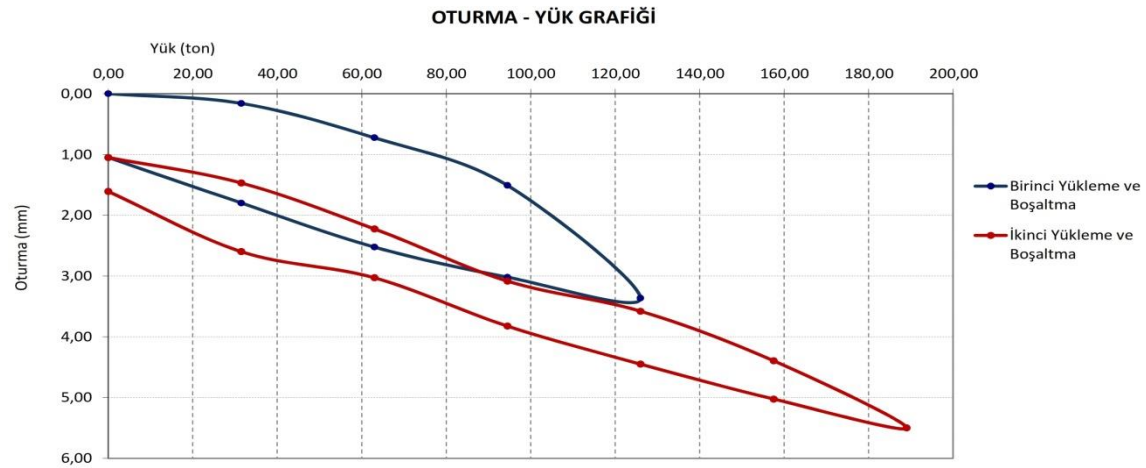
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.70. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

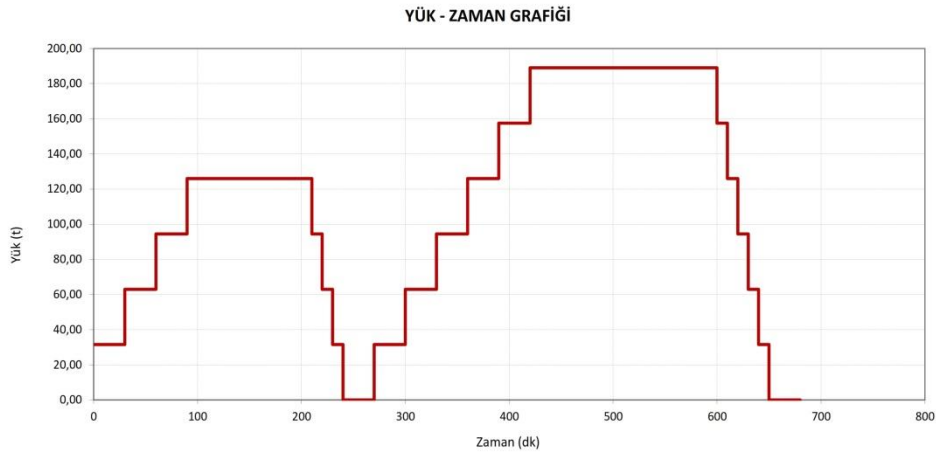


Şekil 1.71. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

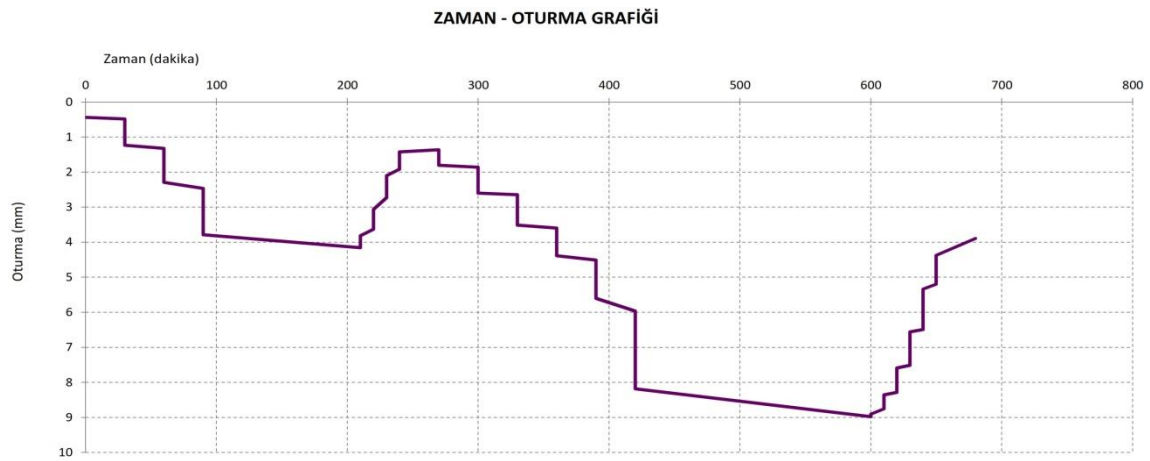


Şekil 1.72. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

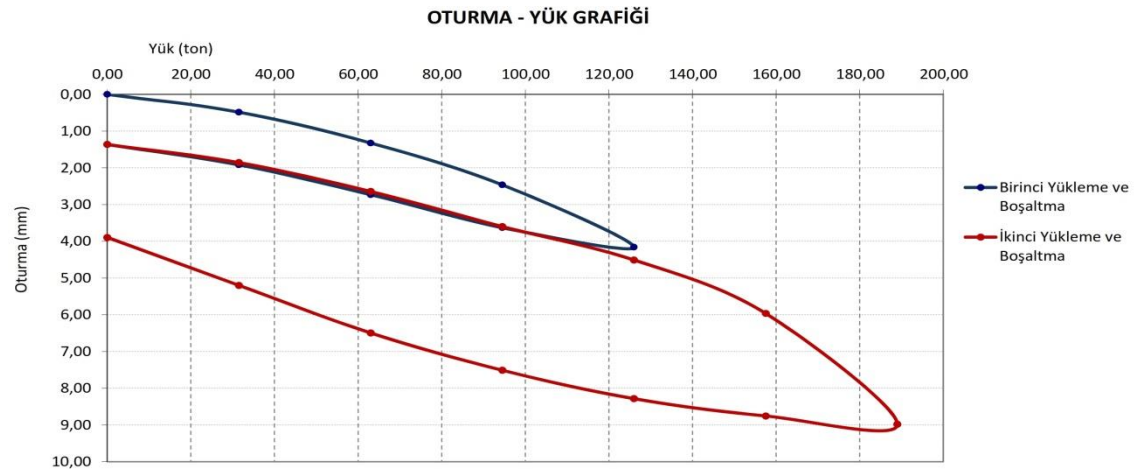
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.73. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

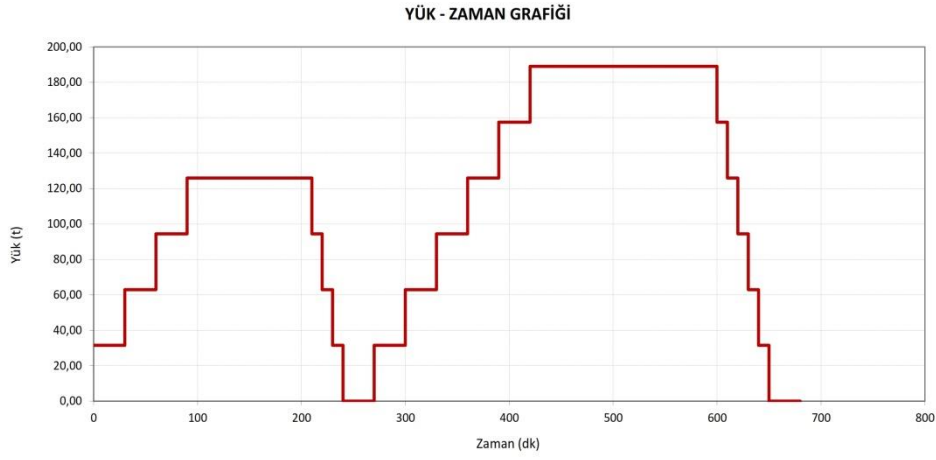


Şekil 1.74. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

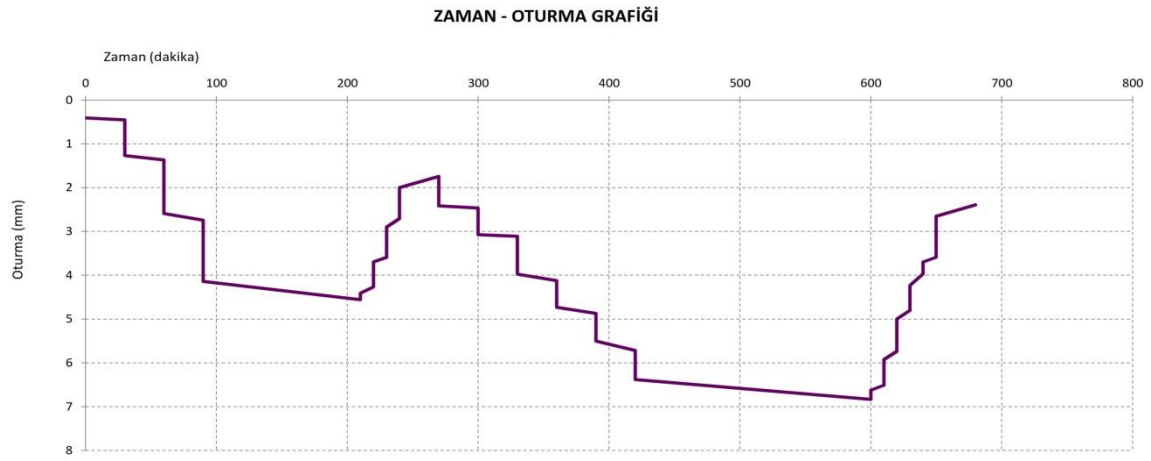


Şekil 1.75. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

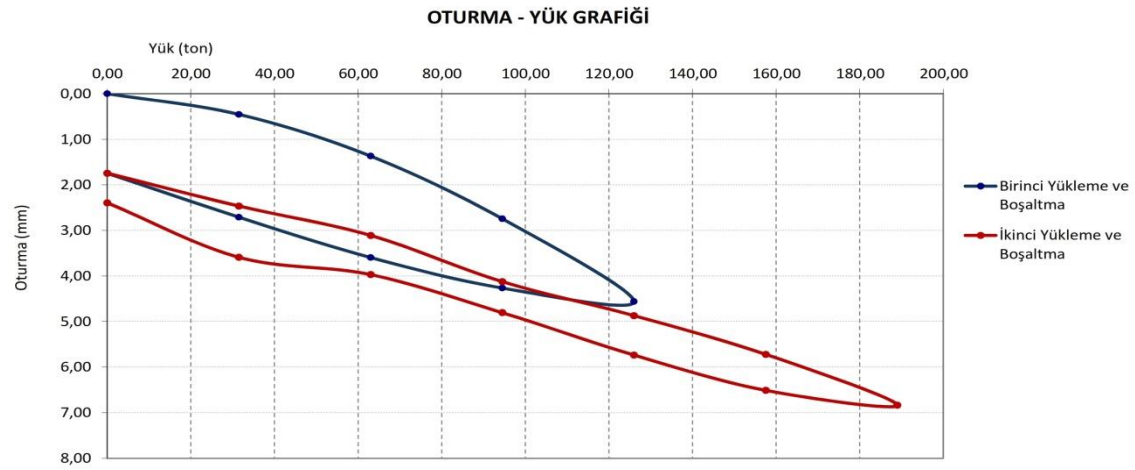
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.76. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

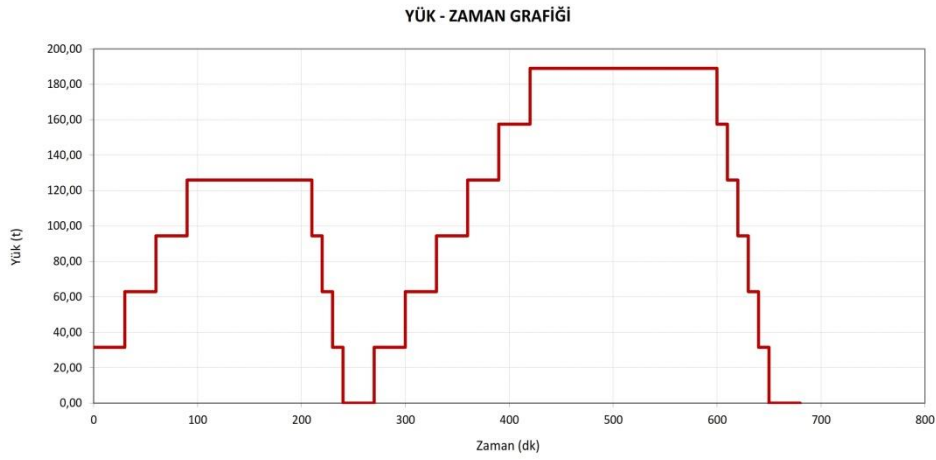


Şekil 1.77. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

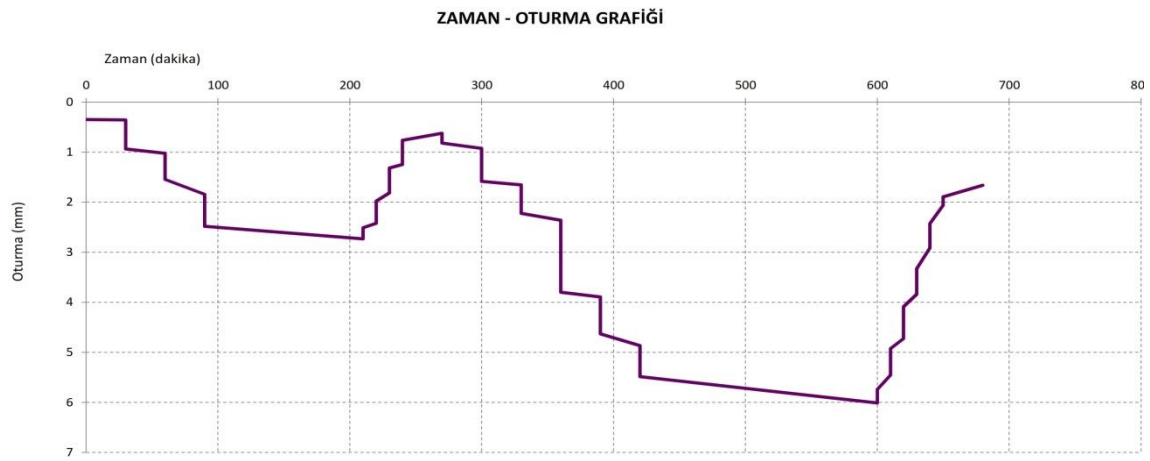


Şekil 1.78. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

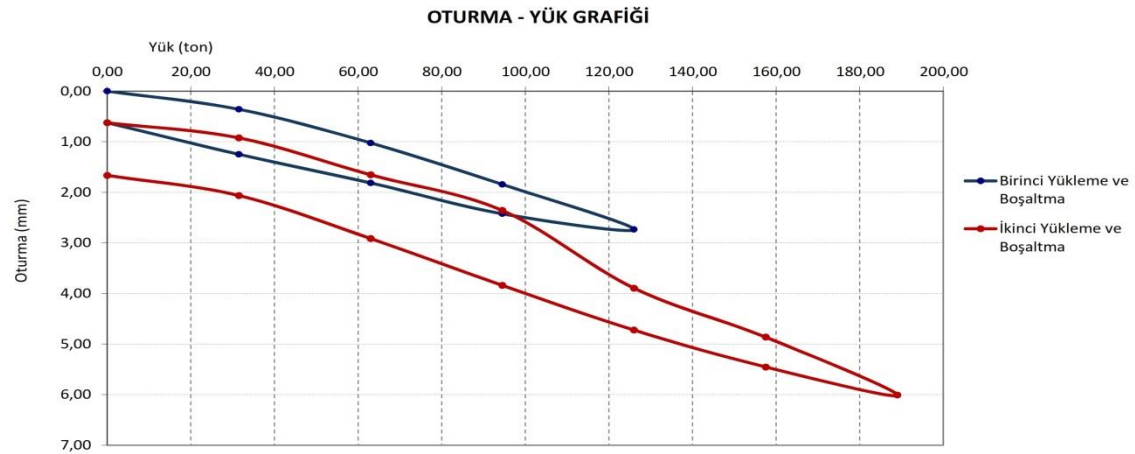
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.79. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

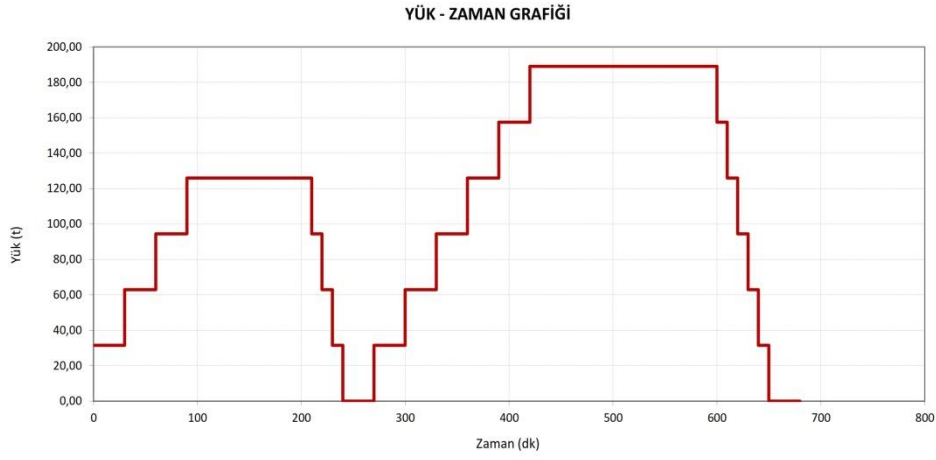


Şekil 1.80. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

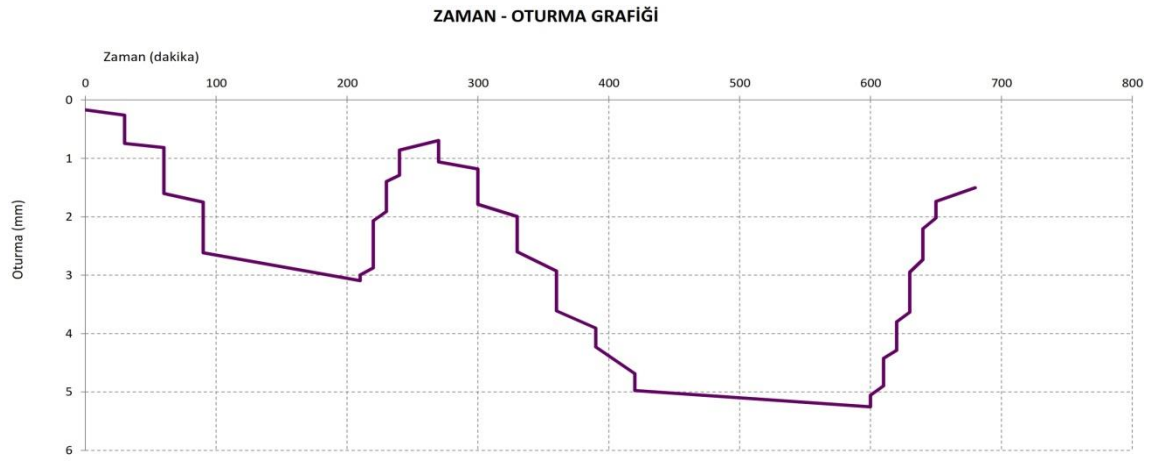


Şekil 1.81. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

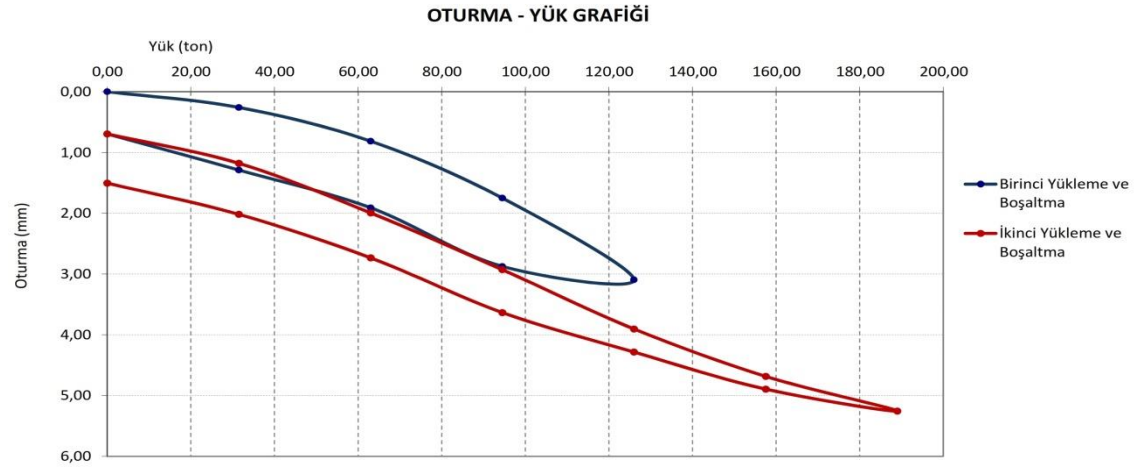
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.82. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

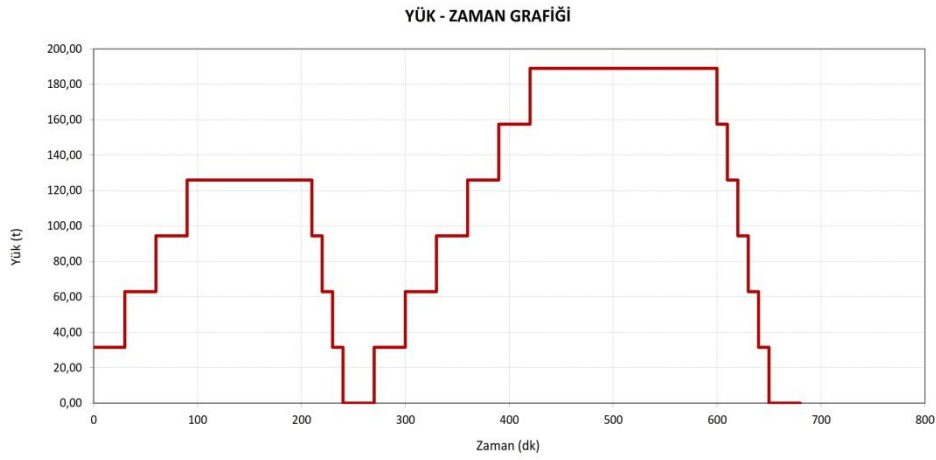


Şekil 1.83. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

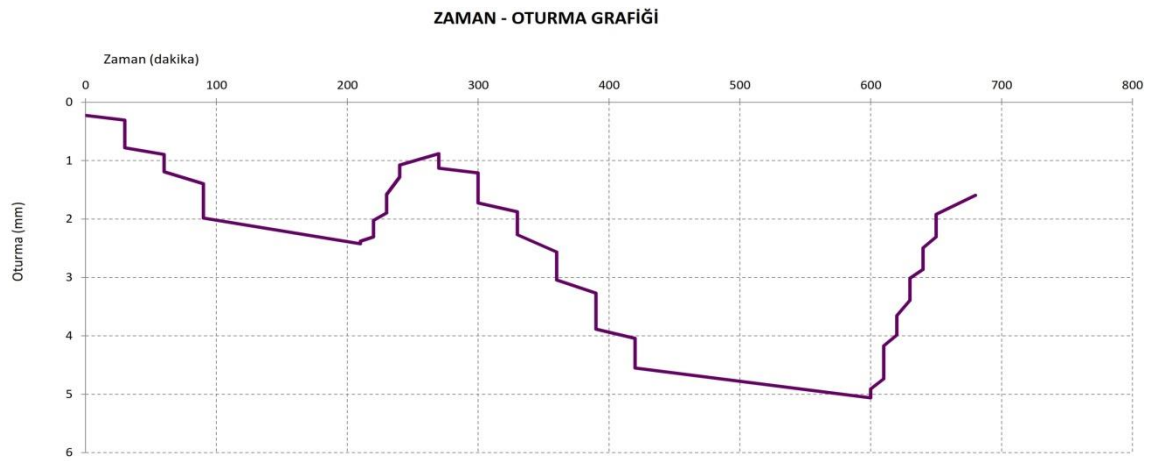


Şekil 1.84. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

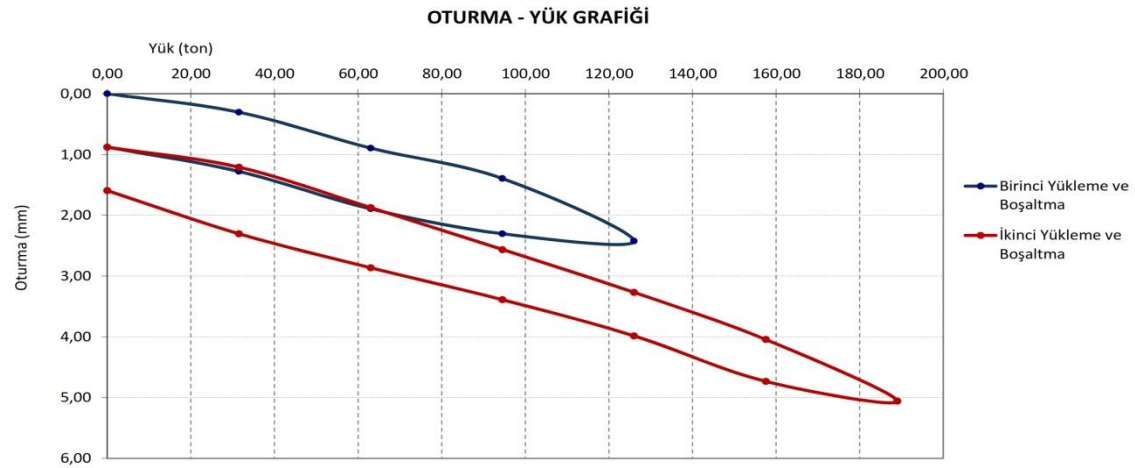
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.85. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

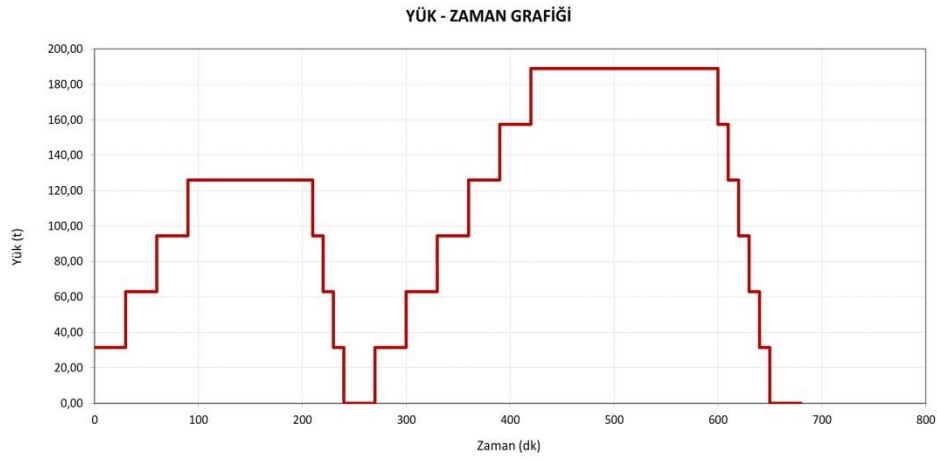


Şekil 1.86. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

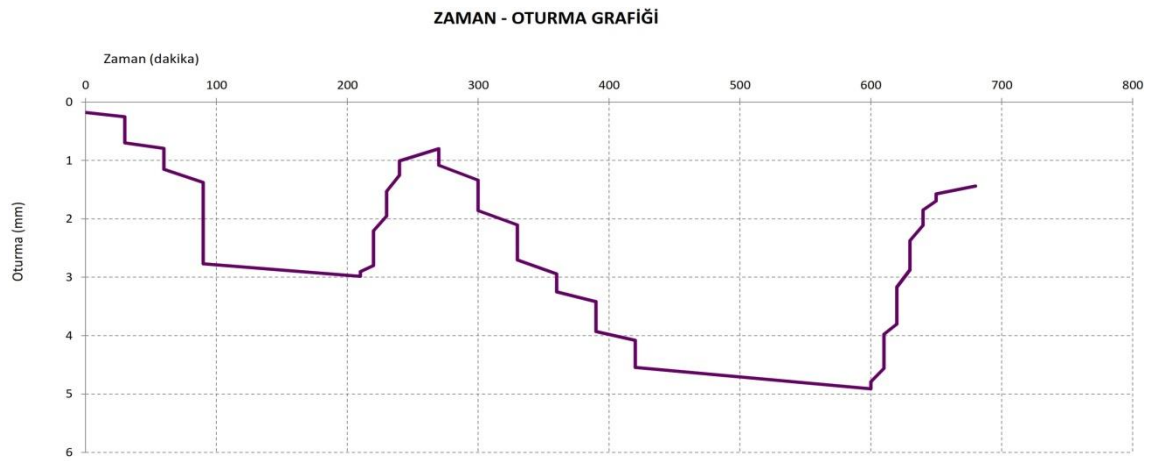


Şekil 1.87. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

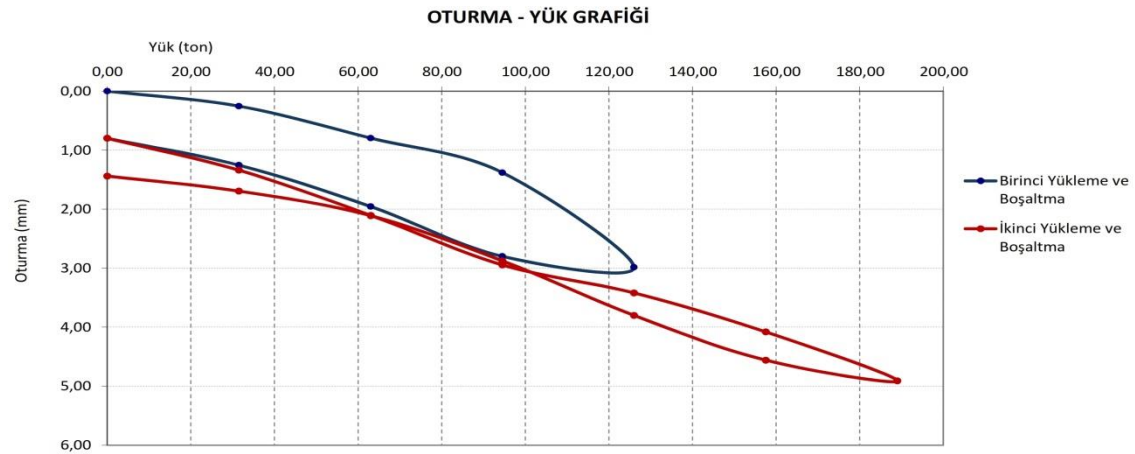
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.88. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

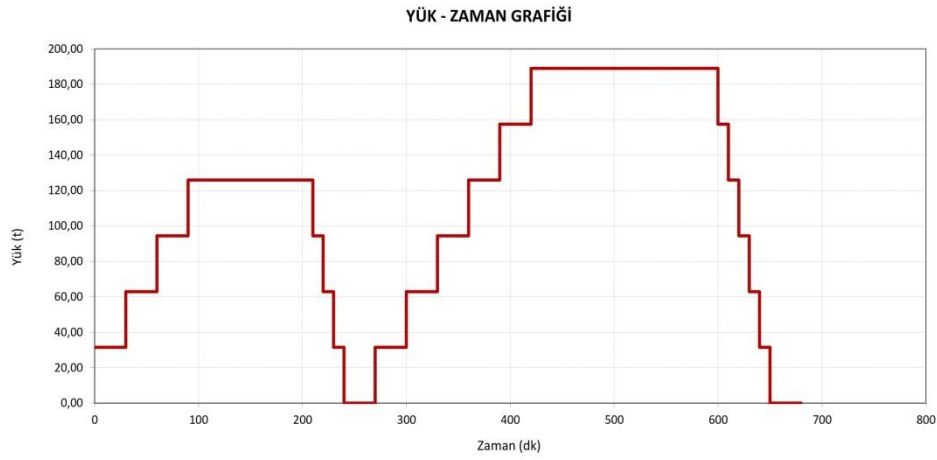


Şekil 1.89. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

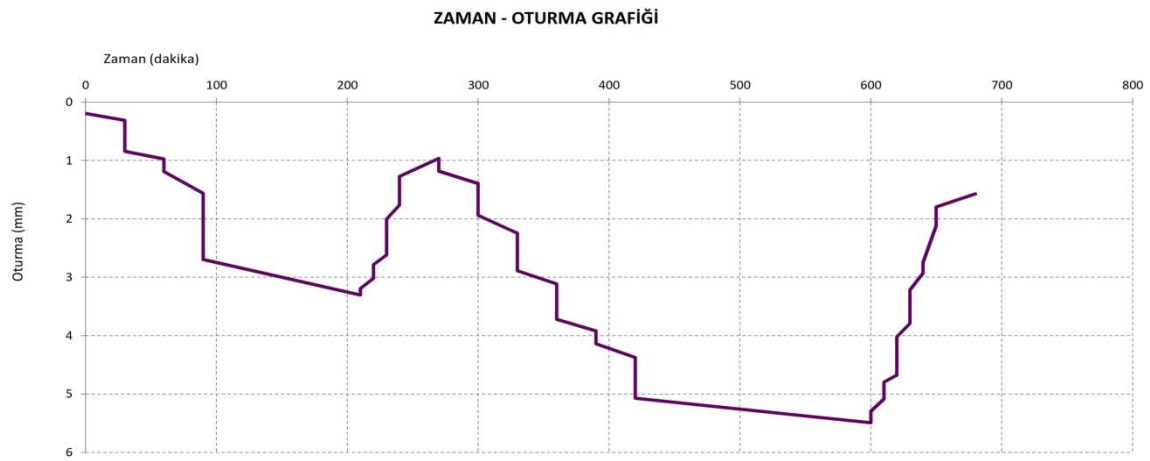


Şekil 1.90. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

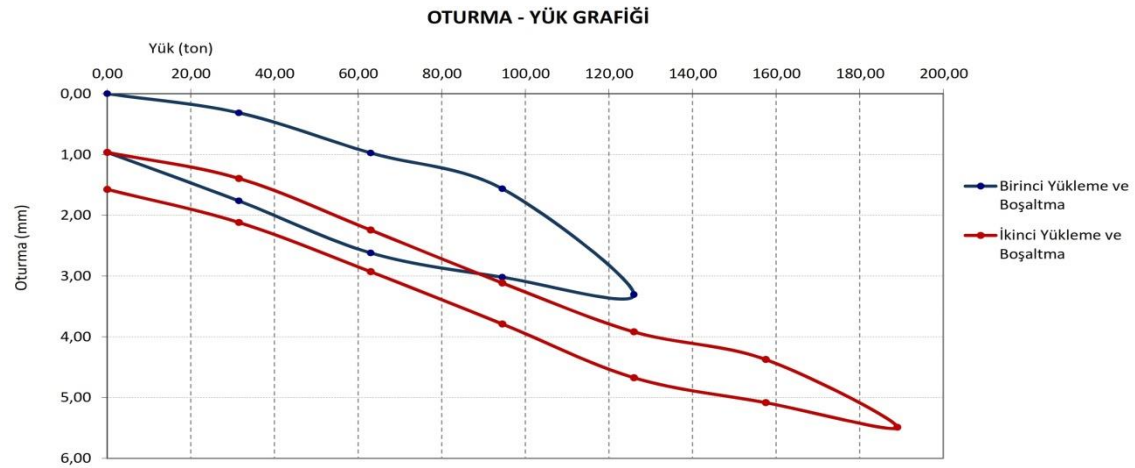
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.91. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

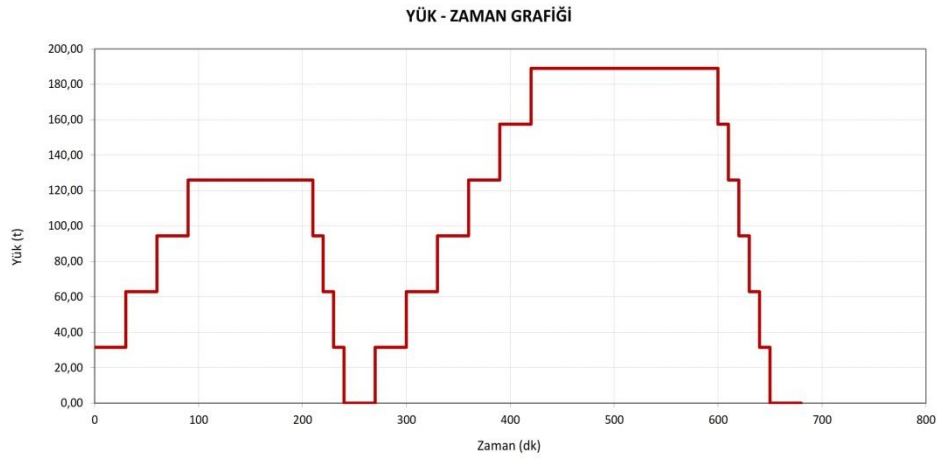


Şekil 1.92. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

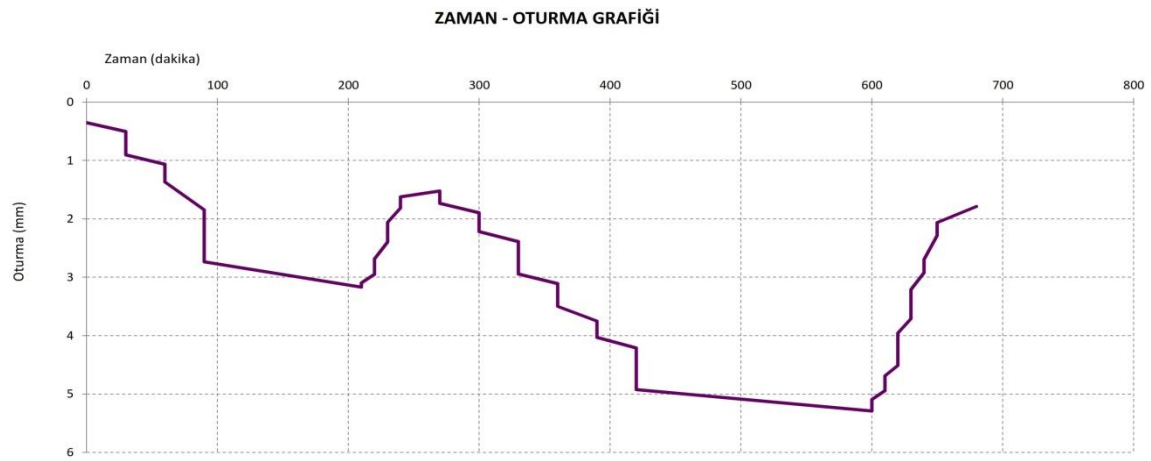


Şekil 1.93. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

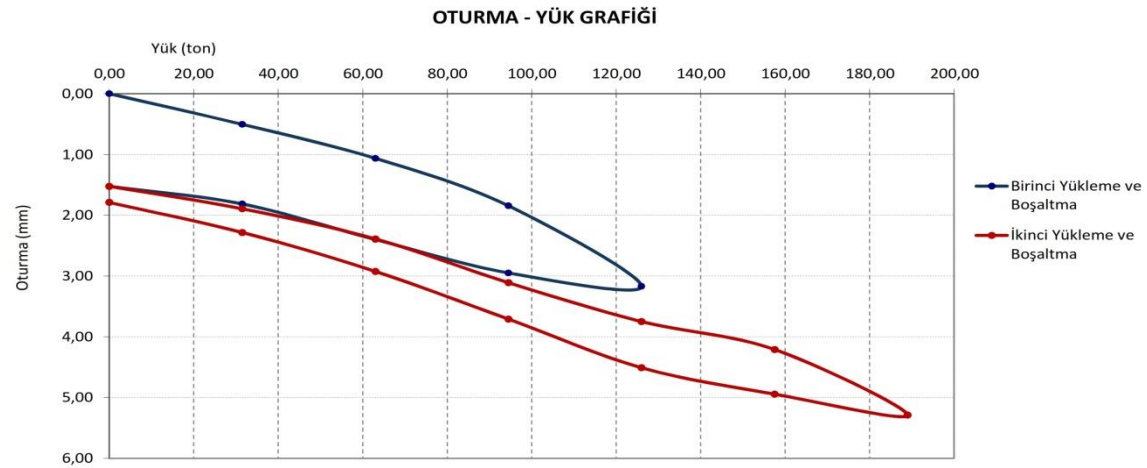
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.94. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

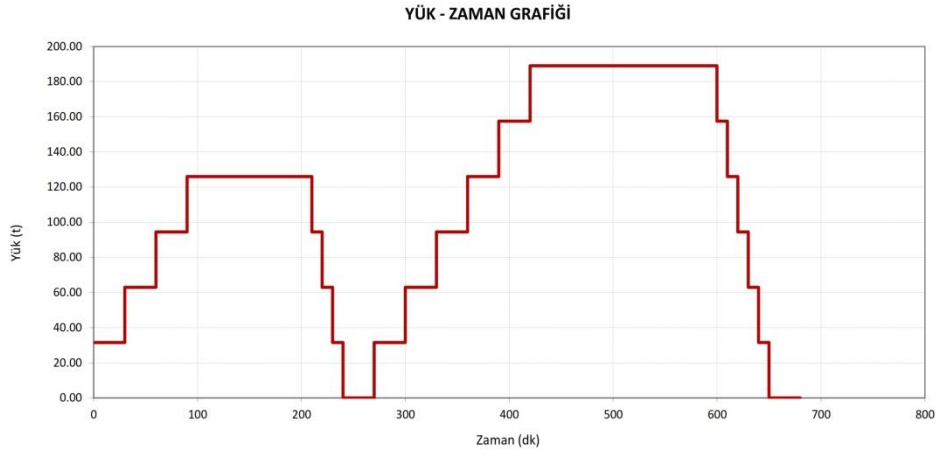


Şekil 1.95. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

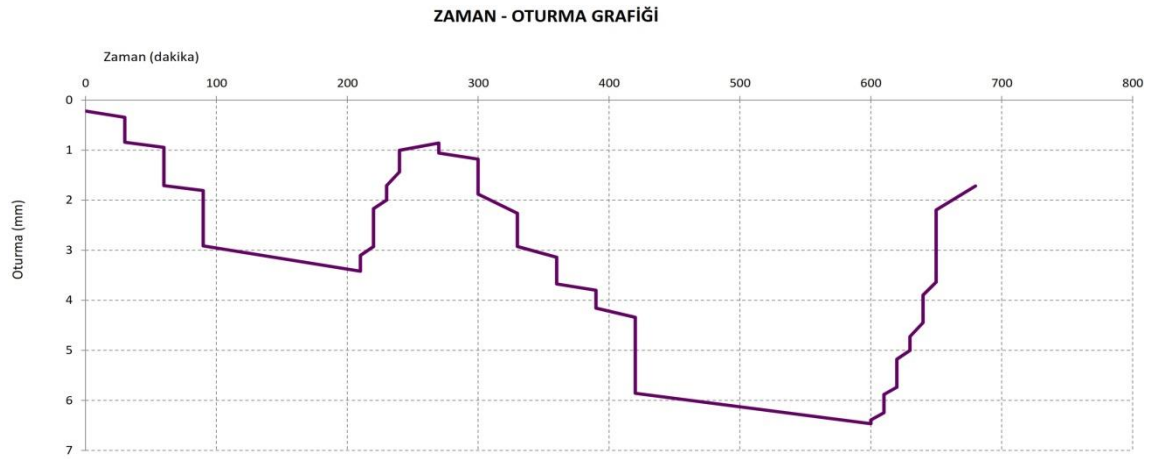


Şekil 1.96. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

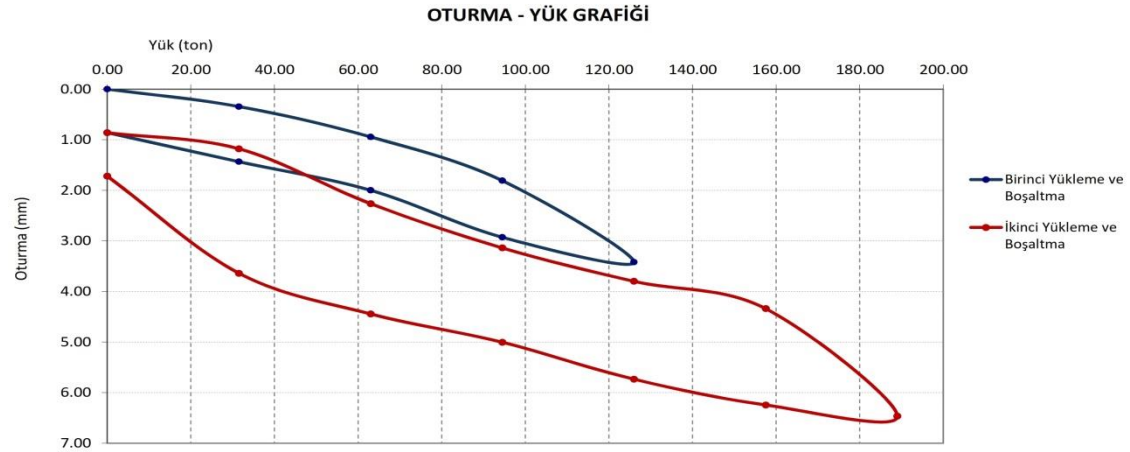
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.97. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

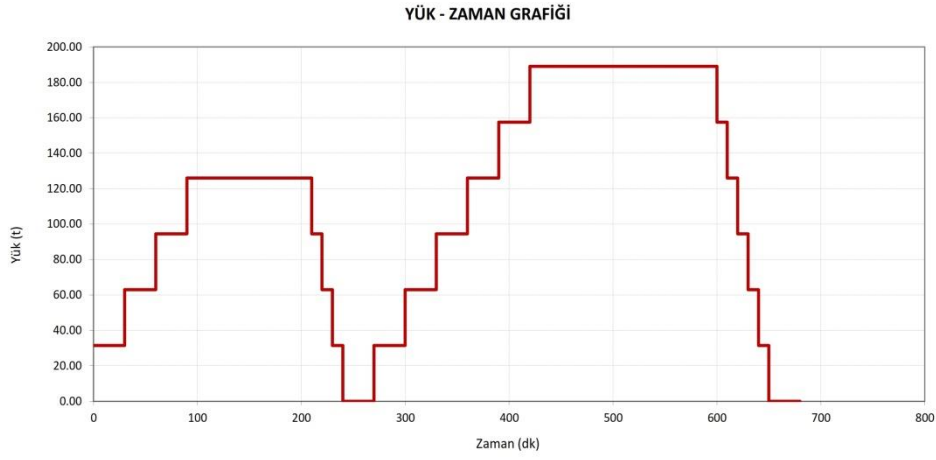


Şekil 1.98. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

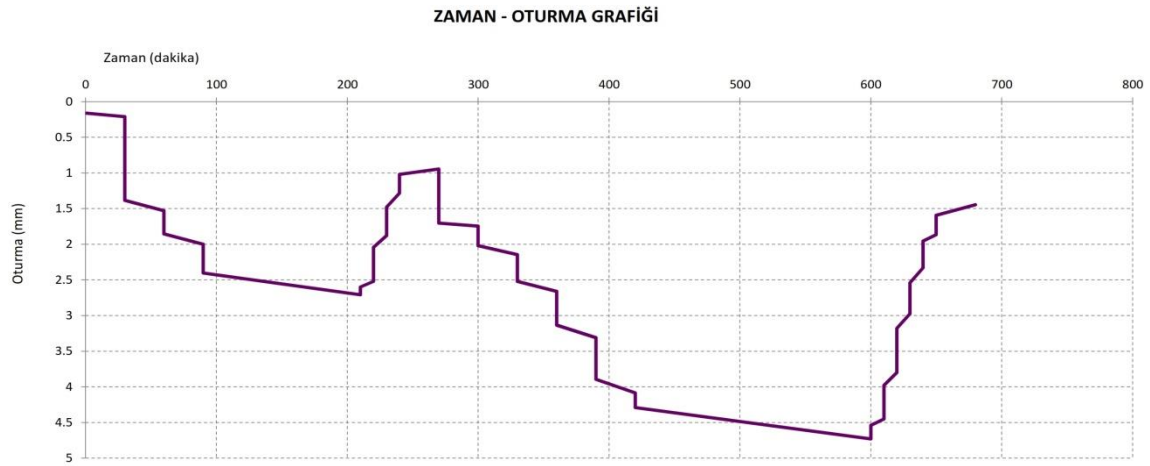


Şekil 1.99. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

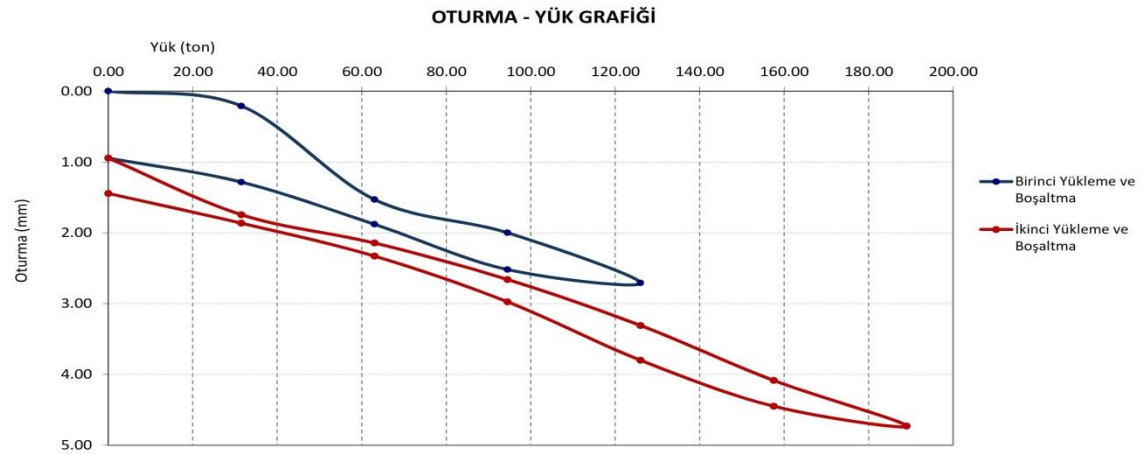
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.100. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

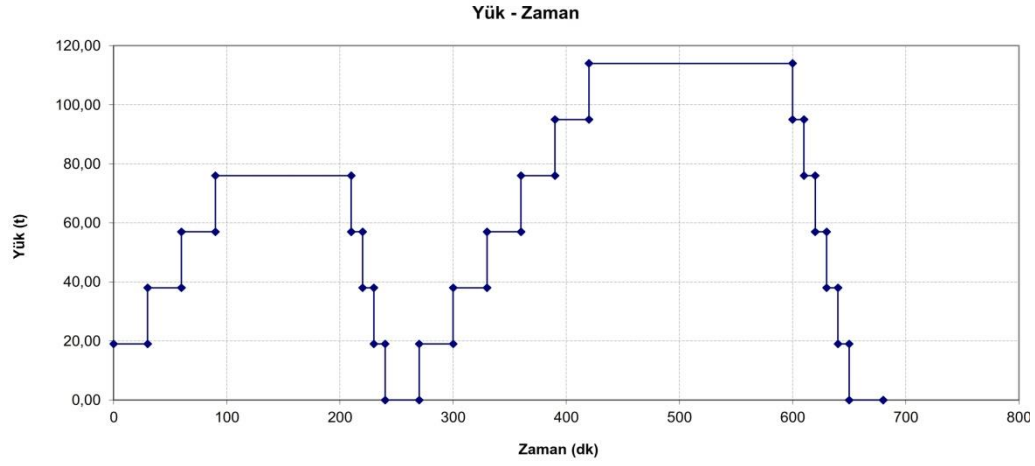


Şekil 1.101. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

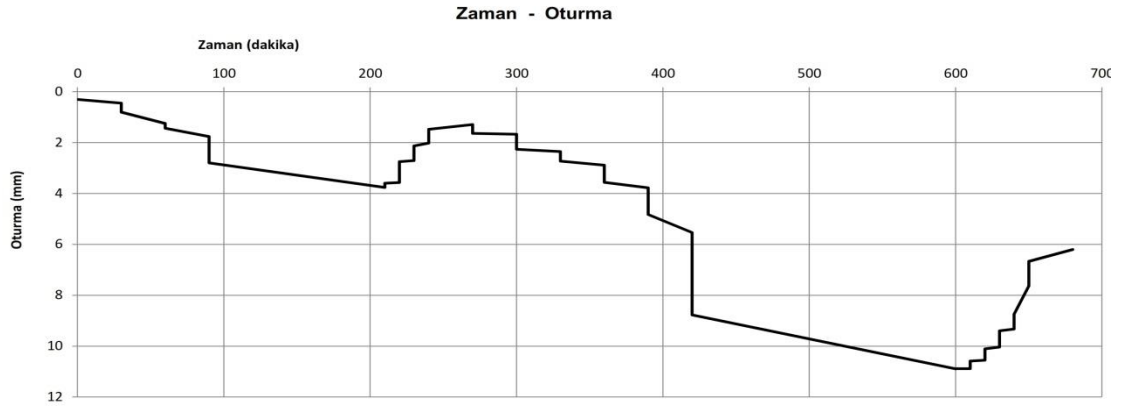


Şekil 1.102. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

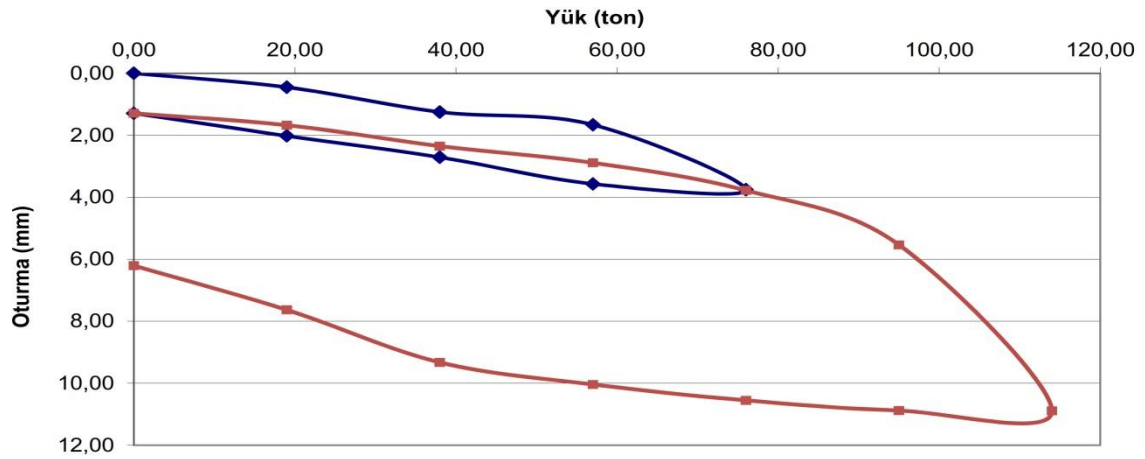
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.103. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

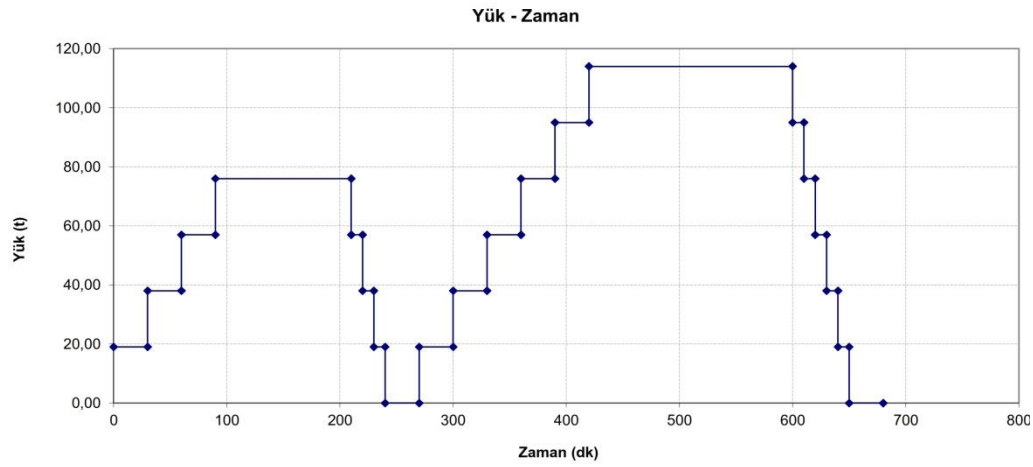


Şekil 1.104. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

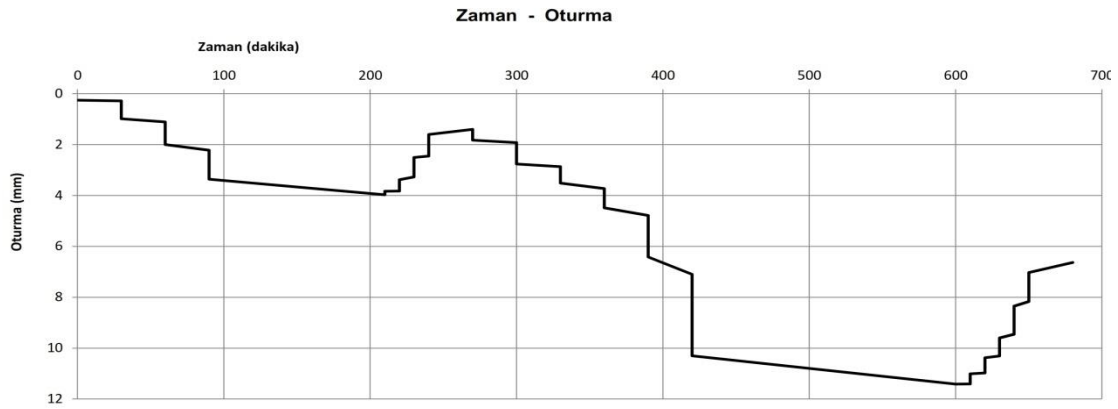


Şekil 1.105. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

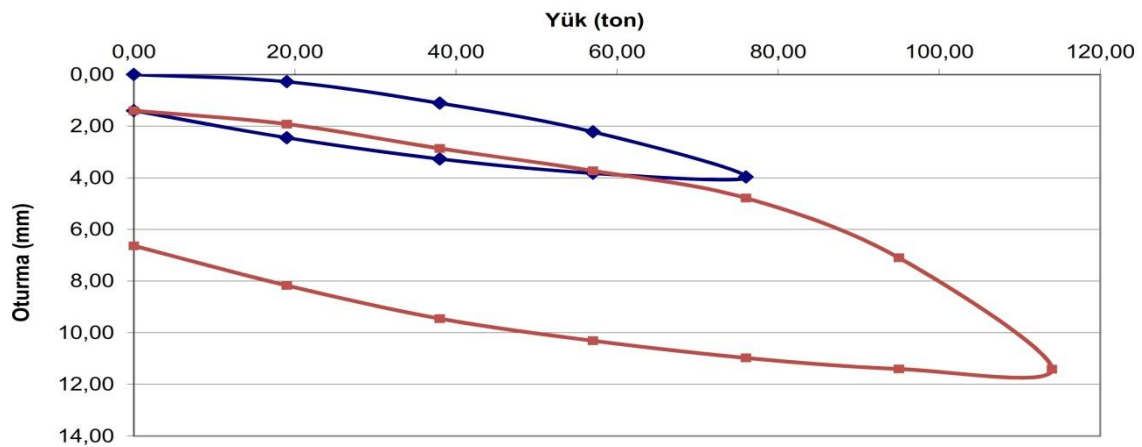
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.106. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

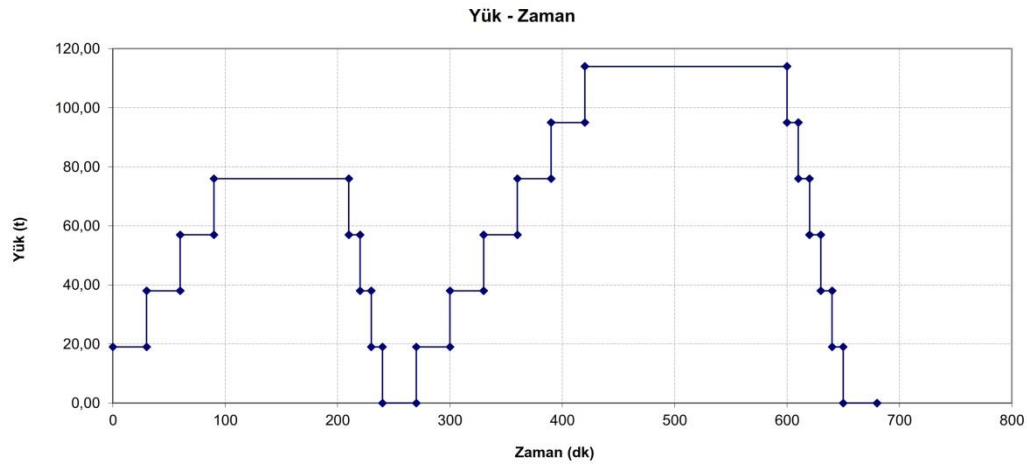


Şekil 1.107. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

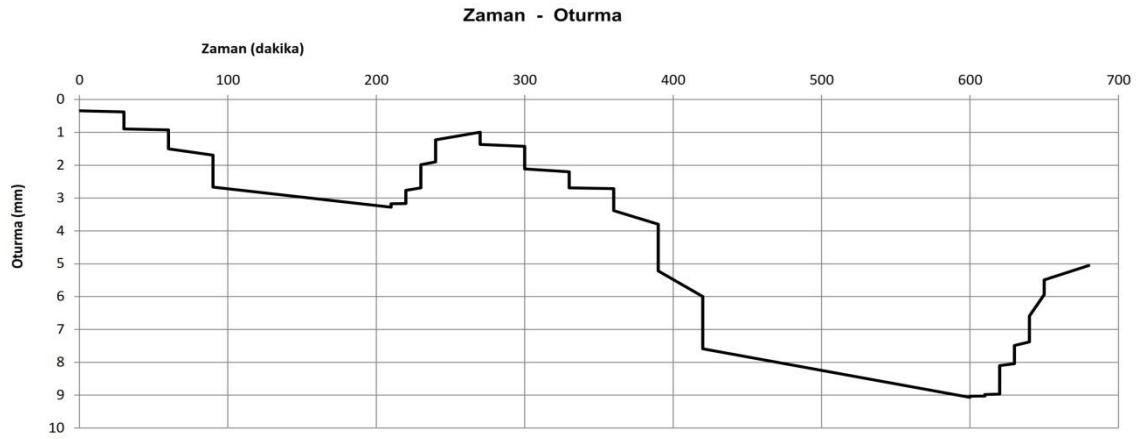


Şekil 1.108. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

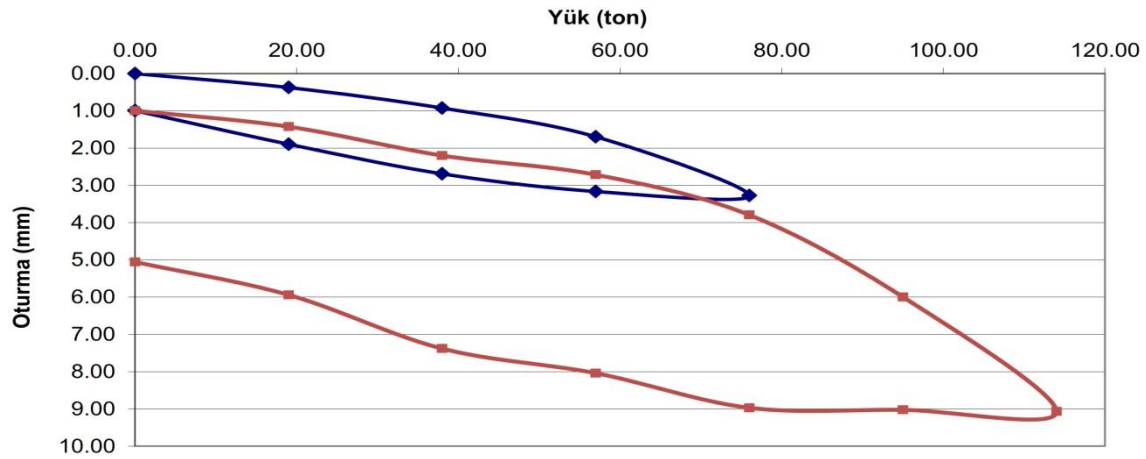
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.109. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

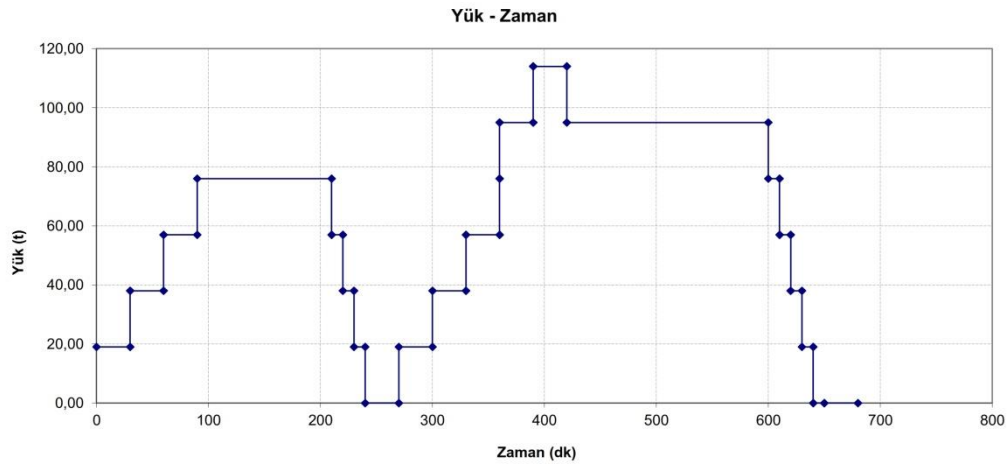


Şekil 1.110. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

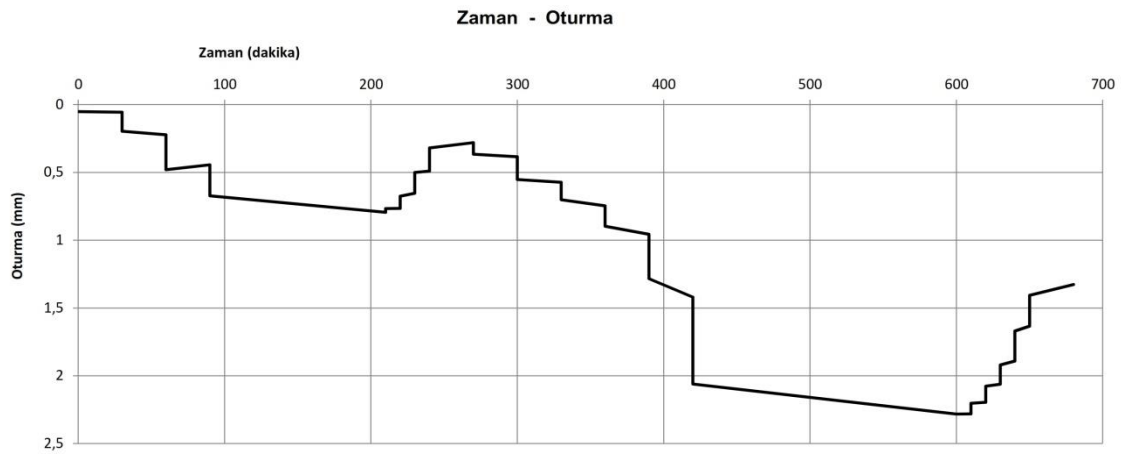


Şekil 1.111. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

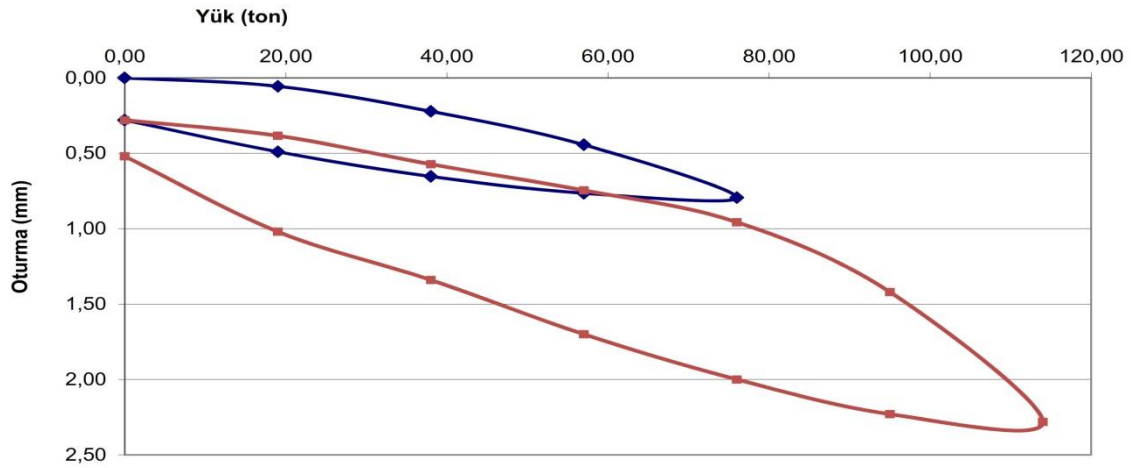
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.112. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

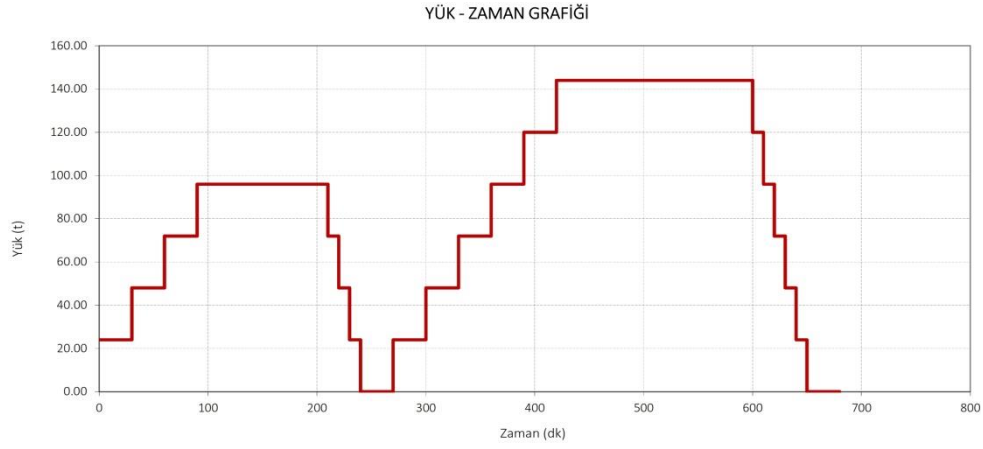


Şekil 1.113. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

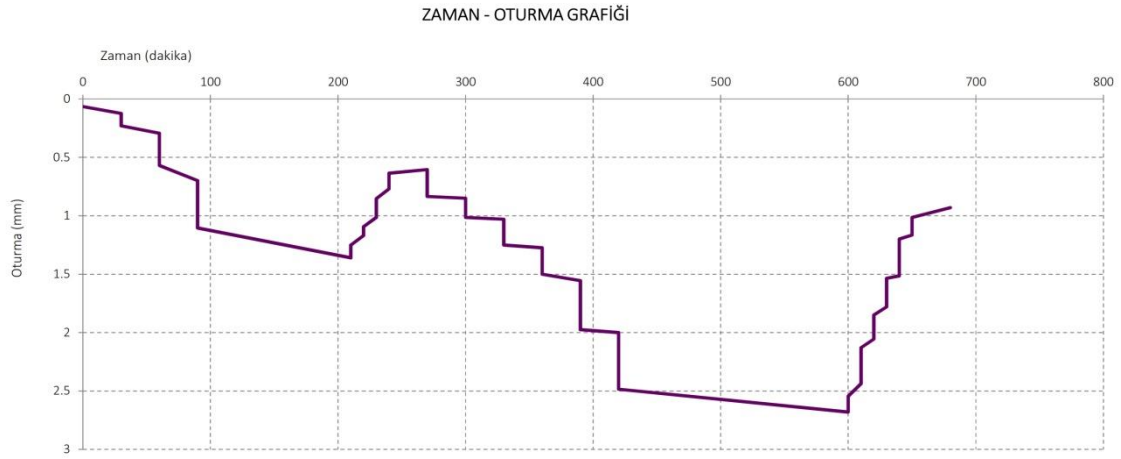


Şekil 1.114. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

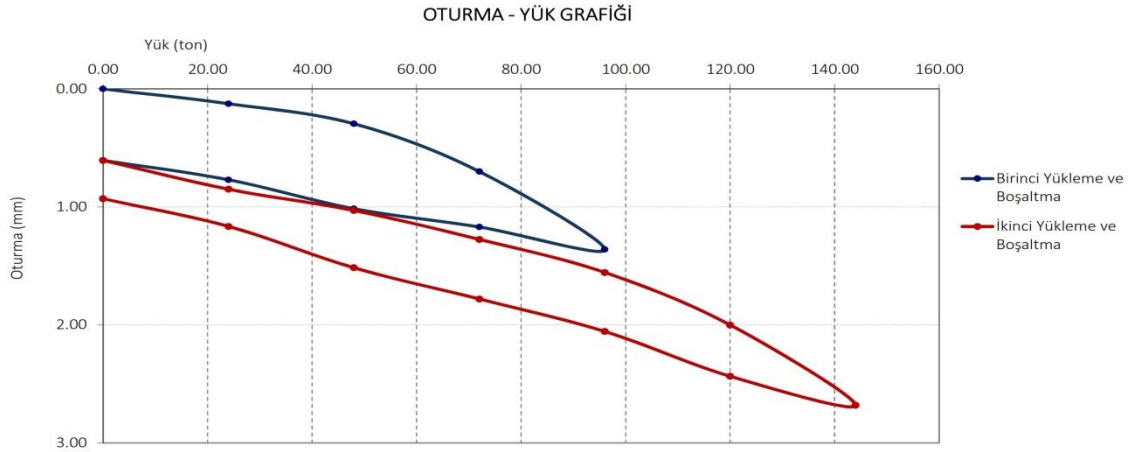
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.115. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

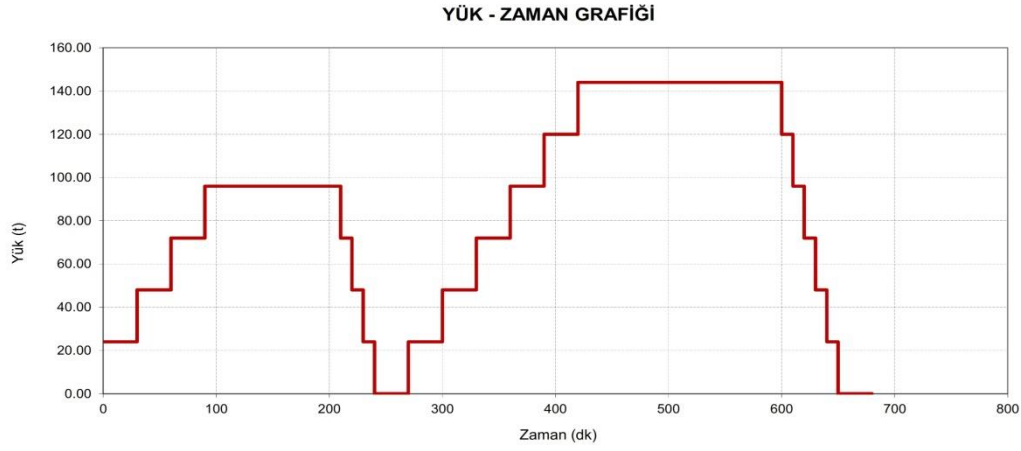


Şekil 1.116. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

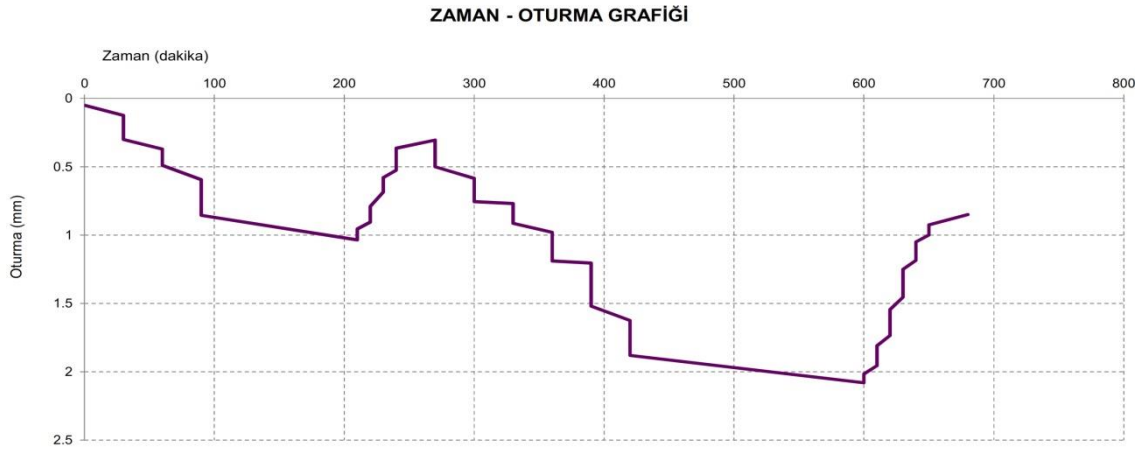


Şekil 1.117. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

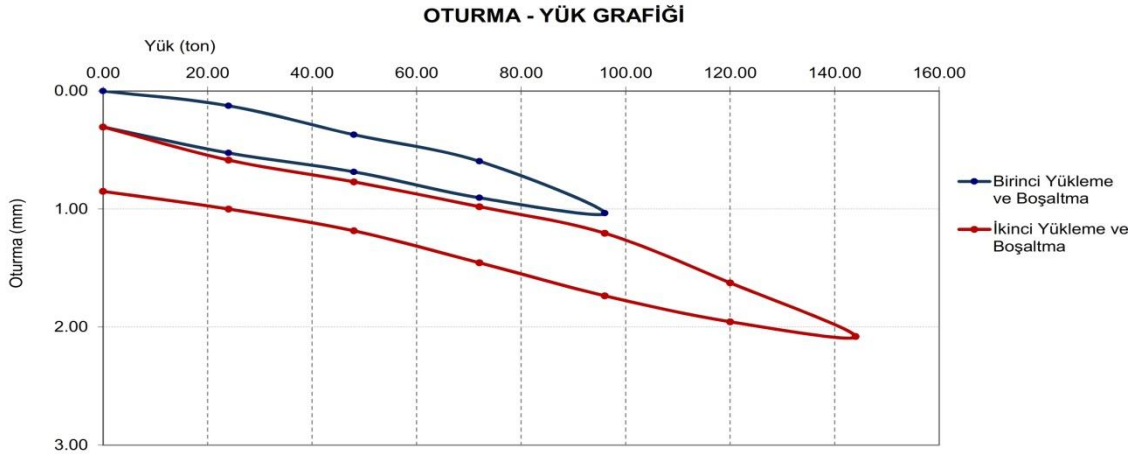
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.118. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

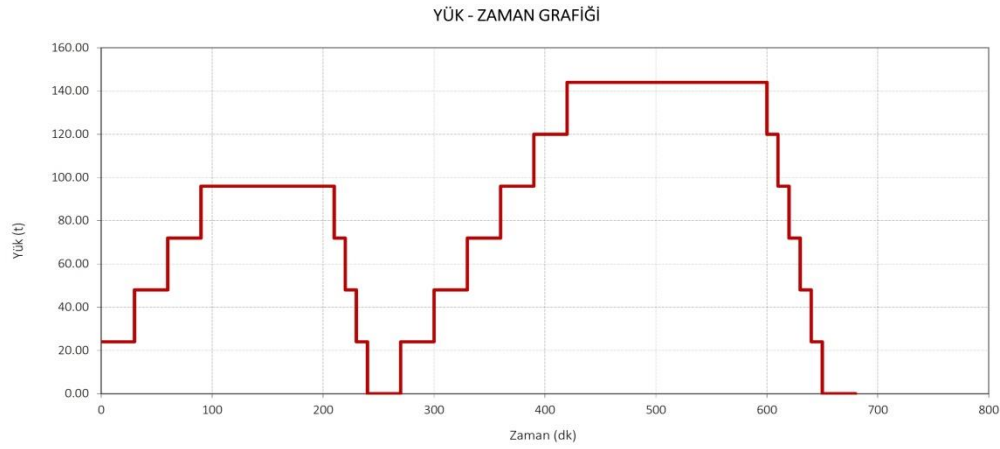


Şekil 1.119. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

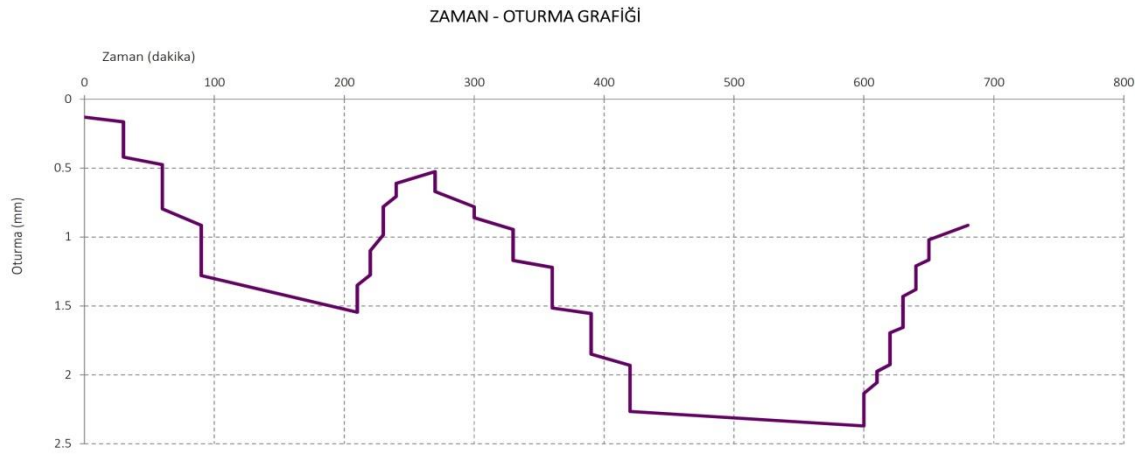


Şekil 1.120. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

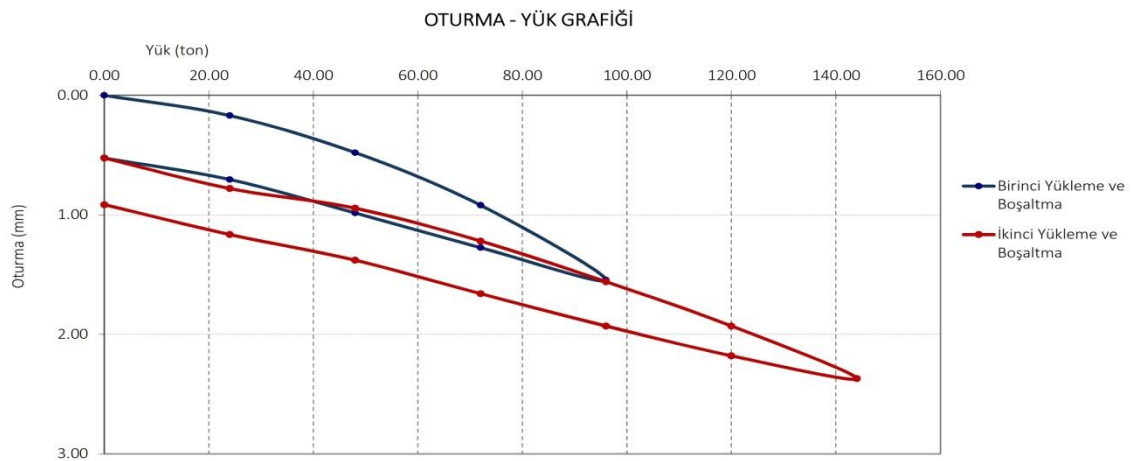
EK-1. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyleri için yük – zaman, oturma – zaman ve oturma – yük grafikleri



Şekil 1.121. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için yük – zaman grafiği

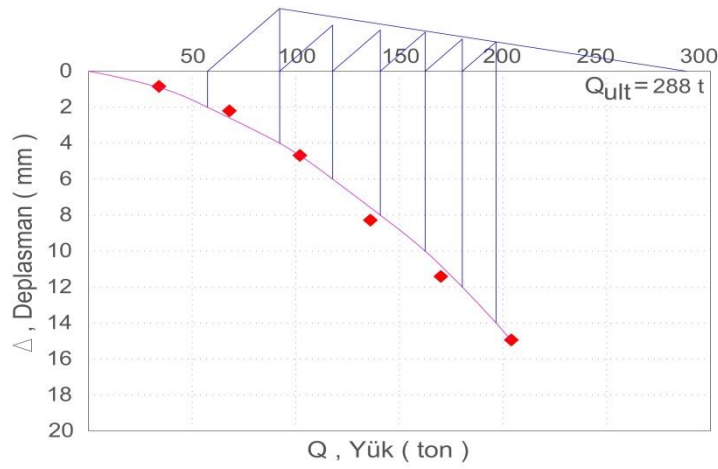


Şekil 1.122. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

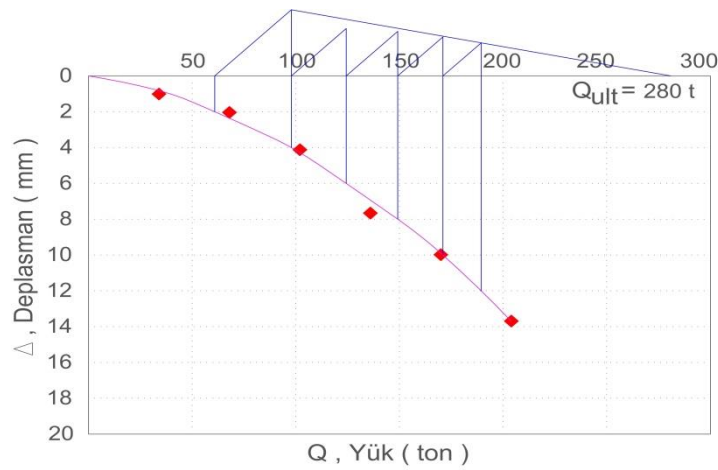


Şekil 1.123. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için zaman – oturma grafiği

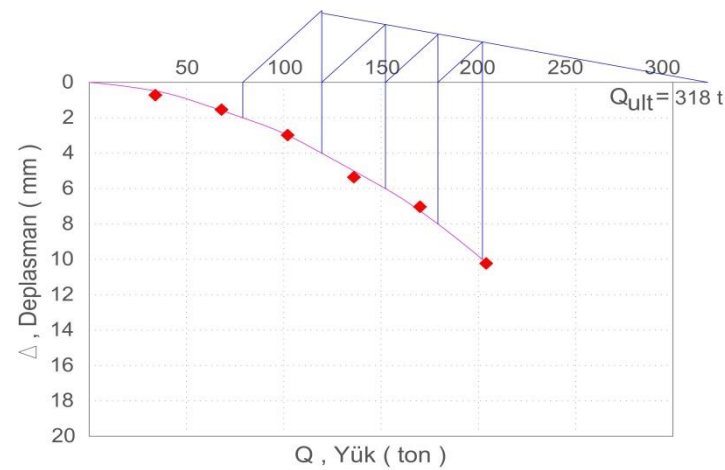
EK-2. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.1. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

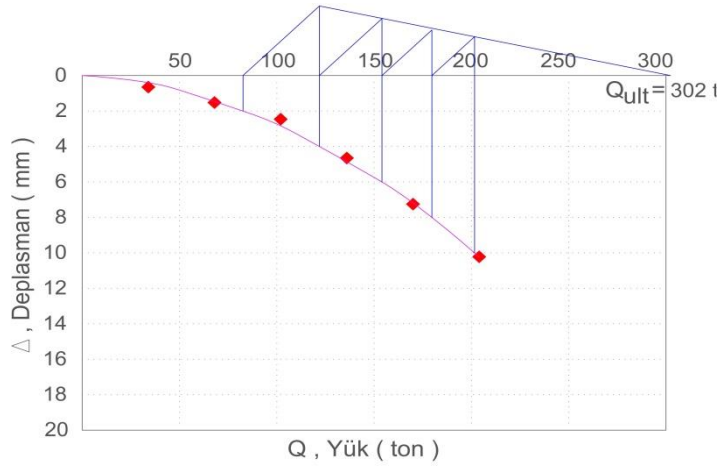


Şekil 2.2. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

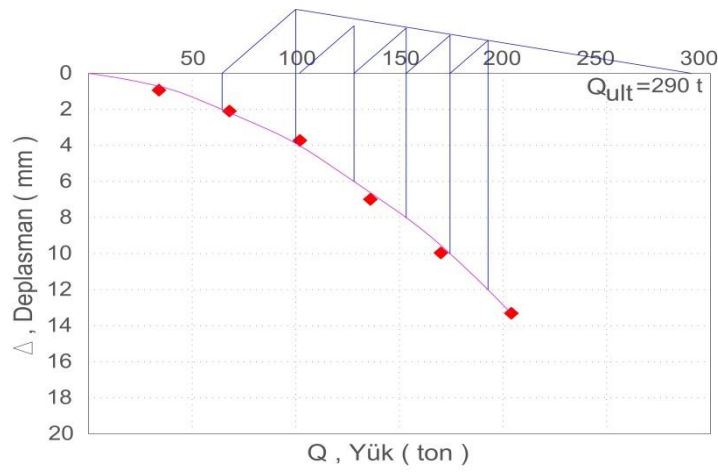


Şekil 2.3. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

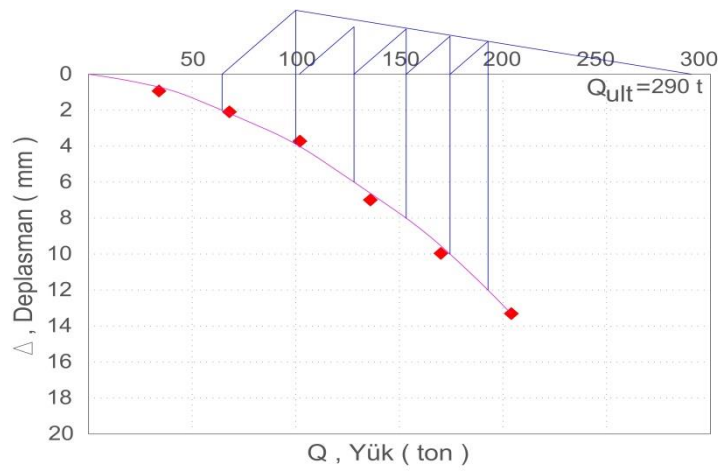
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.4. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

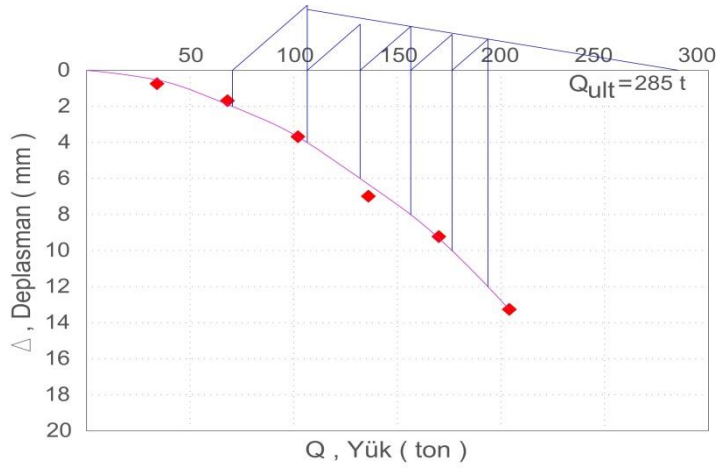


Şekil 2.5. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

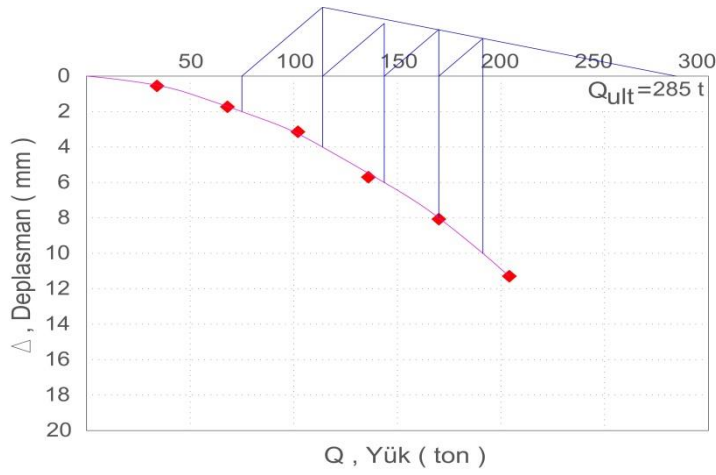


Şekil 2.6. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

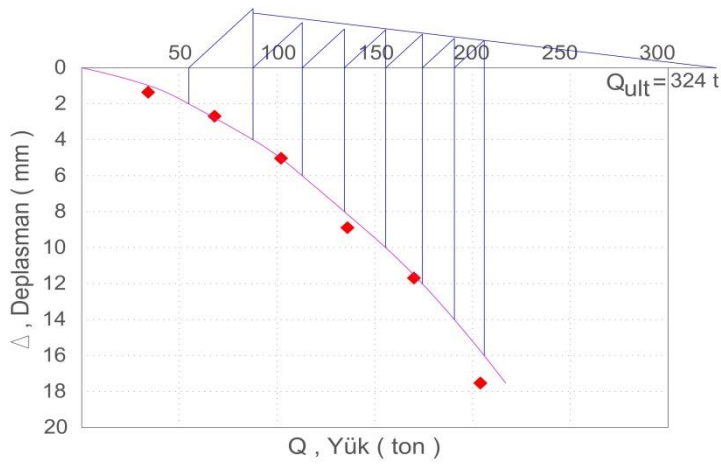
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.7. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

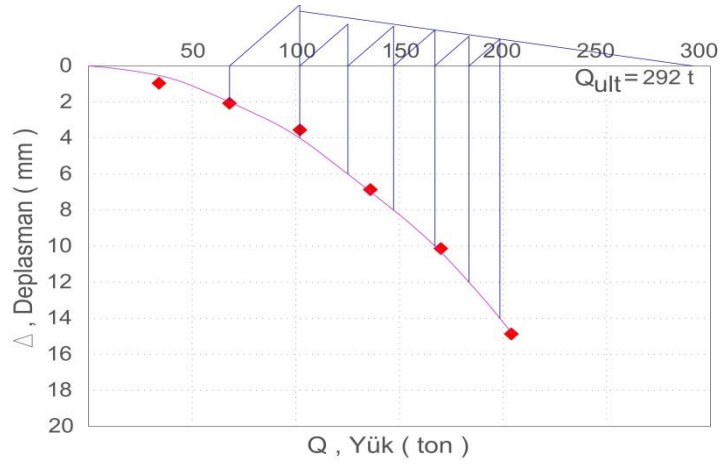


Şekil 2.8. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

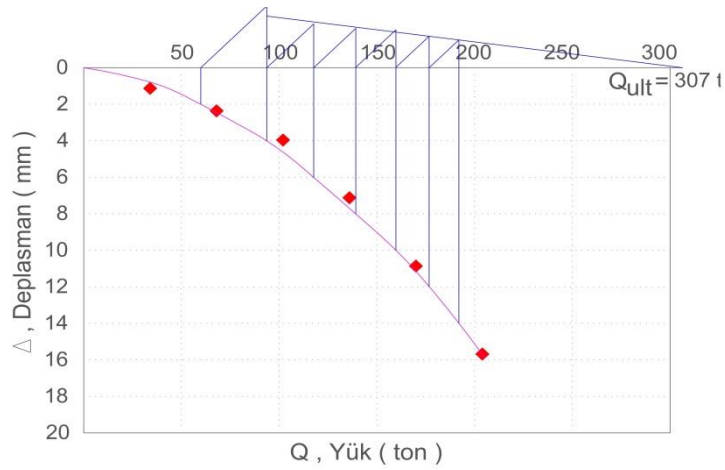


Şekil 2.9. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

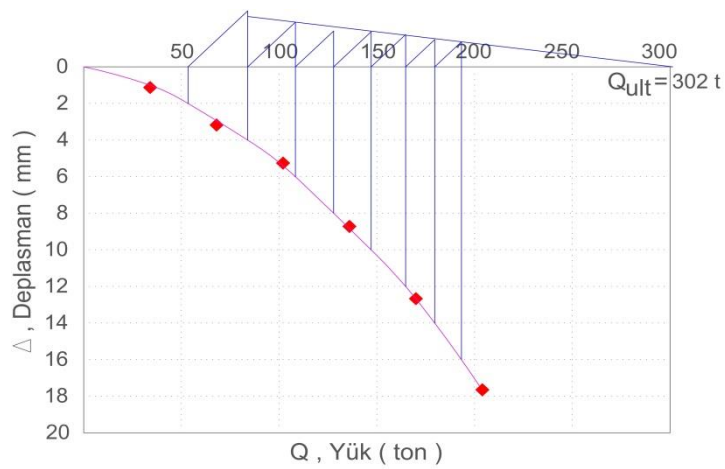
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.10. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

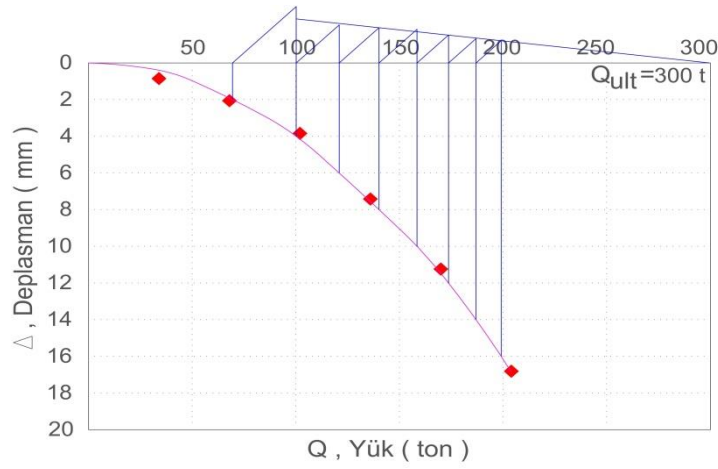


Şekil 2.11. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

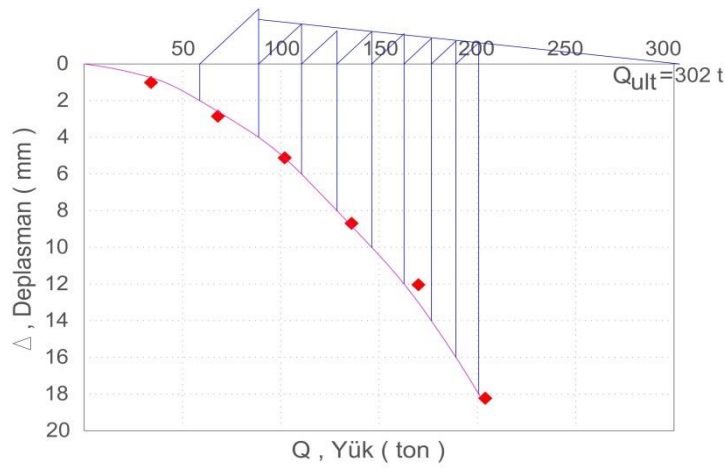


Şekil 2.12. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

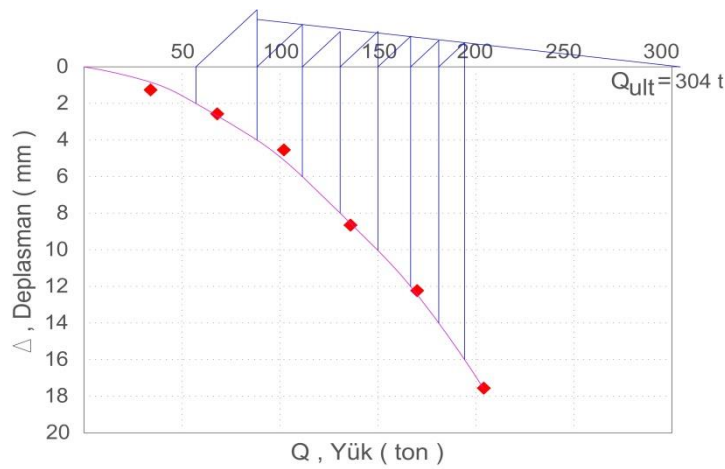
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.13. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

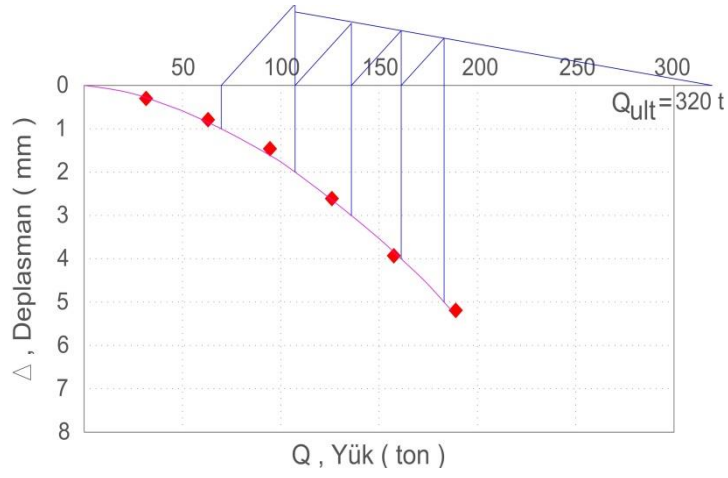


Şekil 2.14. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

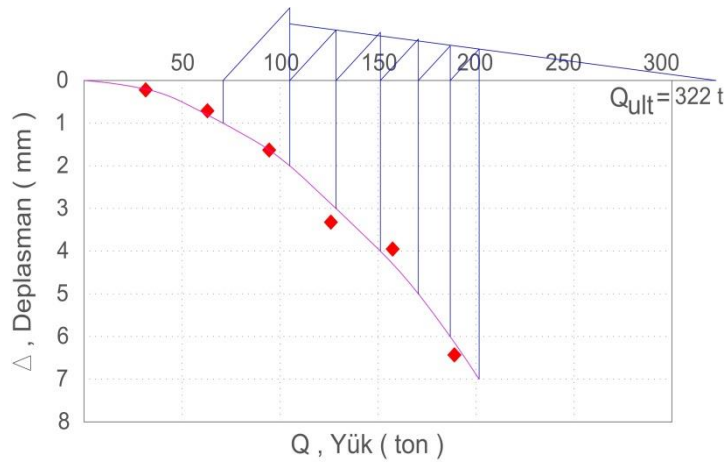


Şekil 2.15. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

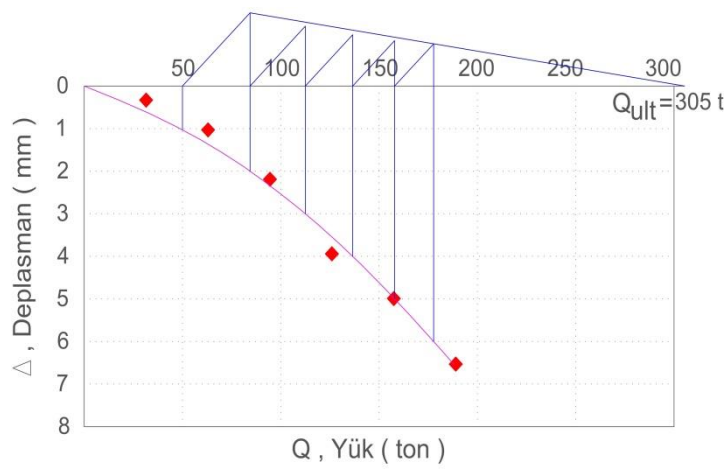
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.16. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

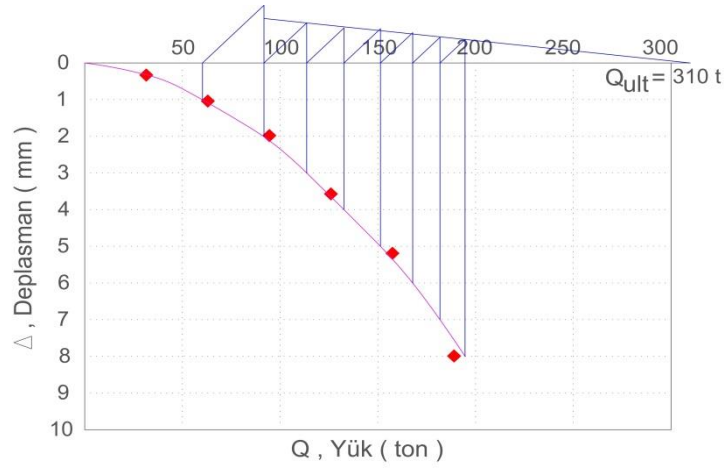


Şekil 2.17. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

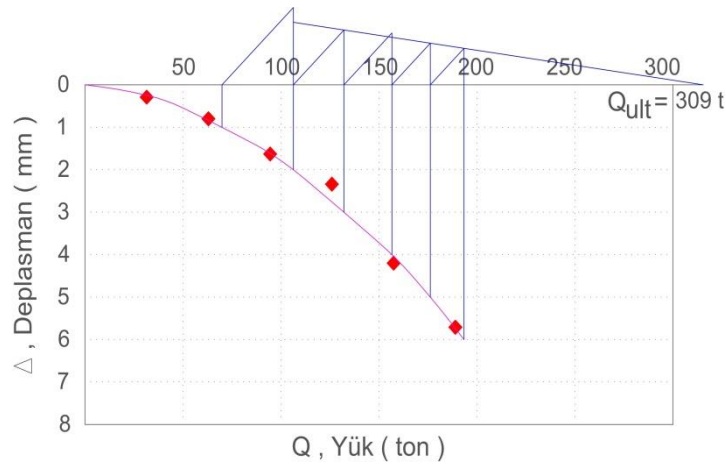


Şekil 2.18. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

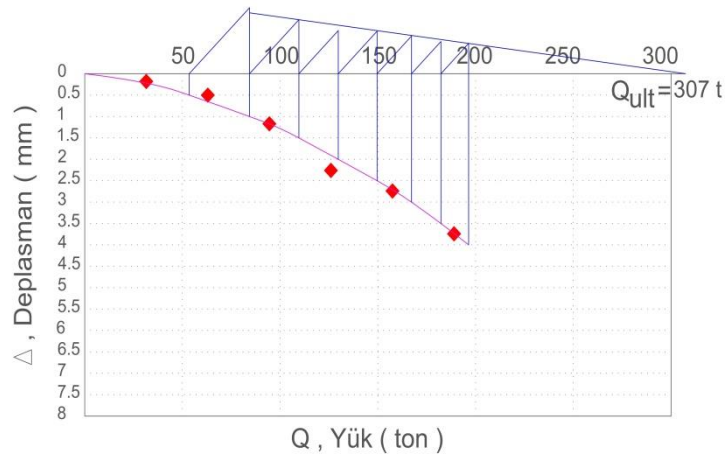
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.19. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

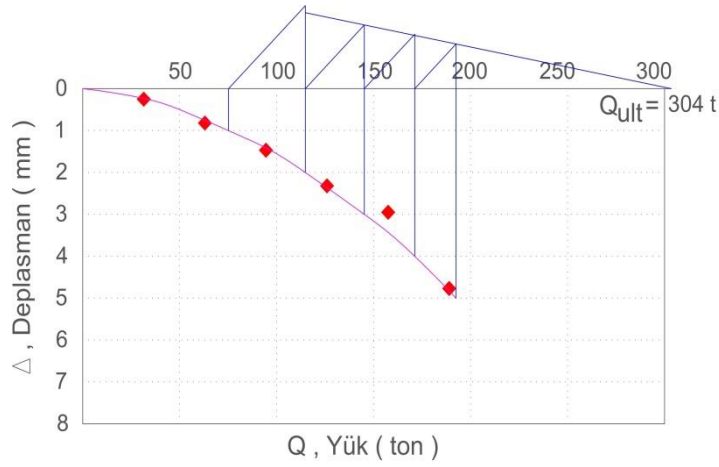


Şekil 2.20. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

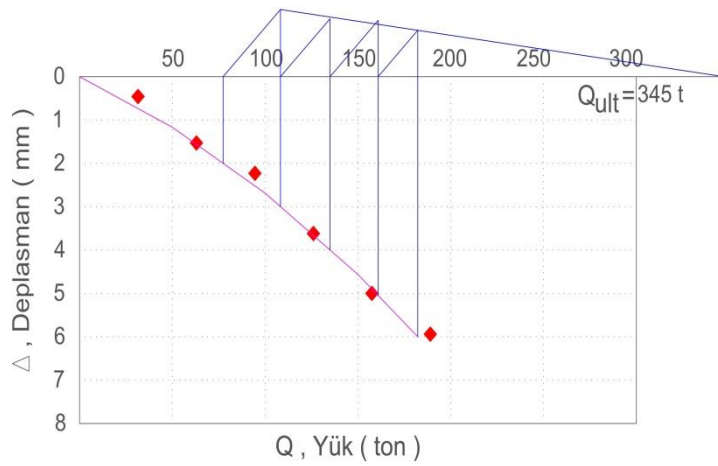


Şekil 2.21. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

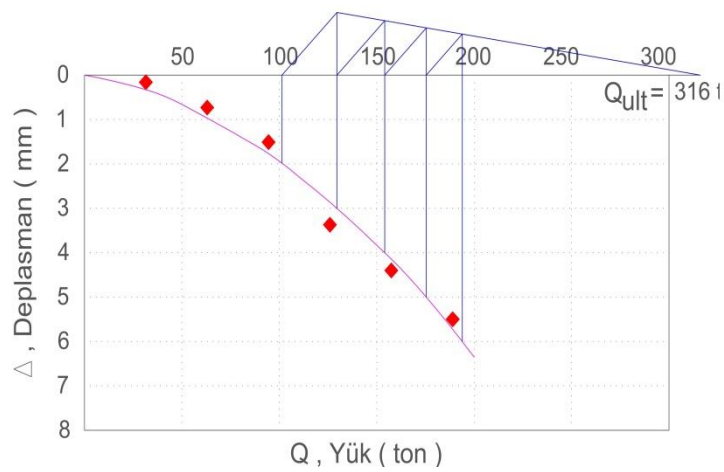
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.22. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

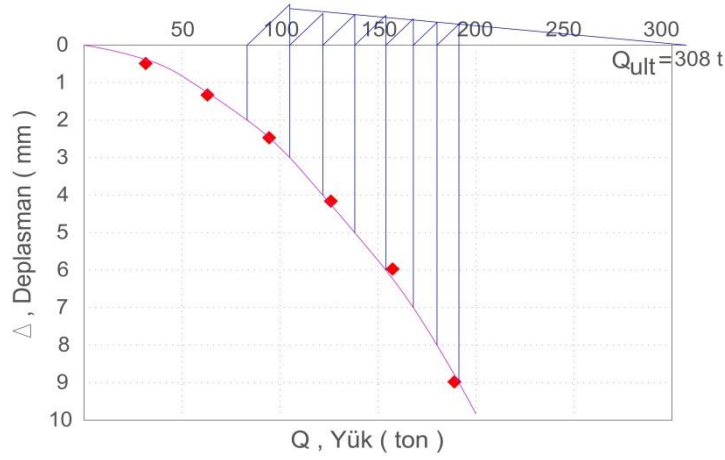


Şekil 2.23. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

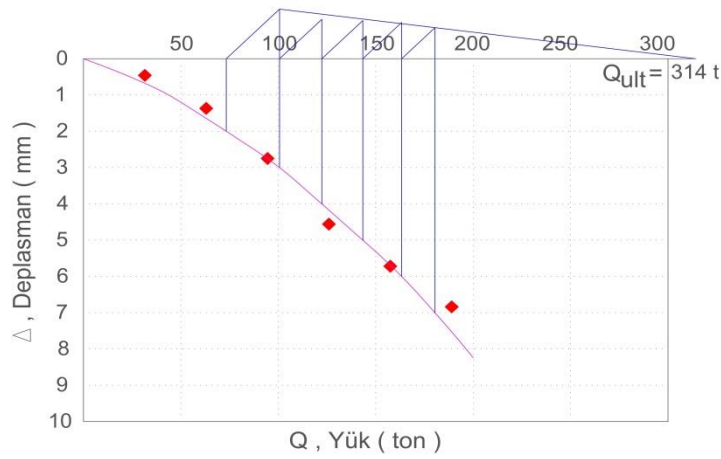


Şekil 2.24. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

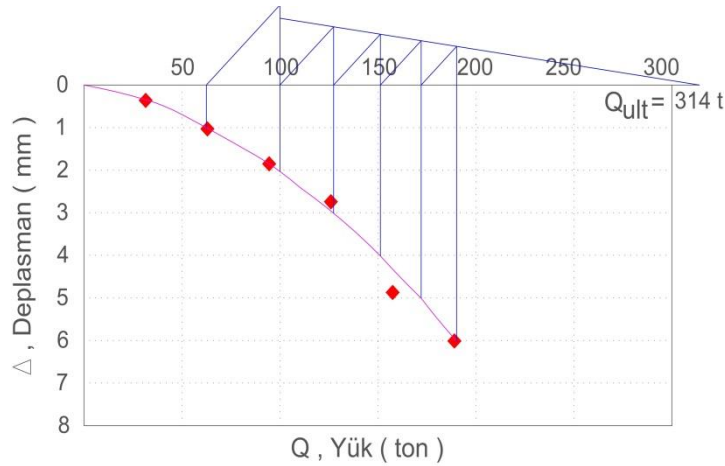
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.25. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

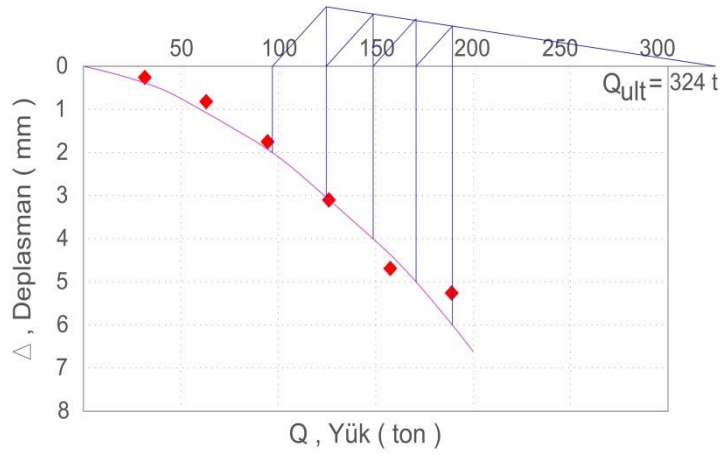


Şekil 2.26. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

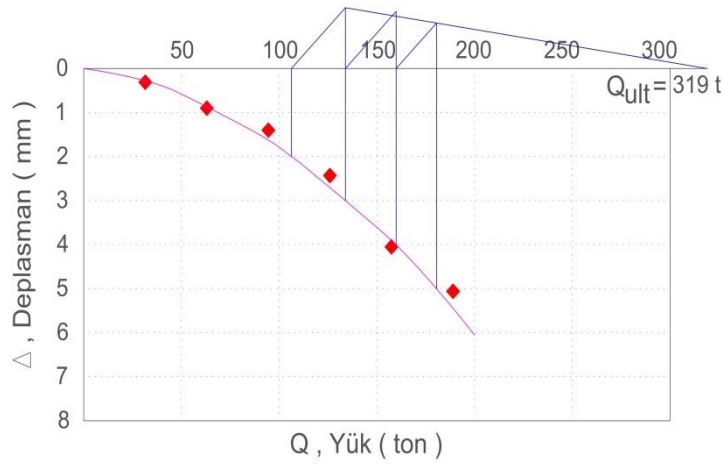


Şekil 2.27. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

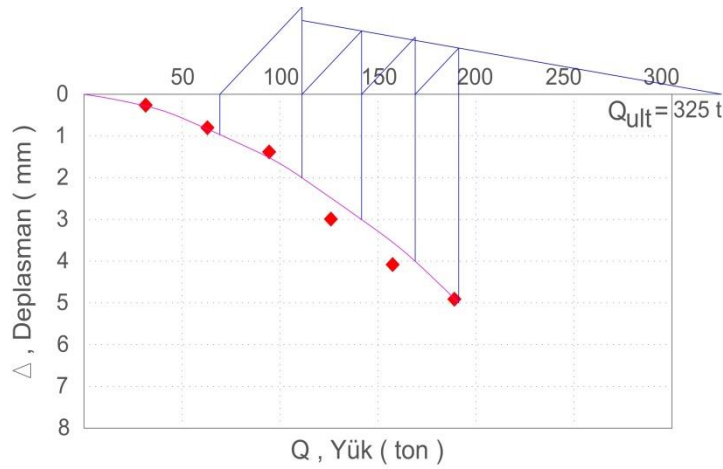
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.28. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

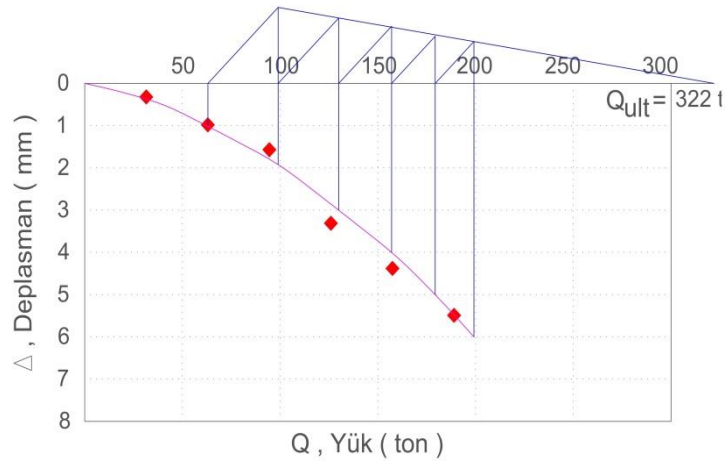


Şekil 2.29. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

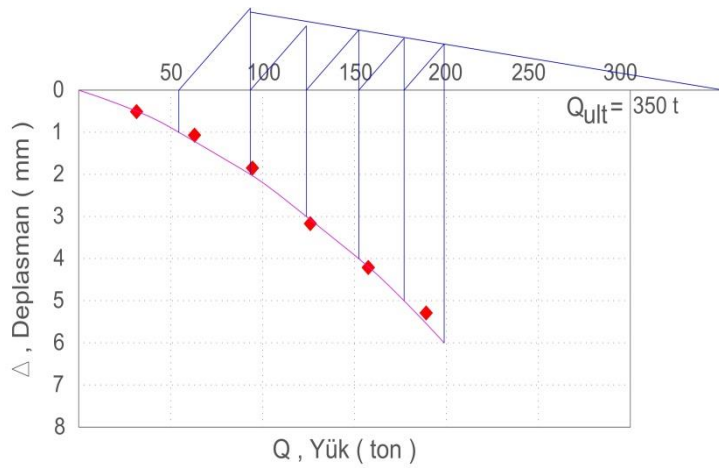


Şekil 2.30. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

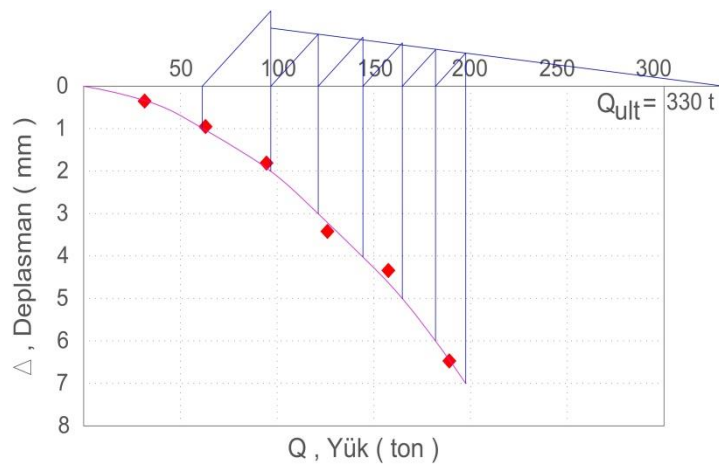
EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi



Şekil 2.31. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

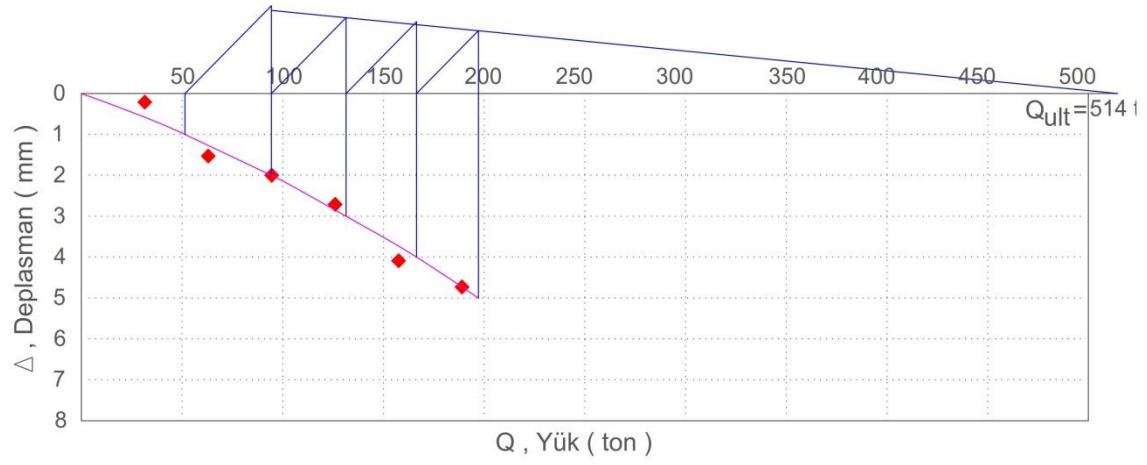


Şekil 2.32. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

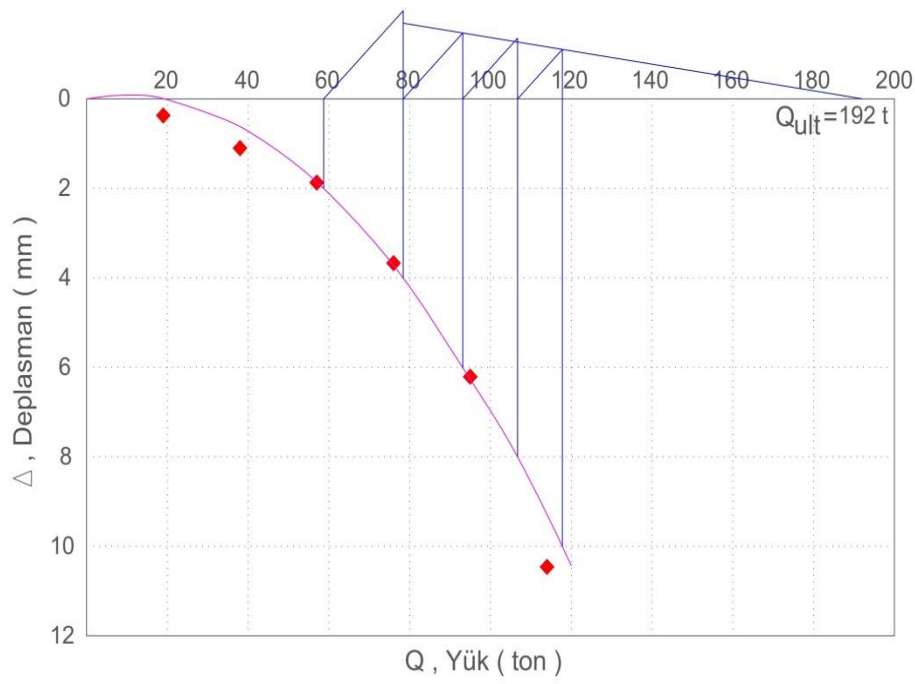


Şekil 2.33. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

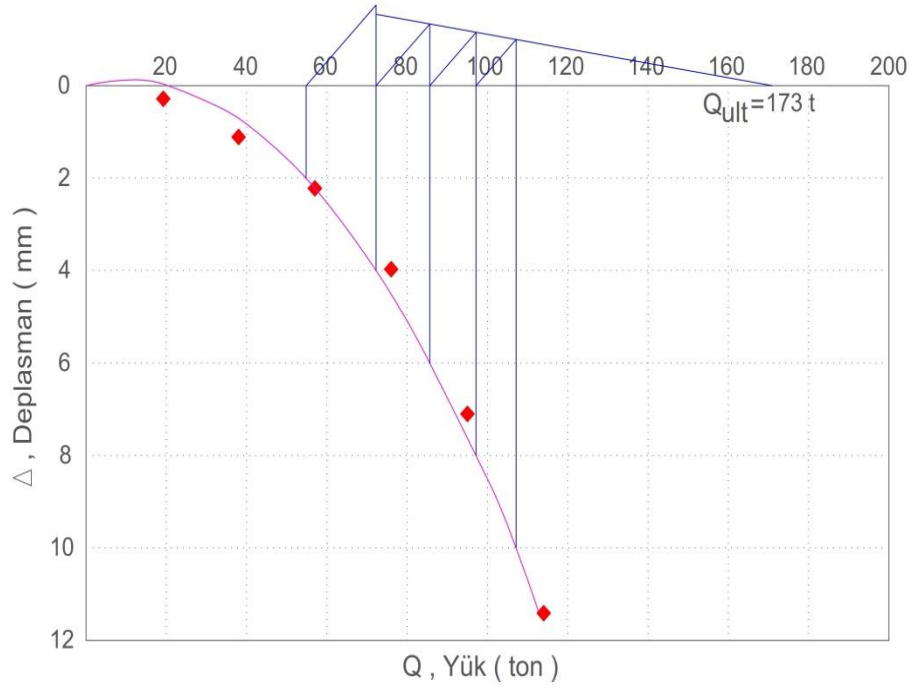


Şekil 2.34. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

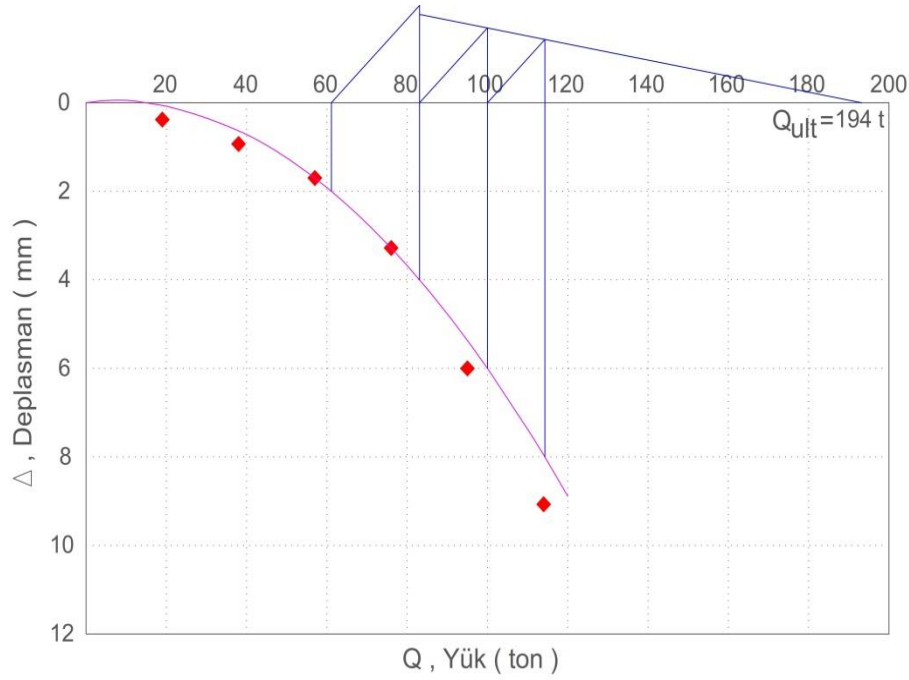


Şekil 2.35. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

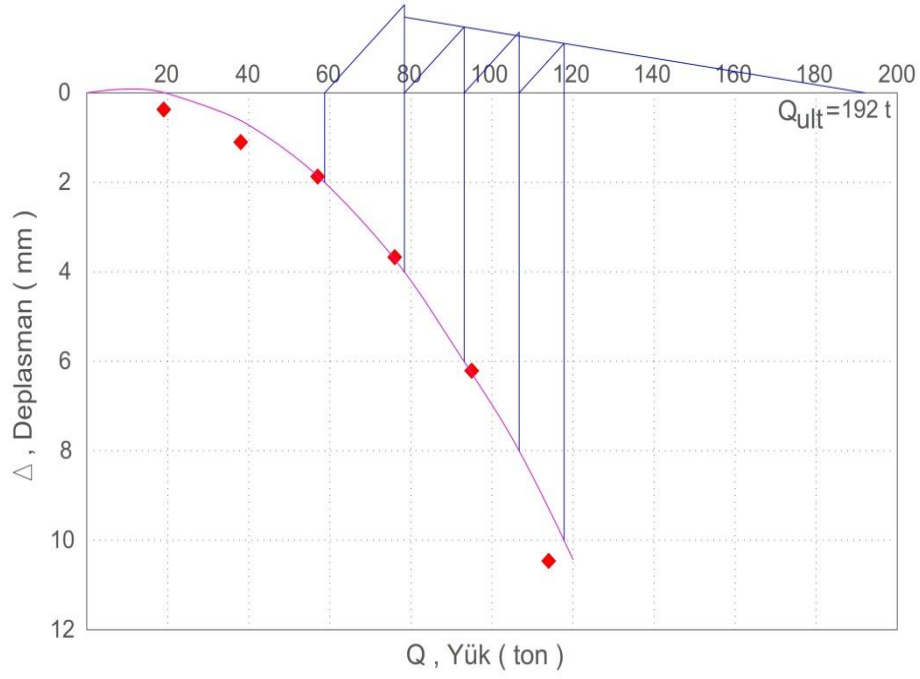


Şekil 2.36. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

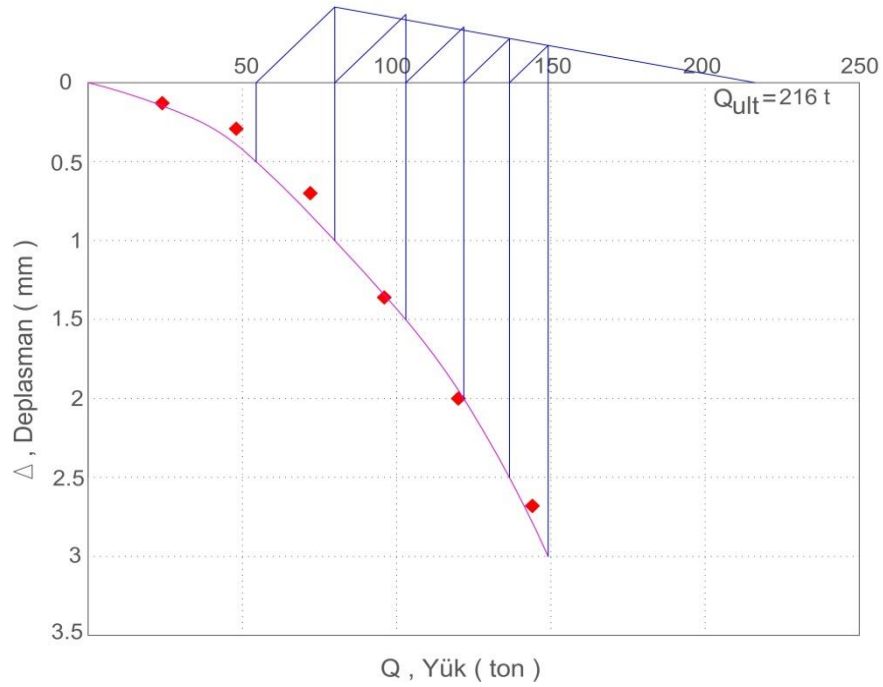


Şekil 2.37. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

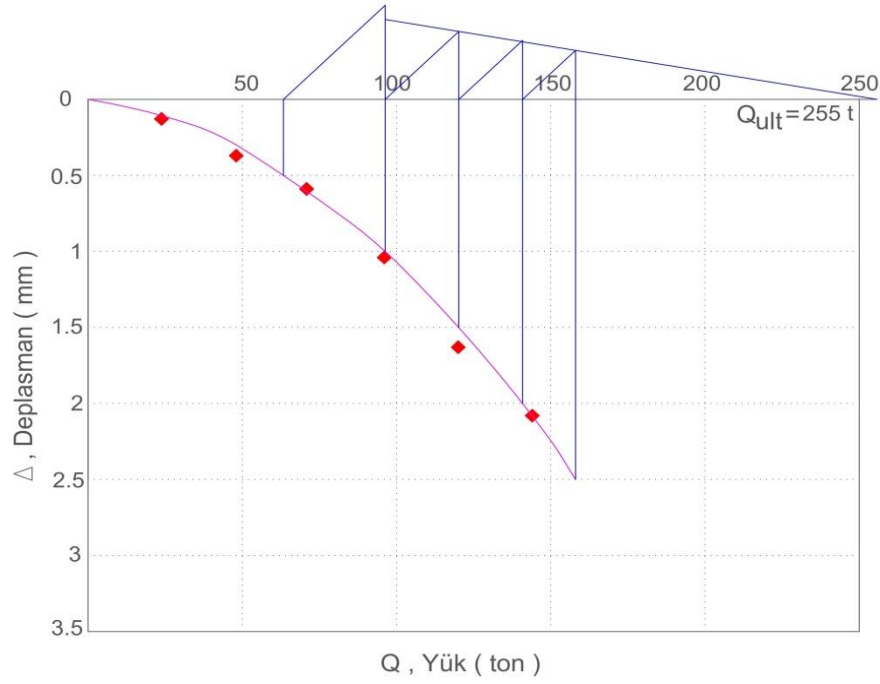


Şekil 2.38. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

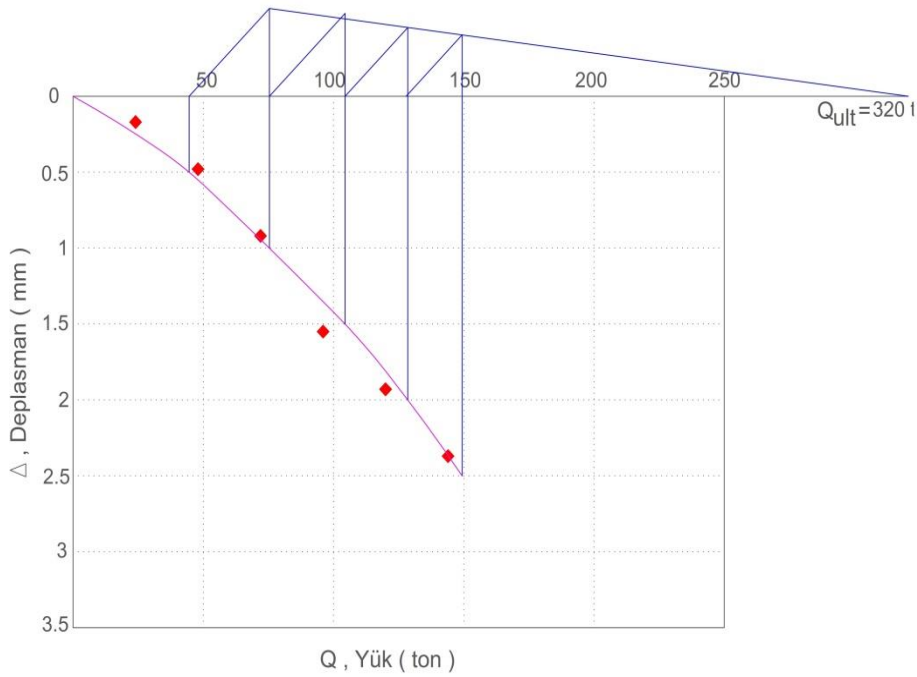


Şekil 2.39. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

EK-2. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

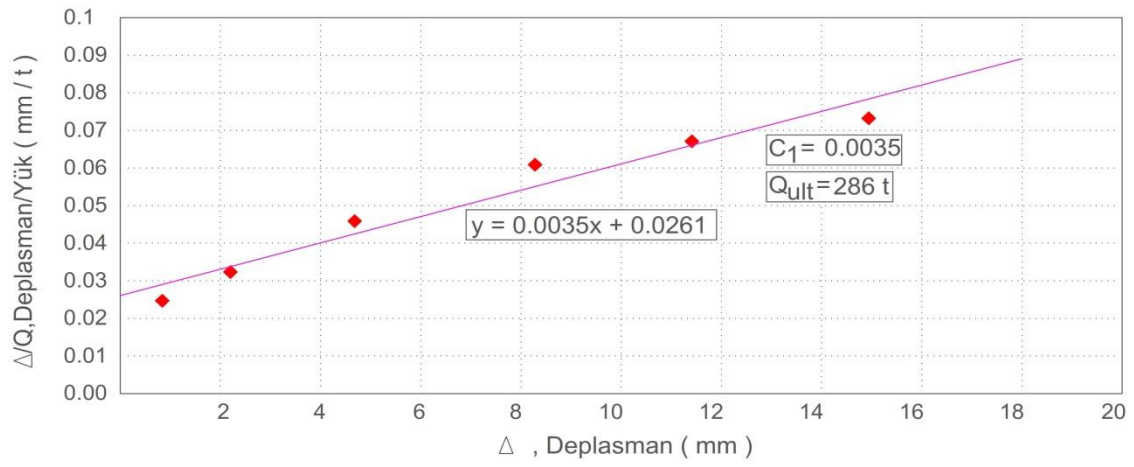


Şekil 2.40. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

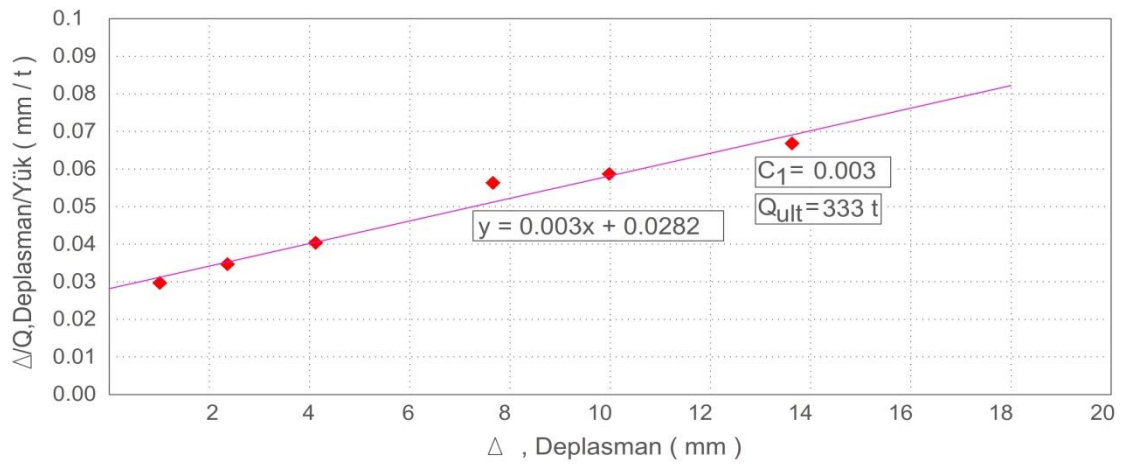


Şekil 2.41. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Mazurkiewicz yöntemi

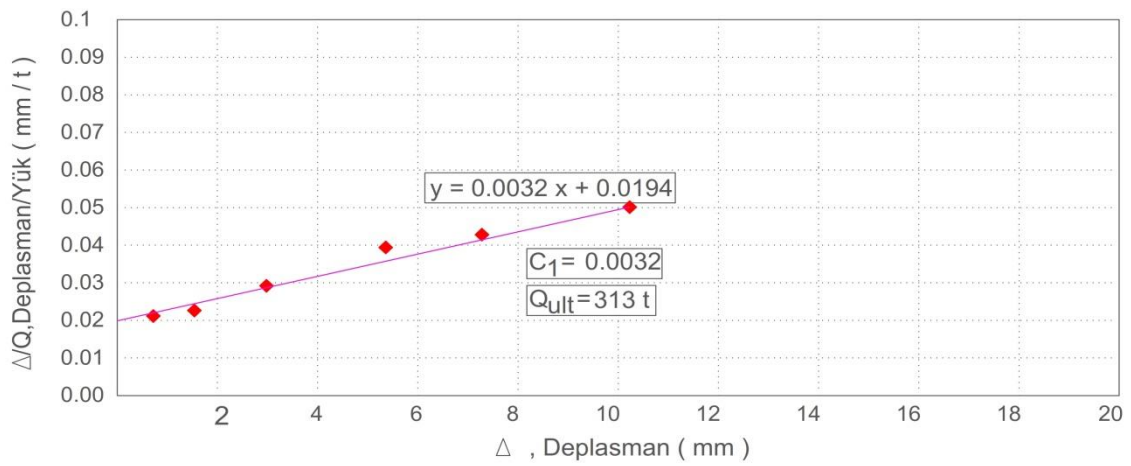
EK-3. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.1. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

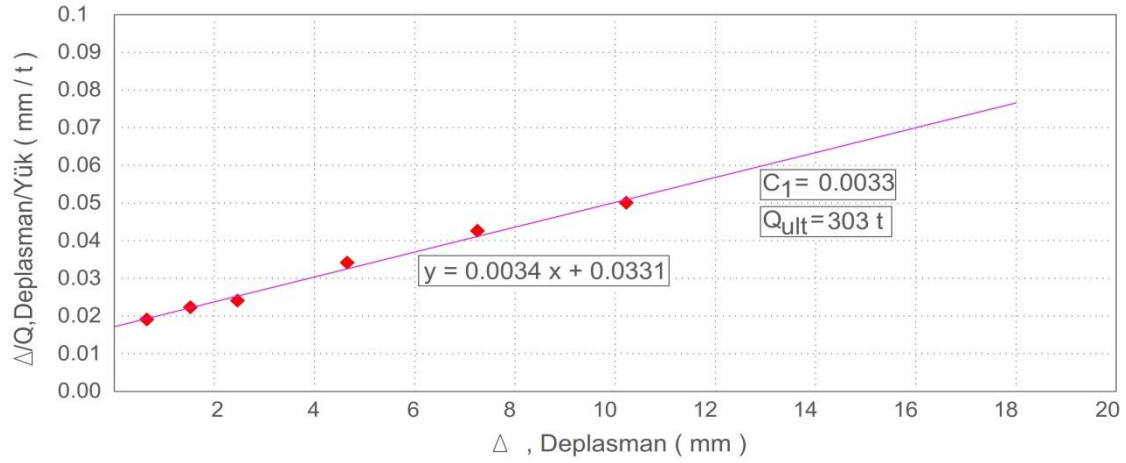


Şekil 3.2. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

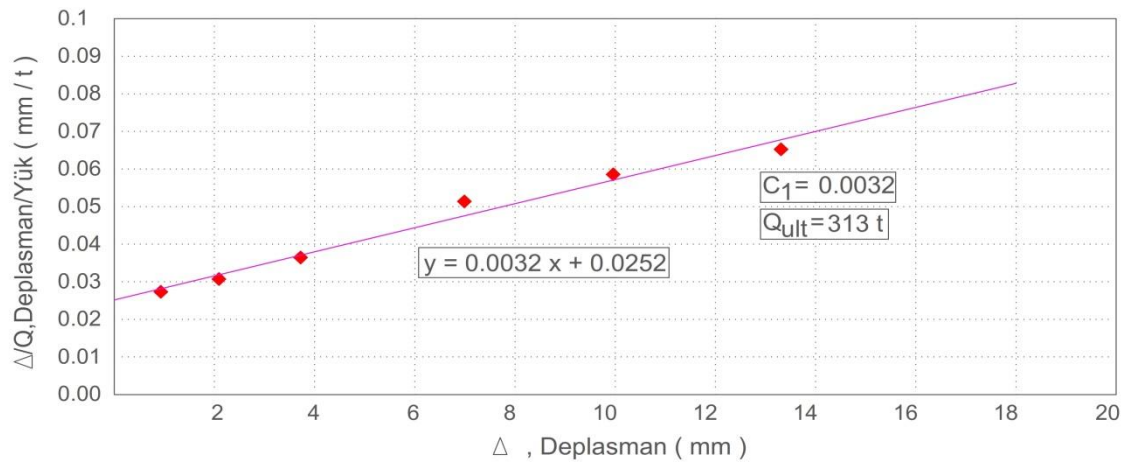


Şekil 3.3. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

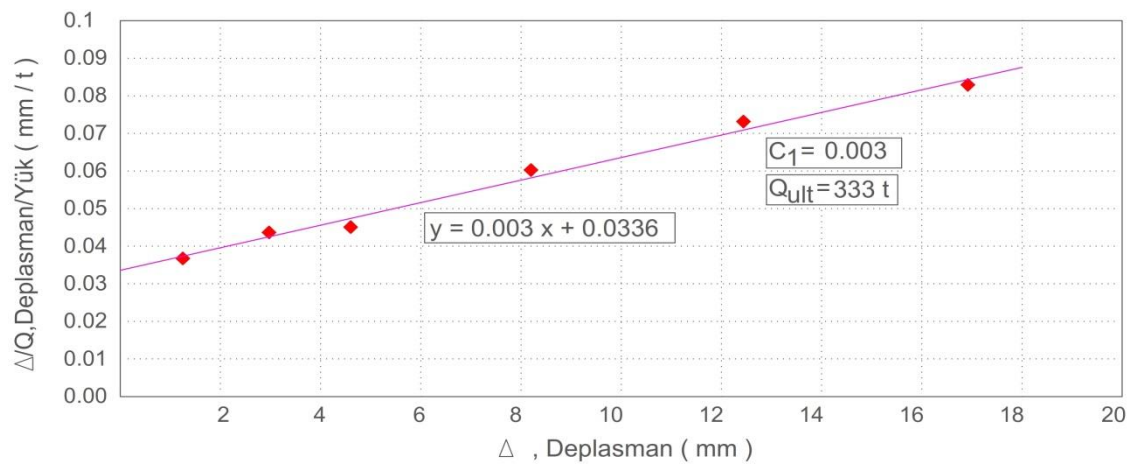
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.4. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

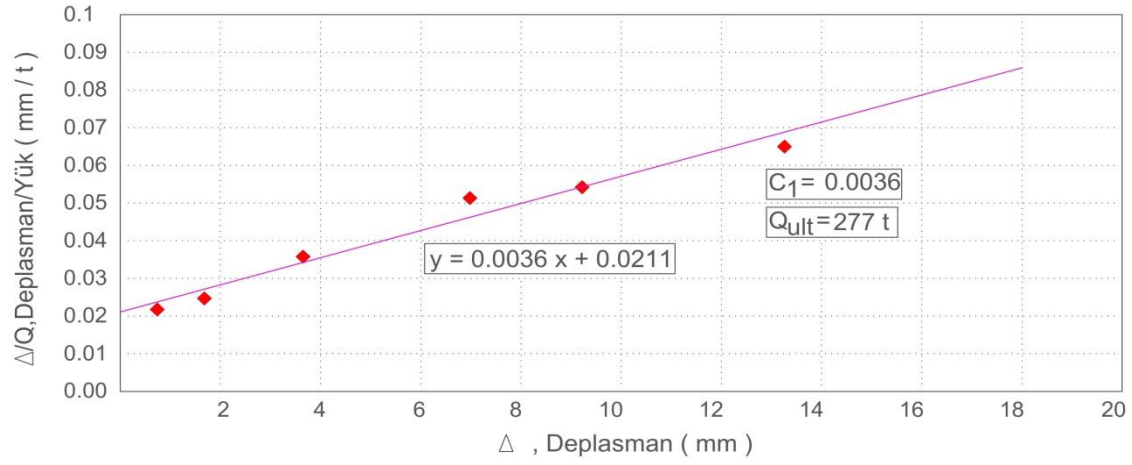


Şekil 3.5. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

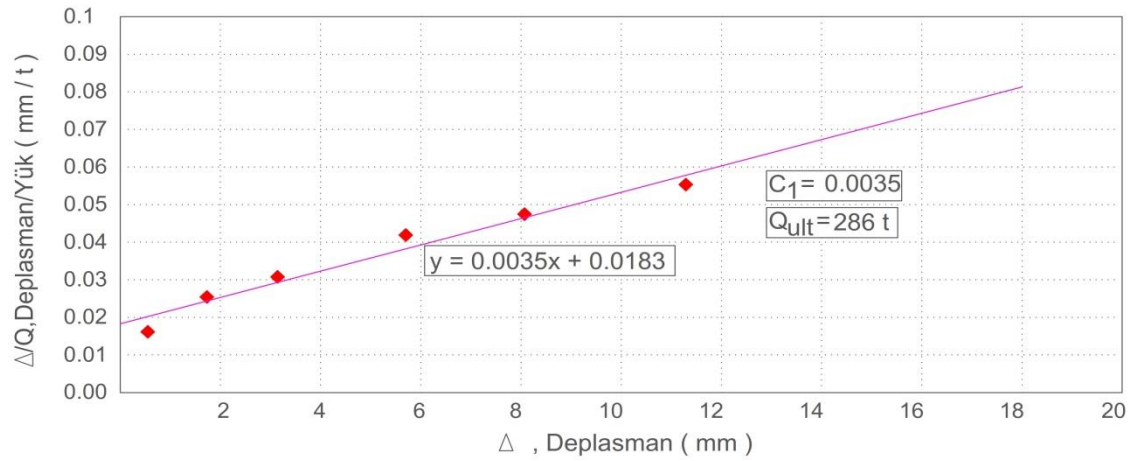


Şekil 3.6. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

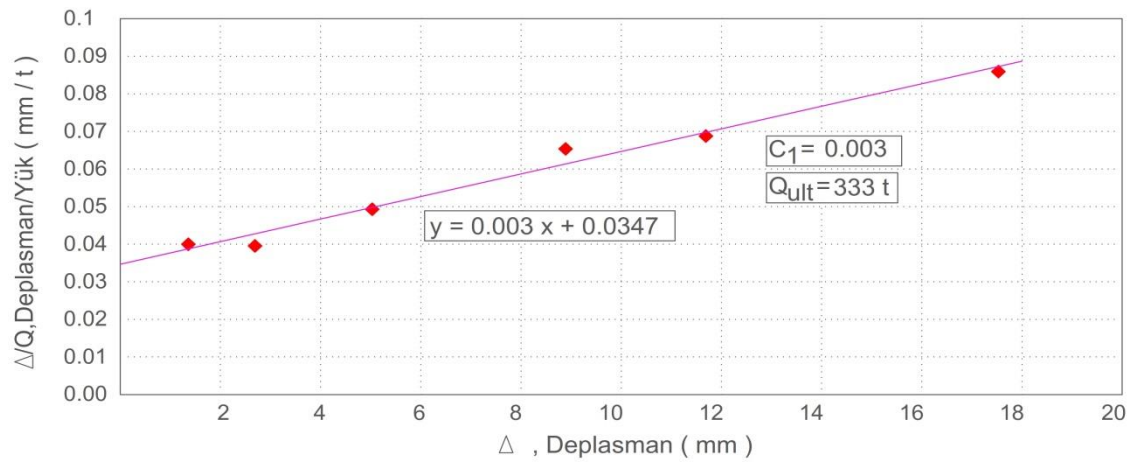
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.7. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

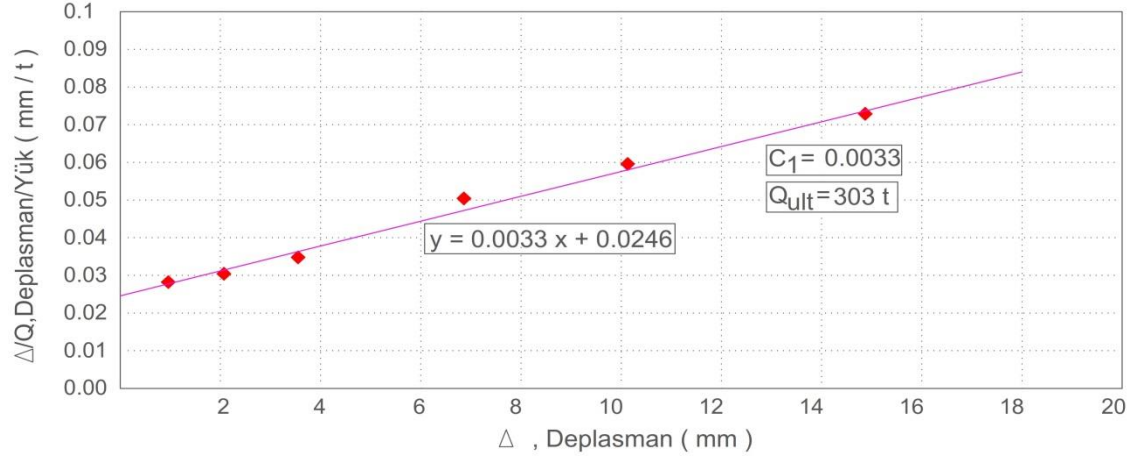


Şekil 3.8. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

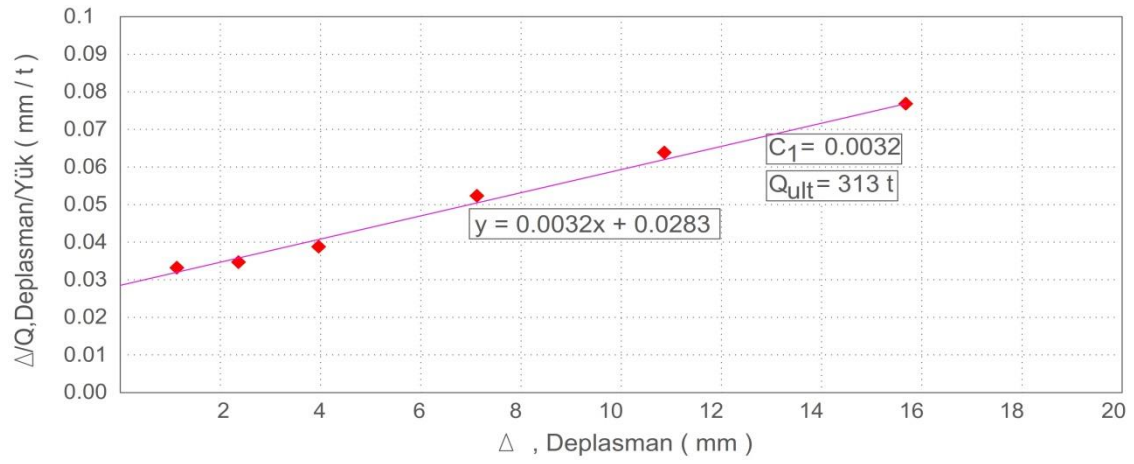


Şekil 3.9. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

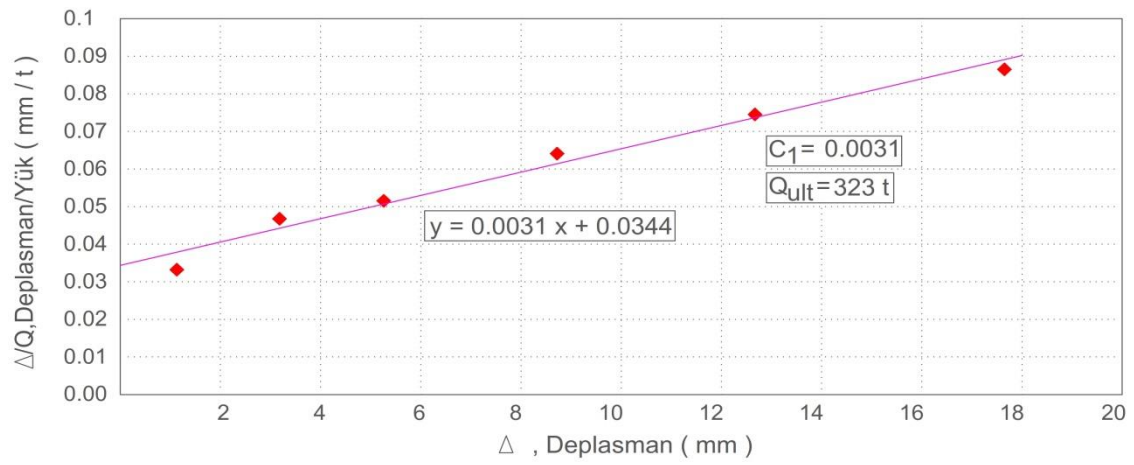
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.10. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

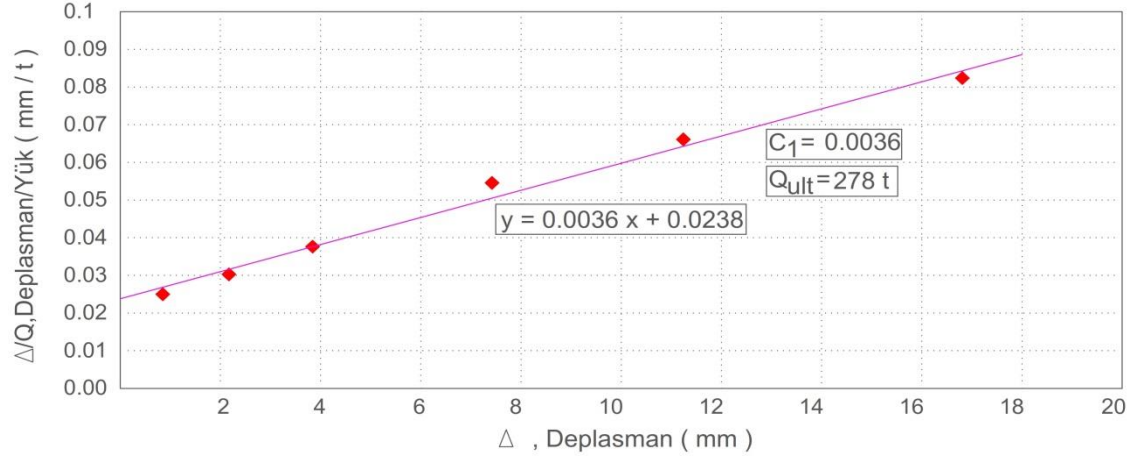


Şekil 3.11. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

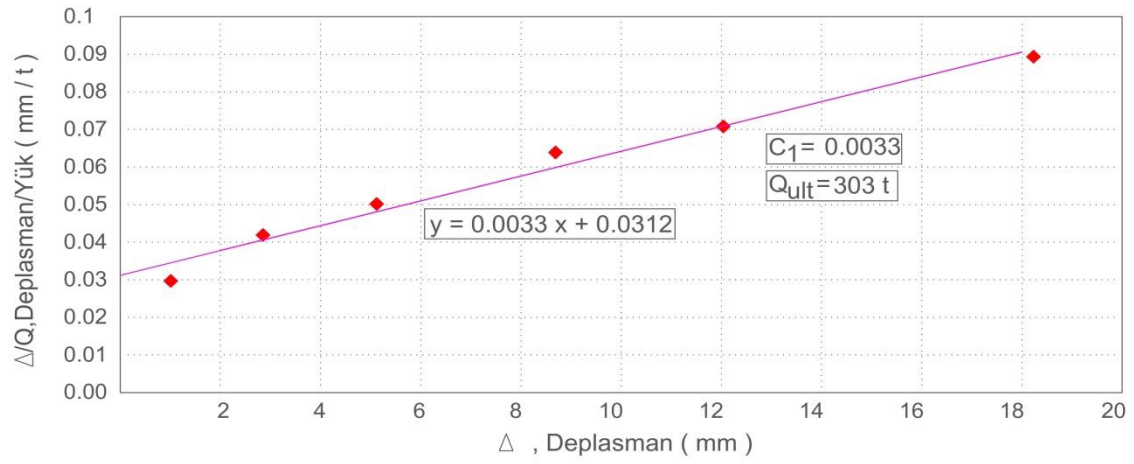


Şekil 3.12. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

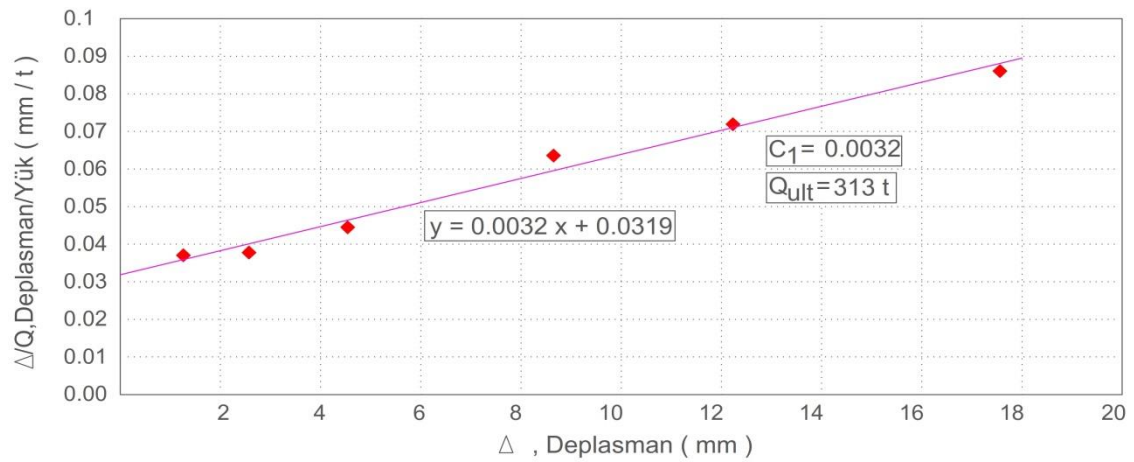
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.13. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

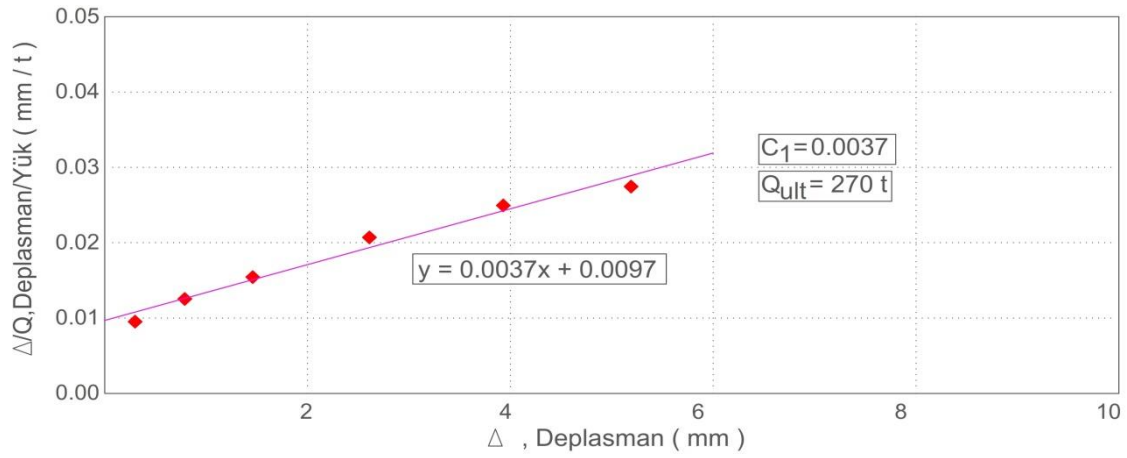


Şekil 3.14. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

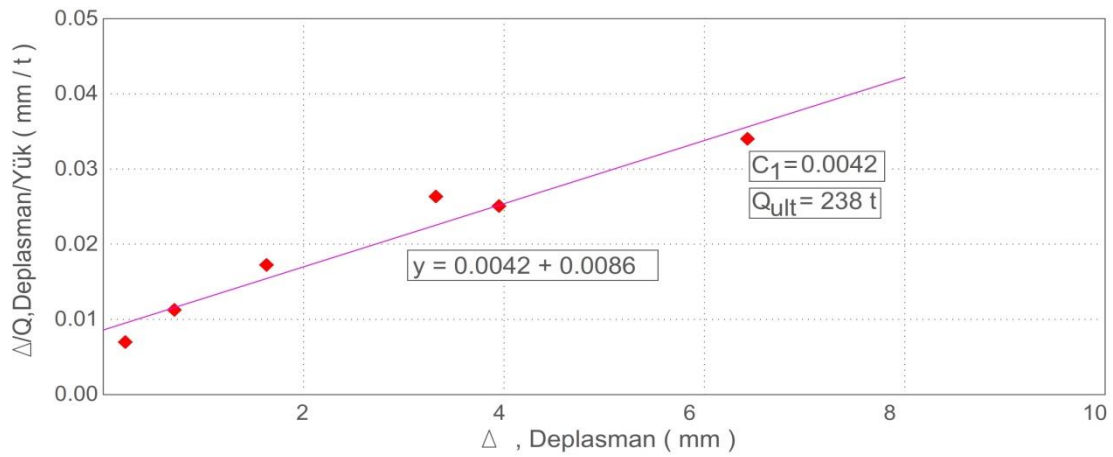


Şekil 3.15. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

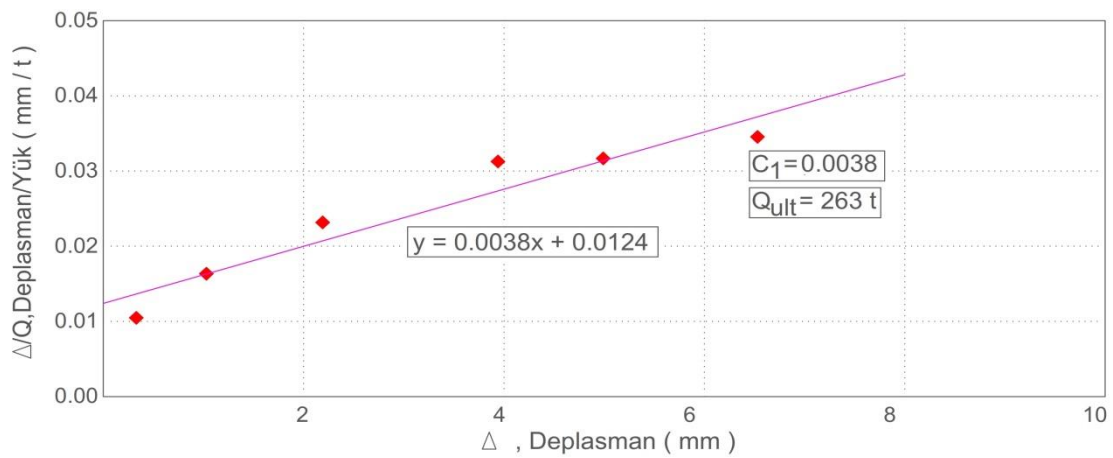
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.16. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

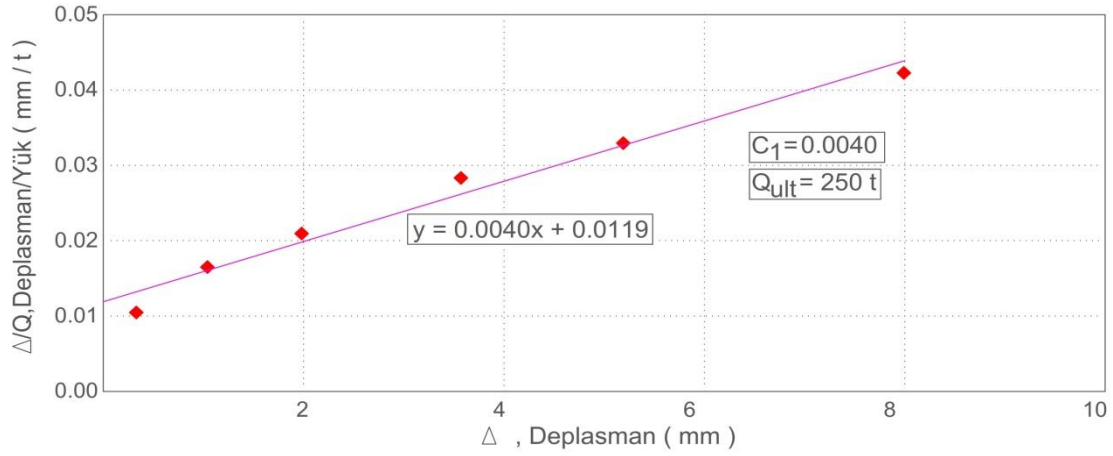


Şekil 3.17. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

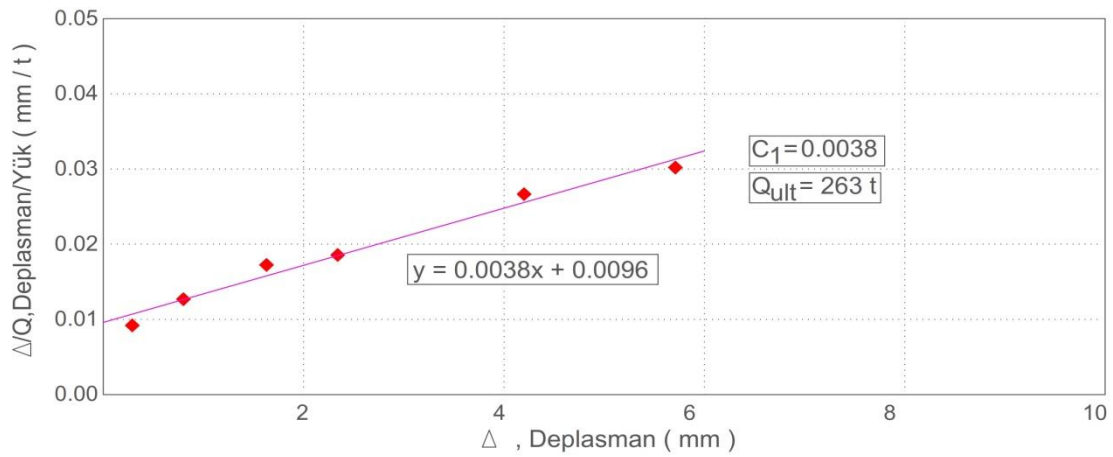


Şekil 3.18. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

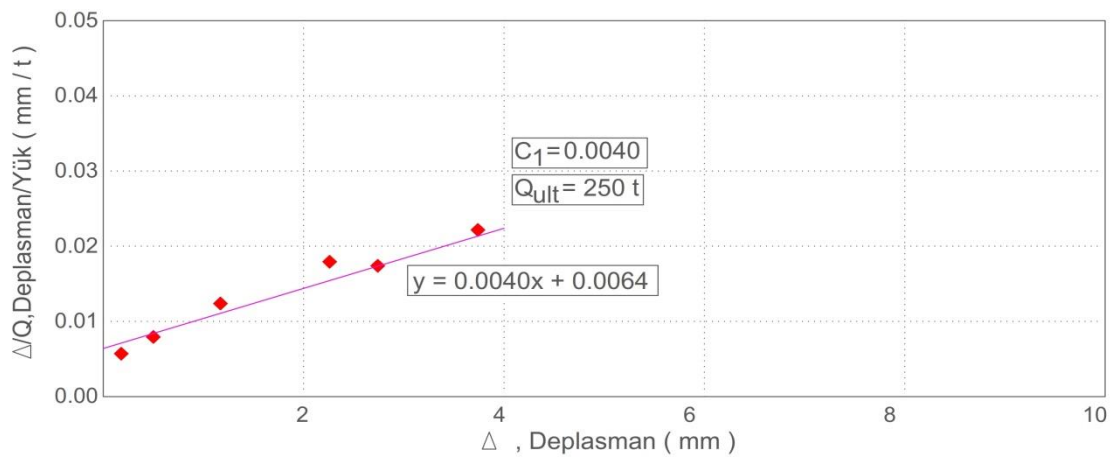
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.19. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

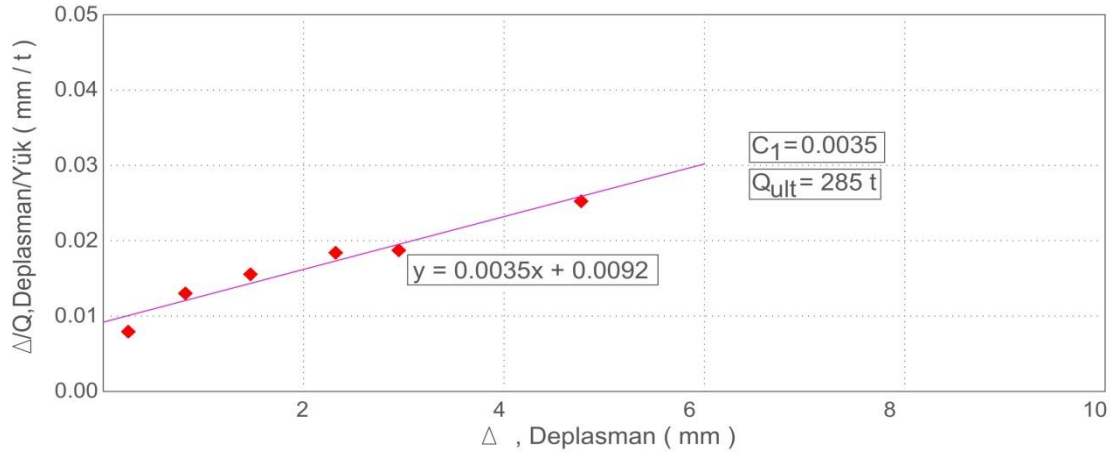


Şekil 3.20. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

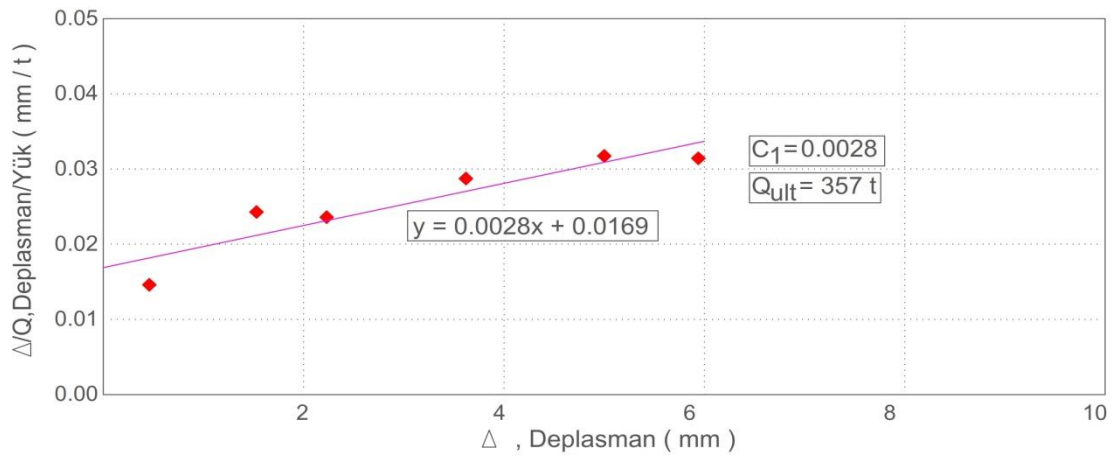


Şekil 3.21. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

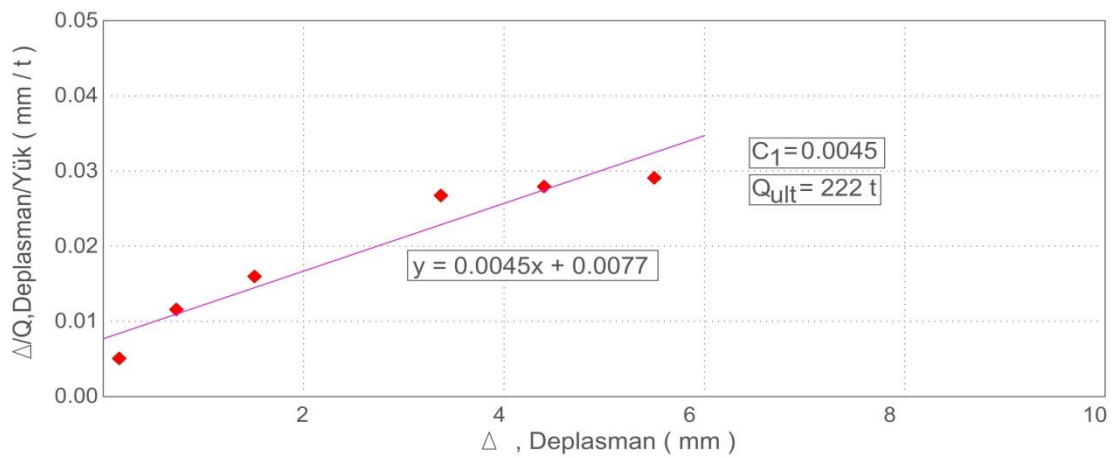
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.22. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

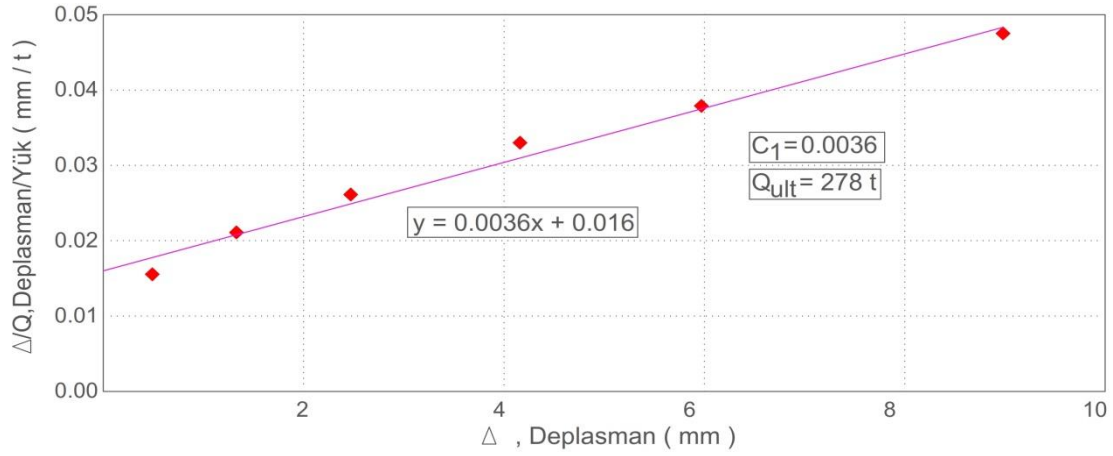


Şekil 3.23. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

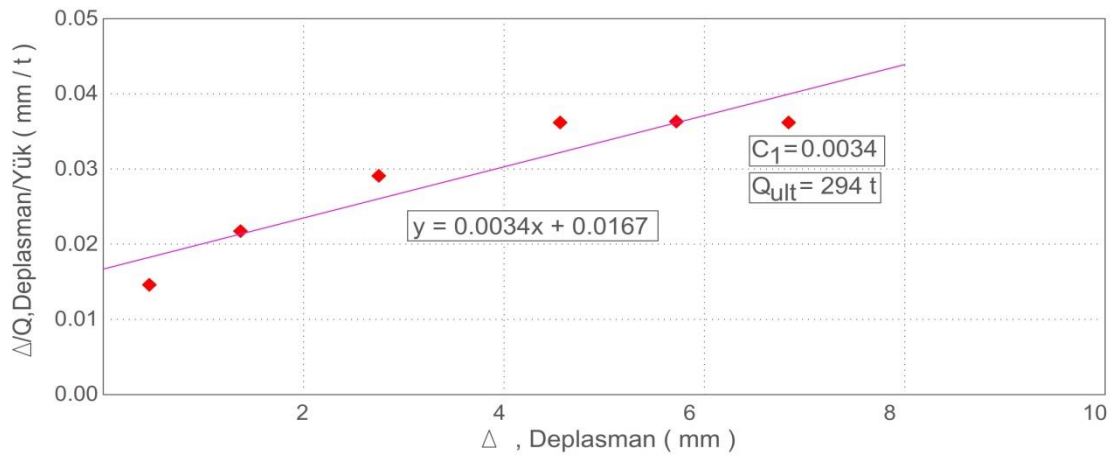


Şekil 3.24. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

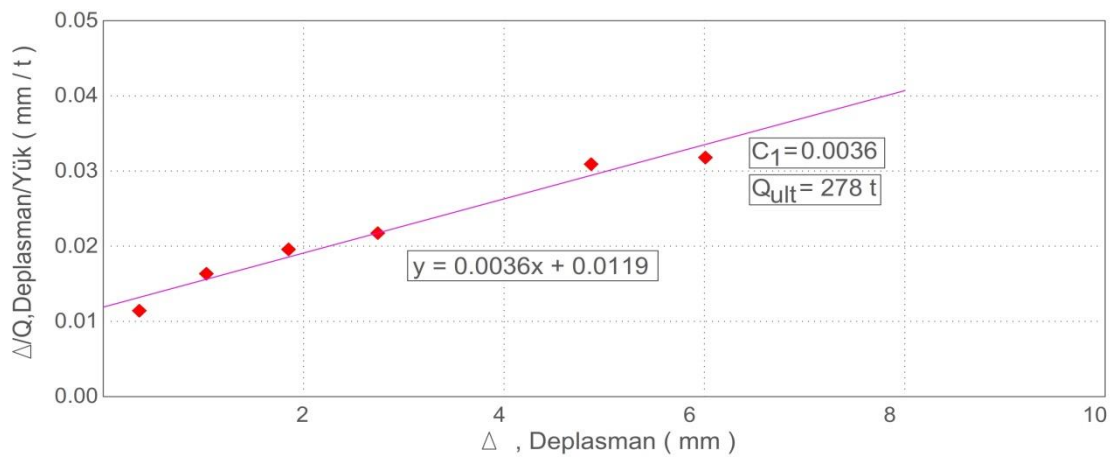
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.25. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

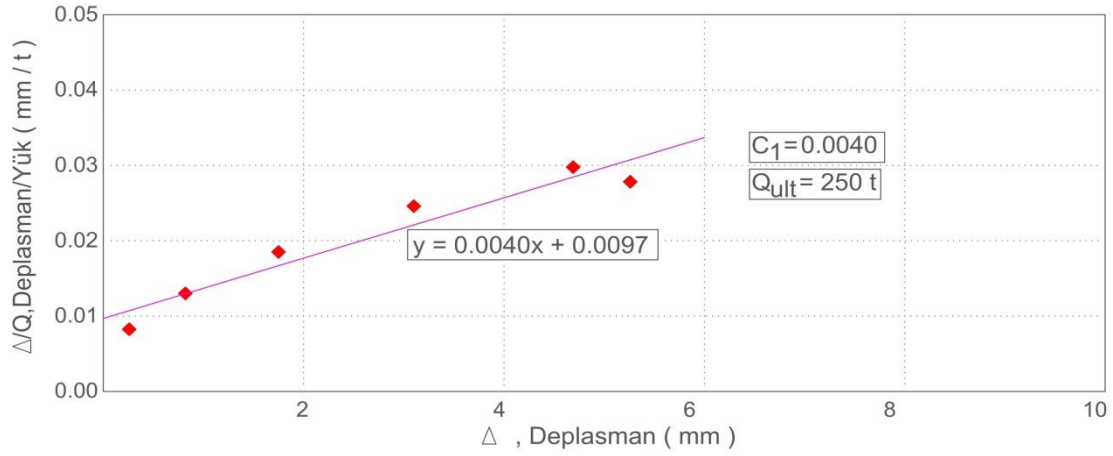


Şekil 3.26. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

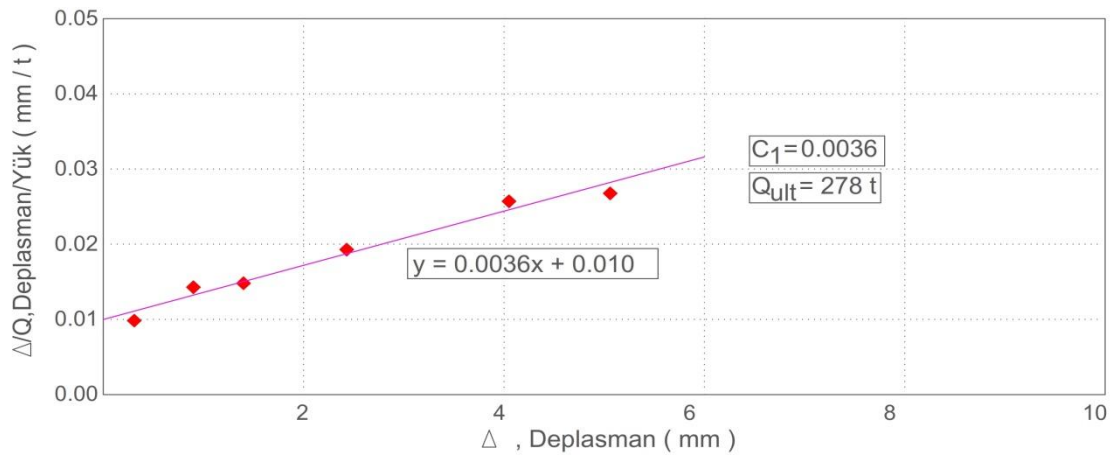


Şekil 3.27. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

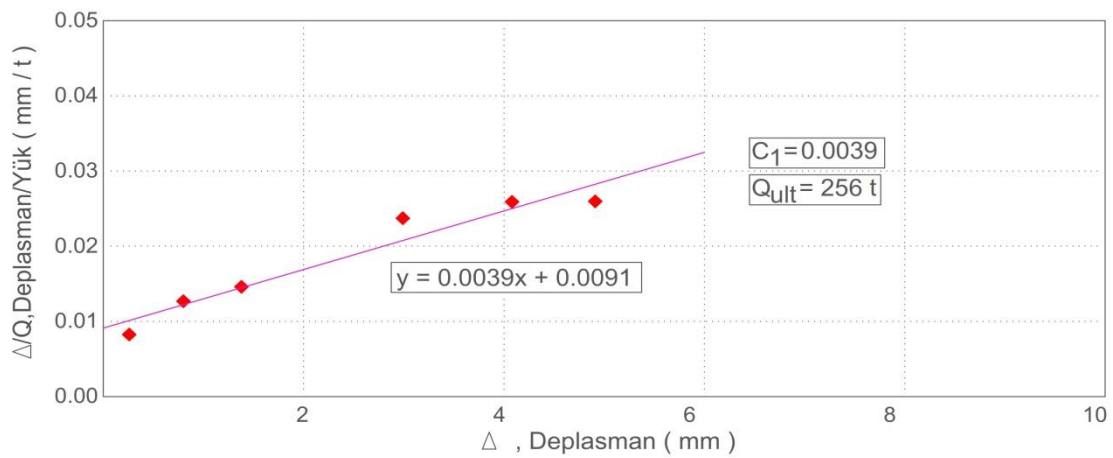
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.28. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

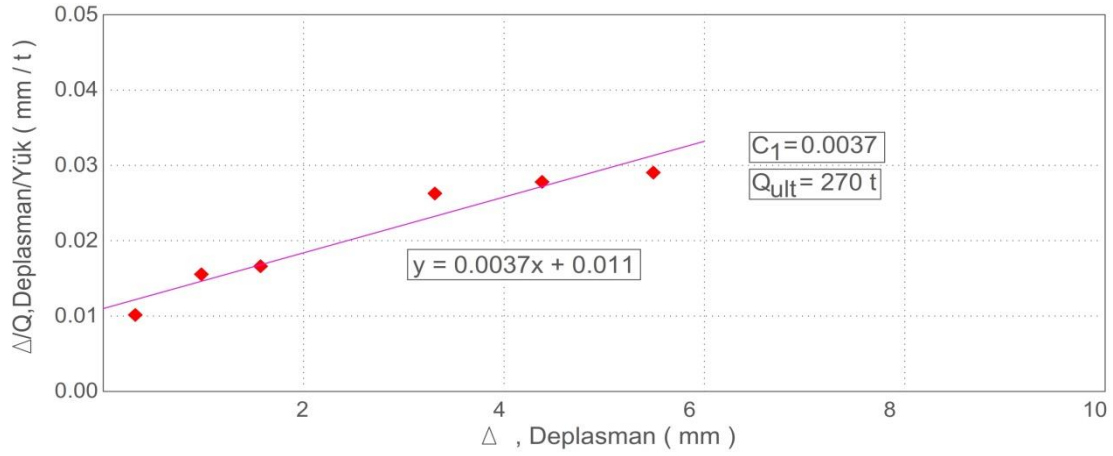


Şekil 3.29. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

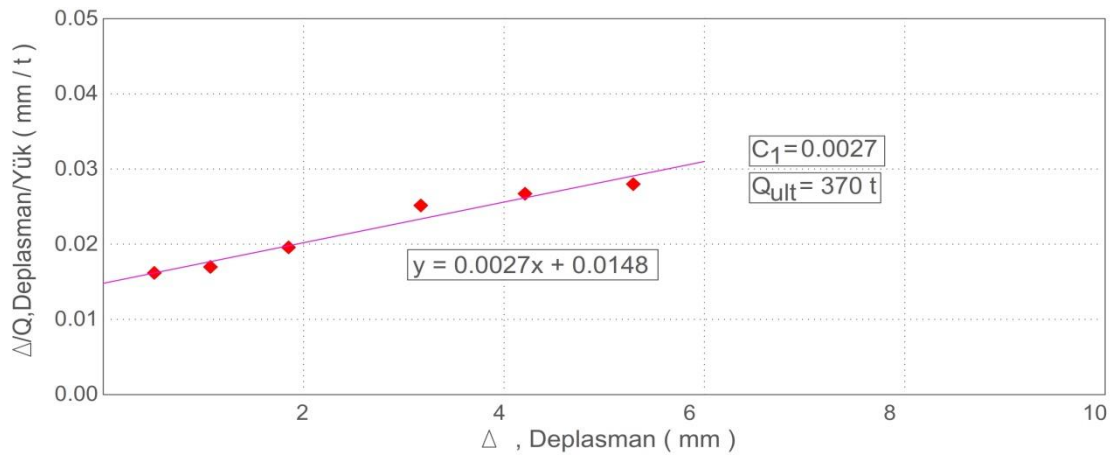


Şekil 3.30. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

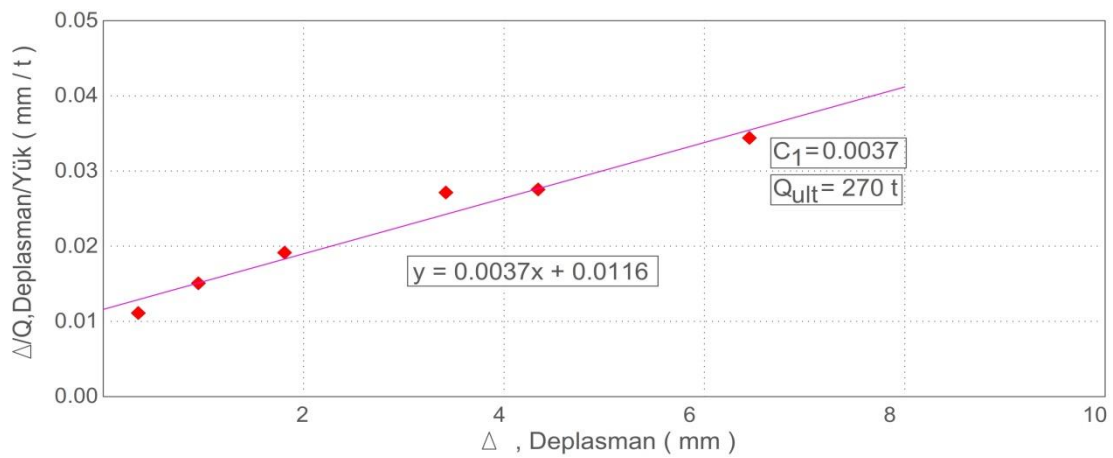
EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi



Şekil 3.31. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

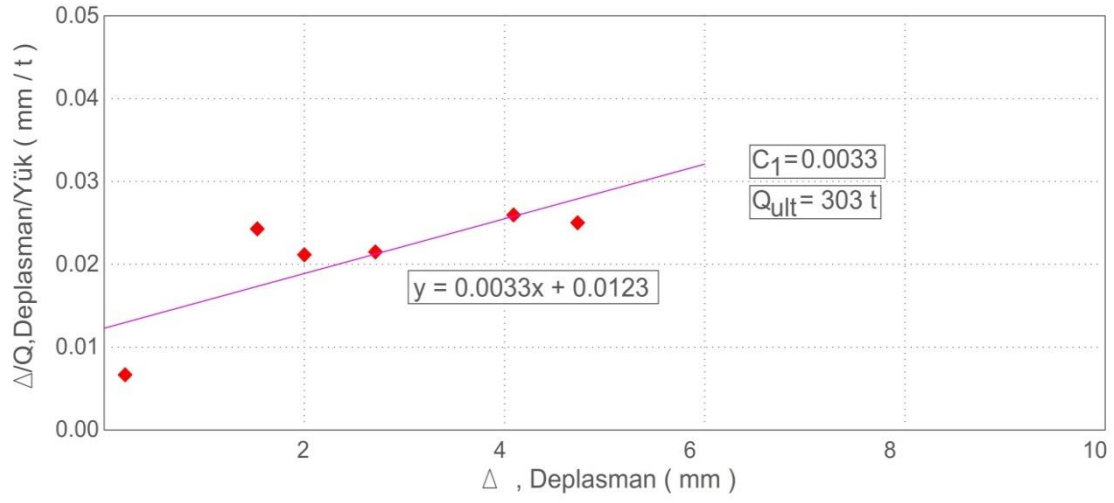


Şekil 3.32. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

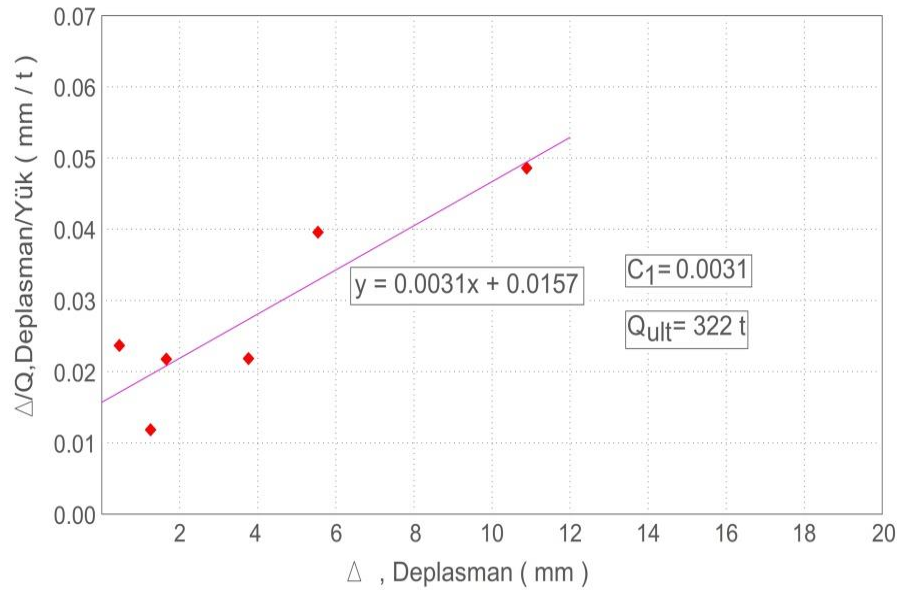


Şekil 3.33. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

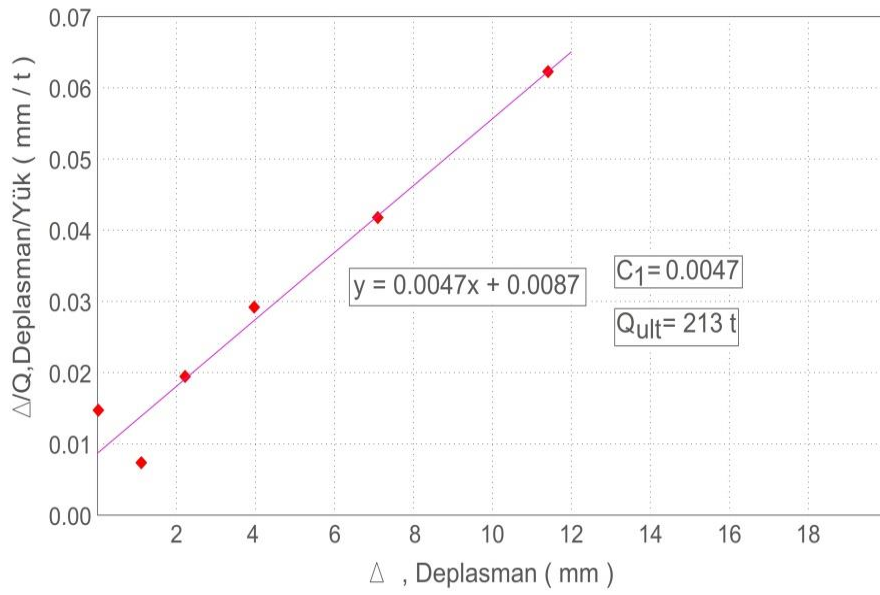


Şekil 3.34. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

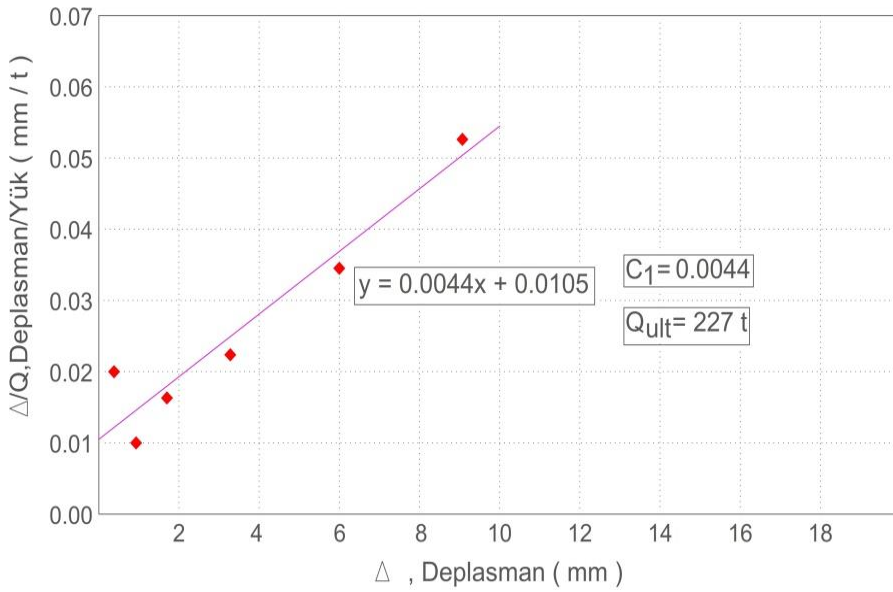


Şekil 3.35. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

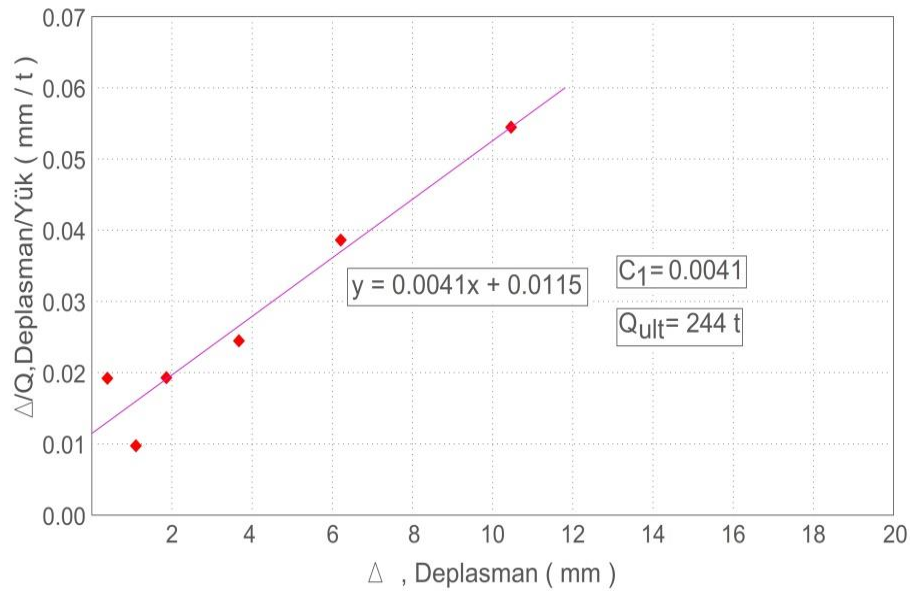


Şekil 3.36. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

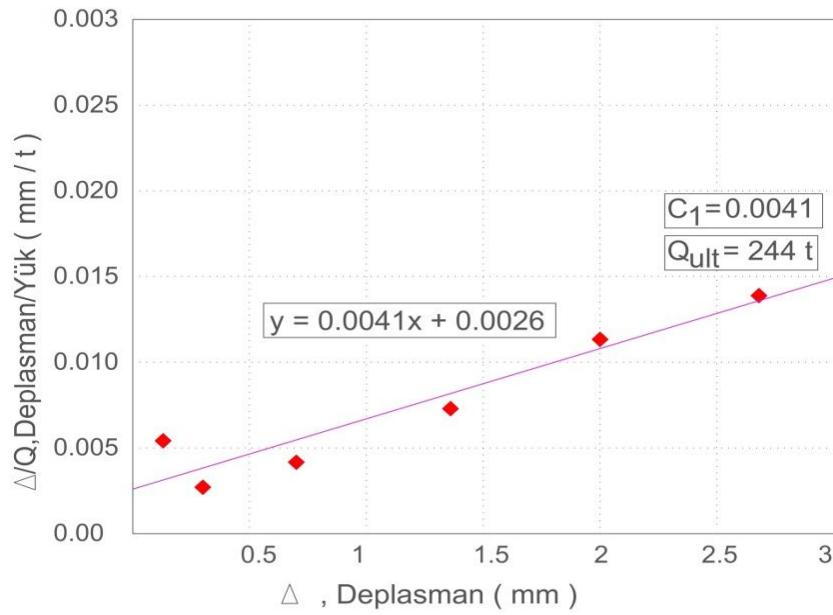


Şekil 3.37. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

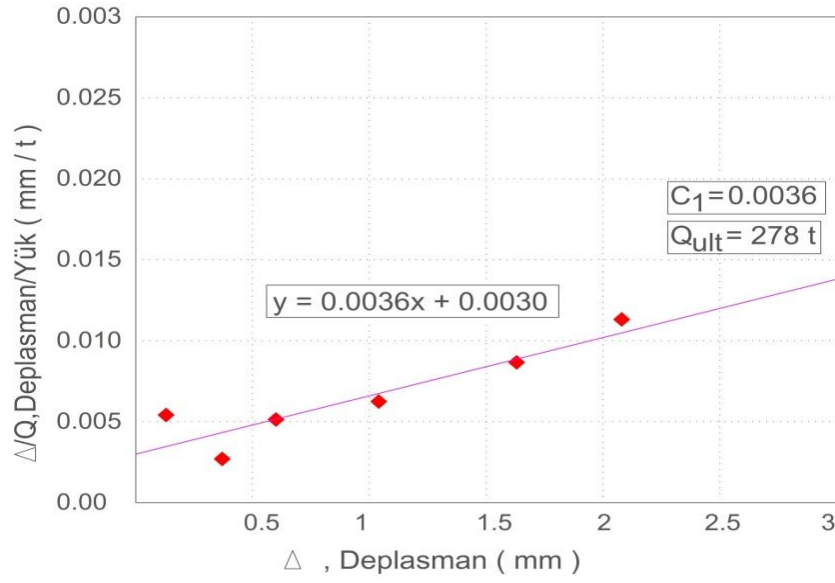


Şekil 3.38. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

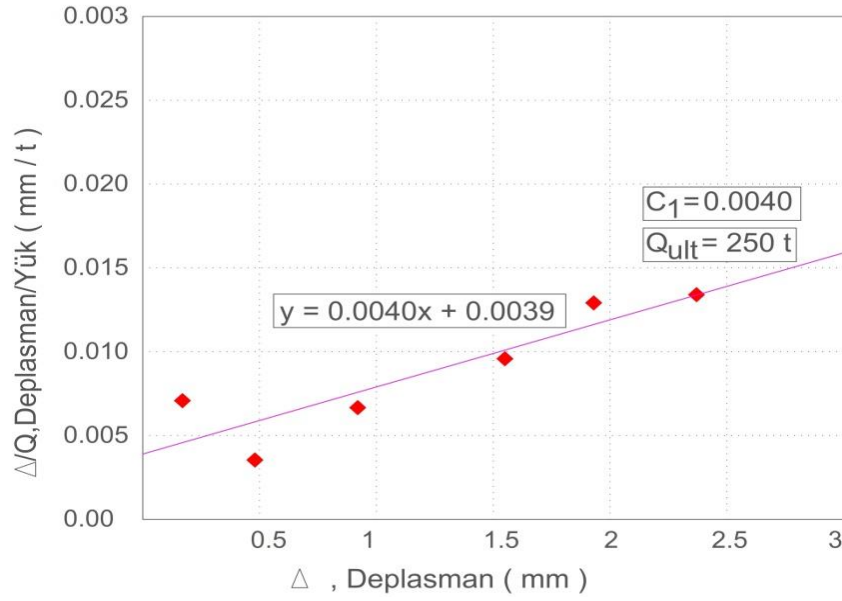


Şekil 3.39. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

EK-3. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

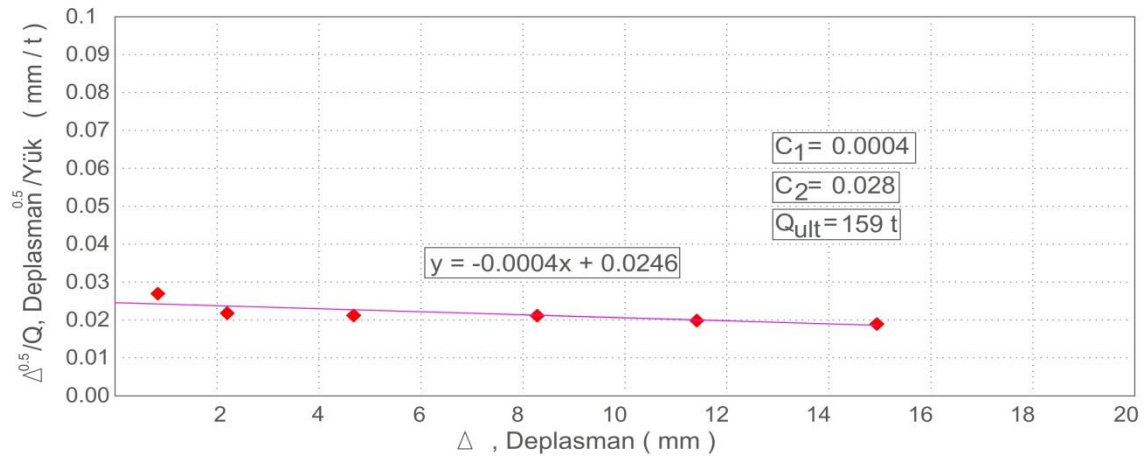


Şekil 3.40. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

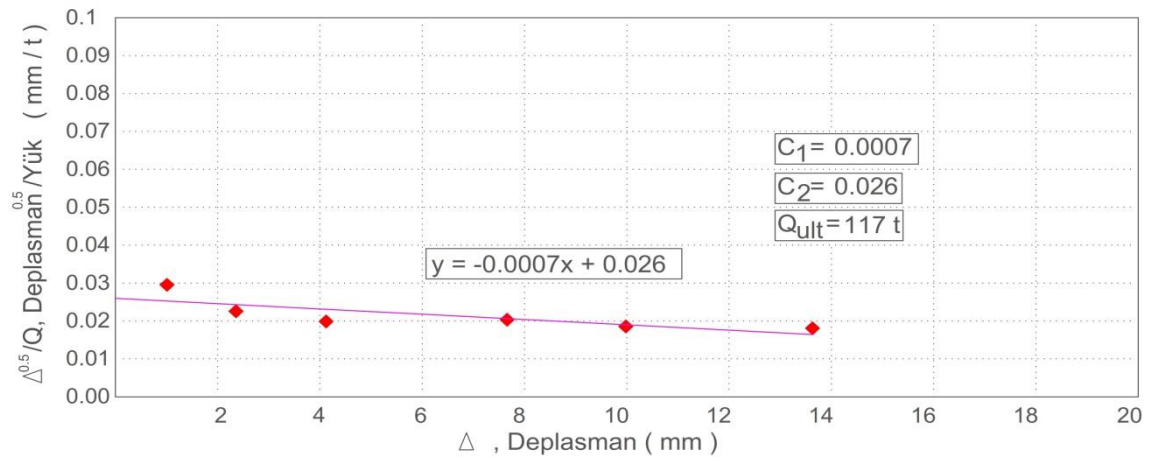


Şekil 3.41. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Chin Kondner yöntemi

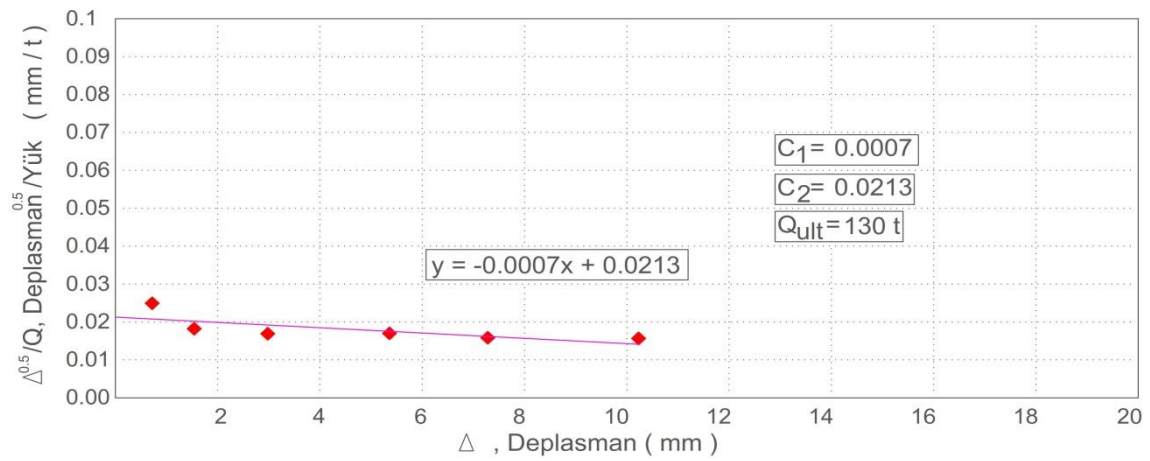
EK-4. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.1. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

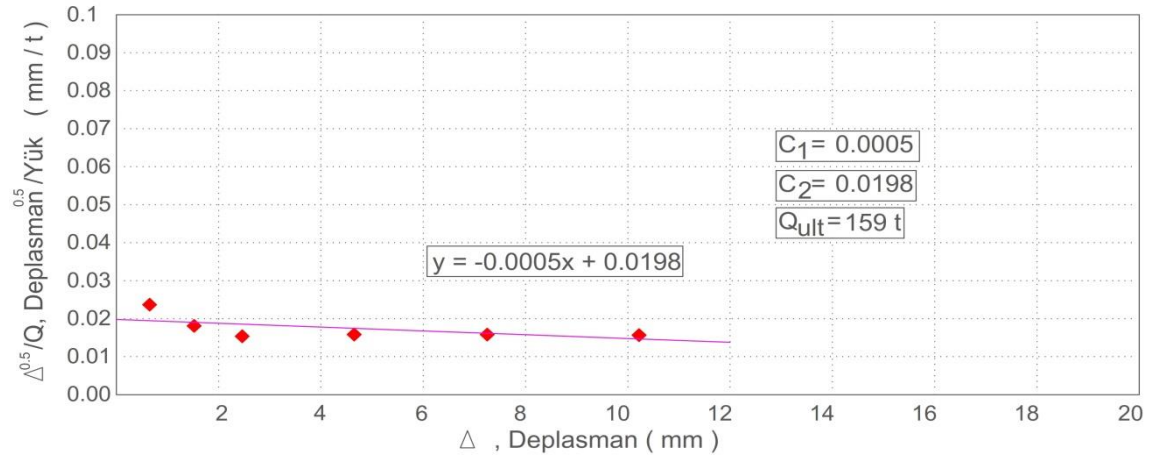


Şekil 4.2. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

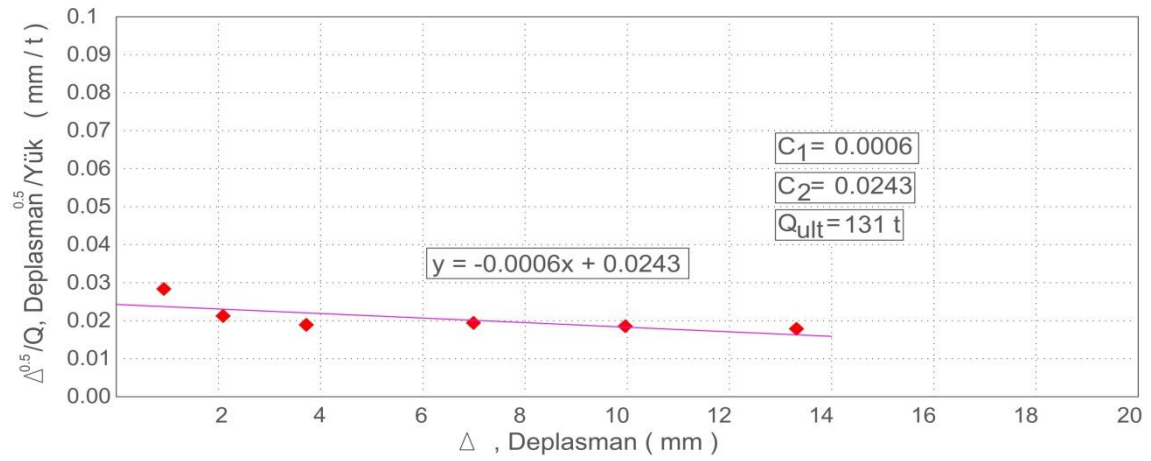


Şekil 4.3. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

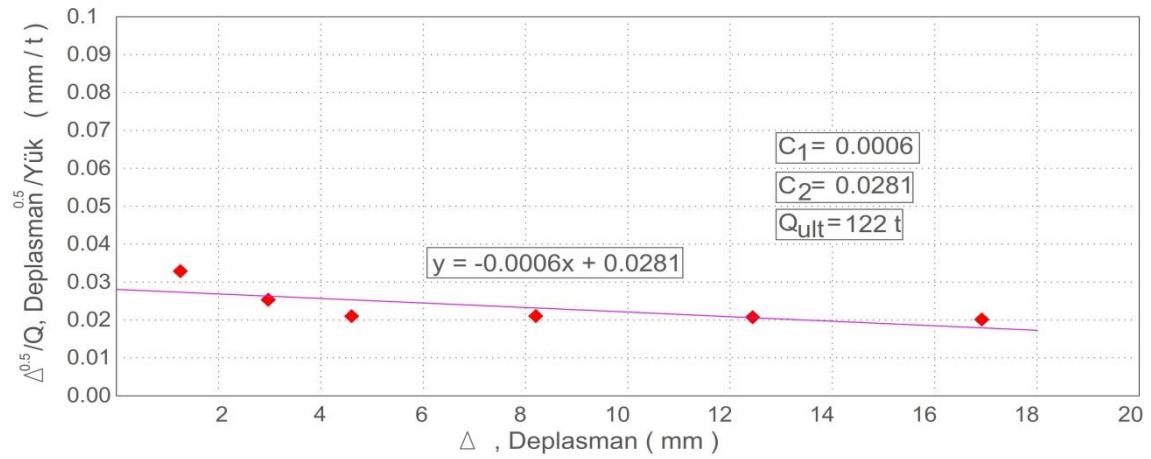
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.4. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

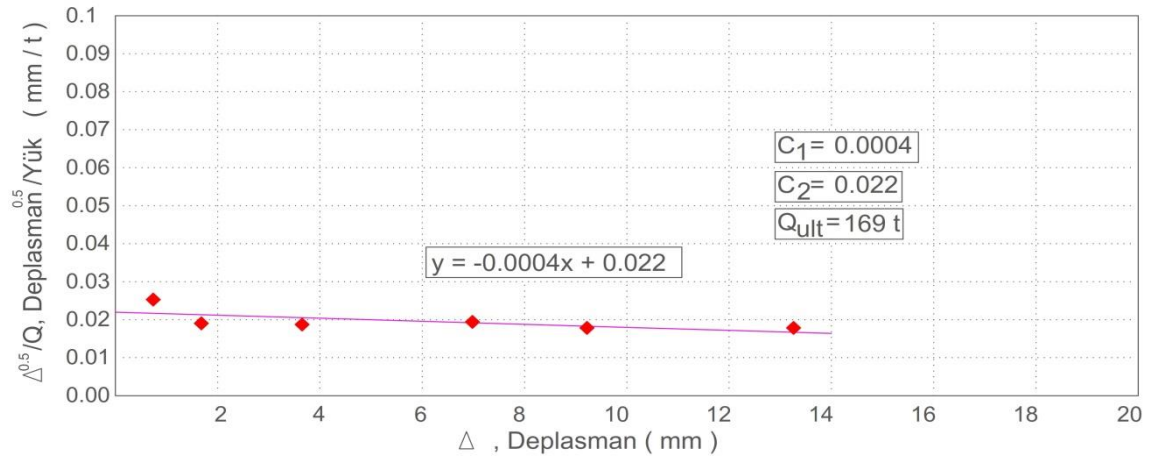


Şekil 4.5. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

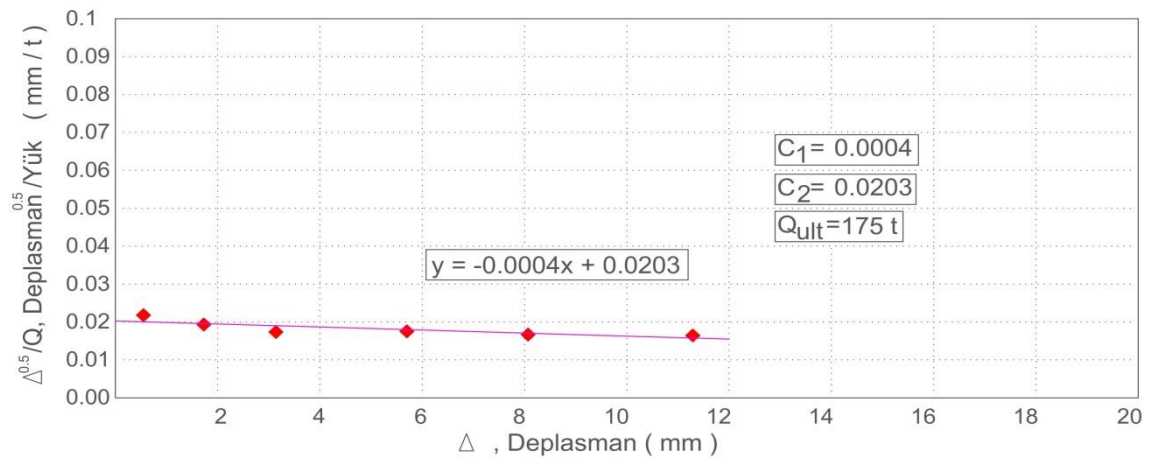


Şekil 4.6. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

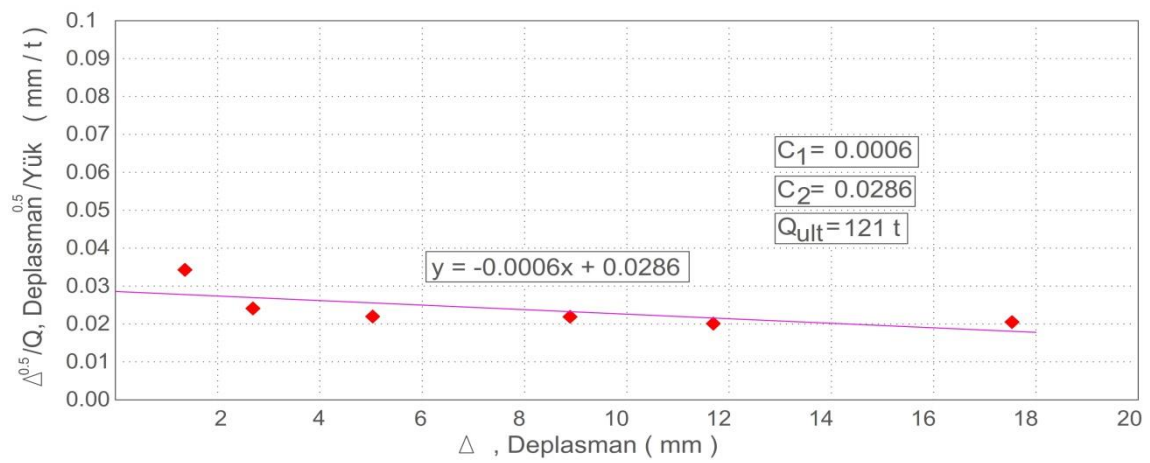
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.7. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

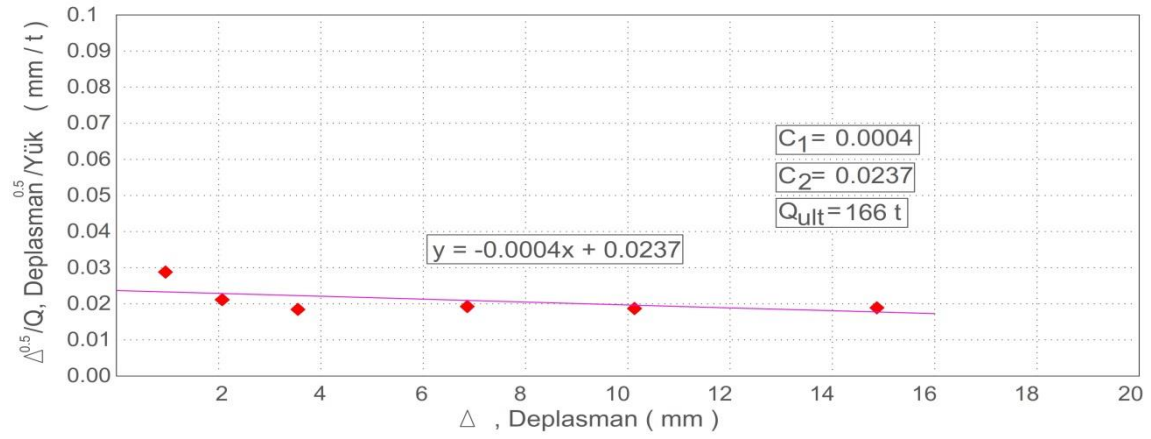


Şekil 4.8. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

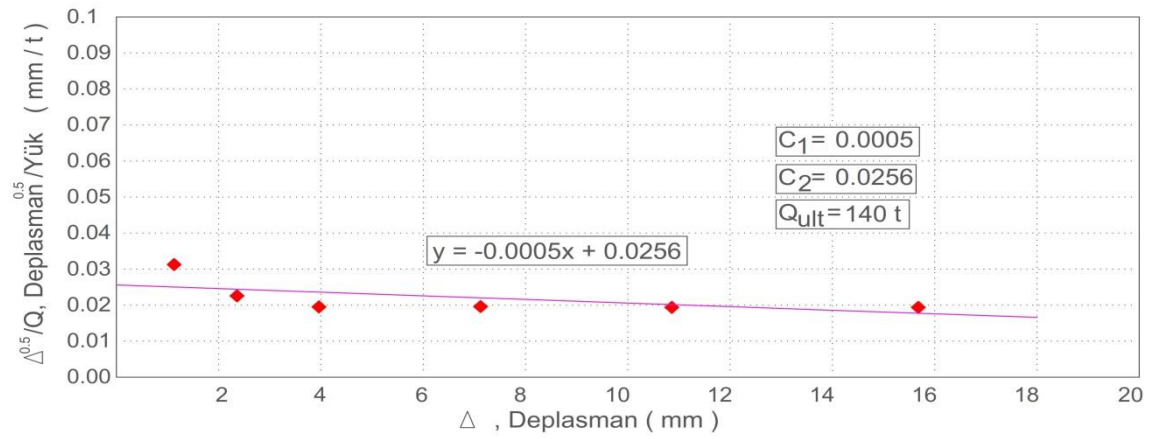


Şekil 4.9. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

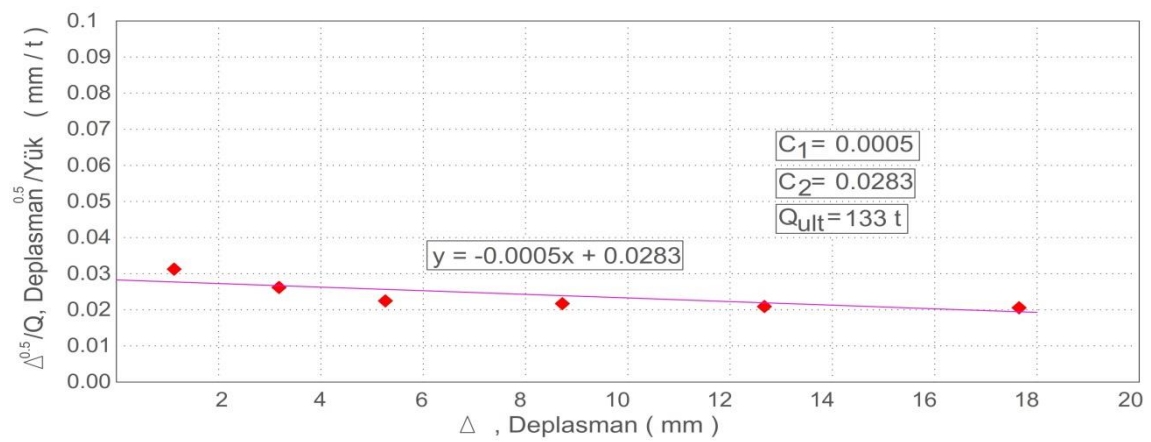
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.10. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

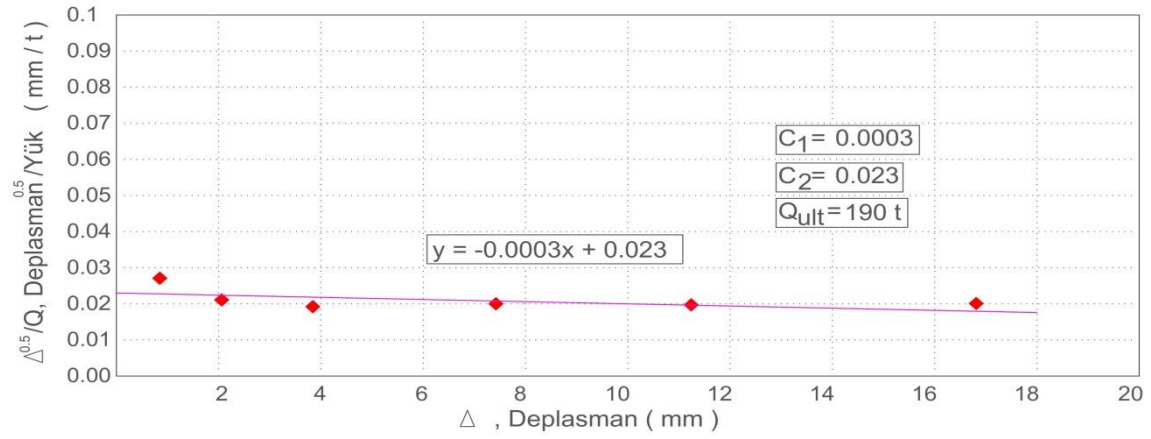


Şekil 4.11. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

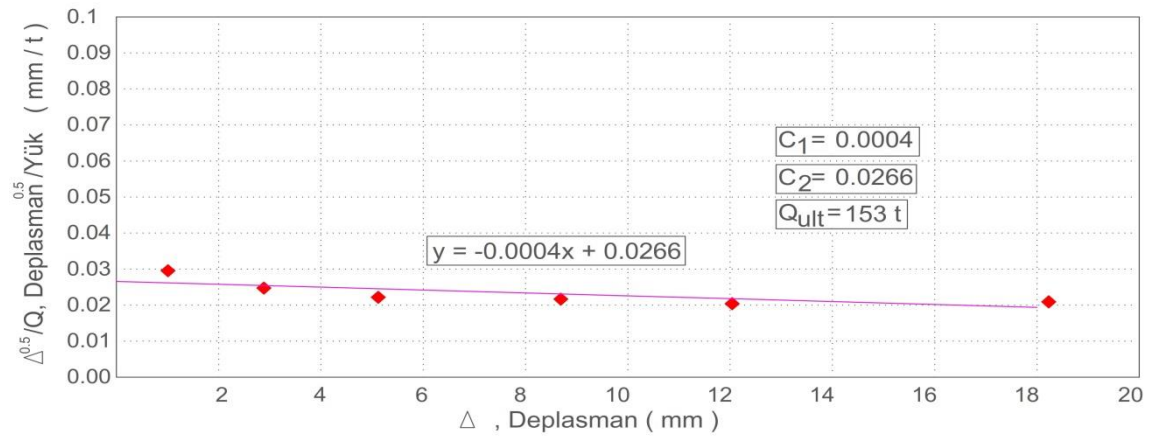


Şekil 4.12. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

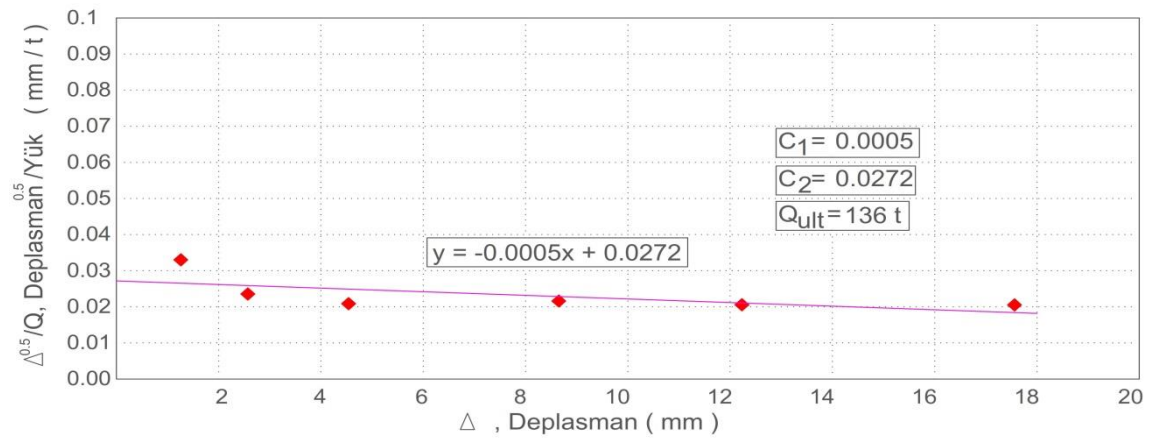
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.13. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

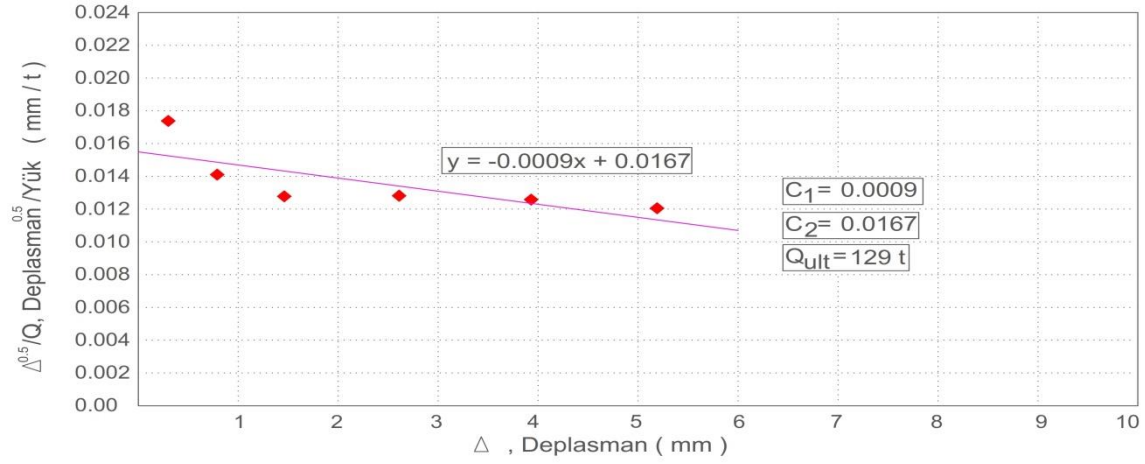


Şekil 4.14. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

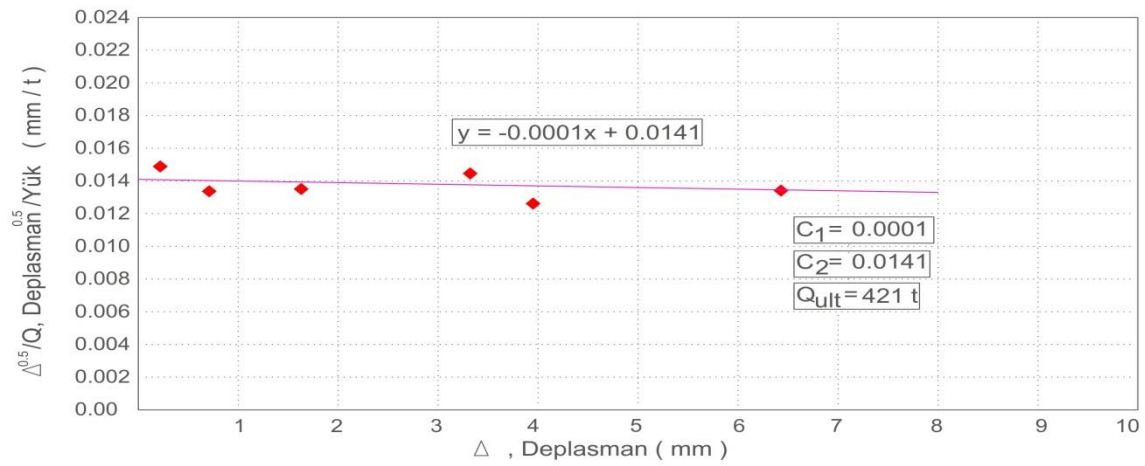


Şekil 4.15. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

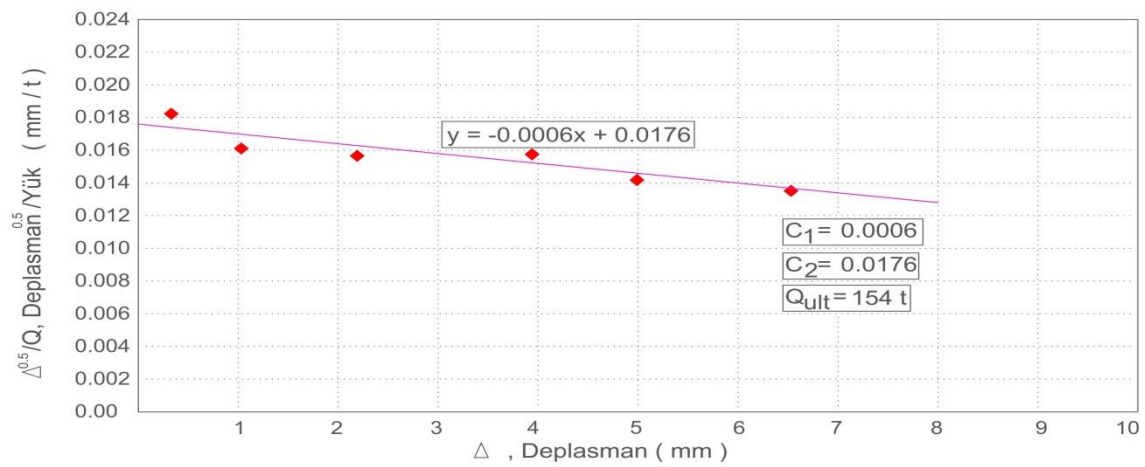
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.16. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

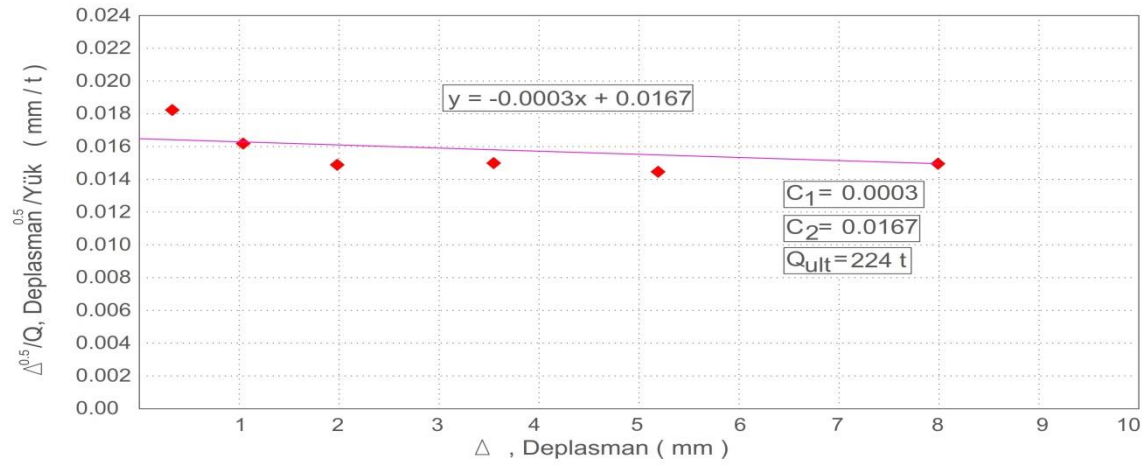


Şekil 4.17. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

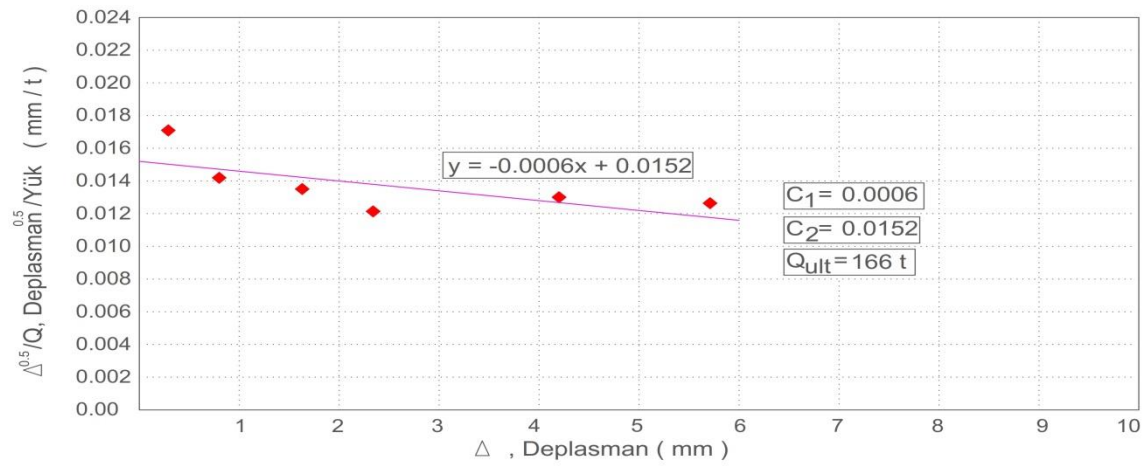


Şekil 4.18. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

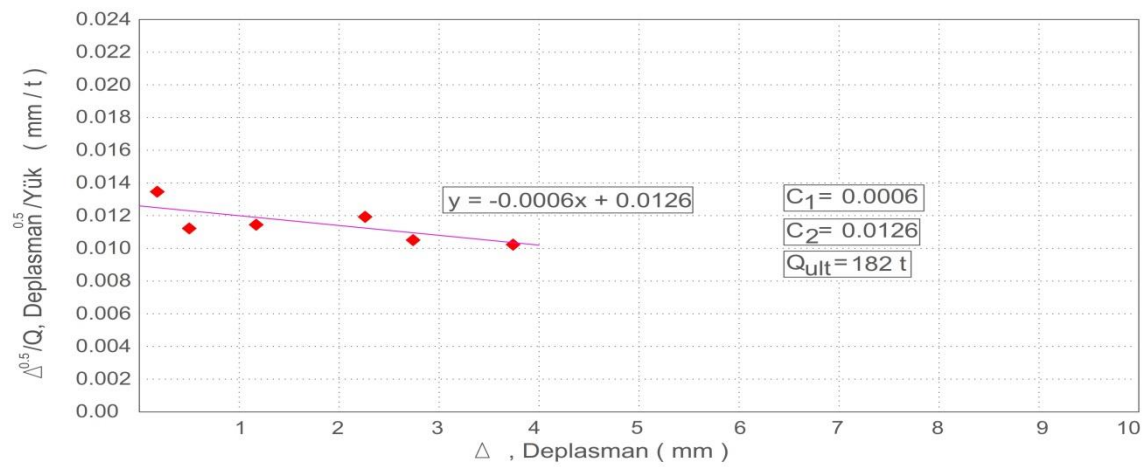
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.19. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

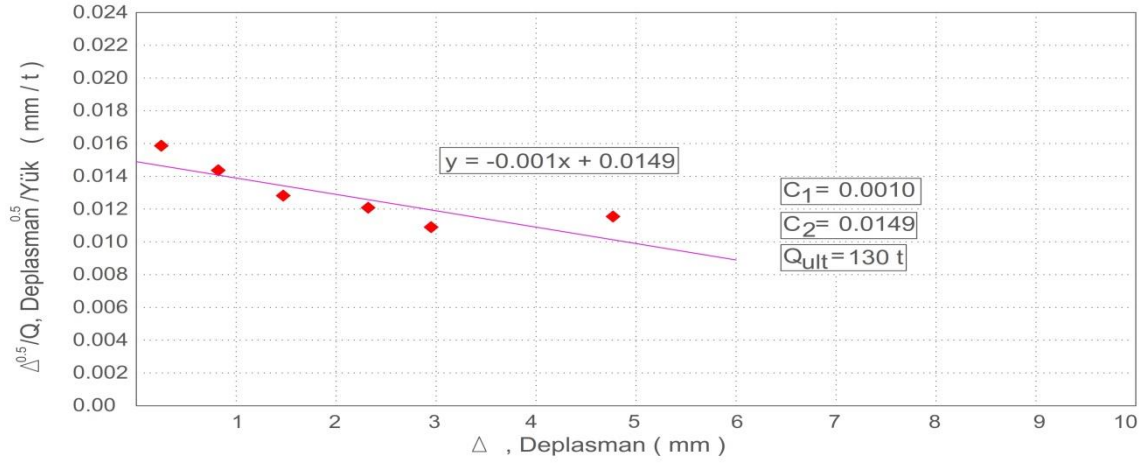


Şekil 4.20. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

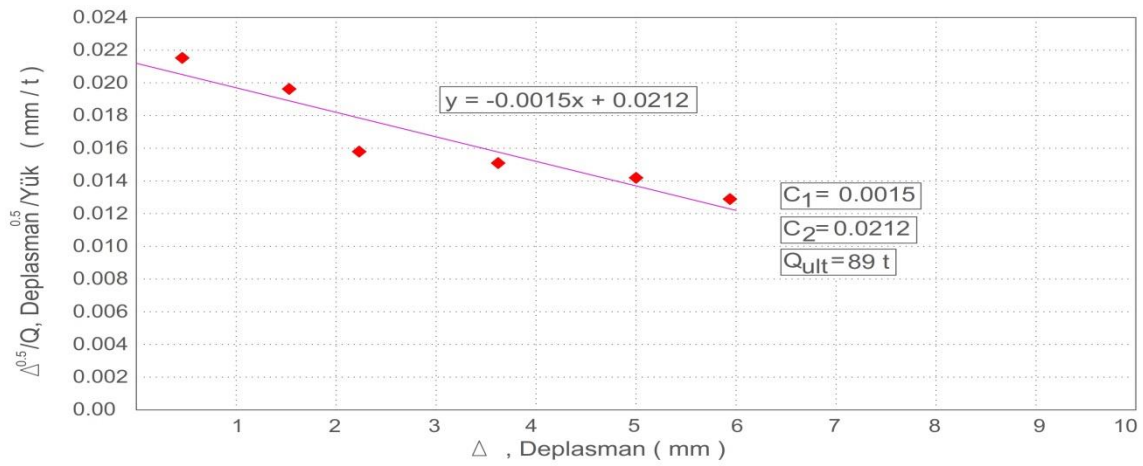


Şekil 4.21. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

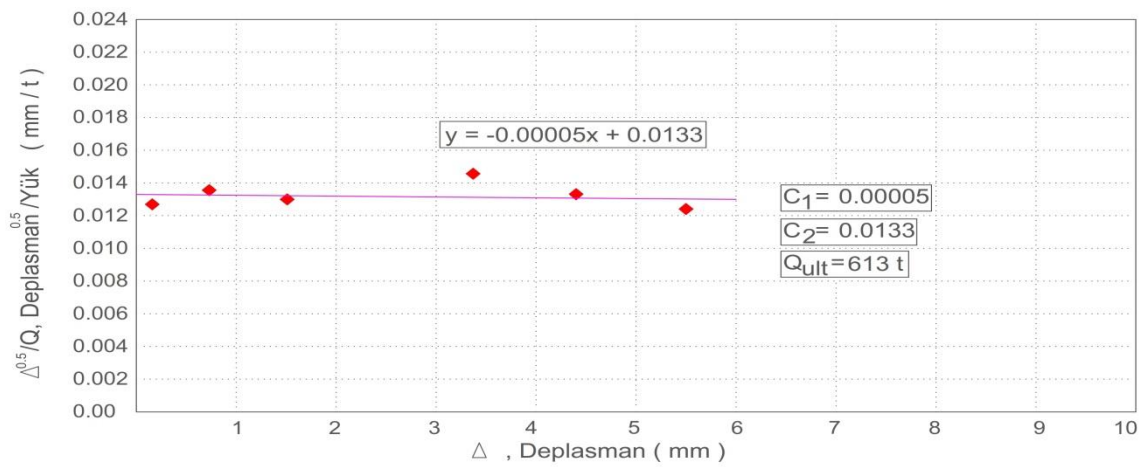
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.22. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

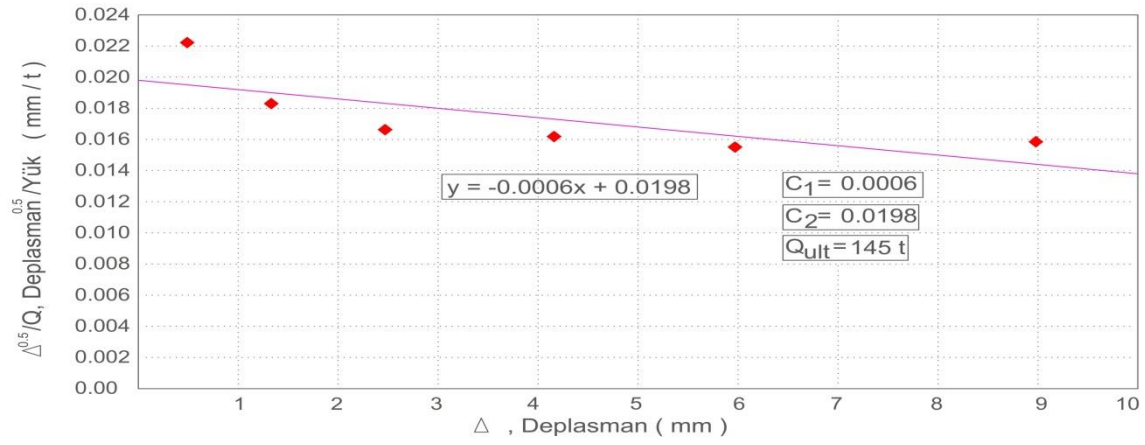


Şekil 4.23. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

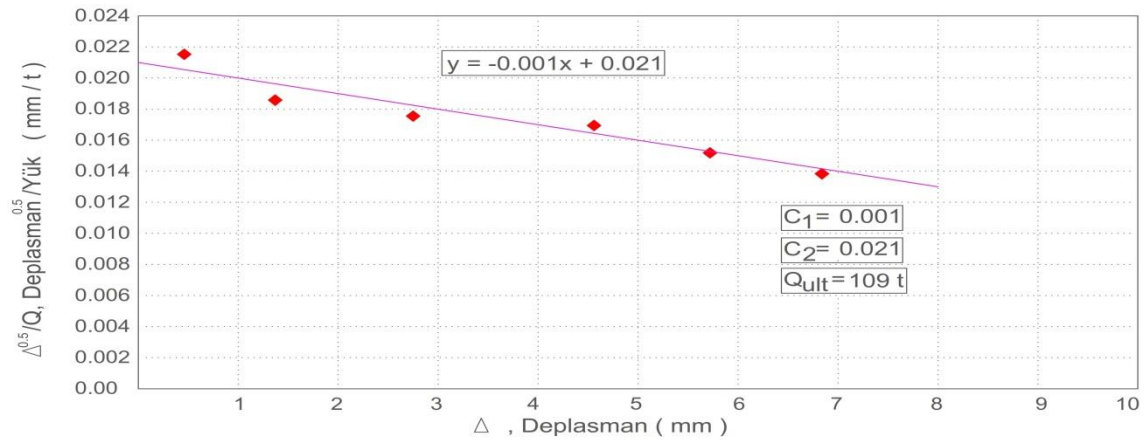


Şekil 4.24. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

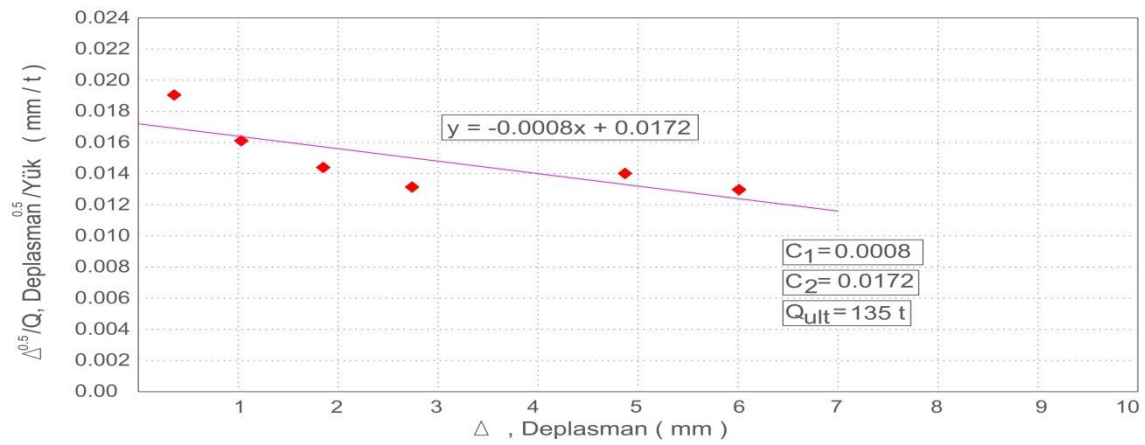
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.25. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

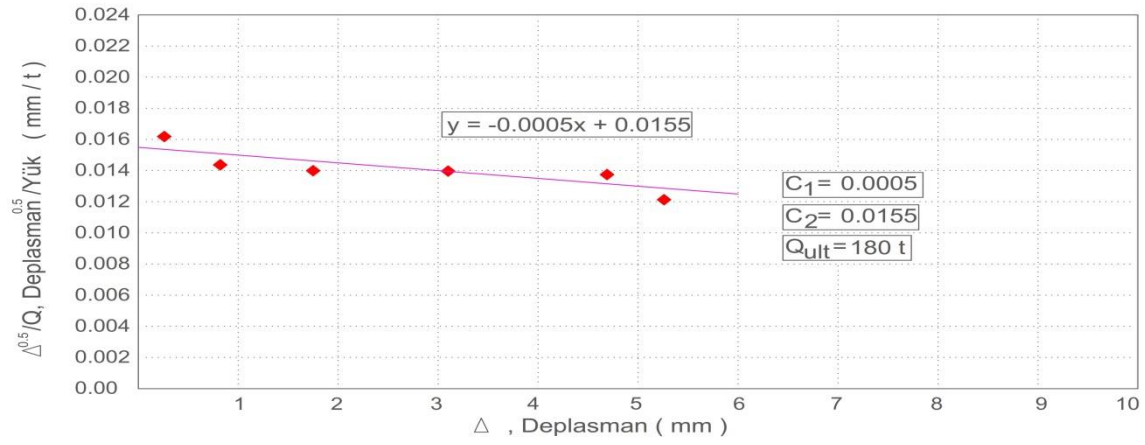


Şekil 4.26. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

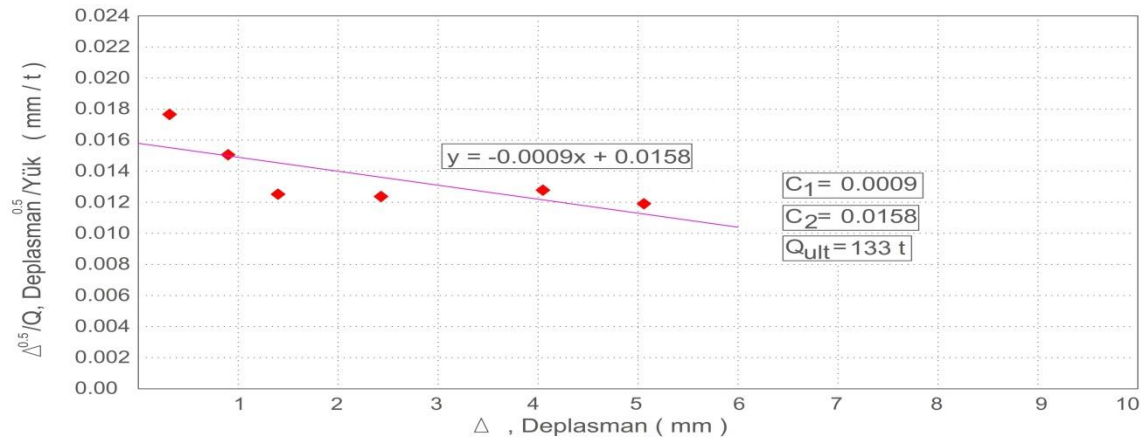


Şekil 4.27. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

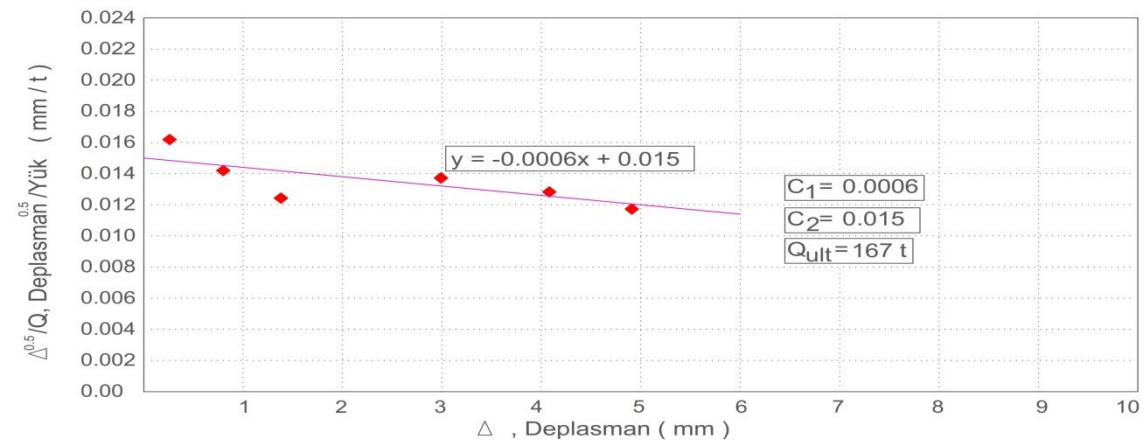
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.28. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

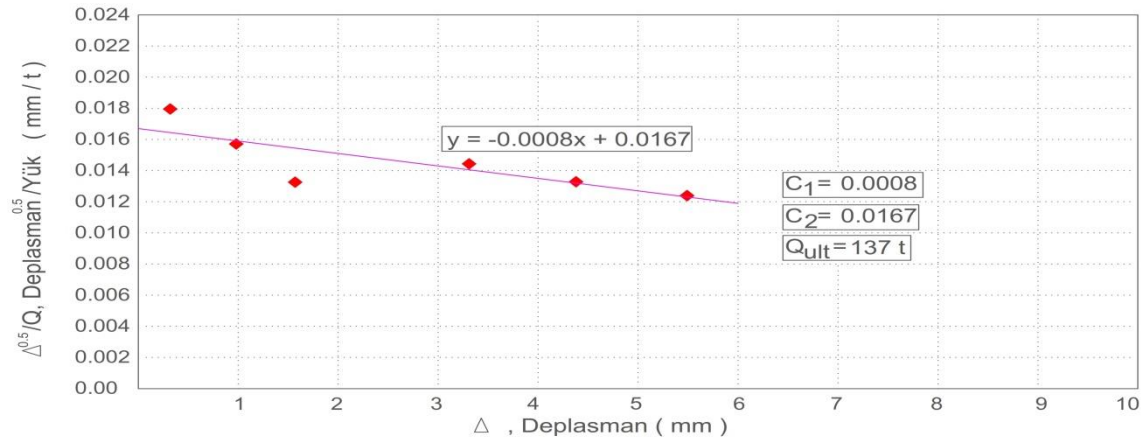


Şekil 4.29. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

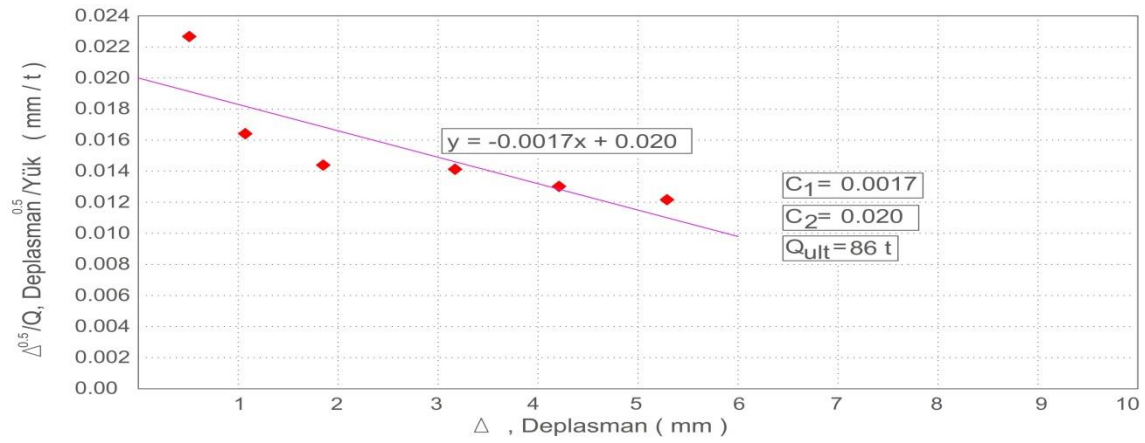


Şekil 4.30. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

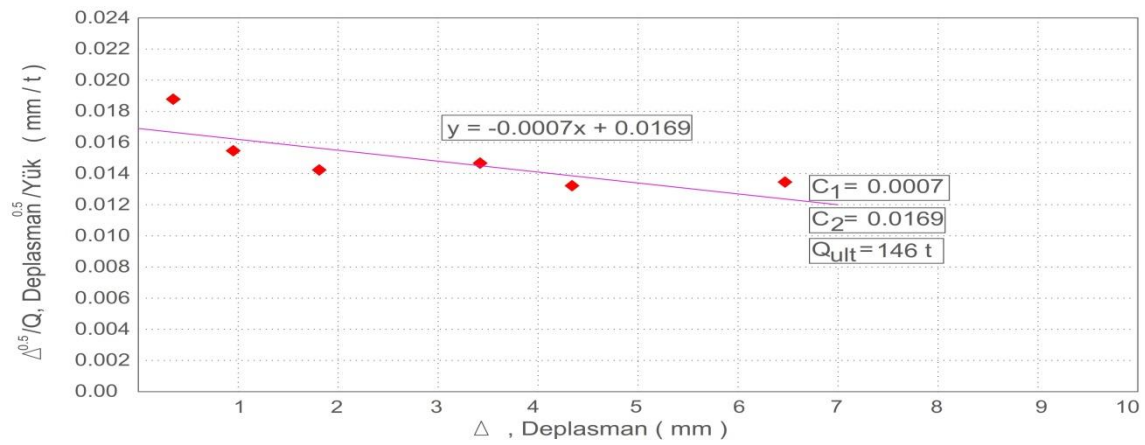
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.31. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

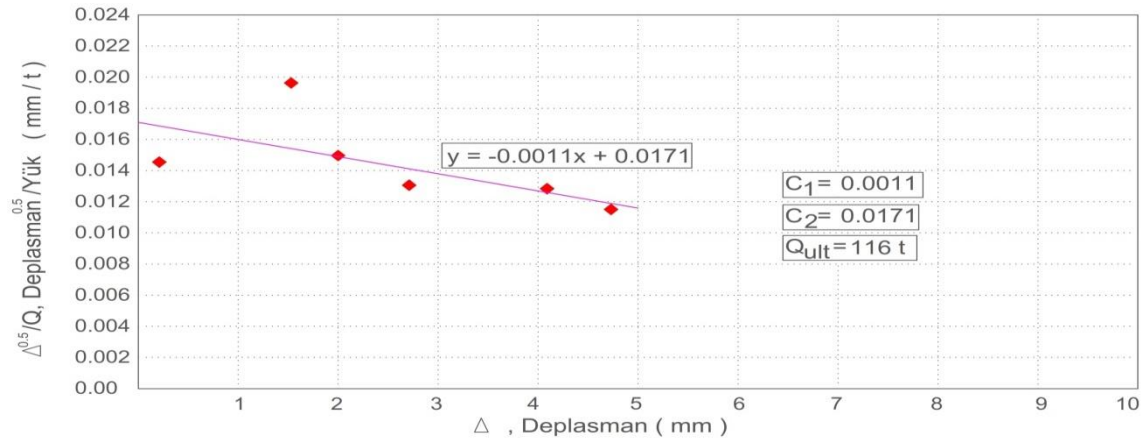


Şekil 4.32. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

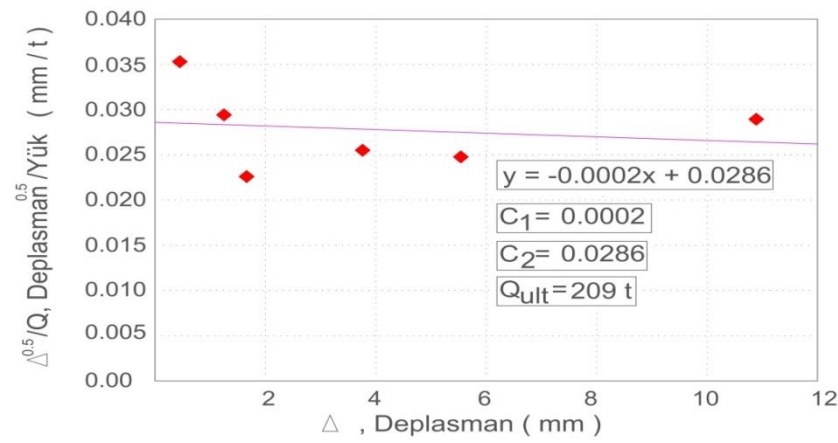


Şekil 4.33. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

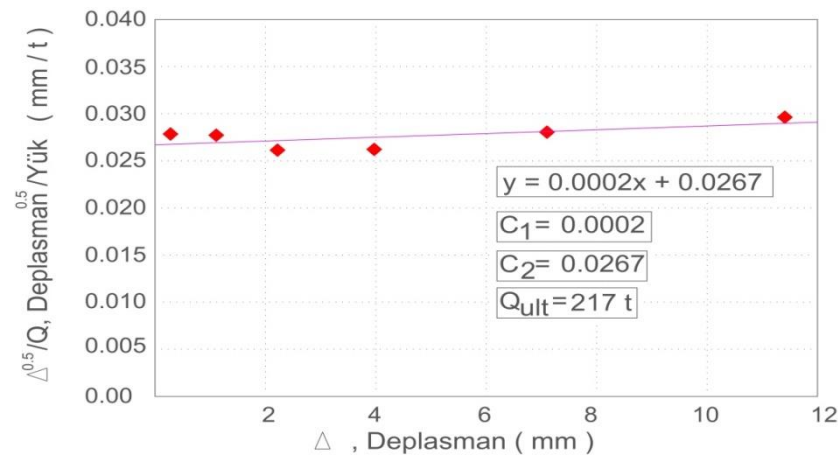
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.34. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

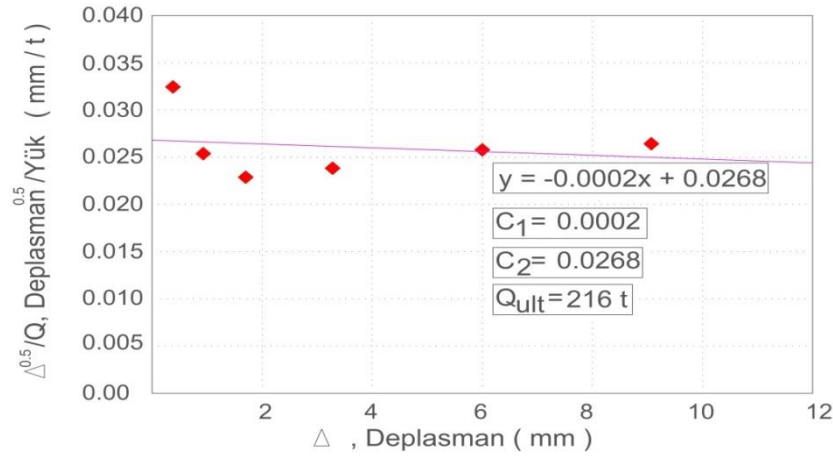


Şekil 4.35. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

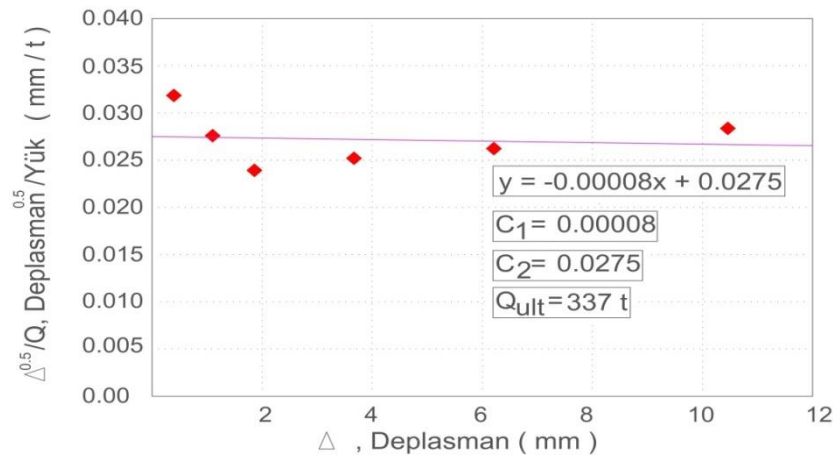


Şekil 4.36. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

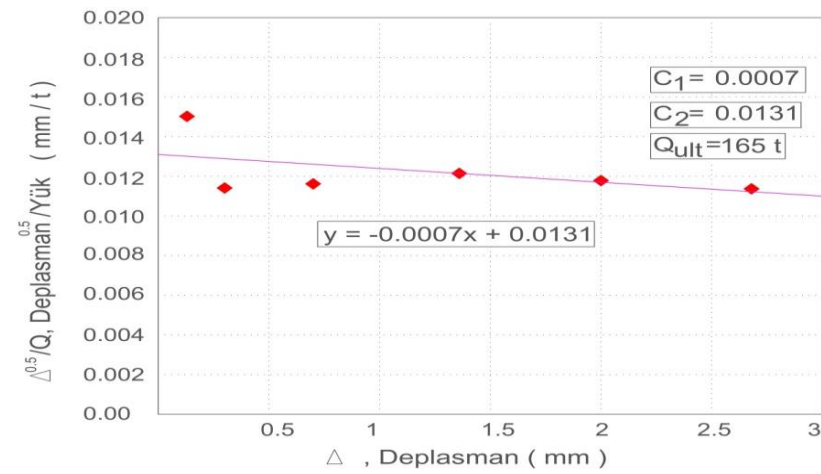
EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi



Şekil 4.37. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

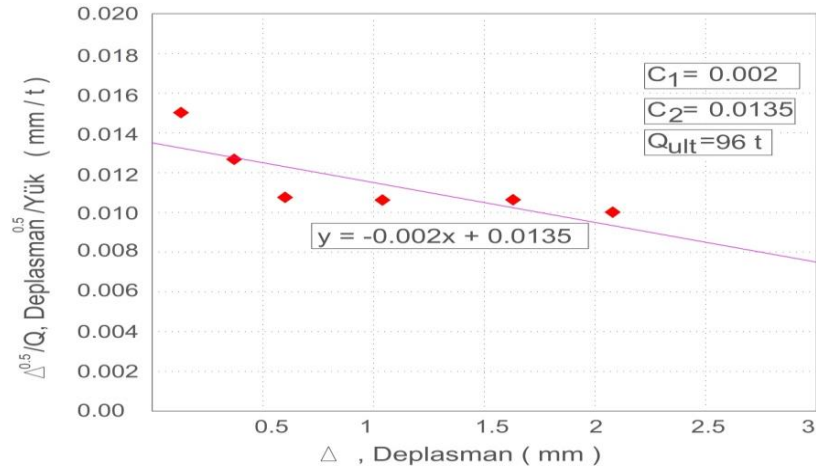


Şekil 4.38. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

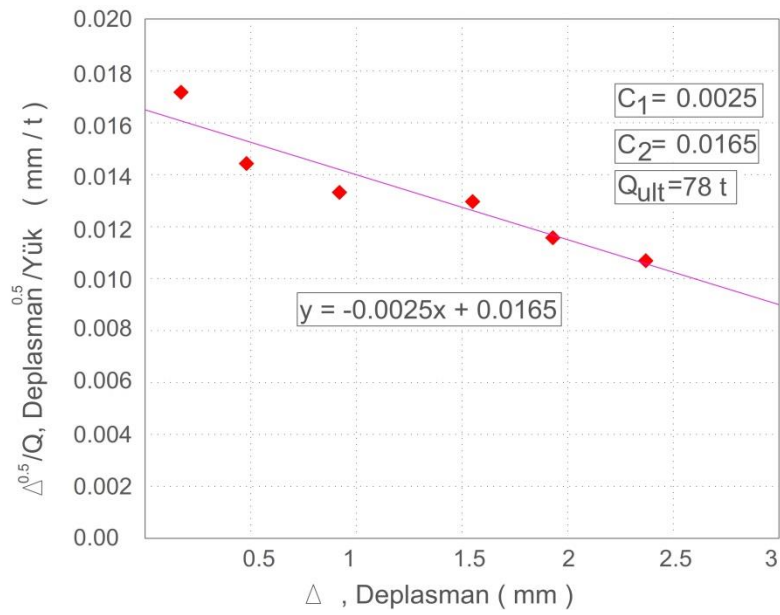


Şekil 4.39. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

EK-4. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

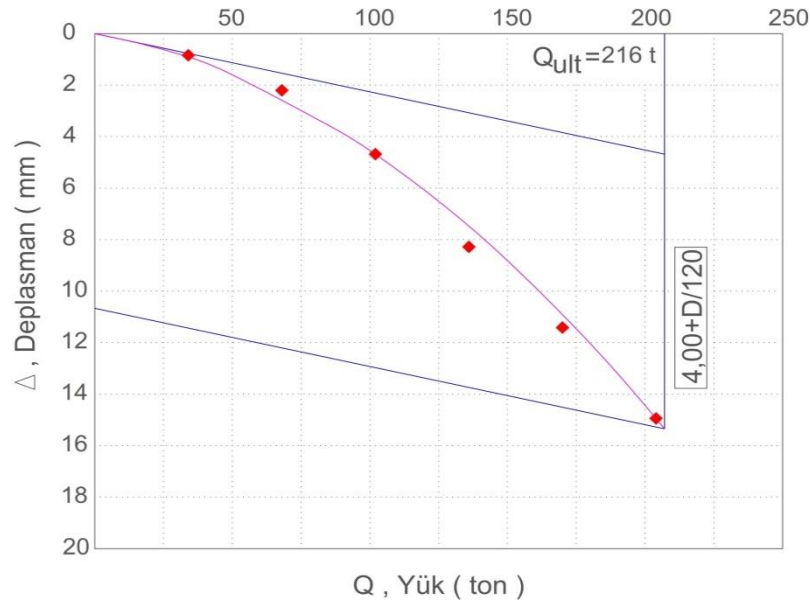


Şekil 4.40. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

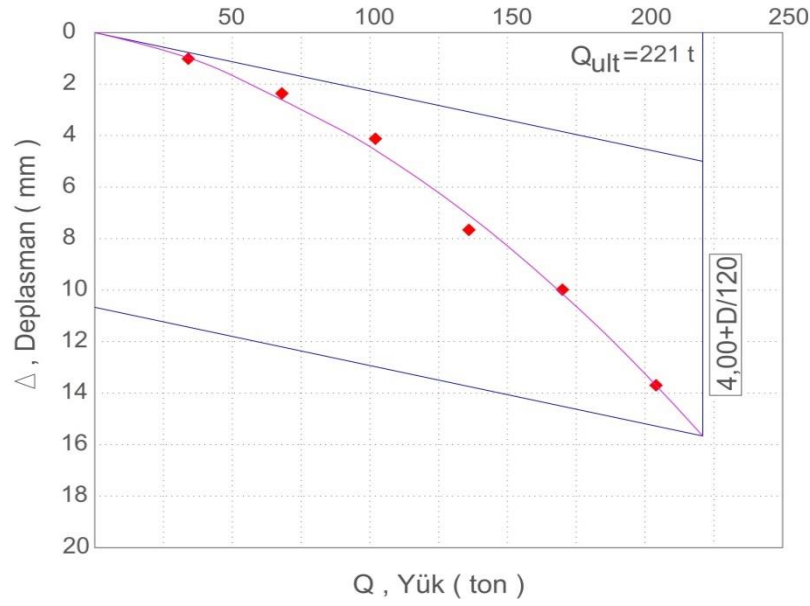


Şekil 4.41. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Brinch-Hansen %80 yöntemi

EK-5. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

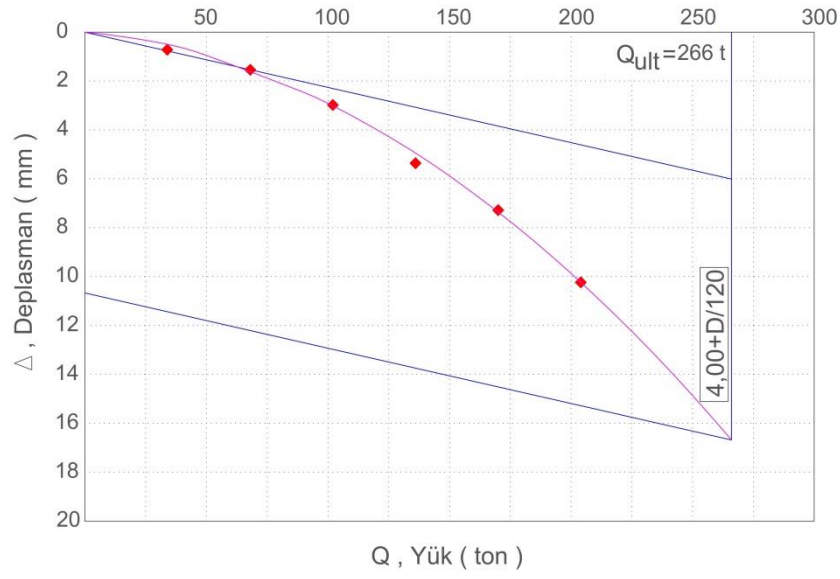


Şekil 5.1. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

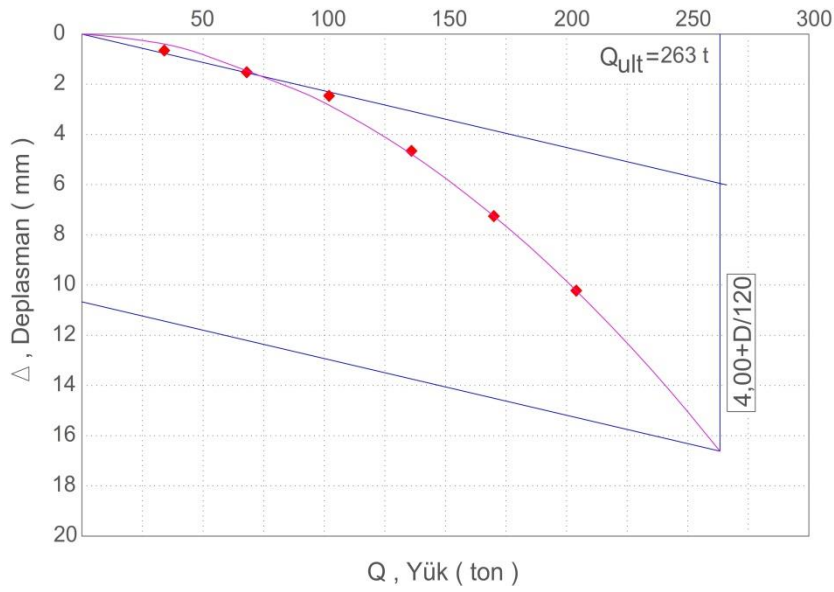


Şekil 5.2. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

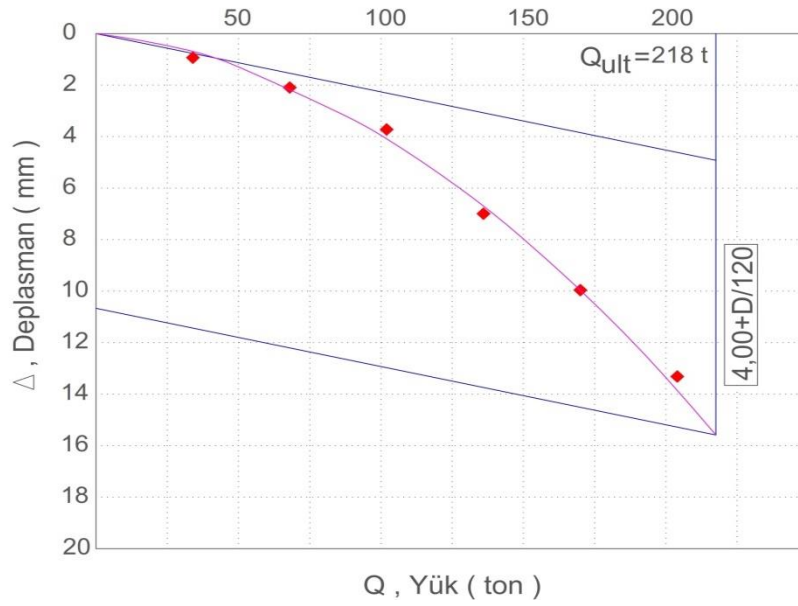


Şekil 5.3. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

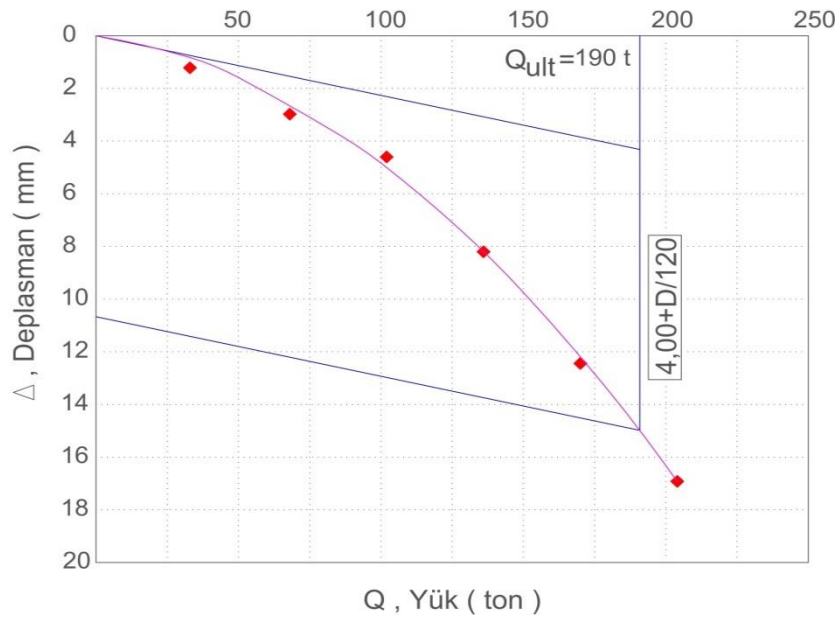


Şekil 5.4. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

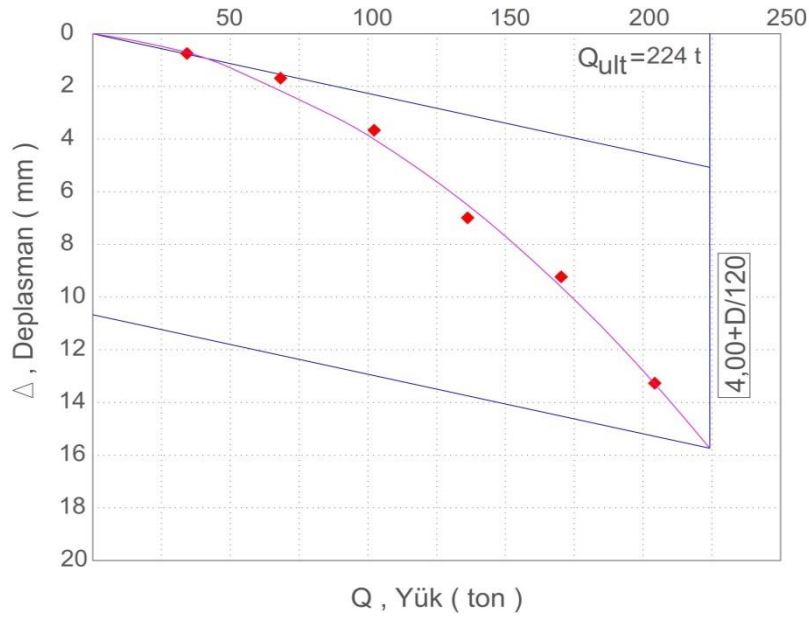


Şekil 5.5. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

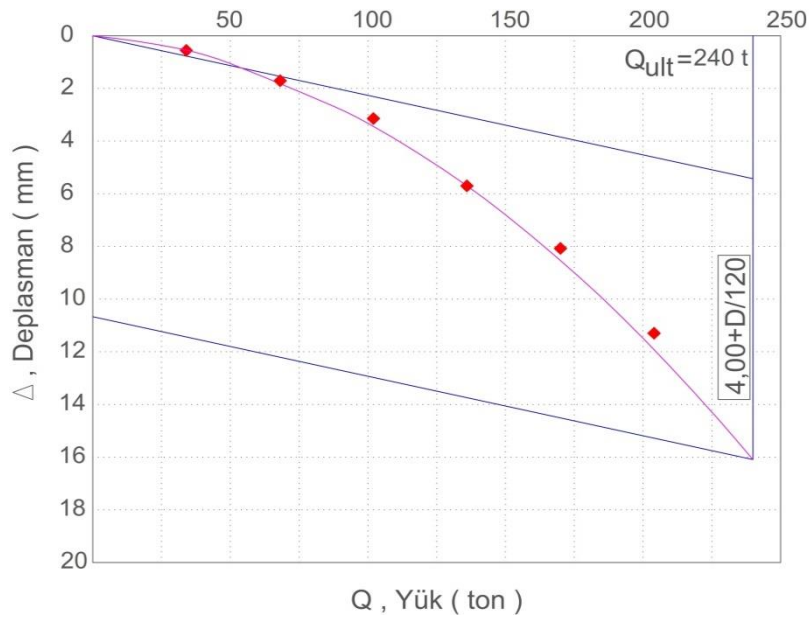


Şekil 5.6. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

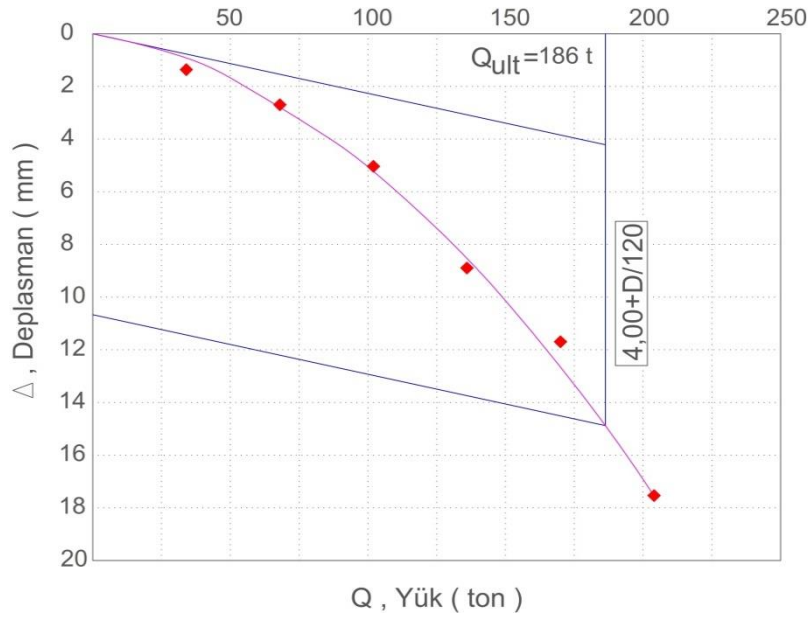


Şekil 5.7. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

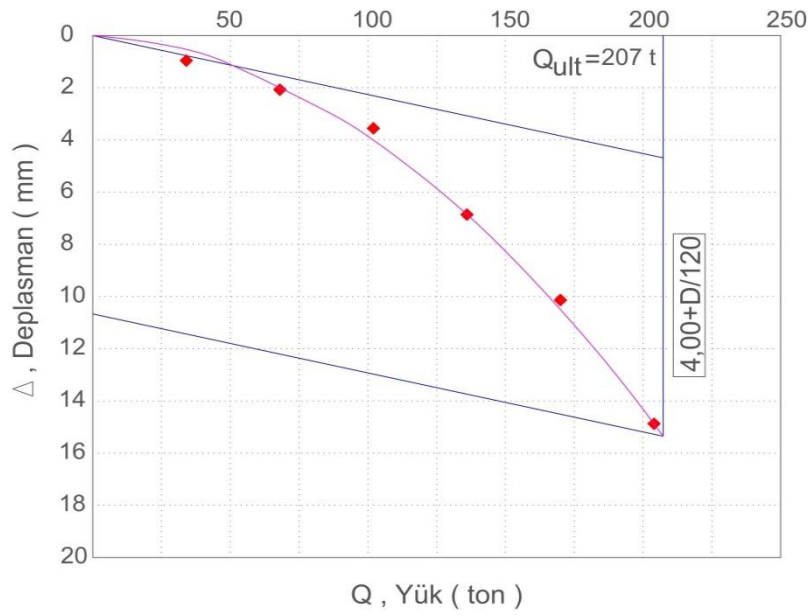


Şekil 5.8. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

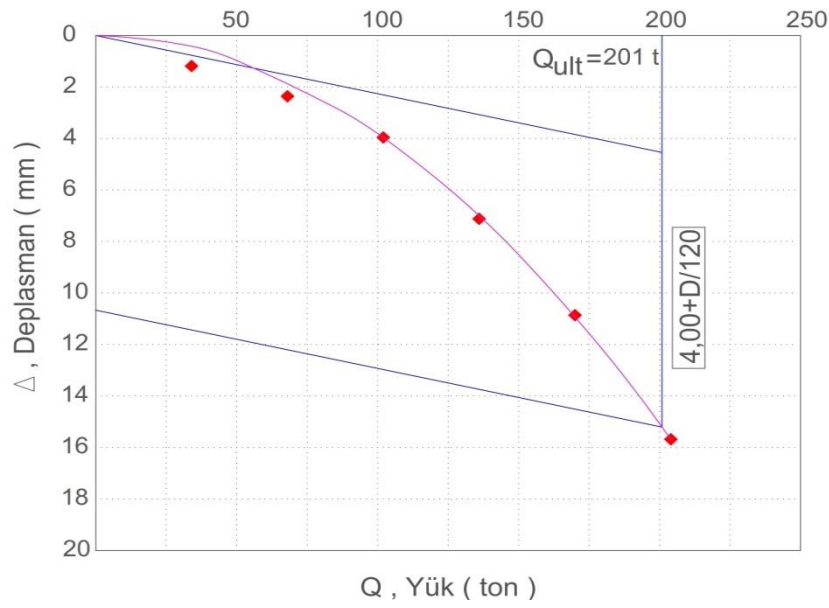


Şekil 5.9. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

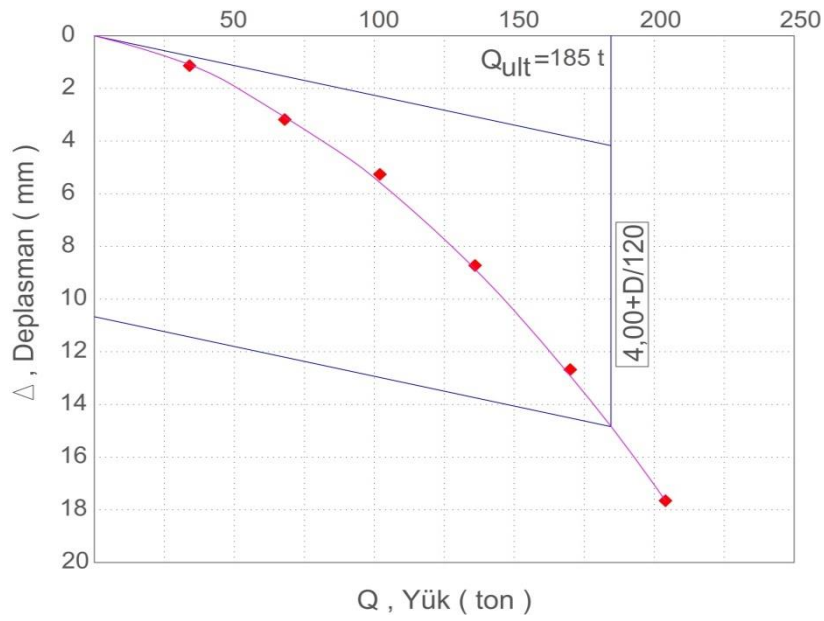


Şekil 5.10. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

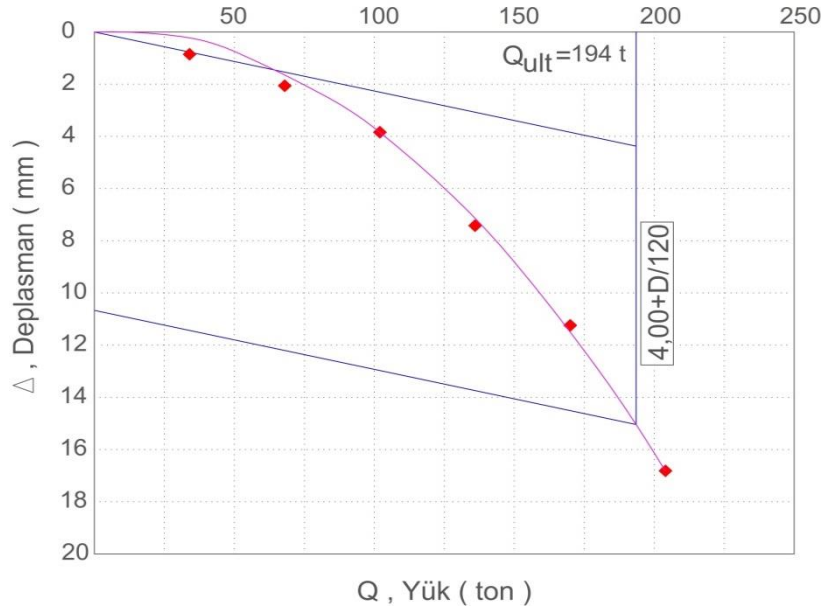


Şekil 5.11. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

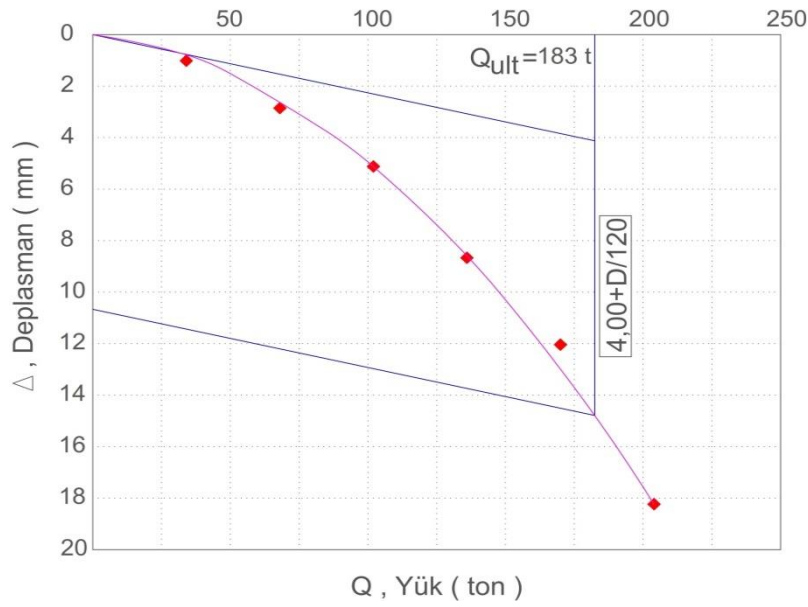


Şekil 5.12. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

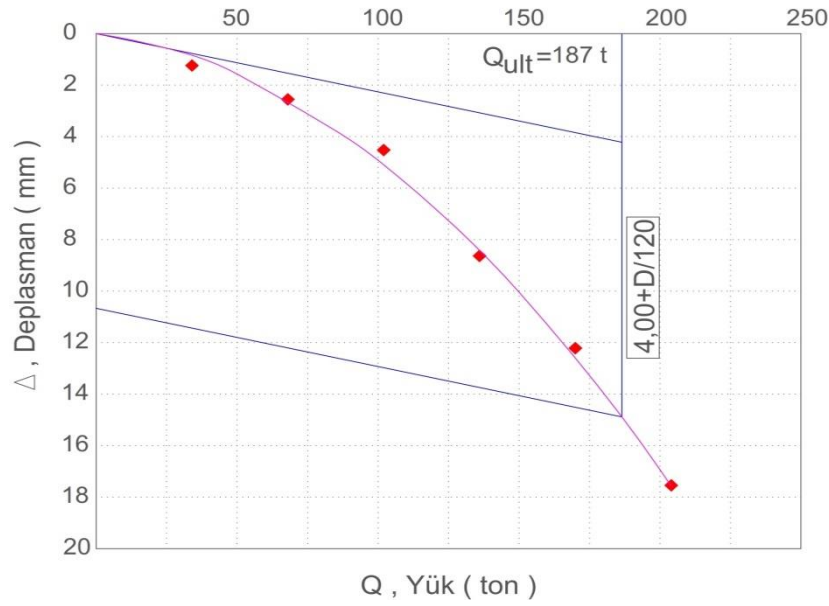


Şekil 5.13. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

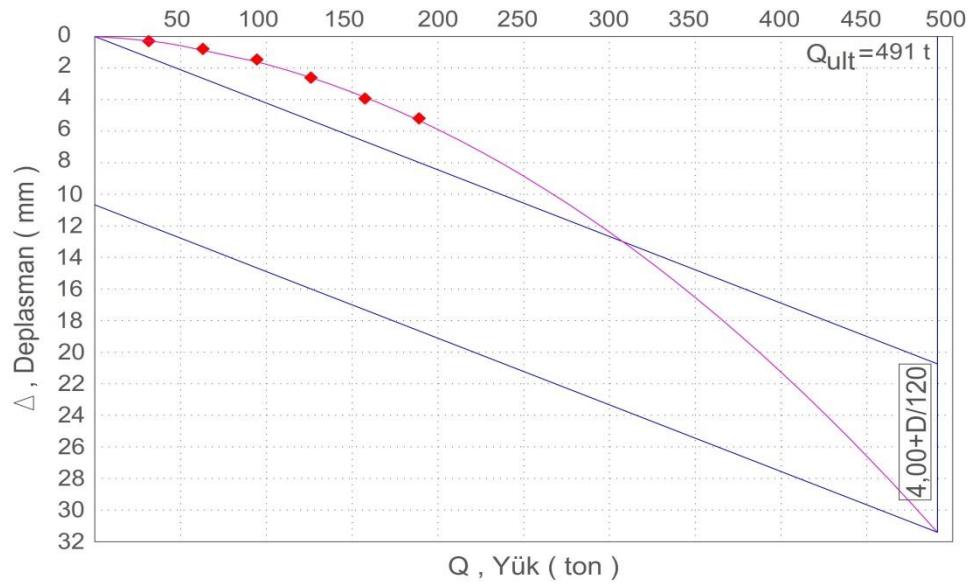


Şekil 5.14. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

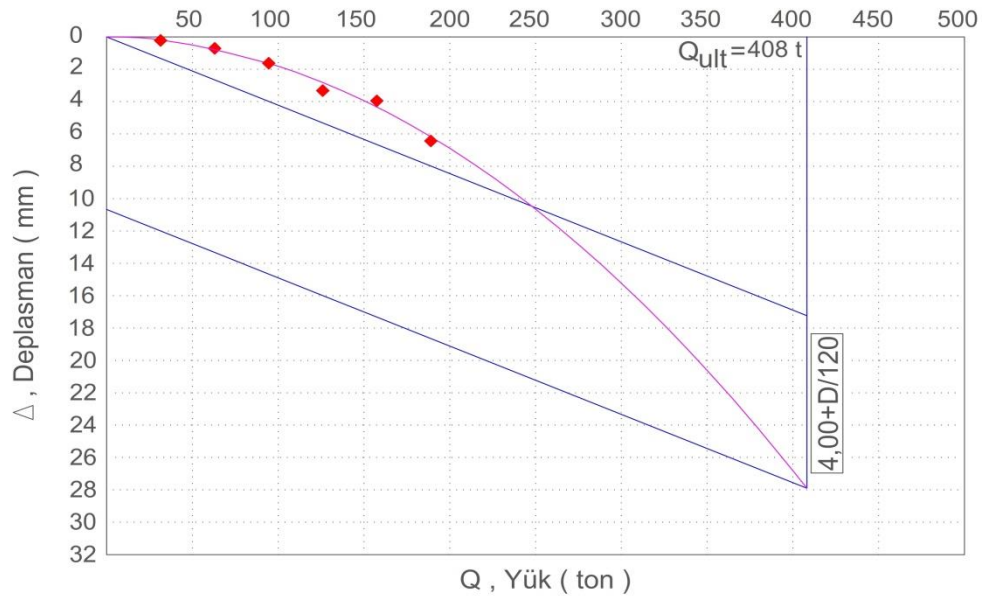


Şekil 5.15. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

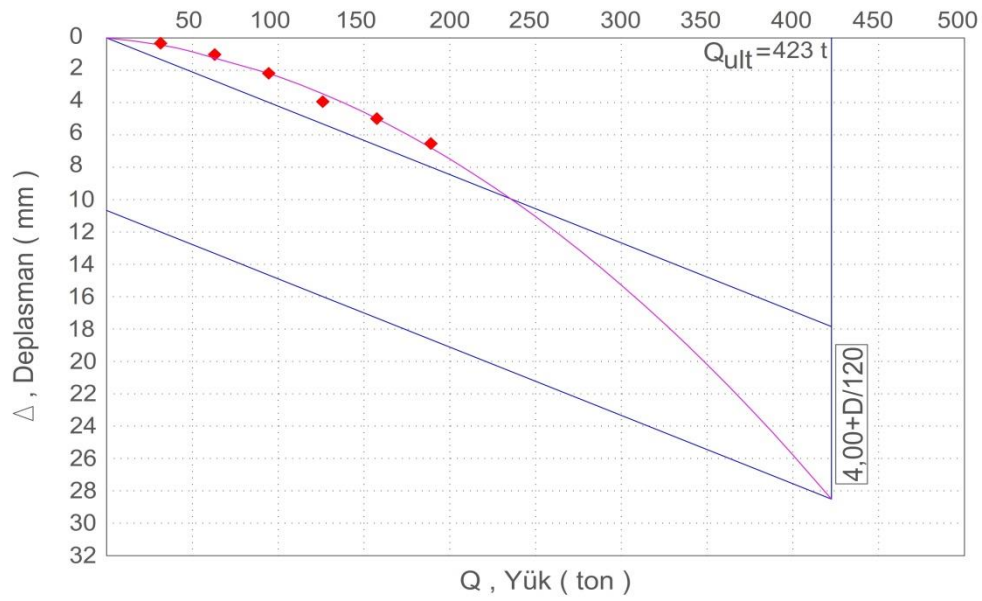


Şekil 5.16. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

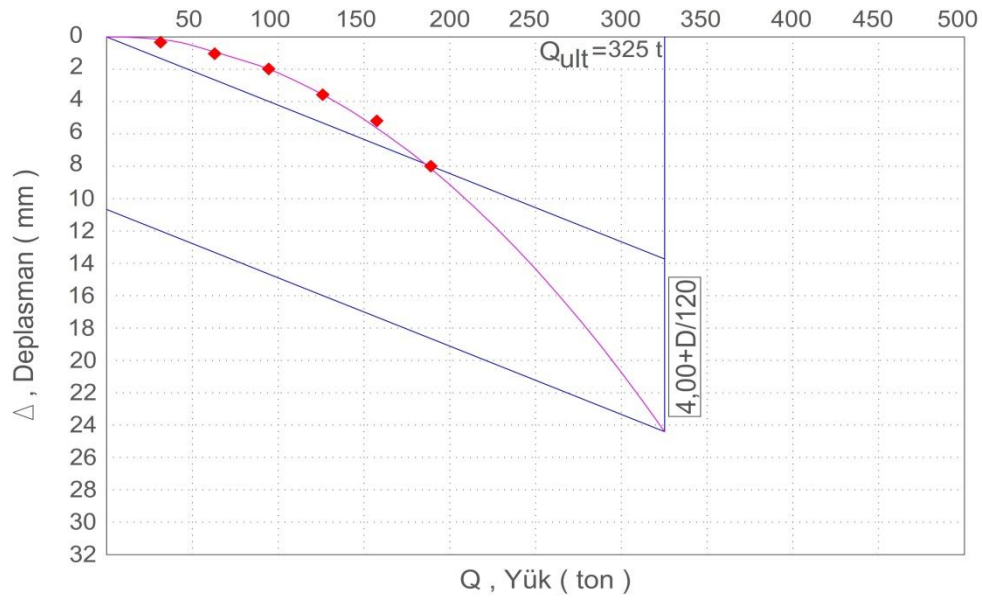


Şekil 5.17. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

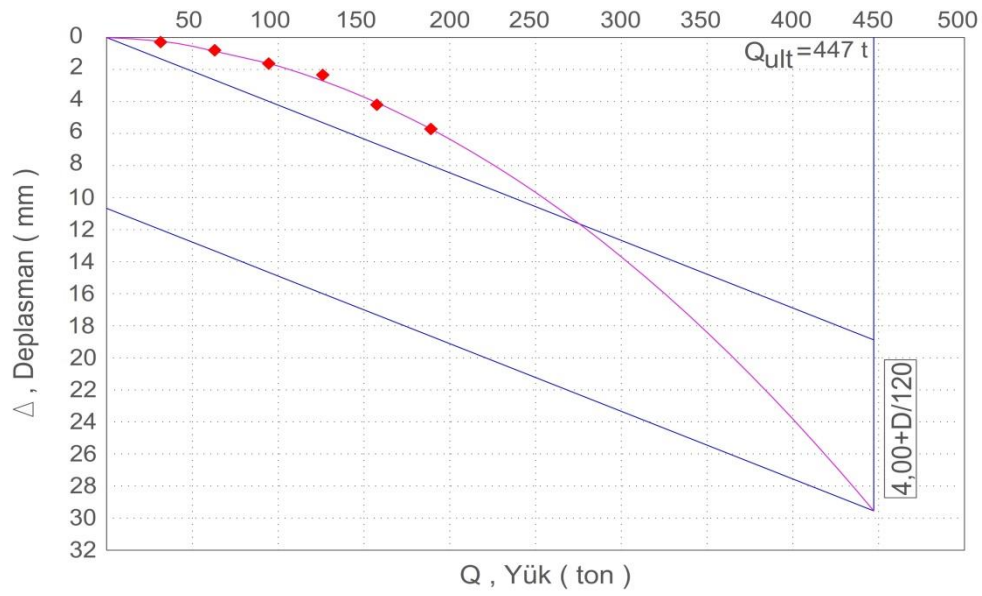


Şekil 5.18. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

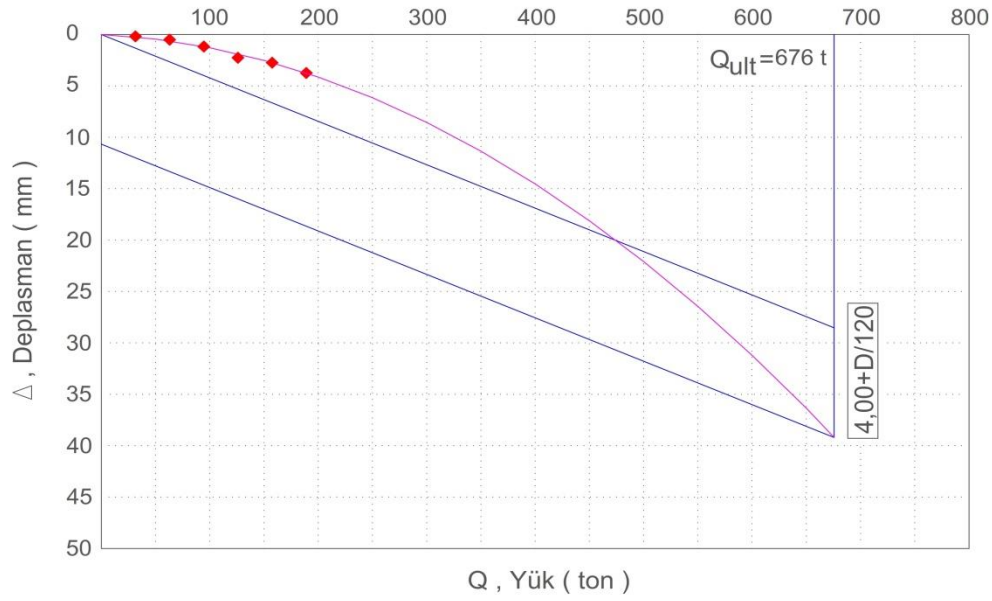


Şekil 5.19. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

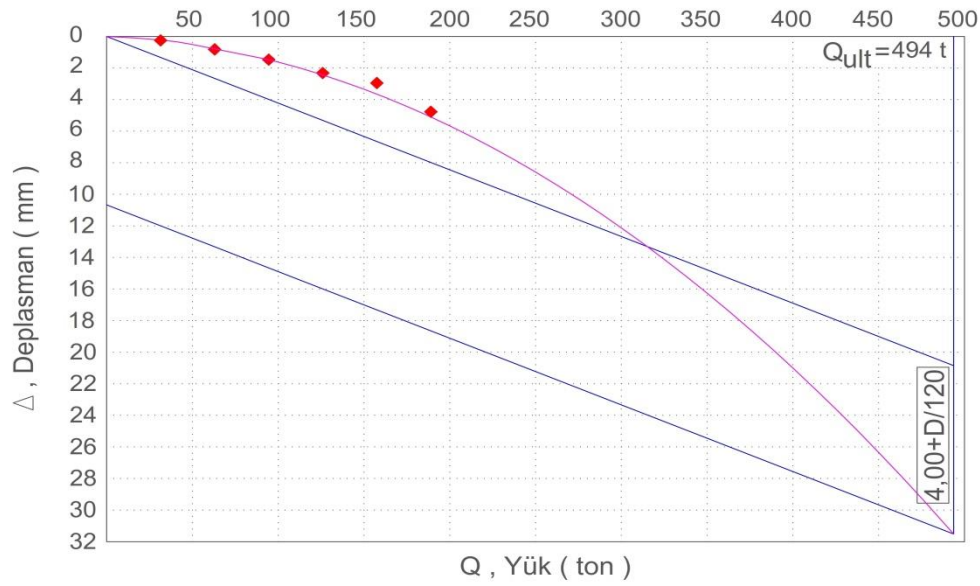


Şekil 5.20. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

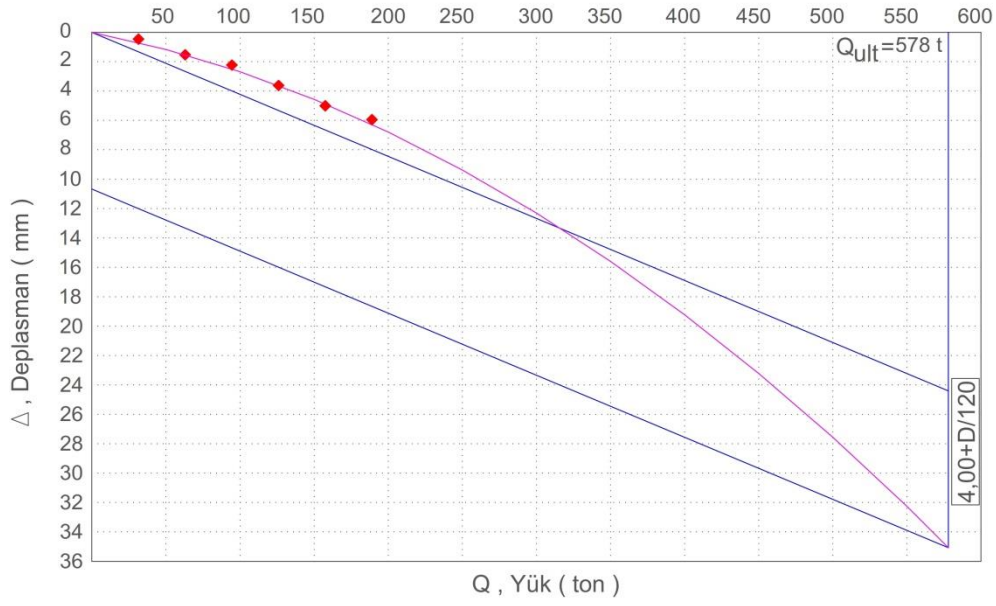


Şekil 5.21. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

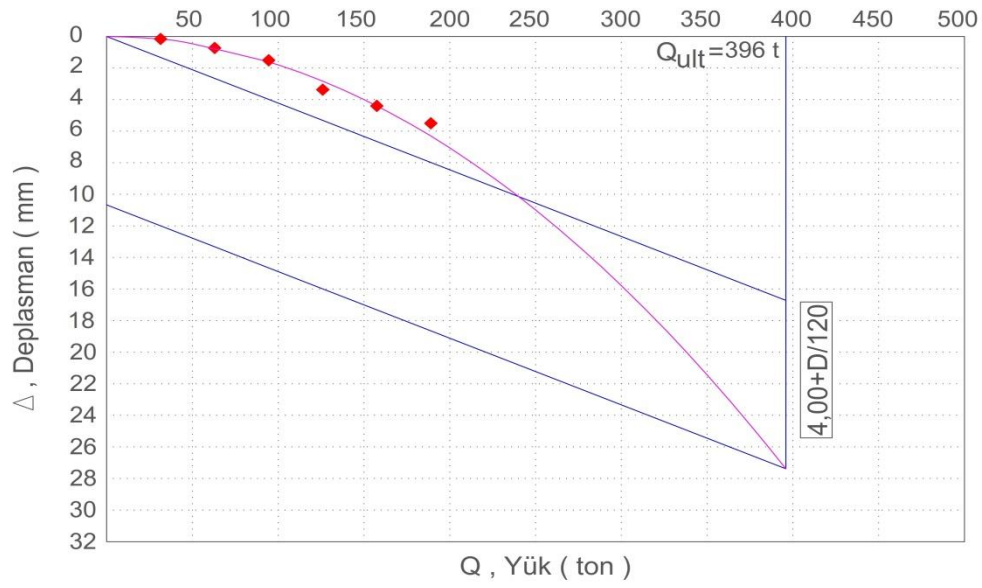


Şekil 5.22. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

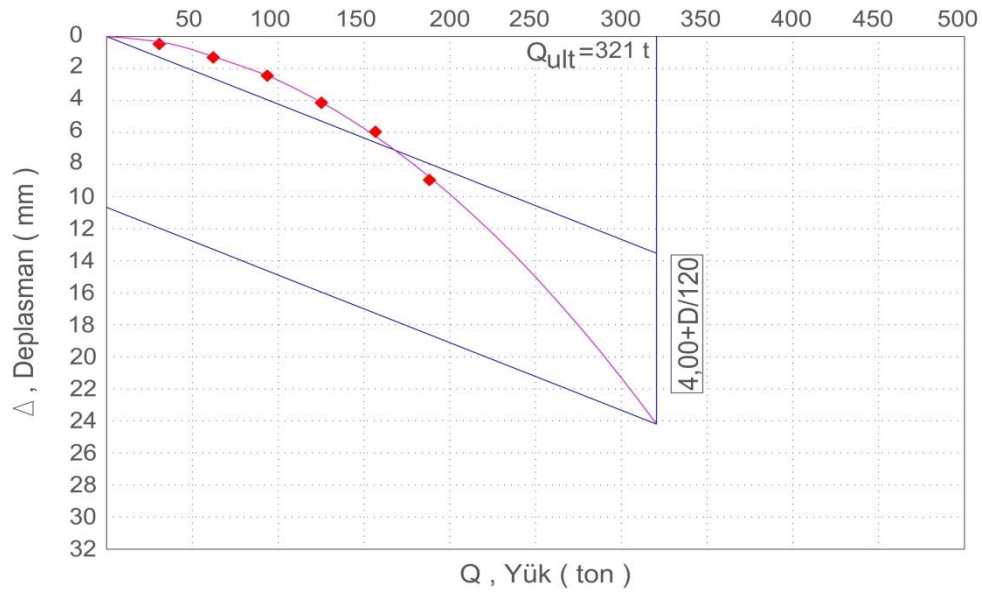


Şekil 5.23. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

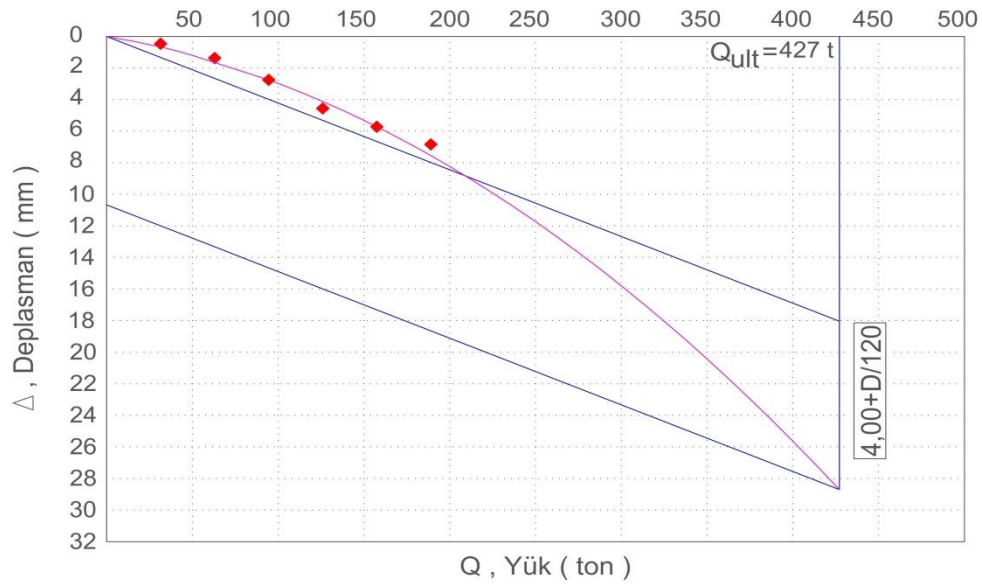


Şekil 5.24. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

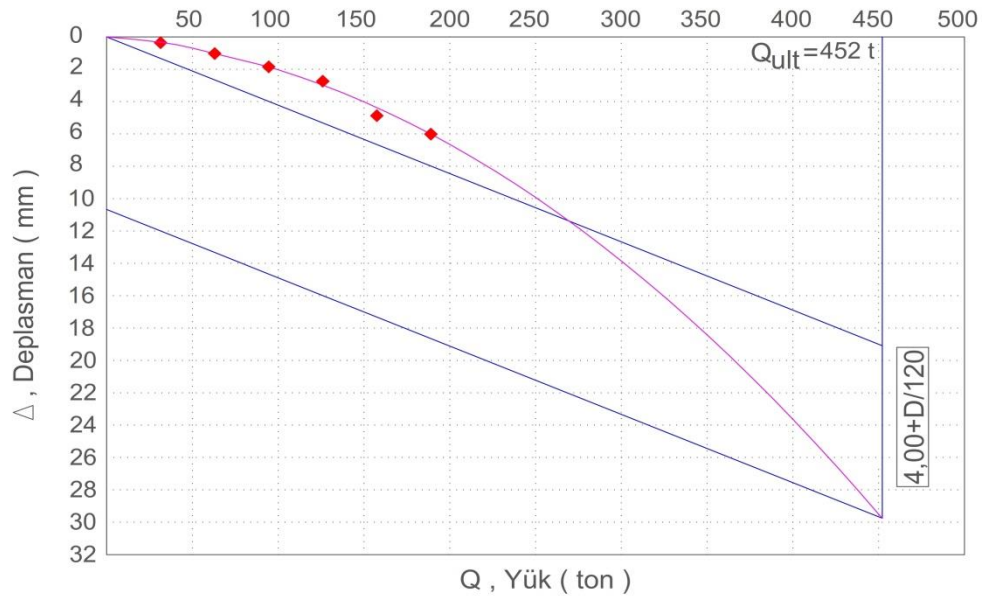


Şekil 5.25. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

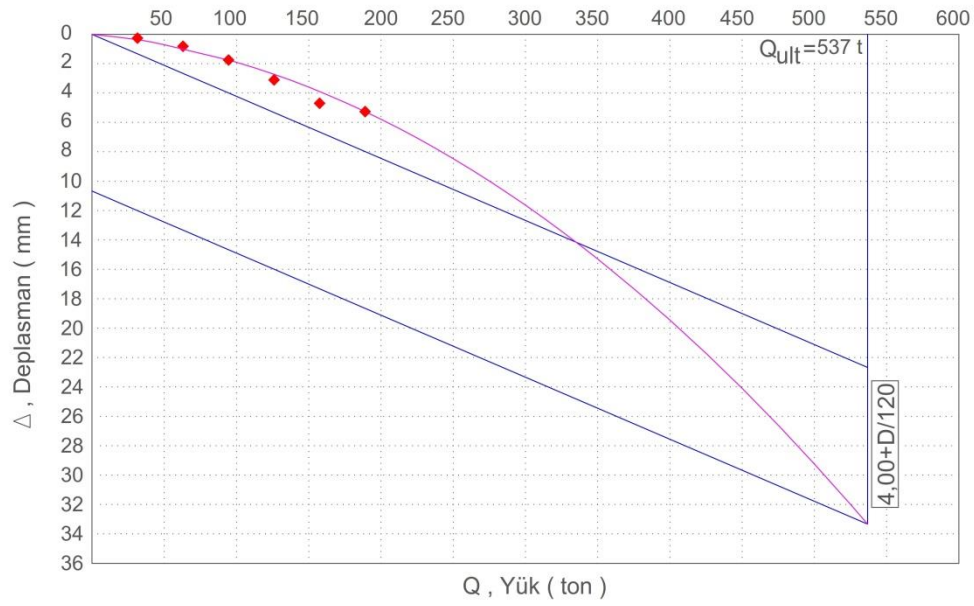


Şekil 5.26. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

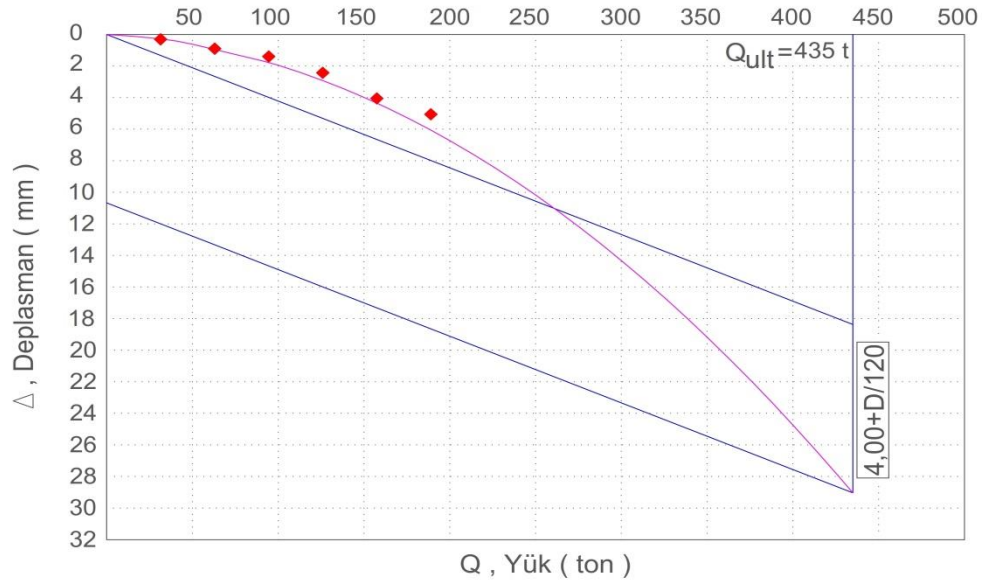


Şekil 5.27. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

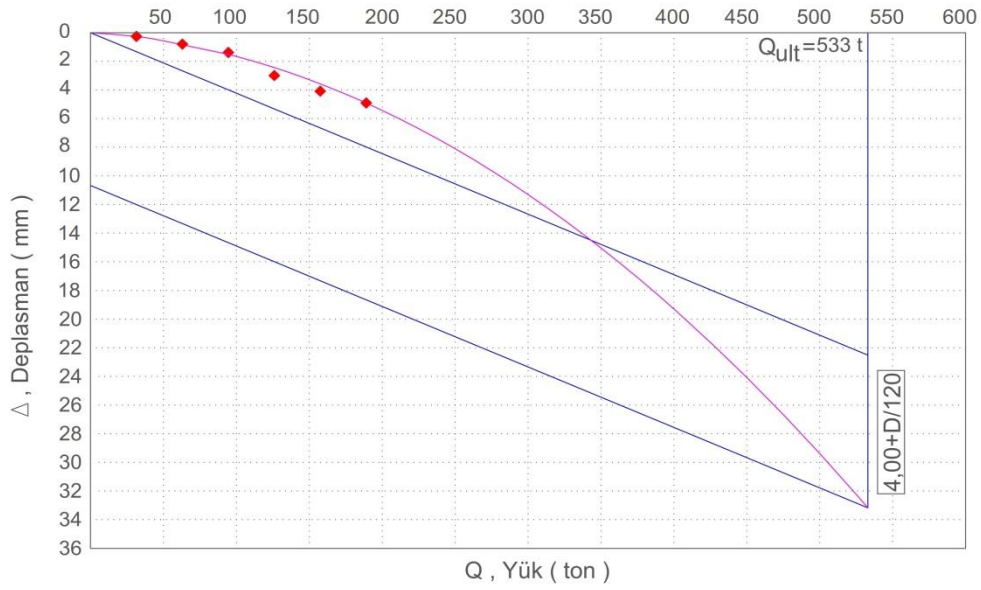


Şekil 5.28. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

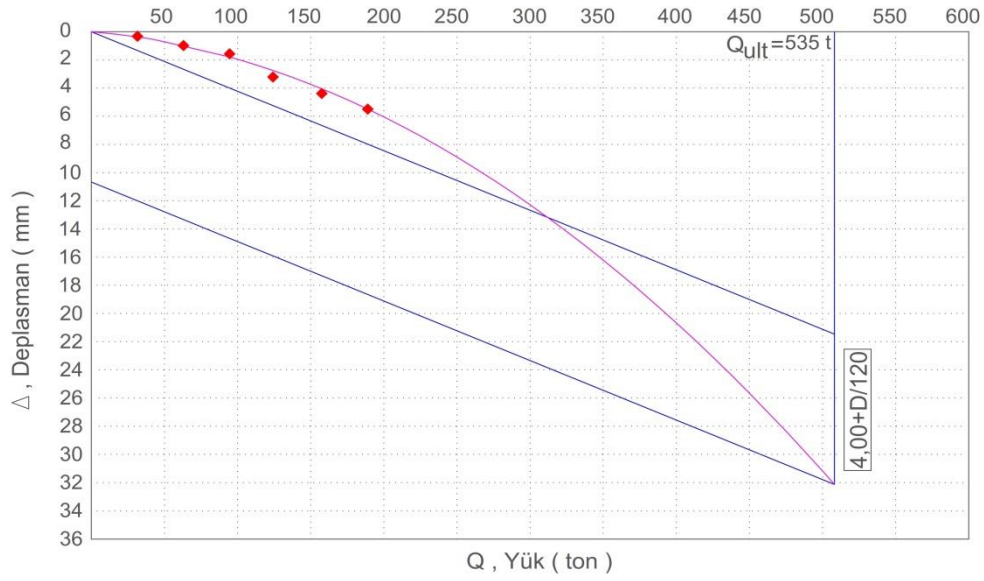


Şekil 5.29. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

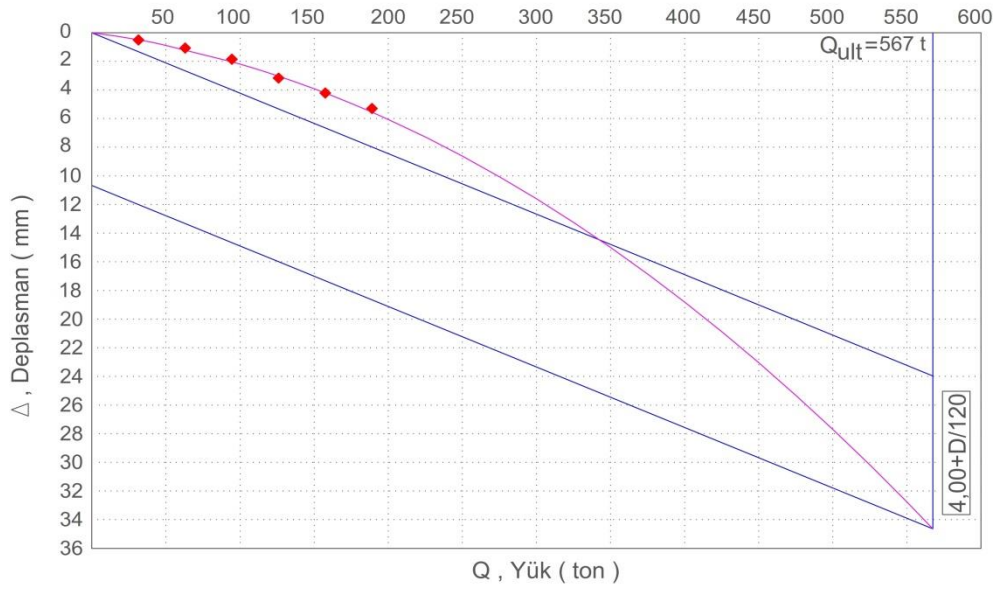


Şekil 5.30. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

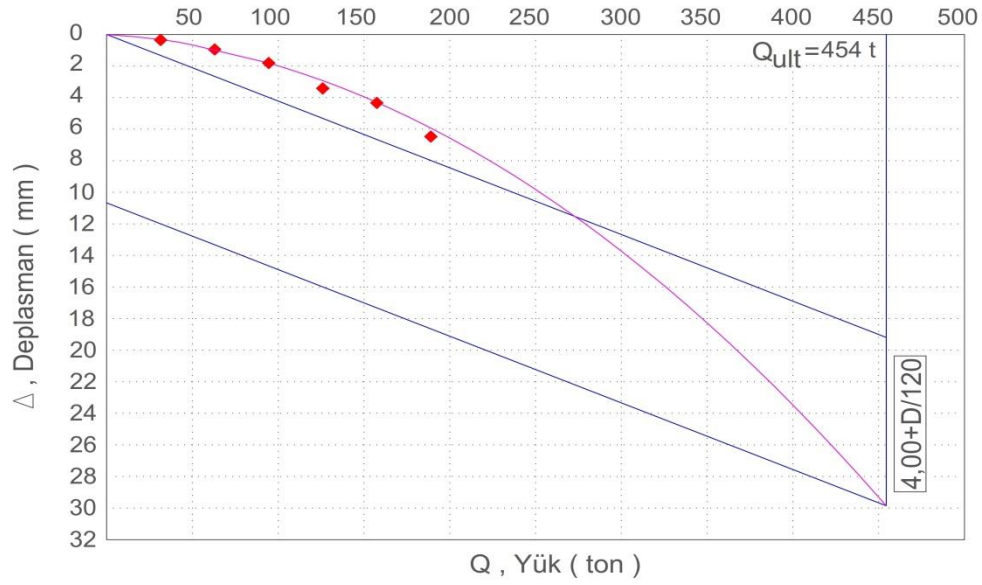


Şekil 5.31. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

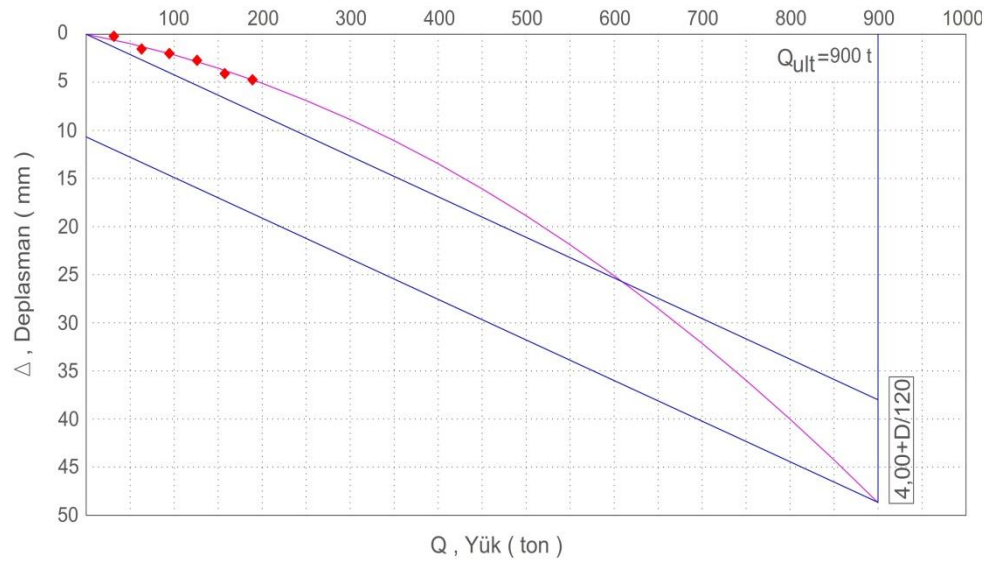


Şekil 5.32. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

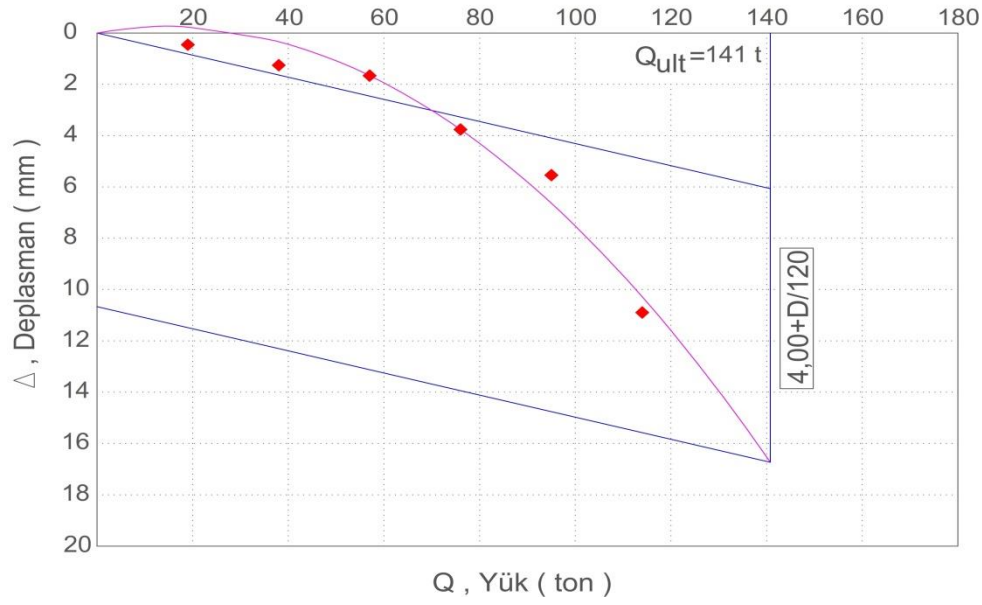


Şekil 5.33. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

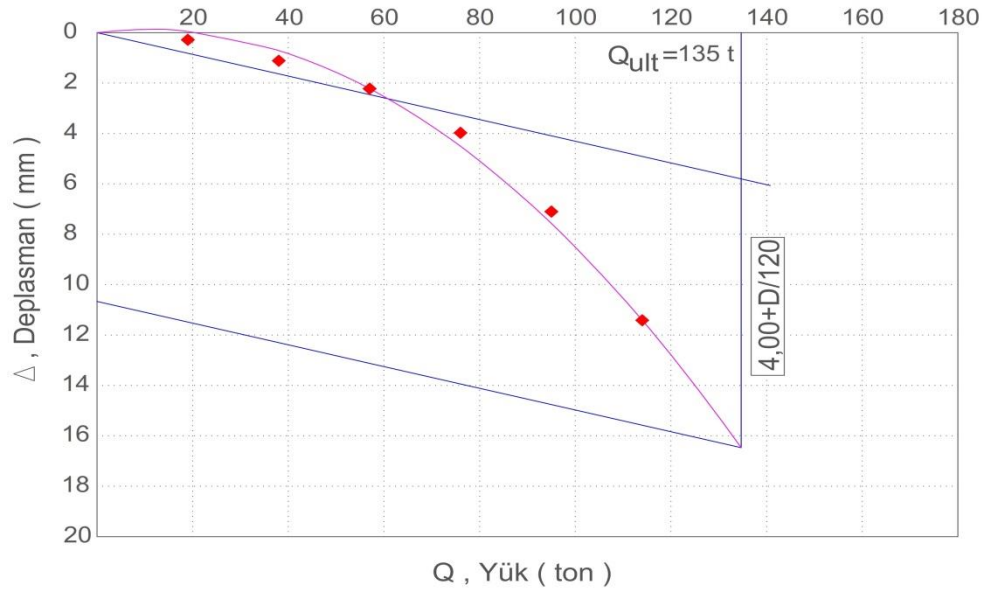


Şekil 5.34. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

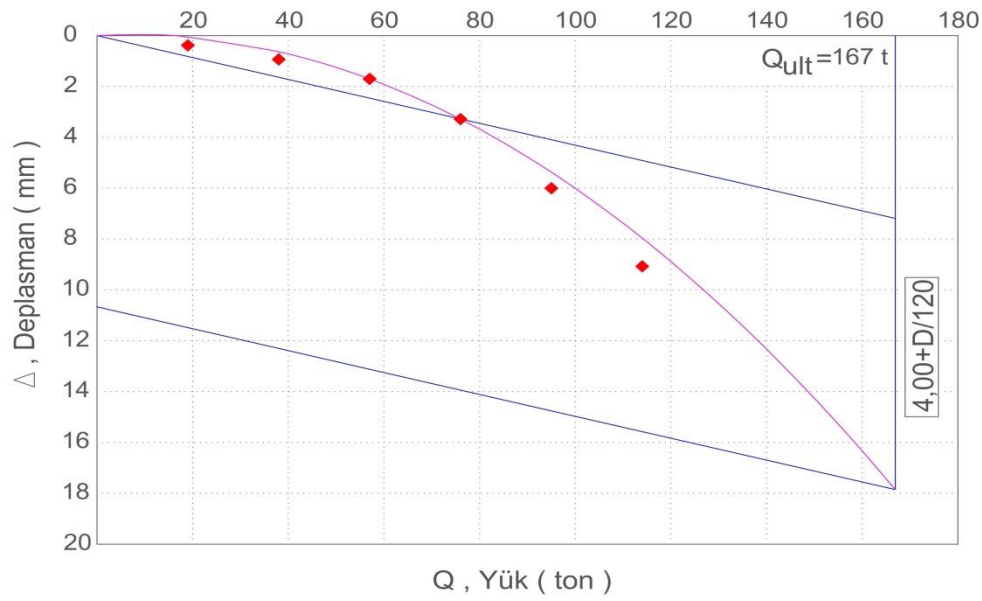


Şekil 5.35. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

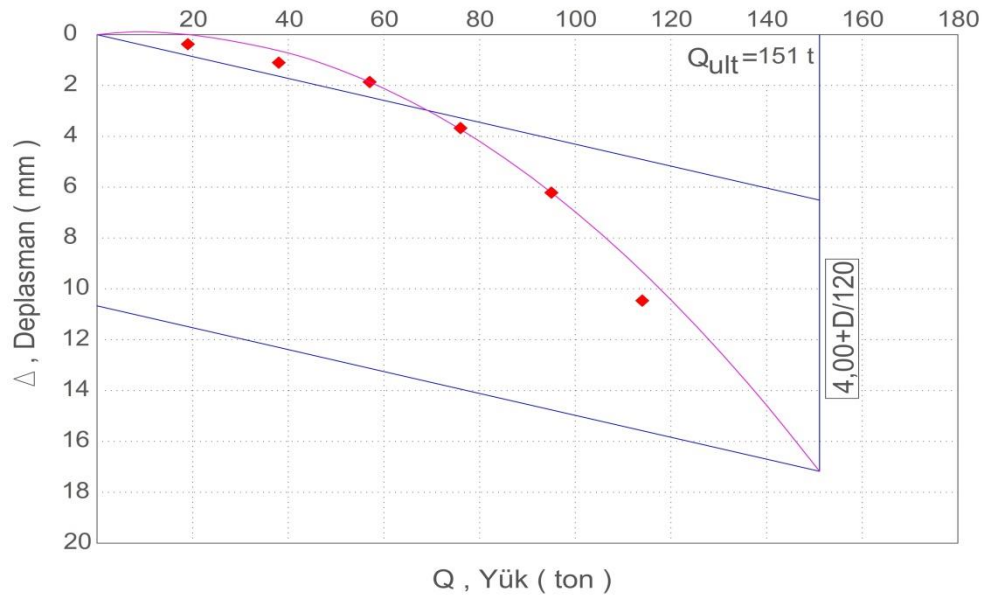


Şekil 5.36. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

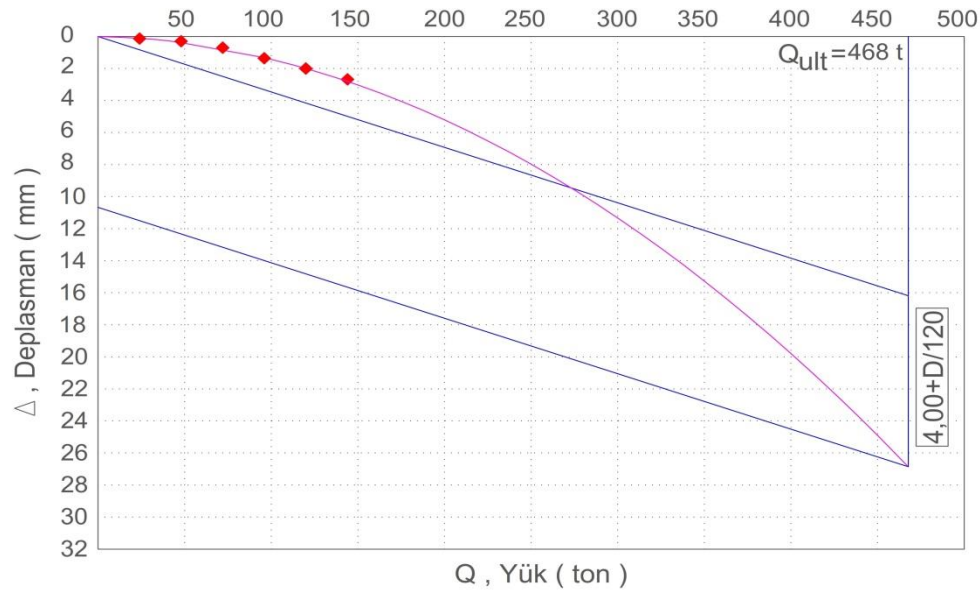


Şekil 5.37. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

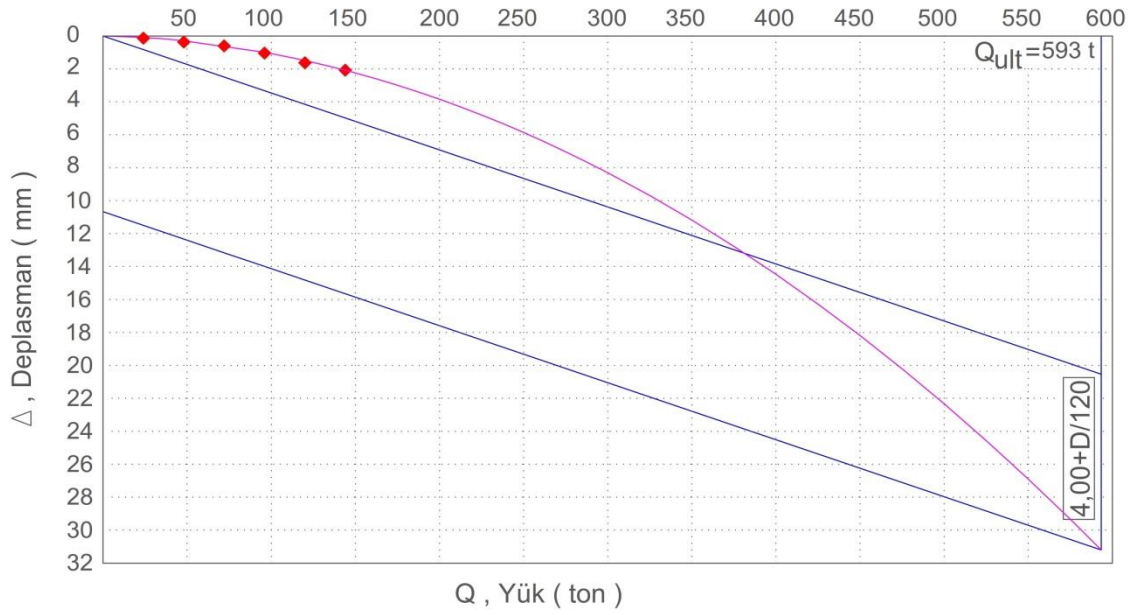


Şekil 5.38. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

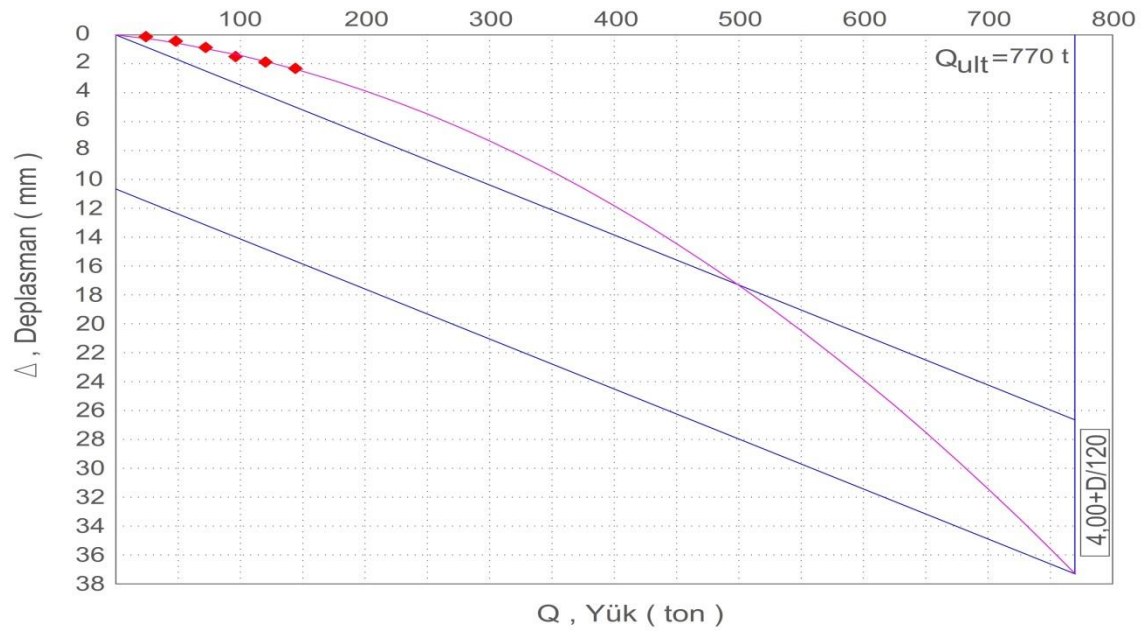


Şekil 5.39. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi



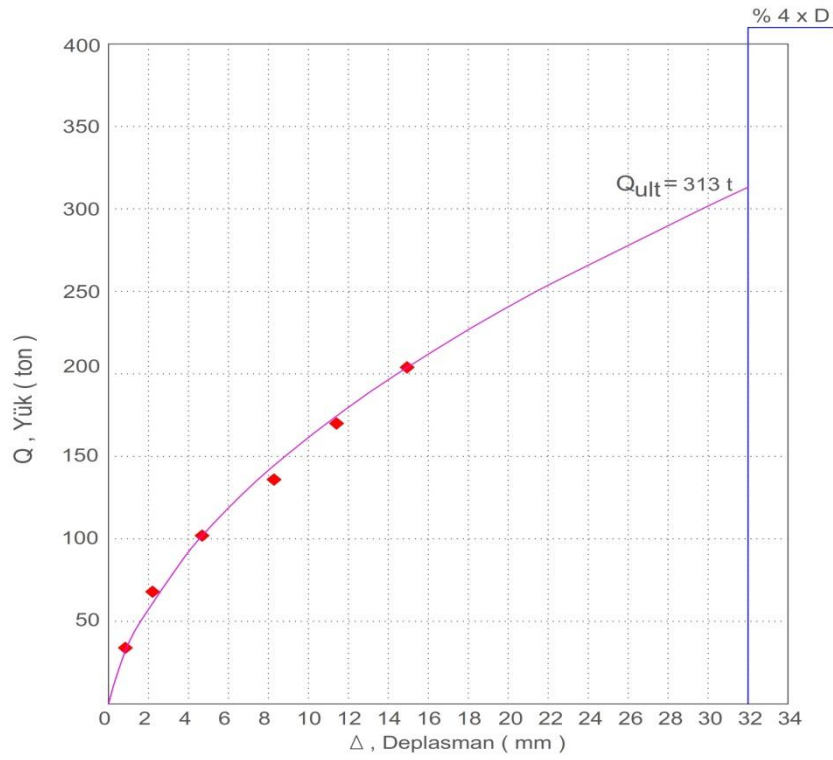
Şekil 5.40. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-5. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

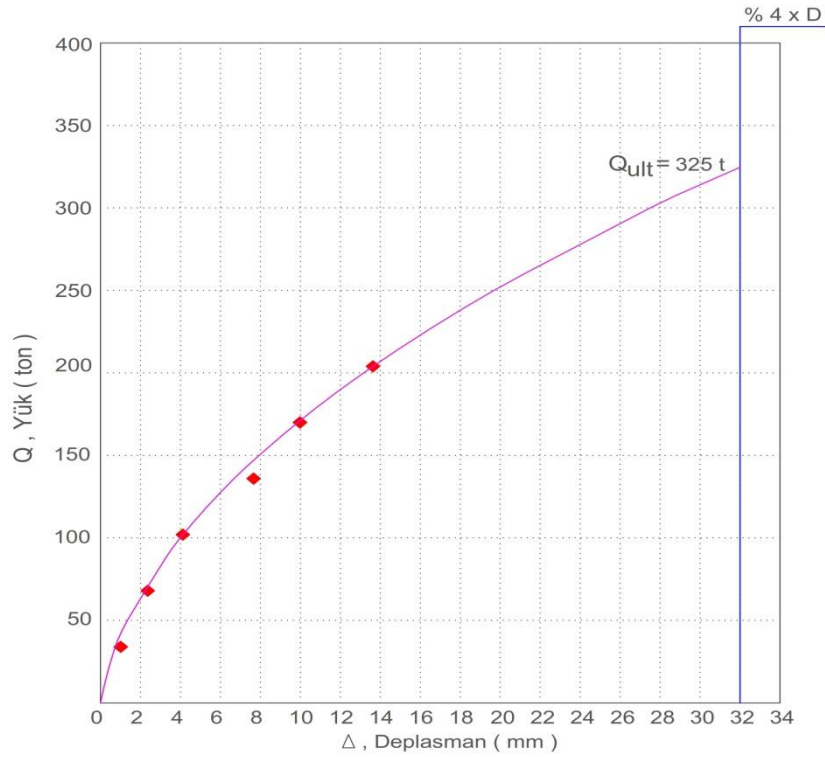


Şekil 5.41. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Davisson yöntemi

EK-6. Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

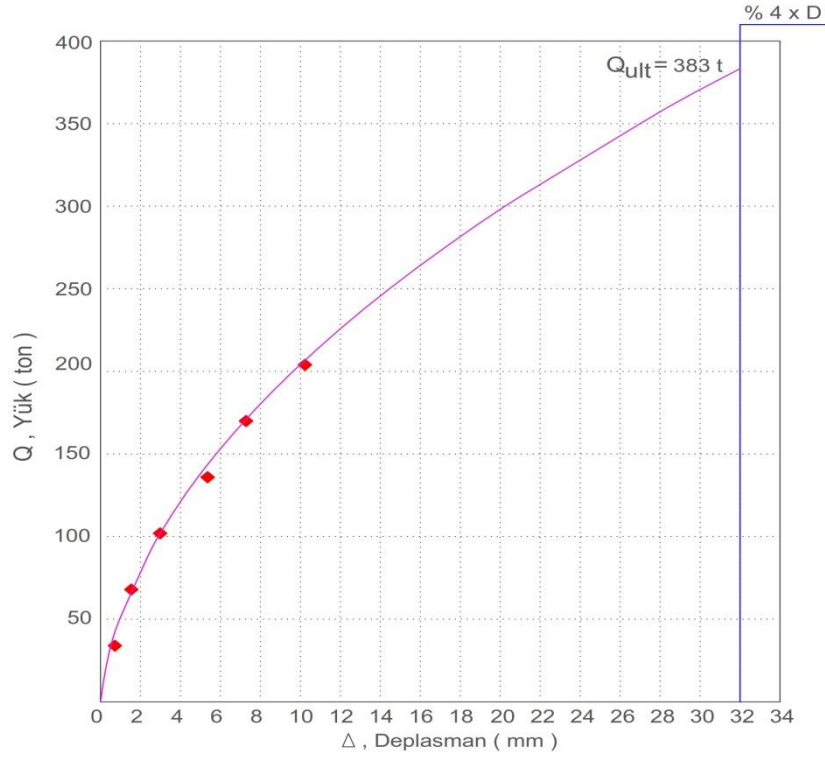


Şekil 6.1. 2E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

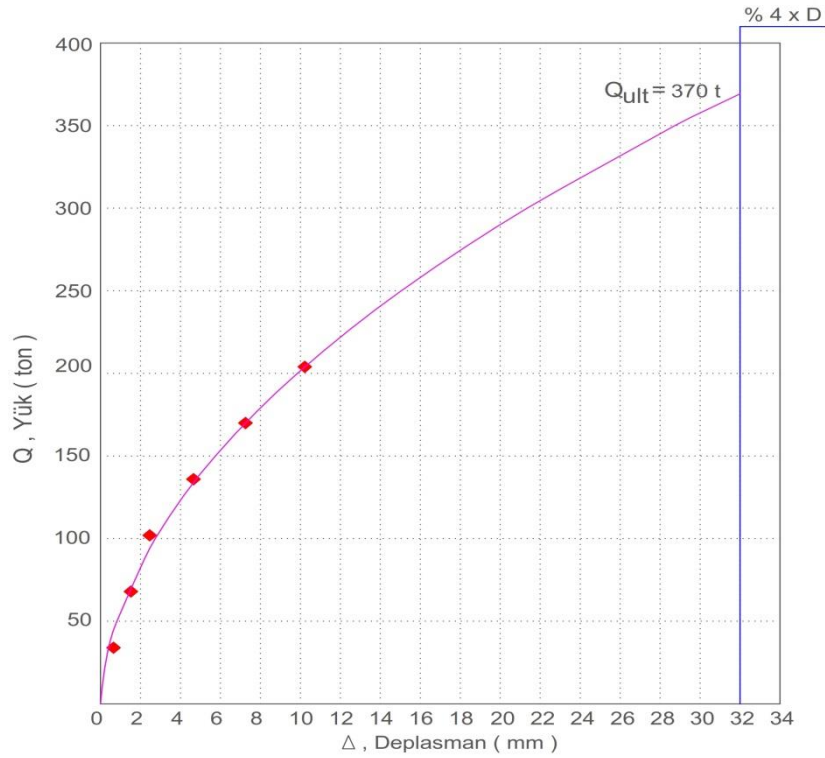


Şekil 6.2. 3E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

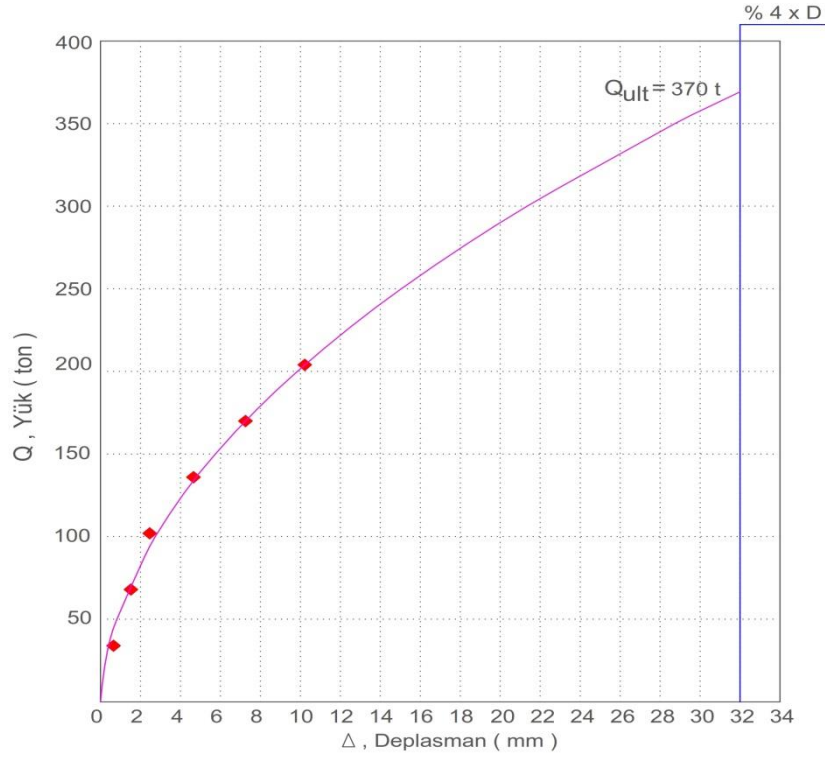


Şekil 6.3. 4E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

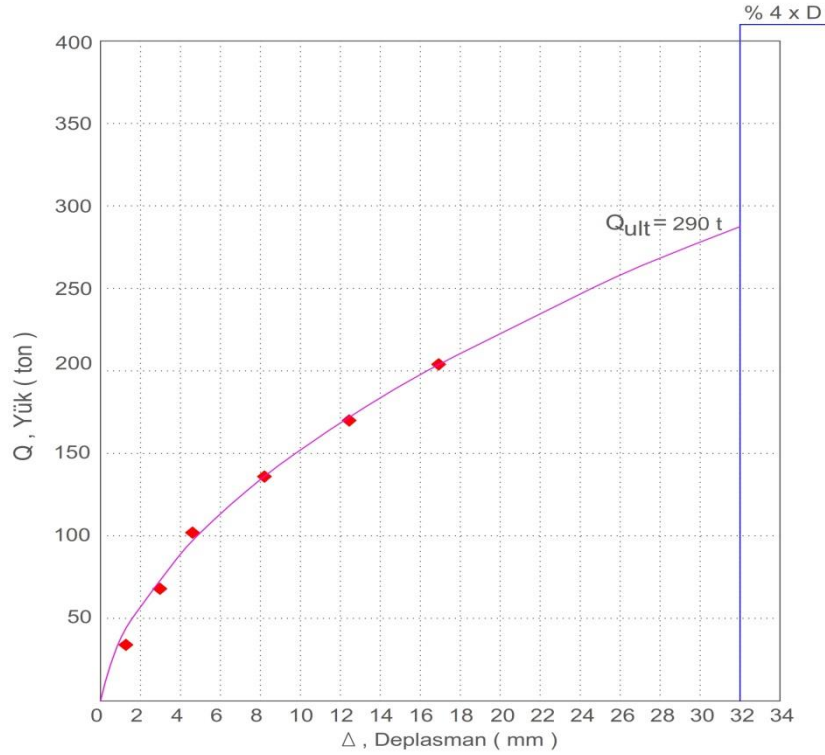


Şekil 6.4. 5E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

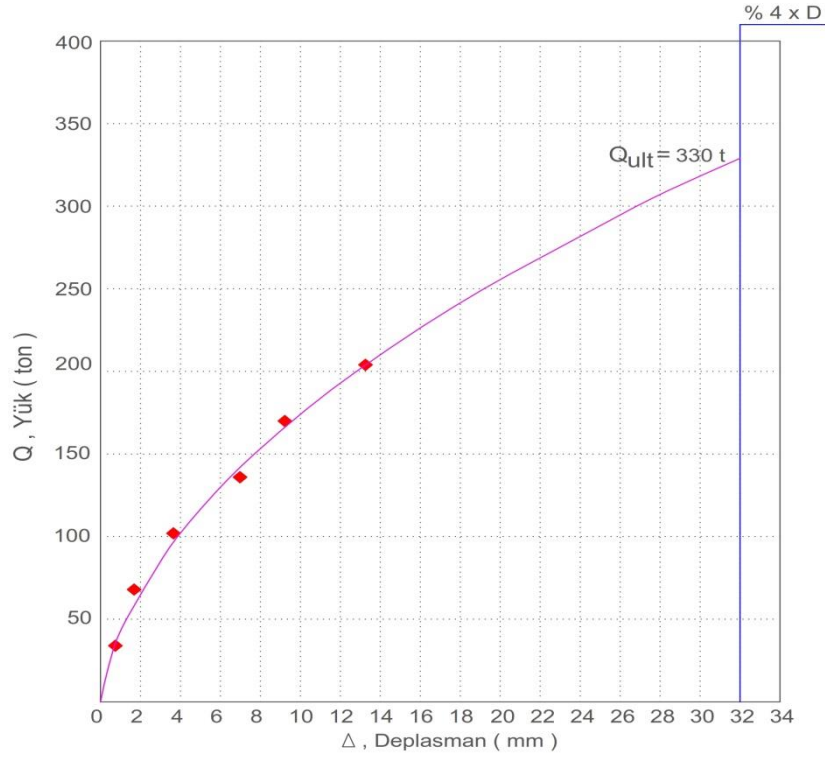


Şekil 6.5. 6E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

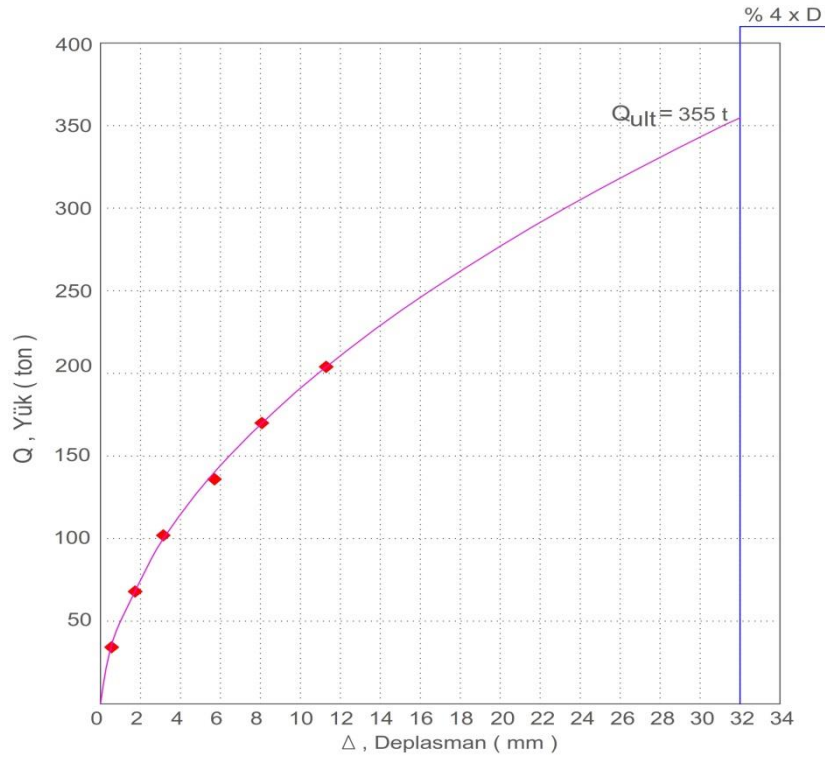


Şekil 6.6. 7E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

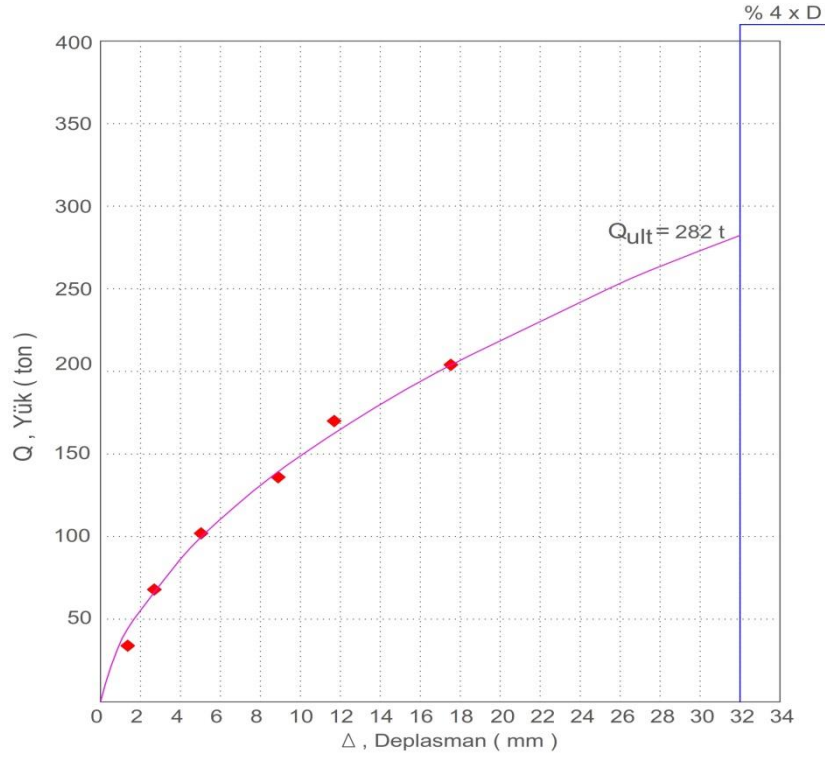


Şekil 6.7. 8E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

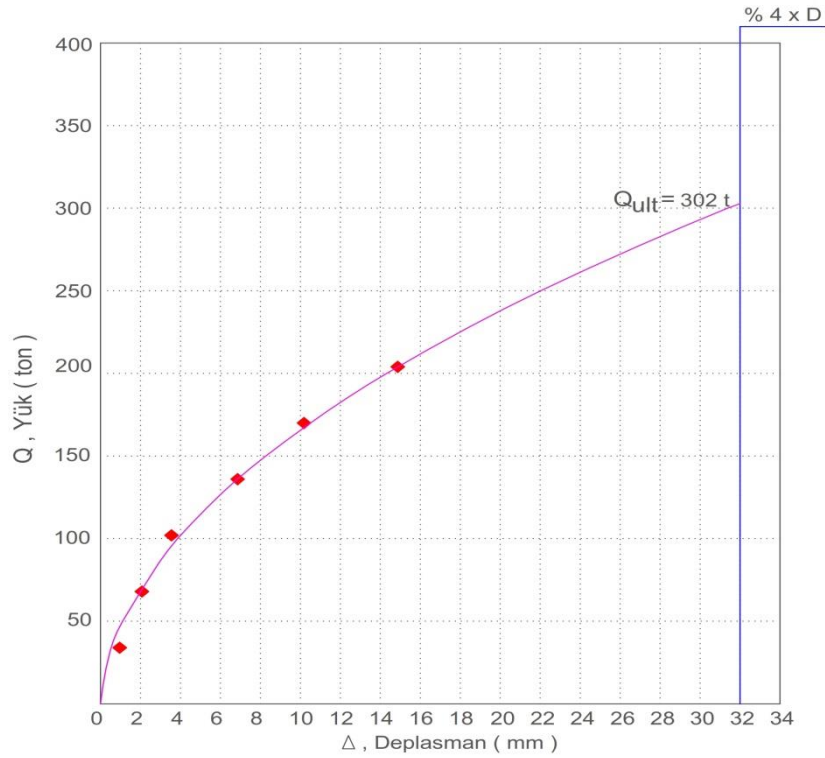


Şekil 6.8. 9E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

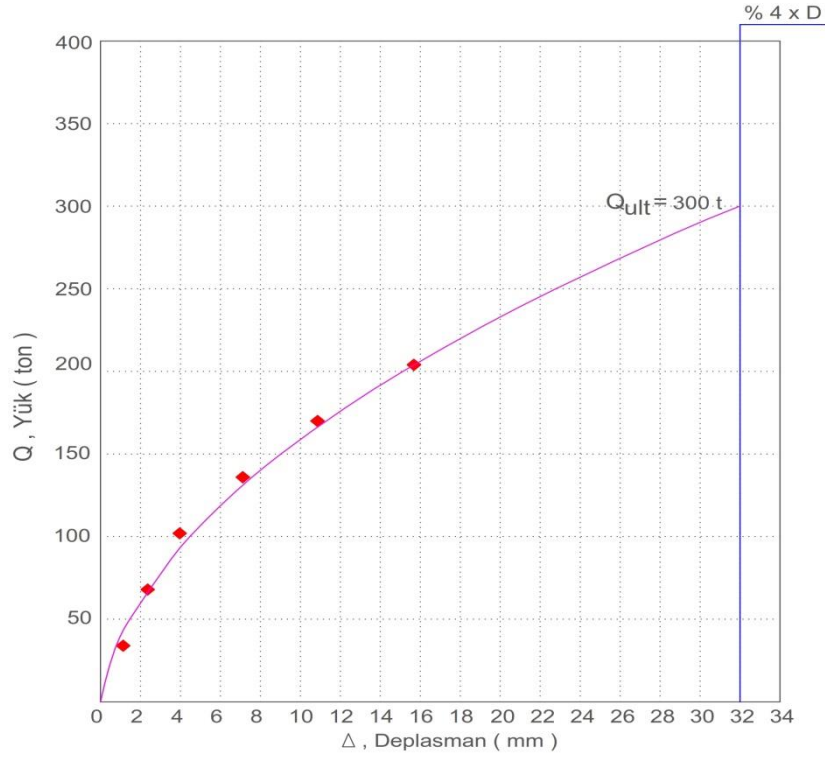


Şekil 6.9. 10E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

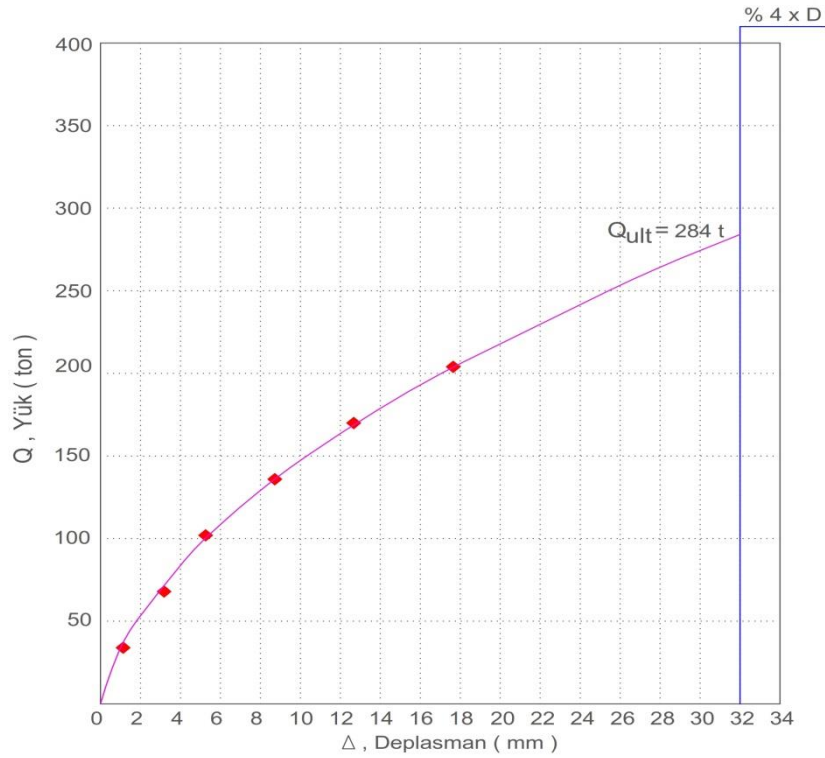


Şekil 6.10. 11E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

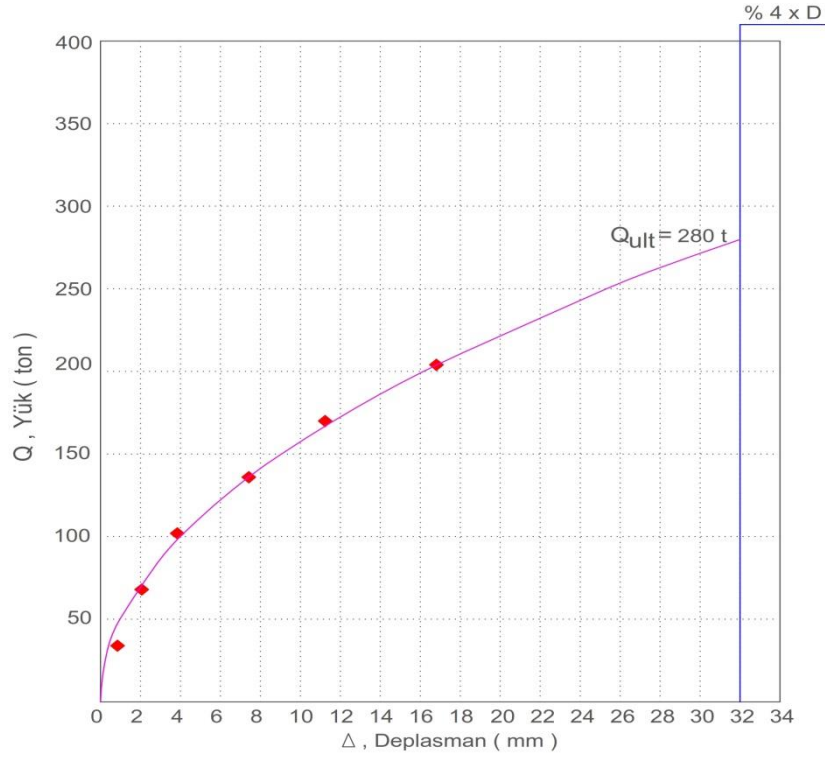


Şekil 6.11. 12E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

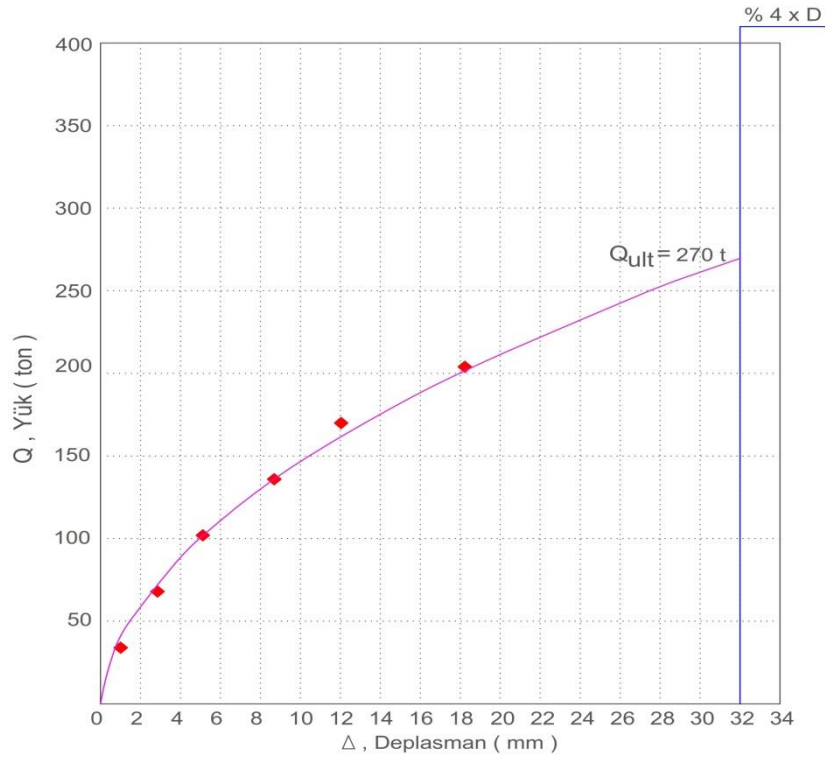


Şekil 6.12. 13E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

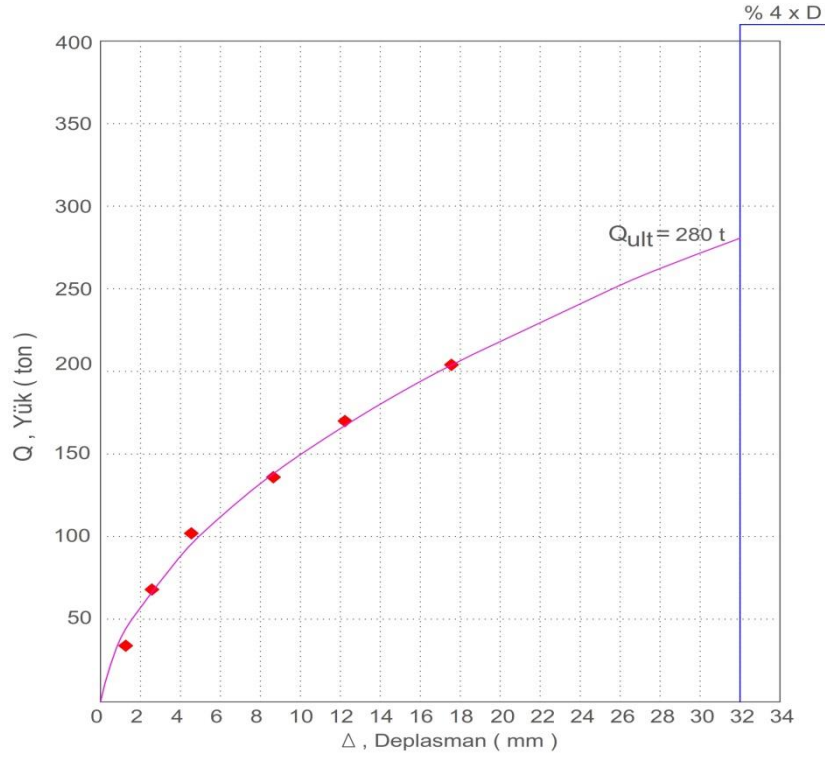


Şekil 6.13. 14E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

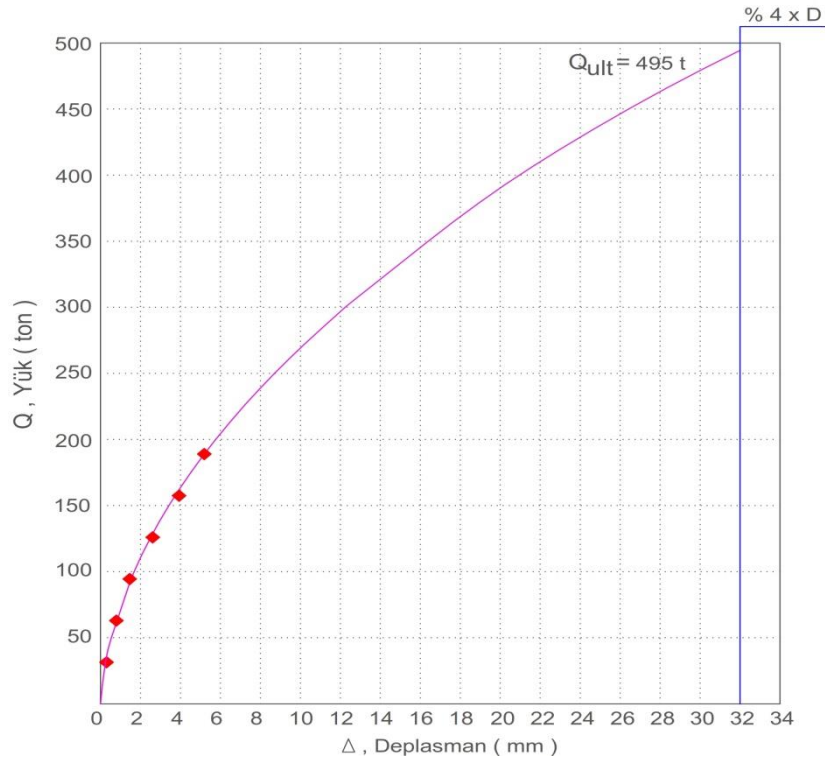


Şekil 6.14. 15E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

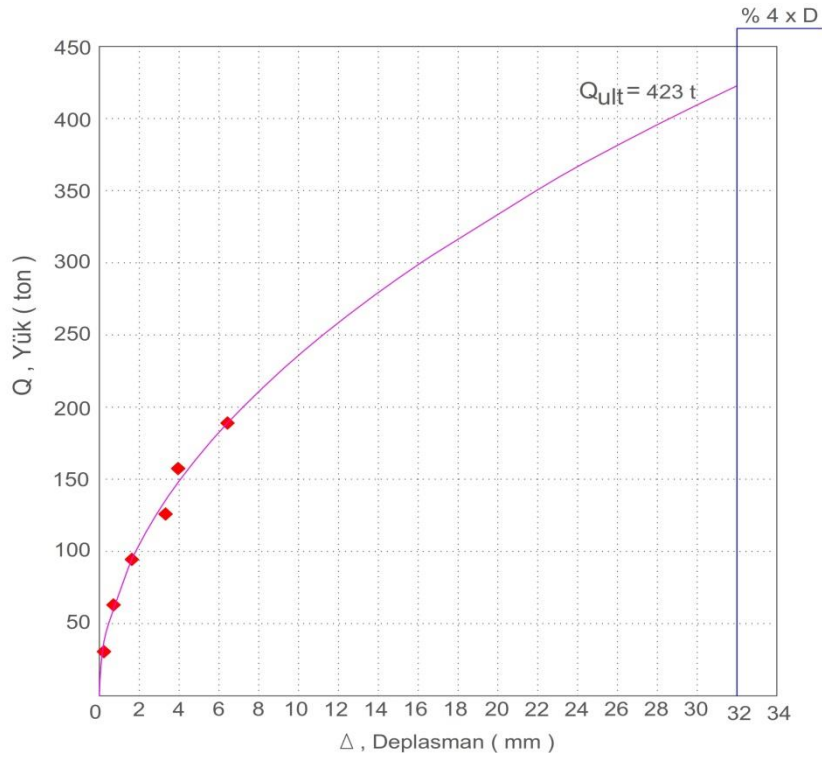


Şekil 6.15. 16E nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

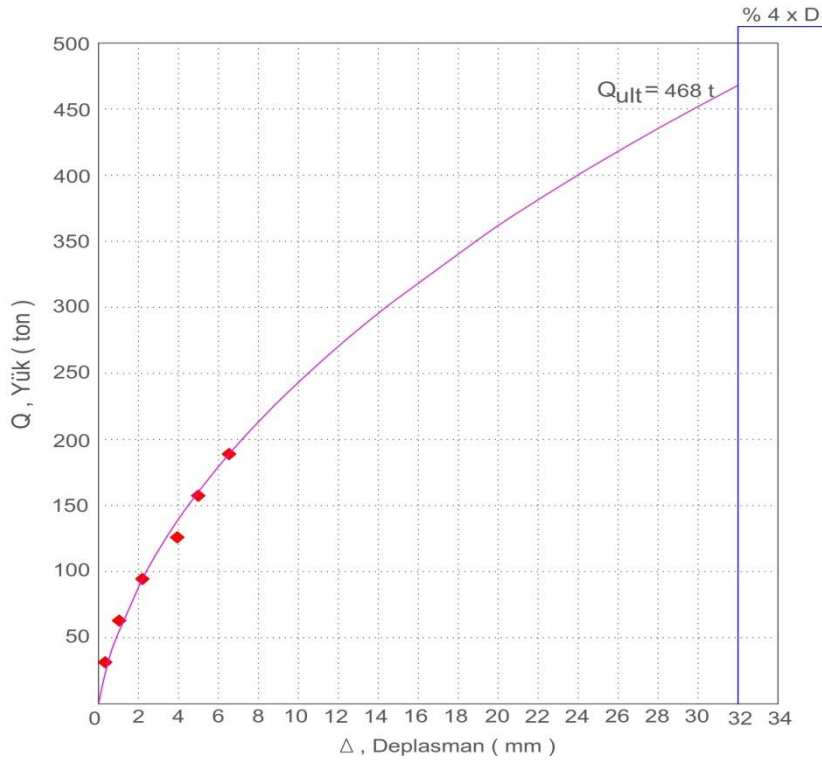


Şekil 6.16. 1Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

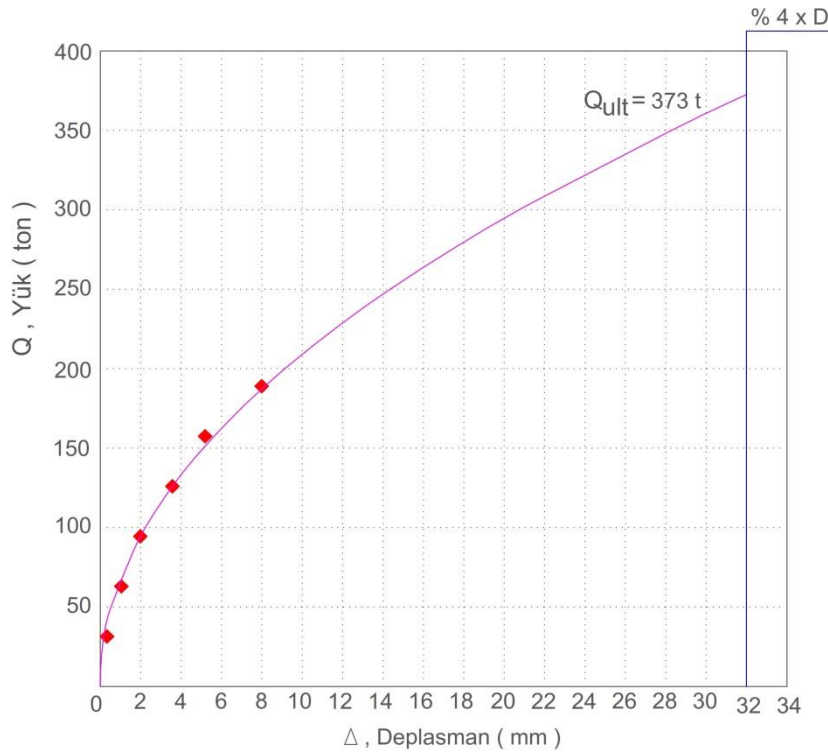


Şekil 6.17. 2Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

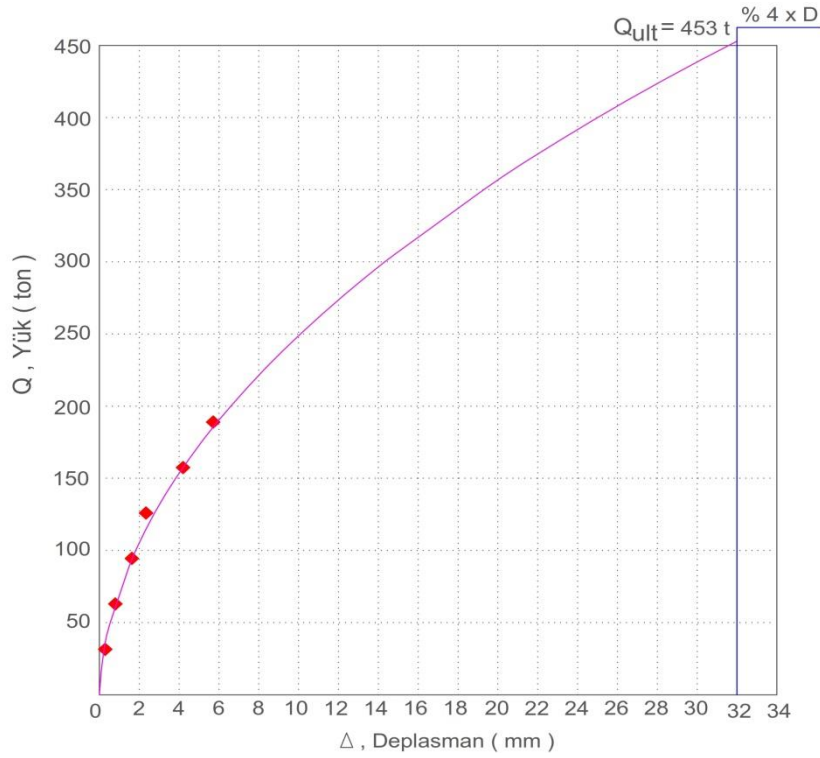


Şekil 6.18. 3Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

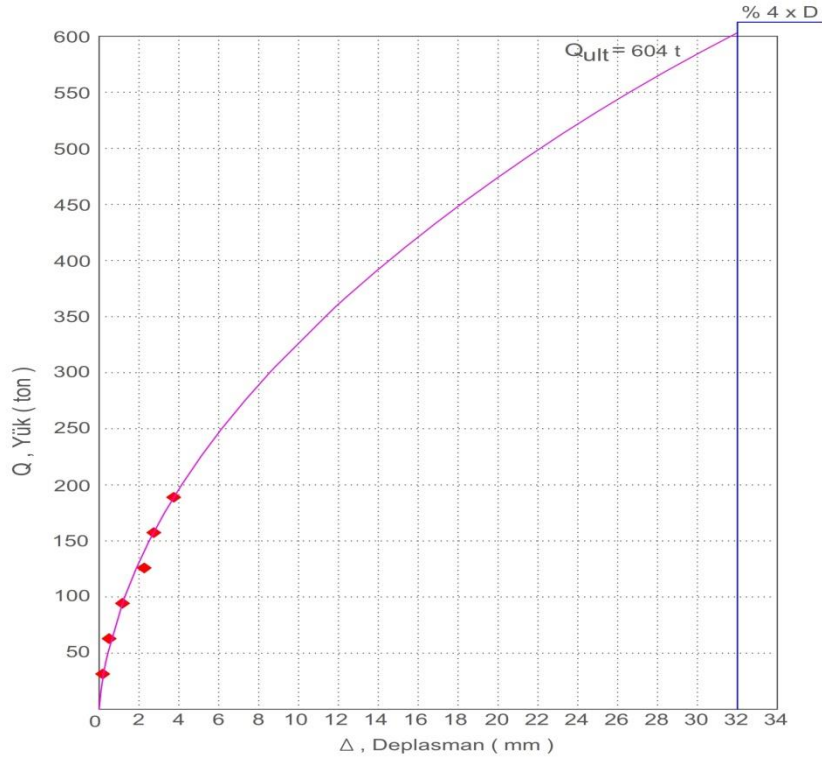


Şekil 6.19. 4Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

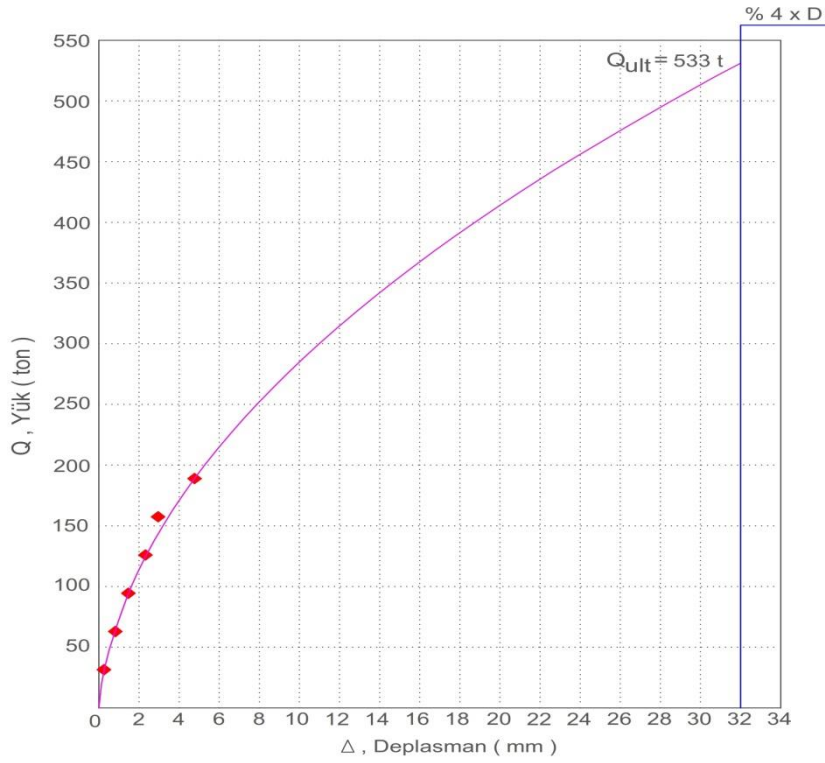


Şekil 6.20. 5Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

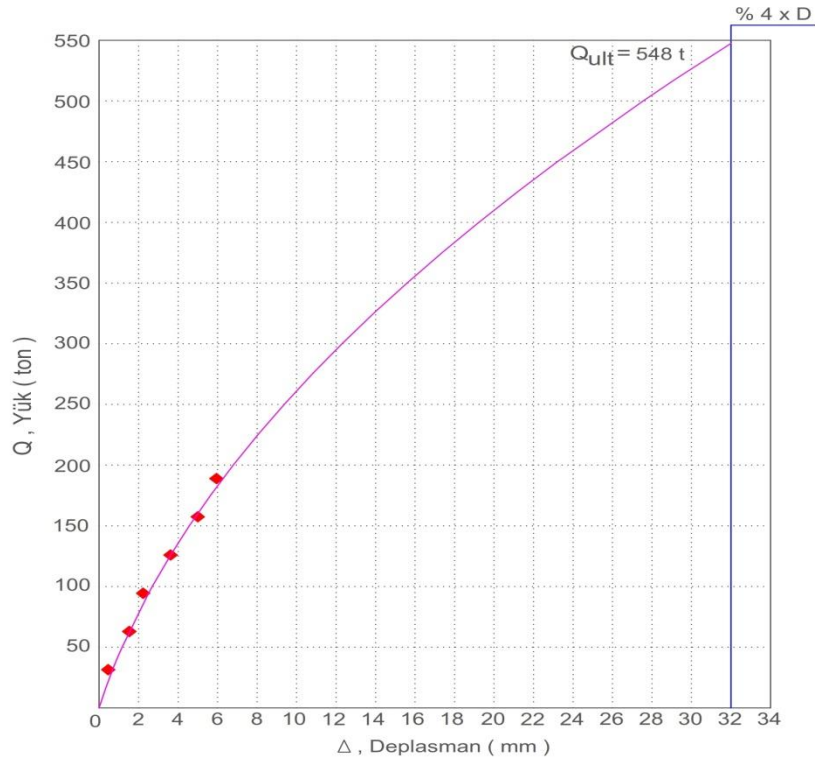


Şekil 6.21. 6Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

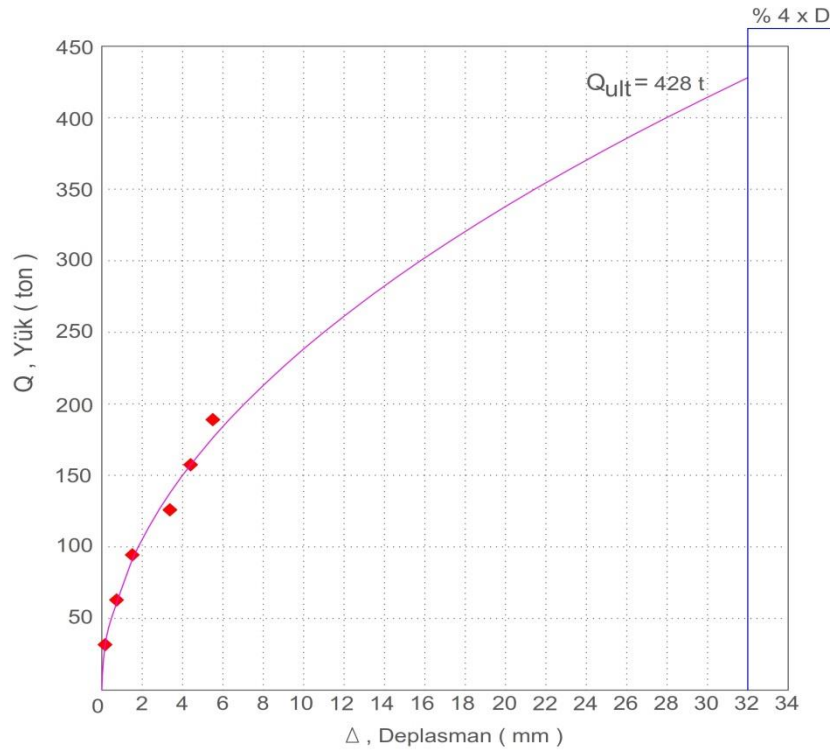


Şekil 6.22. 7Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

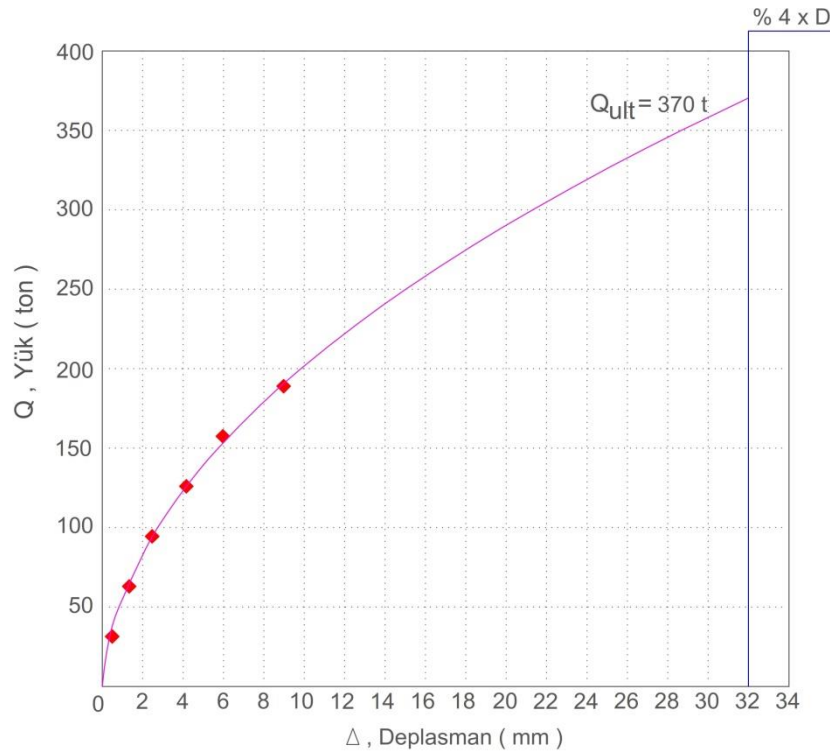


Şekil 6.23. 8Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

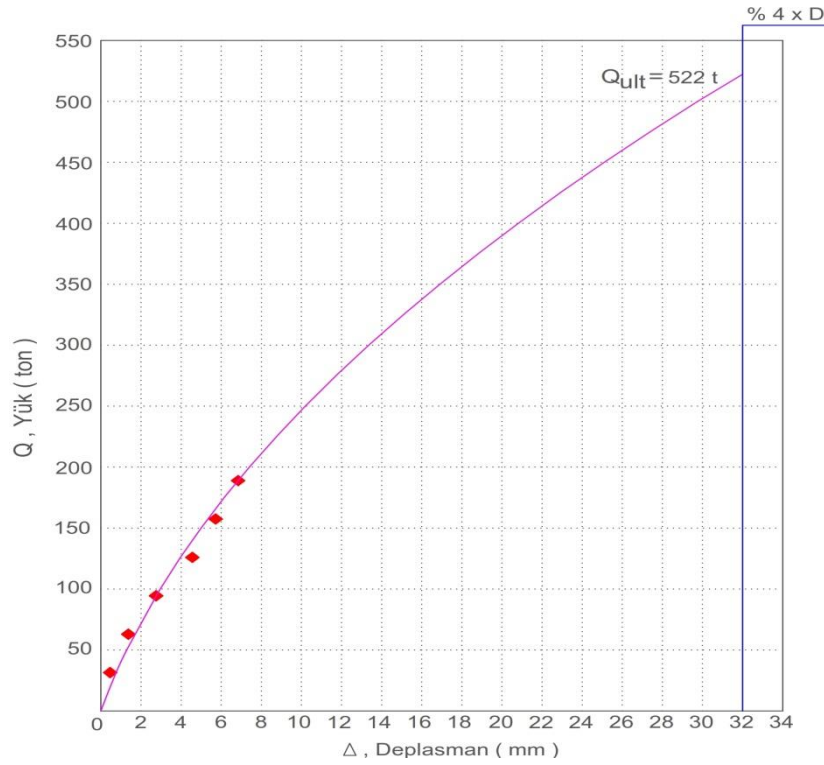


Şekil 6.24. 9Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

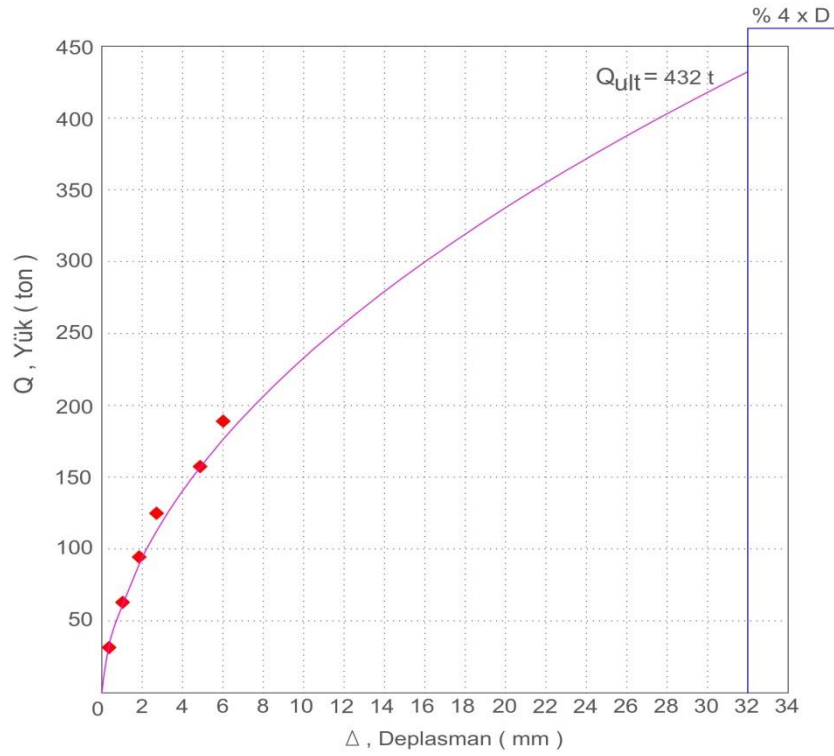


Şekil 6.25. 10Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

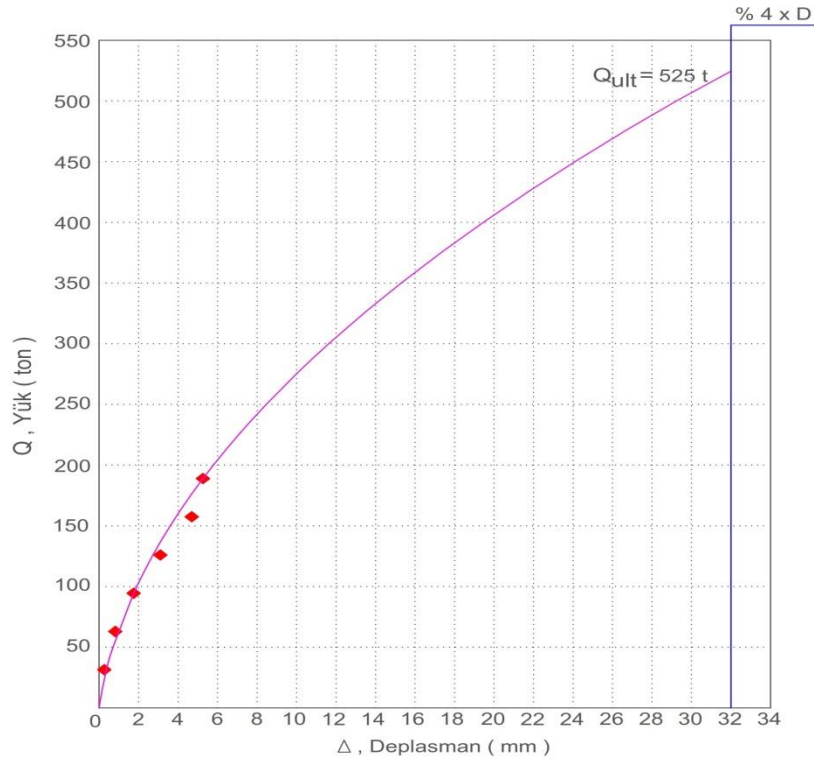


Şekil 6.26. 11Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

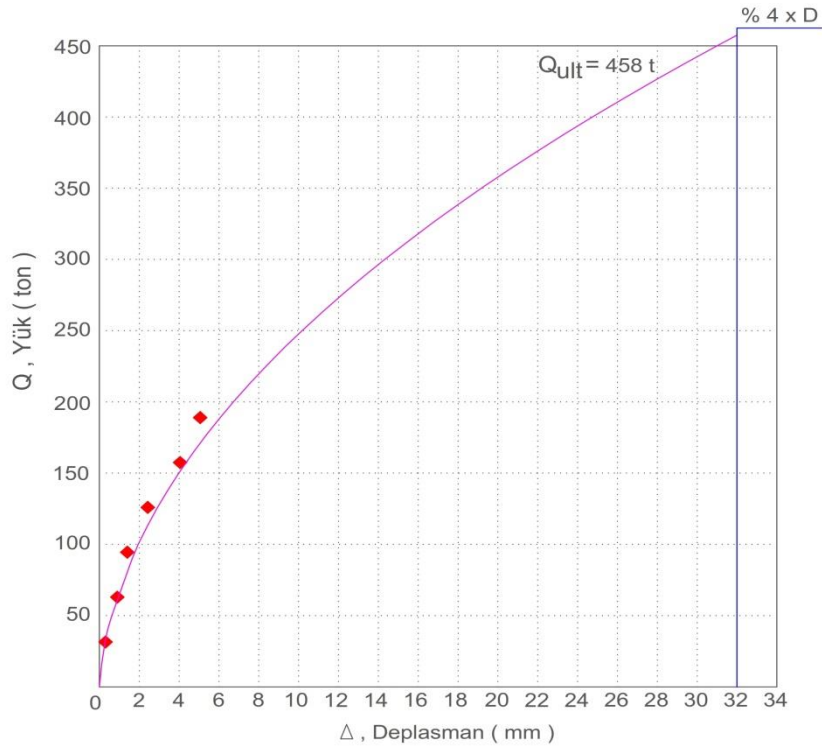


Şekil 6.27. 12Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

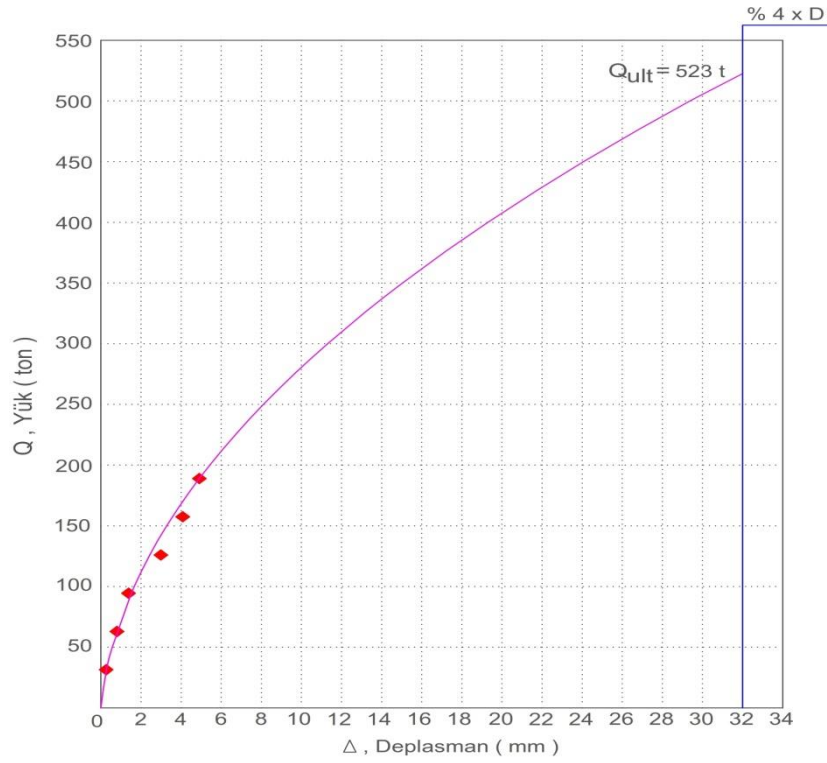


Şekil 6.28. 13Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

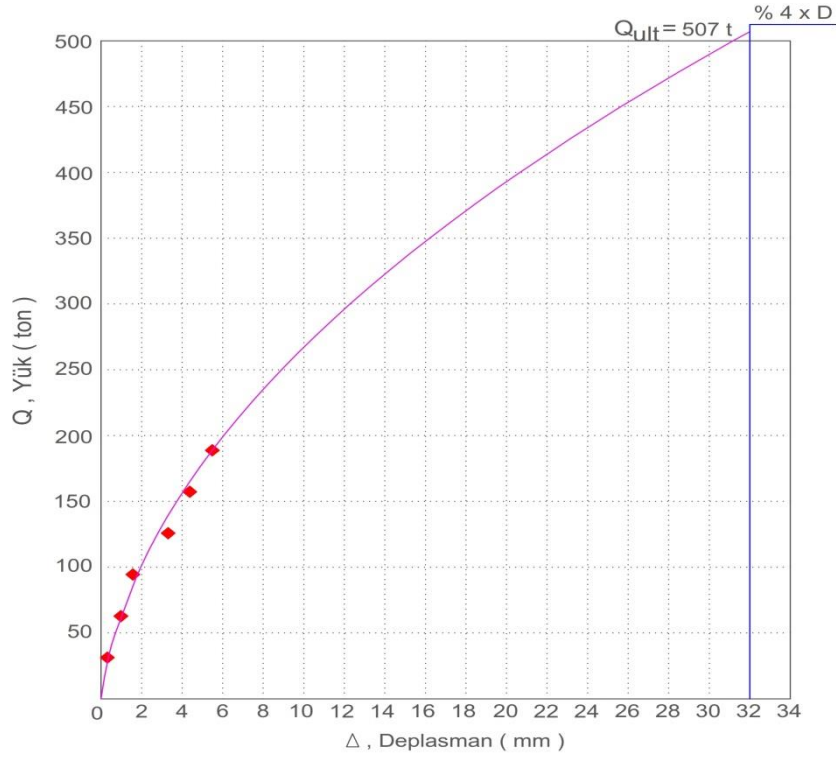


Şekil 6.29. 14Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

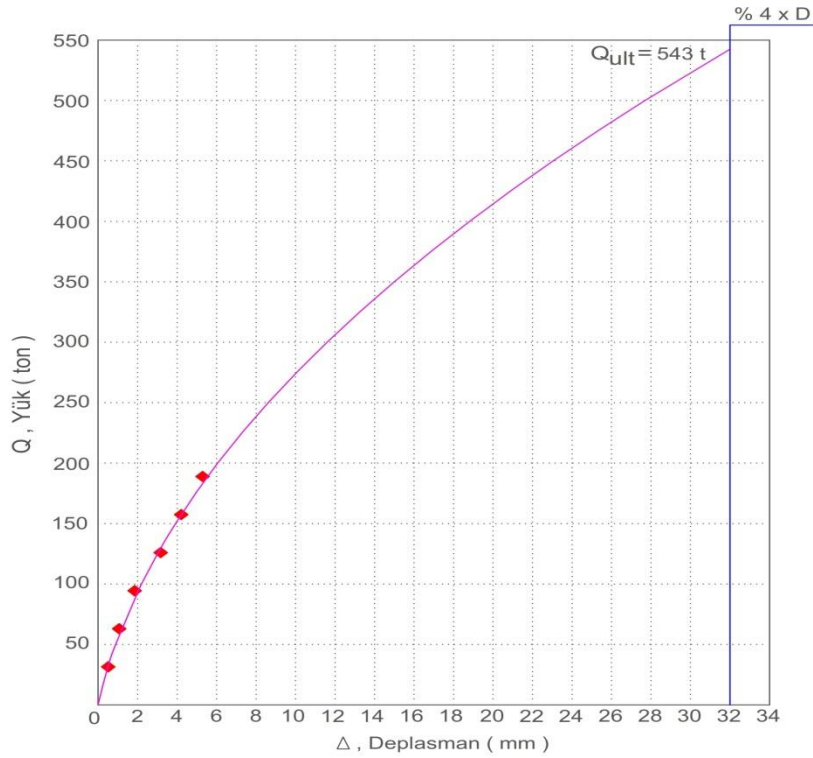


Şekil 6.30. 15Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

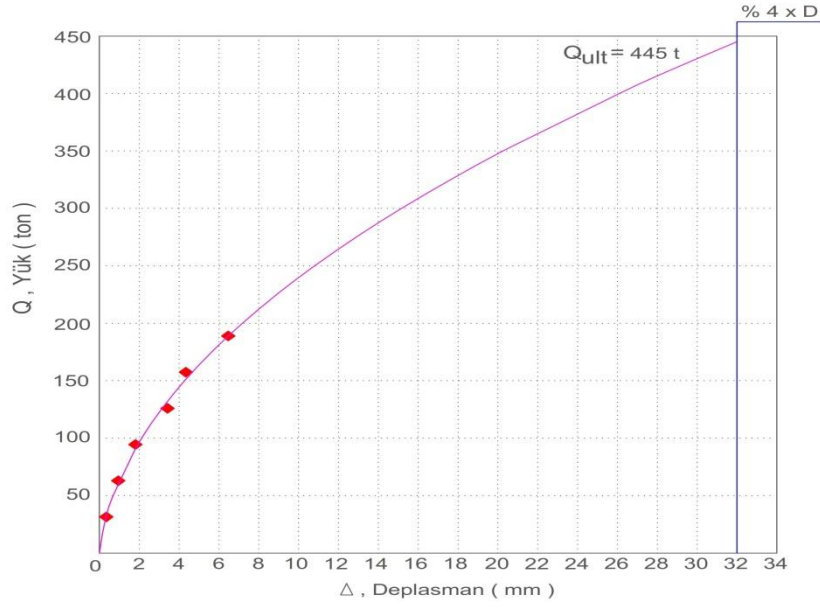


Şekil 6.31. 16Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

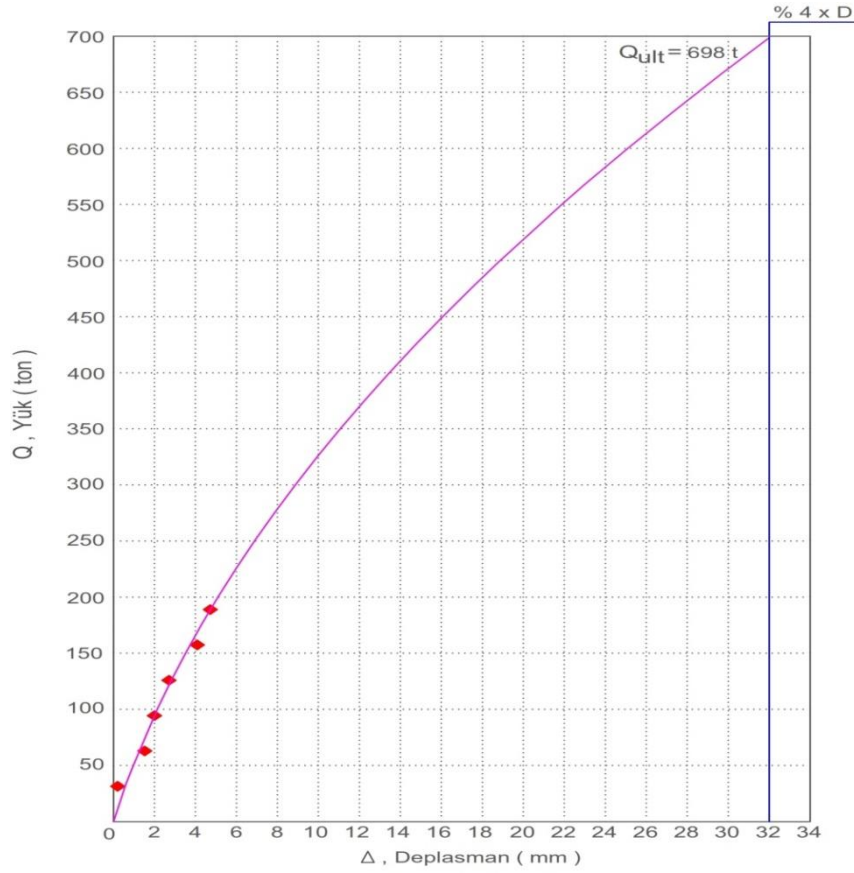


Şekil 6.32. 17Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

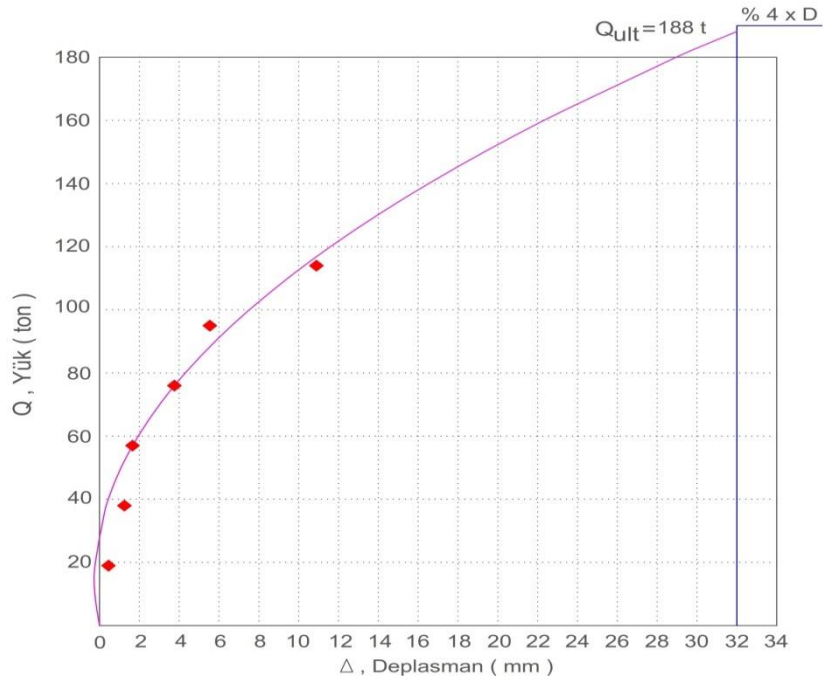


Şekil 6.33. 18Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

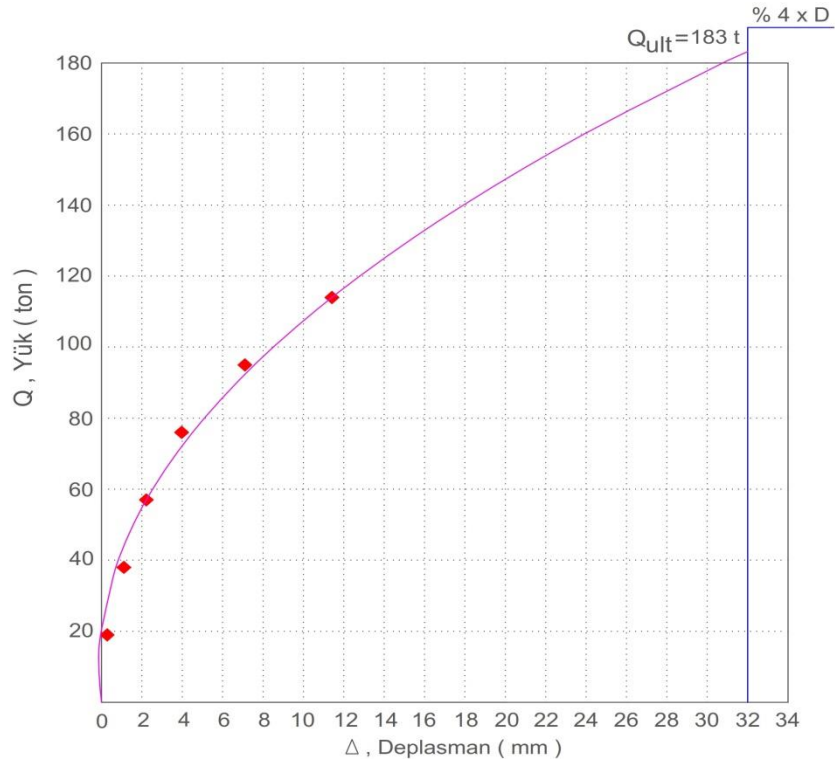


Şekil 6.34. 19Ç nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

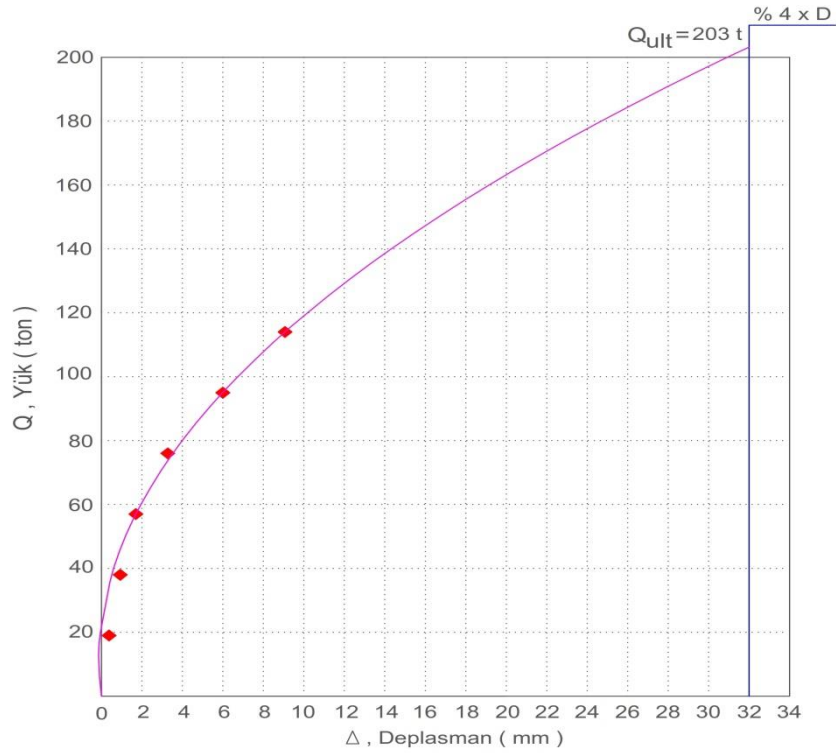


Şekil 6.35. 1V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

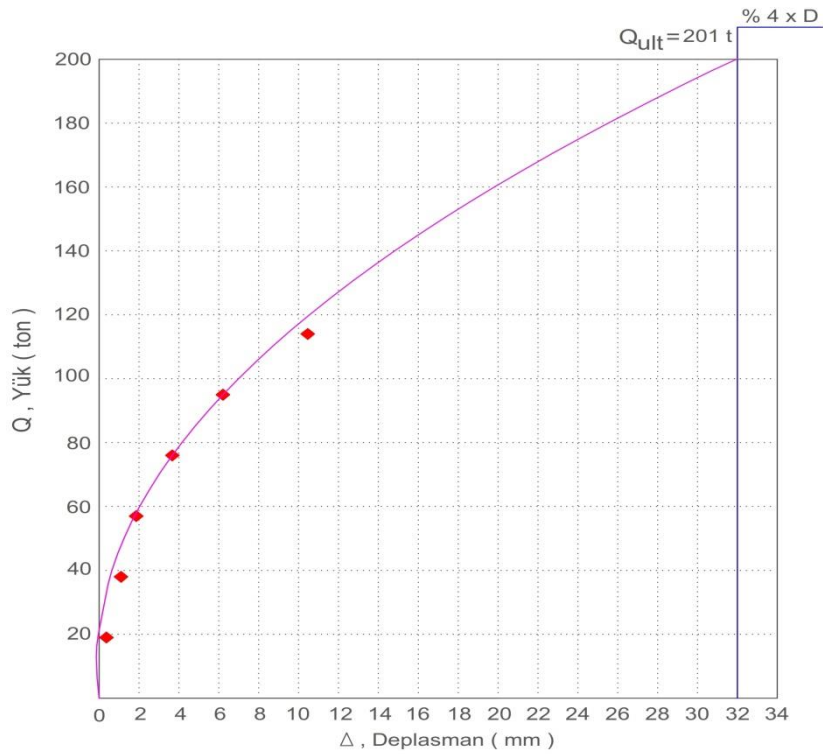


Şekil 6.36. 2V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

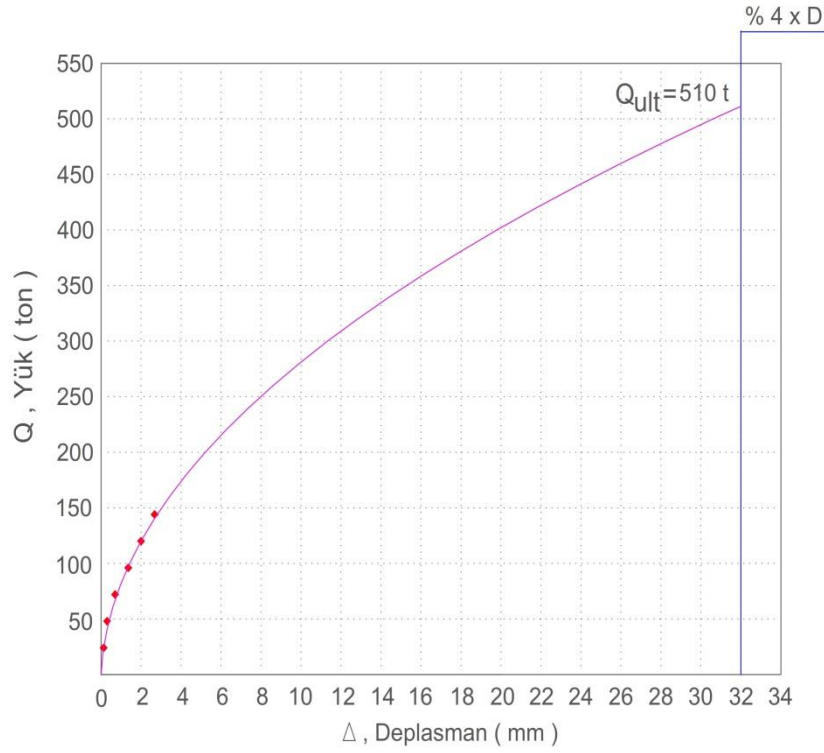


Şekil 6.37. 3V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

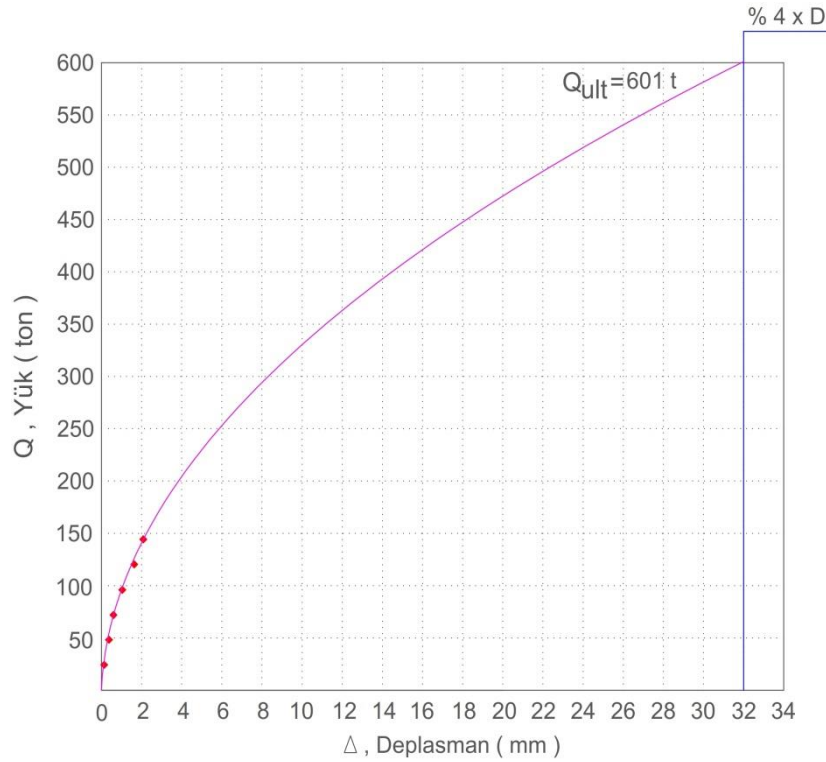


Şekil 6.38. 4V nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

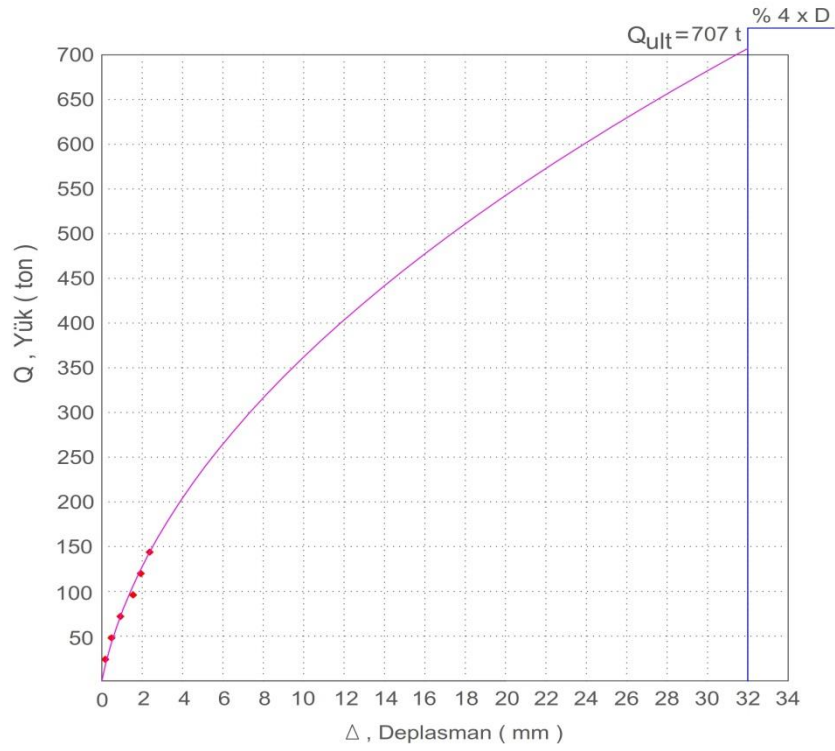


Şekil 6.39. 1A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi



Şekil 6.40. 2A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

EK-6. (devam) Statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

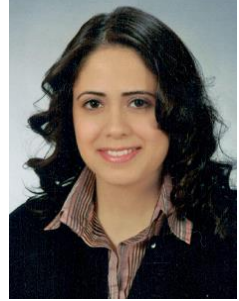


Şekil 6.41. 3A nolu statik eksenel basınç yükleme deneyi için Hirany-Kulhawy yöntemi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYA, Zeynep
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 14.09.1983, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (531) 7949467
 e-mail : zeynep840@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2006
Lise	Anıttepe Anadolu Lisesi (Süper Lise)	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Devam Ediyor	Kayhan Mühendislik Mimarlık Ltd. Şti.	Proje Ofisi Koordinatörü

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Kanun çalma, Kitap okuma, Fotoğrafçılık, Bilgisayar teknolojileri



GAZİ GELECEKTİR..