



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

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YÜKSEK DOLGU ALTINDAKİ RİJİT MENFEZLERİN
DAVRANIŞLARININ DENEYSEL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rana GÜLER ADACA

DANIŞMAN

Doç. Dr. Salih BEKTAŞ

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202303401 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Rana GÜLER ADACA tarafından hazırlanan “**YÜKSEK DOLGU ALTINDAKİ RİJİT MENFEZLERİN DAVRANIŞLARININ DENEYSEL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Salih BEKTAŞ

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Prof. Dr. Niyazi Uğur TERZİ

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ

Gazi Üniversitesi

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

Tez Savunma Tarihi: 08/08/2023

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

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı dűşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığım, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Rana GÜLER ADACA

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimi sürecimde yardımını ve bilgisini esirgemeyen, takıldığım her noktada yardımcı olan değerli danışmanım Doç. Dr. Salih BEKTAŞ'a çok teşekkür ederim.

Bilgi ve desteklerini her zaman gösteren çok kıymetli Prof. Dr. Fatih Kürőat FIRAT ve Prof. Dr. Niyazi Uğur TERZİ hocalarıma çok teşekkür ederim. Deney sürecinde tecrübeleri ve emekleri ile yanımda olan değerli hocalarımla Dr. Öğr. Üyesi Can ERENŞON ve Öğr. Gör. Yakup BÖLÜKBAŐ'a çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatına adım attığım ilk günden beri elimi hiç bırakmayan çok kıymetli babam Erdem GÜLER'e, merhameti ve bitmeyen sevgisiyle, őefkatiyle her anımda yanımda olan sevgili annem Aysel GÜLER'e, her zaman yanımda ve destekçim olduğunu bildiğim canım ablam Tuba GÜLER'e, bilgileri ve ileri görüşlülüğü ile bana her zaman yol gösteren canım ağabeyim Talha GÜLER'e, hayattaki enerji kaynağımla olan küçük yeğenlerim Sare ve İzem'e, onların değerli annelerine ve asla pes etmeden hedeflerime ulaşmam gerektiğini her fırsatta söyleyen, her an beni destekleyen eşim Bünyamin ADACA'ya çok teşekkür ederim.

Rana GÜLER ADACA
AKSARAY, 2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Çalışmaları.....	2
2. MENFEZ TİPLERİ	7
2.1 Kutu Menfez.....	7
2.2 Boru Menfez.....	8
2.3 Kemerli Menfez.....	8
2.4 Tabliyeli Menfez	9
3. ZEMİN SINIFLANDIRMASI	10
3.1 Zemin Deneyleri.....	11
3.1.1 Su muhtevası deneyi	11
3.1.2 Elek analizi deneyi.....	13
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	18
4.1 Deney Setinin Hazırlanması	18
4.2 Deney Numunelerinin Hazırlanması	30
4.3 Model Test Prosedürü	34
4.3.1 Çalışmanın amacı ve kapsamı.....	34
4.3.2 Malzeme ve materyal	34
4.3.2.1 Dolgu malzemesi özellikleri	34
4.3.2.2 Yüksek mukavemetli tamir harcı özellikleri.....	36
4.4 Model Test Adımları	37
4.4.1 Model test işlem adımları	37
4.4.2 A tip klasik kutu menfez deneyi	38
4.4.2.1 Deney 1.1. a tip klasik kutu menfez gevşek zemin	38
4.4.2.2 Deney 1.2. a tip klasik kutu menfez orta sıkı zemin	43
4.4.2.3 Deney 1.3. a tip klasik kutu menfez sıkı zemin	47
4.4.3 B tip yük atma menfezi deneyi	50
4.4.3.1 Deney 2.1. b tip yük atma menfezi gevşek zemin	50
4.4.3.2 Deney 2.2. b tip yük atma menfezi orta sıkı zemin	54
4.4.3.3 Deney 2.3. b tip yük atma menfezi sıkı zemin	58
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	61
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	68

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜKSEK DOLGU ALTINDAKİ RİJİT MENFEZLERİN DAVRANIŞLARININ DENEYSEL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Rana GÜLER ADACA

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Salih BEKTAŞ

ÖZET

Ulaşım birçok alt başlığı ile bir bütünlük sağlayan, insanlık tarihinin en önemli unsurlarından birisidir. Çalışmamız, kara yolu ulaşımında etkin olarak kullanılan menfezlerdir. Kutu menfezler yastıklama nedeniyle trafik yüküne ve dolgu basıncına (düşey ve yatay) maruz kalmaktadırlar. Yüksek miktardaki dolgudan kaynaklanan toprak basıncının büyüklüğü kutu menfez yüzeyinde gerilmeler ve deformasyonlar oluşturmaktadır. Bu büyük basınca karşı koymak için, kutu menfezin ya betonarme kesitleri büyütülmekte ya da dolgu olarak hafif malzeme kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ise, laboratuvar ortamında üretilen iki farklı geometrideki kutu menfezin yükleme altındaki davranışı incelenmiştir. Kutu menfeze gelen düşey ve yatay yüklere karşı daha fazla mukavemet sağlamak için, kutu menfez üst kısmında bir çıkıntı yapılarak, düşey yüklerin bu çıkıntı boşluğunda kalarak, yatay basıncın azaltılması amaçlanmıştır. Normal kesitteki (200x240x500 mm) kutu menfez, dolgu malzemesi olarak seçilen Şile kuvars kumunun değişik Kompaksiyon değerlerinde kapalı bir yükleme sistemi kullanılarak, yayılı yük şeklinde yüklenmiş ve davranışı incelenmiştir. Ayrıca Literatürde yük atan menfez olarak tarif edilen, geometrisi değiştirilen kutu menfez de aynı şekilde üç farklı dolgu malzemesi kompaksiyonu (gevşek, orta-sıkı ve sıkı zemin) değerinde yüklenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, dolgu malzemesinin kompaksiyon (sıklık) derecesi arttıkça, kutu menfezin hem taşıdığı yük artmakta hem de menfezdeki düşey ve yatay deplasmanlar azalmaktadır. Yük azaltan menfez türünde de, kompaksiyon derecesine göre benzer durum gözlenmektedir. İki menfez türü birbiri ile karşılaştırıldığında ise, ikinci tür menfez (yük azaltan menfez) hem yük taşımada daha fazla yük taşımakta, hem de düşey ve yatay deplasmanı daha az olmaktadır. Özellikle yanal toprak basıncı büyük oranda azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Menfez, Dolgu, Yük Atan Menfez, Ulaşım.

Ağustos, 2023; 68 sayfa

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF RIGID CULVERTS UNDER HIGH FILLING BY EXPERIMENTAL METHODS

Rana GÜLER ADACA

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Salih BEKTAŞ

ABSTRACT

The transport is one of the most important elements of human history, which provides a unity with many subheadings. Our study is on the culverts used effectively in road transport. Box culverts are exposed to traffic load and embankment pressure (vertical and horizontal) due to cushioning. The magnitude of the earth pressure due to the high amount of fill creates stresses and deformations on the box culvert surface. In order to resist this high pressure, either the reinforced concrete sections of the box culvert are enlarged or lightweight materials are used as backfill.

In this study, the behaviour of two different geometries of box culverts produced in the laboratory was investigated under loading. In order to provide more resistance against vertical and horizontal loads on the box culvert, a protrusion was made at the top of the box culvert and it was aimed to reduce the horizontal pressure by keeping the vertical loads in this protrusion cavity. The box culvert of normal cross section (200x240x500 mm) was loaded as a distributed load by using a closed loading system at different compaction values of Şile quartz sand selected as filling material and its behaviour was investigated. In addition, the box culvert with changed geometry, which is described as load throwing culvert in the literature, was also loaded in the same way at three different fill material compaction values (loose, medium-tight and tight soil) and the results were evaluated. As a result of the experiments, as the degree of compaction (tightness) of the backfill material increases, both the load carried by the box culvert increases and the vertical and horizontal displacements in the culvert decrease. Similar situation is observed in the load reducing culvert type according to the degree of compaction. When the two types of culverts are compared with each other, the second type of culvert (load reducing culvert) carries more load and has less vertical and horizontal displacement. Especially the lateral earth pressure is reduced to a great extent.

Keywords: Culvert, Embankment, Load Shedding Culvert, Transport.

August, 2023; 68 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kutu menfez.....	7
Şekil 2.2. Boru menfez.....	8
Şekil 2.3. Kemerli menfez	8
Şekil 2.4. Tabliyeli menfez	9
Şekil 3.1. Geoteknik rapor örneği.	11
Şekil 3.2. Su muhtevası deneyi.	12
Şekil 3.3. Elek analizi deney elek seti.....	15
Şekil 3.4. Dane dağılım eğrisi.	17
Şekil 4.1. Kutu menfez boyutlandırması.....	18
Şekil 4.2. A-tip klasik kutu menfez	18
Şekil 4.3. Yük atma menfezi boyutlandırması.....	19
Şekil 4.4. B-tip yük atma menfezi	19
Şekil 4.5. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutu	20
Şekil 4.6. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutu	21
Şekil 4.7. Dolgu malzemesinin dijital tartı ile tartılması	22
Şekil 4.8. Hava kompresörü.....	23
Şekil 4.9. Hava kompresörü ile sürsaj yükünün verilmesi	24
Şekil 4.10. Dolgu malzemesinin dijital tartı ile tartılması	25
Şekil 4.11. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutu ve sıkıştırma işleminde kullanılan alet.....	26
Şekil 4.12. Potansiyometrik cetveller	27
Şekil 4.13. Bilgisayar bağlantısı ile kalibrasyon.	28
Şekil 4.14. Bilgisayar bağlantısı ile kalibrasyon grafiği	29
Şekil 4.15. Yatay ve düşey yönde mınite edilmiş potansiyometrik cetveller	29
Şekil 4.16. Potansiyometrik cetvelin menfez numunesi içersisinde yerleşimi	30
Şekil 4.17. Tamir harcı	31
Şekil 4.18. Numune demir donatıları.....	31
Şekil 4.19. Numune hazırlama ve kalıp aşaması	32
Şekil 4.20. Kalıba yerleştirilmiş numune.....	33
Şekil 4.21. A-tip klasik kutu menfez	33
Şekil 4.22. B-tip yük atma menfezi.....	34
Şekil 4.23. Granülometri eğrisi.....	35
Şekil 4.24. Gevşek zemin dolgusu	39
Şekil 4.25. Gevşek zemin dolgusu üzerine yerleştirilen klasik kutu menfez	39
Şekil 4.26. Potansiyometrik cetvel yerleştirme işlemi	40
Şekil 4.27. Tam dolu çerçeve kutu.....	40
Şekil 4.28. Dolgu üst yüzeyi düzeltme işlemi.....	41
Şekil 4.29. Menfez numunesinin çatlamış hali	41
Şekil 4.30. A-tip deney 1.1. yatay deplasman grafiği.....	42
Şekil 4.31. A-tip deney 1.1. düşey deplasman grafiği	43
Şekil 4.32. Orta sıkı zemin sıkılaştırma işlemi	44
Şekil 4.33. Çerçeve kutu kapağının kapatılması.....	44
Şekil 4.34. Çatlamış menfez numunesi.....	45
Şekil 4.35. A-tip deney 1.2. yatay deplasman grafiği	46
Şekil 4.36. A-tip deney 1.2. düşey deplasman grafiği	47
Şekil 4.37. Sıkı zeminde çatlamış numune	48
Şekil 4.38. A-tip deney 1.3. yatay deplasman grafiği	49

Şekil 4.39. A-tip deney 1.3. düşey deplasman grafiği .	50
Şekil 4.40. Çevresi bantlanmış menfez numunesi.	51
Şekil 4.41. Kapakları kapatılmış çerçeve kutu.....	52
Şekil 4.42. B-tip deney numunesi çatlamış hali.....	52
Şekil 4.43. B-tip deney 2.1. yatay deplasman grafiği .	53
Şekil 4.44. B-tip deney 2.1. düşey deplasman grafiği .	54
Şekil 4.45. Dolgu üst yüzeyinin düzeltilmesi .	55
Şekil 4.46. B-tip menfez numunesi çatlamış hali .	56
Şekil 4.47. B-tip deney 2.2. yatay deplasman grafiği .	57
Şekil 4.48. B-tip deney 2.2. düşey deplasman grafiği .	57
Şekil 4.49. B-tip deney numunesi ve sıkılaştırılmış zemin.....	59
Şekil 4.50. B-tip deney 2.3. yatay deplasman grafiği .	60
Şekil 4.51. B-tip deney 2.3. düşey deplasman grafiği .	60
Şekil 5.1. A-tip yatay deplasman karşılaştırma grafiği.....	62
Şekil 5.2. B-tip yatay deplasman karşılaştırma grafiği .	62
Şekil 5.3. A-tip düşey deplasman karşılaştırma grafiği .	63
Şekil 5.4. B-tip düşey deplasman karşılaştırma grafiği .	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Boşluk oranları ve özgül yoğunluk değerleri.....	35
Çizelge 4.2. Tamirat harcı mühendislik özellikleri.....	36
Çizelge 4.3. Deney 1.1. a tip (klasik kutu menfez) gevşek zemin deney sonuçları.....	42
Çizelge 4.4. Deney 1.2. a tip (klasik kutu menfez) orta sıkı zemin deney sonuçları.....	46
Çizelge 4.5. Deney 1.3. a tip (klasik kutu menfez) sıkı zemin deney sonuçları	49
Çizelge 4.6. Deney 2.1. b tip (yük atma menfezi) gevşek zemin deney sonuçları.....	53
Çizelge 4.7. Deney 2.2. b tip (yük atma menfezi) orta sıkı zemin deney sonuçları.....	56
Çizelge 4.8. Deney 2.3. b tip (yük atma menfezi) sıkı zemin deney sonuçları	59



SİMGELER VE KISALTMALAR

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
Cc	Eğrilik Katsayısı
Cu	Uniformluk Katsayısı
EBC	Dolgu-Montaj Kutusu Menfezi
IBC	Kusurlu-Hendek-Montaj Kutusu Menfezinden
LSC	Yük Atma Menfezi
w_n	Zemin Su İçeriği



1. GİRİŞ

Ulaşım, tekerleğin icadı ile başlayan günümüz teknolojileri ile gelişmeye devam eden iki nokta arasındaki mesafeleri en aza indirgeyen sürekli gelişim içerisindeki insanlık tarihinin ekonomik ve sosyal anlamda en çok yararlandığı bir unsurdur. Ülkelerin ticari ve sosyal faaliyetlerinde, insanlar arası iletişimde çok büyük rol oynamaktadır. Karayolu, insanlık tarihinde tekerlek ile başlayan ulaşım yolculuğunda ulaşım en çok kullanılan ulaşım ana başlıklarından birisidir. Karayolu ulaşım sistemleri, geçmişten günümüze kadar insanlığa hizmet ederken gelişmekle birlikte, gerek çevreye gerekse canlılara yaşamsal faaliyetleri için kolaylık sağlamaktadır. İnsanlık tarihinde karayolu ulaşım sistemlerinin özellikle ticari anlamda büyük bir yeri bulunmaktadır. Ülkelerin kalkınmasında rol alan karayolu ulaşım sistemleri, önemli ticaret merkezleri arasında bağlantı kurulmasına yardımcı olmaktadır. Karayolu ulaşım sistemleri içinde yer alan sanat yapıları da sistem içerisinde önemli bir yere sahiptir. Çalışkan vd. (2006) Yolları kesintisiz aşmak, yağmur ve kar sularının zararlı etkilerinden korumak, kazı ve dolgudaki çöküntüleri önleyerek nakliyatın yaz ve kış düzenli ve devamlı bir biçimde yapılmasını sağlamak amacıyla güzergâh boyunca inşa olunan her tip büz, menfez, hendek, kasis, köprü gibi tesislerin hepsine birden “hidrolik sanat yapıları” adı verilir. Yağışın akışa dönüştüğü kısmını taşıyan doğal dere yataklarının yolu kesmesi durumunda, yağıştan dolayı yüzeysel akışa geçen yağış sularının yola zarar vermeden yolun altından geçirilmesi amacıyla yapılan drenaj yapılarına menfez denilmektedir (URL-4). Altyapı düzenleme ve geliştirme uygulamaları gelişmiş ülkelerde yaygın ve teknolojik anlamda ileri seviyede iken, gelişmekte olan ülkelerde hızla devam etmektedir.

Li vd. (2013) Altyapı çalışmaları içerisinde yer alan hizmet ürünlerinin (su hattı, elektrik hattı, doğal gaz hattı, v.b.) iletimi için yer yer hendeklere/ menfezlere ihtiyaç duyulur. Menfezlerin inşası sırasında mevcut zemin, toprak dolgusu ve menfez tipi uyumlu ve dayanıklı olmalıdır. Bu çalışmada, günümüze kadar yapılmış olan menfez ve dolgu araştırmaları titizlikle incelenmiş, yapılan literatür taramaları ile birlikte deney seti tasarlanmıştır. Gevşek zemin, orta sıkı zemin ve sıkı zemin olmak üzere üç farklı zemin tipinde; klasik kutu menfez ve yük atma menfezin olmak üzere iki farklı menfez tipi deneye tabii tutulmuştur.

Deneyleerde her menfez tipinden üç numune üç farklı dolgu koşulunda basınç altındaki performansı, milimetrik ölçümlerle deformasyon sonuçları elde edilmiştir.

1.1 Literatür Çalışmaları

Ulaşımın gelişmesi ile birlikte ulaşım araçları ve ulaşımı sağlayan yollar da bu teknolojiden faydalanmıştır. Arabalar, trenler, uçaklar ve gemiler gelişen teknoloji ile değiştikçe yeni ihtiyaçların da doğmasına yol açmıştır. Yeni teknoloji ile yapılmış uçaklar için yeni havalimanları, yeni teknoloji ile yapılmış olan hızlı trenler için gerekli olan altyapı ve tren istasyonları, yeni teknoloji ile donatılmış elektrikli araçlar için yapılmış şarj istasyonları bu yeni doğan ihtiyaçlardan bazılarıdır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda kara yolu ulaşımı için gerekli olan altyapı da oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Belirlenen iki nokta arası ulaşımı sağlayan yolların arazileri, hangi iyileştirmeyi ve düzenlemeyi gerektiriyorsa ona göre yeni teknoloji ile birlikte gerekli alt yapı düzenlemesi yapılır. Bu düzenlemeler çeşitli sanat yapıları kullanarak gerçekleştirilebilir. Bir akarsu yatağından geçecek olan yol için veyahut bir tren yolu ile araç yolunun kesiştiği bir merkez için ya da taşkın oluşabilecek arazilerde taşkınları kontrol altına tutabilmek için, derin vadilerden geçebilmek için menfezlere, köprülere veya viyadüklere ihtiyaç duyulur. Arazinin konumu, koşulları ve yolun kullanım amacı, hizmet süresine göre hangi sanat yapısının tercih edileceğine karar verilir (Aydın ve Oral, 2018).

Bu çalışmada hidrolik sanat yapıları içinden menfezler ele alınmıştır. Gerek ülkemizde gerekse dünya üzerinde karayollarının vazgeçilmez sanat yapısı olan menfezler, yıllardır araştırmalara konu olmuş ve çeşitli özellikleri üzerinden araştırmalar yapılmıştır. Yüksek dolgu altındaki rijit menfezlerin davranışları, çeşitli birçok çalışmada incelenmiş ve belli sonuçlar elde edilmiştir.

Chen vd. (2016) Yük Atma Menfezi (LSC) adı verilen yeni bir menfez yapısı önermiştir. LSC'nin performansını araştırmak için model testleri ve sayısal simülasyonlar yapılmış ve dolgu-montaj kutusu menfezi (EBC) ve kusurlu-hendek-montaj kutusu menfezi (IBC) ile karşılaştırılmıştır. Etkileyen faktörlerin LSC'nin performansları üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Sonuç olarak, LSC'nin, sadece üst plaka üzerindeki dikey toprak basıncını düşürmekle kalmadığı, aynı zamanda menfez yan duvarındaki yatay toprak basıncını da azaltabildiği gözlemlenmiştir.

Yük azaltma etkisi ve yük atma menfezinin (LSC) gerilme durumları, dolgu-montaj kutusu menfezinden (EBC) ve kusurlu-hendek-montaj kutusu menfezinden (IBC) daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Li vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada eğik duvarlı dolgulu hendeklerdeki gerilmeler için Marston çözümünün geliştirilmesi üzerinde durmuşlardır. Altyapı iyileştirme işlerinde gelişime ayak uydurmak adına yapılan hendek çalışmalarına Janssen tarafından geliştirilen temel yaylanma teorisini kullanan Marston çözümünün, dikey olarak kullanılan hendekler için geçerli olmasını öne sürerek farklı tip duvara sahip hendekler için bir çözüm önerisinde bulunmuşlardır. Eğimli duvarın ve dolgulu hendekler üzerindeki gerilme durumu üzerindeki ek yükün etkisi için bir çözüm üretmişlerdir. Sayısal simülasyonlar ile desteklenen çözümde Marston çözümünde bulunan yalnızca dikey ve yatay açıklıklarda tek yönlü devam etmesinin doğru bir sonuç vermediği ve eğime göre değişkenlik göstermesi daha gerçekçi bir sonuç verdiğini ortaya koymuştur. Yapılan çalışma sert zeminde yapılmış olup, yumuşak zeminlerde duvara etkileyen toprak basıncının da duvar stabilitesini etkilemesi sebebiyle saha uygulamalarında bu detayın önemli bir şekilde gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Yapılan çalışmada duvar rijitliği dike gerilme durumları için değişken faktör olarak alınmamıştır. Bunun sebebi duvar rijitliğinin dolgu rijitliğinden oldukça fazla olmasıdır. Aksi durumlarda, yani, duvar rijitliğinin dolguya yakın olması durumunda bunun ayrıca araştırma gerektirdiğine dikkat çekmişlerdir. Çalışmada sayısal simülasyonlar için FLAC uygulaması kullanılmıştır. Sayısal simülasyonların sonucu ile analitik çözümlerin sonucunun birbirine yakın olması, çalışmanın olumlu yönde sonuç verdiğini göstermiştir. Çalışma sonucunda Marston çözümünü, eğimli duvarlar için modifiye eden daha doğru sonuçlar vermesini sağlayan ve bu bağlamda sayısal simülasyonlar ile de uyuşan bir analitik çözüm önerisi elde edilmiştir.

Abuhajar vd. (2015) yaptıkları çalışmada, bir kutu menfezin üstündeki ve yanındaki yükleri destekleyecek şekilde tasarlandığını, ancak bitişik yapılardan ve / veya inşaat faaliyetlerinden önemli ölçüde daha yüksek yüklere dayanması gerekebileceğinden yola çıkarak bir araştırma yapmıştır. Dolgu tesisatı yöntemi kullanılarak inşa edilen kutu menfezlerinin statik tepkisi, FLAC 2D kullanılarak bir dizi santrifüj testi ve sayısal modelleme yapılarak incelemiştir.

Toprak basıncı, eğilme momenti ve toprak menfez etkileşim faktörlerini içeren çalışma sonucunda, Toprak yoğunluğu, sürtünme açısı ve dilatasyon açısının Fe değerleri üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiş ve araştırmada kullanılan H / B_c ve t / B_c koşulları için sabit bir Fe değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Üst levhanın kenarlarında ve yan duvarın üst ve alt köşelerinde elastik modül arttıkça Fe değerleri artarken, üst levhanın merkezinde elastik modül değerleri arttıkça Fe değerleri azaldığı gözlemlenmiştir. Poisson oranı arttıkça Fe değerleri üst levhanın kenarında azalırken, üst levhanın merkezinde ve yan duvarın üst ve alt köşelerinde, Poisson oranı arttıkça Fe değerlerinin arttığı sonucuna varılmıştır. Fe değerleri üzerindeki etkilerini göstermek için bu faktörlerin etkisini gösteren çeşitli grafikler üretilmiştir.

Sayısal modellemeden hesaplanan Fe değerleri AASHTO ve CHBDC değerleri ile karşılaştırılmıştır. AASHTO ve CHBDC 'den gelen Fe değerlerinin 1.0'dan büyük olduğu bilinmektedir ve bu nedenle 1.0'dan büyük olduğu için üst levhanın kenarlarında elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, AASHTO ve CHBDC 'den elde edilen Fe değerlerinin, analiz edilen kalın ve ince menfezler için hesaplanan sonuçlara bağlı olduğunu göstermektedir.

Ma vd. (2019) yaptıkları çalışmada, esnek alt zeminin altında yatan menfez üzerindeki toprak basıncının hesaplanmasını incelemiştir. Çalışmada, dolgu dolgusu ve alt tabakanın yer değiştirmesinin menfez basıncı üzerindeki etkisi dikkate alınarak menfezin “nötr noktası” kavramı tanımlanmış, menfezin “nötr noktası” na dayanan menfez taç toprak basıncının hesaplama yöntemi çıkarılmıştır. Farklı koşullar altında, önerilen yöntem modifiye edilmiş Marston'un formül yöntemi, toprak kolonu yöntemi, basınç konsantrasyon katsayısı yöntemi, Poisson boşaltma kemeri yöntemi, Gu Anquan'ın formül yöntemi ve sayısal simülasyon sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar kapsamında, teorik hesaplama sonuçları mühendislik ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında, yüksek doldurma dolgu koşul altında, nötr nokta yöntemi ile menfez taç toprak basıncı hesaplanmış konsantrasyon katsayısı diğer beş teorik yöntemler hesaplanan değerleri ile karşılaştırıldığında, mühendislik ölçülen değerler en yakın olduğunu ispat etmişlerdir.

Song vd. (2020) LSC üzerindeki düşey toprak basıncını analiz etmek için analitik bir model önermişlerdir. Bu modelin çözümleri sayısal sonuçlara ve laboratuvar ölçümlerine göre doğrulanmıştır. Önerilen analitik çözümler ve sayısal simülasyonlar ile birçok önemli parametrenin düşey yer basıncı üzerindeki etkisini araştırmak için parametrik bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, analitik çözümler ve sayısal sonuçlar ve deneysel verilerle yakın değerler göstermiştir. Dolgunun kohezyonu ve sürtünme açısı, LSC üzerindeki dikey toprak basıncını önemli ölçüde etkilediği ve yüksek kohezyon veya sürtünme açısına sahip dolgu, LSC'nin yük azaltma etkisini artırmaya yardımcı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, geri doldurma yoğunluğunun LSC'nin dikey toprak basıncı üzerindeki etkisi açık olmadığı gözlemlenmiştir. LSC'nin düşey toprak basıncı oranı, b / S (yük atma bloğunun menfeze genişlik oranı), h / S (esnek malzeme tabakası kalınlığının menfez genişliğine oranı) veya E_s / E_f (elastik modül oranı) artışıyla belirgin şekilde azaldığı, ve bu faktörlerin LSC'nin yük azaltma etkisi üzerindeki büyük etkisinin olduğunu göstermektedir.

Kumar vd. (2020) Otoyolda dolgu malzemesi olarak geofom içeren kutu menfez davranışı üzerine yaptıkları çalışmada, kutu menfeze etki eden toprak basıncını düşürmek için geofom adlı dolgu malzemesi kullanarak deneyler yapmışlardır. Yaptıkları deney sonucunda ulaşılmış oldukları verileri PLAXIS 3D sonlu elemanlar yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda dolgu malzemesini hafifletmek amacıyla kullandıkları geofom malzemesinin menfez üzerine etki eden toprak basınçlarını azalttığını, böylelikle menfez kalınlığının da düşürülebileceğini sağladığını tespit etmişlerdir. Çalışma analizinde vektör diyagramları kullanarak doğal dolgu ve geofom malzemesi kullanılan dolgu arasındaki fark gözlemlenmiştir. Doğal dolgu malzemesinde vektörler menfez duvarlarına doğru iken, geofom malzemesi kullanılan dolgu yükünde vektörlerin dikey yönde olduğu gözlemlenmiştir.

Yatsumoto vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada zemine gömülü kutu menfezin sismik davranışını doğrulamak ve bu davranışları değerlendirmek için santrifüj model testleri ve sayısal bir analizle yöntem oluşturmuştur. Çalışmada, kalınlığı depremin doğrusal olmayan davranışı dikkate alınarak belirlenen menfez modeli kullanılmıştır. Yapılan deney ve sayısal analiz sonucunda, alt levhadaki bir elemanın

eksenine dik doğrultudaki toprak basıncının artan sarsıntı ile arttığını, zemin gerilmesi %0.08'i aştığında toprak basıncının sıfır (temassız durum) olduğu gözlemlenmiştir. Sayısal analiz ve deneysel sonuçlar kıyaslandığı zaman kullanılan analitik modelin kare kesitli deney numunelerinde doğru bir şekilde analiz etmeye olanak sağladığı da gözlemlenmiştir. Deney sonuçları ve sayısal analiz sonuçlarının paralellik göstermiş olduğu eğilme momenti sonuçlarına göre, kare kesitli menfezin davranışı sayısal analizle %90 oranında tahmin edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.



2.MENFEZ TİPLERİ

Ulaşım ağlarında kullanılan sanat yapısı menfezler, çeşitli tiplerde yapılmaktadır. Kullanım amacı, arazi şekli ve durumu, akarsu miktarı ve debisi hangi menfez tipinin seçilmesi gerektiğini etkileyen faktörler arasındadır. Kullanımda olan 5 tip menfez çeşidi bulunmaktadır. Bunlar;

1- Kutu Menfez (Box Culvert)

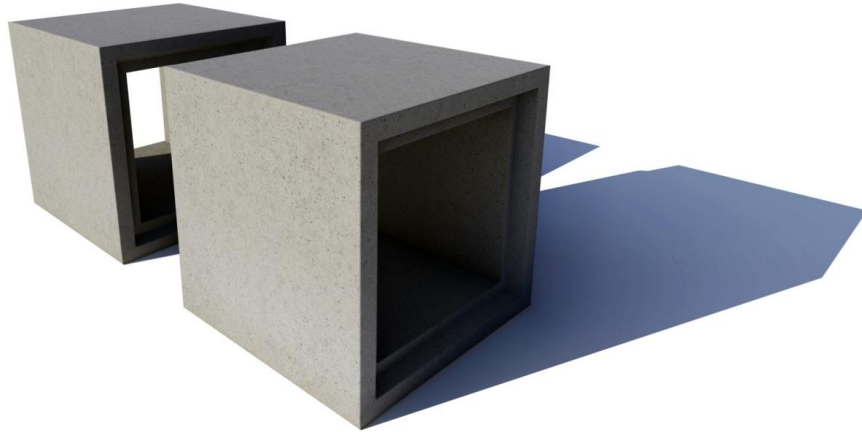
2- Boru Menfez (Büz)

3- Kemerli Menfez

4- Tabliyeli Menfezler

2.1 Kutu Menfez

Kutu menfezler(Box-Culvert) tek gözlü kutu menfez (Şekil 2.1) ve iki gözlü kutu menfez olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Standart tip kutu menfezler imal edilirken Karayolları Genel Müdürlüğünün (KGM) yayımlanmış olduğu ayrıntılı standartlara uyulması gerekmektedir. Kutu menfezler serbest açıklıkları 1,00-1,50-2,00-2,50-3,00 metre olan serbest yükseklikleri, 0.60, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, metre olan, memba ve mansap tarafında kanat duvarları bulunan kutu kesitli betonarme menfezlerdir. Akarsuyun debisine ve taşıdığı sürüntü maddelerinin miktarına göre kutu menfez kullanılıp kullanılmayacağına karar verilir. Arazi koşulları kutu menfez kullanılmak zorunda ise, gerekli iyileştirmeler yapılmalıdır (Yayla, 2004).



Şekil 2.1. Kutu menfez (URL-5).

2.2 Boru Menfez (Büz)

Fazla yüksek olmayan dolgu altlarında kullanılan boru menfezler (büzler), beton veya betonarme olarak daire kesitli ya da sepet kulpu şeklinde dökülürler (Şekil 2.2). Kırılma ve çatlama kolay olduğu için yüksek dolgularda kullanılmazlar. Önceden döküldükleri için daha çok bakım çalışmalarında ve acil durumlarda kullanılan daire büzler 0,60-0,80-1,00 ve 1,20 m çapındadır (Yayla, 2004). Şartnameye uygun bir şekilde yapılması büyük önem arz etmekte birlikte, akarsuyun durumuna göre birden fazla boru menfez yan yana koyularak imalat gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.2. Boru menfez (URL-6).

2.3 Kemerli Menfez

Yüksek dolgular altında kullanılan menfezlerdir. Bu menfezler kâgir veya beton kemerli olarak yapılmaktadır (KGM, 2013:313). Karayolu Teknik Şartnamesinde verilen “Köprü Tipleri- Kemerli Menfez” kitapçığındaki standartlara göre yapımının tamamlanması gerekmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kemerli menfez (URL-7).

2.4 Tabliyeli Menfez

Bu menfez tipi, beton veya kâgir kenar ayaklar veya ricat duvarları ile üst tabliyeden oluşmaktadır (Şekil 2.4). Açıklık adedi ne olursa olsun iki kenar ayak mesnedi arasındaki mesafe 8 metreden küçükse tabliyeli menfez, 8 metreden büyükse köprü olarak adlandırılmaktadır (Yayla, 2004). Karayolu Teknik Şartnamesine göre iki kenar ayak mesnedi arasındaki mesafe, 10 metreden küçük olarak belirtilmiştir. “Standart Tabliyeli ve Kemerli Menfez” kitapçığında yer alan standartlara göre imal edilmelidir (KGM, 2013:313).



Şekil 2.4. Tabliyeli menfez (URL-8).

3. ZEMİN SINIFLANDIRMASI

Zeminlerin sınıflandırması, üzerine her ne inşa edilecek olursa olsun, inşa edilecek yapının güvenliği ve çevre güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Kullanılacak zeminin dane boyutu, zemin sınıfı, su muhtevası ve diğer zemin kimlik bilgilerini bilmek, daha sağlıklı ve güvenli bir yapı inşa etmemizi sağlamaktadır. Zemini tanımamızı sağlayan çeşitli deneyler yapılmakta ve bu deneylerin sonucunda bir geoteknik rapor hazırlanmaktadır (Şekil 3.1). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu 09.03.2019 tarih ve 30709 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatı” ında zemin ve geoteknik raporun tanımları açıklanmıştır (URL-3). Zemin, mevcut ve yeni yapılacak binaların temel oturum alanı, temel etki derinliği ve çevresini de içerisine alan toprak, dolgu ve kaya birimlerini tanımlamaktadır (30709, Resmi Gazete, 2019). Geoteknik Rapor, Statik, dinamik ve deprem etkileri göz önüne alınarak, arazi zemin modelinin oluşturulduğu, zemin tabakaları için geoteknik tasarım parametrelerinin verildiği, temel tipleri seçimine ilişkin seçeneklerin irdelendiği, mühendislik analizleri ve değerlendirmeler ile temel tasarımına ilişkin önerilerin sunulduğu rapordur (URL-12).

10.17

GEOTEKNİK RAPORU İÇİN ÖN TASARIM SONUÇLARI

Proje Bilgileri			
Proje Sahibi :			
İl / İlçe :	/		
Pafta / Ada / Parsel Numaraları :	//		

Ön Tasarımda Kullanılan Zemin Bilgileri			
Zemin taşıma gücü		27.000	t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı		1512.000	tf/m ³
Zemin Tipi		ZD	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi		DD-2	
Parsel Koordinatları	X/Y	39.385650 / 26.838113	
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S _s)		0.953	
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S ₁)		0.234	
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)		1	

Ön Tasarımda Kullanılan Yapısal Bilgiler			
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	BKS	3	
Yapı Yüksekliği	Hn	9.00	m
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	BYS	7	

Ön Tasarım Sonrası Yapısal Bilgiler			
Temeller Dahil Toplam Yapı Ağırlığı	Wt	2999.481	t
Radye Temel Taban Alanı	At	473.360	m ²
Temel Taban Alanı Toplamı	At	473.360	m ²
Temele Etkiyen Yatay Kuvvet	VIE (X)	188.095	tf
Temele Etkiyen Yatay Kuvvet	VIE (Y)	188.095	tf

Radye Temeller İçin Taban Basınç Değeri									
Ad / Kalınlık	G+Q			1.4G+1.6Q			G+Q+E/0.9G+E		
	MİN	ORT	MAKS	MİN	ORT	MAKS	MİN	ORT	MAKS
D14 (50 cm)	5.88	6.84	7.79	8.35	9.72	11.06	-0.04	9.50	14.32

Hazır NUM

Şekil 3.1. Geoteknik rapor örneği (URL-9).

3.1 Zemin Deneyleri

3.1.1 Su muhtevası deneyi:

Numuneler, yerinden alınan zemin örneklerinin kimyasal ve mineral içeriği hariç, tane yerleşme yapıları, doğal su muhtevası, tane boşluk oranları, doğal birim hacim ağırlıkları bozularak alınan “örselenmiş numune” ve bu özellikleri bozulmadan ya da minimum oranda bozularak alınan “örselenmemiş numune” olmak üzere ikiye ayrılır (URL-3).

Deneyin yapılışı;

Deney seti içerisinde yer alan deney kabı ve kapağı gerekli temizleme işlemleri yapıldıktan sonra kurutulmuş halde hassas terazi ile tartılır. Tartım sonucu W1 değeri olarak kaydedilir. Numuneden şartnameye uygun olacak miktarda (ince daneli zemin numunesinden az 30 g olacak şekilde, orta daneli zemin örneğinden en az 300 g olacak şekilde ve iri daneli zeminden numunesinden minimum 3 kg olacak şekilde) alınır. Deney kabına sıkıştırmadan konulduktan sonra kapağı kapatılarak tartılır. Bu değer de W2 olarak kaydedilir. Numune, deney kapağı çıkartılarak su içeriğini tayin edebilmek için etüv içine yerleştirilir. Su muhtevası hesaplanmak üzere etüve alınan numune için belli zaman aralıklarında (4 saatte bir) yapılan tartımlarda (Şekil 3.2), tartım sonuçları arasında %0,1'den büyük bir fark görülmediği takdirde bu ağırlığa değişmez ağırlık adı verilmektedir. Bu ağırlık noktasına gelindiğinde etüv işleminden alınarak numuneler soğumaya bırakılır. Soğutma işlemi esnasında oda sıcaklığına gelebilmesi için odada muhafaza etmek yeterli olmazsa, desikatörde soğutma işlemi devam eder. Soğuyan numune kapağı da dahil edilerek tartma işlemi yapılır, W3. Deney sonuçları “Su içeriği deney formu” na yazılır (Özaydın, 2021).



Şekil 3.2. Su muhtevası deneyi (URL-10).

Hesap işlemleri:

Zeminin su içeriği w_n kuru zemin ağırlığının yüzdesi olarak (3.1) eşitliğinden hesaplanır:

$$w_n = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \quad (3.1)$$

Burada;

w_1 : Deney kabı ile kapağının ağırlığı (g),

w_2 : Deney kabı, kapağı ve yaş numune ağırlığı (g),

w_3 : Deney kabı, kapağı ve kuru numune ağırlığı (g) 'dir (Özaydın, 2021).

3.1.2. Elek analizi deneyi:

Elek analizi deneyi, yukarıdan aşağıya doğru delik çapları küçülen elekler yardımı ile yapılmaktadır. Numune en üstteki eleğe boşaltılarak başlatılır. Numune daneleri eleklerden sırasıyla geçerek dane boyutuna göre elek üstü veya elek altındaki yerini alır. Bu deneyin amacı, farklı boyutlardan meydana gelen numunenin boyutlarını ve bu boyut dağılımının ağırlığa olan yüzdesini hesaplamaktır. Her bir dane boyutu için elek numaraları bulunmaktadır. Her bir elek üzerinde kalan numune tartılır ve toplam numune ağırlığına bölünerek o boyuttaki dane dağılımının yüzdesi elde edilir. Elek analizi deneyi çeşitli amaçlar ile yapılmaktadır. Bu amaçlar aşağıda verilmiştir.

1. Boyut küçültme işlemlerinin kontrolünü sağlamak
2. Bir cevherin çeşitli tane boylarında mineral serbestleşme derecelerini ve cevherlerin kırılma derecelerini saptamak
3. Boyut küçültme cihazlarının sonuçlarına bakarak doğruluklarını kıyaslamak
4. Bir malzemede tane boyutuna göre tenör dağılımlarını saptamak
5. Kırılmış veya öğütülmüş malzemenin ortalama tane boyutunu saptamak
6. Bir malzemenin boyut dağılımı özelliğini kullanarak, bu malzemenin herhangi bir boyut küçültme işleminden sonraki tane boyutu dağılımını tahmin etmek

Malzemelerin tane boyut dağılımlarını belirlemeye yarayan birçok yöntem ve çeşitli teknikler bulunmaktadır. Bunların içinde en basit ve en yaygın olarak bilinen ve kullanılan yöntem, laboratuvar elekleriyle yapılan “Elek Analiz Yöntemi”dir (URL-1).

TS 1900-1’e göre tane boyutu dağılımı deneyi talimatı:

Deney yıkamalı eleme metoduna göre tane çapı dağılımının saptanması amacıyla yapılmaktadır (Özaydın, 2021).

Elek analizi deneyi sayesinde, ince danelilerin ve kaba danelilerin birbirinden ayrılmasıyla dane boyutu dağılımı elde edilir. En altta bulunan tavada ise silt ve kil bulunmaktadır. Bunların da toplam ağırlıkları elde edilir.

Deney elekleri,

(Şekil 3.3) ASTM elekleri: Yukarıdan aşağıya doğru delik çapı küçülerek sıralanan eleklerin boyutları 3 inç (75 mm) ile başlamakta ve sırasıyla, 1 1/2 inç (37,5 mm), 3/4 inç (19 mm), 3/8 inç (9,5 mm), No 4 (4,75 mm), No 10 (2,0 mm), No 16 (1,18 mm), No 30 (0,6 mm), No 50 (0,3 mm), No 100 (0,15 mm) ve No 200 (0,075 mm) göz açıklığında devam etmektedir,

Metrik elekler: 75 mm, 60 mm, 40 mm, 20 mm, 6 mm, 4,75 mm, 2 mm, 0,6 mm, 0,4 mm, 0,2 mm, 0,075 mm göz açıklığında olmaktadır.



Şekil 3.3. Elek analizi deney elek seti.

Deneyin yapılışı;

İki farklı metot ile (çeyrekleme ve yarılanma) yeterli miktarda alınan numune (105 \pm 10) °C'luk etüvde 24 saat kurutulur ve toplam ağırlığı tartılır. Geniş bir tepsi içerisine yerleştirilen numunenin üzerine, bir litre su içine 2 g sodyum heksametafosfat (NaPO₃) eklenir ve bu su numune üzerine dökülür. Su miktarı, numunenin üzerini geçecek şekilde ayarlanır. Belirli periyotlarda, minimum 1 saat ara ile suyun içerisindeki numune karıştırılır ve bu şekilde suda beklemeye devam eder. Bekleme işlemi sonunda su ile birlikte numune yavaş bir şekilde No 200 eleğine dökülür. Eğer numune içerisinde daha büyük daneler bulunuyorsa, No 10 veya No 40 elekleri, No 200 eleğinin üzerinde olmalıdır. İri daneli numunelerin yüzeyindeki ince malzemelerin temizlenmesi için fırça ile fırçalama işlemi yapılır.

No 200 elek üzerinde kalan numune, (105 ± 10) °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulur. Kurutulan numuneler delik çapı en büyük olan elekten başlayarak elle sallayarak veya makine yardımı ile titretilerek eleme işlemine başlanır. Daneler boyutlarına göre sıralanmış eleklerden kendi boyutlarının çapındaki eleklerin üzerinde kalarak ve en alt tabakta silt ve kil kalacak şekilde eleme işlemi tamamlanır. Her elekte kalan malzeme tartılır ve “Dane çapı dağılımı deneyi formu” na yazılır (Özaydın, 2021).

Hesaplamalar:

Toplam numune ağırlığı baz alınarak, eleklerde kalan numunenin miktarı ve toplam numune ağırlığına göre yüzdesi hesaplanır. Hesaplamalar sonucunda “Dane çapı dağılımı” formuna çizilir. Dane dağılımı eğrisinden D_{10} , D_{30} ve D_{60} değerleri okunarak C_u (3.2) ve C_r (3.3) hesaplanır (Özaydın, 2021):

Uniformluk katsayısı,

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.2)$$

Süreklilik katsayısı,

$$C_r = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}} \quad (3.3)$$

Sonuçlar:

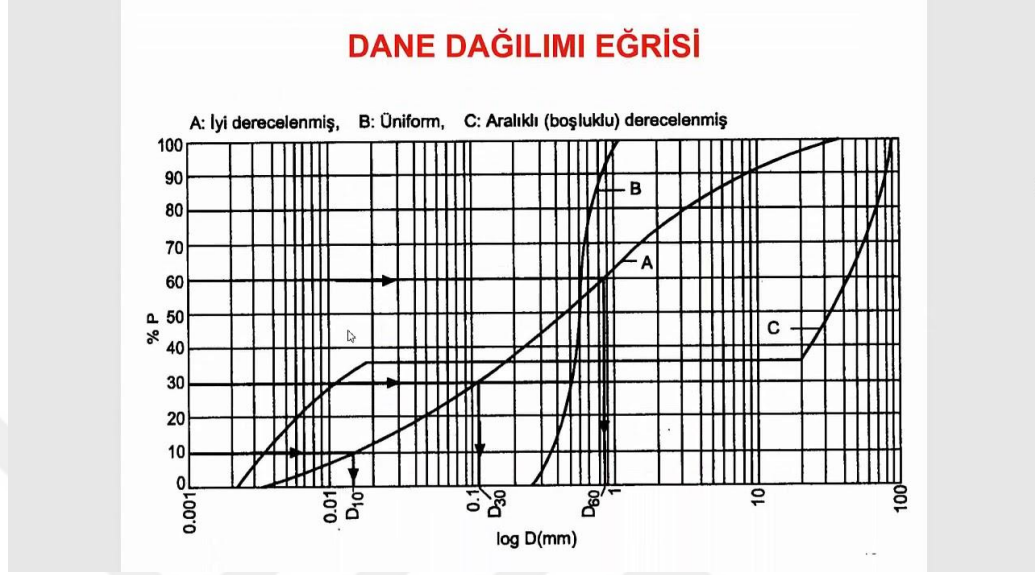
Deney raporu, aşağıda verilenleri içerecek şekilde düzenlenmelidir:

* Deney numunesinin laboratuara kayıt numarası, numuneyi gönderen, ait olduğu proje, numune tipi (örselenmiş veya örselenmemiş), numune no, örselenmemiş ise, kuyu ve/veya sondaj no,

*Deney standardı ve yılı,

*Yatay ekseninde mm cinsinden dane çapı, düşeyde % olarak elekten geçen (veya kalan) şeklinde çizilen dane çapı dağılımı grafiği,

* Elekler üzerinden geçen numune yüzdesi ya da elek üzerinde kalan numune yüzdesi en yakın 0,1 değerine yuvarlatma işlemi yapılarak elde edilen sonuç, tane boyutu dağılımı grafiğinde gösterilebilir (Şekil 3.4) (Özaydın, 2021).



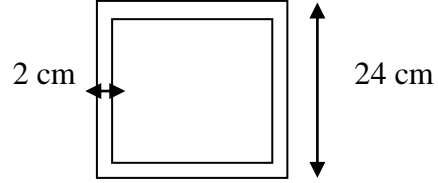
Şekil 3.4. Dane dağılımı eğrisi (URL-11).

4.ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1 Deney Setinin Hazırlanması

A Tip: Klasik Kutu Menfez (Şekil 4.1)

20*24*50 cm boyutlarında Klasik Kutu Menfez (Şekil 4.2)



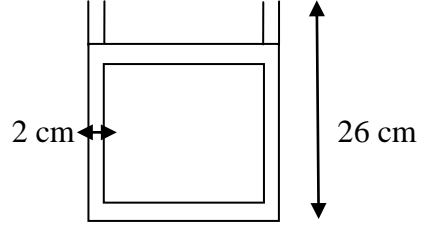
Şekil 4.1. Kutu menfez kesiti.



Şekil 4.2. A Tipi klasik kutu menfez.

B Tip: Yük Atma Menfezi (Şekil 4.3)

20*26*50cm boyutlarında Yük Atma Menfezi (Şekil 4.4)



Şekil 4.3. Yük atma menfezi kesiti.



Şekil 4.4. B Tipi yük atma menfezi.

Deney seti hazırlanırken gerekli literatür taramaları yapılmış ve deneyde kullanılacak olan menfez boyutları belirlenmiştir. Yukarıdaki şekillerde verilen A tipi Klasik Kutu Menfez ve B tipi Yük Atma Menfezi, boyut etkisi göz önüne alınarak sahadaki menfezler ve laboratuarda üretilen menfezler arasındaki taşıma gücü farkı boyut etkisi ile araştırma esnasında yorum yapılabilecek değerlerde tutulmuştur.

Deney seti hazırlanırken, standartların belirlediği kriterler çerçevesinde, (700x500x700 mm) boyutunda rijit bir çelik konstrüksiyon çerçeve kutu imal edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutu.

Kutu içi deney öncesinde özenle temizlenmiş ve deneye hazır hale getirilmiştir.
(Şekil 4.6)



Şekil 4.6. elik konstrüksiyon ereve kutu.

elik konstrüksiyon ereve kutu deneye hazır hale geldikten sonra deneyde dolgu malzemesi olarak kullanılan Şile kumunu hazırlama aşaması baŐlamıŐtır. Öncelikle dolgu malzememiz dijital hassas tartırlar ile tartılmıştır (Şekil 4.7). Tartım işlemleri çok dikkatli ve özenle yapılmıştır.



Şekil 4.7. Dolgu malzemesinin dijital tartı yardımıyla tartılması.

Dolgu kompaksiyon derecesi gevşek, orta sıkı ve sıkı olmak üzere 3 farklı tipte olacağı için her birinin sıklık derecesi de farklıdır. Farklı derecelerde sıkılaştırma için dolgu malzemesinin bir basınca ihtiyacı olmaktadır, bu noktada da laboratuvarımızda bulunan hava kompresörü (Şekil 4.8) yardımı ile Sürsaj Yüğü verilmiştir (Şekil 4.9).

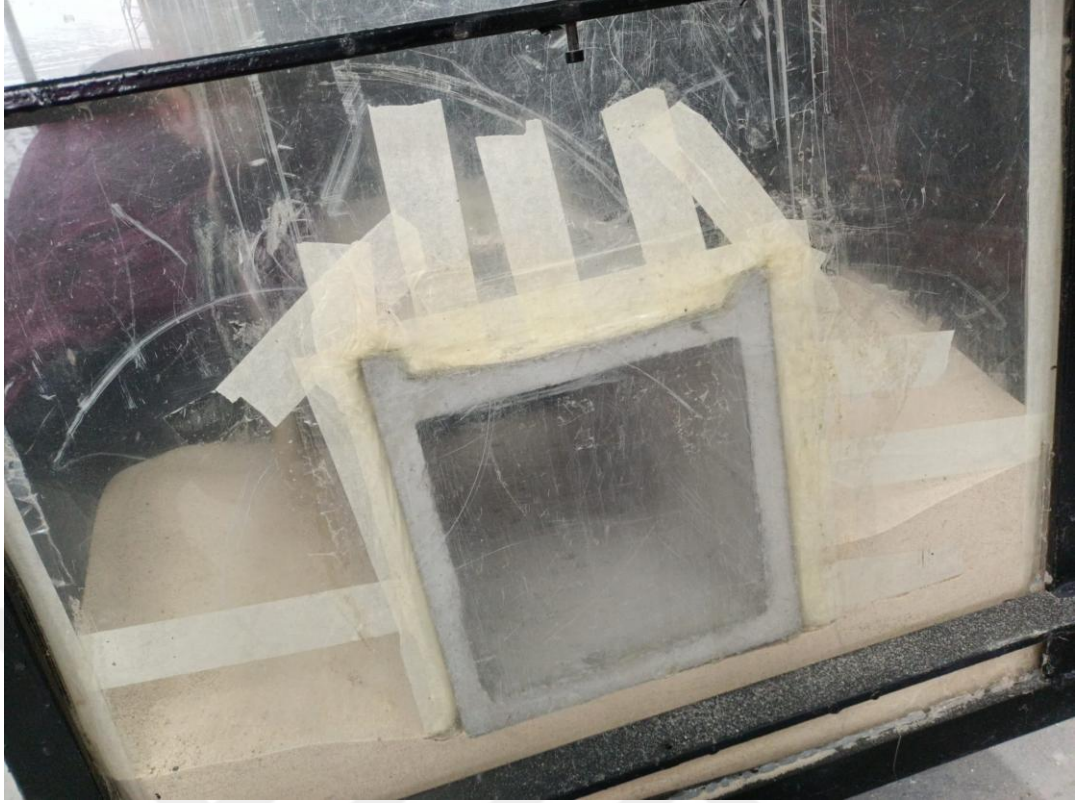


Şekil 4.8. Hava kompresörü.



Şekil 4.9. Hava kompresörü ile sürsaj yükünün verilmesi.

Gevşek tip dolgu için menfez altındaki dolgu malzememiz serbest bir şekilde herhangi bir basınca uğramadan yerleştirilmiştir (Şekil 4.10). Yerleşme ise Şekil 4.6’ da bulunan deney kutusunun arka kısmındaki hassas Potansiyometrik cetvellerin yerleşeceği bölüm ile menfezimizin orta noktasını çakıştırmaya özen göstererek yapılmıştır.



Şekil 4.10. Gevşek zemin yerleşimi.

Orta Sıkı ve Sıkı dolulukta ise dolgu malzememiz kutuya yerleşme esnasında menfez altı kısımda 3 katman halinde gerekli miktarlarda basınç ile sıkılaştırılmış ve üzerine deney numunemiz yerleştirilmiştir. Zemin sıkılaştırma için laboratuvarımızda birleştirmiş olduğumuz basınç aleti (Şekil 4.11) kullanılmıştır.



Şekil 4.11. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutu ve sıkıştırma işleminde kullanılan alet.

Deney setinde menfez imalatı ve dolgu malzemesi hazırlandıktan sonra deney sonuçlarını bize verecek olan milimetrik deplasman ölçer (Potansiyometrik Cetvel) temin edilmiştir. 10mm hassasiyete sahip potansiyometrik cetvellerimiz bir adet X yönünde bir adet Y yönünde olacak şekilde sipariş verilmiştir (Şekil 4.12).

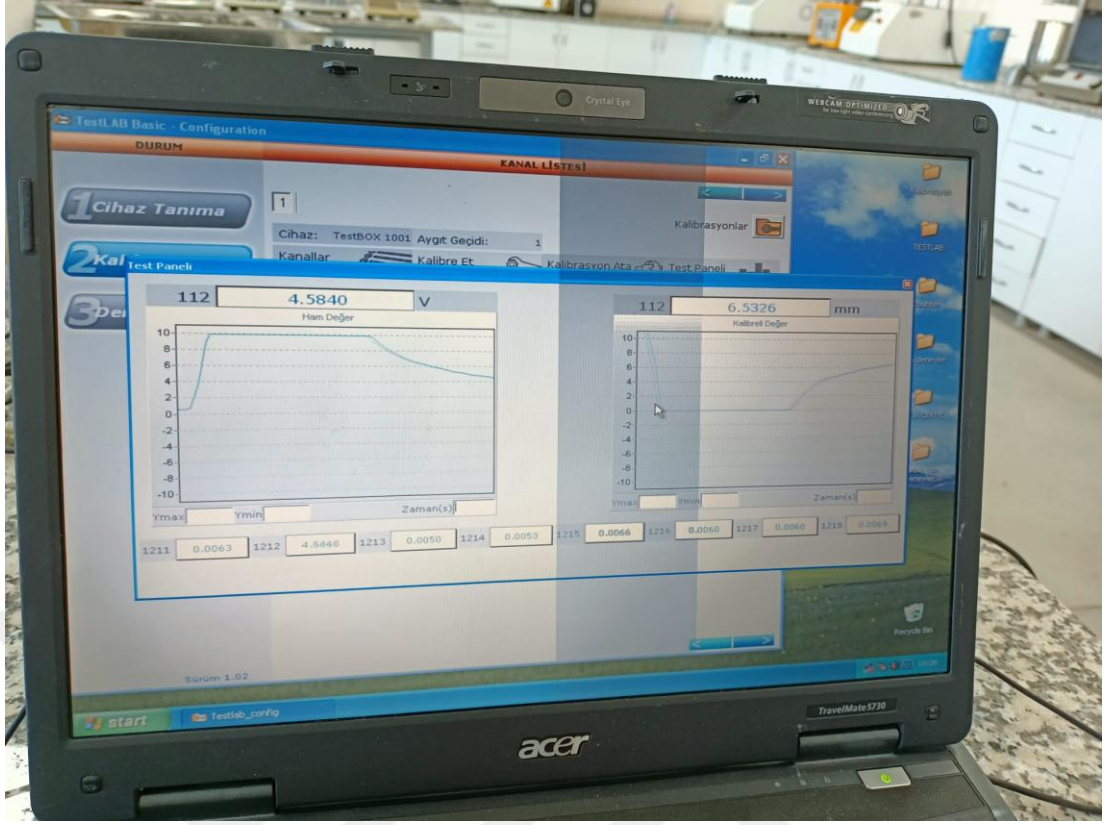


Şekil 4.12. Potansiyometrik cetveller.

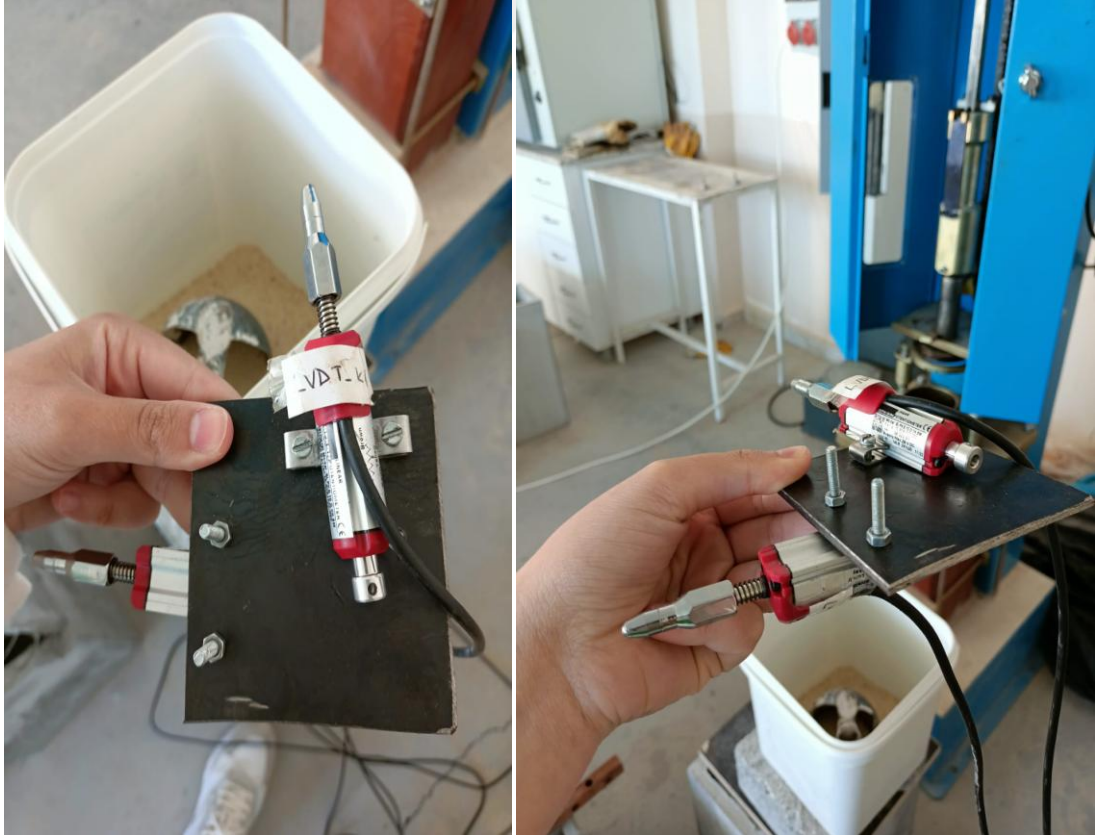
Potansiyometrik Cetveller, bilgisayar bağlantısı ile gerekli kalibrasyon işlemleri (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14) yapıldıktan sonra kullanıma hazır hale gelebilmesi için laboratuvar ortamında X ve Y yönlerinde dik bir şekilde birleştirilmiştir (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).



Şekil 4.13. Bilgisayar bağlantısı ile kalibrasyon.



Şekil 4.14. Bilgisayar bağlantısı ile kalibrasyon grafiği.



Şekil 4.15. Yatay ve düşey yönde monte edilmiş potansiyometrik cetveller.



Şekil 4.16. Potansiyometrik Cetvelin Menfez Numunesi İçerisinde Yerleşim Denemesi.

4.2 Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri hazırlanırken, gerçeğe en yakın sonuçlar alabilmek için betonarme olarak inşa edilmiştir. Beton kullanıldığı takdirde homojen bir karışım ölçekli modellerde çok zor olacaktır, bu sebeple çalışmamızda, beton karışıma en yakın davranışı gösteren ve laboratuvar ortamında testleri yapılmış, piyasada yaygın olarak kullanılan, kullanımı ve karışımı kolay olan yüksek mukavemetli tamir harcı kullanılmıştır (Şekil 4.17)



Şekil 4.17. Tamir harcı.

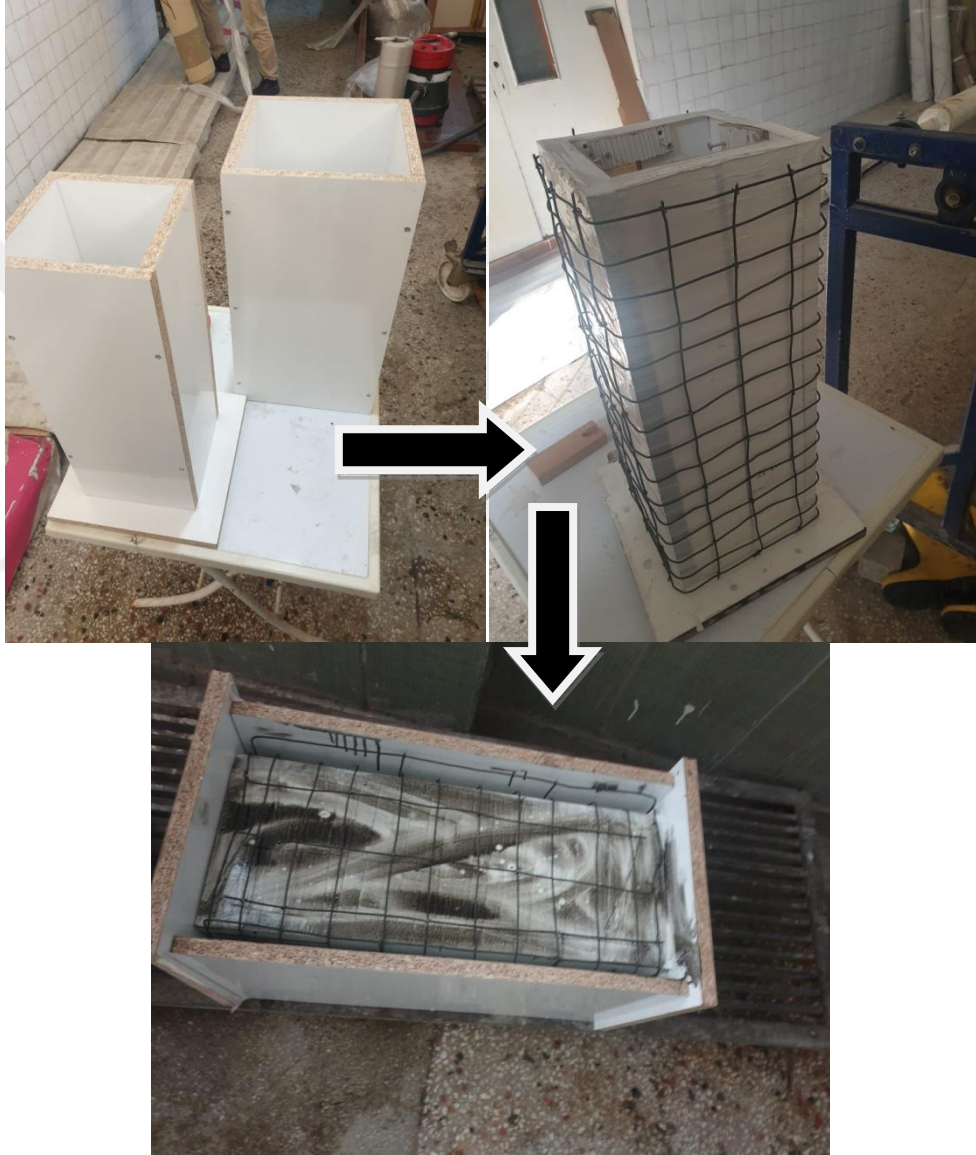
Menfezlerde 3 mm kalınlığında takviye teli kullanılarak demir donatıları oluşturulmuştur. Numunelerde aynı uzunlukta aralıkta ve kalınlıkta takviye teli kullanılmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Numune demir donatıları.

Ayrıca yüksek mukavemetli tamir harcı kullanım talimatları göz önünde bulundurularak karışım hazırlanmıştır. Eşit sürede karıştırılmış ve eşit miktarda harç ve su kullanılmıştır. Her üretimde aynı kalıplar kullanılarak numuneler arasında fark olmaması sağlanmıştır (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20).

Numuneler 28 günden fazla süre bekletilerek yüksek mukavemetli tamir harcının priz alması tam dayanımına ulaşması hedeflenmiştir.

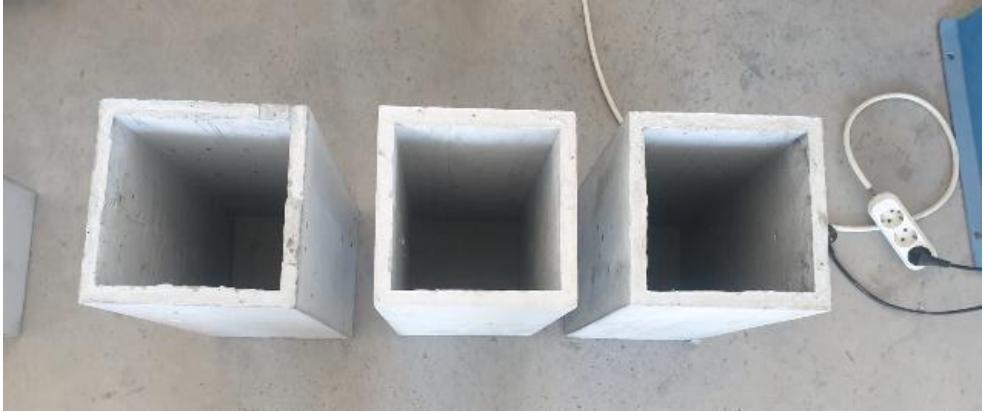


Şekil 4.19. Numune hazırlanma ve kalıp aşaması.



Şekil 4.20. Kalıba yerleştirilmiş numune.

Numuneler priz süreleri dolduktan sonra özenli bir şekilde muhafaza edilmiştir ve sırayla teste tabi tutulmuştur. A Tipi Klasik Kutu Menfez numunesinden 3 adet (Şekil 4.21), B tipi Yük Atma Menfezi numunesinden de aynı şekilde 3 adet üretilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.21. A Tipi klasik kutu menfez.



Şekil 4.22. B Tipi yük atma menfezi.

4.3 Model Test Prosedürü

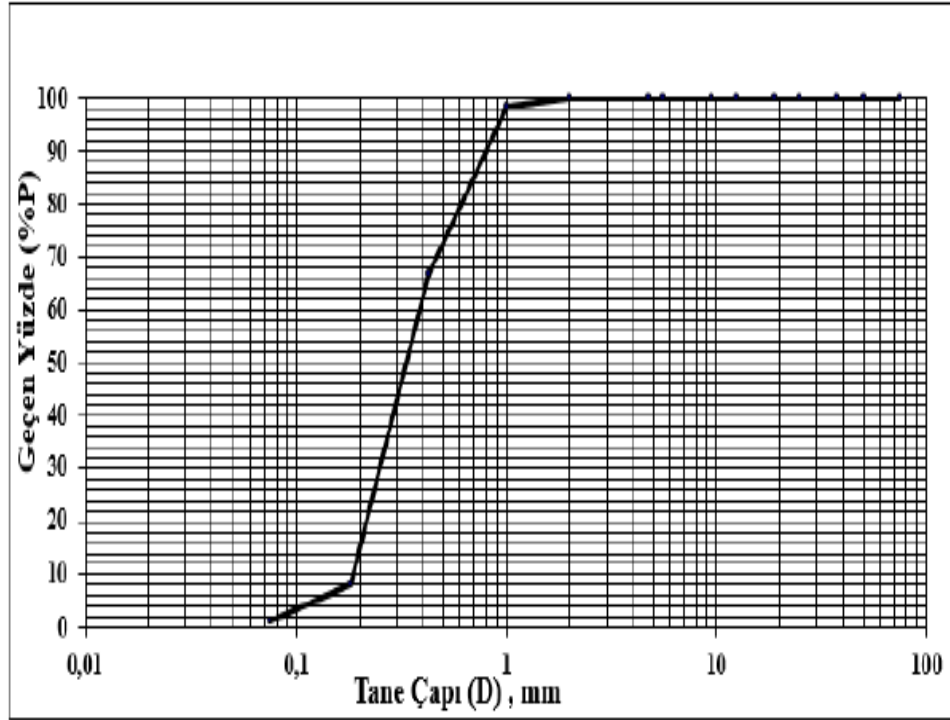
4.3.1 Çalışmanın amacı ve kapsamı

Bu çalışmada 2 farklı menfez tipi 3'er adet numune ile Gevşek- Orta Sıkı- Sıkı olmak üzere 3 farklı dolgu tipinde test edilmiştir. Çalışmanın amacı, klasik tip kutu menfezin deplasman oranı ile yük atma menfezinin deplasman oranı karşılaştırılmış ve menfez taşıma gücünde şekil etkisi araştırılmak istenmiştir. Aynı zamanda, menfez taşıma gücünde dolgu sıklık tipinin de etkisi araştırılmak istenmiştir. Dolgu tipinin taşıma gücüne etkisi ile ilerleyen çalışmalarda farklı dolgu malzemeleri ile taşıma gücünün dolgu açısından etki faktörü olabileceği amacı da güdülmüştür.

4.3.2 Malzeme ve materyal

4.3.2.1 Dolgu malzemesi özellikleri

Şile sahilinden temin edilen saf silis içerikli üniform yapıda olan silis kumu, yerleştirmesi ve sıkıştırması kolay olan bir dolgu malzemesidir. Silis kumunun yapısal özellikleri, numunenin alındığı firma araştırma-geliştirme laboratuvarlarından onaylı raporlar ve ASÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünde bulunan Zemin Laboratuvarları'nda yapılmış olan deneyler ile saptanmıştır. Granülometri Eğrisi, Şekil 4.23' te gösterilmiştir (Erenson, 2020).



USCS	Kil ve silt	Kum	Çakıl
------	-------------	-----	-------

Şekil 4.23. Granülometri eğrisi (Erenson, 2020).

ASÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Laboratuvarları'nda yapılmış olan Elek analizi deneyi sonucuna bakılarak, alınan numunede yaklaşık olarak %0,1 kil ve silt, %99,9 kum bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına bakılarak, alınan numunenin USCS (Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi) zemin sınıflandırma yöntemine göre kötü derecelenmiş kumlu zemin (SP) olduğu tespit edilmiştir. (Erenson, 2020) Yapılan deneyler sonucunda standartlara göre dolgu malzemesi olarak kullanılacak olan silis kumunun maksimum sıkışma yüzdesiyle belirlenen maksimum ve minimum boşluk oranları, gevşek ve sıkı durumdaki birim hacim ağırlıkları ve özgül ağırlıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.1) (Erenson, 2020).

Çizelge 4.1. Boşluk oranları ve özgül yoğunluk değerleri (Erenson, 2020).

Maksimum boşluk oranı (e_{max})	0,87
Minimum boşluk oranı (e_{min})	0,52
Gevşek haldeki birim hacim ağırlık (γ_{min})	14,49 kN/m ³
Sıkı haldeki birim hacim ağırlık (γ_{max})	16,09 kN/m ³
Özgül yoğunluk (G_s)	2,65

4.3.2.2 Yüksek mukavemetli tamirat harcı mühendislik özellikleri

Tamirat harcı olarak, Kalekim markalı mukavemeti yüksek olan Yapısal Tamir Harcı (R4) kullanılmıştır. Tikotropik, çimento esaslı, polimer ve fiber takviyeli, Sülfat ve klor dayanımlı, yapısal tamir harcıdır. Yüksek dayanım ve yapışma gücüne sahip olan tamirat harcı, sülfat ve klor karşı dayanıklı bir yapıya sahiptir. Korozyona neden olmadığı gibi, donma ve çözünmeye karşı da dayanıklı bir yapıya sahiptir (URL-2). Tamirat harcının mühendislik performans bilgileri Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tamirat harcı mühendislik özellikleri.

Teknik Özellikleri	23°C ve %50 Bağıl Nem
Genel Bilgiler	
• Görünüm:	Gri renkli toz
• Raf Ömrü: ortamda 12 ay	Açılmamış ambalajında kuru
Uygulama Bilgileri	
• Uygulama Sıcaklığı:	(+5°C) - (+35°C)
• Karışım Oranı:	3,5-4,5 lt su / 25 kg. toz
• Kap Ömrü:	60 dakika
• Kullanıma Alma Süresi:	24 saat
• Tüketim: kalınlığı için)	~20 kg/m ² (10 mm uygulama
• Uygulama Kalınlığı:	Min. 5 mm – Maks. 40 mm
Performans Bilgileri	
• Eğme Mukavemeti (EN 12190): ≥ 3,0 N/mm ² (1 gün)	
	≥ 5,0 N/mm ² (7 gün)
	≥ 7,0 N/mm ² (28 gün)
• Basınç Mukavemeti (EN 12190): ≥ 20,0 N/mm ² (1 gün)	
	≥ 40,0 N/mm ² (7 gün)
	≥ 55 N/mm ² (28 gün)
• Elastik Modülüs (EN 13412):	≥ 20000 N/mm ²
• Betona Yapışma Mukavemeti (EN 1542):	≥ 2,0 N/mm ²
• Kapiler Su Emme değeri (EN 13057):	≤ 0,5 kg/m ² h ^{0.5}
• Sınırlandırılmış Büzülme-Genleşme (EN 12617-4):	≥ 2,0 N/mm ²
• Sıcaklık Dayanımı:	(-30°C) - (+80°C)
• Yangına Tepki (EN 13501-1):	A1

4.4 Model Test Adımları

4.4.1 Model test işlem adımları

3 adet A Tip Klasik Kutu Menfez ve 3 adet B Tip Yük Atma Menfezi olmak üzere toplamda 6 kez deney aşamaları tekrar edilmiştir.

1. Numunelerin yerleştirileceği çelik konstrüksiyon çerçeve kutu özenle temizlenmiş ve deneye hazır hale getirilmiştir. (bu aşama tüm numuneler için geçerlidir.)
2. Potansiyometrik cetveller bilgisayar programı yardımı ile kalibre edilmiştir. X ve Y koordinatlarında sabitlenmiştir.(A tipi Deney başında yapılmıştır. B tipi deney için tekrar kontrol sağlanmıştır.)
3. Numuneler belirtildiği şekilde hazırlanmış ve 28 günlük dayanıma ulaşması sağlanmıştır.
4. Dolgu malzemesi sıklık derecesinin doğrulanabilmesi için her aşamada hassas terazi ile tartılmıştır.
5. Her bir zemin sıklığı için, deney kutusunda belirlenen seviyeye kadar sıklık derecesine göre menfez tabanı silis kumu ile doldurulmuştur.
6. Zemin üzerine gelecek olan numune dikkatli bir şekilde deney kutusuna yerleştirilmiştir.
7. Yerleştirilen menfezin, deney kutusunda bulunan cam yüzeye dayanan yüzey kenarları bant yardımı ile kapatılmıştır.(Amaç, deney sırasında yukarıdan gelecek basınç sebebiyle dolgu malzemesinin menfez içerisine kaçmasını engellemek ve sonuçların daha sağlıklı bir şekilde çıkmasını sağlamak)
8. Yerleşen menfezin içerisine kalibresi tamamlanmış Potansiyometrik cetveller yerleştirilmiştir.
9. Sabitlenen menfezin kenar ve üst yüzeylerine kalan dolgu malzemesi serbest ve eşit bir şekilde yerleştirilmiştir, üst yüzeyi düzeltilmiştir.
10. Dolgusu tamamlanan deney setinde son aşamalardan biri olan deney kutusunun kapağı kapatılmıştır.
11. Kapatılan kapak sağlam bir şekilde kendi vidaları ile sıkılaştırılıp sabitlenmiştir.
12. Hava kompresörü yerleştirilmiş ve basınç ayarları kontrol edilmiştir.
13. Deneye tamamen hazır olan deney setine basınç verme işlemi başlatılmıştır.

14. Bilgisayara bağlanan Potansiyometrik cetvellerin verdiği sonuçlar video kaydı alınarak izlenmiştir.
15. Her 30 saniyede bir okuma yapılmıştır.
16. Okuma sonuçları Excel tablosuna işlenmiştir.
17. Excel tablosu verilerine göre grafikler oluşturulmuştur.

4.4.2 A tip klasik kutu menfez deneyi

4.4.2.1 Deney 1.1. a tip klasik kutu menfez gevşek zemin

Bölüm 4.1’de verilen menfez boyutlarına göre imal edilmiş Klasik Kutu Menfez gevşek zemin dolgusunda hava kompresörü ile sürsaj yükü verilmiştir. Potansiyometrik cetveller ile bilgisayar ortamında ölçümleri alınmıştır.

Klasik Kutu Menfezin, gevşek zemin dolgusunda deneye tabii tutulabilmesi için silis kumu dolgu malzemesi çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya serbest bir şekilde yerleştirilmiştir(Şekil 4.24). Dolgu malzemesi kutu içerisindeki belirtilen seviyeye kadar doldurulmuş, üst yüzeyi su terazisi yardımı ile yüzeyin tamamı aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmiştir ve ardından klasik kutu menfez numunesi yerleştirilmiştir (Şekil 4.25). Menfez yerleşimi sırasında çelik konstrüksiyonun cam yüzeyine gelen kısmı bant yardımı ile sıkıca kapatılmış ve böylece deney esnasında menfez içerisine dolgu malzemesi kaçması engellenmiştir. Yerleştirilen menfezin içerisine kalibrasyonu yapılmış Potansiyometrik cetveller bir adet X ve bir adet Y düzleminde birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 4.26). Menfez yerleşiminden sonra menfezin yan duvarları ve üstü tamamen kapatılacak şekilde çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun maksimum hizasına kadar doldurulmuştur (Şekil 4.27). Üst yüzeyi yine su terazisi yardımı ile düzeltilmiştir (Şekil 4.28). Çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun kapakları sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Hava kompresörü bağlanmış ve basınç vermeye başlanmıştır. Her 30 saniyede bir okuma yapılmış, deney esnasında video kaydı alınmıştır. Menfez numunesi çatladığı an (Şekil 4.29) Potansiyometrik Cetvellerden değer alınamamaya başlanmış ve deney sonlandırılmıştır. Deney sonuçları, Excel dosyasında tablo haline getirilmiş (Çizelge 4.3) ve bu değerler işlenerek grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.30 ve Şekil 4.31).



Şekil 4.24. Gevşek zemin dolgusu.



Şekil 4.25. Gevşek zemin dolgusu üzerine yerleştirilen klasik kutu menfez.



Şekil 4.26. Potansiyometrik cetvel yerleştirme işlemi.



Şekil 4.27. Tam dolu çerçeve kutu.



Şekil 4.28. Dolgu üst yüzeyi düzeltme işlemi.

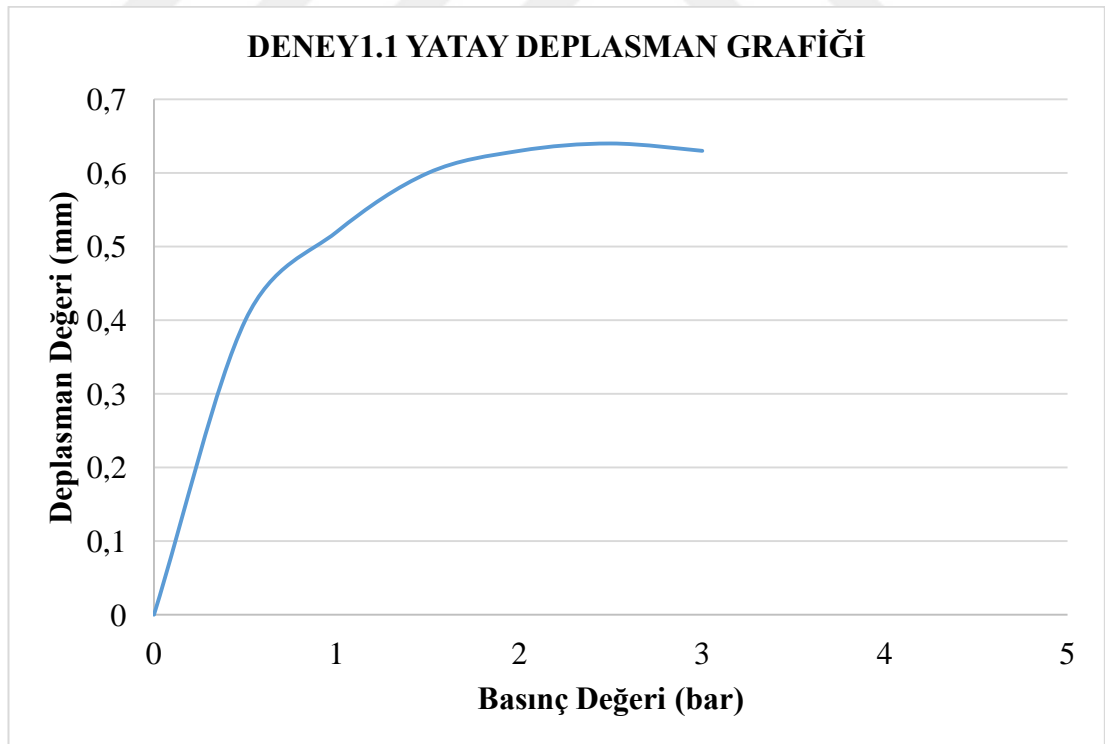


Şekil 4.29. Menfez numunesinin çatlamış hali.

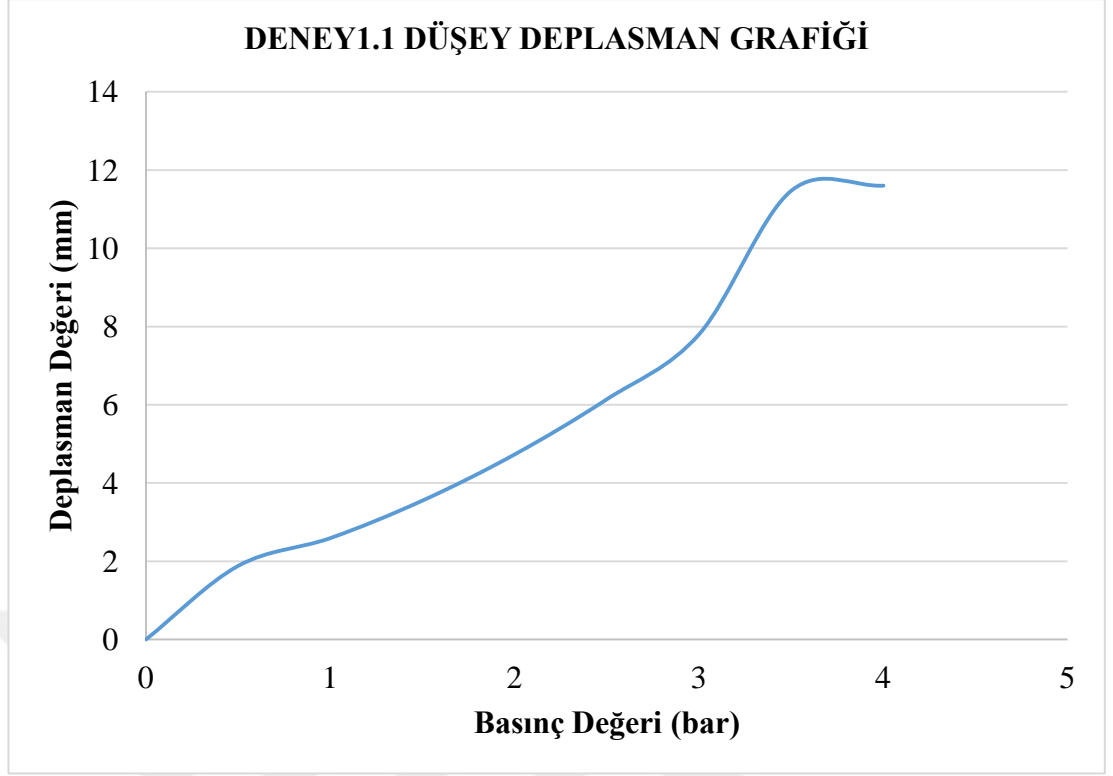
Potansiyometrik Cetveller Excel Sonuçları:

Çizelge 4.3. Deney 1.1. A tip klasik kutu menfez gevşek zemin deney sonuçları.

DENEY 1.1. A TİP KLASİK KUTU MENFEZ GEVŞEK ZEMİN			
YÜK(bar)	YÜK(kPa)	Yatay Deplasman(k1)	Düşey Deplasman(k2)
0	0	0	0
0,5	50	0,4	1,88
1	100	0,52	2,59
1,5	150	0,6	3,55
2	200	0,63	4,73
2,5	250	0,64	6,14
3	300	0,63	7,8
3,5	350		11,47
4	400		11,6
4,5	450		
5	500		
5,5	550		



Şekil 4.30. A Tip deney 1.1 yatay deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).



Şekil 4.31. A Tip deney1.1 düşey deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman).

4.4.2.2 Deney 1.2. a tip klasik kutu menfez orta sıkı zemin

Bölüm 4.1’de verilen menfez boyutlarına göre imal edilmiş klasik kutu menfez Orta Sıkı zemin dolgusunda hava kompresörü ile sürsaj yükü verilmiştir. Potansiyometrik cetveller ile bilgisayar ortamında ölçümleri alınmıştır. Klasik Kutu Menfezin Orta Sıkı zemin dolgusunda deneye tabii tutulabilmesi için silis kumu dolgu malzemesi çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya orta sıkılıkta olacak şekilde basınç aleti yardımı ile sıkıştırılarak yerleştirilmiştir (Şekil 4.32). Dolgu malzemesi kutu içerisindeki belirtilen seviyeye kadar doldurulmuş, üst yüzeyi su terazisi yardımı ile yüzeyin tamamı aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmiştir ve ardından klasik kutu menfez numunesi yerleştirilmiştir. Menfez yerleşimi sırasında çelik konstrüksiyonun cam yüzeyine gelen kısmı bant yardımı ile sıkıca kapatılmış ve böylece deney esnasında menfez içerisine dolgu malzemesi kaçması engellenmiştir. Yerleştirilen menfezin içerisine kalibrasyonu yapılmış Potansiyometrik cetveller bir adet X ve bir adet Y düzleminde birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Menfezin yan duvarları ve üstü tamamen kapatılacak şekilde çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun maksimum hizasına kadar doldurulmuştur. Üst yüzeyi su terazisi yardımı ile düzeltilmiştir. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun kapakları sıkı bir şekilde kapatılmıştır (Şekil 4.33).



Şekil 4.32. Orta sıkı zemin sıkıştırma işlemi.



Şekil 4.33. Çerçeve kutu kapağının kapatılması.

Hava kompresörü ile basınç verilmeye başlanmıştır. Her 30 saniyede bir okuma yapılmıştır. Menfez numunesi çatladığı an (Şekil 4.34). Potansiyometrik Cetvellerden değer alınamamaya başlanmış ve deney sonlandırılmıştır. Deney sonuçları, Excel dosyasında tablo haline getirilmiş (Çizelge 4.4) ve bu değerler işlenerek grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.35 ve Şekil 4.36).

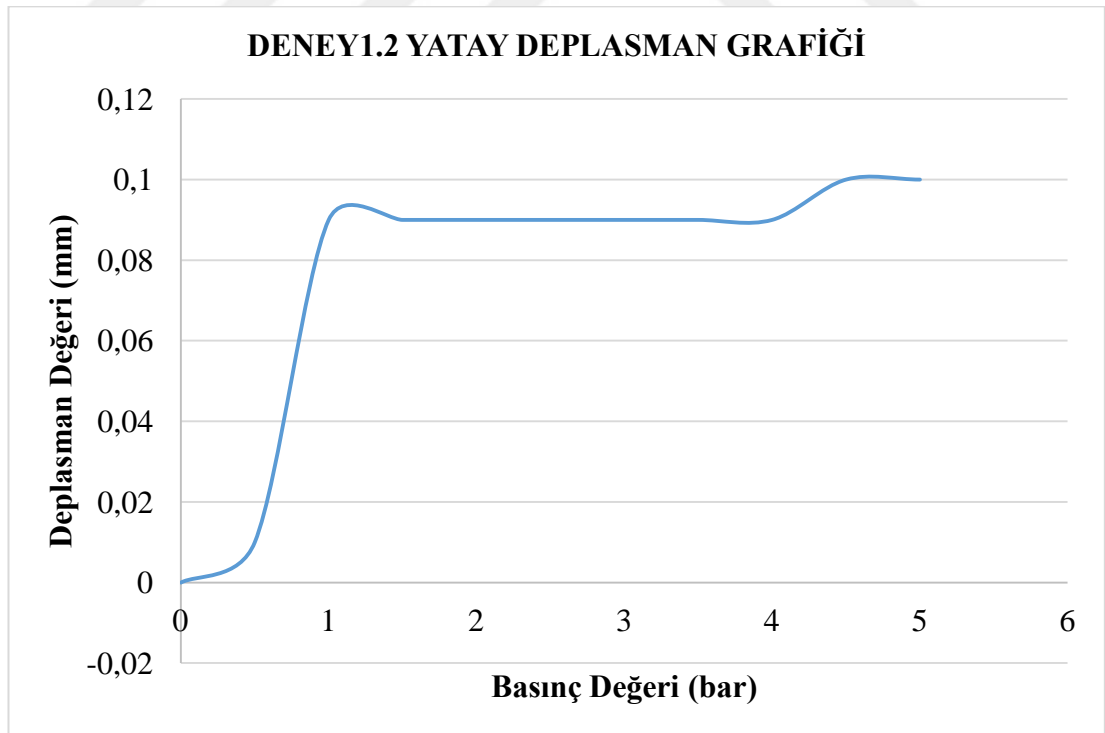


Şekil 4.34. Çatlamış menfez numunesi.

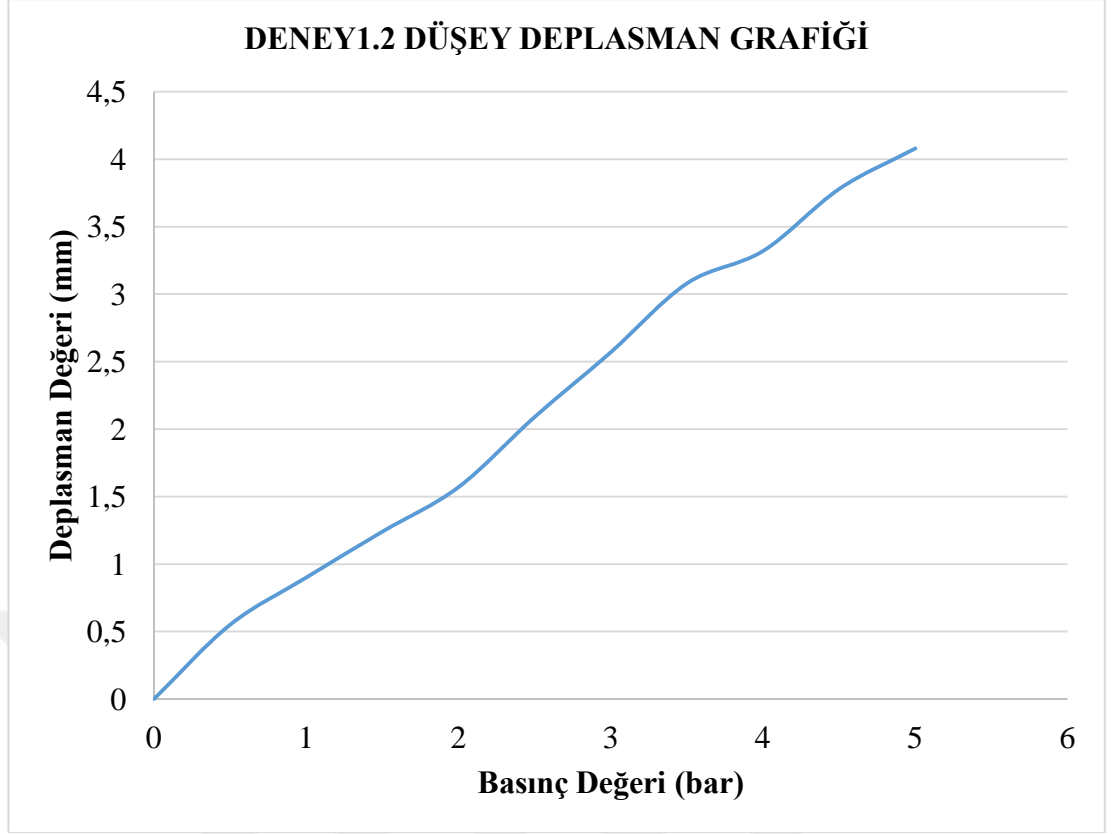
Potansiyometrik Cetveller Excel Sonuçları:

Çizelge 4.4. Deney 1.2. A tip klasik kutu menfez orta sıkı zemin deney sonuçları.

DENEY 1.2. A TİP KLASİK KUTU MENFEZ ORTA SIKI ZEMİN			
YÜK(bar)	YÜK(kPa)	Yatay Deplasman(k1)	Düsey Deplasman(k2)
0	0	0	0
0,5	50	0,01	0,55
1	100	0,09	0,9
1,5	150	0,09	1,24
2	200	0,09	1,57
2,5	250	0,09	2,09
3	300	0,09	2,57
3,5	350	0,09	3,08
4	400	0,09	3,32
4,5	450	0,1	3,78
5	500	0,1	4,08
5,5	550		



Şekil 4.35. A Tip deney 1.2. yatay deplasman grafiği (X ekseni: basınç değeri Y ekseni: deplasman değeri).



Şekil 4.36. A Tip deney 1.2. düşey deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

4.4.2.3 Deney 1.3. a tip klasik kutu menfez sıkı zemin

Bölüm 4.1’de verilen menfez boyutlarına göre imal edilmiş klasik kutu menfez Sıkı zemin dolgusunda hava kompresörü ile sürsaj yükü verilmiştir. Potansiyometrik cetveller ile bilgisayar ortamında ölçümleri alınmıştır. Klasik kutu menfezin sıkı zemin dolgusunda deneye tabii tutulabilmesi için silis kumu dolgu malzemesi çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya tam sıkılıkta olacak şekilde basınç aleti yardımı ile sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Dolgu malzemesi kutu içerisindeki belirtilen seviyeye kadar doldurulmuş, üst yüzeyi su terazisi yardımı ile yüzeyin tamamı aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmiştir ve ardından klasik kutu menfez numunesi yerleştirilmiştir. Menfez yerleşimi sırasında çelik konstrüksiyonun cam yüzeyine gelen kısmı bant yardımı ile sıkıca kapatılmış ve böylece deney esnasında menfez içerisine dolgu malzemesi kaçması engellenmiştir. Yerleştirilen menfezin içerisine kalibrasyonu yapılmış Potansiyometrik cetveller bir adet X ve bir adet Y düzleminde birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Menfezin yan duvarları ve üstü tamamen kapatılacak şekilde çerçeve kutunun maksimum hizasına kadar doldurulmuştur. Üst yüzeyi su terazisi yardımı ile düzeltilmiştir. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun kapakları sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Hava kompresörü ile basınç verilmeye başlanmıştır. Her 30 saniyede bir okuma yapılmıştır. Menfez numunesi çatladığı an (Şekil 4.37) Potansiyometrik Cetvellerden değer alınamamaya başlanmış ve deney sonlandırılmıştır. Deney sonuçları, Excel dosyasında tablo haline getirilmiş (Çizelge 4.5) ve bu değerler işlenerek grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.38 ve Şekil 4.39).

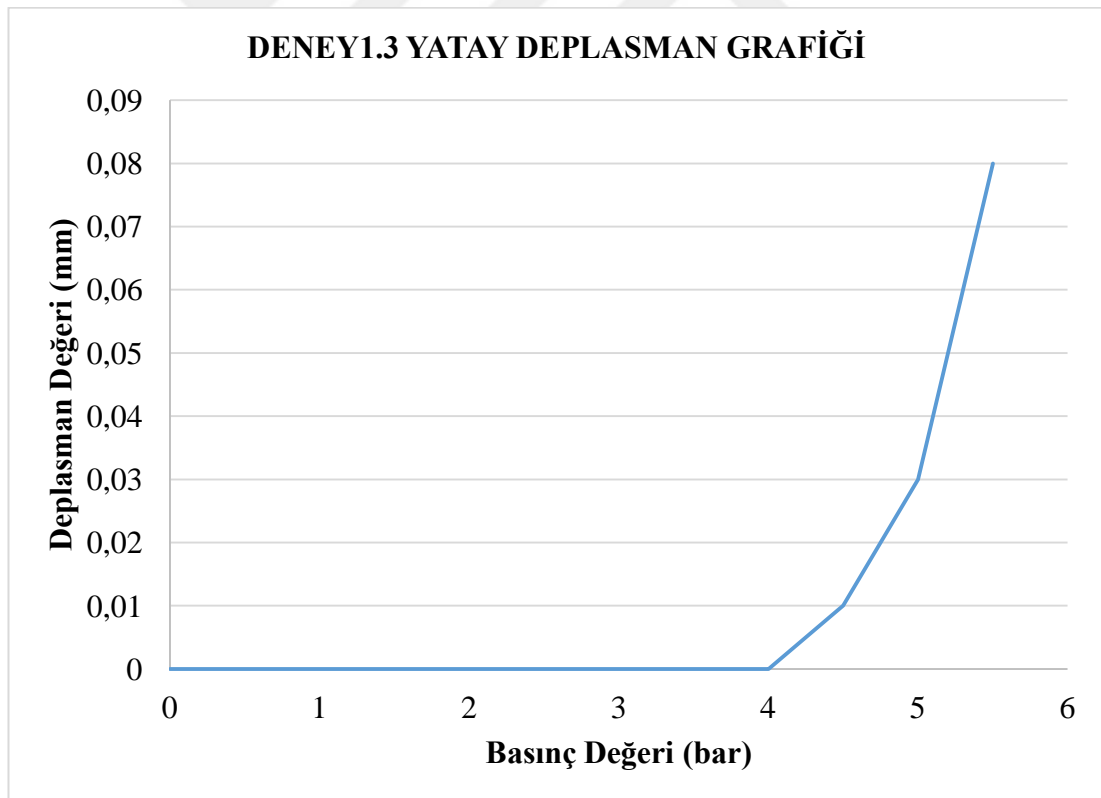


Şekil 4.37. A tip numune çatlamış hali.

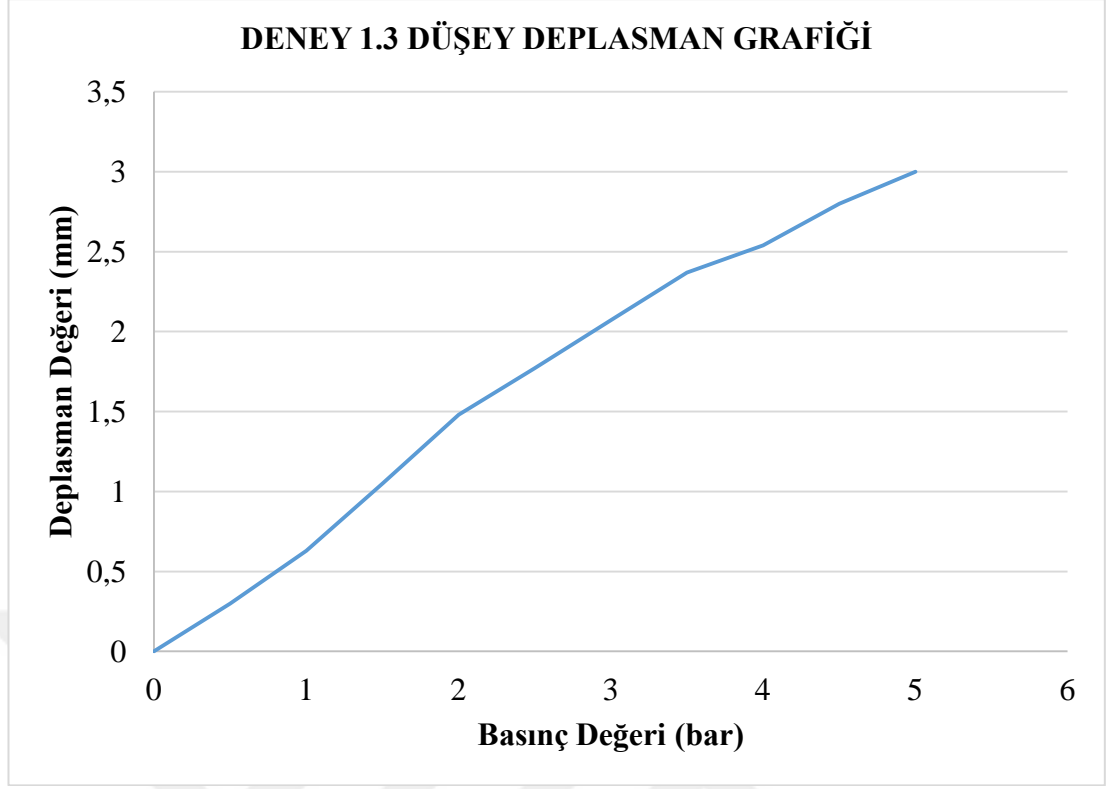
Potansiyometrik Cetveller Excel Sonuçları:

Çizelge 4.5. Deney 1.3. A tip klasik kutu menfez sıkı zemin deney sonuçları.

DENEY 1.3. A TİP KLASİK KUTU MENFEZ SIKI ZEMİN			
YÜK(bar)	YÜK(kPa)	Yatay Deplasman(k1)	Düşey Deplasman(k2)
0	0	0	0
0,5	50	0	0,3
1	100	0	0,63
1,5	150	0	1,05
2	200	0	1,48
2,5	250	0	1,77
3	300	0	2,07
3,5	350	0	2,37
4	400	0	2,54
4,5	450	0,01	2,8
5	500	0,03	3
5,5	550	0,08	3,26



Şekil 4.38. A Tip deney 1.3. yatay deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).



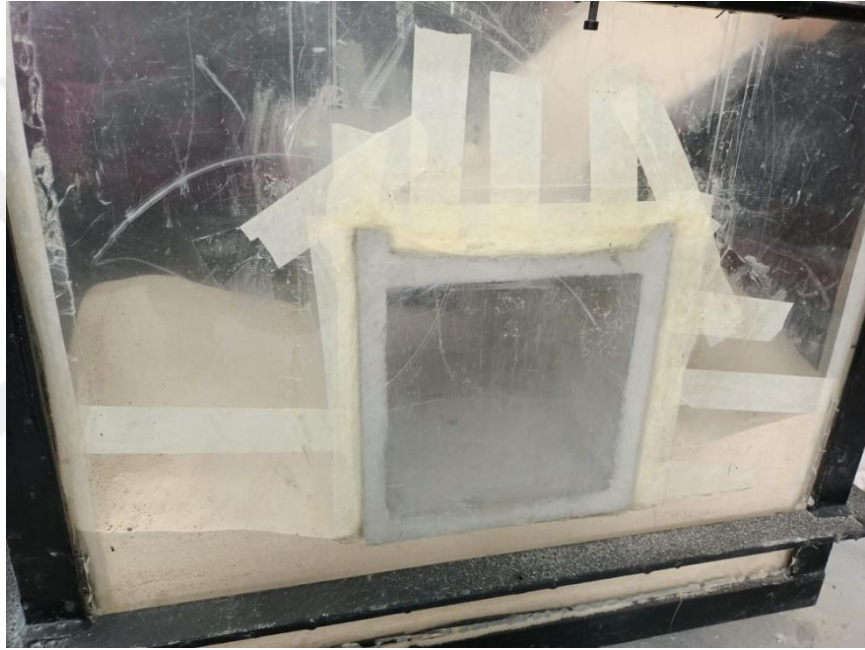
Şekil 4.39. A Tip deney 1.3. düşey deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

4.4.3 B tip yük atma menfezi deneyi

4.4.3.1 Deney 2.1. b tip yük atma menfezi gevşek zemin

Bölüm 4.1’de verilen yük atma menfezi boyutlarına göre imal edilmiş yük atma menfezi gevşek zemin dolgusunda hava kompresörü ile sürsaj yükü verilmiştir. Potansiyometrik cetveller ile bilgisayar ortamında ölçümleri alınmıştır. Yük atma menfezi gevşek zemin dolgusunda deneye tabii tutulabilmesi için silis kumu dolgu malzemesi çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya serbest bir şekilde yerleştirilmiştir. Dolgu malzemesi kutu içerisindeki belirtilen seviyeye kadar doldurulmuş, üst yüzeyi su terazisi yardımı ile yüzeyin tamamı aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmiştir ve ardından yük atma menfezi numunesi yerleştirilmiştir. Menfez yerleşimi sırasında çelik konstrüksiyonun cam yüzeyine gelen kısmı bant yardımı ile sıkıca kapatılmış ve böylece deney esnasında menfez içerisine dolgu malzemesi kaçması engellenmiştir(Şekil 4.40). Yerleştirilen menfezin içerisine kalibrasyonu yapılmış Potansiyometrik cetveller bir adet X ve bir adet Y düzleminde birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Menfez yerleşiminden sonra menfezin yan duvarları ve üstü

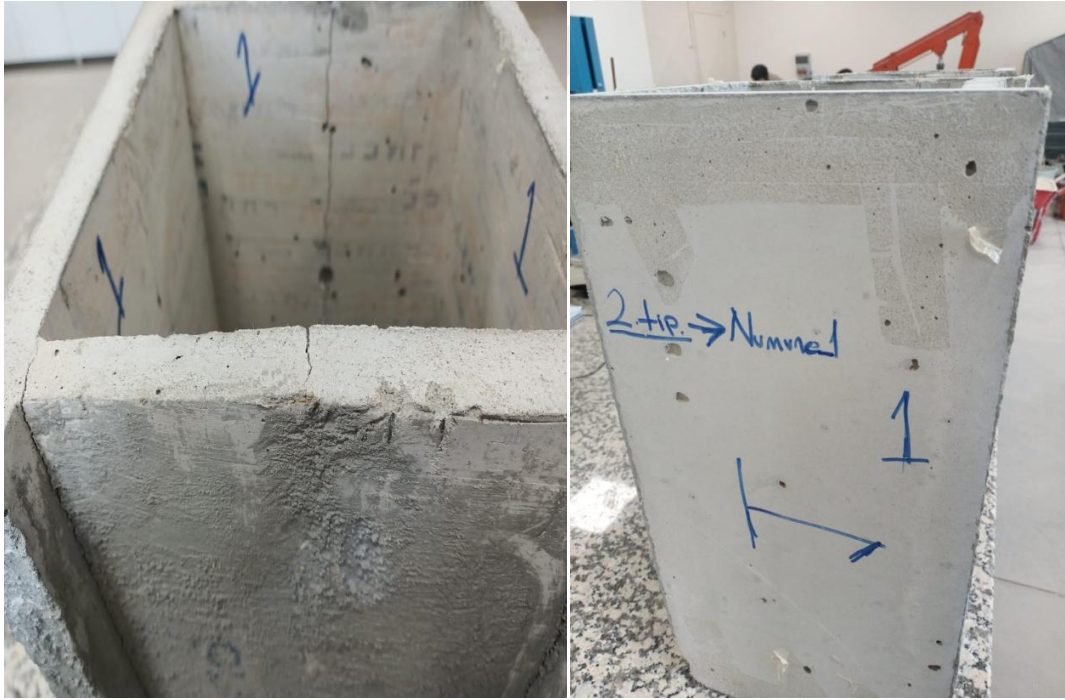
tamamen kapatılacak şekilde çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun maksimum hizasına kadar doldurulmuştur. Üst yüzeyi yine su terazisi yardımı ile düzeltilmiştir. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun kapakları sıkı bir şekilde kapatılmıştır (Şekil 4.41). Hava kompresörü bağlanmış ve basınç verilmeye başlanmıştır. Her 30 saniyede bir okuma yapılmış, deney esnasında video kaydı alınmıştır. Menfez numunesi çatladığı an (Şekil 4.42) Potansiyometrik Cetvellerden değer alınamamaya başlanmış ve deney sonlandırılmıştır. Deney sonuçları, Excel dosyasında tablo haline getirilmiş (Çizelge 4.6) ve bu değerler işlenerek grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.43 ve Şekil 4.44).



Şekil 4.40. Çevresi bantlanmış menfez numunesi.



Şekil 4.41. Kapakları kapatılmış çerçeve kutu.

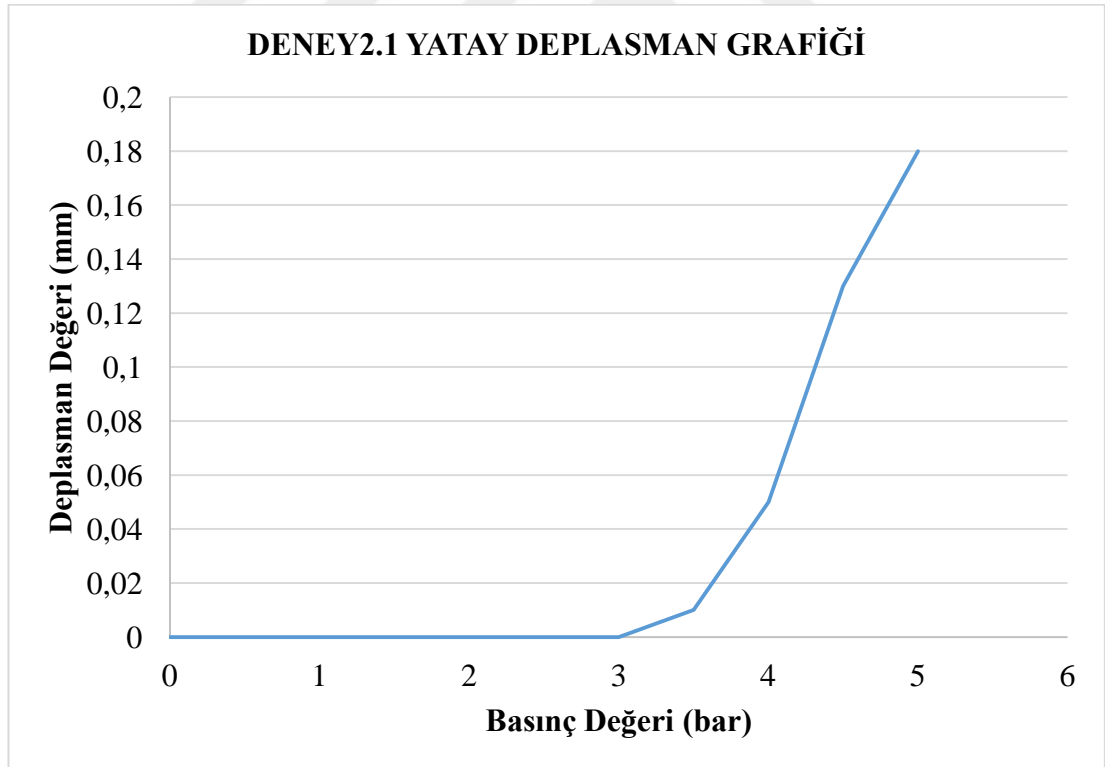


Şekil 4.42. B tip deney numunesi çatlamış hali.

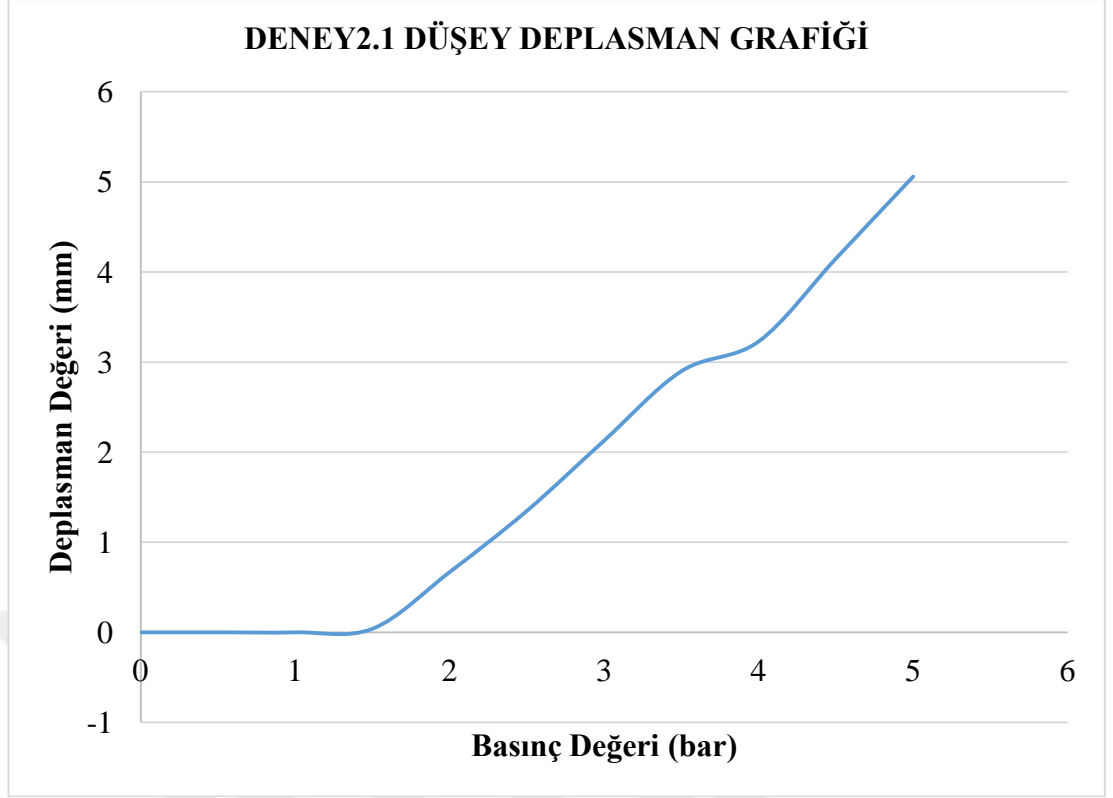
Potansiyometrik Cetveller Excel Sonuçları:

Çizelge 4.6. Deney 2.1. B tip yük atma menfezi gevşek zemin deney sonuçları.

DENEY 2.1. B TİP KLASİK KUTU MENFEZ GEVŞEK ZEMİN			
YÜK(bar)	YÜK(kPa)	Yatay Deplasman(k1)	Düsey Deplasman(k2)
0	0	0	0
0,5	50	0	0
1	100	0	0
1,5	150	0	0,04
2	200	0	0,67
2,5	250	0	1,35
3	300	0	2,13
3,5	350	0,01	2,9
4	400	0,05	3,23
4,5	450	0,13	4,15
5	500	0,18	5,06
5,5	550		



Şekil 4.43. B Tip deney 2.1. yatay deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).



Şekil 4.44. B Tip deney 2.1. düşey deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

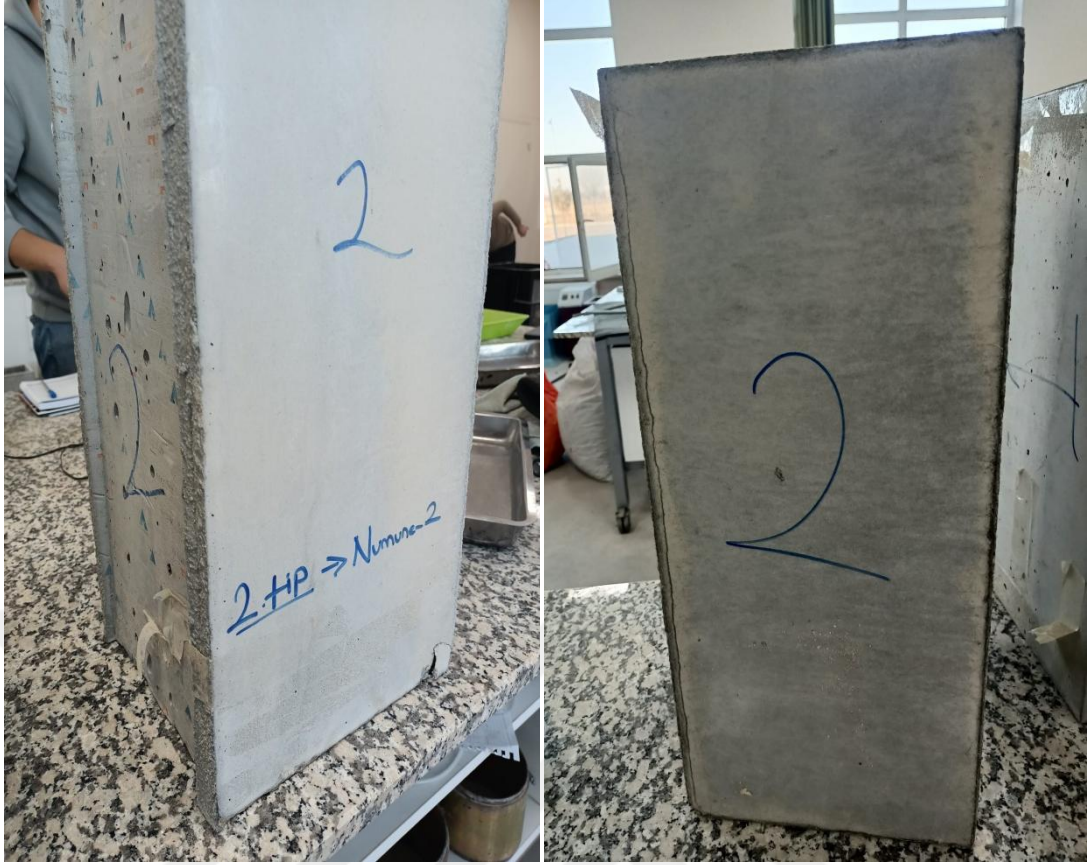
4.4.3.2 Deney 2.2. b tip yük atma menfezi orta sıkı zemin

Bölüm 4.1’de verilen menfez boyutlarına göre imal edilmiş yük atma menfezi Orta Sıkı zemin dolgusunda hava kompresörü ile sürsaj yükü verilmiştir. Potansiyometrik cetveller ile bilgisayar ortamında ölçümleri alınmıştır. Yük atma menfezinin orta sıkı zemin dolgusunda deneye tabii tutulabilmesi için silis kumu dolgu malzemesi çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya orta sıkılıkta olacak şekilde basınç aleti yardımı ile sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Dolgu malzemesi kutu içerisindeki belirtilen seviyeye kadar doldurulmuş, üst yüzeyin tamamı aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmiştir (Şekil 4.45). Ve ardından yük atma menfezi numunesi yerleştirilmiştir. Menfez yerleşimi sırasında çelik konstrüksiyonun cam yüzeyine gelen kısmı bant yardımı ile sıkıca kapatılmış ve böylece deney esnasında menfez içerisine dolgu malzemesi kaçması engellenmiştir. Yerleştirilen menfezin içerisine kalibrasyonu yapılmış Potansiyometrik cetveller bir adet X ve bir adet Y düzleminde birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Menfezin yan duvarları ve üstü tamamen kapatılacak şekilde çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun maksimum hizasına kadar doldurulmuştur. Üst yüzeyi su terazisi yardımı ile düzeltilmiştir.

Çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun kapakları sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Hava kompresörü ile basınç verilmeye başlanmıştır. Her 30 saniyede bir okuma yapılmıştır. Menfez numunesi çatladığı an (Şekil 4.46) potansiyometrik cetvellerden değer alınamamaya başlanmış ve deney sonlandırılmıştır. Deney sonuçları, Excel dosyasında tablo haline getirilmiş (Çizelge 4.7) ve bu değerler işlenerek grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.47 ve Şekil 4.48).



Şekil 4.45. Dolgu üst yüzeyinin düzeltilmesi.

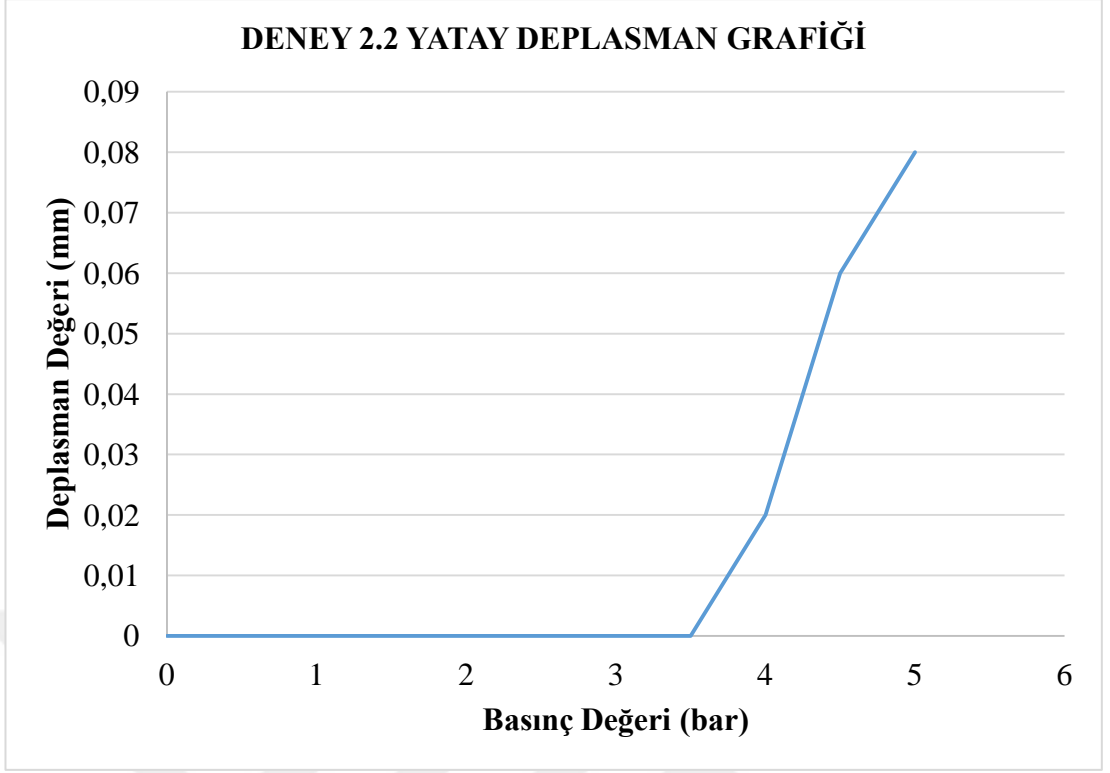


Şekil 4.46. B tip menfez numunesinin çatlamış hali.

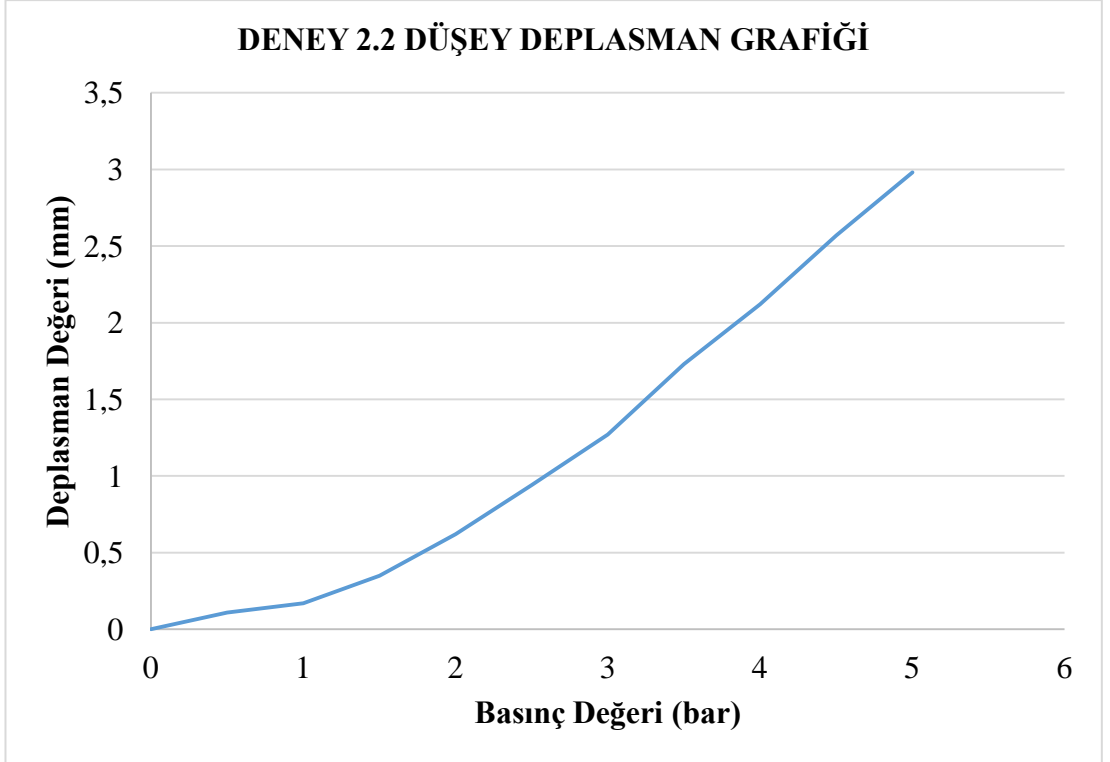
Potansiyometrik Cetveller Excel Sonuçları:

Çizelge 4.7. Deney 2.2. B tip yük atma menfezi orta sıkı zemin deney sonuçları.

DENEY 2.2. B TİP KLASİK KUTU MENFEZ ORTA SIKI ZEMİN			
YÜK(bar)	YÜK(kPa)	Yatay Deplasman(k1)	Düşey Deplasman(k2)
0	0	0	0
0,5	50	0	0,11
1	100	0	0,17
1,5	150	0	0,35
2	200	0	0,62
2,5	250	0	0,94
3	300	0	1,27
3,5	350	0	1,73
4	400	0,02	2,12
4,5	450	0,06	2,57
5	500	0,08	2,98
5,5	550		



Şekil 4.47. B tip deney 2.2. yatay deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).



Şekil 4.48. B tip deney 2.2. düşey deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

4.4.3.3 Deney 2.3. b tip yük atma menfezi sıkı zemin

Bölüm 4.1’de verilen menfez boyutlarına göre imal edilmiş yük atma menfezi Sıkı zemin dolgusunda hava kompresörü ile sürsaj yükü verilmiştir. Potansiyometrik cetveller ile bilgisayar ortamında ölçümleri alınmıştır. Yük atma menfezinin sıkı zemin dolgusunda deneye tabii tutulabilmesi için silis kumu dolgu malzemesi çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya tam sıkılıkta olacak şekilde basınç aleti yardımı ile sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Dolgu malzemesi kutu içerisindeki belirtilen seviyeye kadar doldurulmuş, üst yüzeyi su terazisi yardımı ile yüzeyin tamamı aynı seviyede olacak şekilde düzeltilmiştir (Şekil 4.49) ve ardından menfez numunesi yerleştirilmiştir. Menfez yerleşimi sırasında çelik konstrüksiyonun cam yüzeyine gelen kısmı bant yardımı ile sıkıca kapatılmış ve böylece deney esnasında menfez içerisine dolgu malzemesi kaçması engellenmiştir. Yerleştirilen menfezin içerisine kalibrasyonu yapılmış Potansiyometrik cetveller bir adet X ve bir adet Y düzleminde birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Menfezin yan duvarları ve üstü tamamen kapatılacak şekilde çerçeve kutunun maksimum hizasına kadar doldurulmuştur. Üst yüzeyi su terazisi yardımı ile düzeltilmiştir. Çelik konstrüksiyon çerçeve kutunun kapakları sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Hava kompresörü ile basınç vermeye başlanmıştır. Her 30 saniyede bir okuma yapılmıştır. Menfez numunesi çatladığı an potansiyometrik cetvellerden değer alınamamaya başlanmış ve deney sonlandırılmıştır. Deney sonuçları, Excel dosyasında tablo haline getirilmiş (Çizelge 4.8) ve bu değerler işlenerek grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.50 ve Şekil 4.51).

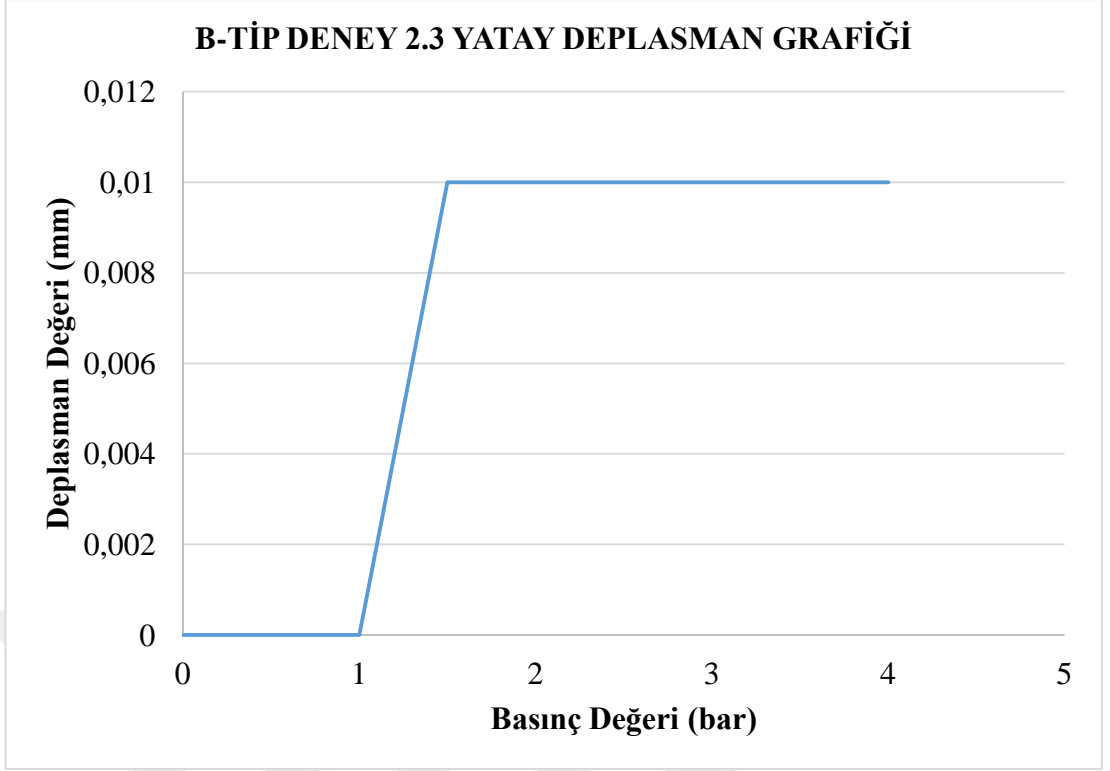


Şekil 4.49. B Tip deney numunesi ve sıkılaştırılmış zemin.

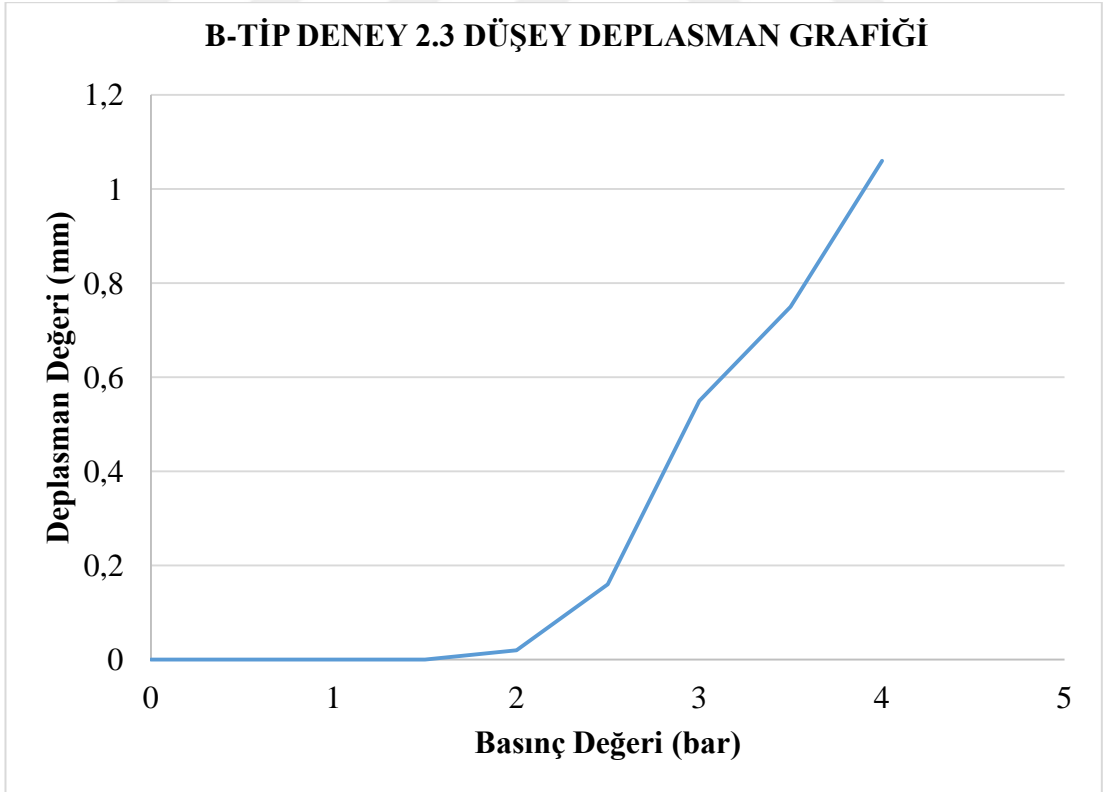
Potansiyometrik Cetveller Excel Sonuçları:

Çizelge 4.8. Deney 2.3. B tip yük atma menfezi sıkı zemin deney sonuçları.

DENEY 2.3. B TİP KLASİK KUTU MENFEZ SIKI ZEMİN			
YÜK(bar)	YÜK(kPa)	Yatay Deplasman(k1)	Düşey Deplasman(k2)
0	0	0	0
0,5	50	0	0
1	100	0	0
1,5	150	0,01	0
2	200	0,01	0,02
2,5	250	0,01	0,16
3	300	0,01	0,55
3,5	350	0,01	0,75
4	400	0,01	1,06
4,5	450		
5	500		
5,5	550		



Şekil 4.50. B tip deney 2.3. yatay deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).



Şekil 4.51. B tip deney 2.3. düşey deplasman grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

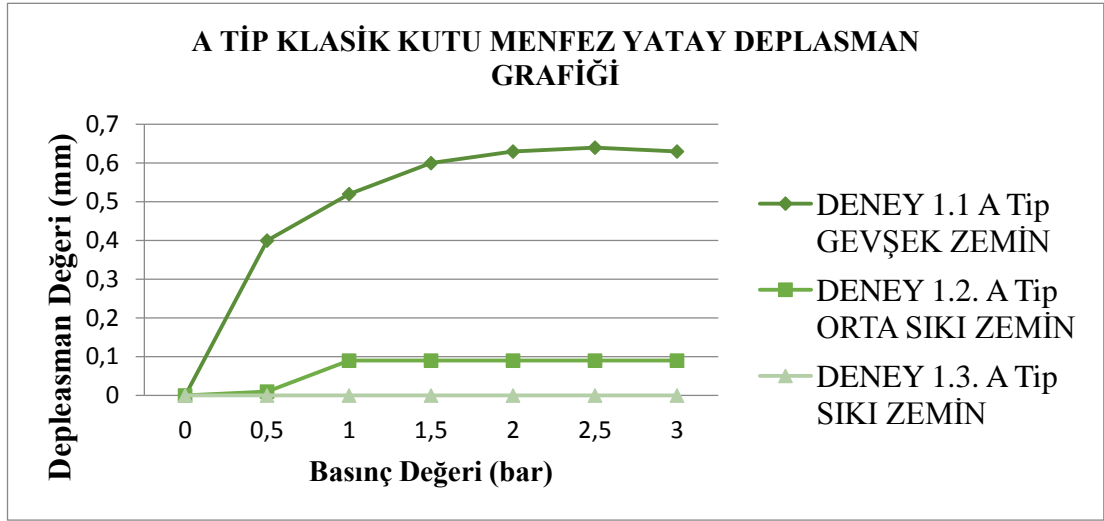
Bu çalışmada, laboratuvar ortamında üretilen Klasik Kutu Menfez ve Yük Atma Menfezi geometrilerindeki numuneler, her iki menfez için üç farklı dolgu durumunda standartların belirlediği kriterler çerçevesinde, (700x500x700 mm) boyutunda rijit bir çelik konstrüksiyon çerçeve kutuya menfezler yerleştirilerek bir sürsaj yükleme sistemine tabi tutulmuştur.

A tip Klasik Kutu Menfez boyut etkisi göz önüne alınarak 3 adet olarak hazırlanmış ve standartlara uygun bir şekilde üretilmiştir. B tip Yük Atma Menfezi de yine aynı şekilde boyut etkisi göz önüne alınarak 3 adet olarak hazırlanmış ve üretilmiştir. Numuneler bölüm 4.3.2.2’de özellikleri verilen Tamirat Harcı ile yapılarak yüksek dayanımlı bir yapıda olması amaçlanmıştır.

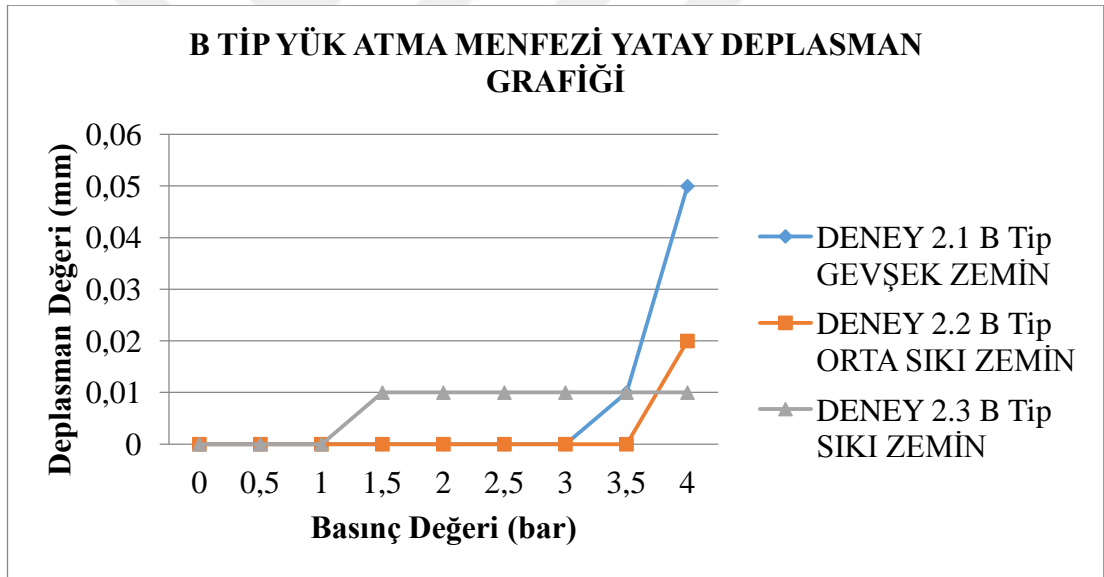
Dolgu malzemesi olarak Silis Kumu kullanılmıştır. Gevşek Zemin, Orta Sıkı Zemin ve Sıkı Zemin olmak üzere üç farklı dolgu sıklığı durumunda, 3 adet Klasik Kutu Menfez ve 3 adet Yük Atma Menfezi Sürsaj yükü etkisi altında incelenmiştir.

İki farklı tip menfezin üç farklı tip dolgu sıklık derecesindeki deplasman değerlerinin ölçüldüğü bu çalışmada deplasman değerleri bilgisayara bağlı potansiyometrik cetvellerin ölçüm değerlerinin bilgisayara aktarılması ile Excel dosyasında grafik haline getirilmiştir. Oluşturulan grafikler her iki menfez tipi için karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda elde edilen grafikler Klasik Kutu Menfezin 3 farklı dolgu durumundaki yatay ve düşey deplasman değerleri (Şekil 5.1 ve Şekil 5.3) , Yük Atma Menfezinin 3 farklı dolgu durumundaki yatay ve düşey deplasman değerleri (Şekil 5.2 ve Şekil 5.4) grafik haline getirilmiştir.



Şekil 5.1. A tip yatay deplasman karşılaştırma grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

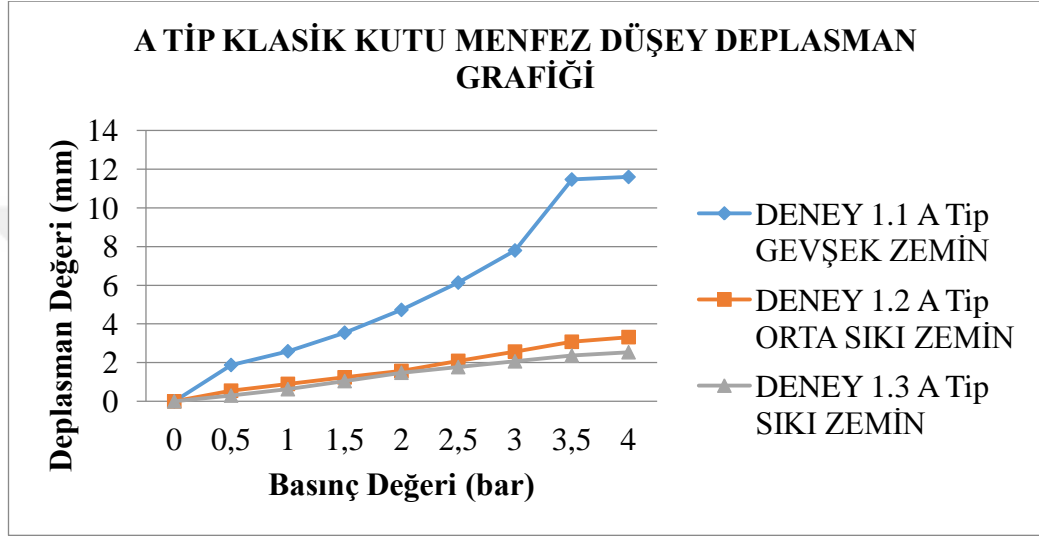


Şekil 5.2. B tip yatay deplasman karşılaştırma grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

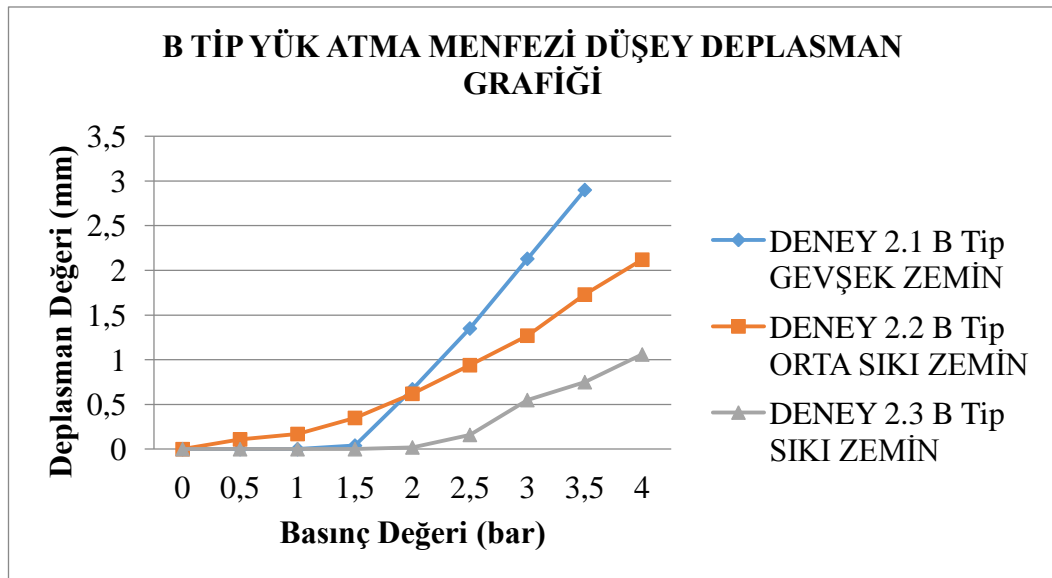
Grafikler yorumlandığında, klasik kutu menfez için, gevşek zeminde barlık basınca karşılık, yaklaşık olarak 1.5 bar'lık bir basınçta 0.6 mm lik bir deplasman gözlenirken; sıkı zeminde bu değer yaklaşık olarak 0.09 mm' lik bir deplasman düzeyinde kalmıştır.

Yük Atma Menfezinde ise, 4 barlık basınç değerine karşılık gevşek zeminde 0.05 mm deplasman gösterirken; sıkı zeminde bu değer, yaklaşık olarak 0.01 mm deplasman düzeyinde kalmıştır.

Numunelerin yatay deplasmanlarına bakıldığında Klasik Kutu Menfezin, Yük Atma Menfezine kıyasla daha fazla deplasman gösterdiği ve bu bağlamda yük atma menfezinin yatay deplasmanlarda daha fazla yük taşıdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.3. A tip düşey deplasman karşılaştırma grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).



Şekil 5.4. B Tip düşey deplasman karşılaştırma grafiği (X eksen: basınç değeri Y eksen: deplasman değeri).

DüŖey deplasman grafikleri yorumlandığında, Klasik Kutu Menfez için, gevŖek zemindeki 3.5 bar basınca karŖılık gelen deplasman değeri yaklaşık olarak 11 mm iken sıkı zeminde bu değer yaklaşık olarak 2 mm olduğu gözlemlenmiŖtir.

Yük Atma Menfezinde ise, 3.5 barlık basınç değerine karŖılık gevŖek zeminde yaklaşık olarak 2.9 mm deplasman gösterirken; sıkı zeminde bu değer, yaklaşık olarak 0.7 mm deplasman düzeyinde kalmıŖtır.

Numunelerin düŖey deplasmanlarına bakıldığında Klasik Kutu Menfezin, Yük Atma Menfezine kıyasla daha fazla deplasman gösterdiği ve bu bağlamda yük atma menfezinin düŖey deplasmanlarda daha fazla yük taŖıdığı sonucuna varılmıŖtır.

Elde edilen grafikler sonucunda, dolgu malzemesinin kompaksiyon derecesi arttıkça yük taŖıma performansının arttığı ve deplasmanların azaldığı görülmüŖtür. Klasik Kutu Menfeze kıyasla, Yük atma menfezinde yatay deplasmanın önemli ölçüde azaldığı görülmüŖtür. Menfez geometrisinde yapılan deęiŖikliğin hem düŖey hem de yatay yükleri azaltmada avantaj sağladığı deneysel olarak belirlenmiŖtir.

İki farklı menfez tipinin, üç farklı dolgu durumunda sürsaj yükü altında incelendiği bu çalıŖma sonucunda, dolgu sıklılığının yük taŖıma kapasitesinde göstermiŖ olduğu performansa bağlı olarak, devam edecek olan çalıŖmalar için dolgu malzemesinin daha hafif bir malzeme ile deęiŖtirilebileceęi önerilmiŖtir.

BaŖka bir çalıŖmada da, deplasmana olumlu yönde etkisi gözlenen yük atma menfezinin geometrisinin daha verimli bir deplasman sonucu verebilmesi için menfez geometrisinde deęiŖiklięe gidilmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abuhajar, O., Naggar, H., Newson, T., 2015. Static soil culvert interaction the effect of box culvert geometric configurations and soil properties, *Computers And Geotechnics*, 69, 219-235.
- Aydın, F. ve Oral, M., 2018. Türkiye’de karayolu ulaşımının tarihsel gelişimi, *Journal Of Awareness*, 3, Özel Sayı, Türkiye, 257-266.
- Bennett, R., Wood, S., Drumm, E. ve Randy Rainwater N., 2005. Vertical loads on concrete box culverts under high embankments, *Journal of Bridge Engineering*, 10, 6, 643–9.
- Chen, B., Sun, L., 2013. The impact of soil properties on the structural integrity of high-fill reinforced concrete culverts, *Comput Geotech*, 52, 46–53.
- Chen, B., Sun, L., 2014. Performance of a reinforced concrete box culvert installed in trapezoidal trench, *Journal of Bridge Engineering*, 19, 1, 120–30.
- Chen, B., Song, B., Mao, X., Chen, E.J., Zhang, J., 2016. Model test and numerical simulation on rigid load shedding culvert backfilled with sand, *Computers And Geotechnics*, 79, 31-40.
- Çalışkan, E., Şentürk, N., Acar, H.H., 2006. Orman yollarında hidrolik sanat yapısı ihtiyacının gıs ve gps kullanılarak araştırılması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 56,2, Türkiye, 178.
- Dasgupta, A., Sengupta, B., 1991. Large-Scale model test on square box culvert backfilled with sand *Journal of Geotechnical Engineering*, 117, 1, 156–61.
- KGM, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Şartname, 2013, Kısım 313/313.02.02.01.03 Kemer Menfezler, Türkiye.
- KGM, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Şartname, 2013, Kısım 313/313.02.02.01.04 Tabliyeli Menfezler, Türkiye.
- Kumar, A., Ahirwarb, S.K. ve Mandal J. N., 2020. Behavior of box culvert with geofom as a backfill material in highway, *Transportation Research Procedia*, 48, 3642-3647.
- Li, L., Dubé, J.S. ve Aubertin, M., 2013. An extension of marston’s solution for the stresses in backfilled trenches with inclined walls, *Geotechnical And Geological Engineering*, 31,4, 1027–1039.
- Ma, Q., Ku, Z., Xiao, H., Hu, B., 2019. Calculation of earth pressure on culvert underlying flexible subgrade, *Results in Physics*, 12, 535-542.

- Özaydın, V., 2021. Zemin mekaniği laboratuvar deney yöntemleri, formları ve Ts En Iso/Iec 17025'e göre belirsizlik hesapları- T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı , Türkiye, ISBN: 978-605-7599-89-6.
- Penman, ADM., Charles, J.A., Nash J. ve Humphreys J.D., 1975. Performance of culvert under winscar dam, *Geotechnique*, 25, 4, 713–30.
- Song, D., Chen, B. ve Khan, A., 2020. Analytical solution of the vertical earth pressure on load-shedding culvert under high fill, *Computers And Geotechnics*, 122, 103495.
- Spangler, M.G., 1948. An appraisal of modern research, *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113, 1, 316–45.
- Trollope, D.H., Speedie, M.G. and Lee, I.K., 1963, Pressure measurements on tullaroop dam culvert, *Proceedings of the 4th Australia-New Zealand Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Perth, Australia, 81–92.
- Yatsumoto , H., Mitsuyoshi ,Y., Sawamura , Y. ve Kimura, M.,2019. Evaluation of seismic behavior of box culvert buried in the ground through centrifuge model tests and numerical analysis, *Underground Space*, 4, 2, 147-167.
- Yayla, N. 2004. Karayolu Mühendisliği, Birsen Yayınevi, Türkiye
- URL-1 < <https://Kim-Muhendislik.Omu.Edu.Tr/Tr/Belgeler/Deney-Foeyleri-Ve-Izlenceleri/Elek-Analizi.Pdf> > Erişim Tarihi: 01.06.2023.
- URL-2 < <https://Kalekim.Com/4004-Tamirart-S40> >, Erişim Tarihi: 01.06.2023.
- URL-3 < <https://yapiisleri.csb.gov.tr/zemin-ve-temel-etudu-uygulama-esaslari-ve-rapor-formati-haber-238674> >, Erişim Tarihi: 07.07.2023.
- URL-4 < https://kupdf.net/download/karayolu-tasar-305-m-el-kitab-305-2005_59f62e77e2b6f5cb7e17c132_pdf >, Erişim Tarihi: 08.07.2023.
- URL-5 < <https://kaplanbeton.com.tr/130x180x100-kutu-menfez/>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.
- URL-6 < <https://www.sanalsantiye.com/menfez-nedir-menfez-cesitleri-nelerdir/>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.
- URL-7 < <https://santiyede.com/menfez-nedir-cesitleri-nelerdir/>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.
- URL-8 < <https://www.sanalsantiye.com/sanat-yapilari/>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.
- URL-9 < <https://help.idecad.com.tr/ideCAD/geoteknik-raporu-hazirlama>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.

URL-10 < <https://docplayer.biz.tr/196560-Zemin-mekanigi-deneyleri.html>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.

URL-11 < <https://jeogenc.net/elek-analizinin-amaci-nedir-kac-cesit-elek-var.html>>, Erişim Tarihi: 01.06.2023.

URL-12 < <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2-1.pdf>>, Erişim Tarihi: 04.06.2023.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Rana GÜLER ADACA

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
2016-2020

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim
Dalı, 2020-2023

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Karayolları1. Bölge Müdürlüğü Kurumu / Yaz Stajı
2. Can İnş. Tic. A.Ş. Kurumu / 04.2022-11.2022

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Güler Adaca, R. ve Bektaş, S. 2023 Yüksek Dolgu Altındaki Rijit Menfezlerin Davranışlarının İncelenmesi, 3. Uluslararası Avrasya Yapı Malzemeleri, Mimarlık Ve Mühendislik Bilimleri Kongresi, Gaziantep, Türkiye, 25-26 Haziran 2023, Sayfa 81-88.