T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEMALİYE VE YÖRESİ DAM TOPRAKLARININ İNDEKS VE GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİKLERİ

BURAK BİLGE HAN YOLCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOTEKNİK PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. MEHMET BERİLGEN

İSTANBUL, 2018

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEMALİYE VE YÖRESİ DAM TOPRAKLARININ İNDEKS VE GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİKLERİ

Burak Bilge Han YOLCU tarafından hazırlanan tez çalışması 27.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Mehmet BERİLGEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Dilek EKŞİ AKBULUT

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mehmet BERİLGEN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Nabi YÜZER

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Aykut ŞENOL

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2012-03-01 KAP01 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Zaman, akışıyla istisnasız doğada canlı ve cansız tüm varlıkları eskiten bir olgudur. İnsanoğlunun varoluşundan bu güne ürettiği yapıtlar da zamanla yıpranmakta ve/veya medeniyetlerin gelişme sürecinde yok olmaktadır. İnsanoğlunun geçmişte ürettiği yapıtlar geçmişle ilgili bilgiler vermekle birlikte geçmişle bağ kurmasını da sağlamaktadır. Bu sebeple geçmişten günümüze aktarılan eski yapıtların gelecek kuşaklara aktarılması bilinci insani bir görevdir. Bu bağlamda tarihi yapılar geçmişe açılan bir pencere, hatta zaman yolculuğunun ta kendisidir. Görmeyi becerebilen için sadece bir nesne değil yaşanmışlıklarla dolu bir sahnedir adeta. Bunların en iyi örneklerini İstanbul'da ve Anadolu'nun birçok yerinde görmek mümkündür. Anadolu'nun şirin ilçelerinden biri olan Kemaliye'nin geleneksel evleri bu örneklerden biridir.

Zengin Anadolu kültürünün tüm insanlığa mirası olan Kemaliye evleri 250 yıla yakın bir zamandır varlıklarını sürdürebilmiş canlı örnekleriyle geçmişe ışık tutan değerlerimizdendirler. Yapımlarının her aşamasında insan eli emeğinin yer aldığı bu evler doğanın bize sunduklarıyla yine onunla uyum içerisinde kalacak şekilde biçimlendirilmişlerdir. Kuruldukları arazinin yapısına göre şekil verilen ve ağaç, kaya, toprak gibi doğal malzemelerle inşa edilen evlerin varlıklarının devamı da yine kendisine emek veren insanlar yardımıyla sağlanabilmektedir zira insan elinin yardımı olmadan evler zamanla yeniden, yağmur ve kar gibi etkilerle doğaya karışabilmektedirler. Büyük şehirlere göçün önlenemeyen yükselişiyle giderek yalnızlaşan Kemaliye evlerinde gerekli bakımların yeterince yapılamayışı nedeniyle yalıtım sorunları ortaya çıkmış, evlerin bir kısmı yıkılmış kalan kısmıysa adeta başkalaşım geçirmiş durumdadır. Dış cephelerine ve dam üstlerine yerleştirilen metal levhalarla adeta bir şövalyeyi andıran evler, bu şekilde varlıklarını sürdürebilseler de özgün kimlikleri zedelenmiştir.

Kemaliye evlerinin varlıklarını koruyabilmek ve özgün yapılarını geri kazandırarak geleceğe ulaşmalarını sağlamak amacıyla çıkılan bu yolda; başta yol göstericilerim, değerli danışman hocalarım Prof. Dr. Mehmet BERİLGEN ve Dr. Dilek EKŞİ AKBULUT'a teşekkürlerimi sunarım. Beni büyük bir sabırla en başından beri destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İngilizce çeviriler için yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Uğur YILDIZ, Melike BENLİKAŞ ve Yavuz ACAR'a, görseller konusundaki destekleri için Burçin ARACI'ya, yazım kontrolünde yardımları için değerli arkadaşlarım Alihan ARACI'ya ve Sevgim Nihan AKIN'a teşekkürlerimi sunarım. Her an değerli fikirlerine danışabildiğim Münire DÜLGER, Erdoğdu SAVAŞKAN ve Mümin SOYALAN'a teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim. İhtiyacım olduğunda umudumu canlı tutabilmem

için bana destek olan tüm dostlarıma ve çalışmalarından faydalandığım tüm araştırmacılara teşekkür ederim.

Ayrıca lisans öğrenimim boyunca annemi her özlediğimde, çaktırmadan soluğu yanında aldığım, desteğini her zaman hissettiğim çok değerli hocam Prof. Dr. İlknur BOZBEY'e teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2018

Burak Bilge Han YOLCU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ xi

ŞEKİL LİSTESİ xii

ÇİZELGE LİSTESİ xiv

ÖZET xv

ABSTRACT xvii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Hipotez 4

BÖLÜM 2

KEMALİYE (EĞİN) 5

2.1 Kemaliye'nin (Eğin) Konumu ve Fiziki Yapısı 6
2.1.1 Kemaliye'nin Konumu 6
2.1.2 Kemaliye'nin Coğrafi ve Jeolojik Yapısı 7
2.1.2.1 Ulaşım 9
2.1.2.2 Nüfus 10
2.1.3 Kemaliye'nin İklim Özellikleri ve Bitki Örtüsü 11
2.2 Kemaliye'nin Kültürel Gelişimi 12
2.2.1 İlçenin Kısa Tarihçesi 12
2.2.2 Sosyal Yapı 13
2.2.3 Ekonomik Yapı 13

BÖLÜM 3

KEMALİYE EVLERİ 15

3.1 Kemaliye Yerleşim Dokusunun Özellikleri 16
3.2 Kemaliye Evlerinin Genel Özellikleri 18
3.3 Kemaliye Evlerinin Biçimsel ve İşlevsel Özellikleri 20
3.4 Kemaliye Evlerinin Yapım Özellikleri ve Malzeme Seçimi 22
3.4.1 Duvarlar 23
3.4.2 Döşemeler 24
3.5 Konut ve Kent Mimarisindeki Özgün Detaylar 25
3.6 Düz Dam / Yetme Ögesi 28
3.6.1 Dam/Yetme Yapılışı 28
3.6.2 Damlarda Meydana Gelen Yapısal Sorunlar ve Nedenleri 30
3.7 Kemaliye'nin Özgün Mimari Dokusunun Güncel Durumu 32
3.7.1 Hatalı Onarım ve Restorasyonlar 34
3.7.2 Plansız Yapılaşma 35
3.7.3 Diğer Sorunlar 36

BÖLÜM 4

ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ 38

4.1 Kıvam Limitleri Deneyleri 39
4.1.1 Likit Limit Deneyi 42
4.1.2 Plastik Limit Deneyi 47
4.1.3 Rötre (Büzülme) Limiti Deneyi 48
4.2 Granülometri (Dane Çapı Dağılımı) Deneyleri 51
4.2.1 Elek Analizi Deneyi 52
4.2.2 Hidrometre (Çökeltme) Analizi 55
4.2.2.1 Hesaplamalar 58
4.3 Spesifik Gravite (Özgül Ağırlık) Deneyi 61
4.4 Zeminlerin Sınıflandırılması 63
4.5 Zeminlerin Sıkıştırılması ve Standart Proctor Deneyi 66
4.5.1 Hesaplamalar 70
4.6 Zeminlerin Geçirimliliği ve Darcy Yasası 72
4.6.1 Zeminin Permeabilitesine Etki Eden Faktörler 73

BÖLÜM 5

KEMALİYE EVLERİ MALZEMELERİNİN ZEMİN İNDEKS ÖZELLİKLERİ 75

5.1 Deneylerde Kullanılan Numuneler 75
5.1.1 Gavcin 81
5.1.2 Sıva Toprağı 81
5.1.3 Pur 82
5.2 Kıvam Limitleri Deney Sonuçları 83
5.3 Elek ve Hidrometre Analizleri Sonuçları 85
5.4 Zeminlerin Sınıflandırılması 88

BÖLÜM 6

GELENEKSEL KEMALİYE EVLERİ TOPRAKLARININ GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ 91

6.1 Zemin Özelliklerinin Geçirgenliğe Etkisi 92
6.1.1 Atterberg Limitleri ve Hidrolik İletkenlik İlişkisi 93
6.1.2 Granülometri ve Hidrolik İletkenlik İlişkisi 93
6.2 Kompaksiyon Değişkenlerinin Geçirgenlik Üzerindeki Etkileri 94
6.3 Permeabilite Deneyleri ve Sonuçları 97

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER 115

KAYNAKLAR 117

EK-A

KATSAYI TABLOLARI 121

A-1 Hidrometre Analizi 121
A-2 Özgül Ağırlık Deneyi 124

ÖZGEÇMİŞ 125

SİMGE LİSTESİ

LL	Likit limit
PL	Plastik limit
SL	Rötre limiti
w	Su muhtevası
w_L	Likit limit su muhtevası
w_p	Plastik limit su muhtevası
w_S	Rötre limiti su muhtevası
w_i	Deney başlangıcındaki su muhtevası
PI	Plastisite indisi
I_P	Plastisite indisi
W	Ağırlık
W_s	Zeminin ağırlığı
W_w	Zeminin katı kısmına eşdeğer hacimde su ağırlığı
G_S	Özgül ağırlık
ΔV	Hacim değişimi
R_n	n'inci elek üzerinde kalan zemin yüzdesi
D	Çap
D_{10}	Efektif çap
D_{50}	Ortalama çap
C_c	Derecelenme katsayısı
C_u	Uniformluk katsayısı
F_m	Menisküs düzeltmesi
F_Z	Sıfır düzeltmesi
F_T	Sıcaklık düzeltmesi
T	Sıcaklık
R_a	Hidrometre okuması
R_C	Düzeltilmiş hidrometre okuması
R	Gerçek hidrometre okumaları
a	Özgül ağırlık için düzeltme katsayısı
K	Sıcaklık ve özgül ağırlığa bağlı düzeltme katsayısı
L	Efektif derinlik
Q	Debi
q	Birim zamanda akan su hacmi
k	Permeabilite katsayısı
i	Hidrolik eğim

Δh	Hidrolik yük farkı
L	Numune boyu
A	Akım yönüne dik numune kesit alanı
R_T	Sıcaklık düzeltme katsayısı
γ	Birim hacim ağırlık
γ_k	Kuru birim hacim ağırlık
γ_{kmaks}	Maksimum kuru birim hacim ağırlık değeri
w_{opt}	Optimum su muhtevası değeri
S_i	Başlangıç suya doygunluk oranı

KISALTMA LİSTESİ

ASTM	American Society for Testing and Materials
ÇEKÜL	Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma ve Tanıtma Vakfı
TOKİ	Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USCS	Unified Soil Classification System

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Kemaliye evi [3] 6
Şekil 2. 2 Erzincan ili ve ilçeleri, güneyde Kemaliye [5] 7
Şekil 2. 3 Kemaliye'nin uydudan görünümü 8
Şekil 2. 4 Kemaliye yerleşmesinin havadan görünümü 9
Şekil 2. 5 Kurutulmak için dama serilen meyveler [16] 14
Şekil 3. 1 Kemaliye evlerinden bir örnek [16] 15
Şekil 3. 2 Asma saçaklı, taş basamaklı sokak [9] 18
Şekil 3. 3 Bahçe ve dut ağaçları [9] 19
Şekil 3. 4 Kemaliye evlerinin arazide biçimlenişi [1] 20
Şekil 3. 5 Taş duvarlar [3] 23
Şekil 3. 6 Ters tavan uygulaması [9] 24
Şekil 3. 7 Kemaliye Akçalı köyünden bir kare 25
Şekil 3. 8 Taş duvarlar ve ahşap kaplamalar 26
Şekil 3. 9 Kibele'yi simgeleyen göğüs figürü 26
Şekil 3. 10 Rıhtım döşeme kaplaması üzerinde motifler [9] 27
Şekil 3. 11 Sembolik değere sahip kapı tokmakları [9] 27
Şekil 3. 12 Loğ taşı ve rıhtım tipi döşeme [16] 29
Şekil 3. 13 Hatice Balioğlu evi düz dam kesiti [16] 30
Şekil 3. 14 Üzeri sac levhalar örtülerek korunmuş bir dam [2] 33
Şekil 3. 15 Dış cepheleri sac ile kaplı evler [9] 33
Şekil 3. 16 Sac levhalarla damların örtülmesi niteliksiz bir onarım ortaya çıkarmıştır [9] 35
Şekil 3. 17 TOKİ konutları [9] 36
Şekil 4. 1 Zeminlerde su muhtevasına bağlı değişimler [23] 39
Şekil 4. 2 Zeminlerde su muhtevası ve hacim değişimi ilişkisi [22] 40
Şekil 4. 3 Casagrande plastisite kartı [24] 41
Şekil 4. 4 Casagrande deney aleti ve oluk açma aleti 43
Şekil 4. 5 Numunenin deney aletine yerleştirilmesi [23] 44
Şekil 4. 6 Numunenin oluk açma aleti ile kesilmesi [23] 44
Şekil 4. 7 Yarığın kapanması ve numune alınacak kısmın belirlenmesi 45
Şekil 4. 8 Su muhtevasını belirlemek amacıyla alınan numunenin kaba yerleştirilmesi [23] 46
Şekil 4. 9 Likit limit deney sonuçlarının gösterimi 46
Şekil 4. 10 Plastik limit deneyi 48

Şekil 4. 11 Hacmini belirlemek için cıvaya daldırılmış numune 50
Şekil 4. 12 Zeminlerin dane boyutlarına göre sınıflandırılması (ASTM) [23] 51
Şekil 4. 13 Sarsma cihazı ile numunenin elenmesi 53
Şekil 4. 14 Elek analizi verilerinin derlenmesi için örnek 54
Şekil 4. 15 Analiz verileriyle çizilen grafik örneği 54
Şekil 4. 16 a) Hidrometrede okuma alınması, b) Menisküs düzeltmesi [23] 57
Şekil 4. 17 Hidrometre analizi için hazırlanmış deney föyü örneği 60
Şekil 4. 18 Elek ve hidrometre analizleri ile oluşturulmuş bir granülometri eğrisi 60
Şekil 4. 19 Numune içerisindeki havanın vakumlanması 62
Şekil 4. 20 Kompaksiyon deney aleti ve kalıbı 68
Şekil 4. 21 Kompaksiyon uygulaması için tokmak düşüşlerinin izlediği yol [32] 69
Şekil 4. 22 Kompaksiyon deneyi sonuçlarının grafikle gösterilmesi 71
Şekil 4. 23 Zemin içerisinden geçen su akımını incelemek amacıyla oluşturulan deney şeması [22] 72
Şekil 5. 1 Bir dış cephe sıvası örneği 80
Şekil 5. 2 İşlenmemiş gavcin örneği 81
Şekil 5. 3 Kuruma çatlaklarını önlemek amacıyla saman ilave edilmiş sıva numunesi 82
Şekil 5. 4 İşlenmemiş pur örneği 83
Şekil 5. 5 Plastisite kartı üzerinde numunelerin gösterimi 84
Şekil 5. 6 Geleneksel Kemaliye evleri topraklarının dane çapı dağılımı eğrileri 86
Şekil 6. 1 Su muhtevasının zemin içindeki kil topakları üzerindeki etkisi [35] 95
Şekil 6. 2 Kompaksiyon moldu permeametresi 98
Şekil 6. 3 Permeabilite deney düzeneği 99
Şekil 6. 4 Gavcinin farklı kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılmasına ait kompaksiyon eğrileri 101
Şekil 6. 5 Sıvanın farklı kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılmasına ait kompaksiyon eğrileri 102
Şekil 6. 6 Su muhtevası ve kompaksiyon enerjisi ilişkisinin gavcinin hidrolik iletkenliğine etkisi 105
Şekil 6. 7 Su muhtevası ve kompaksiyon enerjisi ilişkisinin sıvanın hidrolik iletkenliğine etkisi 107
Şekil 6. 8 Gavcin numunelerinde kompaksiyon enerjisi – hidrolik iletkenlik ilişkisi . 108
Şekil 6. 9 Sıva numunelerinde kompaksiyon enerjisi – hidrolik iletkenlik ilişkisi 109
Şekil 6. 10 Permeametre deneyi sonrasında numune yüzeyinde meydana gelen küflenme (Gavcin, %80 SP, w_{opt} +%3) 110
Şekil 6. 11 Hidrolik iletkenlik ölçümü sonrası kurumaya bırakılmış bir numune (Sıva, Standart Proctor, w_{opt} -%3) 111
Şekil 6. 12 Gavcin numunelerinde kuruma sonrası ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri 113
Şekil 6. 13 Sıva numunelerinde kuruma sonrası ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri 114

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 TUİK verilerine göre 1965 yılı ve sonrası Kemaliye nüfus değerleri [7] .. 10
Çizelge 2. 2 Kemaliye'nin ortalama sıcaklık ve yağış değerleri [2] 11
Çizelge 4. 1 Analizlerde kullanılan elek takımı 52
Çizelge 4. 2 Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre çakıl sınıfları [26] 64
Çizelge 4. 3 Çakıllar için sınıflandırma kriterleri [26] 64
Çizelge 4. 4 Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre kum sınıfları [26] 65
Çizelge 4. 5 Kumlar için sınıflandırma kriterleri [26] 65
Çizelge 4. 6 Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre ince daneli zeminler [26] 66
Çizelge 4. 7 İnce daneli zeminler için sınıflandırma kriterleri [26] 66
Çizelge 5. 1 Laboratuvar araştırmaları için Kemaliye ve Kemaliye evlerinden alınan numuneler 77
Çizelge 5. 2 Kıvam limitleri sonuçları 84
Çizelge 5. 3 Granülometri analiz sonuçları 87
Çizelge 5. 4 Numunelerin zemin sınıfları 88
Çizelge 6. 1 $k \leq 1\times10^{-7}$ cm/sn değerini sağlayabilecek zemin özellikleri [39] 92
Çizelge 6. 2 Sıcaklık düzeltme katsayıları [46] 100
Çizelge 6. 3 Gavcin (G) γ_{kmaks} – w_{opt} değerleri 101
Çizelge 6. 4 Sıva (S) γ_{kmaks} – w_{opt} değerleri 102
Çizelge 6. 5 Permeabilite deneylerinde kullanılan gavcin numunelerinin kompaksiyon özellikleri 103
Çizelge 6. 6 Permeabilite deneylerinde kullanılan sıva numunelerinin kompaksiyon özellikleri 103
Çizelge 6. 7 Gavcin numuneleri üzerinde ölçülen permeabilite (k) değerleri 104
Çizelge 6. 8 Sıva numuneleri üzerinde ölçülen permeabilite (k) değerleri 106
Çizelge 6. 9 Gavcin numunelerinin kuruma sonrası ölçülen permeabilite (k) değerleri 112
Çizelge 6. 10 Sıva numunelerinin kuruma sonrası ölçülen permeabilite (k) değerleri 114

ÖZET

KEMALİYE VE YÖRESİ DAM TOPRAKLARININ İNDEKS VE GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİKLERİ

Burak Bilge Han YOLCU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet BERİLGEN

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Dilek EKŞİ AKBULUT

Kil içeriği yüksek zeminlerin, sıvı akımını engellemek ve yalıtım sağlamak amacıyla sıkıştırılarak kullanılması oldukça yaygın bir uygulamadır. Bu yöntem daha çok atık depolama alanları veya toprak gövdeli barajlar gibi büyük yapılardaki uygulamalarıyla ön plana çıkmış ve araştırma konusu olarak görülmüş olsa da ülkemizde geleneksel konut mimarisi içerisinde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da evleri yağmur ve kar gibi dış etkilerden korumak amacıyla kullanımı oldukça yaygın olmuştur. Geleneksel Kemaliye evlerinde de dış cephelerin sıvanması ve evin üstünü örten dam örtüsünün oluşturularak su yalıtımının sağlanmasında killi topraklardan faydalanılmıştır.

Geleneksel Kemaliye evleri eğimli bir çatı ile örtülmemiş, yazlık yaşama ve çeşitli üretim faaliyetlerine imkân sağlaması amacıyla evlerin üstü düz dam şeklinde kullanılmıştır. Dam ya da yerel adıyla yetme, ahşap döşeme kirişleri üzerine serilen ve su geçirmez olarak nitelendirilen gavcin adı verilen killi toprağın loğ taşı yardımıyla sıkıştırılması ile oluşturulmuştur. Sıkıştırılan gavcin evlerin suya karşı yalıtımını sağlamak açısından yeterli olsa da bu etkinin devamlılığı için yağışlardan sonra tekrar loğ taşıyla sıkıştırma işleminin yapılması bir gerekliliktir.

Islanma – kuruma döngüsünün geçirimsizlik üzerinde olumsuz etkileri sebebiyle Kemaliye evlerinde damın koruyucu etkisinin devamlılığı sadece insan eli yardımıyla mümkün olmuştur. Zaman içerisinde çeşitli nedenlerle artan göçün sebep olduğu nüfus kayıpları evlerin terk edilmelerine ve devamında bakımı yapılmayan damın evi dış

etkilerden koruyucu özelliğini yitirmesine yol açmıştır. Yalıtım sorunları zamanla yapısal iskeleti de hasara uğratırken bu durum evlerin yıkılmalarına kadar varabilen sonuçları doğurmuştur.

Kemaliye evleri günümüze kadar ulaşabilen sınırlı sayıdaki örnekleriyle kültürel mirasımızın önemli bir parçası olarak koruma altına alınmışlarsa da bu örnekler evlerin özgün yapılarıyla bağdaşmayan koruma amaçlı önlemlerle donatılmışlardır. Evlerin dış cepheleri ve dam üstleri sac levhalarla kaplanmış ve ancak bu şekilde varlıklarını sürdürebilmeleri sağlanmıştır. Özgün yapılarıyla hiç bağdaşmayan bu çözümler Kemaliye evlerini adeta zırhlarını kuşanmış şövalyeler haline getirmiştir.

Bölgenin ulaşım koşullarının sınırlı olması ve eski canlılığını yitirmesi sebebiyle evlerde meydana gelen sorunların ve evlerin geleneksel mimarimiz açısından taşıdığı önemin fark edilmesi ancak yakın geçmişte mümkün olmuştur. Bu konuyla ilgili olarak bugüne kadar yapılan çeşitli araştırmalarla evlerin yapısal detayları ve sorunları ortaya konulmuşsa da sorunların özgün yapıyı geri kazandırabilecek şekilde çözümüne yönelik bu ve benzeri araştırmalar yeni yeni yürütülmektedir.

Araştırma kapsamında; Kemaliye evlerinden alınan örneklerle birlikte dam örtüsü ve sıva yapımında yapı malzemesi olarak kullanılan topraklar üzerinde laboratuvar deneyleri yapılarak malzemelerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve böylece uygun çözüm yollarının geliştirilebilmesi için gereken altyapının oluşturulması amaçlanmıştır. Numuneler üzerinde; kıvam limitleri, elek ve hidrometre analizleri, özgül ağırlık (piknometre), Proctor ve hidrolik iletkenlik deneyleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kemaliye evleri, indeks özellikleri, hidrolik iletkenlik, sıkıştırılmış kil tabakalar, enerjisi azaltılmış Proctor deneyi

ABSTRACT

INDEX AND PERMEABILITY PROPERTIES OF KEMALİYE REGION'S ROOF SOILS

Burak Bilge Han YOLCU

Department of Civil Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Mehmet BERİLGEN

Co-Adviser: Assist. Prof. Dr. Dilek EKŞİ AKBULUT

The usage of soils with high clay content to block of liquid flow and provide to isolation is a very common application. Although this procedure has been mainly focused on large-scale applications such as landfills or earthfill dams and considered as a research subject, it has become common practice in our country in traditional residential architecture, especially in Eastern and Southeastern Anatolia to protect houses from external effects such as rain and snow. At traditional Kemaliye houses also have been benefited from clayey soils to build roof which covers the houses and provide isolation of water.

Traditional Kemaliye houses are not covered with an inclined roof, to enable summer usage and several productive activities the top of the houses are used as a flat roof. The roof or ''yetme'' by local name is formed by a clayey soil that characterized by waterproof and known as ''gavcin'' which is laid on wooden beams compressing by a cylindrical stone named ''loğ''. Although the compressed gavcin is sufficient to provide waterproofing of the houses it is a necessity to carry out the compression after the rainfall for the continuity of this effect.

At the Kemaliye houses, it is possible to sustain the roof's protective effect by the help of mankind due to adverse effect of the wetting – drying cycle on the impermeability. Loss of population caused by increasing migration due to various reasons over time has led to the abandonment of the houses and causes the neglected roofs to lose its

protective effect on the houses against external influences. The isolation problems caused damage to the wooden-frame over time and this situation caused bad consequences even destruction of houses.

Even though Kemaliye houses are preserved as an important part of our cultural heritage with limited number of extant examples, these examples are equipped with protective measures that are incompatible with the original structures of the houses. The outer walls of the houses and the roof tops are covered with sheet metal and it is ensured that the houses have been sustained in this way. The solutions which are incompatible with the original constructions have made Kemaliye houses almost like knights in armor.

It is only in the recent past that it is possible to recognize the problems of the houses and the importance of the houses for our traditional architecture due to the restricted transportation conditions of the region and the loss of its former vitality. Although the structural details and problems of houses have been presented with various researches made up to this point, this and similar investigations which aimed at resolving problems that can restore originality are newly being carried out.

In the scope of the research, it is aimed to determine the engineering properties of soils that used as building materials to build roofs and plastering at Kemaliye houses to establish a foundation for developing appropriate solution ways by making laboratory tests on samples which taken from Kemaliye houses. On the samples; Atterberg limits, sieve and hydrometer analysis, specific gravity, Proctor and hydraulic conductivity tests were carried out.

Keywords: Kemaliye houses, index properties, hydraulic conductivity, compacted clay liners, Proctor tests with reduced effort

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Toprak insanoğlu için son derece önemli bir malzemedir. Bu malzeme sayesinde insanoğlu, temel yaşam ihtiyacı olan besinlerinin önemli kısmını bu malzeme içinde yetiştirmekle birlikte onu malzeme olarak kozmetikten inşaata birçok alanda kullanmaktadır. İnsanoğlunun tarımı keşfetmesinden sonra bu verimli malzeme ile dış etkenlerden kendini koruyabileceği evler inşa etmiştir. Özellikle taşın bulunmadığı bölgelerde kolay işlenmesi ve ucuz olması yanında mükemmel ısı yalıtımı sağlaması ile toprak tercih edilen bir inşaat malzemesi olmuştur. Dünyanın çeşitli bölgelerinde toprak ile inşa edilmiş farklı mimari özelliklere sahip toprak evler bulunmaktadır. Zayıf dayanımlı bir malzeme olması nedeni ile depremde kolay yıkılması, yüksek katlı yapılar inşa edilmesinin mümkün olmaması ve sık bakıma ihtiyacı olması gibi nedenlerden dolayı dünyada sadece az gelişmiş bölgelerdeki insanlar tarafından halen tercih edilen bir malzemedir. Günümüz Türkiye'sinde ise inşası nerdeyse tamamen terk edilmiş olan bu toprak binalara atalarımızın mirası olarak özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da sıkça rastlanmaktadır. Geleneksel mimariye sahip bu evler kil muhtevası yüksek malzemenin çamur haline getirilip içine saman katılarak kalıplara dökülüp kurutulmasıyla elde olunan kerpiç kalıpları ile inşa edilmiştir. Bu evler genellikle eğimli bir çatı ile örtülmeden, yazlık yaşama ve çeşitli üretim faaliyetlerine imkân sağlamak amacıyla düz dam şeklinde inşa edilmiştir. Dam, ahşap döşeme kirişleri üzerine serilen ve su geçirmez olarak nitelendirilen killi toprağın loğ taşı yardımıyla sıkıştırılması ile oluşturulmuştur. Sıkıştırılan killi toprak, evlerin suya karşı yalıtımını sağlamak açısından yeterli olsa da bu etkinin devamlılığı için yağışlardan sonra tekrar loğ taşıyla sıkıştırma

işleminin yapılması gerekmektedir. Islanma – kuruma döngüsünün geçirimsizlik üzerinde olumsuz etkileri sebebiyle bu geleneksel evlerin damlarının koruyucu etkisinin devamlılığı sadece insan eli yardımıyla mümkün olmuştur. Zaman içerisinde çeşitli nedenlerle artan göçün sebep olduğu nüfus kayıpları evlerin terk edilmelerine ve devamında bakımı yapılmayan damın evi dış etkilerden koruyucu özelliğini yitirmesine yol açmıştır. Yalıtım sorunları zamanla yapısal iskeleti de hasara uğratırken bu durum evlerin yıkılmalarına kadar varabilen sonuçları doğurmuştur. Böylesi bir durum Kemaliye, eski adı ile Eğin'de, yaşanmaktadır. Kemaliye Anadolu'nun eşsiz güzellikteki noktalarından biri olup geleneksel mimarisi ile ön plana çıkmaktadır. Kemaliye evleri günümüze kadar ulaşabilen sınırlı sayıdaki örnekleriyle kültürel mirasımızın önemli bir parçası olarak koruma altına alınmışlarsa da bu örnekler evlerin özgün yapılarıyla bağdaşmayan koruma amaçlı önlemlerle donatılmışlardır. Evlerin dış cepheleri ve dam üstleri sac levhalarla kaplanmış ve ancak bu şekilde varlıklarını sürdürebilmeleri sağlanmıştır. Özgün yapılarıyla hiç bağdaşmayan bu çözümler ile Kemaliye evleri, adeta zırhlarını kuşanmış şövalyelere benzemektedir. Bölgenin ulaşım koşullarının sınırlı olması ve eski canlılığını yitirmesi sebebiyle evlerde meydana gelen sorunların ve evlerin geleneksel mimarimiz açısından taşıdığı önemin fark edilmesi ancak yakın geçmişte mümkün olmuştur. Bu konuyla ilgili olarak bugüne kadar yapılan çeşitli araştırmalarla evlerin yapısal detayları ve sorunları ortaya konulmuşsa da sorunların özgün yapıyı geri kazandırabilecek şekilde çözümüne yönelik bu ve benzeri araştırmalara yakın zamanda başlanmıştır. Bu tez çalışması bunlardan biri olup tezin amacı aşağıda verilmiştir. Tezde ortaya konan hipotez aşağıda belirtilmiş ve tezin organizasyonu bu bölümde verilmiştir. Tezin ikinci bölümünde Kemaliye(Eğin) tanıtıldıktan sonra üçüncü Bölümde Kemaliye evleri üzerine yapılan araştırmalarla ilçe ve ilçe halkının yaşayışı hakkında eski zamanlara kadar uzanan birçok bilgi sunulmakla birlikte evlerin yapım tekniği, kullanılan yapı malzemeleri ve evlerin biçimsel ve işlevsel özellikleri detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur. Tüm bu detaylarla Kemaliye evlerinin özgünlüğü belirtilerek insanlığın ortak kültürel mirası olarak görülmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Yine bu çalışmalarla evlerin önemi belirtilmiş, zaman içerisinde meydana gelen değişimler ve bu değişimlerin beraberinde getirdiği sorunların evlerin varlığını tehdit eder boyutlara ulaştığı açıkça sunulmuş, acilen gerekli önlemlerin

alınması ve uygun çözümlerin uygulanması gerekliliğinin altı çizilmiştir. Tezin dördüncü bölümünde zemin malzemesi ve zemin mekaniği tanımı verildikten sonra çalışma kapsamında dikkate alınan temel zemin mekaniği kavramları açıklanmıştır. Bu kavramlar zeminlerin indeks ve geçirimlilik özellikleri ile kompaksiyon teorisidir. Beşinci bölümde Kemaliye yöresinden alınan toprak numuneler üzerinde gerçekleştirilen elek ve hidrometre analizi, kıvam limitleri deneyleri, birim hacim ağırlık için piknometre deneylerini kapsayan zemin indeks özellikleri deney sonuçları verilmekte, altıncı bölümde ise kompaksiyon uygulanarak yapılan permeametre deneyleri sonuçları verilmektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalarla elde olunan bulgular ışığında ulaşılan sonuçlar yedinci ve son bölümde açıklamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Kilin geçirimliliğinin düşük olması ve suyla karıştırılıp çamur haline getirildiğinde kolay işlenmesi yanında kendini tutma özelliği yani kohezyonu olması dolayısı ile geleneksel yapıların kerpiç kalıplarını üretmede tercih edilmektedir. Bu özelliği sebebiyle kil içeriği yüksek topraklar ile su tutma yapıları ve atık depolama sahaları için dolgular inşa edilmektedir. Toprağın bu şekilde önemli inşaat mühendisliği yapılarında kullanılması dolgu inşa tekniğinin geliştirilmesini sağlamış ve zemin mekaniği kapsamında uğraşılan önemli konulardan biri olmuştur. Oysa kil içeriği yüksek zemin malzemesi kullanılarak yapılan geleneksel konut yapılarında zemin mekaniği kavramları göz önüne alınan bir mühendislik yaklaşımı bugüne kadar benimsenmemiştir. Bu çalışmada zemin mekaniği bilimi ilkeleri ile Kemaliye evlerinin özgünlüğünü koruyarak yağmur ve kar etkisinden kaynaklanan su yalıtımı sorununu çözmek üzere bu yapıların inşasında kullanılan killi toprakların geçirimlilik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında Kemaliye yöresinden sağlanan killi topraklar üzerinde indeks özelliklerini belirlemek üzere elek ve hidrometre analizi, kıvam limitleri ve birim hacim ağırlık deneyleri ile geçirimlilik özelliklerini belirlemek üzere farklı permeabilite deneyleri yapılmıştır. Kemaliye evlerinin damlarında kullanılan sıkıştırma tekniği ile sağlanan düşük geçirimliliği göz önüne almak için permeabilite deneyleri kompaksiyon uygulanmış numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

1.3 Hipotez

Geleneksel Kemaliye evlerinin inşasında kullanılan yapı malzemelerinin başında toprak gelmektedir. Geleneksel inşa tekniğinde evlerin inşasında kullanılan malzemelerin seçimi yıllarca nesilden nesille aktarılmak suretiyle geliştirilen deneyimlere dayanmaktadır. Bu evlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması için sürekli bakım yapılmasına ihtiyaç duyulmasıdır. Evlerin bakım koşullarının başında cepheleri ve damlarında su yalıtımının sağlanması gelmektedir. Su yalıtımı için cephe sıvalarının ihtiyaca göre yenilenmesi, damlar için se yağmur ve kar yağışları sırasında sıkıştırma uygulanmasıdır. Bu uygulamalar evlerin içinde sürekli yaşayan olması durumunda mümkün olmaktadır. Oysa günümüzde evlerin yazın kullanılması ve bundan dolayı yağışların çok olduğu diğer mevsimlerde boş bırakılması damlarda su yalıtımını sağlamak için yeni uygulama tekniklerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Geliştirilecek yeni su yalıtımı tekniklerinin özgün mimariyi bozmadan yapılması gereğinden damların mevcut halini korumak yoluna gidilmelidir. Böylesi bir çözümü geliştirebilmek için geleneksel Kemaliye evlerinin inşa edildiği toprak malzemelerinin günümüz inşaat mühendisliği yaklaşımları ile incelenmesi gerektiği hipotezi ortaya konabilir. Bu hipotez daha açık olarak şu şekilde ifade edilebilir:

“Geleneksel Kemaliye evlerinin damlarında su yalıtımını özgünlüğü bozmadan yapabilmek için dam toprağının sıkıştırma durumuna göre geçirimlilik özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır”

Yürütülen bu araştırma ile eğer yapı malzemesi olarak kullanılan zeminlerin mühendislik özellikleri bilinirse yalıtım sorunlarının çözümüne yönelik geliştirilebilecek uygun öneriler kullanılarak gereksiz çabalamaların önüne geçilebileceği ve evlere sonradan ilave edilmiş sac levhaların kaldırılabileceği kalıcı ve özgün yapıya uygun nitelikli çözüm yöntemleri geliştirmede bir temel oluşturacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM 2

KEMALİYE (EĞİN)

Anadolu yerleşik yaşamın başlangıcından büyük imparatorluklara uzanan binlerce yıllık ev sahipliği geçmişi sayesinde biriktirdiği kültürel mirasla tüm insanlık adına önemli bir yere sahiptir. Günümüze gelene kadar Anadolu üzerinde yerleşik hayatın ürünü olan birçok kent kurulmuş, bu kentlerin bir kısmı çeşitli gelişmeler (ekonomik, siyasi vb.) karşısında işlevlerini kaybetmiş bir kısmı da zaman içerisinde meydana gelen değişimlere uyum sağlayarak varlıklarını koruyabilmişlerdir [1]. Erzincan iline bağlı Kemaliye ilçesi de zamanın meydana getirdiği değişimlere uyum sağlayabilerek geçmişin izlerini ve geleneksel yapısını koruyabilmiş, kültürel birikimi günümüze kadar ulaşan yerleşimlerden biri olmuştur.

Kemaliye, Osmanlı İmparatorluğu kültürünün ürünü olan ''Türk Evi'' kavramının örneklerini barındırmasıyla önem kazanmış bir yerleşim merkezidir [2]. 19. yüzyılın sonlarından 20. yüzyılın başlarına uzanan döneme ait örneklerle Osmanlı dönemi konut geleneğinin yaşayan temsilcilerinden olan Kemaliye, Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma ve Tanıtma Vakfı'nın (ÇEKÜL) ''7 Bölge 7 Kent'' projesi kapsamında yer almaktadır. İlçe ayrıca ÇEKÜL tarafından Dünya Mirası değerlerinden biri olmak üzere UNESCO'ya aday gösterilmiştir [3].

Bu bölüm altında Dünya Mirası gözüyle bakılan Kemaliye hakkında fiziksel ve kültürel bilgiler sunularak ilçenin tanıtılması amaçlanmıştır.



Şekil 2. 1 Kemaliye evi [3]

2.1 Kemaliye'nin (Eğin) Konumu ve Fiziki Yapısı

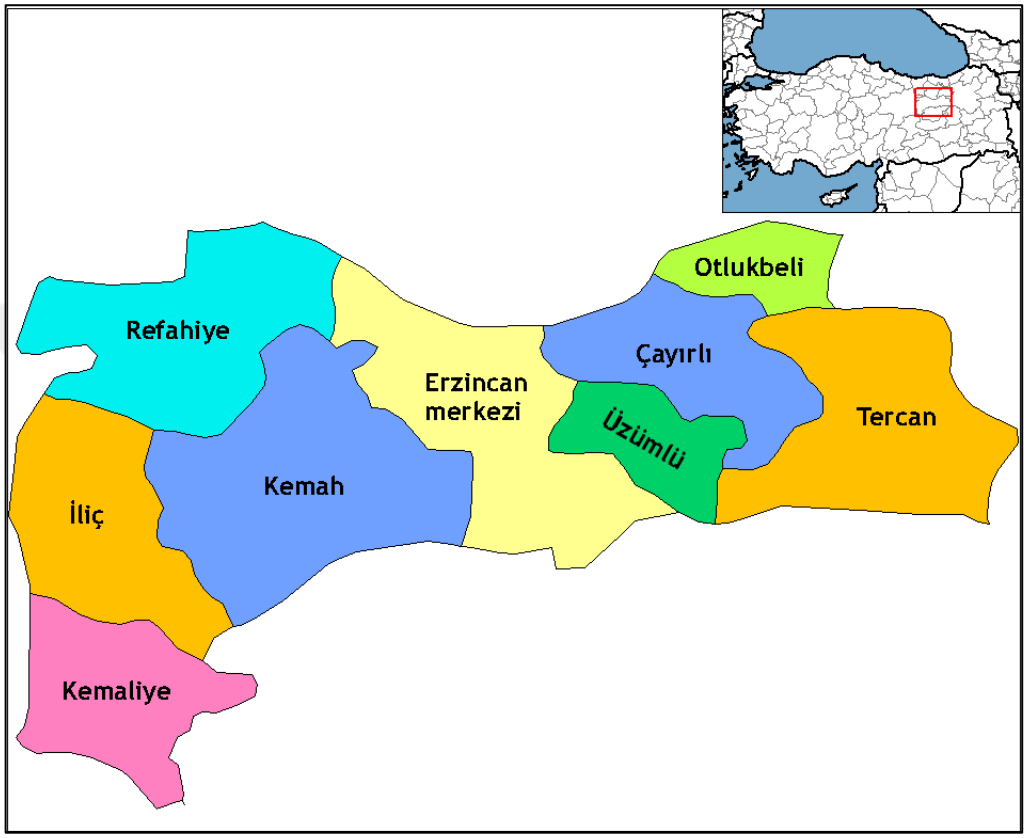
Erzincan il sınırları içerisinde bulunan Kemaliye, coğrafik özellikleriyle adeta bir saklı kenti andırmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin en karakteristik özelliği olan yükseltileri arasında gizlenmişçesine konumlanan Kemaliye (Eğin) bu özelliği nedeniyle ulaşım imkânları açısından kısıtlı ve yetersiz bir yapıya sahip olmuş fakat bu durum özgün dokusunun korunabilmesinde büyük rol oynamıştır [1].

İlerleyen başlıklarda ilçenin coğrafi, jeolojik, iklim ve bitki örtüsü gibi özellikleri üzerinde durulacaktır.

2.1.1 Kemaliye'nin Konumu

Kemaliye, Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatı sınırında bulunan Erzincan ilinin 9 ilçesinden biridir. Erzincan ilinin güneybatısında yer alan Kemaliye, Munzur Dağları'nın

batısında kalan Karasu Vadisi'nde kurulmuş bir yerleşimdir. İlçe merkezi 38°30' kuzey enlemi ile 39°16' doğu boylamı üzerinde olan Kemaliye'nin yüzölçümü yaklaşık 1168 km^2 olup yaklaşık 900 m rakımda bulunmaktadır. İlçenin komşuları; kuzeyde İliç, doğuda Tunceli'nin Çemişgezek, batıda Sivas'ın Divriği, güneyde Malatya'nın Arapgir ve Elazığ'ın Ağın ilçeleridir [4].



Şekil 2. 2 Erzincan ili ve ilçeleri, güneyde Kemaliye [5]

2.1.2 Kemaliye'nin Coğrafi ve Jeolojik Yapısı

Doğu Anadolu Bölgesi'nin karakteristik özelliği olan dağlık yapısı ve buna olarak gelişen yüksek rakım değerlerine sahip yerleşim merkezlerinden biri de Kemaliye'dir. İlçe yerleşkesinin dört bir yanı yüksek dağlarla çevrelenmiş durumda olup bunlar; yerleşimin doğusunda 3188 m rakımlı Munzur, batısında Harmancık, Sarıçiçek ve Hotar, kuzeyinde Çal, Palandöken ve Avaz, güneyinde ise Kırkgöz dağlarıdır. Yerleşim bu yükseltilerin arasından kuzeybatı – güneydoğu yönünde geçmekte olan ve Fırat Nehri'nin bir kolu olan Karasu Nehri'nin derin vadisi etrafında konumlanmıştır [1].

Vadinin doğu yakası dik yapısı sebebiyle yerleşimin bu bölgede gelişmesini sınırlandırmıştır. Yerleşimin geliştiği batı yakasında yerleşim arazisinin topoğrafik yapısı nehrin derinlemesine aşındırmasının birkaç duraklama devresi geçirmiş olduğunu göstermektedir. Nehrin aşındırmasıyla oluşan üç ana sekiden birincisinde bağ, bahçe ve yeşil alanlar bulunmaktadır. İkinci sekiden itibaren başlayan yapılanma alanları üçüncü sekiden sonra Hotar Dağı'nın dik yamaçları tarafından doğal olarak sınırlandırılmıştır. İlçe Karasu Nehri ve vadiye dik yönde akarak nehre karışan önemli su kaynaklarına sahiptir. Kemaliye'nin fiziksel yapısını şekillendiren en önemli unsur olan akarsuları, yerleşimle iç içe geçmiş yeşil alanların oluşmasına imkân vermiş ve özgün bir doku meydana getirmiştir [1].

Şekil 2.3'te Kemaliye'nin uydu görüntülerinden alınmış fotoğrafından da görülebildiği gibi çıplak dağlık araziler arasında yeşil dokusuyla uzanan Kemaliye hemen göze çarpmaktadır. Vadinin doğu yakasının dik yapısı sebebiyle batı yakasında gelişim gösteren yerleşim, arazi koşullarının elverdiği biçimde kuzey – güney doğrultusunda uzanmıştır.



Şekil 2. 3 Kemaliye'nin uydudan görünümü[1]

[1] Görsel Google Earth programı kullanılarak elde edilmiştir.

Yerleşim arazisi %30 - %45 arasında eğime sahip olmakla birlikte dağlık arazi; kalker, konglomera, granit, bazalt gibi verimsiz çıplak alanlardan ibarettir ve toprak varlığı küçük alanlarla sınırlı kalmıştır [6]. Yeterince geniş toprak alanlara sahip olmasa bile zengin su kaynaklarının da yardımıyla bu alanların yeşillendirilmesi sağlatılabilmiştir (Şekil 2.4). Ayrıca Şekil 2.4'te vadinin batı yakasının birden dikleşerek yerleşimin enine gelişim göstermesinin sınırladığı açıkça görülebilmektedir.



Şekil 2. 4 Kemaliye yerleşmesinin havadan görünümü[1]

Fotoğraflarından da anlaşılabileceği gibi arazi yapısının tüm zorlayıcı etkilerine rağmen sahip oldukları imkânları en iyi şekilde değerlendiren Kemaliyeliler yerleşimlerine kazandırdıkları yeşil dokuyu kendi tabirleriyle ''cennet'' olarak adlandırmakla haksız sayılmazlar.

2.1.2.1 Ulaşım

Tarih boyunca Anadolu'da ticari ve politik etkinlikleri oldukça yüksek olan Sivas, Malatya Erzincan ve Elazığ şehirleri ile çevrelenen Kemaliye, konumu nedeniyle, bu merkezleri birbirine ve diğer ticaret ve yönetim merkezlerine bağlayan önemli yollarla

[1]Fotoğraflayan - Dr. M. F. Çelikmen

dolaylı bir şekilde bağlantı kurabilmiştir. Ancak bu dolaylı bağlantıların yeterince iyileştirilemeyişi ilçe topografyasının ulaşımı güçleştiren yapısı ile birleşince zaman içerisinde ilçenin sosyal ve ekonomik anlamda gerilemesine sebep olmuştur [1].

2.1.2.2 Nüfus

İlçenin tespit edilebilir nüfus kayıtları incelendiğinde; ilçe nüfusunda 16. yüzyıl ile 19. yüzyıl aralığında artış meydana geldiği, 19. yüzyıl süresince bir duraklama yaşandığı, 20. yüzyılda ise düzenli bir azalma durumunun söz konusu olduğu görülmektedir [1].

Tarih boyunca gerçekleşen ekonomik gelişmeler etkisiyle özellikle kıyı – liman ve sanayi kentlerinde yoğunlaşmaya başlayan ekonomik faaliyetler, ülke genelinde iç kesimden bu kentlere bir nüfus akışının yaşanmasına sebep olmuştur. Zaten kısıtlı ulaşım imkânlarının olduğu Kemaliye de ekonomik faaliyetlerin uygun bölgelere kayması sebebiyle göç akımından nasibini almış ve ilçe nüfusu giderek azalmıştır.

Çizelge 2. 1 TUİK verilerine göre 1965 yılı ve sonrası Kemaliye nüfus değerleri [7]

Nüfus Değerleri			
Yıl	İlçe Merkezi	Belde/Köy	Toplam
1965	2384	12651	15035
1970	2510	10739	13249
1975	3014	10150	13164
1980	2614	9535	12149
1985	3007	8314	11321
1990	2044	6981	9025
2000	2243	5493	7736
2007	2236	2995	5231
2008	2036	3451	5487
2009	2240	3100	5340
2010	2198	2993	5191
2011	2142	2860	5002
2012	2200	2782	4982
2013	2127	2917	5044
2014	2011	3227	5238
2015	2089	2890	4979
2016	2209	2696	4905
2017	2245	2701	4946

Çizelge 2.1'de Kemaliye ilçesinin 1965 – 2013 yılları arasında yapılan düzenli nüfus sayımlarına ait veriler sunulmuştur. Bu bilgilerden de anlaşılabileceği gibi Kemaliye'nin son nüfus sayımındaki toplam nüfusu 1965 yılıyla kıyaslandığında yaklaşık olarak üçte biri kadardır. İlçe merkezinin nüfusu yıllar içerisinde fazla bir değişim göstermezken köylerindeki nüfus giderek azalmıştır.

2.1.3 Kemaliye'nin İklim Özellikleri ve Bitki Örtüsü

Doğu Anadolu Bölgesi'nde hâkim olarak etki eden sert karasal iklime rağmen Kemaliye özel konumunun iklim üzerinde yarattığı etkiyle bölge geneline göre daha farklı bir durumdadır. İlçe, topografyanın etkisiyle oluşan mikro iklimler nedeniyle daha yumuşak bir iklim yapısına sahiptir [8]. Yüksek dağlarla çevrelenmiş bir vadi içerisinde yer alan Kemaliye'de, Erzincan'daki sert ve kurak karasal iklime karşın daha ılıman bir iklim görülür. Kışlar kısa sürerken, yazlar uzun ve sıcaktır. Yağışlar bahar aylarında yağmur, kışın ise kar şeklindedir. İlçe etrafını çevreleyen dik yükseltiler nedeniyle güneşlenme süresi kısa olmasına karşın ısıyı tutan granit kayaçlar ve vadi içerisinde yoğun hava akımı olamayışı sayesinde sıcaklık gün boyu etkisini sürdürebilmektedir [9].

İlçeyi çevreleyen yamaçlar daha ılıman bir iklime sahip olmasına sebep olsa da bu dik yamaçlar kayalık ve dolayısıyla topraktan yoksun bir yapıdadır. Arazinin kayalık yapısı nedeniyle ilçe genelinin bitki örtüsünü seyrek ağaçlar ve bodur çalılıklar oluşturmaktadır. Yerleşim merkezinde ise evlerin bahçelerinde bulunan meyve ağaçları ve nehre yakın çayırlar sayesinde apayrı bir durum söz konusudur. Dut, ceviz, elma, armut, kayısı, kiraz ve vişne ağaçlarının bulunduğu bahçeler Kemaliye'nin ''Yeşil Eğin'' olarak tanınmasını sağlamıştır [1].

Çizelge 2. 2 Kemaliye'nin ortalama sıcaklık ve yağış değerleri [2]

	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama sıcaklık (C°)	0,3	1,9	5,6	14	18	23	27	27	22	14	6,3	2,0
Donlu gün sayısı	21	14	8	1	-	-	-	-	-	-	6	13
Ortalama yağış (mm)	113	104	103	97	69	24	6	3	10	45	87	124
Kar yağışlı gün sayısı	5	3	2	1	-	-	-	-	-	-	1	2
Karla örtülü gün sayısı	11	11	4	1	-	-	-	-	-	-	1	6

Çizelge 2.2'de Kemaliye'nin aylara göre ortalamaları alınmış sıcaklık ve yağış değerleri verilmiştir. Buradan da görülebileceği üzere yaz ayları oldukça az yağışlı geçerken kışın kar yağışıyla geçen gün sayıları da çok fazla değildir.

2.2 Kemaliye'nin Kültürel Gelişimi

Bu başlık altında Kemaliye'nin kültürel yapısı, ilçenin tarihi geçmişi ve bununla birlikte sosyal ve ekonomik yapısında meydana gelen gelişmelerle kısaca anlatılmaya çalışılmıştır.

2.2.1 İlçenin Kısa Tarihçesi

Kemaliye'nin eski adı Eğin'dir. Eğin adının nereden geldiği ise ancak çeşitli söylentilere dayatılmaktadır. Ünlü gezgin Evliya Çelebi kentin adını kurucu prensesin adı olan Egine'den aldığını anlatır [10]. Ermeni kaynakları ve Avrupalı gezginler ise ilçenin merkezinde bulunan su kaynağına dayanarak, Ermenice kaynak anlamına gelen ''Akn/Agn'' kelimesinin yerleşime ad olarak verildiğini belirtirler [11]. Eğin isminin Türk Dil Kurumu Türkçe Sözlüğü'nde ''sırt – arka'' anlamına karşılık olarak halk ağzında kullanıldığı belirtilmiştir [12]. İlçenin adı 21 Ekim 1922 tarihinde Mustafa Kemal Atatürk'ün ismine izafeten Kemaliye olarak değiştirilmiştir [4].

İlçenin, ismi üzerine anlatılanlardan yola çıkılarak, yıllar içerisinde çeşitli medeniyetlerin sınırları içerisinde kaldığı anlaşılabilmektedir. 11. yüzyıla kadar uzanan yazılı geçmişiyle Kemaliye'de günümüze gelininceye kadar Hitit, Pers, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı imparatorlukları hüküm sürmüştür [1].

Kemaliye 20. yüzyılın başlarına kadar Türk, Ermeni ve Rum halklarının bir arada yaşadıkları bir yerleşim olmuştur. Bizans döneminde Küçük Ermenistan olarak adlandırılan bölgeye Türklerin ilk yerleşimlerinin ise 11. yüzyılda başladığı düşünülmektedir. Daha sonra Yavuz Sultan Selim döneminde Kafkasya'dan getirilen Türk aileler bölgeye yerleştirilmiştir [1].

2.2.2 Sosyal Yapı

Kozmopolit bir geçmişe sahip olan Kemaliye'de Anadolu genelinde yaygın olarak görülen birkaç kuşağın bir arada yaşadığı geniş aile yapısı yaygın olmuştur. Ancak ekonomik nedenlere dayalı olarak erkeklerin genç yaştan itibaren büyük şehirlerde çalışmak amacıyla göç etmeleri ve evin idaresinin yaşlıların simgesel denetimi altındaki kadının sorumluluğu haline gelmesi bu aile yapısına farklılık kazandırmıştır [1]. Çocukların yetiştirilmesi, eğitimi, evlendirilmesi ve ev içindeki her türlü üretim eylemini yönetme ve yönlendirme sorumluluğu kadına ait olmuştur [13].

Gurbette ailesinden ayrı yaşayan erkeğin amaçladığı kendisini ve ailesini en üst sosyal düzeye, daha da önemlisi ekonomik güce kavuşturmak olmuştur ve bu sebeple en çok kazanç sağlayabileceği işlere yönelmiştir [14]. Belgelerden ve Eğin halkından elde edilen bilgilere göre İstanbul'da çalışanlar; kasaplık, tüccarlık, sarraflık, odun kömür ticareti ve devlet görevleri gibi dönemin önemli meslekleri ile uğraşmışlardır [15]. 19. yüzyılda büyük kentlerde elde edilen iş ve kazancın toplumsal tabakalaşmanın ana belirleyicisi olduğu ve toplumsal denetimin bölge dışındaki ekonomik faaliyetlerle zenginleşen kesime geçtiği söylenilebilir [1].

Kemaliye halkı eğitime de önem vermiştir. Vilayet salnamelerinde iyi eğitim ve terbiye almış, gelenek ve göreneklerine bağlı olan halktan övgüyle söz edilmiş, bölgeye gelen gezginler de ilçenin kalabalık ve zeki bir nüfusa sahip olduğunu vurgulamışlardır [1].

2.2.3 Ekonomik Yapı

Kemaliye'nin ekonomik yapısını etkileyen en büyük faktör ilçenin sahip olduğu fiziki çevre koşulları olmuştur. İlçede ekilebilir alanların sınırlı olması dolayısıyla hiçbir dönemde tarıma dayalı bir ekonomik sistem gelişememiştir. Halkın başlıca geçim yollarını hayvancılık ve el sanatlarına dayalı ticaret faaliyetleri oluşturmuştur. Ancak yine de ekilebilir alanlarda yapılan bahçe tarımı ve meyvecilik düzenli olarak sürdürülen bir üretim faaliyeti olmuştur [14].

İlçede çeşitli zamanlarda yay üretimi, pamuklu dokuma ve halıcılık gibi farklı ekonomik faaliyetler ön plana çıkmış; dericilik, ayakkabıcılık, terzilik, marangozluk gibi zanaat dalları gelişim göstermiştir. Ancak zaman içerisinde fabrikasyon ve ithal ürünlerin ülke

pazarına yayılmasıyla yerel faaliyetler gerileyerek halkın geçimini sağlayabilmesi için yeterli olmaktan çıkmıştır [1].

Kemaliye'nin tarımsal anlamdaki tek üretim kaynakları olan bağ ve bahçelerinde yetiştirilen meyvelerin kurutulması veya pekmez, pestil gibi ürünlere dönüştürülerek değerlendirilmesi her dönemde değişmeden devam eden üretim etkinliklerindendir. Özellikle kurutulmuş dutların büyük kentlere satılması ile ekonomiye mevsimlik bir katkı sağlanmaktadır [1].



Şekil 2. 5 Kurutulmak için dama serilen meyveler [16]

Son yıllarda Kemaliye turizm etkinlikleri açısından popüler bir konuma gelmiştir ve bu durum ilçe ekonomisine canlılık kazandırmaktadır. Doğa turizminin yanı sıra özgün mimari ve kültürel değerlere dayalı kültür turizmi de önem kazanmış, yapılan festival ve kültürel etkinlikler ile turizmin gelişmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 3

KEMALİYE EVLERİ

Kemaliye evleri geleneksel Türk evi kavramının Doğu Anadolu Bölgesi içerisindeki temsilcilerindendir. Geleneksel Türk evleri Osmanlı İmparatorluğu döneminde Anadolu ve Rumeli sınırları içerisinde gelişim göstermiş ve kendi özellikleriyle belirginleşmiş bir ev tipidir. Evler yapıldıkları bölgelerdeki fiziki koşullar sebebiyle farklı tiplerde olsalar bile aynı kültürel değerler göz önünde bulundurularak yapılmış oldukları görülmektedir. İnsan odaklı, doğaya ve içerisinde bulunduğu fiziksel çevreye saygılı ve uyumlu olmaları Türk evlerinin ortak biçimleniş prensipleridir [17].



Şekil 3. 1 Kemaliye evlerinden bir örnek [16]

19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başlarındaki görünümlerini ve özgün yapılarını koruyarak günümüze kadar ulaşabilmiş olan Kemaliye evleri farklı bölgelerin yapım tekniklerini barındırmaları ile diğer Anadolu Türk evleri aralarında özel bir konum kazanmışlardır [1].

Daha önce de değinildiği gibi zamanla büyük şehirlere karşı artan ilgi ve bunun ilçe ve köy yerleşimlerinde meydana getirdiği olumsuz etkilerden Kemaliye'de etkilenmiş ve bölgenin kültürel miras konumunda olan özgün mimari yapısı bu durumdan dolaylı olarak zarar görmeye başlamıştır. Doğal ve kültürel yapının bir arada şekillendirerek özgünlük değeri kazandırdığı Kemaliye yerleşimi sürekliliği sağlanması gerekilen bölgesel bir kimlik halindedir [9]. Son zamanlarda özgün mimarinin karşı karşıya olduğu sorunları nitelikli çözümlerle ortadan kaldırmak ve Kemaliye'nin sahip olduğu kültürel değerlerin sürekliliğini sağlayabilmek amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmışsa da onarım uygulamaları konusunda henüz ciddi bir adım atılamamıştır [3].

Bu bölümde yerleşimin araziyle olan etkileşimi, evlerin yapım teknikleri ve genel yapıları ile evlere özgünlük katan detaylar ile Kemaliye'nin özgün mimari yapısının güncel durumu ve sorunları üzerinde durulacaktır.

3.1 Kemaliye Yerleşim Dokusunun Özellikleri[1]

Kemaliye'nin bölgesel kimlik değerini oluşturan temel etkenler yerleşimin doğal yapısı ve köklü kültürel değerleridir. Doğal ve kültürel etkenlere bağlı kalarak gelişen kentsel doku karakteriyle Kemaliye, Anadolu yerleşimleri içinde farklı bir noktada durmakta ve özgün bir değer olarak görülmektedir.

İlçe yerleşimi fiziki şartların belirlediği doğal sınırlar içerisinde gelişmiştir. Fırat Nehri'nin bir kolu olan Karasu Irmağı'nın kenarında kurulu yerleşim, nehre paralel ve çizgisel bir haldedir. İlçe yerleşiminin sınırlarını doğuda Fırat Nehri (Karasu kolu) ve batıda arazinin birden dikleşen yapısı oluşturur. Yüksek ve dik vadi yamaçları ile çevrilmiş durumda olan bölgeye ulaşım imkânlarının zor olması korunaklı bir yapı oluşturmakta, bölgeyi savunmaya elverişli hale getirmektedir. Kurulduğu dönemde

[1] Bu başlık, Alper [1] tarafından hazırlanan ''Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma'' başlıklı doktora tezinden özetlenmiştir.

yerleşim alanı olarak seçilmiş olmasının ana nedeninin bu özelliği olduğu düşünülmektedir.

Fırat Nehri'nin aktığı vadinin doğu yakasında arazi birden dikleşerek yükseldiği için yerleşim nispeten daha uygun olan batı yakasında gelişim göstermiştir. Bu sebeple yerleşimin kuzey – güney doğrultusundaki yayılma alanı 5 km'ye ulaşmaktayken, doğu – batı doğrultusunda ise 700 m'yi geçmemektedir. Dik vadi yamaçları sebebiyle nehre paralel gelişen yerleşimin sürekliliği de yamaçlardan doğup Fırat'a karışan derelerle yer yer kesintiye uğramıştır.

Konut dokusu nispeten elverişli yapıya sahip olan vadinin batı yakasında %30 – 45'lere varan eğimli arazi şartlarında, eğime paralel ve dik yolların iki tarafında sıralanan evler ve bu ev sıralarını eğime dik yönde birbirine bağlayan bahçelerden oluşmaktadır. Genellikle ayrık düzende ve seyrek yapılanma gösteren konutlar su kaynakları yakınlarında yoğunlaşma göstermektedirler. Kadıgölü su kaynağı çevresindeki yerleşime elverişli arazide yoğunluk kazanan konut dokusuyla bu bölge ilçenin merkezi niteliğindedir.

Yerleşim Kadıgölü su kaynağından kuzey – güney doğrultusunda eşyükseltiyi takip ederek geçen yolun vadi tarafı Yukarı Mahalle, nehir tarafı Aşağı Mahalle olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Bu ayrım her ne kadar fiziksel nedenli gibi görünse de bu iki kesim arasında ekonomik bir ayrım da söz konusu olmuştur. Yukarı Mahalle halkını alt ve orta gelir grubu oluştururken Aşağı Mahalle halkını orta ve üst düzeyde gelire sahip tüccarlar, sarraflar, askerler, bürokratlar ve zengin üreticiler oluşturmuşlardır.

Kemaliye'de yollar da arazi yapısına uygun olarak kuzey – güney doğrultusunda gelişim göstermişlerdir. Yolların vadiye dik yöndeki bağlantıları ise genellikle basamaklı oluşumlardır (Şekil 3.2). Eğimli arazi yapısı nedeniyle yerleşimde meydan olarak nitelendirilebilecek bir alan söz konusu olamamıştır. Sokaklar hayvanlara dayalı ulaşıma göre boyutlandırılmış ve yapı alanlarının gelişigüzel parçalanması durumu en aza indirgenmiştir. Bu durum topografyanın parsel ve yol oluşumunu yönlendirici koşullarına ek olarak yapı alanlarının bölünmesini gerektirecek yoğun nüfus artışının olmayışıyla açıklanabilir.



Şekil 3. 2 Asma saçaklı, taş basamaklı sokak [9]

Daha önceki bölümde de belirtildiği üzere ekonomik sebepler yüzünden devamlı olarak dışarıya göç vermiş olan ilçede nüfus artışı 19. yüzyılın sonlarına doğru durağanlık göstermeye başlamış bu durum dolayısıyla yerleşimin fiziksel büyümesi de durma noktasına gelmiş ve mekânsal yapılanma durmuştur. İlerleyen yıllarda nüfus artışının yaşanmayışı da fiziksel yapıda eski dokuyu yok edecek yönde değişikliğe sebep doğurmamış ve yerleşimin 19. yüzyılın sonlarında ulaştığı gelişme sınırları korunabilmiştir. Kemaliye bu anlamda sahip olduğumuz sınırlı sayıdaki yerleşimlerimizdendir.

3.2 Kemaliye Evlerinin Genel Özellikleri

Kemaliye fiziki çevre koşulları ve kültürel değerlerle uyum içerisinde oluşturulmuş kent ve konut mimarisi ile özgün bir yapıya sahip olup kültürel miras niteliğindeki yerleşimlerimizdendir. Odağında insan olan, çevre şartlarıyla uyumlu ve doğaya saygılı yapısıyla özgünlüğe sahip bir yerleşim haline gelen Kemaliye bu yönleriyle diğer Anadolu yerleşimlerinden ayrılmaktadır [9].

Kemaliye evleri Doğu Karadeniz Bölgesi'nin ahşap iskeletli ev mimarisi, Orta Anadolu'nun köylerinde görülen kerpiç mimarisi, Erzurum'dan öteye Kuzeydoğu

Anadolu'nun ahşap hatıllı taş mimarisi ve Sivas'tan batıya uzanan hımış yapım tekniğinde; yani taşıyıcı sistemi ağaç olan kerpiç dolgulu, zemin katı genellikle taş olan bir yapı tekniği ile inşa edilmiş olan konut mimarisi bölgelerinin sınırında yer almaktadırlar [18]. Malzeme ve yapım yöntemlerine göre farklı bölgelere ayrılmış olan Anadolu konut mimarisi içerisinde Kemaliye evleri değişik tekniklerin bir arada kullanılarak yapılmalarıyla karakteristik özellik kazanmışlardır. ''Kemaliye mimarlık tarihimizin konut alanına katkıda bulunacağı gibi, ulusal ve kültürel tarihimizin yorumlanmasında da başvurulabilecek bir kaynak niteliğindedir.'' [1].



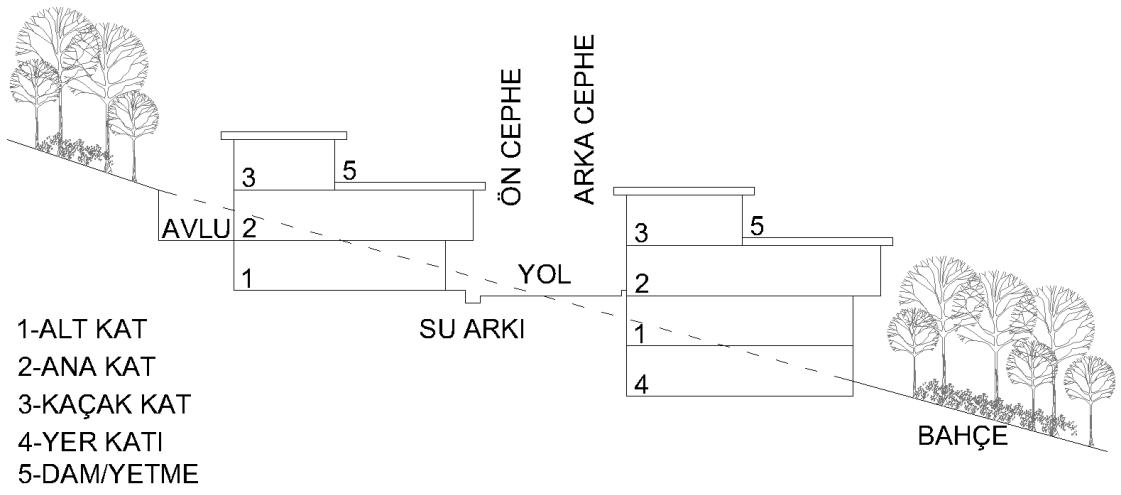
Şekil 3. 3 Bahçe ve dut ağaçları [9]

Eğime paralel ve dik sokakların iki yanında sıralanmış olan geniş bahçeli Kemaliye evleri kalabalık aile yapısına uygun olacak şekilde ve maddi imkânlar doğrultusunda 2 çoğunlukla 3-4 katlı olacak şekilde planlanmışlardır. Evlerin ön cepheleri Fırat Nehri'ni görecek şekilde kurgulanmış olup sokak ana görsel yönlendirici olarak önem kazanmamış, ev ile yalnızca giriş düzeyinde ilişkilendirilmiştir. İlçenin bitki örtüsünün zayıf olmasına rağmen nehre yakın geniş bahçeli evlerle ve bu bahçelerde yer alan meyve ağaçları ile fiziki mekân örtüsü içerisinde yeşil egemen kılınmıştır (Şekil 3.3) [1].

Kemaliye'de fiziksel dokunun temel bileşeni olan evler 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyılın başlarındaki görünümleri ile günümüze ulaşmış durumdadırlar. 19. yüzyılda bölgeyi ziyaret etmiş olan gezgin ve araştırmacılardan Moltke ''…sadece evlere bakınca insan kendini İstanbul'da sanıyor.'' diyerek evlerin İstanbul evlerine benzerliğini belirtmiştir [19]. Bu durum vilayet salnamelerindeki bilgiler ile de desteklenmektedir. Alper [1] tezinde bu benzerliğin oluşmasını Eğinlilerin İstanbul ile ekonomik ilişkilere dayalı bağlantılarından kaynaklanmış olabileceği şeklinde yorumlamıştır. Kemaliye evlerinin 19. yüzyıl öncesine uzanan dönemde de benzer görünüşe sahip olup olmadığını açıklayabilecek veriler mevcut değildir.

3.3 Kemaliye Evlerinin Biçimsel ve İşlevsel Özellikleri

Kemaliye'de eğimli arazi yapısının meydana getirdiği zorunluluk sebebiyle yatayda gelişen yapıların yerine çok katlı yapı tasarımı tercih edilmiştir. Yapının eğimli arazideki konumunun belirleyici olduğu kat sayısı değişim göstermekle birlikte, yerleşim içerisinde mevcut olan evlerin tümünde iki tam kat (alt kat ve ana kat) bulunmaktadır. Ana katın üzerinde taban alanı yaklaşık olarak ana katın yarısı olan ''Kaçak Kat'' yer almaktadır. En altta bulunan ''Yer Katı'' ise yapının yol ile doğrudan ilişki seviyesine ve arazinin eğimine bağlı olarak, bazı evlerde dış cepheden algılanabilen ikinci bir alt kat ya da toprağa gömülü bodrum şeklinde olabilmektedir fakat yer katı oluşumuna her evde rastlanılmamaktadır (Şekil 3.4). Böylelikle kat adedi sınırının kaçak kat ile birlikte dört kat olduğu söylenilebilir [1].



Şekil 3. 4 Kemaliye evlerinin arazide biçimlenişi [1]

Sadece yaşam alanı olarak değil aynı zamanda üretim ve hizmet alanı olarak da kullanılmış olan Kemaliye evleri; sosyal, kültürel ve ekonomik konumun belirlediği ilişkiler düzeni içinde ailenin günlük yaşantısında gerçekleştirdiği eylemlere uygun olarak tasarlanmışlardır. Evlerde günlük eylemlerin gerektirdiği işlevsel mekânları oturma ve servis birimleri şeklinde iki gruba ayırmak mümkündür. Oturma birimleri, mevsimlik kullanıma ayrılmış yazlık ve kışlık odalar; halkın sosyal ve kültürel değerlerine göre özelleşmiş ‘’Selamlık Odaları’’ ve ‘’Başodalar’’; sofanın oturma işlevli bölümü niteliğindeki ‘’Divanhane’’ gibi mekânları içermektedir. Servis birimleri ise ailenin kendi kullanım ve tüketimi için beslenen hayvanların barınmasına ayrılmış ‘’Ahır’’ ve ‘’Samanlık (Merek)’’;mevsimlik yiyeceklerin korunduğu ‘’Kiler’’ ve ‘’Soğukluk’’, ‘’Mutfak’’, sebze ve meyvelerin kurutulması gibi işlemlerde kullanılan ‘’Dam (Yetme)’’ ve konuk odalarına hizmet eden ‘’Kahve Ocağı’’ndan oluşmaktadır [1].

Oturma ve servis birimleri yer katı haricinde tüm katlara dağılım gösterebilmektedir. Oturma birimleri ana katlarda daha çok alan kaplamakta, servis birimleri ise alt ve kaçak katlarda yoğunlaşmış durumdadır. Yer katları ise ahır, samanlık, odunluk gibi sadece servis işlevli mekânlara ayrılmış olup bu kat tüm evlerde bulunmamaktadır.

Eğimli arazi şartlarına uyum sağlayacak şekilde düşeyde gelişen evlerde Fırat Nehri’ne dönük olan cepheler ön cephe olarak tasarlanmışlardır. Evlerde, oturma birimlerinin görsel ilişki kurma eğiliminde olduğu dış çevre sokak olmamıştır. Oturma birimleri ön cephede konumlanmış ve arka cephe ise servis birimlerine ayrılmıştır. Ayrıca arazinin eğimli oluşu kaçak kat düzeyi hariç tüm katların dış çevre ile doğrudan ilişkisini olanaklı kılmış ve bu durum katların bağımsız kullanılabilmesini sağlayarak konut dokusuna da karakteristik bir özellik kazandırmıştır. Katların birbirlerinden bağımsız olarak kullanılabilmeleri oturma ve servis birimlerinin tüm katlarda birlikte bulunmasının sebebi olarak gösterilebilir [1].

Geleneksel Kemaliye evlerinin üzerleri (ana katın üzeri) eğimli bir çatı ile örtülmemiş, yazlık kullanım ve çeşitli üretim faaliyetlerine olanak sağlaması açısından düz dam, yerel adıyla yetme, olarak bırakılmışlardır. Damda gerçekleştirilen üretim eylemleri sırasında oturma birimi ve kiler görevi görmesi amacıyla yapılan kapalı bölüm ise kaçak kat olarak adlandırılmıştır [1].

3.4 Kemaliye Evlerinin Yapım Özellikleri ve Malzeme Seçimi

Kemaliye evlerinin yapımında, ahşap taşıyıcı sistemin aralarının kerpiç dolgu ile doldurulduğu geleneksel bir yapım tekniği olan, ''Hımış'' yapım tekniği kullanılmıştır [2]. Hımış tekniğinin uygulandığı evler; ana kat düzeyine kadar ahşap hatıllı moloz taş, ana kat ve kaçak katı kerpiç dolgulu ahşap karkas olarak inşa edilmişlerdir [1].

Yapı malzemesi olarak moloz taş, ahşap ve kerpicin kullanıldığı evlerde; ahşabın yapı elemanı olarak tercih edilmesi bölgedeki diğer yerleşimlerden farklı bir özellik kazandırmış olup kerpiç kullanımı sadece ahşap taşıyıcı sistemin dolgu elemanı olmasıyla sınırlandırılmıştır [9].

Yerleşim arazisinin fiziki yapısının doğal yapı malzemelerinin belirlenmesindeki yönlendiriciliği düşünüldüğünde Kemaliye evlerinin tamamen taş yapılar olarak da inşa edilebileceği düşünülebilirdi. Ancak Fırat Nehri'nin varlığı Kemaliye'de yetersiz olan ahşap yapı malzemelerinin çevre yerleşimlerden temin edilebilmesini olanaklı kılmıştır. Refahiye ormanlarından elde edilen 6,5 – 7,0 m uzunluğundaki çam ve ceviz tomruklar Kemah'ta sallar haline getirilerek nehre bırakılmış ve akış yönü doğrultusunda Kemaliye'ye ulaşmaları sağlanmıştır. Daha sonra ilçede bulunan marangozhanelerde işlenerek yapı malzemesi olarak kullanılmıştır [1].

Evler ''mağ'' adı verilen birim genişlik ile boyutlandırılmışlardır. 2,5 - 3,5 metre genişliği ifade eden mağ odaların genişliklerini sınırlandırmış bu sebeple odalar boyuna gelişim göstermişlerdir. Mağ boyutunun ise tavan ve döşemelerde kullanılan ahşap malzemenin en fazla 6,5 - 7,0 metreye ulaşabilen boylarda olmasının getirdiği yapısal zorunluluk ile belirlendiği düşünülmektedir. Evler mağ sayılarına göre boyutlandırılmışlardır (2 mağ ev, 4 mağ ev gibi). Mağ sayısı arttıkça evlerin boyutu da büyür [1].

Kemaliye evlerinde ahşap yalnızca taşıyıcı eleman olarak değil aynı zamanda duvarların dış yüzeylerinin kaplanmasında da yoğun olarak kullanılmıştır. Hımış yapı tekniğinde ahşabın dış cephede kaplama olarak kullanımına İstanbul dışında rastlanılmamıştır. Daha önceden belirtilen Kemaliye evlerinin İstanbul evlerine benzemesinin başlıca nedeni bu özelliktir [1].

3.4.1 Duvarlar

Geleneksel Türk evlerinde görülen zemin katlarda taş duvar yapılması durumu, Kemaliye'de arazi şartlarına bağlı olarak ana kat ve hatta dam seviyesine kadar yükselme gösterebilmektedir. Taş duvar kalınlığı temelde 1,0 metreyi geçerken yukarıya doğru çıkıldıkça her iki yandan inceltilerek 70 - 80 cm'ye düşürülür. Taş duvar sınırından sonra ise kerpiç ve taş ile dolgulu ahşap karkas duvarlar yükselir. Bu duvarların iç yüzeyleri saman katkılı toprak sıva ile sıvanarak üzerleri ''Pur Taşı'' denilen malzemeden elde edilen alçı sıva benzeri ince bir sıva ile kaplanır. Duvarların dış yüzeyleri ise ''sıra tahtası'' adı verilen, 15 cm genişlikte ve düşeyde sıralanmış tahtalarla kaplanır. Bu kaplamada kullanılan malzeme cinsinin, miktarının ve motiflerle süslü olup olmamasının ev sahibinin ekonomik imkânlarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir [1].

Şekil 3.5'te evlerin taş duvarları görülebilmektedir. Duvarların dış yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan sıra tahtalarının ise bakım ve onarımının maliyet gerektirmesi sebebiyle yerini sac levhalara bıraktığı görülebilir.



Şekil 3. 5 Taş duvarlar [3]

3.4.2 Döşemeler

Geleneksel Kemaliye evlerinde döşemeler ‘’Yaş – Kuru’’ adı verilen çamur ve kuru toprak karışımının üzerine serilen ‘’Gavcin / Kavcin’’ adlı toprağın loğ taşı yardımıyla sıkıştırılması ile yapılır. Döşeme kaplaması olarak ise taş ve ahşap malzeme kullanılmıştır. Bütün servis mekânları ile dolaşım alanları; küçük dere taşlarının yan yana dizilmesiyle oluşturulan ‘’Rıhtım’’ adı verilen kaplama ile örtülüdür. Odalar ve divanhanede ise ahşap döşeme örtüsü kullanılır [1].

Tavanlarda ise ‘’ters tavan’’ adı verilen uygulama görülmektedir. Dikdörtgen biçimindeki mekânın kısa kenarına paralel olarak sıralanan dairesel kesitli döşemelerin üzerleri strüktür görünecek biçimde kaplama tahtası ile kapatılarak tavan tamamlanmıştır (Şekil 3.6). Kemaliye evlerinde tavan bu haliyle özgün bir iç donanım öğesi olarak mekâna katılmaz [1].



Şekil 3. 6 Ters tavan uygulaması [9]

Araştırmanın ana konusu olan düz dam öğesi de rıhtım tekniğinde yapılmış bir döşeme olup Başlık 3.6 altında detaylı olarak anlatılacaktır.

3.5 Konut ve Kent Mimarisindeki Özgün Detaylar

Kemaliye evleri yapıldıkları dönemde yaşam, hizmet ve üretim mekânları olarak; yöre halkının sosyal, kültürel ve ekonomik yapısı dikkate alınarak tasarlanmışlardır [2]. Tasarımda belirleyici olan diğer bir etken de bölgenin sahip olduğu fiziki çevre şartlarıdır. Bu durumların göz önünde bulundurulmasıyla ortaya çıkan mimari yapı geleneksel Anadolu mimarisi içerisinde Kemaliye evlerinin ve yerleşimin farkını oluşturmaktadır.



Şekil 3. 7 Kemaliye Akçalı köyünden bir kare[1]

Doğu Anadolu Bölgesi'nin ormanlık alanlardan yoksun bitki örtüsü sebebiyle bölgede geleneksel mimarinin temel yapı malzemesini taş ve kerpiç oluşturmaktadırlar. Ancak Kemaliye evlerinde ahşap hem temel yapı malzemesi olarak hem de evlerin dış cephelerinin kaplanmasında yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Hımış yapım tekniği ile inşa edilen evlerde İstanbul evleri dışında Anadolu'da örneği bilinmeyen dış cephenin ahşapla kaplanması uygulamasının Kemaliye halkının ekonomik sebeplerle İstanbul gibi büyük şehirlere göç etmesi ile ilişkili olduğu açıktır [1].

[1] Fotoğraflayan – A. Akhan



Şekil 3. 8 Taş duvarlar ve ahşap kaplamalar[1]

Sade bir görünüşe sahip olan Kemaliye evlerinde bölge halkının yaşamında yeri olan ve inanışlarını yansıtan çeşitli figürler, desenler, kitabeler ve taş kabartmalar kullanılarak evlere özel anlamlar yüklenmiştir. Oda kapılarında yer alan ve evi kötülüklerden koruduğuna inanılan yılan figürleri, nimetin saklı olduğu mekâna saygı duyulması gerekliliğini hatırlatırcasına alçak yapılmış olan mutfak kapıları, sayı ya da büyüklük farklarıyla evde yaşayan nüfusu ve evin bereketini temsil eden ve evlerin giriş kısmında bulunan kabartmalar gibi sembolik detaylar bu duruma örnek olarak gösterilebilirler (Şekil 3.8) [9].



Şekil 3. 9 Kibele'yi simgeleyen göğüs figürü[2]

[1] Fotoğraflayan – Z. Akdemir

[2] Fotoğraflayan – T. Akbulut

Dere taşlarıyla kaplı olan döşemeler bu taşların geometrik biçimlerde dizilmeleriyle oluşturulan çeşitli motiflerle süslenmişlerdir. Ayrıca rıhtım kaplaması dış ve iç mekânın sürekliliğini sağlayarak dışarından eve giren kişinin ayakkabılarıyla nereye kadar ilerleyebileceğini belirtir niteliktedir [1].



Şekil 3. 10 Rıhtım döşeme kaplaması üzerinde motifler [9]

Kemaliye evlerinde görülen bir diğer özgün detay da kapı tokmaklarıdır. Biri tiz diğeri tok ses veren kapı tokmakları gelen misafirin kadın mı yoksa erkek mi olduğunu belirtmesi ve ev halkının ona göre hazırlık yapması amacıyla kullanılmışlardır [9].



Şekil 3. 11 Sembolik değere sahip kapı tokmakları [9]

Bu detaylar Kemaliye evlerini sadece barınma amaçlı düşünülmekten çıkarmış, ayrıca bir zamanlar içinde yaşamış olanları ve bugün yaşamakta olanları anlatan ve onları ölümsüz kılan eserler olmalarını sağlamıştır [9].

3.6 Düz Dam / Yetme Ögesi

Geleneksel Kemaliye evlerinin çatı örtüsünü oluşturan düz dam / yetme; ana katın üzerinde yer alan, evi dış etkilerden koruyan, hafif eğimli bir döşemedir. Kemaliye evlerinde dam dış etkilere karşı kalkan görevi görmesinin dışında ev halkının çeşitli yaşamsal eylemlerini de gerçekleştirebildiği bir kullanım alanı olmuştur. Örneğin; ilçe halkının dönemsel geçim kaynağı olan bahçe tarımından elde ettiği meyve ve sebzelerin kurutulması gibi üretim etkinlikleriyle birlikte düğün gibi çeşitli eğlence etkinliklerinin de düzenlenebildiği işlevsel alanlar olarak da kullanılmışlardır.

3.6.1 Dam/Yetme Yapılışı

Geleneksel Kemaliye evlerine özgü bir döşeme kaplama yöntemi olan rıhtımla kaplanan dam ögesi de bu evlerin özgün yanlarındandır. Geleneksel Kemaliye mimarisinde evlerin dış çevre ile doğrudan temasta bulunduğu ana kat ve kaçak katın üstü, evleri yağmur ve kar gibi etkilerden korumak amacıyla iç mekânlardaki rıhtım uygulamasına göre daha kalın bir geçirimsiz katman oluşturacak şekilde döşeme kaplaması ile kapatılarak dam örtüsü oluşturulur [9].

Düz dam yapımında da Kemaliye evlerinde yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap ve topraktan faydalanılır. Ana katın tavan kaplaması üzerine yan yana dizilen merteklere serilen toprak malzemenin loğ taşı kullanılarak sıkıştırılmasıyla dam döşemesi imal edilir. Dam yapımı kaynaklarda şöyle ifade edilmiştir: Merteklerle oluşturulan zemin yaklaşık 20 cm kalınlığında, çamur kıvamında, yaş – kuru adı verilen toprak ile örtülür. Bunun üzerine geçirimsiz yapıyı oluşturacak olan yaklaşık olarak 10 cm kalınlığında gavcin ilave edilir. Daha sonra bu karışım silindirik loğ taşı (Şekil 3.12) yardımıyla sıkıştırılmak suretiyle döşeme yalıtım tabakası oluşturulur. Son olarak dere taşlarıyla yapılan ve kalınlığı 5 – 10 cm arasında değişen rıhtım tabakası uygulanır [1]. Tamamen yerel coğrafyadan elde edilen doğal malzemelerle üretilen ve Kemaliye evlerine özgü

olan bu döşeme türü ile evler, onları dış etkilere karşı koruyan ve nefes alan doğal bir örtü ile örtülmüş olur.

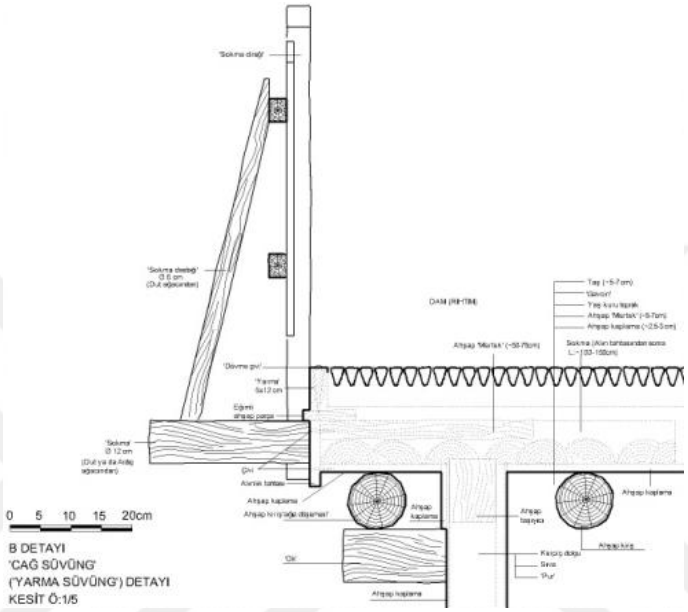
Şekil 3.12'de Kemaliye evlerinde döşeme yapımında yapı malzemesi olarak kullanılan toprakları sıkıştırmak için yararlanılan tipik bir loğ taşı verilmiştir. Kompaksiyon işlerinde kullanılan silindirlere göre küçük ölçekli bir el silindiri olarak da tanımlanabilecek olan taşın ölçüleri yaklaşık olarak; 90 kg ağırlığında, 65 cm boy ve 15 cm yarıçap olarak ölçülmüştür. Bu taş sadece dam döşemesinin ilk kez yapılışında değil damın yağmur ve kar gibi etkilerle ıslanması sonrasında da kullanılarak döşemenin geçirimsiz yapısının korunmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır. Buradan evlerin damlarının geçirimsiz yapılarını sürdürebilmelerinin ancak ve ancak insan müdahalesi sonucu mümkün olabildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3. 12 Loğ taşı ve rıhtım tipi döşeme [16]

Kemaliye evlerinde geleneksel çatı ve duvar kuruluşlarının yapım teknikleri üzerine düzenlenen bir araştırma çalışması kapsamında, ilçe merkezinde yer alan, yaklaşık 150 yıllık bir maziye sahip olan Hatice Balioğlu evinin dam / yetme döşemesi incelenmiş ve

dam döşemesinin yukarıdan aşağıya doğru şu şekilde tabakalandığı ifade edilmiştir: En üstte 5 – 7 cm kalınlığında rıhtım taşı döşenmiş katman ve onun altında, kalınlığı 32 cm olarak ölçülmüş, gavcin – yaş kuru ve merteklerden oluşan katman ile döşeme oluşturulmuştur (Şekil 3.13). Döşeme dolgusu altına serilen merteklerle birlikte toplam döşeme kalınlığının yaklaşık 40 cm civarında olduğu yerinde yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir [16].



Şekil 3. 13 Hatice Balioğlu evi düz dam kesiti [16]

Hatice Balioğlu evinin dam yapısı analizinde tespit edilen bir diğer nokta da damın yağışlar sonucu gelen suyun drenajını sağlamak amacıyla hafif eğimli bir yapıda tasarlanmış olduğudur. Damın iki uzun kenarı arasında yaklaşık 50 cm'lik bir kot farkı yaratılarak suyun ''Olukbaşı'' (dut ağacından yapılan bir tür su oluğu) adı verilen oluk yardımıyla yapıdan uzaklaştırılması amaçlanmıştır [16].

3.6.2 Damlarda Meydana Gelen Yapısal Sorunlar ve Nedenleri

Kemaliye evleri yapı malzemesi olarak doğal malzemelerin kullanıldığı evlerdir. Endüstriyel yapı malzemeleriyle kıyaslandığında doğal malzemelerle yapılan üretimlerin çevresel etkilere karşı daha dayanıksız olmaları sebebiyle bu tarz yapılarda sıklıkla bakım ve onarım gereksinimi ortaya çıkması kaçınılmazdır.

Dam döşemesinin sürekli yağmur ve kar gibi atmosferik etkilere maruz kalması dolayısıyla bu etkilere karşı geçirimsiz yapısını koruyabilmesi için yağışlardan sonra,

varsa kar yükünün damdan kaldırılması ve loğ taşıyla döşemenin tekrar sıkıştırılması gibi pratik bir uygulama ile damın geçirimsiz yapısının sürekliliği sağlanabilmektedir [20].

Damların koruyucu işlevini yerine getirebilmesi için uygulanması gereken bu basit fiziksel işlem sayesinde yapılar uzun yıllar boyunca güvenle kullanılabilmiştir. Ancak artan göç sorunuyla birlikte yerleşimde azalan genç nüfus sebebiyle evlerin bakım ve onarım yükü zamanla giderek yaşlıların sorumluluğu olmaya başlamıştır. Bu durum fiziksel çaba gerektiren onarım uygulamalarının aksamasına, kısmen ya da tamamen yapılamamasına yol açmıştır. Evlerin bakımının güçleşmesi bunlardan kaynaklı yapısal sorunları da beraberinde getirmiştir [9].

Yağışlardan sonra sıkıştırılmayan ve bu sebeple geçirimsiz yapısını kaybeden dam döşemesi evlere suyun sızmasına engel olamaz hale gelmiştir. Döşeme altına sızan su zaman içerisinde, taşıyıcı olarak kullanılan, ahşap malzemelerin de yıpranmasına neden olmuş ve böylece evlerde yapısal hasarlar meydana gelmiştir. Terk edilmiş evlerin bazıları bu hasarlar nedeniyle kısmen ya da tamamen yıkılmışlardır. Kemaliyeli yazar Hagop Mintzuri ‘’Armıdan Fırat’ın Öte Yanı’’ isimli kitabında damları şöyle anlatır: ‘’Bizim damlarımız çok sağlamdı, çünkü kalın dikmelere oturtulmuşlardı. Dikmelerin üstünde, kaç yerde hatıl, onların üstünde duvardan duvara direkler, direklerin arasında kuşaklar, mertekler uzatılmış olurdu. Birbirine o kadar yaklaştırırlardı ki, mertekler bitişmiş görünürdü. Üstlerini kuru asma dalları, kuru sazlarla örter, sazların üstüne kalın bir sıva çeker ve en üste de diz boyu toprak doldururlardı. Bir kar yağsa hemen dama çıkar, saman tozu döküp loğlardık. Artık o dam ne olurdu! Bir hafta gece gündüz yağmur yağsa damlarımız akmaz, sular akar giderdi. Düğünlerimizi damlarımızda yapardık. Onca düğün alayı bütün bir hafta oynar, zıplardı da ev sallanmaz, zerre kadar toz düşmezdi. Aşağıdakiler sadece davulun zurnanın sesini duyarlardı derinden. Ama kar indiğinde, kürenmeyip de üstünde erirse, yağmur yağıp sular göl olursa, loğlayan olmayıp bu yıllarca sürerse o ev ne olur? Yıkılır! Öyle de oldu!’’[20]. Yazarın da anlattığı gibi kaderine terk edilen evlerden bir kısmı yıkılmaktan kurtulamamıştır.

3.7 Kemaliye'nin Özgün Mimari Dokusunun Güncel Durumu

Kemaliye ve konut dokusu üzerine yapılan çeşitli araştırmalarla; ilçe hem fiziksel yapısıyla hem de kültürel yapısıyla detaylı bir şekilde incelenmiş, bu detayların mimari dokuya yansımaları dikkatlice tespit edilmiş ve bunların sonucu olarak yerleşimin kendine has karakteriyle Anadolu Türk mimarisi içerisinde özel bir konumda olduğu ifade edilmiştir. İçlerinde geçmişi 250 yıl kadar geriye dayanan örnekleriyle Türk evi kavramının karşılığını veren konutlar barındırdığı ortaya konulan Kemaliye, bu sayede son yıllarda bir kültürel cazibe merkezi haline de gelmiştir. Ancak bu araştırmalar esasında Kemaliye'yi cazibe merkezi haline getirmenin dışında, yerleşimin özgün mimari yapısının tehdit altında olduğuna vurgu yapmak ve eskiyi kucaklayarak kültürel kopuşa engel olabilecek nitelikli çözüm yöntemlerinin üretilebilmesi amacına yönelik çalışmalara uygun zemini hazırlamak amacıyla yapılmışlardır.

Yıllar boyunca ekonomik nedenlere bağlı olarak göç veren yerleşimde, azalan nüfus sonucu yeni konut ihtiyacının olmayışı sayesinde yerleşim modern yapım tekniklerinden kısmen etkilenmiş, bu sayede geleneksel mimari dokunun günümüze kadar ulaşabilmesi mümkün olmuştur. Ancak tamamen terk edilen ya da dönemlik olarak kullanılmaya devam edilen Kemaliye evlerinde, evlerin bakımlarının tam anlamıyla yapılamayışı sebebiyle çeşitli hasarlar meydana gelmiş hatta Yukarı Mahalle'nin bazı bölgelerinde günümüze ulaşabilen konut kalmamıştır [1].

Bugün ilçede bulunan ve geleneksel yapıların örnekleri olan evlerin ise ne yazık ki hiçbirinde dam özgün haliyle yer almamaktadır [21]. 1950'lerde uygulanmaya başlanan ve evlerin bakım – onarımlarının yeterince iyi yapılamayışlarından kaynaklanan yalıtım sorunlarını çözüme kavuşturan pratik bir uygulama olan dış cephe ve damların sac levhalarla kapatılması yöntemi ile evler dış etkilerden korunabilmişlerdir. Dış duvarlardaki ahşap kaplamalar üzerlerine yerleştirilen sac levhalarla gizlenmiş (Şekil 3.14); damlar ise dikey direklerle desteklenen, eğimli olarak yapılandırılmış, saclarla örtülmüşlerdir (Şekil 3.15). Sac levhalarla yapılan onarımların pratikliği, ekonomikliği ve uzun ömürlü oluşu uygulamanın yerleşim genelinde tercih edilmesine neden olmuştur [9].



Şekil 3. 14 Üzeri sac levhalar örtülerek korunmuş bir dam [2]



Şekil 3. 15 Dış cepheleri sac ile kaplı evler [9]

Metalin doğa karşısında daha güçlü bir kalkan olması sayesinde, geleneksel kültürümüzün bir parçası olan Kemaliye evlerinin günümüze erişebilmesi sağlanmışsa da bu uygulamaların geleneksel Kemaliye mimarisinin özgünlük değerleriyle bağdaşmadığı açıktır. Bu durum yerleşimin özgün değerlerinin tespiti üzerine yapılan araştırmalarla belgelenmiştir ve özgün değerlerin geri kazandırılması için çalışmalar yürütülmesi gerekliliği belirtilmiştir. Ancak bugüne kadar yapılan araştırmalar içinde

damların yalıtım sorunlarının çözümüne yönelik öneriler içeren herhangi bir çalışma bulunmamaktadır [3]. Yapılan araştırmaların yapısal sorunların tespitiyle sınırlı oluşu ve geleneksel yapı malzemelerinin özelliklerine dair bilimsel verilerin eksikliği nedeniyle nitelikli çözüm yöntemlerinin oluşturulabilmesi için öncelikle kullanılan malzemelerin özelliklerinin bilinmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Çünkü doğru ve nitelikli bir çözüm için öncelikle kullanılan malzemeler tanınmalıdır. Ancak ondan sonra özgün dokuya uygun çözümler geliştirilebilir ve sac levhalar kaldırılarak dam ve duvarların özgün görünümleri geri kazandırılabilir.

Geleneksel Kemaliye mimarisinin özgün yapısını perdeleyen ve geri dönüşü olmayacak bir yok oluşa sürükleyen durumlar alt başlıklarla açıklanmaya çalışılmıştır.

3.7.1 Hatalı Onarım ve Restorasyonlar

Geleneksel Kemaliye evlerinin ahşap, taş, toprak ve kerpiç gibi doğal yapı malzemeleri kullanılarak yapılmış olmaları nedeniyle bu malzemelerin; yağmur, kar, rüzgâr gibi aşındırıcı etkiler altında tekrar doğaya karışabilmeleri mümkündür. Bu durumun önüne geçebilecek önlemlerin sağlanamayışından doğan sıkıntıların kalıcı olarak ortadan kaldırılması adına çeşitli çözümler geliştiren halk, evlerini korumayı başarabilmiş ancak farkında olmadan mimarinin özgün dokusunu da gölgelemiştir. Damların ve dış cephelerin sac levhalar ile kapatıldığı evlerde yalıtım sorunları giderilmiş ancak bölgesel kimliğe zarar verilmiştir. Ayrıca geleneksel yapı malzemeleri arasında yer almayan beton, briket, tuğla, pvc doğrama ve çimento gibi malzemelerin kullanımı da bölgesel kimliğe zarar veren diğer unsurlar olarak gösterilebilirler [9].

Kültür Bakanlığı'nın katkılarıyla yürütülen restorasyon çalışmalarıyla onarılan evlerde ise kullanılan yöntemler sonucu geri dönüşü olmayan durumlar oluşmuştur. Yerleşimde gerçekleşen göç akımı sonucu zanaatların ve geleneksel yapım yöntemlerinin yeni kuşaklara aktarılamayışı nedeniyle onarım çalışmalarında yardımcı olabilecek uzman kişilerin yetersiz sayılarda oluşları restorasyon çalışmalarının yapılardaki tarihi izlerin yok edilmesine yol açmasına neden olarak bu evleri bambaşka bir görünüme kavuşturmuştur [9].



Şekil 3. 16 Sac levhalarla damların örtülmesi niteliksiz bir onarım ortaya çıkarmıştır [9]

Şekil 3.16'de, fotoğrafın sol tarafında balkonunun bir kısmı görünmekte olan yeni yapı ve geleneksel Kemaliye mimarisinin ürünü olan eski yapı bir arada görünmektedir. Duvarları oldukça yıpranmış görünen evin damı da ahşap direkler üzerine oturtulmuş sac levhalarla kapatılarak çatı oluşturulmuştur.

3.7.2 Plansız Yapılaşma

Cumhuriyet dönemi sonrasında ilçede yapılan kamu binaları, okullar ve ticari binalar gibi yeni yapılar yerel bağlamı dikkate almayan bir tutumla inşa edilmiş ve mevcut mimari ile eski – yeni ikileminin yaşanmasına neden olmuştur [1]. Bu duruma ek olarak 1987 yılında meydana gelen büyük yangın sonrasında başlayan yeni yapılaşma, kentleşme eğilimi başlatmış ve yerleşimin özgün dokusunun bozulmasına yol açmıştır [9]. Ayrıca son dönemlerde TOKİ tarafından yapılan çevre ile uyumsuz, genel planlama ve şehircilik ilkelerine aldırmayan konutlar (Şekil 3.17) nedeniyle yerleşimin özgün dokusuna aykırı yapıların sayısı giderek artmıştır.



Şekil 3. 17 TOKİ konutları [9]

3.7.3 Diğer Sorunlar

Kemaliye evleri ile ilgili bir diğer sorun da konfor koşullarının iyileştirilmek istenmesinden kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüzde aile yapısının küçülmesiyle yaygınlaşan çekirdek aile kavramı için fazla büyük olan geleneksel evleri ısıtma ve bakım güçlüğü dolayısıyla yeni yapılan konutları tercih etme eğilimi vardır. Bunlara ek olarak İstanbul gibi büyük şehirlerde hayatını sürdürüp yazları geçirmek için memleketine dönen Eğinlilerin de şehirlerde alıştıkları konforlu ortamı sağlayabilmek için apartman tarzı yapıları tercih etmeleri dolayısıyla geleneksel evler önemini yitirmiş durumdadır [9].

Son dönemde artan öğrenci sayısı ve ilçenin turizm açısından önemli bir yer haline gelmesiyle artan turist miktarının doğurmuş olduğu konaklama ihtiyacının giderilmesine yönelik inşa edilmiş yapıların geleneksel mimariyle uyumsuz olmaları da yerleşimin özgünlük değerlerine zarar veren bir başka sorundur. Konaklama ihtiyacını karşılamak amacıyla yapımı planlanan yeni yapıların geleneksel mimari ile bütünlük oluşturacak biçimde ele alınması gerekmektedir [9].

Ayrıca doğa ile bütünleşmiş olarak kurgulanan geleneksel mimari yapı yine içinde bulunduğu doğal ortamla birlikte korunmalıdır. Yapılan araştırmalarda bölgede çevre

kirliliğine bağlı olarak yerleşimin oldukça sınırlı olan bitki örtüsünün de tehdit altında olduğu tespit edilmiştir [9].

BÖLÜM 4

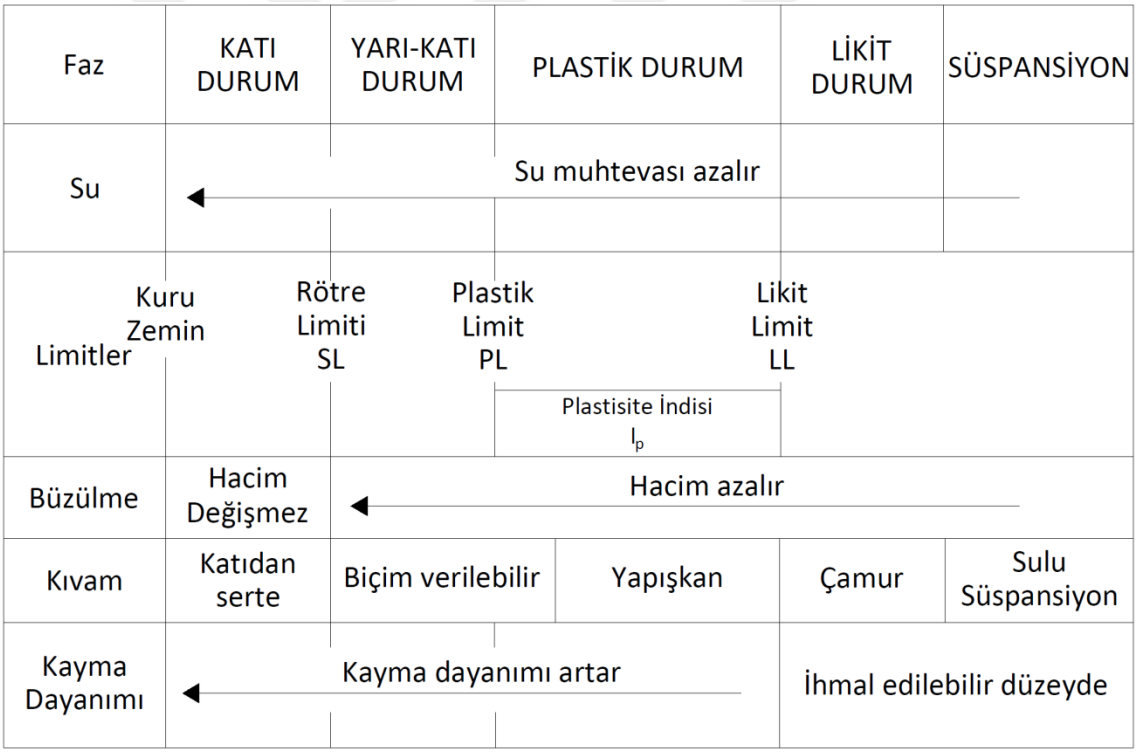
ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ

Zeminler, kayaların çevresel kaynaklı fiziksel veya kimyasal etkiler ile farklı boy ve şekillerde parçacıklara (danelere) ayrışmaları sonucu oluşurlar. Zaman zaman organik katkılar da barındırabilen, boşluklu yapıya sahip ve bu boşluklarında genellikle hava ve/veya su bulunan zeminler, yeryüzünün büyük bir kısmını kaplayan tabii malzemelerdir. İnşaat mühendisliği açısından organik madde içeren zemin malzemesi toprak olarak nitelendirilir. Başka bir deyişle bünyesinde tarım yapılmaya daha elverişli zeminler toprak alarak adlandırılır. Zeminler doğal olmaları ve katı, sıvı, gaz gibi üç değişik fazda bileşenlerden meydana gelmeleri sebebiyle diğer inşaat mühendisliği malzemelerine göre davranışlarının anlaşılması daha zor olan malzemelerdir. Genellikle homojen ve izotrop yapıda olmamaları ve özelliklerinin çevre koşullarına, jeolojik tarihçelerine ve zamana bağlı olarak büyük değişkenlikler göstermeleri zeminleri karmaşık kılan durumlardır. Bu nedenler dolayısıyla zeminlerin mühendislik davranışlarını tanımlayan genel analitik modeller ve sabit malzeme katsayılarının belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Bu yüzden zemin özelliklerinin her proje için deneysel olarak saptanması ve bunlar yapılırken arazi/ortam şartlarının da dikkate alınması gerekmektedir [22].

Geleneksel Kemaliye evlerinde yapı malzemesi olarak kullanılan zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacına yönelik olarak yürütülen laboratuvar çalışmaları kapsamında; kıvam limitleri (likit, plastik, rötre limitleri), elek ve hidrometre analizleri, piknometre yöntemi ile özgül ağırlık belirlenmesi, Proctor ve permeametre deneyleri yapılmıştır.

4.1 Kıvam Limitleri Deneyleri

İnce daneli zeminlerin mühendislik davranışları içerdikleri su muhtevasına bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir. Sadece su muhtevası arttırılarak killi bir zeminin çok katı bir kıvamdan akışkan bir sıvı kıvamına geçişi mümkündür. Bunun sonucunda mukavemet, yük altında şekil değiştirme ve sıkışma gibi mühendislik özelliklerinde büyük değişimler oluşabilmektedir. Ancak ince daneli zeminlerin mühendislik davranışlarında su muhtevasına bağlı olarak meydana gelen bu değişimler esas olarak daneleri oluşturan minerallerin kristal yapısına, zeminin arazideki çökelme koşullarına ve boşluklardaki zemin suyunun kimyasal özelliklerine bağlı olmaktadır. Bu nedenler dolayısıyla tabii zeminlerin kıvamında ve mühendislik özelliklerinde su içeriğine bağlı olarak meydana gelen değişimler o zemine özgü olup diğerlerine kıyasla büyük farklılıklar gösterebilir [22].

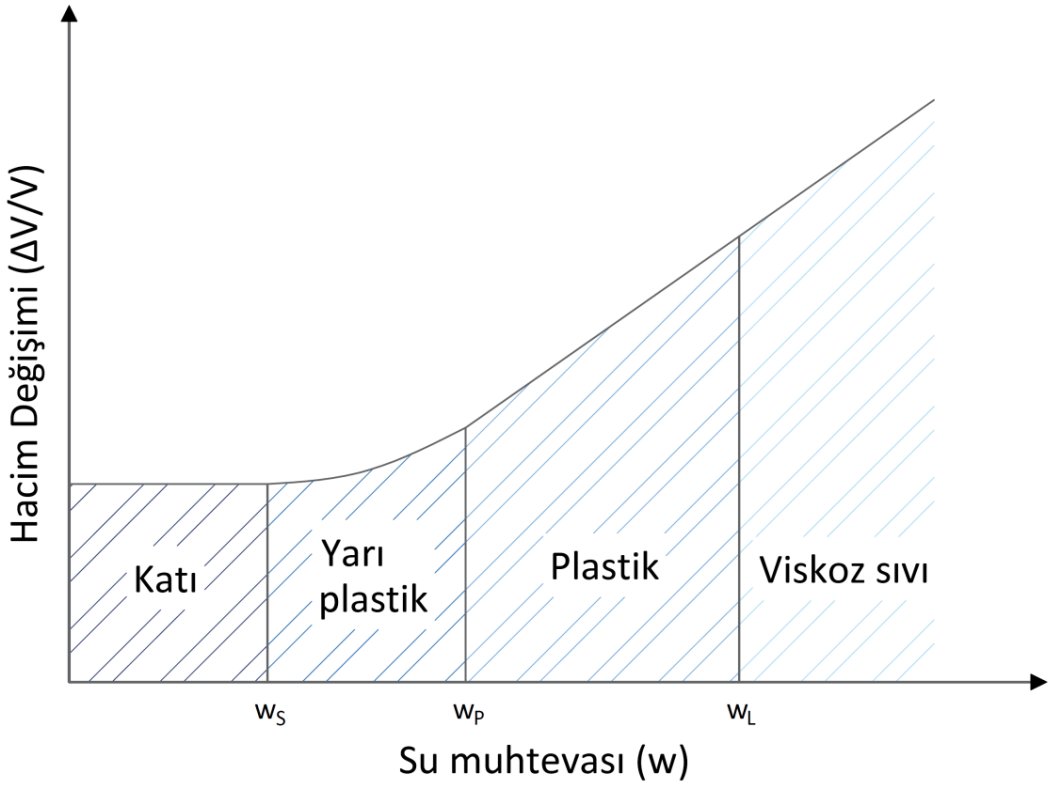


Şekil 4. 1 Zeminlerde su muhtevasına bağlı değişimler [23]

Şekil 4.1'de su muhtevasına bağlı olarak zeminlerin kıvamlarında, hacimlerinde, kıvam ve dayanımlarında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. İnce daneli zeminlerin su muhtevasına bağlı olarak gösterdikleri değişimler basitçe şu şekilde açıklanabilir. Zemin içerisinde düşük miktarda su bulunduğunda danelerin birbirine göre hareketi zorlaşır,

bu durumda katı kıvamdadır. Su muhtevası arttıkça daneler arası mesafeler de artmakta dolayısıyla danelerin birbirlerine göre hareketleri kolaylaşmakta ve zemine istenilen şeklin verilmesi mümkün olmaktadır. Bu aşamada zemin plastik bir kıvama gelmiştir ve zemine uygulanan yükler altında kalıcı şekil değiştirmeler oluşur. Killi zeminlerin bu özellikleri çok eski zamanlardan beri bilinmekte ve bu bilgiden yararlanılarak çanak, çömlek gibi çeşitli eşyalar yapılabilmektedir. Su muhtevasının daha yüksek değerlerinde kil daneleri sıvı içerisinde süspansiyon oluşturur ve zemin akışkan bir kıvama geçer.

Şekil 4.2'de su muhtevasına bağlı olarak zemin hacminde oluşan değişimlerin kıvam limitleri ile ilişkisi temsil edilmiştir. Grafiği su muhtevasının azaldığı yönde yorumlayacak olursak, plastik limit değerine ulaşıncaya kadar zeminde meydana gelen hacim değişimleri ile su muhtevası arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Su muhtevasının plastik limitten rötre (büzülme) limitine geçişi sırasında ise hacim değişimleri doğrusal olmaktan çıkar. Büzülme limiti değerinden sonra ise zemin hacmi sabit kalmaktadır.



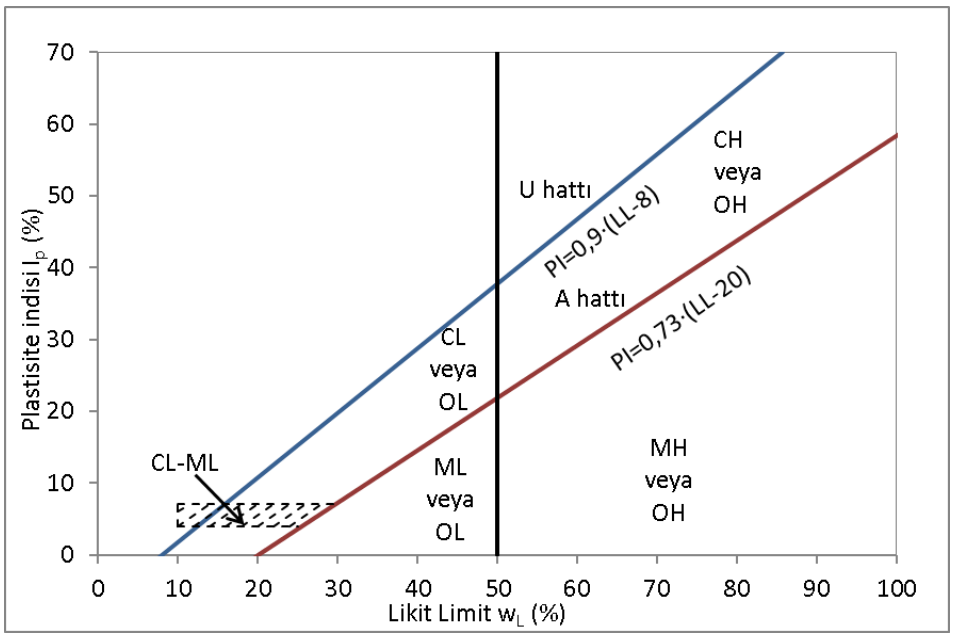
Şekil 4. 2 Zeminlerde su muhtevası ve hacim değişimi ilişkisi [22]

Killerin kıvamlarında değişime yol açan geçiş su muhtevası değerlerini belirleyebilmek için Atterberg (1911) tarafından geliştirilen kıvam limitleri deneyleri uygulanır. Atterberg başlıca üç kıvam limiti tanımlamış olup bunlar; likit limit (w_L), plastik limit (w_P) ve büzülme (rötre) limitidir (w_S). Likit limit, zeminin akışkan bir kıvamdan plastik bir kıvama geçiş yaptığı su muhtevası değeridir. Plastik limit, zeminin plastik bir malzemeden yarı plastik bir malzemeye dönüştüğü su muhtevası değeridir. Rötre limiti ise zeminin yarı plastik bir malzemeden katı bir malzemeye dönüştüğü su muhtevası değerini ifade eder [23].

Zemin, likit limit ve plastik limit aralarında kalan su muhtevalarında plastik davranış gösterir yani işlenebilir, şekil verilebilir yapıdadır. Zeminin plastik davranış gösterdiği bu aralık plastisite indisi (I_p) olarak ifade edilir [22]. Plastisite indisi (4.1) eşitliği yardımıyla bulunabilir.

$$I_p = (w_L - w_P) \tag{4.1}$$

Likit limit ve plastisite indisi değerleri birlikte kullanılarak Casagrande plastisite kartı yardımıyla ince daneli zeminlerin sınıflandırılması mümkündür. Şekil 4.3'te verilen Casagrande plastisite kartı üzerinde yer alan A hattı killer ve siltleri birbirinden ayırır. Taranmış alan ise düşük plastisiteli siltler ile killer arasındaki geçiş bölgesini oluşturur [22].



Şekil 4. 3 Casagrande plastisite kartı [24]

Şekil 4.3'teki Casagrande plastisite kartı üzerindeki H ve L harfleri plastisiteyi ifade eder. H yüksek plastisiteli zeminleri L ise düşük plastisiteli zeminleri belirtir. C killeri, M siltleri, O ise organik yapılı zeminleri belirtmektedir.

4.1.1 Likit Limit Deneyi

Likit limit değerinin deneysel olarak tespiti için birkaç farklı yöntem mevcut olmakla birlikte bu çalışmada Casagrande metodu olarak da bilinen yöntem kullanılmıştır. Deneyin yapılışı ile ilgili yönergeler ASTM (American Society for Testing and Materials / Amerikan Test ve Malzemeler Birliği) tarafından standartlaştırılarak D-4318 kodlu belgede belirtilmiştir [25].

Kullanılan malzemeler;

- Casagrande deney aleti (Şekil 4.4)
- Oluk açma aleti (Şekil 4.4)
- Spatula
- 0,01 g hassaslıkta terazi
- Su
- Etüv (≈110 °C)
- Porselen kap
- Numune kabı
- 200g civarında, 40 numaralı elek altında kalan zemin olarak sıralanabilir.

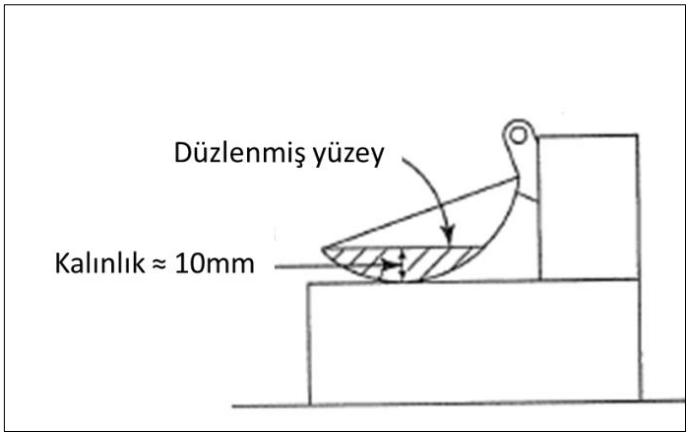


Şekil 4. 4 Casagrande deney aleti ve oluk açma aleti

Deneyin yapılışında izlenen adımlar özetlenecek olunursa;

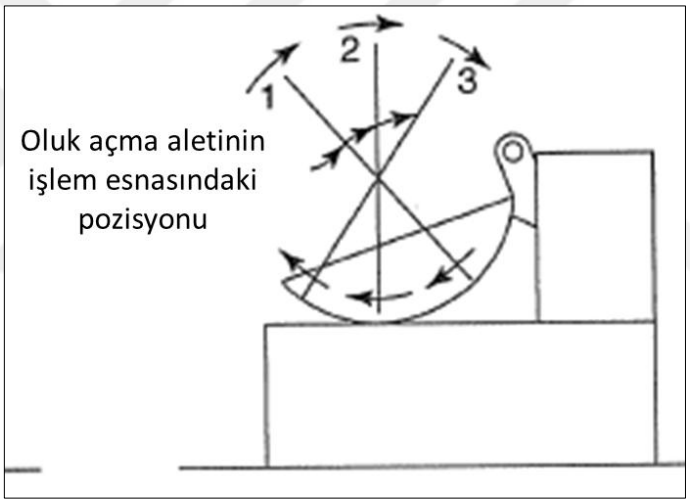
1- Deneyde kullanılmak üzere ayrılan zemin yeterli genişlikte, porselen bir kaba alınır ve üzerine yavaşça su ilave edilerek spatula yardımıyla karıştırılır. Su – zemin karışımı homojen bir görünüm alıncaya kadar karıştırma işlemine devam edilir.

2- Spatula yardımıyla karışımdan bir miktar alınarak deney aletinde bulunan pirinç kaba konulur. Bu işlemi yaparken kap yüzeyi ile numune arasında hava kalmaması için spatula ile baskı uygulanmalıdır. Kaba konulan numune, yüzeyi zemine paralel ve en kalın yeri 8 – 10 mm civarında olacak şekilde düzlenir (Şekil 4.5) [26]. Yüzeyi düzlemek ve numune derinliğini ayarlayabilmek için spatula yere paralel, kabı ortalamış ve ucu kaba temas edecek şekilde tutularak numunenin fazlası sıyrılır. Bu işlem sırasında spatulanın düz kalmasına ve eğri bir hal almamasına dikkat edilmelidir.



Şekil 4. 5 Numunenin deney aletine yerleştirilmesi [23]

3- Daha sonra oluk açma aleti yardımıyla numunenin ortasından geçecek şekilde bir yarık açılır. Bu işlem tek bir seferde, dairesel bir hareketle ve yavaş olmayacak bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Şekil 4.6).



Şekil 4. 6 Numunenin oluk açma aleti ile kesilmesi [23]

4- Bu adımda Casagrande aleti üzerinde bulunan kol çevrilmek suretiyle kâsenin altındaki yüzeye düşürülmesi sağlanır. Kol saniyede 2 düşüş sayılacak bir hızda çevrilerek, düşüşler sayılır. Numune ortasında açılan yarık 1,3 cm civarında kapandığında işlem durdurulur (Şekil 4.7).

İlk tekrarda yarığın kapanmasının 50 düşüş altında bir sayıda gerçekleşmesi beklenir. Eğer bu sayı aşılmış ve kapanma tam anlamıyla gerçekleşmemiş ise bu karışımın kuru olduğu anlamına gelir. Numune karıştırma kabına geri alınır ve daha fazla su eklenerek tekrar denenir. Yarığın 25 vuruştan önce kapanması da ilk sefer için istenmeyen bir durumdur. Böyle bir durumla karşılaşılması halinde numune

karıştırma kabına geri alınarak nemini kaybetmesi için bir süre beklenmelidir. Mümkünse üzerine kuru numune eklenmemeli, eklenmesi kaçınılmaz ise çok iyi karıştırılmalıdır.

Karışımın su muhtevası arttıkça yarığın kapanması için gereken düşüş sayısı azalır. Buna göre numunenin su muhtevası artırılarak işlemler tekrarlanır. İlk denemede 30 – 35, ikincide 20 – 25 ve üçüncüde 15 – 20 düşüş sayısı aralıklarında sonlandırılacak 3 tekrar deneyi tamamlamak için yeterlidir [26]. Ayrıca her tekrardan sonra Casagrande aletinde yer alan kâsenin güzelce temizlenmiş olmasına dikkat edilmelidir.

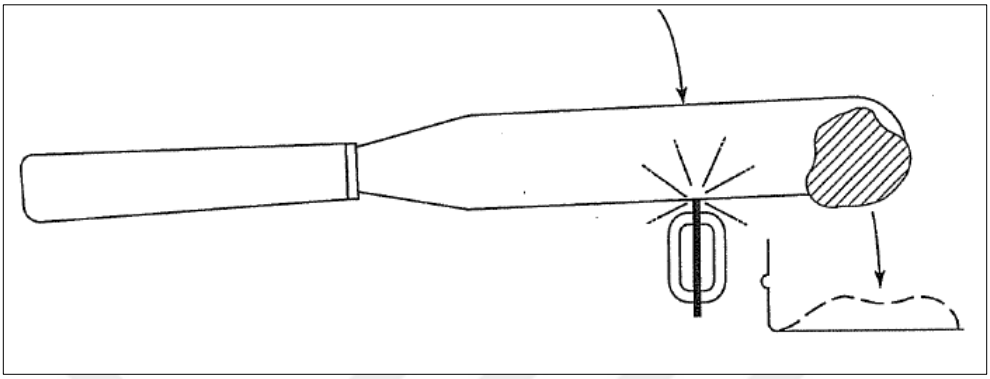


Şekil 4. 7 Yarığın kapanması ve numune alınacak kısmın belirlenmesi

5- 4. adımın her tekrarında yarığın kapandığı yerden numune alınarak su muhtevasının belirlenmesi için kullanılmalıdır. Bu işlem için; numaralandırılmış, temiz ve darası (W_1) alınmış bir numune kabı kullanılır. Numune spatula yardımıyla alınır ve spatula diğer ele hafifçe vurularak, çok yüksekten olmayacak şekilde, numunenin kaba düşmesi sağlanır (Şekil 4.8). Numune kaba sürterek spatuladan sıyrılmamalıdır. Kap ve ıslak numune tartılarak değer not edilir (W_2) ve etüve konur. Etüvde bir gün

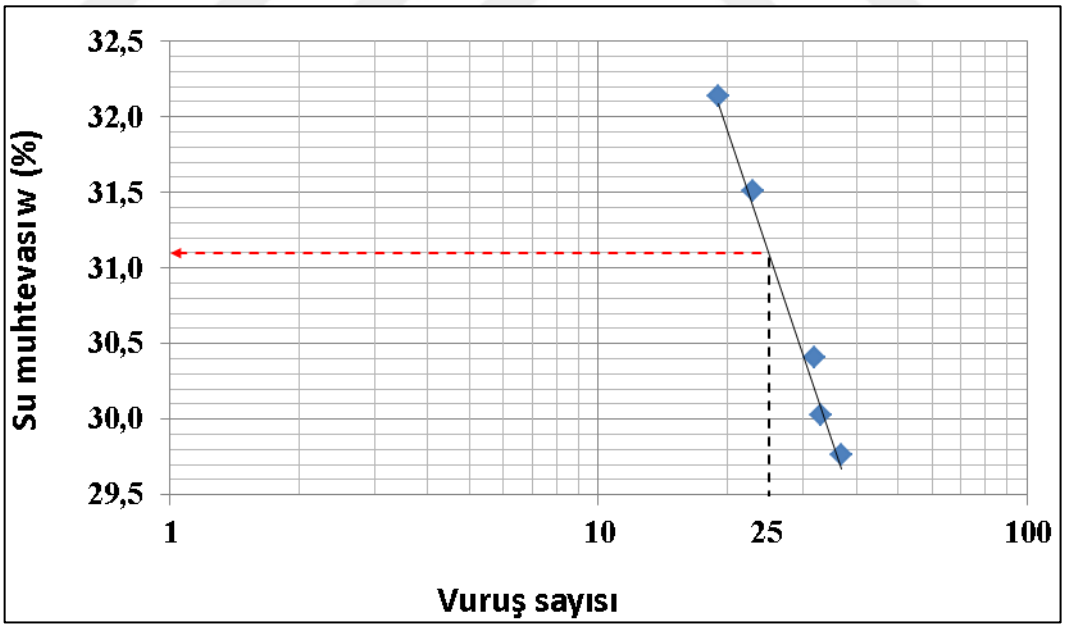
kadar bekledikten sonra çıkarılarak tekrar tartılır (W_3). Eşitlik 4.2 yardımıyla her bir numunenin su muhtevası hesaplanır.

$$w_i = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \qquad (4.2)$$



Şekil 4. 8 Su muhtevasını belirlemek amacıyla alınan numunenin kaba yerleştirilmesi [23]

6- Hesaplanan su muhtevaları ve her tekrar için not edilen düşüş sayıları ile Şekil4.9'daki gibi grafik çizilir. Grafikte 25 düşüş sayısına karşılık gelen su muhtevası değeri o zeminin likit limit değeri olarak ifade edilir.



Şekil 4. 9 Likit limit deney sonuçlarının gösterimi

4.1.2 Plastik Limit Deneyi

Plastik limit bir zeminin plastik özellik gösterebildiği en düşük su muhtevası değeridir [23]. Bu değerin tespiti için yine 40 numaralı elek altında kalan malzeme kullanılır. Deney kuru zeminin su ile karıştırılmasıyla hazırlanan numuneler üzerinde yapılabileceği gibi likit limit deneyinin ilk tekrarı için hazırlanan karışım ile de yapılabilir.

Deney için gerekli malzemeler;

- 50g civarında 40 numaralı elek altında kalan zemin (likit limit deneyi için hazırlanan karışımdan bir miktar alınması da yeterlidir)
- Su
- Porselen kap
- Numune kabı
- Spatula
- Etüv (≈110 °C)
- 0,01 g hassaslıkta terazi
- Yeterince geniş, düz ve pürüzsüz bir yüzey şeklinde sıralanabilir.

Deneyin yapılışı şu şekilde özetlenebilir;

1- Deneyde kullanılmak üzere ayrılan zemin yeterli genişlikte, porselen bir kaba alınır ve üzerine yavaşça su ilave edilerek spatula yardımıyla karıştırılır. Su – zemin karışımı homojen bir görünüm alıncaya kadar karıştırma işlemine devam edilir.

2- Karışımdan fındık büyüklüğünde bir miktar alınarak avuç içleri arasında yuvarlanarak küre haline getirilmeye çalışılır. Bu esnada ellerin sıcaklığı ile karışımın yavaşça kuruması sağlanır. Yüzeyde çatlaklar görülmeye başlandığında küre iki eşit parçaya bölünerek devam edilir.

3- Bölünen parçalardan biri alınarak temiz, sert ve pürüzsüz bir yüzey (cam veya granit tezgâh gibi) üzerinde avuç içi yardımıyla silindir haline gelecek şekilde, ileri geri, yavaşça yuvarlanır.

4- Silindir haline getirilen karışım nem dağılımının eşit olmasını sağlamak amacıyla çok fazla uzatılmadan bölünerek yuvarlama işlemi sürdürülür. Yaklaşık 3 mm kalınlığa erişildiğinde silindirler üzerinde çatlamalar ya da tam bu kalınlıkta kopmalar gerçekleşiyorsa üzerinde çalışılan numunenin su muhtevası plastik limittedir (Şekil 4.10). Bu olay numune daha kalınken gerçekleşiyorsa numunenin plastik limit su muhtevasından daha kuru olduğu anlaşılır. Eğer 3 mm'den daha ince silindirler üzerlerinde çatlama olmaksızın elde edilebiliyorsa bu da numunenin daha ıslak olduğu anlamına gelir. Anlaşılacağı üzere plastik limit deneyi deneme yanılma yoluyla sonuçlandırılan bir deneydir [22].



Şekil 4. 10 Plastik limit deneyi

5- Deneyi sonlandırmak için gerekli kabul şartlar sağlanınca su muhtevası değeri belirleyebilmek için numuneler etüvde kurutulur. Eşitlik 4.2 kullanılarak su muhtevası değeri hesaplanır.

4.1.3 Rötre (Büzülme) Limiti Deneyi

Suya doygun killi bir zemin kurumaya başladığında nem kaybedecek ve dolayısıyla hacminde azalma meydana gelecektir. Bir noktadan sonra zeminde nem kaybı devam etmesine rağmen hacimsel anlamda azalma olmayacaktır [26]. Bu durum kil minerallerinde meydana gelen elektriksel çekim kuvvetleri sonucu yüzeylerini kaplayan adsorbe olmuş suyun danelerin birbirlerine göre hareketlerini zorlaştırmasından

kaynaklanmaktadır [22]. Zeminde meydana gelen kurumaya bağlı olarak hacimde azalmanın sona erdiği su muhtevası değerine rötre (büzülme) limiti denir.

Rötre limitinin belirlenmesi için izlenilecek adımlar için ASTM D-427'den yararlanılabilir [27]. Buna göre, likit limit değerinin üzerinde bir su muhtevasında hazırlanan zemin - su karışımı hacmi belirli bir kap içerisine konularak kurutulur. Kuruma sonrası meydana gelen hacim değişikliği numunenin cıvaya daldırılması yöntemiyle tespit edilir ve aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla rötre limiti hesaplanır [23].

Deneyde kullanılan malzemeler

- Rötre kalıbı
- Su
- Porselen kap
- Spatula
- Etüv (≈110 °C)
- 0,01 g hassaslıkta terazi
- Cıva
- Dişli cam plaka
- Taşırma kabı olarak sıralanabilir.

Deneyin yapılış adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1- Porselen kaba konan zemin üzerine, suya tam doymasını sağlamak için likit limit değerini aşacak şekilde, su ilave edilerek karıştırılır.

2- Rötre kabının içi ince bir vazelin tabakasıyla güzelce kaplanır ve terazide tartılarak bu değer not edilir (W_1). Daha sonra hazırlanan karışımdan bir miktar (kabın 1/3'ünü dolduracak kadar) alınarak rötre kabına aktarılır. Rötre kabı sert bir yüzeye düşürülerek kaba konulan karışımın yerleşmesi ve hava kabarcıklarının uzaklaşması sağlanmalıdır. Kap tamamen doldurulunca kadar bu işlem uygulanmalıdır.

3- Rötre kabı doldurulduktan sonra zemin – su karışımının yüzeyi spatula benzeri bir cisim yardımıyla düzlenir, kabın kenarlarına taşan karışım güzelce temizlenir ve tartılarak ağırlığı (W_2) not edilir.

4- Bu işlemden sonra kap içerisindeki karışım oda sıcaklığında bir gün kadar bekletilerek kuruması sağlanır. Numune doğrudan etüve yerleştirilse çok hızlı kuruyacağı için çatlamalar oluşabileceğinden rengi açılıncaya kadar ortam koşullarında kuruması için beklemek doğru olacaktır. Kuruma için yeterince beklendikten sonra numune etüve konularak bir gün boyunca orada bekletilir.

5- Kuruyan numune etüvden alınarak desikatör içerisinde soğumaya bırakılır. Soğuyan numune tartılarak ağırlığı (W_3) not edilir.

6- Kuru numunenin hacmini belirlemek için cıvaya daldırma yöntemi uygulanır. Taşırma kabı olarak kullanılacak olan kap, taşma seviyesine kadar, cıva ile doldurulur. Dişli cam plaka yardımıyla cıvanın taşma seviyesine gelmesi sağlanır. Kuru numune cıva üzerine kabı ortalayacak şekilde konur. Yine dişli cam plaka yardımıyla yavaşça bastırılarak numunenin, hava kabarcığı oluşmayacak şekilde, cıva içine batırılması sağlanır (Şekil 4.11). Taşan cıva tartılarak ağırlığı (W_4) not edilir.



Şekil 4. 11 Hacmini belirlemek için cıvaya daldırılmış numune

7- Numunenin ilk hacmini belirlemek için boş rötre kalıbı cıva ile doldurulur, dişli cam plaka ile cıvanın taşma seviyesine gelmesi sağlanır. Kalıp içinde kalan cıva tartılarak ağırlığı (W_5) not edilir. Eşitlikler (4.2, 4.3, 4.4) yardımıyla rötre limiti hesaplanır.

Rötre limitinin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$w_i = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \tag{4.2}$$

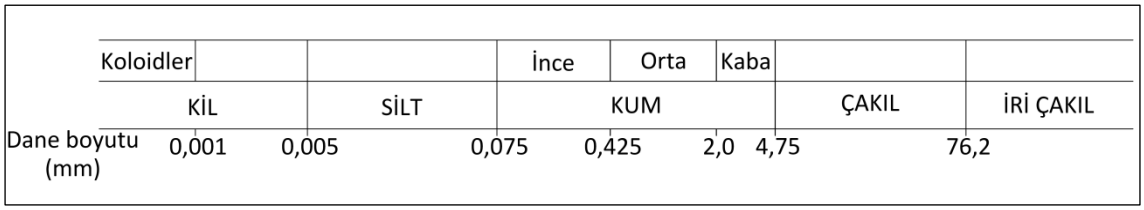
$$\Delta w_i = \frac{(W_5 - W_4)}{\rho_{Hg}(W_3 - W_1)} \times 100 \tag{4.3}$$

$$SL = w_i - \Delta w_i \tag{4.4}$$

4.2 Granülometri (Dane Çapı Dağılımı) Deneyleri

Zeminler farklı biçim ve boyutlarda daneleri bir arada barındıran yapılardır. Dane çapı dağılımı analizlerinin amacı da bu daneleri boyutlarına göre belirli aralıklarla gruplandırmayı sağlayarak incelenen örnek içerisindeki ağırlıkça oranlarını belirlemektir [23].

Dane çapı dağılımı analizleri, elek analizleri ve çökeltme analizleri olmak üzere iki ayrı yöntemle yapılır. Elek analizleri çakıl ve kum boyutlarındaki zeminleri (iri daneli) sınıflandırmada kullanılırken çökeltme analizleri ile silt ve kil boyutlarındaki ince daneli zeminlerin oranları belirlenir. Hem iri hem de ince daneli malzemelerden oluşan kompozit yapılı zeminlerin dane çapı dağılımları iki analizin birlikte yorumlanmasıyla oluşturulur.



Şekil 4. 12 Zeminlerin dane boyutlarına göre sınıflandırılması (ASTM) [23]

Şekil 4.12'de zeminleri oluşturan danelerin boyutlarına göre ayrılışları belirtilmiştir. İri ve ince daneli zeminleri belirleyen sınır değer olarak 0,075 mm kabul edilmiştir. 0,005 mm'den küçük daneler kil olarak adlandırılmıştır.

4.2.1 Elek Analizi Deneyi

Elek analizi deneyi ile zemin içerisindeki ince daneler ile iri daneler birbirlerinden ayrılırken iri danelerin de belirli aralıklardaki dağılımları incelenir [28] Deney için izlenmesi gereken adımlar ASTM D6913 – 04 numaralı doküman ile belirtilmiştir.

Deney için gerekli malzemeler; elek takımı, sarsma aleti, 0,1 g hassasiyete sahip tartı, etüv (≈110 °C) ve yıkanan zemini biriktirmek için genişçe bir kap (kova, leğen gibi) olarak sıralanabilir.

Elek analizinde kullanılan elek takımı Çizelge 4.1'de verilmiştir. Elek takımı, açıklık boyutları ASTM ölçütlerinde belirtilen eleklerden oluşturulmuştur.

Çizelge 4. 1 Analizlerde kullanılan elek takımı

Elek Numarası	Açıklık (mm)
4	4,750
10	2,000
20	0,850
40	0,425
60	0,250
100	0,150
200	0,075

Kemaliye evlerinden ve araziden alınan örneklerin yüksek ince daneli içeriğe sahip olacakları öngörülerek ıslak analiz yöntemi uygulanmıştır. Deneyin yapılışı için izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

1- Yıkama işlemi acele etmeden gerçekleştirilmesi gerekilen ve zahmetli bir süreç olduğu için bu aşamayı mümkün olduğunca pratik hale getirmek adına, öncelikle kuru şekilde bir eleme yapılarak, 200 numaralı elek altına geçebilecek kısmın ayrılması sağlanır. 200 numaralı elekten geçip pan üzerinde biriken kısım tartılarak ağırlığı not edilir.

2- İnce daneli kısım mümkün olduğunca ayıklandıktan sonra kalan kısım tekrar bir araya getirilerek yıkama işlemi için hazırlanır. Bu aşamada numunede meydana gelebilecek kayıpları en aza indirmek adına elekleri iç kısımları fırça yardımıyla dikkatlice süpürülerek temizlenir.

3- Tekrar bir araya getirilen zeminden bir miktar alınarak 200 numaralı elek içerisine konur. Elek altında birikecek su için genişçe bir kap yerleştirilerek yıkama işlemine başlanır. Püskürtülerek ilave edilen su ile zemin yıkanır. Bu işlem elek altından akan su berraklaşıncaya kadar sürdürülür.

4- Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra elek üstünde kalan malzeme etüve yerleştirilerek bir gün boyunca kurumaya bırakılır. Elek altına yerleştirilen kap içerisinde biriktirilen malzemenin ise kabın tabanına iyice çökelmesi için bekletilir. Bu işlem için 1-2 gün beklemek yeterli olacaktır.

5- İri daneli kısmın kurutulması sağlandıktan sonra eleme işlemi tekrar gerçekleştirilir. Zemin, geniş açıklıklı elek üstte olacak şekilde dizilen elek takımında en üstte bulunan elek içerisine yerleştirilir ve sarsma cihazı çalıştırılarak eleme işlemi gerçekleştirilir. 10 dakikalık bir süre bu işlem için yeterlidir (Şekil 4.13).



Şekil 4. 13 Sarsma cihazı ile numunenin elenmesi

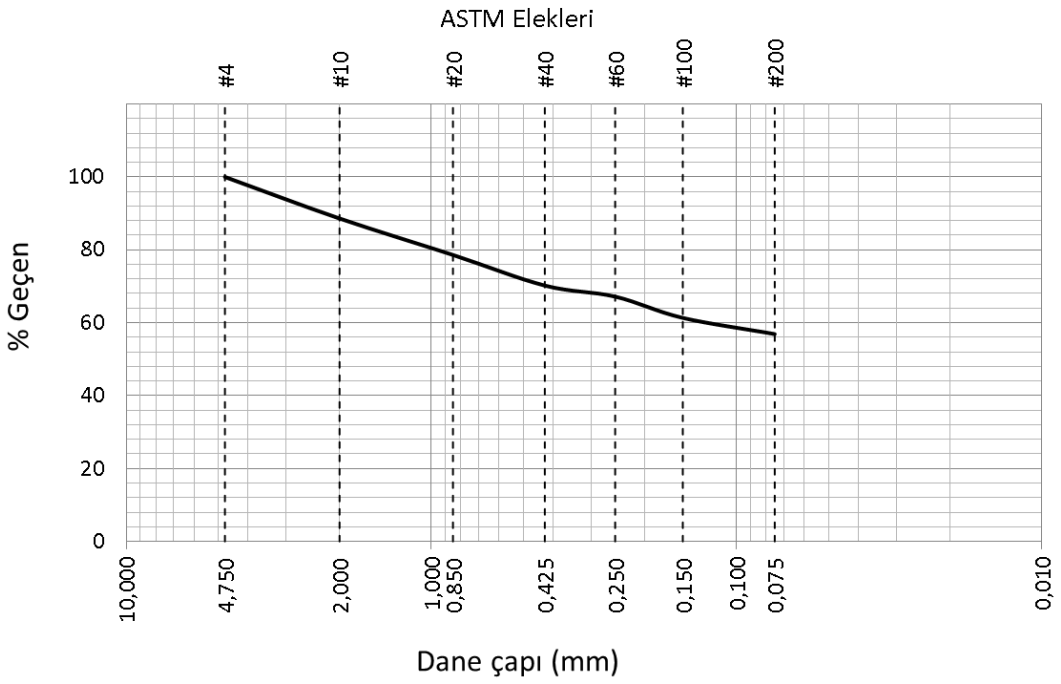
6- Sarsma işlemi tamamlandıktan sonra elekler tek tek sökülerek üzerlerinde kalan zemin miktarları tartılır ve tabloda elek numarası karşısına yazılır (Şekil 4.14).

Elek no	Çap (mm)	Elek üstü kalan (g)	Kalan %	Kümülatif %	Geçen %	
4	4,750	0,0	0,0	0,0	100,0	
10	2,000	68,4	11,4	11,4	88,6	
20	0,850	60,0	10,0	21,4	78,6	
40	0,425	50,4	8,4	29,8	70,2	
60	0,250	18,2	3,0	32,8	67,2	
100	0,150	35,0	5,8	38,7	61,3	
200	0,075	26,6	4,4	43,1	56,9	
Pan		337,1	56,2	99,3	0,7	Kayıp

Şekil 4. 14 Elek analizi verilerinin derlenmesi için örnek

7- Yıkanarak 200 numaralı elek altına geçen ve çökelmesi için bekletilen kısım ise çökelme sürecini tamamladıktan sonra kaptaki fazla su dikkatlice dökülür. Kalan kısım ise sıcaklığı 50 °C'yi geçmeyecek bir ortamda suyun buharlaşması için bekletilir. Daha sonra etüve alınarak kurutulur. Sonrasında kuru malzeme tartılır, bulunan değer ilk adımda ayrılan kısmın ağırlığına ilave edilir.

8- Eşitlik (4.5) yardımıyla hesaplamalar yapılarak iri daneli kısmın dane çapı dağılımı grafiği (Şekil 4.15) çizilebilir.



Şekil 4. 15 Analiz verileriyle çizilen grafik örneği

$$R_n = \frac{W_n}{W} \times 100 \qquad (4.5)$$

Burada R_n herhangi bir elek üzerinde kalan zeminin ağırlıkça yüzdesidir. W_n bu elekteki malzemenin ağırlığı W ise analiz edilen zeminin ağırlığıdır. Tüm elekler üzerinde biriken zemin yüzdeleri bu eşitlik (4.5) kullanılarak hesaplanır ve çizelgeye işlenir. Deney sonunda meydana gelebilecek malzeme kayıpları da eşitlik (4.6) kontrol edilir. Deney sonunda kayıpların %2'den az olması gerekmektedir [26].

$$Kayıp = \frac{W-W'}{W} \times 100 \quad (4.6)$$

(4.6) eşitliğinde W' değeri deney sonu hesaplanan toplam zemin ağırlığını ifade eder.

4.2.2 Hidrometre (Çökeltme) Analizi

Zemin içerisindeki ince daneli malzemelerin dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çökeltme analizi deneyinin temeli, süspansiyon içerisinde yer alan katıların çökelme hızları ile boyutları arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Stoke yasası olarak adlandırılan bu durum, süspansiyon içerisindeki katıların benzer biçim ve yoğunluklara sahip oldukları varsayılırsa boyutu büyük olan danelerin daha hızlı çökeleceği olarak ifade edilmektedir [23]. Buradan hareketle geliştirilen yöntem için izlenmesi gerekilen adımlar ASTM D422 standardında belirtilmiştir [29].

Hidrometre analizi için gerekli malzemeler;

- ASTM 152H tipi Hidrometre
- Mikser
- 1000 ml dereceli silindir
- Termometre
- Topaklanma önleyici (Sodyum Heksametafosfat)
- Beher
- Lastik tıpa
- Hassas terazi olarak sıralanabilir.

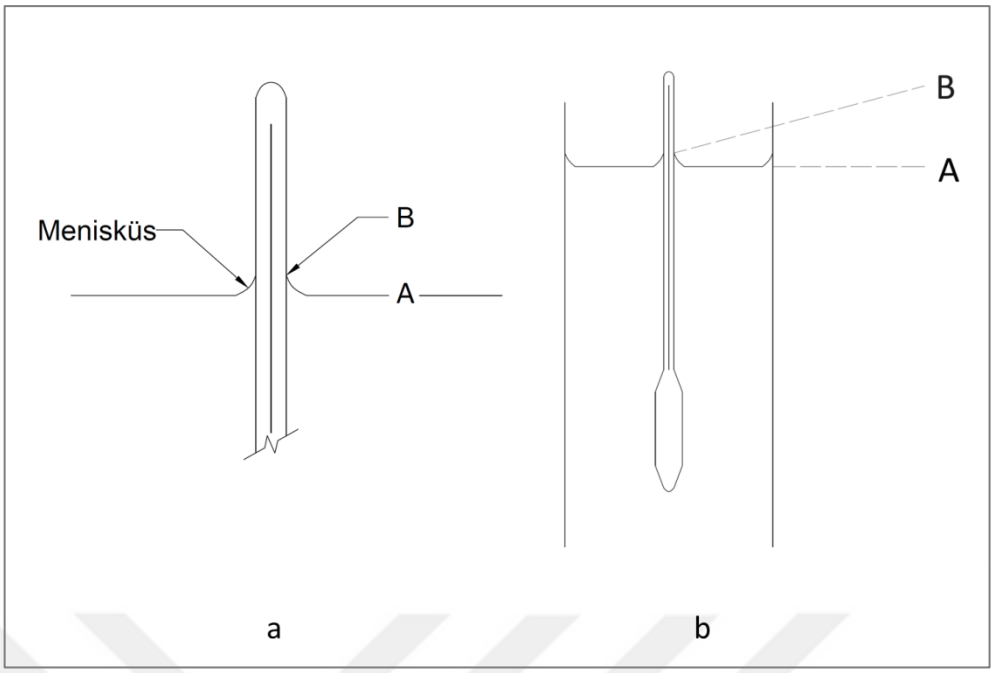
Analize başlamadan önce bazı ön hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Bunlar hidrometre aleti ile ilgili olan düzeltme değerlerinin tespiti ve deneyde kullanılacak

numune içindeki danelerin birbirlerinden ayrılmalarını sağlamak amacıyla yapılan işlemlerdir.

Daha önce de değinildiği gibi çökelme hızı danelerin boyutları ile birlikte artmaktadır. Bu sebeple deneyde kullanılacak zemin içerisindeki danelerin birbirlerinden ayrılmalarını sağlamak deneyin sağlıklı yapılabilmesi adına önemlidir. Su ile hazırlanan sodyum heksametafosfat (40 g/L) çözeltisi ile danelerin ayrıştırılması sağlanarak numune deneye hazır hale getirilir. Yeterli genişlikte bir porselen kap içerisine yerleştirilen zemin üzerine 125 ml sodyum heksametafosfat çözeltisi eklenerek çözeltinin numuneye nüfuz etmesini sağlamak amacıyla kap dikkatlice çalkalanır. Daha sonra bu karışımın üzeri kapatılarak 1 gün kadar bekletilir. Süreç sonunda numune artık deneye hazır hale gelmiştir.

Hidrometre aleti üretici tarafından 20 °C sıcaklıkta kalibre edilmiştir. Bu nedenle farklı sıcaklıklarda yapılacak ölçümlerde gerçek hidrometre okuma değerleri arasında tutarsızlıklar meydana gelecektir ve bu fark standart sıcaklık değerinden sapılma miktarına bağlı olarak değişecektir [29]. Deney sonuçlarını doğru olarak hesaplayabilmek için hidrometre aleti ile menüsküs düzeltmesi ve sıfır düzeltmesi değerleri tespit edilmelidir.

Menüsküs bir kap içerisindeki sıvının, yüzey gerilmelerinden kaynaklanarak, kıvrımlı bir yüzey oluşturmasıdır [30]. Çökelme analizi yapılırken oluşan süspansiyon yeterince şeffaf olmayacağı için hidrometre üzerinden okunacak değerler hidrometrenin sapı etrafında oluşan menüsküs seviyesinden alınmalıdır (Şekil 4.16a). Menüsküs düzeltmesi değeri su dolu bir tüp içine daldırılan hidrometre üzerinden elde edilebilir. Sıvı yüzeyinin biraz altında bir seviyeden bakıldığında yüzey düzlemi elips formunda görünür. Yüzey düzlemi düz bir hat haline gelinceye kadar bakış seviyesi yükseltilerek bu hattın hidrometre üzerinde kesiştiği seviye not edilir. Daha sonra hidrometrenin sapı üzerinde yükselen sıvının en üst noktasının denk geldiği seviye not edilir. Bu ikisi arasındaki fark menüsküs düzeltmesi olarak hesaplamalarda kullanılır (Şekil 4.16b).



Şekil 4. 16 a) Hidrometrede okuma alınması, b) Menisküs düzeltmesi [23]

Sıfır düzeltmesi ayrıştırıcı çözeltinin okumalara olan etkisini ortadan kaldırmak için yapılır. Sıfır düzeltmesi değerinin tespiti için daneleri ayrıştırmak amacıyla hazırlanan çözeltiden 125 ml alınarak dereceli silindir içerisine konur. Üzerine 1000 ml oluncaya kadar su ilave edilir. Hidrometre bu karışım içerisine daldırılır ve okunan değer ve 0 (sıfır) arasındaki fark sıfır düzeltmesi değeri olarak hesaplamalara dâhil edilir [29].

Bu çalışmada çökeltme analizi ve elek analizi deneyleri birlikte yürütülmüştür. Elek analizi deneyi (bk. 4.2.1) tarifinde belirtilen 1. adımda (kuru eleme) 200 numaralı elek altında biriken ince daneli malzemeden 50 g alınarak hidrometre analizinde kullanılmıştır. Deneyin yapılışı aşağıdaki gibi tarif edilebilir.

1- Litrede 40 g sodyum heksametafosfat tartılarak bir miktar su ile mikserde karıştırılmak suretiyle çözelti hazırlanır. Karıştırma işleminin ardından çözelti dereceli silindir içerisine dökülür. Karıştırma kabında çözelti kalmaması için su sıkılarak çözeltinin tamamının dereceli silindire alınması sağlanmalıdır. Daha sonra 1000 ml seviyesine gelinceye kadar dereceli silindire su ilave edilir. Böylece litrede 40 g sodyum heksametafosfat içeren çözelti hazırlanmış olunur.

2- Deneyde kullanılacak kuru numune yeterli genişlikte porselen kap içerisine alınır. Numune üzerine 125 ml su – sodyum heksametafosfat çözeltisi eklenir. Çözeltinin

zemine iyice işlemesi için kap dikkatlice çalkalanır. Üzeri kapatılır ve 1 gün boyunca bekletilir.

3- Sonrasında süspansiyon miksere alınır. Yine porselen kap içerisinde kalıntı olmaması için su sıkılarak karışımın tamamının mikserin karıştırma kabına alınması sağlanmalıdır. Gerekirse karıştırma kabı içerisine bir miktar daha su eklenebilir. Mikser birkaç dakika boyunca çalıştırılarak işlem tamamlanır.

4- Karıştırma kabındaki malzemenin tamamı, karıştırma kabında kalıntı kalmaması sağlanarak, temiz bir dereceli silindire alınır. Silindir içerisindeki süspansiyon seviyesi 1000 ml oluncaya kadar su ilave edilir.

5- Dereceli silindirin acık ucu kapatılarak (lastik tıpa ya da streç film kullanılabilir) 1 dakika boyunca alt üst edilip süspansiyon içerisinde katı malzemenin dağılması sağlanır.

6- Bu işlemin hemen ardından silindir düz bir yüzeye koyulur, ağzı açılır ve süre ölçümüne de başlanılarak hidrometre süspansiyon içerisine daldırılır. Hidrometrenin süspansiyon içerisinde serbestçe yüzmeli, yukarı aşağı ya da sağa sola hareket etmemelidir. İlk 2 dakika boyunca hidrometre süspansiyondan çıkarılmadan 15 sn, 30 sn, 60 sn ve 120 sn okumaları not edilir. Ardından hidrometre yavaşça süspansiyondan çıkarılır. Okumalar 4 dk, 8 dk, 15 dk, 30 dk, 1 sa, 2 sa, 4 sa, 8 sa, 24 sa, 48 sa ve 72 sa aralıklarında tekrarlanır. Hidrometre; okumalardan 20 - 25 saniye önce süspansiyona dikkatlice daldırılmalı, sabit hale gelinceye kadar kontrolde tutulmalı ve okumaların hemen ardından yavaşça geri çıkarılmalıdır. Her okuma sonrasında hidrometre temiz su dolu silindire batırılmalı, döndürülerek temizlenmelidir.

7- Deney boyunca ortam sıcaklığının sabit tutulması sağlanmalı ve sıcaklık değerleri takip edilmelidir.

4.2.2.1 Hesaplamalar

Hidrometre okumalarını tamamladıktan sonra dane çaplarını hesaplama işlemini pratikleştirmek adına önceden hazırlanmış katsayı tablolarını kullanmak yararlı

olacaktır. Hesaplamalarda kullanılan a, L ve K katsayıları ile ilgili tablolar Ek-A'da sunulmuştur.

Hesaplamalara başlamadan önce bazı düzeltme katsayılarının belirlenmiş olması gerekmektedir. Bunlar; menisküs düzeltmesi (F_m), sıfır düzeltmesi (F_Z) ve sıcaklık düzeltmesidir (F_T). Menisküs ve sıfır düzeltme değerlerinin belirlenmesi yukarıda anlatılmıştır, sıcaklık düzeltmesi ise eşitlik (4.7) ile bulunur.

$$F_T = -4{,}85 + 0{,}25T \tag{4.7}$$

Burada T deney süresince ölçülen sıcaklık (°C) değeridir. Daha sonra hidrometre okumaları (R_a) eşitlik (4.8) yardımıyla düzeltilerek, düzeltilmiş hidrometre okumaları (R_C) elde edilir.

$$R_C = R_a + F_T - F_Z \tag{4.8}$$

Daha sonra ölçüm yapılan numuneye ait incelik yüzdeleri eşitlik (4.9) ile hesaplanır. Burada a, spesifik gravite (özgül ağırlık) (G_S) için düzeltme katsayısı (hidrometre kalibrasyonu G_S=2,65 için yapıldığından), W_S hidrometre analizinde kullanılan zeminin kuru ağırlığıdır.

$$\% = \frac{aR_C}{W_S} \tag{4.9}$$

Eşitlik (4.10) kullanılarak gerçek hidrometre okuması (R) değerleri hesaplanır.

$$R = R_a + F_m \tag{4.10}$$

Son olarak eşitlik (4.11)'de değerler yerlerine yazılarak dane çapı D (mm) bulunur. Burada K sıcaklık ve numunenin özgül ağırlığına bağlı bir katsayı, L efektif derinlik (cm) ve t dakika cinsinden geçen zamandır.

$$D = K\sqrt{\frac{L}{t}} \tag{4.11}$$

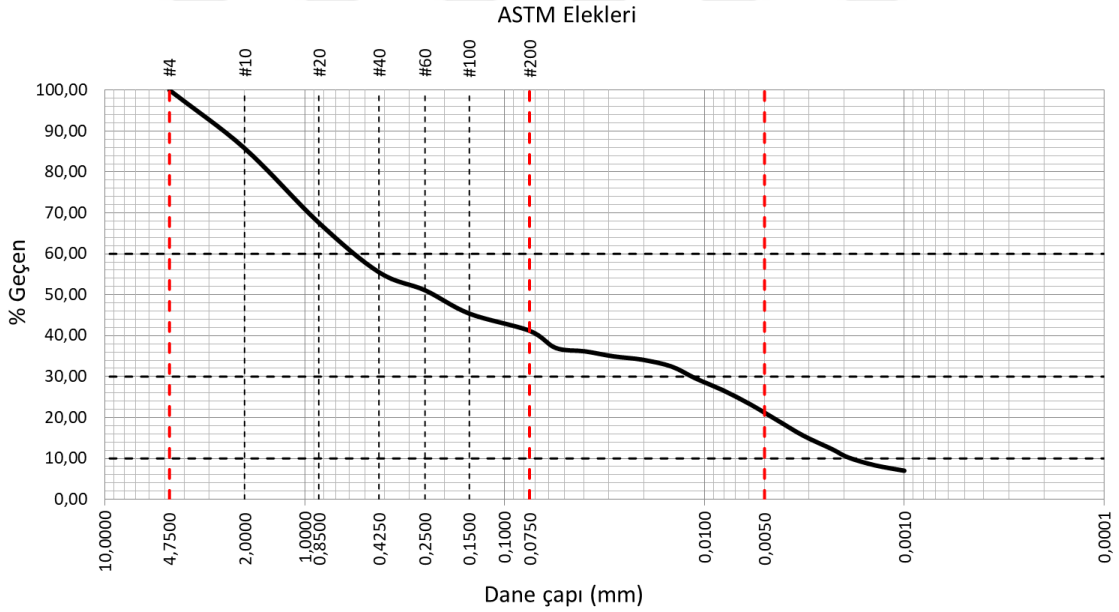
Hesaplamalarla bulunan değerler yardımıyla deney föyü doldurulur (Şekil 4.17) ve elek analizi sonuçlarıyla kombine edilerek numunenin granülometri eğrisi çizilebilir (Şekil 4.18). Elek analizi ve hidrometre analizi deneyleri birlikte, aynı numune üzerinde

çalışıldığından eşitlik (4.12) ile hidrometre analizinde hesaplanan incelik yüzdeleri elek analizinde 200 numaralı elek altına geçen miktarın %'si ile oranlanabilir.

$$\% = D\,\frac{(Elek\ analizinde\ 200\ numaralı\ elek\ altına\ geçen\ \%)}{100} \qquad (4.12)$$

Hidrometre Analizi											
Gs=2,63		Sıfır düzeltmesi = +7			Menisküs düzeltmesi = 1		F_T = -0,60	a = 1,00	W_s=50g		
Tarih	Saat	t (dk)	Sıcaklık T(°C)	Ra	Rc	% Geçen	R	L (cm)	$(L/t)^{1/2}$	K	D
06-03-13	10:53	0,25	17	53,50	45,90	91,80	54,50	7,36	5,43	0,01428	0,0775
06-03-13	10:53	0,5	17	52,50	44,90	89,80	53,50	7,52	3,88	0,01428	0,0554
06-03-13	10:54	1	17	51,50	43,90	87,80	52,50	7,68	2,77	0,01428	0,0396
06-03-13	10:55	2	17	50,00	42,40	84,80	51,00	7,93	1,99	0,01428	0,0284
06-03-13	10:57	4	17	49,00	41,40	82,80	50,00	8,10	1,42	0,01428	0,0203
06-03-13	11:01	8	17	47,00	39,40	78,80	48,00	8,40	1,02	0,01428	0,0146
06-03-13	11:08	15	17	43,50	35,90	71,80	44,50	9,00	0,77	0,01428	0,0111
06-03-13	11:23	30	17	40,00	32,40	64,80	41,00	9,60	0,57	0,01428	0,0081
06-03-13	11:53	60	17	35,80	28,20	56,40	36,80	10,24	0,41	0,01428	0,0059
06-03-13	12:53	120	17	31,00	23,40	46,80	32,00	11,10	0,30	0,01428	0,0043
06-03-13	14:53	240	17	26,50	18,90	37,80	27,50	11,80	0,22	0,01428	0,0032
06-03-13	18:53	480	17	22,50	14,90	29,80	23,50	12,45	0,16	0,01428	0,0023
06-03-13	22:53	720	17	20,00	12,40	24,80	21,00	12,90	0,13	0,01428	0,0019
07-03-13	10:53	1440	17	17,70	10,10	20,20	18,70	13,23	0,10	0,01428	0,0014
08-03-13	10:53	2880	17	16,10	8,50	17,00	17,10	13,48	0,07	0,01428	0,0010

Şekil 4. 17 Hidrometre analizi için hazırlanmış deney föyü örneği



Şekil 4. 18 Elek ve hidrometre analizleri ile oluşturulmuş bir granülometri eğrisi

Şekil 4.18'de verilen granülometri eğrisi üzerinde yatay kesikli çizgilerin eğriyi kestikleri noktalara karşılık gelen çap değerleri D_{60}, D_{50}, D_{30}, D_{10} elde edilerek, eşitlik (4.13) ve (4.14) yardımıyla zeminin üniformluk katsayısı C_u ve derecelenme katsayısı C_c

hesaplanabilir. Ayrıca D_{50} zeminin ortalama dane çapını, D_{10} ise efektif dane çapını ifade eder.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \tag{4.13}$$

$$C_C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} \tag{4.14}$$

4.3 Spesifik Gravite (Özgül Ağırlık) Deneyi

Piknometre yöntemi olarak da bilinen bu analiz, zeminin katı bileşenlerinin özgül ağırlığını belirlemekte yararlanılan geleneksel bir yöntemdir [23]. Deney yönergeleri ASTM D854 standardında belirtilmiştir [31].

Deney için gerekli malzemeler;

- Piknometre
- Etüv (≈110 °C)
- 0,01 g hassaslıkta terazi
- Havasız su
- Vakum aleti
- Termometre
- Damlalık ya da enjektör (şırınga)
- Etüvde kurutulmuş numune
- Huni

Deneyin yapılışı aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1- Piknometre kabı hassas terazi üzerine konulur ve içerisine taşma seviyesine kadar su eklenir. Bu ağırlık (W_1) not edilerek kap boşaltılır ve içerisine hava püskürtülerek güzelce kurulanır.

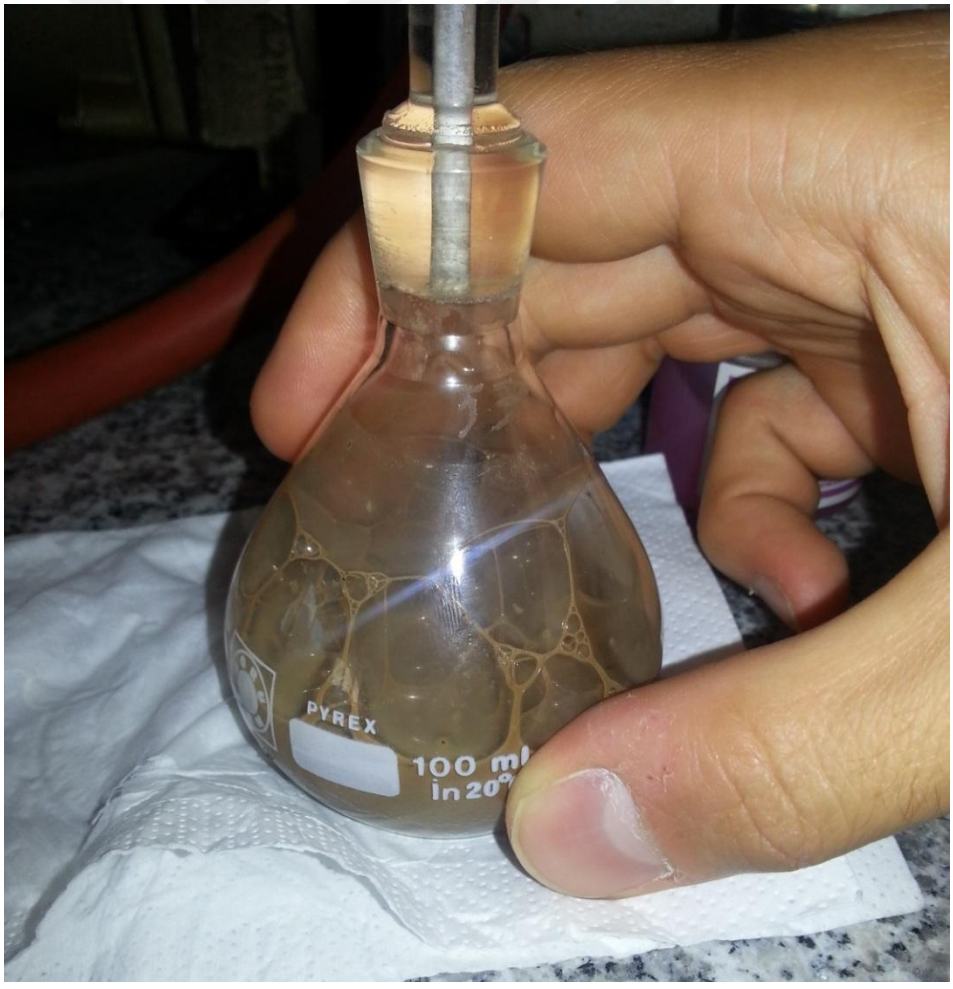
2- Tamamen kurulanan piknometre tekrar terazi üzerine konulur ve darası alınır, bir huni yardımıyla içerisine deneyde kullanılacak numune ilave edilir. Deneyde

kullanılacak numune 4 numaralı elek altında kalan kısımdan alınmalıdır [31]. Piknometreye ilave edilen kuru numunenin ağırlığı (W_s) not edilir.

3- Daha sonra piknometrenin 1/3'ü kadarını dolduracak şekilde su ilave edilerek piknometrenin kapağı takılır. Vakum hortumu kapağın ucunu içine alacak şekilde giydirilir. Piknometre hafifçe çalkalanarak vakumlama işlemi yapılır (Şekil 4.19). Bu işlem esnasında kap içerisindeki karışımda kayıp olmaması için özen gösterilmelidir, aksi halde sonuçlar yanıltıcı olacaktır. Vakumlama süreci kap içerisinde hava kabarcığı oluşumu son buluncaya kadar devam ettirilir.

4- Vakumlama işlemi sonrasında piknometre kapağı çıkarılır, içerisine taşma seviyesine kadar su ilave edilerek tartılır ve ağırlık (W_2) değeri not edilir. Isıl dengenin sağlanması için beklenir ve sonrasında termometre ile sıcaklık ölçümü yapılır.

5- Toplamda 3 ölçüm yapılacak şekilde deney tekrarlanır.



Şekil 4. 19 Numune içerisindeki havanın vakumlanması

Deneyler sonuçlandırıldıktan sonra eşitlik (4.15) yardımıyla özgül ağırlık değerleri hesaplanabilir. Hesaplanan G_S değerleri sıcaklık katsayısı A ile çarpılarak düzeltilmiş değerler elde edilir. Bu değerler arasında tutarlılık olmalı ve farklılıklar %2 – 3 seviyesini geçmemelidir [26]. 3 değerin ortalaması alınarak zeminin özgül ağırlığı bulunur. A katsayısına ait tablo Ek-A'da sunulmuştur.

$$G_S = \frac{W_S}{W_W} = \frac{W_S}{(W_1+W_S)-W_2} \tag{4.15}$$

Burada W_S deneyde kullanılan kuru numune ağırlığı, W_W zemin katı kısmına eşdeğer hacimde su ağırlığıdır.

4.4 Zeminlerin Sınıflandırılması

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi ve tasarım parametrelerinin saptanması veya değişik amaçlar için malzeme seçilmesi sırasında da, önce zeminleri özellikleri kabaca belirli birtakım gruplara ayırmak, ondan sonra ayrıntılı incelemelere geçmek çok yararlı olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, zeminleri sistematik olarak belirli gruplara ayırmaya yarayan bazı standart sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir [22]. Uygulamada değişik amaçlar için geliştirilmiş birçok zemin sınıflandırma sistemi bulunmaktadır. Bu bölümde, inşaat mühendisliğinde en yaygın olarak kullanılan ve bu tez çalışmasında tercih olunan Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS) ele alınacaktır.

Bu sistemde zeminler sınıflandırılırken öncelikle dane boyutlarına göre, iri daneli zeminler (çakıllar ve kumlar) ve ince daneli zeminler (siltler ve killer) olmak üzere, iki ana gruba ayrılırlar. İri daneli zeminler dane boyutlarına, ince daneli zeminler ise plastisite özelliklerine göre kendi içlerinde alt gruplara ayrılmaktadırlar. Çakıllar G, kumlar S ile gösterilip granülometrilerine göre iyi derecelenmiş olanlar W, kötü derecelenmiş olanlar ise P sembolleri ile ifade edilirler. İnce daneli zeminlerde ise siltler M, killer C ile gösterilirken; düşük plastisite L, yüksek plastisite ise H ile sembolize edilir. Ayrıca organik zeminler için O ve turba zeminler için de Pt sembolleri kullanılır [22].

Zeminler birleştirilmiş sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılırken öncelikle 200 numaralı elek üzerinde kalan kısımları dikkate alınır. Eğer elek analizi sonuçlarına göre

200 numaralı elek üzerinde kalan zemin miktarı toplam miktarın yarısından fazla ise zemin iri daneli olarak ifade edilir. İri daneli kısmın da kendi içerisinde değerlendirilmesi sonucu ana grup belirlenir. Eğer çakıl miktarı çoğunlukta ise sınıflandırma sistemine göre gösterimde ilk sembol olarak G kullanılacaktır. Buna göre çakılların olası grup sembolleri (Çizelge 4.2) ve sınıflandırma kriterleri (Çizelge 4.3) aşağıda belirtildiği gibidir.

Çizelge 4. 2 Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre çakıl sınıfları [26]

Grup Sembolü	Genel Özellikler
GW	İyi derecelenmiş çakıllar ve çakıl kum karışımları
GP	Kötü derecelenmiş çakıllar ve çakıl kum karışımları
GM	Siltli çakıllar, çakıl – kum – silt karışımları
GC	Killi çakıllar, çakıl – kum – kil karışımları

Çizelge 4. 3 Çakıllar için sınıflandırma kriterleri [26]

Grup Sembolü	Sınıflandırma Kriteri
GW	200 numaralı elek altında kalan % <5; Cu=D60/D10≥4; Cc=(D30)2/(D10·D60) 1 ve 3 arasında
GP	200 numaralı elek altında kalan % <5; ve GW kriterlerine uymuyorsa
GM	200 numaralı elek altında kalan % >12; A hattı altında veya PI < 4 ise
GC	200 numaralı elek altında kalan % >12; A hattı üstünde veya PI > 7 ise
GC – GM	200 numaralı elek altında kalan %> 12; Casagrande kartındaki taralı bölgede ise
GW – GM	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; GW ve GM kriterlerine uyuyorsa
GW – GC	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; GW ve GC kriterlerine uyuyorsa
GP – GM	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; GP ve GM kriterlerine uyuyorsa
GP - GC	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; GP ve GC kriterlerine uyuyorsa

İri daneli kısmın büyük kısmı kumlardan meydana geliyorsa bu durumda ana grup sembolü olarak S kullanılacaktır. Kumlar için grup sembolleri (Çizelge 4.4) ve sınıflandırma kriterleri (Çizelge 4.5) aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4. 4 Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre kum sınıfları [26]

Grup Sembolü	Genel Özellikler
SW	İyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar
SP	Kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar
SM	Siltli kumlar, kum – silt karışımları
SC	Killi kumlar, kum – kil karışımları

Çizelge 4. 5 Kumlar için sınıflandırma kriterleri [26]

Grup Sembolü	Sınıflandırma Kriteri
SW	200 numaralı elek altında kalan % <5; Cu=D60/D10≥6; Cc=(D30)2/(D10×D60) 1 ve 3 arasında
SP	200 numaralı elek altında kalan % <5; ve SW kriterlerine uymuyorsa
SM	200 numaralı elek altında kalan % >12; A hattı altında veya PI < 4 ise
SC	200 numaralı elek altında kalan % >12; A hattı üstünde veya PI > 7 ise
SC – SM	200 numaralı elek altında kalan %> 12; Casagrande kartındaki taralı bölgede ise
SW – SM	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; SW ve SM kriterlerine uyuyorsa
SW – SC	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; SW ve SC kriterlerine uyuyorsa
SP – SM	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; SP ve SM kriterlerine uyuyorsa
SP - SC	200 numaralı elek altında kalan % 5 - 12 arasında; SP ve SC kriterlerine uyuyorsa

Elek analizi sonuçlarına göre 200 numaralı elek altında kalan kısım %50'den fazla ise bu kez zemin ince daneli olarak tanımlanır. İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması

amacıyla Casagrande kartından yararlanılır. Buna göre ince daneli zemin sınıfları (Çizelge 4.6) ve sınıflandırma kriterleri (Çizelge 4.7) aşağıda belirtildiği gibidir.

Çizelge 4. 6 Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre ince daneli zeminler [26]

Grup Sembolü	Genel Özellikler
CL	Düşük plastisiteli inorganik killer ve siltli killer
ML	Düşük plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler
OL	Düşük plastisiteli organik siltler ve killi siltler
CH	Yüksek plastisiteli inorganik killer ve siltli killer
MH	Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler
OH	Yüksek plastisiteli organik killer ve siltler

Çizelge 4. 7 İnce daneli zeminler için sınıflandırma kriterleri [26]

Grup Sembolü	Sınıflandırma Kriteri
CL	İnorganik; LL<50; PI >7; A hattı üzerinde kalan bölgede
ML	İnorganik; LL<50; PI <4; A hattı altında kalan bölgede
OL	Organik; $LL_{\text{etüvde kurutulmuş}}/LL_{\text{etüvde kurutulmamış}}$ <0,75; ve LL<50
CH	İnorganik; LL ≥50; A hattı üzerinde kalan bölgede
MH	İnorganik; LL ≥50; A hattı altında kalan bölgede
OH	Organik; $LL_{\text{etüvde kurutulmuş}}/LL_{\text{etüvde kurutulmamış}}$ <0,75; ve LL ≥50
CL – ML	İnorganik; Casagrande Kartındaki taralı bölgede ise
Pt	Turba zeminler ve diğer organik zeminler

4.5 Zeminlerin Sıkıştırılması ve Standart Proctor Deneyi

Kompaksiyon (sıkıştırma) zemin danelerinin birbirine yaklaştırılması ve aralarındaki hava boşlukların azaltılması sonucu daha sıkı bir yerleşime sahip olmalarını sağlayan

mekanik işlemlere verilen isim olarak tanımlanabilir. Zeminin sıkıştırılması sonucu birim hacim ağırlığı artmakta ve buna bağlı olarak mühendislik özellikleri iyileştirilmiş olmaktadır. Danelerin birbirine yaklaşabilmesi ve sıkılaşmanın sağlanabilmesi ancak uygulanan statik veya dinamik yükler altında birbirlerine göre hareket edebilmeleri ile sağlanabilir. Danelerin birbirine göre hareket edebilme yetenekleri ise, uygulanan yüklerin şiddeti (kompaksiyon enerjisi) altında zemin içindeki su miktarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Uygulanan belli bir kompaksiyon enerjisi ile elde edilebilecek sıkılık derecesinin su muhtevasına bağlı olarak değişimi, dolguda kullanılacak zemin için deneysel olarak saptanmalıdır. Bu konudaki ilk bilimsel çalışmalar arasında en önemli olanı R. R. Proctor tarafından 1930'larda yapılan çalışmalardır. Proctor, bugün birçok ülke ve kuruluş tarafından standart deney olarak kabul edilen laboratuvar deneyini geliştirmiştir. Proktor Kompaksiyon Deneyi olarak bilinen bu deneyde, değişik su muhtevalarında zemin numuneleri, standart boyutlarda bir kalıp içinde, belirli sayıda tabakalar halinde ve üzerine yine standartlaştırılmış miktarda enerji uygulanarak (kütlesi belli bir ağırlığın sabit bir yükseklikten düşürülmesi ile) sıkıştırılmaktadır. Deney aleti Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Yaygın olarak kullanılan iki tür Proktor deneyi vardır: Standart Proktor ve Modifiye Proktor deneyleri. Bunlardan birincisinde zemin 3 tabaka halinde üzerine 2.5 kg ağırlığında bir kütlenin her tabakaya 30 cm yükseklikten 25'er kere düşürülmesi ile, ikincisinde ise zemin 5 tabaka halinde üzerine 4,5 kg ağırlığında bir kütlenin her tabakaya 46 cm yükseklikten 25'er kere düşürülmesi ile sıkıştırılmaktadır (Standart Proktor deneyinde uygulanan kompaksiyon enerjisi 590 kJ/m^3, Modifiye Proktor deneyinde ise 2700 kJ/m^3 olmaktadır). Kalıp sıkıştırılmış zemin ile tamamen doldurulduktan sonra kütlesi belirlenip bundan sıkıştırılmış zeminin yoğunluğu (veya birim hacim ağırlığı) hesaplanabilir [22].



Şekil 4. 20 Kompaksiyon deney aleti ve kalıbı

Standart Proctor Deneyi'ne ilişkin ayrıntılar ASTM D698 – 12 standardında belirtilmiştir.

Deneyde kullanılan araç gereçler şu şekilde sıralanabilir;

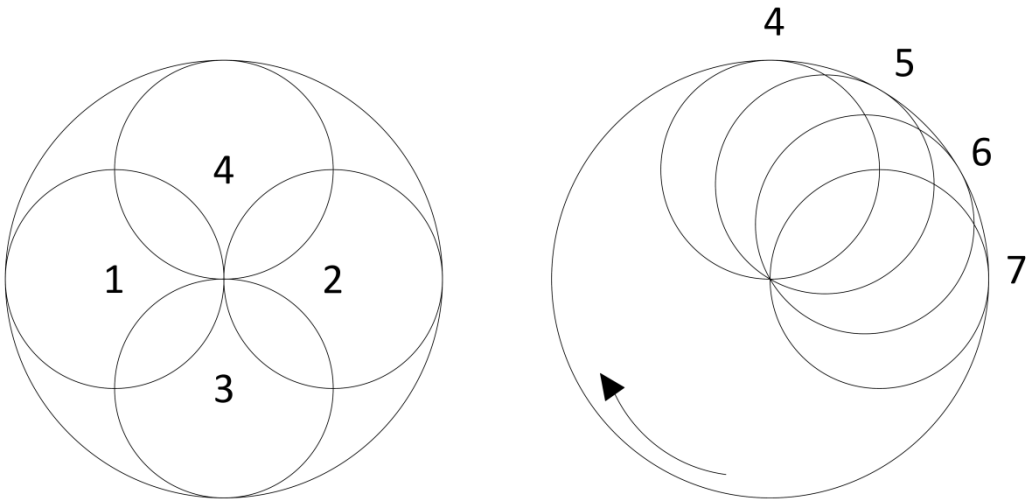
- Kompaksiyon deney seti (Tokmak ve mold)
- Zemini rahatça karıştırmaya yetecek genişlikte metal bir leğen vb. kap
- Mala
- Su
- Numune kabı
- Terazi
- Etüv (≈110 °C)
- Yüzey düzleyici veya spatula
- 4 numaralı elekten geçen, yaklaşık 5 kg zemin.

Deney adımları aşağıda verilmiştir.

1- Deneyde kullanılacak olan zemin genişçe bir metal kap içerisine alınır. Kap içerisindeki zemini nemlendirmek amacıyla bir miktar su ilave edilerek mala yardımıyla karıştırılır. Sulama işleminin tüm zemine homojen olarak uygulanması önemlidir, bu amaçla su bir püskürtücü yardımıyla zemine ilave edilebilir. Zeminin

ıslanması esnasında meydana gelen topaklar mala ile mümkün olduğunca giderilmeli, deneye başlamadan önce tüm zeminde homojen bir görüntü oluşturulmalıdır. Kompaksiyon esnasında nem kayıplarının önüne geçebilmek adına kap içerisinde bulunan zeminin üzeri örtülmelidir.

2- Su zemine iyice yedirildikten sonra kompaksiyon işlemi için hacmi ve darası ölçülmüş bir mold içerisine, kompaksiyon sonrasında moldun 1/3'ü dolu kalacak şekilde, zemin mala yardımıyla yerleştirilir. Düz bir yüzeye koyulan mold kompaksiyon esnasında sabit kalması için kenarlarına ayaklar basılarak tokmak yardımıyla içerisindeki zemine kompaksiyon uygulanır. Tokmağın zemin üzerine serbest düşüş yapması sağlanmalı, 25 düşüş uygulanmalı ve düşüş tekrarları Şekil 4.21'de gösterilen şablona uymalıdır. Bu işlem her bir su muhtevası değeri için mold içerisinde 3 zemin tabakası yerleştirilerek tekrarlanmalıdır. Toplam 3 kat zemin üzerine 75 adet düşüş yapıldığında kompaksiyon işlemi tamamlanmış olur.



Şekil 4. 21 Kompaksiyon uygulaması için tokmak düşüşlerinin izlediği yol [32]

3- Kompaksiyon işleminin tamamlanmasının ardından moldun üst kısmı sökülerek alt kısım içerisinde kalan zeminin yüzeyi dikkatlice düzlenir ve mold içerisindeki zeminle birlikte tartılarak ağırlığı not edilir. Daha sonra mold içerisindeki zemin bir kriko yardımıyla kalıp halinde çıkarılarak; alt, üst ve orta kısımlarından su muhtevalarını belirlemek için numune alınır. Numune alma işlemlerinden sonra zemin dikkatlice ufalanarak karıştırma kabı içerisine geri konur.

4- Karıştırma kabı içerisindeki zemine, mevcut su muhtevası değerini %2 – 3 oranında arttıracak kadar su ilave edilerek yukarıdaki işlemler tekrarlanır. Her kompaksiyon sonrasında kalıpla birlikte tartılan zemin ağırlığı önce artış gösterecek daha sonra ise ağırlıkta bir azalma meydana gelecektir. Bu aşamadan itibaren 2 tekrar daha yapılarak deney sonlandırılır.

Kompaksiyon deneyi uygulanacak zeminin optimum su muhtevası değerini deneye başlamadan önce tahmin etmek mümkündür. Kohezyonlu zeminler optimum su muhtevalarında, el ile sıkıştırıldıklarında, topaklanma gösterir ve bu topaklar etki ortadan kalktığında da bir arada kalırlar. Ancak büküldüklerinde temiz bir şekilde iki parçaya ayrılırlar. Optimum su muhtevasının kuru tarafındaki durumlarda topaklar ufalanır; ıslak tarafındaysa ele yapışan, iz bırakan bir yapıdadır. Kompaksiyon deneyi ile aranan bu optimum su muhtevası değeri zeminin plastik limit değerinin biraz altındadır. Deneye başlamadan önce zeminin plastik limit değeri bilinirse, su muhtevaları her adım için %2 – 3 arttırılarak, optimum su muhtevası değerinin kuru tarafında en az 2 tekrar ve ıslak tarafında yapılacak en az 2 tekrar ile kompaksiyon deneyi pratik olarak uygulanabilir [32].

4.5.1 Hesaplamalar

Kompaksiyon deneyi sonrasında farklı su muhtevalarına karşılık gelen kuru birim hacim ağırlıklar hesaplanarak kompaksiyon eğrisi çizilir. Deneyde her bir kompaksiyon tekrarı ardından alınan örneklerle zeminin sıkıştırma su muhtevası hesaplanır ve bu değer kullanılarak aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplamalar yapılır.

$$\gamma = \frac{Kompaksiyon\ uygulanmış\ ıslak\ zemin\ ağırlığı}{Proctor\ kalıbı\ hacmi} = \frac{W_2 - W_1}{V_M} \qquad (4.16)$$

Eşitlik (4.16) yardımıyla kompaksiyon uygulanmış zeminin birim hacim ağırlığı hesaplanır. Burada W_1 moldun boş ağırlığı, W_2 ise moldun içerisindeki zemin ile birlikte ölçülen ağırlığıdır.

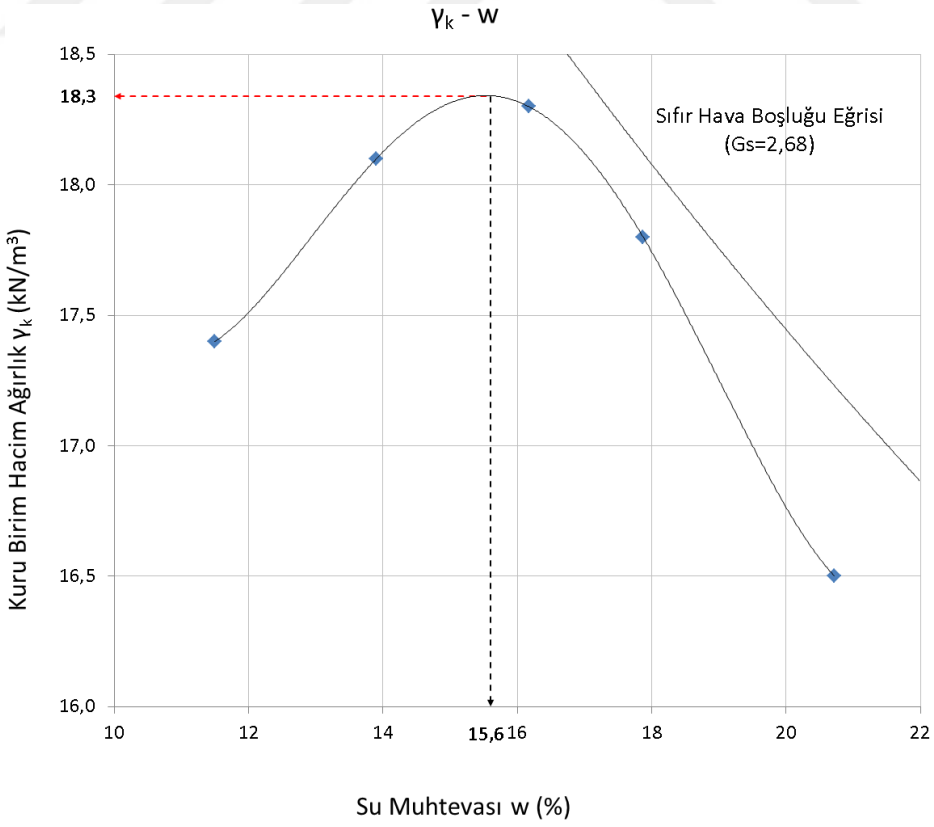
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}} \qquad (4.17)$$

Eşitlik (4.17) ile kompaksiyon uygulanmış zeminin kuru birim hacim ağırlığı hesaplanır. Burada w kompaksiyon esnasındaki su muhtevası (%) değeridir. Kompaksiyon uygulanarak sıkıştırılan kalıp içerisindeki zeminin suya doygunluk değeri de eşitlik (4.18) yardımıyla hesaplanabilir.

$$S_i = \frac{w}{\frac{\gamma_w}{\gamma_d} - \frac{1}{G_S}} \tag{4.18}$$

Kompaksiyon esnasında zemin boşluklarındaki havanın uzaklaştırılması amaçlansa da bunun tamamen gerçekleştirilebilmesi pratikte mümkün değildir. Zemin boşluklarında hiç hava kalmadığı, zeminin tamamen suya doygun olduğu durum sıfır hava boşluğu eğrisi çizilerek grafikte gösterilir. Sıfır hava boşluğu eğrisi için farklı su muhtevası değerlerinde birim hacim ağırlık hesapları eşitlik (4.19) yardımıyla yapılarak eğri elde edilebilir. Burada γ_w suyun birim ağırlığını ifade eder. Örnek bir kompaksiyon deneyi eğrisi Şekil 4.22'de verilmiştir.

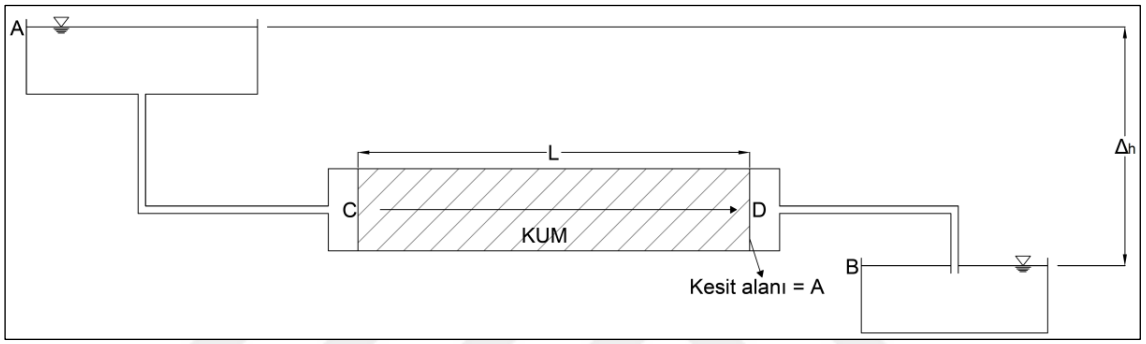
$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{\frac{w}{100} + \frac{1}{G_S}} \tag{4.19}$$



Şekil 4. 22 Kompaksiyon deneyi sonuçlarının grafikle gösterilmesi

4.6 Zeminlerin Geçirimliliği ve Darcy Yasası

Zeminler aralarında boşluk bulunan katı danelerden oluşurlar ve genellikle bu boşluklar birbirleriyle bağlantılıdırlar. Zeminler bu boşluklu dokuları dolayısıyla sıvılar karşısında geçirgendirler. Zeminlerin sıvılar karşısında geçirgenliği (permeabilitesi) deneysel olarak ilk kez Darcy (1856) tarafından araştırılmıştır. Kum numuneler üzerinde Şekil 4.23'teki gibi bir düzenek kurarak araştırmalar yapan Darcy, farklı numune kalınlıkları ve basınçlar altında kararlı akım koşulları korunduğu sürece numune içerisinden geçen akım hızının daima hidrolik eğim ile orantılı olduğunu göstermiştir [33].



Şekil 4. 23 Zemin içerisinden geçen su akımını incelemek amacıyla oluşturulan deney şeması [22]

Burada A ve B noktaları arasındaki su seviyeleri farkı Δ_h ve akım esnasında boruda enerji kaybı olmadığı kabulü ile zemin numunesine suyun giriş ve çıkış noktaları (C ve D) arasındaki hidrolik eğim (i) Δ_h/L olarak ifade edilerek, Darcy kanunu olarak bilinen, eşitlik (4.20) yardımıyla deney sonuçları ifade edilmiştir [22]. Burada k, birim hidrolik eğim etkisi altında zemin içindeki akım hızını ifade eden permeabilite katsayısıdır. Birimi cm/sn olup literatürde permeabilite olarak kullanılmaktadır [33]. q birim zamanda akan su hacmini (cm^3/sn), t zaman (sn), A ise zeminin akım yönüne dik kesit alanını (cm^2) ifade eder.

$$q = \frac{Q}{t} = kiA \qquad (4.20)$$

Bu çalışma sonucunda ortaya konan Darcy yasası permeabilite hesaplarında kullanılan temel yöntem olup yalnızca belirli akım koşulları içerisinde geçerlidir. Akım hızının artması sonucu oluşan türbülanslı akım durumlarında akım hızı ve hidrolik iletkenlik arasındaki lineer ilişki kaybolmakta dolayısıyla Darcy yasası geçerliliğini yitirmektedir.

Ayrıca su geçirgenliği çok düşük olan bazı killer üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda da akım hızı ve hidrolik eğim arasındaki lineer ilişkinin gözlemlenemediği kaydedilmiştir [22]. Buradan hareketle geçirgenliği çok yüksek ve çok düşük olan zeminler üzerinde permeabilite analizi yapılırken akım hızı ve hidrolik eğim arasındaki ilişkiye dikkat edilmesi gerektiği söylenilebilir.

4.6.1 Zeminin Permeabilitesine Etki Eden Faktörler

Permeabilite zeminler için belli başlı bir değere sahip olmayıp birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilen bir özelliktir. Dane çapı dağılımı, dane şekli ve yapısı, mineralojik yapı, boşluk oranı, suya doygunluk oranı, zeminin tabakalaşma durumu, akışkanın yapısı, akımın türü ve sıcaklık gibi değişkenler permeabiliteye etki etmektedir [33].

Zemini oluşturan danelerin iyi derecelendirilmiş bir granülometriye sahip olmaları ince danelerin iri daneler aralarında oluşan boşlukları doldurabilmelerine imkân sağlayarak permeabiliteyi azaltıcı bir etki yaratır. İnce danelerden yoksun bir zemin içerisinde görece daha büyük boşluklar olabileceğinden dolayı iri çakıllar gibi zemin türleri yüksek geçirgenliğe sahiptir. Bu tip zeminlerde suyun / sıvının akış hızı da yüksek olacağından kritik hız seviye aşılabilir ve türbülanslı akım meydana gelebilir. Zemin içerisinde türbülanslı akımın oluşması da yüksek geçirgenliği ifade eder.

Zemin içerisindeki danelerin şekli ve yüzey dokuları da hidrolik iletkenliğe etki eder. Uzun ve asimetrik daneler küresel yapıya sahip danelere göre daha pürüzlü akım yolları oluşturacağından hidrolik iletkenliği azaltıcı etki yaratabilir. Aynı şekilde pürüzlü bir yüzeye sahip olan daneler de pürüzsüz yüzeye sahip danelere kıyasla sıvı akımına daha fazla direnç gösterirler [33].

İnce daneli zeminlerde killerin mineralojik yapıları da hidrolik iletkenliği etkiler. Farklı minerallerin bünyelerinde farklı kalınlıklarda adsorbe su barındırabilmeleri efektif boşluk oranını değiştirebileceği için mineralojik yapı ince daneli zeminlerin geçirgenlikleri üzerinde etkilidir [34].

Kompaksiyon uygulanmış zeminlerde boşluk oranı uygulanan enerjiye ve sıkıştırma su muhtevasına bağlı olarak farklılık gösterir. Boşluk oranının azalması geçirimsizliği

arttırırken, artması ise geçirgenliği yükseltici etki yaratır. Ayrıca zeminin sıkıştırma su muhtevası değeri arttıkça suya doygunluğu artacak, bunun sonucu olarak artan boşluk suyu basınçları sebebiyle kompaksiyon zorlaşacaktır. Her ne kadar zeminin sıkıştırılabilirliğine olumsuz etkisi olsa da bu durumda zemin boşluklarındaki hava baloncukları hapsolabileceği için akım yollarını tıkayıcı etki yaratıp hidrolik iletkenliğin azalmasına neden olabilir [22].

Zeminlerin tabii koşullarda homojen olmayan, anizotropik yapıları sebebiyle de geçirgenlik özellikleri değişim gösterebilir. Arazi koşullarında farklı zemin tabakalarının bir arada olmaları farklı akım yolları oluşturabileceği için arazi permeabilite değerleri ile araziden alınan örnekler üzerinde laboratuvarda ölçülen permeabilite değerleri farklılık gösterecektir. Arazide mevcut zemin kusurlarının geçirgenliği arttırıcı etkileri laboratuvarda tam anlamıyla temsil edilemediğinden arazi ölçümlerinde yüksek geçirgenlik değerleri elde edilebilir [35].

Ayrıca yoğunluk ve viskozite gibi akışkan özelliklerinin de sıcaklıkla değişim göstermeleri sebebiyle sıcaklık değişimlerinin permeabiliteye etkisi olacaktır. Sıcaklık artışları sebebiyle viskozitenin artması permeabiliteyi de arttıracaktır [33].

BÖLÜM 5

KEMALİYE EVLERİ MALZEMELERİNİN ZEMİN İNDEKS ÖZELLİKLERİ

İnşaat mühendisliğinde zemin olarak nitelendirilen malzemenin birbirinden çok farklı özelliklere sahip birçok malzemeyi tanımlamakta kullanılan genel bir ifade olup zeminler içinde mühendislik özellikleri su ile beton kadar birbirinden farklı malzemeler bulunduğu bilinmektedir. Özellikleri bu kadar geniş bir aralık içinde değişen tabii zeminlerin arazideki yüklemeler altında davranışlarını analiz edebilmek ve mühendislik tasarımları için gerekli parametreleri saptayabilmek, diğer inşaat malzemelerine göre daha karmaşık bir problem oluşturmaktadır. Bütün zeminler için geçerli davranış modelleri ve genel malzeme katsayıları tanımlayabilmek çoğu durumlarda mümkün olmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı, zeminleri önce bazı basit özelliklerine göre belirli sınıflara ayırmak, ondan sonra mühendislik özelliklerini saptamaya çalışmak çok yararlı olmaktadır. Zeminlerin belirli standart sistemlere göre sınıflandırılmasını sağlayan ve mühendislik özellikleri hakkında bazı önemli ipuçları veren bu özelliklerine indeks özellikleri adı verilmektedir [22]. Zeminlerin indeks özellikleri olarak zemini oluşturan danelerin boyutları, biçimleri, yoğunlukları ve mineralojik karakteristikleri gibi dane özellikleri ile zemini oluşturan katı, sıvı ve gaz (hava) kısımların birbirine göre hacim veya ağırlık oranları, zeminin dokusu, kıvamı ve iç yapısı gibi bünyesel özellikleri sayılabilir. Bu bölümde geleneksel Kemaliye evlerinin inşa edildiği toprak malzemelerin indeks özelliklerinin deneysel olarak belirlenmiş sonuçları incelenecektir.

5.1 Deneylerde Kullanılan Numuneler

Kemaliye'den alınan numunelerin büyük kısmı yapısına katıldığı evlerden elde edilmiş ve alındıkları ev ile birlikte adlandırılmışlardır. Ancak evlerin koruma altında olması

evlerden alınan numune miktarlarının sınırlı tutulması zorunluluğunu doğurmuştur. Çizelge 5.1'de numunelerin isimleri, ağırlıkça miktarları, alındığı bölge (ev ya da arazi gibi) ve görsel özellikleri belirtilmiştir. Ayrıca kullanım kolaylığı sağlaması amacıyla numune isimleri kısaltılmış, her numune için bir kod adı verilmiştir. Kemaliye evlerinde kullanılan zeminler yerel adlarıyla kerpin, pur, gavcin ve kepir olarak bilinmektedirler. Ayrıca tandır yapımı, sıva yapımı ve ahşap döşeme altlığı gibi işlerde kullanılan topraklar da yapımında yararlanıldıkları nesnelerin ya da işlerin adlarıyla anılmaktadırlar. Numunelere yerel dildeki adları kısaltılarak, yanlarına Çizelge 5.1'deki sıralanışlarına göre birer rakam eklemek koşuluyla kodlama yapılmıştır.

Çizelge 5. 1 Laboratuvar araştırmaları için Kemaliye ve Kemaliye evlerinden alınan numuneler

Sıra	Numune Adı	Alındığı Yer	Yerleşim Adı	Miktar (g)	Renk	Numune Kodu
1	Başpınar Dışarıdan Kerpin[1]	Arazi	Başpınar Köyü	1415	Turuncu	Ker-1
2	Başpınar Dışarıdan Pur (Ham)[1,3]	Arazi	Başpınar Köyü	1092	Beyaz	-
3	Başpınar Dışarıdan Tandır Toprağı[1]	Arazi	Başpınar Köyü	1446	Kahverengi	Tan-1
4	Merkez Nazım Bey (Gottik Usta) Evinden Gavcin[1]	Konut	Kemaliye / Merkez	2250	Gri	G-1
5	Başpınar Dışarıdan Duvar – Yer Döşeme Örneği[1]	Arazi	Başpınar Köyü	737	Açık Kahverengi	DŞM-1
6	Başpınar Hocagilin Evi Oda Zemin Toprak Ahşap Altı[1]	Konut	Başpınar Köyü	300	Gri	DŞM-2
7	Sosik Köyü Aptullah Kotun Evi Kepir Örneği[1]	Konut	Sosik (Akçalı) Köyü	327	Gri	Kep-1
8	Apçağa Köyü Yakupağa Konağı Yaş – Kuru + Gavcin[1]	Konut	Apçağa Köyü	652	Mavimsi Gri	G-2
9	Başpınar Hocagilin Evi Hol Sıva+Pur[2]	Konut	Başpınar Köyü	372	Kahverengi	-
10	Kemaliye Kasapgil Konağı Ahır Katı Sıva (Kaba)[2]	Konut	Kemaliye / Merkez	158	Kahverengi	-
11	Kemaliye Kasapgil Konağı Ahır Katı Pur[1,3]	Konut	Kemaliye / Merkez	457	Beyaz	-
12	Sosik Yusuf Ziya Ademhan Evi İç Sıva[2]	Konut	Sosik (Akçalı) Köyü	260	Kahverengi	-

Çizelge 5. 1 Laboratuvar araştırmaları için Kemaliye ve Kemaliye evlerinden alınan numuneler (Devamı)

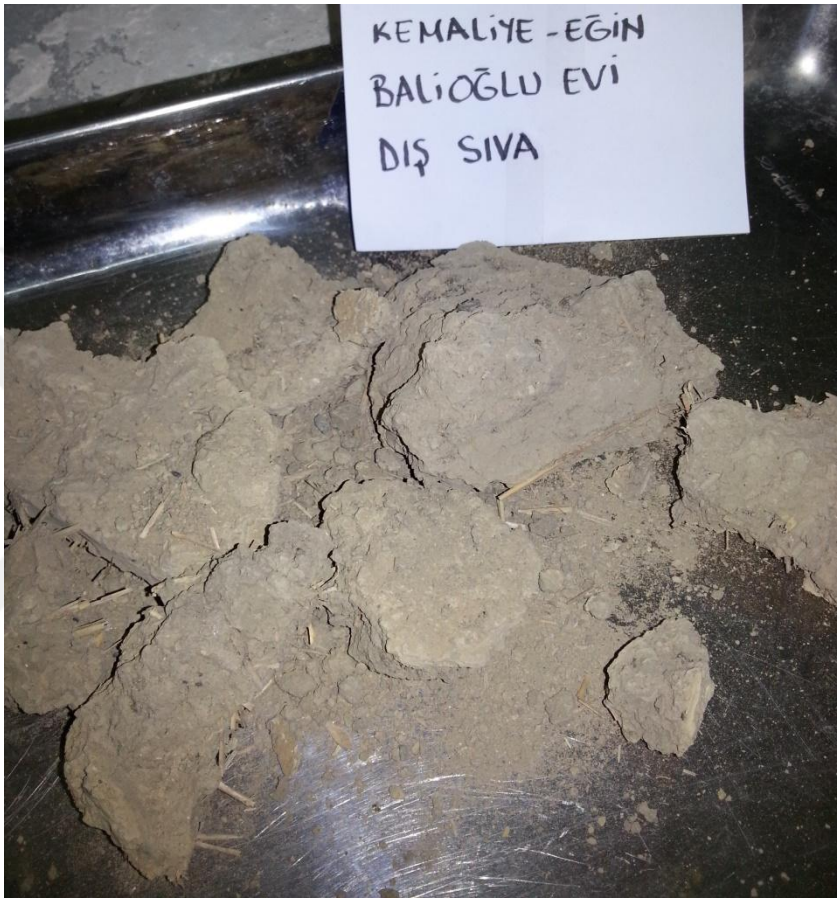
Sıra	Numune Adı	Alındığı Yer	Yerleşim Adı	Miktar (g)	Renk	Numune Kodu
13	Kemaliye Kesopgilin Evi Pur[3]	Konut	Kemaliye / Merkez	244	Beyaz	-
14	Başpınar Hocagilin Evi Pur Yaşam Alanı 2.Kat (Hol)[3]	Konut	Başpınar Köyü	55	Beyaz	-
15	Başpınar Hocagilin Evi Çatı Sal Örneği[4]	Konut	Başpınar Köyü	487	Turuncu	-
16	Kemaliye Kesopgilin Evi Fırat Kumu[4]	Konut	Kemaliye / Merkez	288	Gri - Siyah	-
17	Sosik Köyü Aptullah Kotun Evi Çarpın Örneği[2]	Konut	Sosik (Akçalı) Köyü	19	Bej	-
18	Başpınar Dışarıdan Kerpin Örneği (40 – 50 senelik)[4]	Konut	Başpınar Köyü	450	Turuncu	-
19	Apçağa Köyü Yakupağa Konağı Rıhtım Taşı (Açıkta)[4]	Konut	Apçağa Köyü	1100	Gri	-
20	Başpınar Sokaktan Beden, Duvar Taşı, Kerpin, Gogan[4]	Arazi	Başpınar Köyü	750	Çeşitli	-
21	Başpınar Hocagilin Evi Çatı Kerpin Örneği[4]	Konut	Başpınar Köyü	374	Turuncu	-
22	Başpınar Hocagilin Evi Çatı Katı Dış Cephe Sıvası Örneği[5]	Konut	Başpınar Köyü	245	Kahverengi	S-1
23	Apçağa Köyü Yakupağa Konağı Yetme Katı (Kaçak) İç Sıva[5]	Konut	Apçağa Köyü	678	Gri	S-2
24	Kemaliye Ustagilin Evi Gavcin[5]	Konut	Kemaliye / Merkez	392	Gri	G-3
25	Kemaliye Balioğlu Evi Dış Sıva[5]	Konut	Kemaliye / Merkez	584	Gri	S-3

Çizelge 5. 1 Laboratuvar araştırmaları için Kemaliye ve Kemaliye evlerinden alınan numuneler (Devamı)

Sıra	Numune Adı	Alındığı Yer	Yerleşim Adı	Miktar (g)	Renk	Numune Kodu
26	Sosik Yusuf Ziya Ademhan Evi Döşeme Toprağı[5]	Konut	Sosik (Akçalı) Köyü	228	Gri	DŞM-3
27	Apçağa Köyü Yakupağa Konağı Gavcin[5]	Konut	Apçağa Köyü	240	Gri	G-4
28	Rıhtım Altı Toprağı Gavcin[6]	Arazi	Bilinmiyor	15000	Gri	G
29	İnce Kaba Sıva[6]	Arazi	Bilinmiyor	5100	Kahverengi	S

1- İşlenmemiş, ham örnekler.
2- İşlenmiş (yapılardan alınmış) ve kompozit yapıda veya miktar olarak yetersiz örnekler (numune kodu verilmemiştir).
3- Pur (Bk. 5.1.3).
4- Kumlar ve iri çakıl veya blok boyutunda döşeme veya duvarlarda kullanılan taşlar (numune kodu verilmemiştir).
5- Öğütülerek ve bitkisel içerikten arındırılarak deneylerde kullanılan örnekler.
6- Permeabilite deneyleri için araziden alınan, dam döşemesi ve sıva yapımında kullanılan topraklar.

Çizelge 5.1’de Kemaliye ve evlerden alınan tüm numunelere yer verilmiş olmasına rağmen bunların bir kısmı zemin mekaniği deneylerine uygun olmayan iri çakıl veya blok boyutunda taşlar, farklı zeminlerin bir arada işlenmeleriyle oluşturulan kompozit yapı ögeleri (pur ve sıvanın karıştırılmış olması gibi) ve deneyler için yeterli miktarın elde edilemediği numuneler olduklarından numune kodu verilmemiş ve deneylere tabi tutulamamışlardır.



Şekil 5. 1 Bir dış cephe sıvası örneği

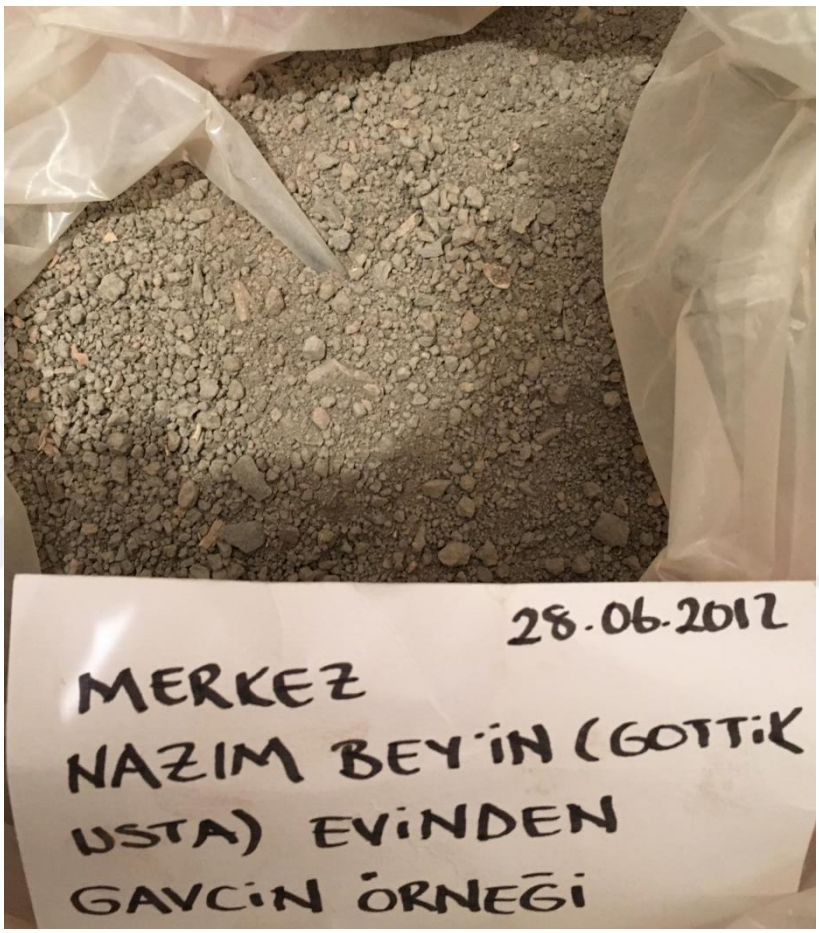
Ayrıca Şekil 5.1’de görülebildiği üzere Kemaliye evlerinden alınan bazı numunelerin işlenerek yapılarda kullanılmış halde olmalarından dolayı bunların öğütülmeleri ve bitkisel içerikten (saman vb. ot) arındırılmalarıyla deneylere uygun hale getirilmeleri gerekmiştir.

Kemaliye evlerinde yapı malzemesi olarak kullanılan bazı topraklar ve yapılarda kullanıldıkları alanlar alt başlıklarla sunulmuştur.

5.1.1 Gavcin

Yerel adıyla gavcin ya da kavcin olarak bilinen bu toprak Kemaliye evlerinde rıhtım tipi döşeme sistemlerinde geçirimsizliği sağlaması amacıyla bir nevi yalıtım ögesi olarak kullanılmıştır.

Laboratuvar deneyleri için Kemaliye evlerinden ve araziden alınan gavcin örneklerinin koyu gri / füme renklerde oldukları gözlemlenmiştir (Şekil 5.2).



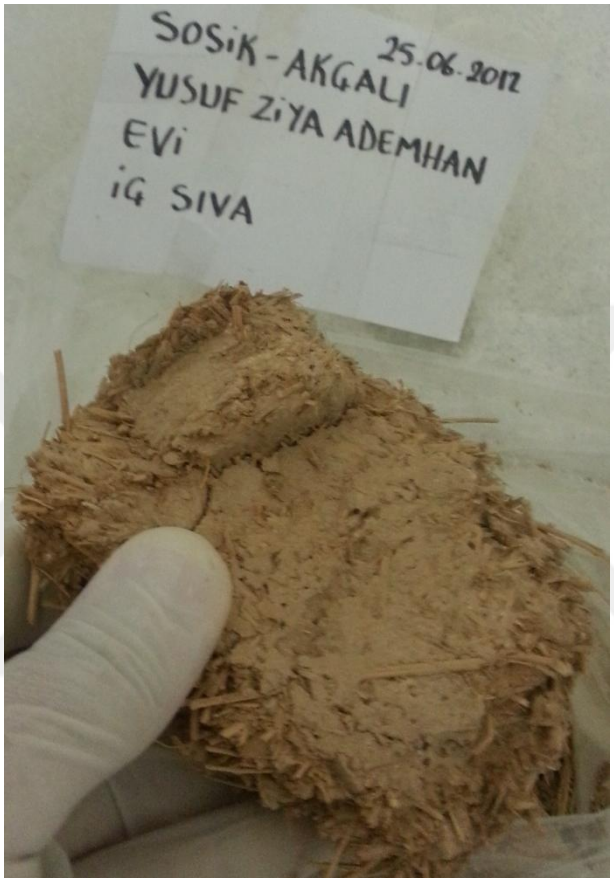
Şekil 5. 2 İşlenmemiş gavcin örneği

5.1.2 Sıva Toprağı

Kemaliye evlerinde duvarları içeriden ve dışarıdan sıvamak amacıyla kullanılan topraklardır. İncelenmek üzere laboratuvara getirilen sıva toprağı numuneleri kahverengi görünümdedirler.

Kemaliye evlerinde işlenmiş halde alınan sıva örneklerinde bitkisel içerik (saman, ot vb.) bulunmaktadır (Şekil 5.3). Toprağın suyla karıştırılarak yapısal malzeme olarak

kullanıldığı durumlarda, topraktaki kil içeriğinden dolayı, kuruma süresince meydana gelen çekme gerilmelerine karşı koyabilmek ve üretilen karışımın çatlamasına engel olabilmek adına kerpiç gibi malzemeler hazırlanırken içerisine saman katkısı ilave edilmesi bilinen bir durumdur [36]. Kemaliye evlerinden alınan işlenmiş sıva örneklerinin tamamında saman katkısı olduğu gözlemlenmiştir.

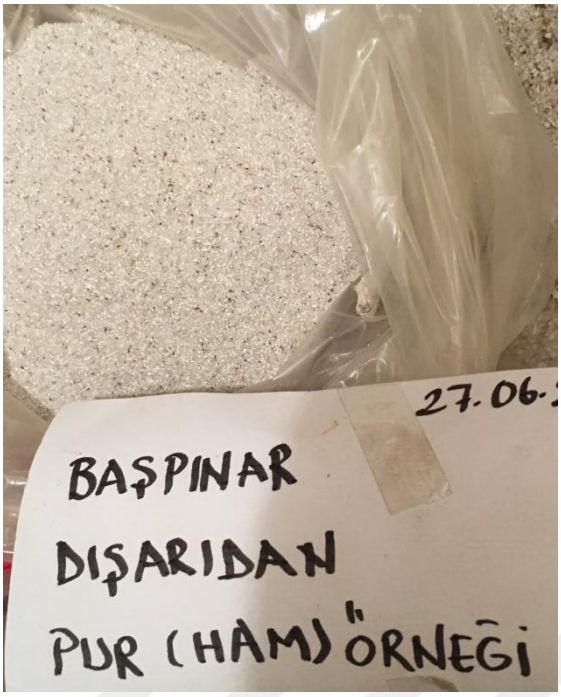


Şekil 5. 3 Kuruma çatlaklarını önlemek amacıyla saman ilave edilmiş sıva numunesi

5.1.3 Pur

Pur; Kemaliye evlerinde sıvaların üzerlerine badana yapmak amacıyla kullanılan ve doğadan temin edilen, bir tür kireç benzeri topraktır. Laboratuvarda incelenen pur örneklerinin beyaz renkte olduğu ve içerisinde tuz kristallerine benzer yapılar barındırdığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.4).

Purun suyla karıştırılması sonrasında ısı açığa çıkararak katılaşması nedeniyle bağlayıcı yapıda bir malzeme olabileceği düşünülmüştür. Bu sebeple pur örnekleri üzerinde deneysel bir çalışma yapılamamıştır.



Şekil 5. 4 İşlenmemiş pur örneği

5.2 Kıvam Limitleri Deney Sonuçları

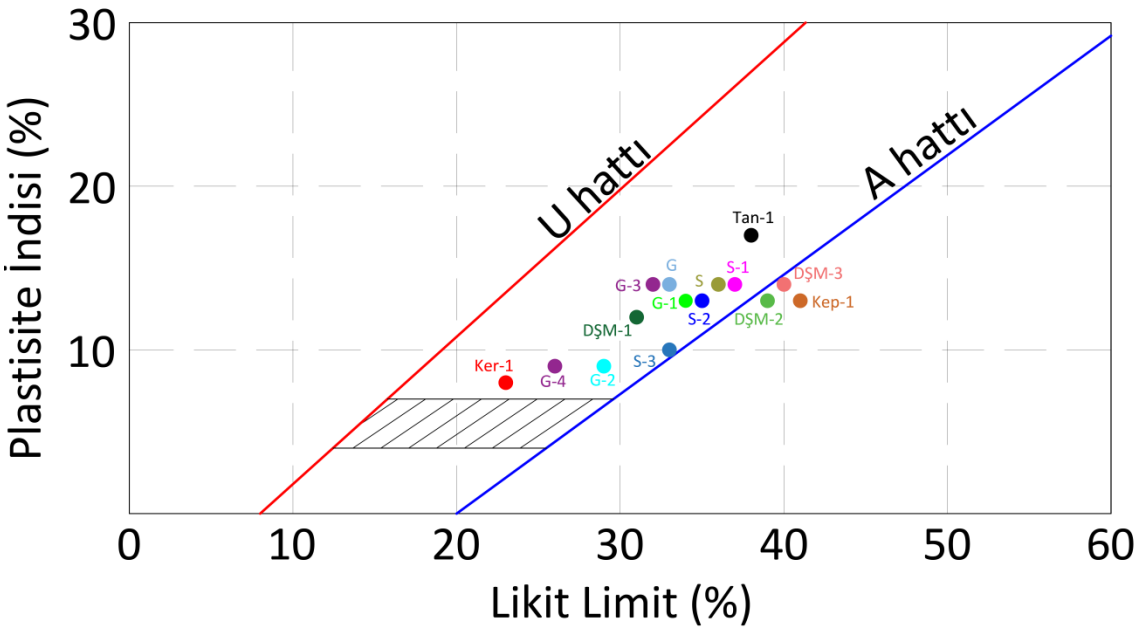
Geleneksel Kemaliye evlerinin inşaatında kullanılan yöreden temin edilmiş topraklar üzerinde yapılan kıvam (Atterberg) deneyleri sonucunda elde edilen likit, plastik ve rötre limitleri ile bu deneylerden elde olunan plastisite indisi (PI=LL-PL) değerleri Çizelge 5.2 ile sunulmuştur. Çizelge 5.2'de LL ve PI sonuçlarına dayanarak Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)'ne göre toprakların sınıflandırılması yapılmıştır. Yapılan zemin sınıflandırmasında Casagrande Plastisite Kartı'na yerleştirilen LL ve PI sonuçları Şekil 5.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. 2 Kıvam limitleri sonuçları

Sıra	Numune	LL (%)	PL (%)	SL (%)	PI (%)	USCS*'e göre sınıfı
1	Ker-1	23	15	13	8	CL
2	Tan-1	38	21	16	17	CL
3	G-1	34	21	17	13	CL
4	DŞM-1	31	19	16	12	CL
5	DŞM-2	39	26	20	13	ML
6	Kep-1	41	28	21	13	ML
7	G-2	29	20	17	9	CL
8	S-1	37	23	18	14	CL
9	S-2	35	22	18	13	CL
10	G-3	32	18	15	14	CL
11	S-3	33	23	19	10	CL
12	DŞM-3	40	26	20	14	ML
13	G-4	26	17	15	9	CL
14	G	33	19	15	14	CL
15	S	36	22	17	14	CL

*USCS: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi

Likit limit ve plasitisite indisi değerlerine göre numunelerin Casagrande plastisite kartı üzerinde yerleşimleri de Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Numunelerin plastisite kartı üzerindeki yerleşimlerine göre hepsinin düşük plastisiteli olduğu, 3 adetinin düşük plastisiteli silt (ML) ve 12 tanesinin de düşük plastisiteli kil (CL) olduğu görülmektedir.



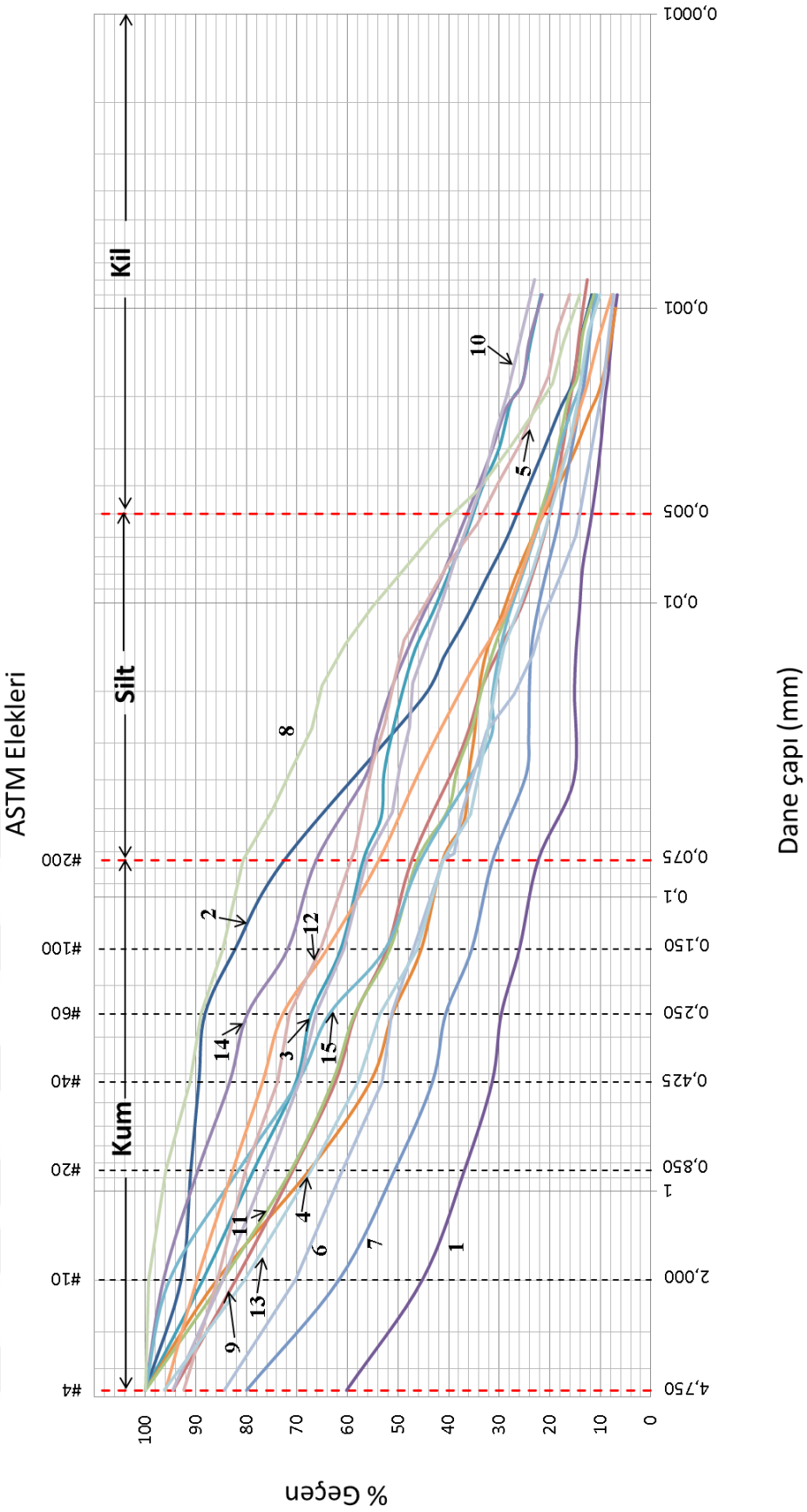
Şekil 5. 5 Plastisite kartı üzerinde numunelerin gösterimi

5.3 Elek ve Hidrometre Analizleri Sonuçları

Geleneksel Kemaliye evlerinin inşaatında kullanılan, yöreden temin edilmiş numuneler üzerinde yapılan elek ve hidrometre analizlerinden elde edilen dane çapı dağılımı eğrileri (granülometre) Şekil 5.6'da verilmiştir.

Şekil 5.6'da elek ve hidrometre analizi sonuçlarına göre zeminler içerisindeki çakıl, kum, silt ve kil içerikleri ile üniformluk katsayısı C_U ve derecelenme katsayısı C_C değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir. Hidrometre analizlerinin yorumlanmasında zemine ait G_S değeri de kullanıldığından özgül ağırlık değerleri de Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Granülometreler incelendiğinde numunelerin çoğunlukla kum – silt boyutunda malzeme içerdiği görülmektedir. İşlenmemiş yani yapı malzemesi olarak kullanmak üzere gerekli işlemlerden geçirilmemiş numunelerde rastlanan çakıl içeriğinin varlığı numunelerin ham oluşlarıyla açıklanabilir. Zira yapılardan alınıp öğütülerek deneylerde kullanılan örneklerde yüksek miktarda çakıla rastlanılmamıştır.



Şekil 5. 6 Geleneksel Kemaliye evleri topraklarının dane çapı dağılımı eğrileri

Çizelge 5. 3 Granülometri analiz sonuçları

Sıra	Numune	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	G_S	D_{10}	D_{30}	D_{60}	C_C	C_U
1	Ker-1	40	38	10	12	2,79	0,003	0,3	4,75	6,3	1583
2	Tan-1	0	28	44	28	2,74	0,00075*	0,068	0,042	1,4	56
3	G-1	0	43	21	36	2,67	0,00027*	0,0032	0,13	0,3	481
4	DŞM-1	0	59	20	21	2,63	0,0019	0,0115	0,58	0,12	305
5	DŞM-2	8	33	26	33	2,66	0,00037*	0,0038	0,082	0,5	222
6	Kep-1	16	43	26	15	2,64	0,0021	0,025	0,82	0,4	390
7	G-2	20	49	12	19	2,71	0,0006*	0,064	1,85	3,7	3083
8	S-1	0	19	41	40	2,62	0,00056*	0,0035	0,0135	1,6	24
9	S-2	6	47	26	21	2,71	0,00052*	0,014	0,3	1,3	577
10	G-3	5	39	20	36	2,65	0,00015*	0,0026	0,15	0,3	1000
11	S-3	0	57	23	23	2,69	0,00072*	0,014	0,3	0,9	417
12	DŞM-3	4	42	32	22	2,61	0,0013	0,013	0,13	1	100
13	G-4	4	55	20	21	2,66	0,0009	0,019	0,5	0,8	556
14	G	0	34	29	37	2,68	0,00026*	0,0027	0,06	0,5	231
15	S	0	55	22	23	2,69	0,0009	0,0152	0,21	1,2	233

*Öngörü yardımıyla bulunmuştur

5.4 Zeminlerin Sınıflandırılması

Geleneksel Kemaliye evlerinde yapı malzemesi olarak kullanılan zeminler üzerinde indeks özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde olunan dane çapı, likit limit ve plastisite indisi özellikleri değerlerinden yararlanılarak mühendislik amaçlarına yönelik olarak geliştirilen birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre sınıflandırılmaları yapılmıştır. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi yönergeleri ASTM D-2487 standardıyla [24] belirtilmiştir.

Kemaliye evlerinde yapı malzemesi olarak kullanılan zeminlerin birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre belirlenmiş sınıfları Çizelge 5.4 ile belirtilmiştir. Buna göre numunelerin 7 adeti iri daneli ve 8 adeti ise ince daneli zemin olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5. 4 Numunelerin zemin sınıfları

Sıra	Numune	Zemin Sınıfı
1	Ker-1	GC
2	Tan-1	CL
3	G-1	CL
4	DŞM-1	SC
5	DŞM-2	ML
6	Kep-1	SM
7	G-2	SC
8	S-1	CL
9	S-2	SC
10	G-3	CL
11	S-3	SC
12	DŞM-3	ML
13	G-4	SC
14	G	CL
15	S	SC

Kemaliye'nin farklı lokasyonları ve evlerinden alınan numuneler üzerinde yapılan indeks özellikleri ve bunların sonuçlarına dayanarak yapılan zemin sınıflandırılmalarından geleneksel Kemaliye evlerinin inşaatında kullanılan toprak malzemeler için aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

1- Evlerin çatısında kullanılan Gavcin olarak adlandırılan 5 adet numune killi kum ve düşük plastisiteli kil (SC ve CL) olarak sınıflandırılmıştır. Bunların 3 adetinin CL, 2 adetinin ise SC olduğu görülmektedir. Bu malzemelerin ince dane oranı %31-%66, Kum oranı %35-%55 ve çakıl oranı ise %0-%20 arasında değiştiği görülmektedir. Eldeki numunelerden birinde çakıl oranı %20 diğerlerinde ise %0-%5'tir. Bu bulgulara göre Gavcin toprağı için genel olarak %40-%60 oranlarında değişen ince dane(kil-silt)-kum kullanıldığı ve çakılın fazla tercih edilmediği söylenebilir.

2- Evlerin dış cephelerinde sıva malzemesi olarak kullanılan 4 adet toprak numuneden biri hariç killi kum (SC) olarak sınıflandırılmıştır. Bir numune ise düşük plastisiteli kil olarak sınıflandırılmıştır. Bu malzemelerin SC olarak sınıflandırılanlarında ince dane oranları %45-%47, kum oranları ise %47-%57 aralığında belirlenmiştir. Eldeki numunelerden birinde %6 oranında çakıl belirlenirken dört numunede çakıla rastlanmamıştır. CL olarak sınıflandırılan tek numunede ince dane oranı %81, kum oranı ise %19 olmuştur. Bu bulgulara göre evlerin dış cephelerinin sıvasında kullanılan toprak malzemelerin genel olarak %50-60 mertebelerinde kum ve %40-50 mertebelerinde ince dane (kil-silt) kullanıldığı ve çakılın pek tercih edilmediği söylenebilir.

3- Ahşap döşemelerin altından alınan numunelerin zemin sınıflandırılmasında üç numuneden ikisi düşük plastisiteli silt (ML) birisi ise killi kum (SC) olarak sınıflandırılmıştır. Bu numunelerde ince dane ve kum yüzdesi %40-%60 arasında değişmekte ve çakıl oranı %0-%8 arasında değişmektedir. Bu bulgulara göre döşeme altlarında kumlu siltli malzeme tercih edildiği görülmektdir.

4- Kerpin olarak adlandırılan ve gavcinle benzer işlevde olup dam döşemelerinde kullanılabilen malzemeden alınan bir adet numune killi çakıl olarak (GC) sınıflandırılmıştır. Numune araziden alınmış olup ham halde laboratuvar deneylerine tabi tutulmuştur. Bu bağlamda eldeki bulgulardan malzemenin çakıl oranının yüksek (%40) ve ince dane oranının düşük (%22) olduğu görülmektedir.

5- Kepir olarak adlandırılan ve Kemaliye evlerinde sıva imalatında kullanılabilen malzeme ise siltli kum (SM) olarak sınıflandırılmıştır. Bu amaç için kullanılan numunelerin fazla olmaması dolayısı ile genel bir sonuç çıkarılamamakla birlikte

eldeki bulgular kepirde %40 mertebelerinde ince daneli malzeme, %16 mertebelerinde çakıl bulunabileceğini ve kullanım yerine göre bu oranların ayarlandığını, örneğin tandır için %72 ince dane kullanılması gibi, göstermektedir.

Yukarıdaki bulgular geleneksel Kemaliye evleri inşaatında kullanılan toprak malzemelerin, dane çapı ve plastiklik özelliklerinin işlevine göre yöreden temin edilen topraklardan ayarlandığını göstermektedir.

BÖLÜM 6

GELENEKSEL KEMALİYE EVLERİ TOPRAKLARININ GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ

Bölüm 4'te açıklandığı gibi kompaksiyon, zemine dışarıdan uygulanan kuvvetler yardımıyla zemin içerisindeki havanın uzaklaştırılıp danelerin birbirlerine yakınlaştırılmasını sağlayarak böylece daha boşluksuz ve sıkı bir zemin yapısı elde etmek amacıyla uygulanan mekanik işlemlerdir. Kompaksiyon işlemi sonucunda zeminin mühendislik özellikleri iyileşmektedir. Zeminlere kompaksiyon uygulanması ile iyileşen zemin özelliklerinden birisi de geçirgenliktir. Zemin içerisindeki boşlukların azaltılmasının geçirgenliği düşüreceği açıktır. Zeminler bu özelliklerinden yararlanılarak; atık depolama sahaları, göletler, toprak gövdeli barajlar gibi yapılarda sıvıların bir taraftan diğerine geçişlerini engelleyebilmek amacıyla kullanılmışlardır [37]. Zeminlerin sıkıştırılarak sıvıların istenmeyen bölgeye geçişlerini engellemek amacıyla kullanılmaları geleneksel Kemaliye evlerinin özgün damlarının oluşturulabilmelerine imkân sağlamıştır. Gereken bakım ve özen gösterildiğinde evlerin yıllarca sorunsuz bir şekilde kullanılabilmelerine olanak sağlayan dam örtüsü, ilçe nüfusunun başka bölgelere kayması sonucu kaderine terk edilmiş ve böylece zaman içerisinde geçirimsiz yapısını kaybederek evlerin ahşap taşıyıcı sistemlerinin zarar görmesine engel olamaz hale gelmişlerdir. Geleneksel Kemaliye evlerinde meydana gelen yalıtım sorunlarının çözümüne yönelik bir adım olarak yürütülen bu araştırmada, Kemaliye evlerinde dam döşemelerinde geçirimsiz yapıyı oluşturan gavcin toprağının ve cephe sıvalarında kullanılan sıva toprağının kompaksiyon yöntemiyle sıkıştırılmış örnekleri üzerinde permeabilite deneyleri yapılarak çeşitli deney değişkenlerine bağlı olarak geçirgenlik özellikleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Deneylerle elde edilen verilerin ve Kemaliye

evlerinde meydana gelen yalıtım sorunlarının daha doğru bir şekilde analiz edilebilmesini sağlamak amacıyla da literatürde kompaksiyon uygulanmış zeminlerin geçirgenlik özellikleri üzerine yapılmış araştırmalar dikkatle incelenerek geçirgenlik deneylerinde kullanılacak numuneler hazırlanmıştır. Zeminlerin geçirimsiz bir yapı oluşturabilmek amacıyla kompaksiyon uygulanarak sıkıştırılmaları üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde iki konunun ön planda ele alındığı görülmüştür. Bunlar zeminlerin yapısal özellikleri ve kompaksiyon değişkenleridir. Bu bölümde geleneksel Kemaliye evlerinin inşasında kullanılan toprak malzemelerin geçirimlilik özelliklerini belirlemek üzere yapılan deneysel çalışmalar açıklanmıştır.

6.1 Zemin Özelliklerinin Geçirgenliğe Etkisi

Zeminlerin sıvıların akışını engellemek amacıyla kullanılmaları durumunda kabul edilebilir üst limit hidrolik iletkenlik değeri olarak $k \leq 1 \times 10^{-7}$ cm/sn değeri Amerika Birleşik Devletleri'nde çoğu düzenleyici kuruluş tarafından kabul görmüştür [37]. Büyük ölçekli uygulamalarda zeminlerin istenilen geçirimlilik özelliklerini sağlayabilip sağlayamayacağının önceden tahmin edilebilmesinin önemli bir konu olması dolayısıyla, birçok atık depolama sahalarından alınan zemin örneklerinin indeks özelliklerinin incelendiği çalışmalar yürütülmüş ve amaçlanan geçirimlilik özelliklerinin elde edilebilirliğinin tahmin edilebilmesi sağlanmıştır [38], [39]. Bu çalışmalardan biri olan, Benson vd. tarafından yürütülmüş [39]'da Çizelge 6.1 ile belirtilen indeks özelliklerine sahip zeminlerin kompaksiyon uygulamaları sonrasında kabul edilebilir üst limit hidrolik iletkenlik değerini sağlayabildiği ve atık depolama sahalarında yalıtım sağlamak için uygun olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 6. 1 $k \leq 1 \times 10^{-7}$ cm/sn değerini sağlayabilecek zemin özellikleri [39]

Özellik	Aranan alt değer
LL	20
PI	7
% İnce dane	30
% Kil	15
Aktiflik	0,3

Çizelge 6.1'den yola çıkarak zemin kompozisyonunun hidrolik iletkenlik özellikleri üzerinde yarattığı etkiler kıvam limitleri ve granülometri değişkenleri olarak belirtilebilir.

6.1.1 Atterberg Limitleri ve Hidrolik İletkenlik İlişkisi

Hidrolik iletkenlik likit limit ve plastisite indisinde meydana gelen artışlar karşısında genellikle azalım gösterir. Bu beklenen bir durumdur çünkü likit limit ve plastisite indisi zeminin içerdiği kil miktarı ve bu kilin mineralojik yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Kil miktarındaki artış ya da daha yüksek yüzey aktivitesine sahip kil minerallerinin varlığı zemin içerisindeki mikroskobik boşlukların azalmasını sağlar [38].

Benson ve Trast [38]'de 13 farklı kil içeriği yüksek zeminin farklı enerjilerle kompaksiyon uygulanmış numuneleri üzerine yaptıkları deneylerle, likit limit değerinin 20 – 40 aralığında değiştiği numunelerde yüksek likit limite sahip örneklerin hidrolik iletkenlik değerlerinin belirgin ölçüde düşük olduğunu saptamışlardır. Aynı durum plastisite indisinin 10 – 30 aralığında değiştiği numunelerde de görülmüştür. Ancak bu aralıklar dışında hidrolik iletkenliğin likit limit ve plastisite indisi değerlerine daha az hassasiyet gösterdiği belirtilmiştir.

Sonuç olarak kıvam limitleri ve hidrolik iletkenlik arasında her zaman için geçerli olan bir ilişki olmasa da genel olarak likit limit ve plastisite indisi artışlarının hidrolik iletkenlik üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğu belirtilmiştir [38].

6.1.2 Granülometri ve Hidrolik İletkenlik İlişkisi

Kompaksiyon uygulanmış zeminlerde akımı kontrol eden zemin içindeki boşlukların boyutlarıdır. İyi derecelenmiş bir zeminde iri daneler arasında kalacak olan boşluklar ince daneli içerik tarafından doldurulabileceği için ince daneli içeriğin miktarı hidrolik iletkenlikte belirleyici rol oynayacaktır [39].

Daniel [40]'da kum – bentonit karışımı numuneler üzerinde yaptığı hidrolik iletkenlik ölçümlerinde bentonitsiz ve %8 bentonit içerikli örnekler arasında, bentonit miktarındaki artışa bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerinin 10^{-4} cm/sn mertebelerinden 10^{-8} cm/sn mertebelerine azaldığını tespit etmiştir. Bu durum kum daneleri arasındaki

boşlukların kil boyutundaki daneler tarafından doldurulması sonucu akım davranışını kontrol etmeleriyle açıklanmıştır. Zemin büyük oranda kumdan oluşmasına rağmen içeriğindeki az miktardaki kil içeriği sayesinde hidrolik etkiler karşısında düşük geçirgenlik sergileyebilmektedir [39]. Ayrıca D'Appolonia tarafından [41]'ta, zemin içerisinde plastik özellik sergilemeyen ince daneli içeriğin varlığının bile boşluk oranını azaltıcı etkisi sayesinde hidrolik iletkenliğin düşürülmesinde etkili olduğu gösterilmiştir.

6.2 Kompaksiyon Değişkenlerinin Geçirgenlik Üzerindeki Etkileri

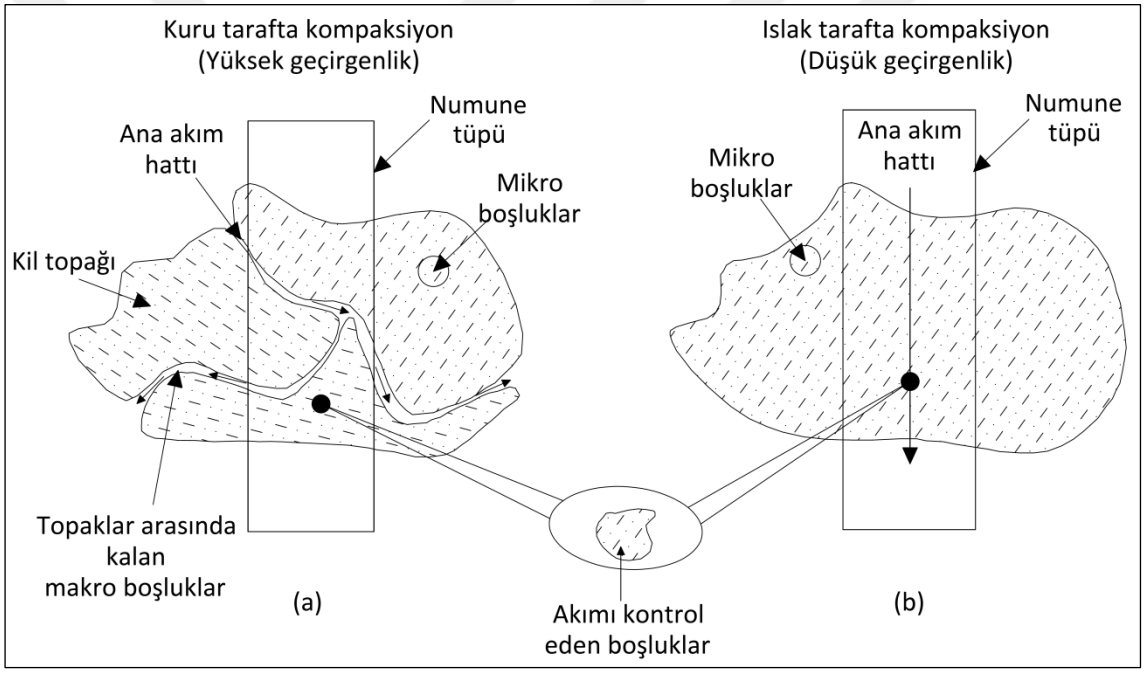
Zemine kompaksiyon uygulanarak düşük geçirgenlik sergileyen oluşturulabilmesinde zemin indeks özelliklerinin önemli olduğu açık olmakla beraber bunun kompaksiyon koşullarından bağımsız olmadığı bilinmelidir. Çünkü hidrolik iletkenliğe etki eden faktörler arasında kompaksiyon enerjisi ve sıkıştırma su muhtevası değişimleri en etkili olandır. Bu iki faktörün çeşitli kombinasyonlarıyla aynı zeminden boşluk oranları farklı numuneler elde edilerek ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri arasında çok büyük farklar meydana gelebilecektir çünkü doğrudan zeminin sıkıştırılabilirliğiyle birlikte boşluk oranı etkilenecektir. Zemin içerisinde yer alan boşluklar geçirgenliğin en önemli belirleyicisidirler [35].

Zemin boşluklarının azaltılması ve daha sıkı bir yapı kazandırılması amacıyla kompaksiyon yapılırken, kompaksiyon değişkenleri ile en ideal dengenin sağlanması gerekmektedir. Sıkıştırma işlemi için kohezyonlu zeminlerin su muhtevalarının buna uygun olarak ayarlanmaları zemin danelerinin birbirlerine göre hareket edebilme yeteneklerinin en iyi duruma getirilmesini sağlayacaktır. Böylece zeminin birim hacim ağırlığı arttırılacak ve mühendislik özellikleri iyileştirilmiş olacaktır [22].

Zemin içerisindeki su miktarının danelerin hareket kabiliyetlerine iki şekilde etkisi söz konusudur. Eğer zemin içerisindeki su içeriği yüksek ise boşluklarda yer alan havanın kısmen hapsedilmesine sebep olacak ve bu da kompaksiyon kuvvetleri etkidikçe boşluklarda basınç artışlarına neden olarak danelerin birbirlerine yaklaşabilmelerine karşı koyarak sıkışabilirliği olumsuz şekilde etkileyecektir. Su içeriğinin zeminin tüm boşluklarını suyla doldurması yani zeminin tamamen suya doygun hale gelmesi durumunda ise kompaksiyon mümkün olamayacaktır [22]. Zeminin su içeriği düşük olduğunda ise daneler arasındaki sürtünme kuvvetleri artarak hareket kabiliyetleri

azalacak ayrıca topaklanmış zeminlerin ufalanması zor olacağı için zemin içerisinde büyük boşluklar kalacak ve bu boşluklar zeminin geçirgen olmasına neden olacaktır [42].

Su içeriğinin zeminlerin sıkıştırılabilirliği açısından ideal aralıkta olması durumunda ise yağlama etkisi oluşmuş gibi daneler arasındaki sürtünme azalacak, boşluk basınçlarının sıkışmaya olumsuz etkisi söz konusu olmayacak ve danelerin birbirlerine göre hareket kabiliyetleri artacaktır. Zeminlerin sıkıştırılmasının en kolay ve etkili yapılabildiği bu su muhtevası değerine optimum su muhtevası adı verilir. Optimum su muhtevası değeri; zemine, kompaksiyon yöntemine ve uygulanan kompaksiyon enerjisine göre değişen bir değerdir [22].



Şekil 6. 1 Su muhtevasının zemin içindeki kil topakları üzerindeki etkisi [35]

Şekil 6.1'de kompaksiyon su muhtevası değerinin geçirgenlik üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Burada optimum su muhtevası değerinin kuru tarafında killi zeminlerin suyla karıştırılması sırasında oluşan topakların sert oluşları ve kompaksiyon kuvveti yardımıyla yoğrulmalarının veya ufalanmalarının daha zor olmaları sebebiyle aralarında geniş boşluklar kaldığı görülmektedir (a). Bu şartlar altında akımın topaklar arasında kalan geniş boşluklar tarafından kontrol edilmesi sebebiyle geçirgenlik yüksek olacaktır. Kompaksiyonun optimum su muhtevası değerinin ıslak tarafında yapılması durumundaysa kil topakları yumuşayacak ve kompaksiyon kuvveti ile yoğurulmaları

daha kolay olacaktır. Böylece topaklar arasında kalan geniş boşluklar kaybolacak ve akım daha küçük boyutlu boşluklar tarafından kontrol edilecektir (b). Bu da geçirgenliğin azalması sonucunu doğuracaktır [35]. Laboratuvarda hazırlanan küçük ölçekli numunelerde topakların kompaksiyon işleminden önce giderilmesi mümkünken çok büyük ölçekli arazi uygulamalarında bu durumun önlenebilmesi zordur. Bu nedenle arazi uygulamalarında ıslak tarafta kompaksiyon yapmak faydalı olacaktır [35], [42].

Kompaksiyon su muhtevasındaki artışlara bağlı olarak zeminin ya da numunelerin suya doygunluk derecelerinde (S_i) de artış meydana gelir. Doygunluk derecesinde meydana gelen artış bir noktadan sonra kompaksiyon uygulanmasını zorlaştırsa da sıkıştırılan zeminleri hidrolik iletkenliklerinde düşüş görülebilir. Çünkü doygunluk derecesiyle birlikte zemin içerisinde artan su, boşluklarda havanın hapsedilmesine neden olarak sıvı akımının geçişini engelleyici etki yaratır. Bu durum kısmen suya doygun zeminlerde böyle değildir, akım boşluklardan daha rahat bir şekilde geçebilir [34].

Doygunluk derecesinin hidrolik iletkenliğe etkisi; kompaksiyon, zemin yapısı ve boşluk oranına göre daha önemsiz olmasına rağmen su muhtevası optimum değeri aştığında ve kuru birim hacim ağırlığın azalmasına neden olduğunda bile permeabilitenin azalım göstermesi numunenin suya doygunluk derecesindeki artışla ilişkilidir [34]. Fakat doygunluk derecesi artışı tek başına düşük hidrolik iletkenlik sağlamaya yeterli değildir. Örneğin, su muhtevasının artıp kompaksiyon enerjisinin azaldığı durumlarda da doygunluk artışı olmasına rağmen hidrolik iletkenlikte artma görülebilir [38].

Kompaksiyon su muhtevası artışının bir başka etkisi de uygulanan kompaksiyon enerjisinden bağımsız olarak killi zeminlerin büzülme potansiyellerini arttırmasıdır. Su muhtevası artışı kurumaya bağlı olarak hacimsel şekil değiştirmenin artmasına sebep olacak bu da kuruma sırasında zeminde çatlaklar oluşturabilecektir. Kuruyan zeminin tekrar ıslanması gözle görünür çatlakların kapanmasını sağlasa da zemine tekrar ilave yük uygulanmaması durumunda geçirgenliğin büyük ölçüde artmasına neden olacaktır [43].

Buradan anlaşılabileceği üzere su muhtevasının artışı hidrolik iletkenliği bir noktaya kadar azaltsa bile bu göreceli bir durumdur. Artan su içeriği kompaksiyon kuvvetleri etkisiyle boşluk basınçlarına dönüşecek ve bir noktadan sonra sıkıştırmayı imkânsız

hale getirecektir. Ayrıca yüksek su içeriği zeminlerin mukavemetini de olumsuz etkileyecek ve büzülme potansiyelini arttıracaktır. Bu sebeplerle imalat esnasında çok yüksek su muhtevalarıyla çalışmak yerine düşük hidrolik iletkenlik, düşük büzülme potansiyeli, yüksek kuru birim hacim ağırlık ve uygun mukavemetin sağlanabileceği bir aralık belirlenmelidir [43]. Tüm bu şartların sağlanılabileceği en uygun sıkıştırma su muhtevası aralığı olarak optimum su muhtevası değerinin %2 - %4 ıslak tarafında kalacak bir su muhtevası ile yapılacak olan kompaksiyonların en ideal durum olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda belirtilmiştir [37], [42], [43].

Kompaksiyonun bir diğer değişkeni de zemine uygulanan enerji miktarıdır. Kompaksiyon enerjisi arttıkça, topakların dağılması ve aralarındaki boşlukların azalması gibi, zemin üzerindeki iyileştirici etkiler de artacağından geçirgenlik azalır [44]. Ancak pek bilinmese de arazide uygulanan kompaksiyon enerjisi laboratuvarda uygulanan kompaksiyon enerjisi ile nadiren uyuşur [45]. Bu sebeple arazi şartlarında düşük geçirgenlik elde edilebilmesi amacıyla kompaksiyonun yüksek su muhtevalarında yapılması tavsiye edilir. Çünkü su muhtevasındaki artışların hidrolik iletkenliğe etkisi, hidrolik iletkenliğe etki eden diğer zemin parametreleriyle kıyaslandığında çok daha büyüktür [44].

Kemaliye evlerinde dama serilen zemini sıkıştırmak için yararlanılan loğ taşıyla uygulanan kompaksiyon enerjisine ait hesaplamalar ve bunun laboratuvar numuneleri üzerinde uygulanan kompaksiyon enerjileriyle kıyaslanması aşağıda verilmiştir.

6.3 Permeabilite Deneyleri ve Sonuçları

Kemaliye evlerinde dam döşemelerinde yalıtımı sağlaması amacıyla kullanılan gavcin ve cephe sıvama işlerinde kullanılan sıva topraklarının farklı su muhtevaları ve kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılarak hazırlanan numuneleri üzerinde permeabilite deneyleri uygulanmıştır. Deneyler rijit duvarlı kompaksiyon moldu permeametreleri kullanılarak yapılmıştır. Kompaksiyon moldu ile benzer boyutlarda olan bu permeametrelerin üzerleri kapaklı olup, alt ve üst kısımlarında ise sıvı giriş çıkışına imkân veren bölümleri bulunmaktadır (Şekil 6.2)



Şekil 6. 2 Kompaksiyon moldu permeametresi

Deney numuneleri Proctor deneyinde anlatılan adımlar uygulanarak hazırlanmıştır. Optimum su muhtevası değerleri daha önce Proctor deneyi ile belirlenen gavcin (G) ve sıva (S) toprakları ile hem optimum su muhtevası değerlerinde hem de bu su muhtevalarının %3 kuru tarafında ve %3 ıslak tarafında 4 farklı kompaksiyon enerjisi uygulanarak üretilen numuneler deneyde kullanılmıştır. Standart Proctor deneyinde zemine etkiyen kompaksiyon enerjisi tokmağın sabit yükseklikten 3x25 kez düşüş yapmasıyla sağlanır. Araştırma kapsamında yapılacak permeabilite ölçümleri için ise Proctor deneyinde uygulanan enerjinin %100, %80, %60 ve %40'ına eşdeğer kompaksiyon enerjileri uygulanmıştır. Bu değerler tokmağın düşüş sayıları azaltılarak sağlanmıştır.

Permeabilitenin ölçülmesi için laboratuvar ortamında uygulanan, düşen seviyeli ve sabit seviyeli olmak üzere başlıca iki tip permeabilite deneyi vardır. Düşen seviyeli permeametre ölçümlerinde hidrolik yük deney boyunca azalırken, sabit seviyeli permeametrede hidrolik yük deney boyunca sabittir. Her iki deney yönteminde de zeminden belirli bir zaman aralığında su geçişi sağlanır. Sabit seviyeli deneyde hidrolik yük değişimi olmadığından zeminden belirli zaman dilimi içerisinde geçen su miktarı ölçülerek permeabilite katsayısı hesaplanır. Düşen seviyeli deneyde ise ölçülü, ince bir tüp içerisinde yer alan suyun oluşturduğu ve zaman içerisinde azalan hidrolik yük değeri deney boyunca takip edilerek permeabilite katsayısı bulunur. Geçirgenliğin

düşük olduğu ince daneli zeminler için düşen seviyeli permeametre yöntemi kullanmak daha uygundur. Çünkü tüp içerisinde yer alan suyun seviyesinde meydana gelen küçük değişimleri takip etmek daha kolaydır.

Laboratuvarda oluşturulan, düşen seviyeli permeametre yönteminin uygulandığı, deney düzeneği Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Numune ve deney aletlerinin elverdiği ölçüde düzenek kurularak aynı anda birkaç deney birlikte de yürütülebilir. Deney sonuçları eşitlik (6.1) yardımıyla hesaplanabilir.



Şekil 6. 3 Permeabilite deney düzeneği

$$k = \frac{L \times a}{\Delta t \times A} \ln \frac{h_1}{h_2} \qquad (6.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte k permeabilite katsayısı (cm/sn), L numunenin boyu (cm), t zaman (sn), A numunenin akım yönüne dik kesitteki yüzey alanı (cm^2), a ince tüpün kesit alanı (cm^2), h_1 başlangıç su seviyesinin numuneden su çıkışının olduğu noktaya uzaklığı (cm), h_2 bir t anındaki su seviyesinin çıkış noktasına uzaklığıdır (cm).

Bazı numunelerde geçirgenlik çok düşük olduğu için deney süresini kısaltmak adına sisteme sabit bir su basıncı uygulanarak hidrolik yükün arttırılması sağlanmıştır. Bu durumda deney sabit hidrolik yük altında gerçekleştiğinden sabit seviyeli permeametre hesap yöntemleri kullanılmıştır. Eşitlik (6.2) yardımıyla permeabilite katsayısı hesaplanmıştır.

$$k = \frac{Q \times L}{\Delta h \times A \times t} \tag{6.2}$$

Yukarıdaki eşitlikte Δh değeri sabit olup suyun sistemi terk ettiği nokta ile arasındaki seviye farkıdır. Sistem üzerinde sabit basınç ile hidrolik yük oluşturulduğundan eşitlik (6.3) kullanılarak Δh bulunabilir [33]. Burada p basınç (kN/m^2), h seviye farkıdır (mm).

$$p = \frac{9{,}81}{1000} h \quad \frac{kN}{m^2} \tag{6.3}$$

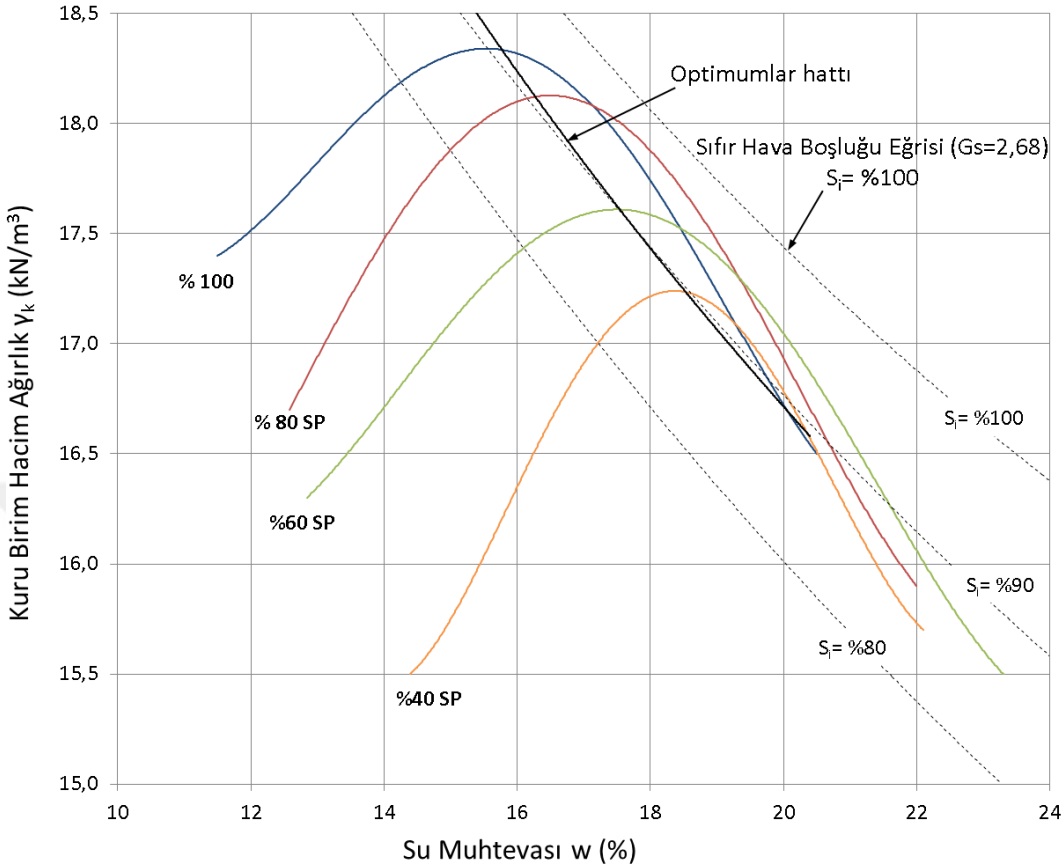
Akışkanlık sıcaklıkla değişen bir kavram olduğundan deney boyunca sıcaklık ölçümleri alınmalı ve hesaplanan permeabilite katsayısı değerine sıcaklık düzeltmesi uygulanmalıdır. Düzeltme katsayıları Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6. 2 Sıcaklık düzeltme katsayıları [46]

Sıcaklık T (°C)	R_T	Sıcaklık T (°C)	R_T
15	1,135	24	0,910
16	1,106	25	0,889
17	1,077	26	0,869
18	1,051	27	0,850
19	1,025	28	0,832
20	1,000	29	0,814
21	0,976	30	0,797
22	0,953	31	0,780
23	0,931	32	0,764

Geçirgenlik özellikleri incelenmeden önce gavcin (G) ve sıva (S) numunelerinin farklı kompaksiyon enerjileri altında sıkışabilirlik özellikleri araştırılmıştır. Modifiye Proctor yönteminde uygulanan kompaksiyon enerjisinin bu araştırmadaki durum için çok yüksek olacağı düşünülerek en yüksek kompaksiyon enerjisi olarak standart Proctor yöntemi uygulanmıştır. Daha sonra uygulanan enerji giderek azaltılarak standart

Proctor yönteminin %80, %60 ve %40 eşdeğerinde enerjilerle gavcin ve sıva topraklarının bu şartlar altındaki optimum su muhtevası değerleri tespit edilmiştir.



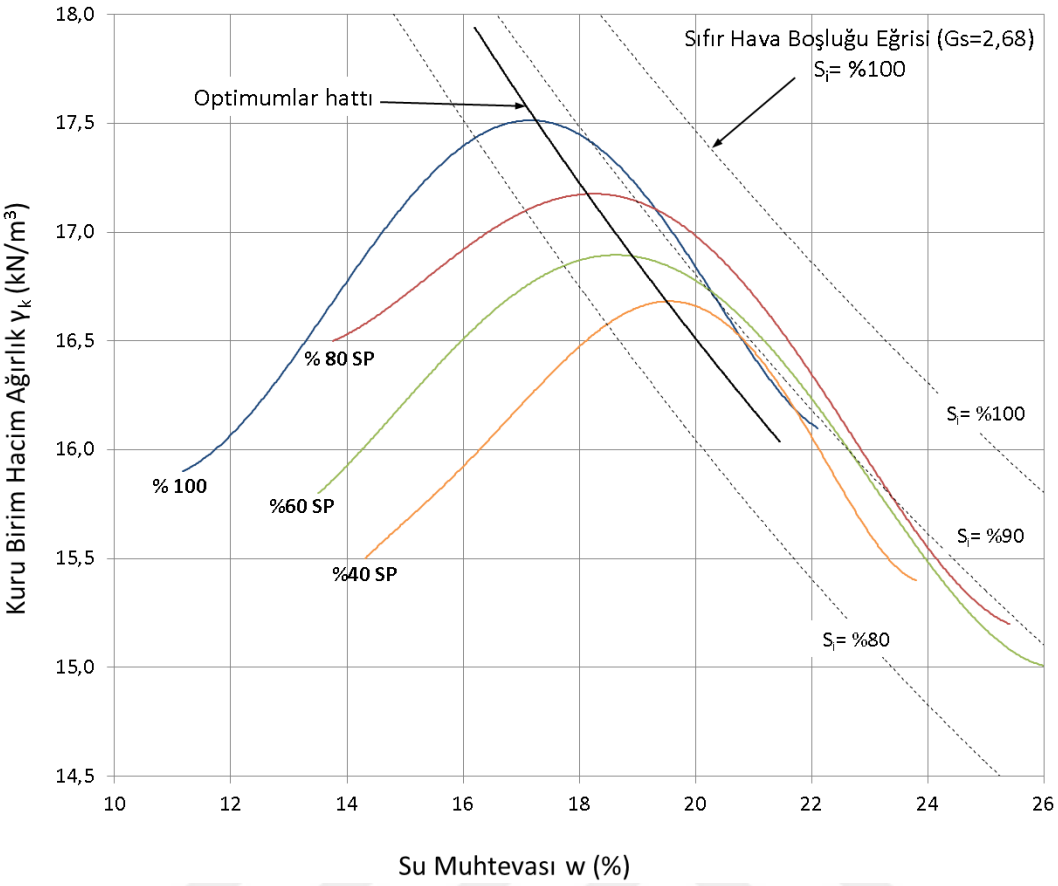
Şekil 6. 4 Gavcinin farklı kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılmasına ait kompaksiyon eğrileri

Şekil 6.4'te gavcinin farklı kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılması ile elde edilen su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık ilişkisi grafik yardımıyla gösterilmiştir. Çizelge 6.3'te gavcin numunesinin kompaksiyon deneyi sonucunda elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlık (γ_{kmaks}) ve optimum su muhtevası (w_{opt}) değerleri sunulmuştur.

Çizelge 6. 3 Gavcin (G) γ_{kmaks} – w_{opt} değerleri

Kompaksiyon Enerjisi	γ_{kmaks} (kN/cm^3)	w_{opt}
Standart Proctor (%100)	18,34	15,6
(%80) SP*	18,13	16,5
(%60) SP	17,60	17,6
(%40) SP	17,24	18,4

*SP: Standart Proctor



Şekil 6. 5 Sıvanın farklı kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılmasına ait kompaksiyon eğrileri

Şekil 6.5'te sıva numunesinin farklı kompaksiyon enerjileri ile sıkıştırılması ile elde edilen su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık ilişkisi gösterilmiştir. Çizelge 6.4'te sıva numunesinin kompaksiyon deneyi sonucunda elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlık (γ_{kmaks}) ve optimum su muhtevası (w_{opt}) değerleri sunulmuştur.

Çizelge 6. 4 Sıva (S) γ_{kmaks} – w_{opt} değerleri

Kompaksiyon Enerjisi	γ_{kmaks} (g/cm^3)	w_{opt}
Standart Proctor (%100)	1,751	17,20
(%80) SP*	1,718	18,30
(%60) SP	1,690	18,80
(%40) SP	1,669	19,45

*SP: Standart Proctor

Numunelerin farklı kompaksiyon enerjileri altında optimum su muhtevaları belirlendikten sonra bu su muhtevası değerlerinin; %3 kuru tarafında 1 numune, %3 ıslak tarafında 1 numune ve optimum su muhtevasında 1 numune olmak üzere

toplamda 24 adet numune hazırlanarak permeabilte ölçümleri yapılmıştır. Çizelge 6.5 ve 6.6'da permeabilite ölçümleri için hazırlanan numunelere ait bilgiler sunulmuştur.

Çizelge 6. 5 Permeabilite deneylerinde kullanılan gavcin numunelerinin kompaksiyon özellikleri

Numune	Kompaksiyon Enerjisi	Su Muhtevası (w %)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) (g/cm^3)	Suya Doygunluğu (S_i %)	Boşluk Oranı (e)
G (w_{opt} -%3)	SP	12,5	1,75	63,0	0,54
G (w_{opt})	SP	15,8	1,83	90,4	0,47
G (w_{opt} +%3)	SP	18,9	1,75	96,1	0,53
G (w_{opt} -%3)	%80 SP	13,0	1,67	57,7	0,60
G (w_{opt})	%80 SP	16,9	1,80	92,7	0,49
G (w_{opt} +%3)	%80 SP	18,4	1,78	97,8	0,49
G (w_{opt} -%3)	%60 SP	15,6	1,70	72,0	0,58
G (w_{opt})	%60 SP	18,0	1,76	92,5	0,52
G (w_{opt} +%3)	%60 SP	20,0	1,73	97,1	0,55
G (w_{opt} -%3)	%40 SP	15,4	1,59	60,1	0,69
G (w_{opt})	%40 SP	18,6	1,72	89,4	0,56
G (w_{opt} +%3)	%40 SP	21,0	1,70	97,1	0,58

Çizelge 6. 6 Permeabilite deneylerinde kullanılan sıva numunelerinin kompaksiyon özellikleri

Numune	Kompaksiyon Enerjisi	Su Muhtevası (w %)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) (g/cm^3)	Suya Doygunluğu (S_i %)	Boşluk Oranı (e)
S (w_{opt} -%3)	SP	13,5	1,67	59,1	0,62
S (w_{opt})	SP	16,6	1,76	84,1	0,53
S (w_{opt} +%3)	SP	20,6	1,68	92,3	0,60
S (w_{opt} -%3)	%80 SP	15,0	1,68	67,2	0,60
S (w_{opt})	%80 SP	18,3	1,73	88,3	0,56
S (w_{opt} +%3)	%80 SP	20,9	1,69	94,5	0,59
S (w_{opt} -%3)	%60 SP	15,1	1,65	64,1	0,63
S (w_{opt})	%60 SP	18,5	1,71	87,2	0,57
S (w_{opt} +%3)	%60 SP	21,7	1,66	94,1	0,62
S (w_{opt} -%3)	%40 SP	16,9	1,64	71,1	0,64
S (w_{opt})	%40 SP	19,2	1,67	84,9	0,61
S (w_{opt} +%3)	%40 SP	22,1	1,63	91,8	0,68

Gavcin ve sıvanın kompaksiyon uygulanarak hazırlanmış numuneleri kıyaslandığında, gavcin numunelerinin aynı kompaksiyon enerjileriyle sıkıştırılmış sıva numunelerine göre genellikle daha yüksek kuru birim hacim ağırlık ve dolayısıyla daha düşük boşluk

oranlarına sahip oldukları görülmektedir. Bu durum gavcinin sıvaya göre daha yüksek ince daneli içeriğe sahip olmasıyla açıklanabilir.

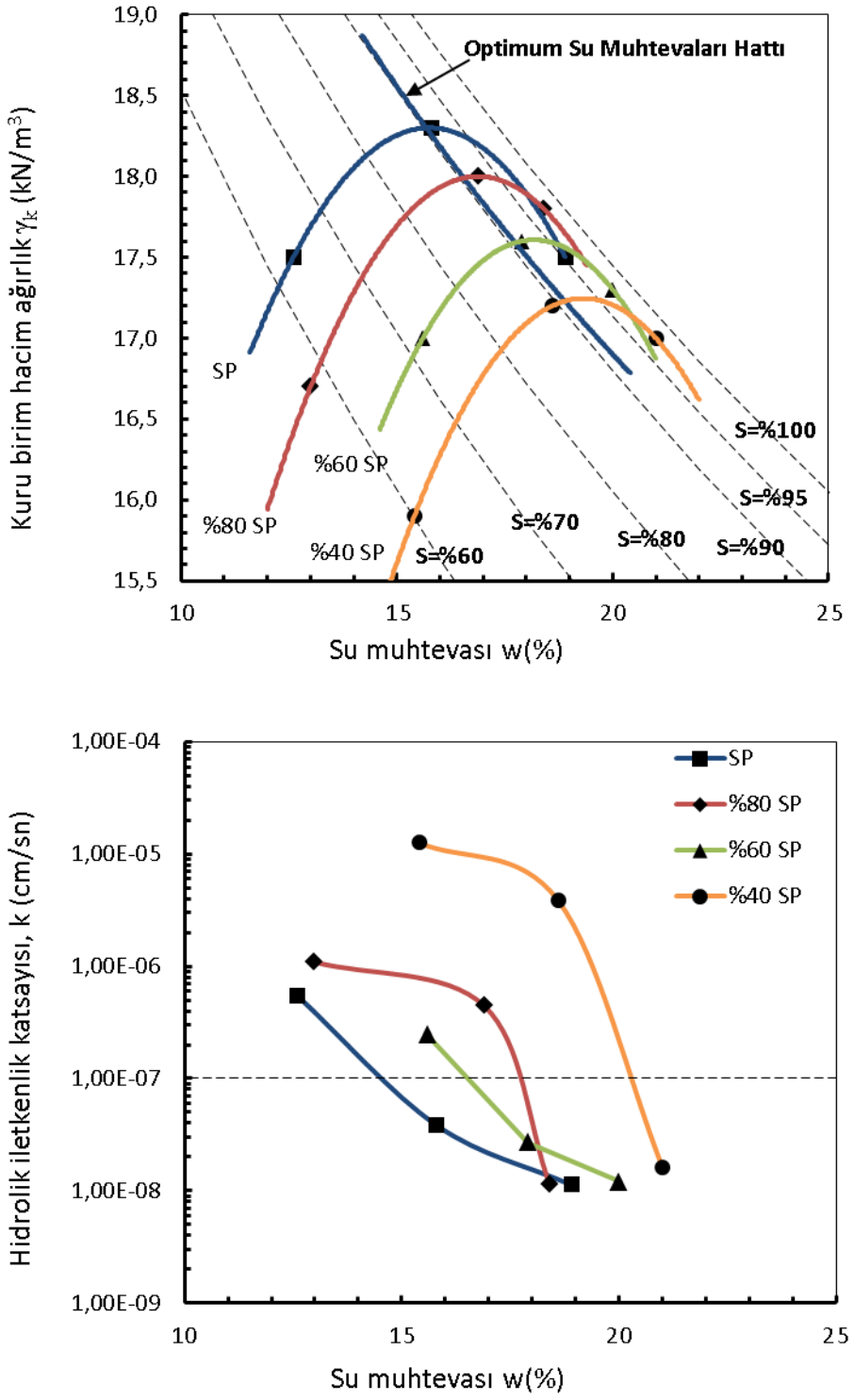
Gavcin numuneleri üzerinde gerçekleştirilen hidrolik iletkenlik ölçümleri Çizelge 6.7 ile sunulmuştur.

Çizelge 6. 7 Gavcin numuneleri üzerinde ölçülen permeabilite (k) değerleri

Numune	Kompaksiyon Enerjisi	Su Muhtevası (w %)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) (g/cm^3)	k (cm/sn)
G (w_{opt} -%3)	SP	12,5	1,75	5,46E-07
G (w_{opt})	SP	15,8	1,83	3,84E-08
G (w_{opt} +%3)	SP	18,9	1,75	1,13E-08*
G (w_{opt} -%3)	%80 SP	13,0	1,67	1,09E-06
G (w_{opt})	%80 SP	16,9	1,80	4,44E-07
G (w_{opt} +%3)	%80 SP	18,4	1,78	1,14E-08
G (w_{opt} -%3)	%60 SP	15,6	1,70	2,46E-07
G (w_{opt})	%60 SP	18,0	1,76	2,69E-08
G (w_{opt} +%3)	%60 SP	20,0	1,73	1,21E-08
G (w_{opt} -%3)	%40 SP	15,4	1,59	1,26E-05
G (w_{opt})	%40 SP	18,6	1,72	3,85E-06
G (w_{opt} +%3)	%40 SP	21,0	1,70	1,61E-08

*Sabit hidrolik yük uygulanarak ölçülmüştür.

Şekil 6.6'da gavcin numunelerinin kompaksiyon parametrelerine bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen değişimler grafik yardımıyla gösterilmiştir. Kompaksiyon enerjisi ve su muhtevasında meydana gelen artışın hidrolik iletkenlik üzerinde azaltıcı bir etki gösterdiği grafiklerden anlaşılmaktadır. Ancak beklenildiği gibi en düşük hidrolik iletkenlik değeri en yüksek kompaksiyon enerjisi uygulanan ve optimum su muhtevası değerinin ıslak tarafında sıkıştırılan numunede ölçülmüş olsa da standart Proctor enerjisinin %60 oranında uygulandığı numunelerde üzerinde de oldukça düşük hidrolik iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Bu iki grup arasındaki ölçüm sonuçları birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur.



Şekil 6. 6 Su muhtevası ve kompaksiyon enerjisi ilişkisinin gavcinin hidrolik iletkenliğine etkisi

Sıva numuneleri üzerinde gerçekleştirilen hidrolik iletkenlik ölçümleri ise Çizelge 6.8 ile sunulmuştur.

Çizelge 6. 8 Sıva numuneleri üzerinde ölçülen permeabilite (k) değerleri

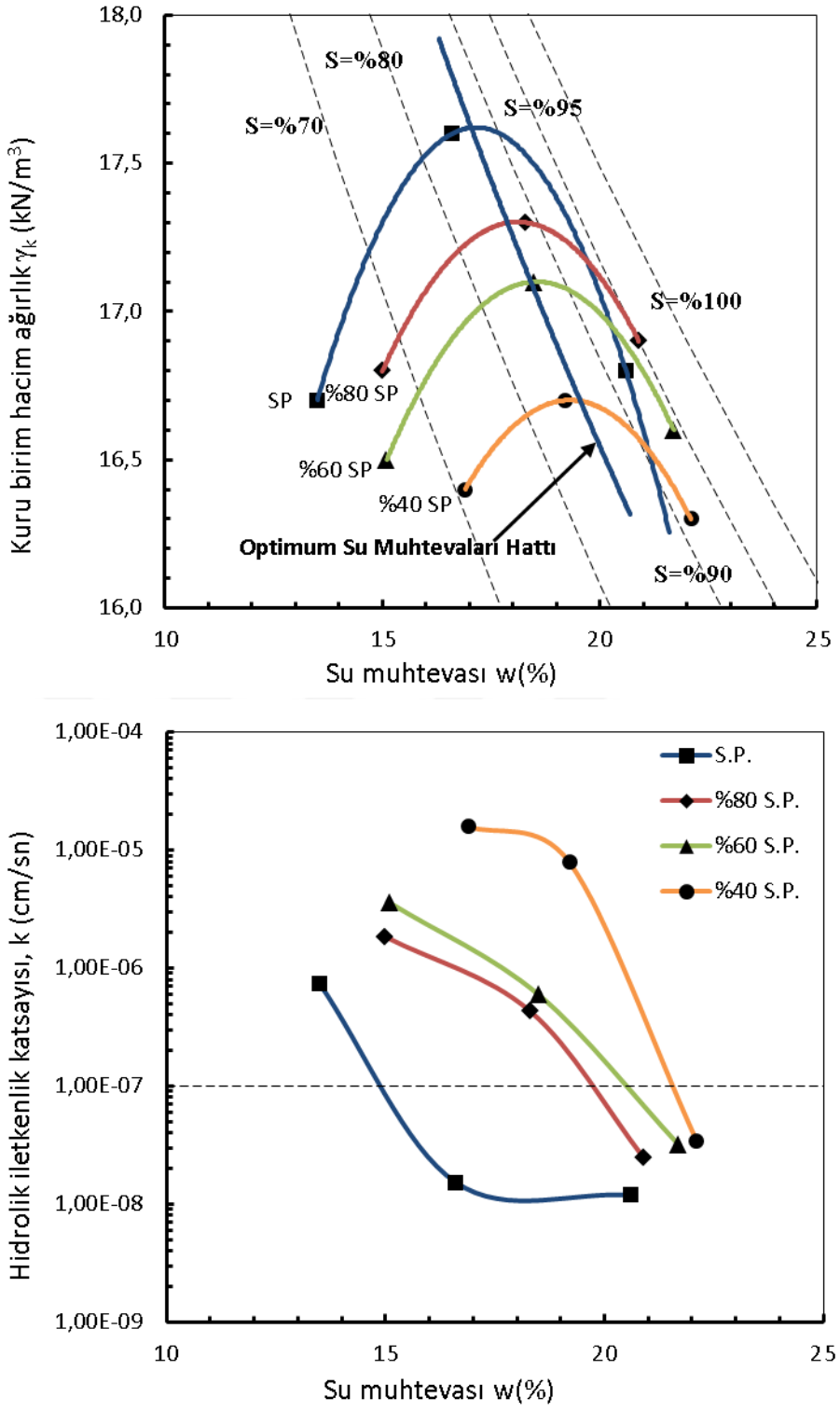
Numune	Kompaksiyon Enerjisi	Su Muhtevası (w %)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) (g/cm^3)	k (cm/sn)
S (w_{opt} -%3)	SP	13,5	1,67	7,35E-07
S (w_{opt})	SP	16,6	1,76	1,53E-08
S (w_{opt} +%3)	SP	20,6	1,68	1,19E-08*
S (w_{opt} -%3)	%80 SP	15,0	1,68	1,84E-06
S (w_{opt})	%80 SP	18,3	1,73	4,32E-07
S (w_{opt} +%3)	%80 SP	20,9	1,69	2,45E-08
S (w_{opt} -%3)	%60 SP	15,1	1,65	3,57E-06
S (w_{opt})	%60 SP	18,5	1,71	5,93E-07
S (w_{opt} +%3)	%60 SP	21,7	1,66	3,16E-08
S (w_{opt} -%3)	%40 SP	16,9	1,64	1,77E-05
S (w_{opt})	%40 SP	19,2	1,67	8,81E-06
S (w_{opt} +%3)	%40 SP	22,1	1,63	3,45E-08

*Sabit hidrolik yük uygulanarak ölçülmüştür.

Şekil 6.7'de ise sıva numunelerinin hidrolik iletkenlik ve kompaksiyon değişkenleri ilişkisi gösterilmiştir. Sıva numuneleri üzerinde yapılan permeabilite ölçümlerinde gavcindekine benzer bir aykırılık görülmemektedir. Tüm numunelerde hidrolik iletkenlik su muhtevesı ve kompaksiyon enerjisindeki artışla azalma göstermiştir.

Her iki zeminden oluşturulan numunelerde de optimum su muhtevası değerinin ıslak tarafında kompaksiyon uygulanan örnekler arasındaki hidrolik iletkenlik ölçümleri birbirine çok yakındır. Bu durum artan su muhtevası ile zeminde yüksek geçirgenliğe sebep olan durumların (topakların dağıtılması gibi) iyileştirilebilirliğiyle veya yüksek su muhtevalarında kompaksiyon işlemi yapılırken zemin boşluklarında havanın hapsolmuş olma ihtimali bulunmasıyla açıklanabilir.

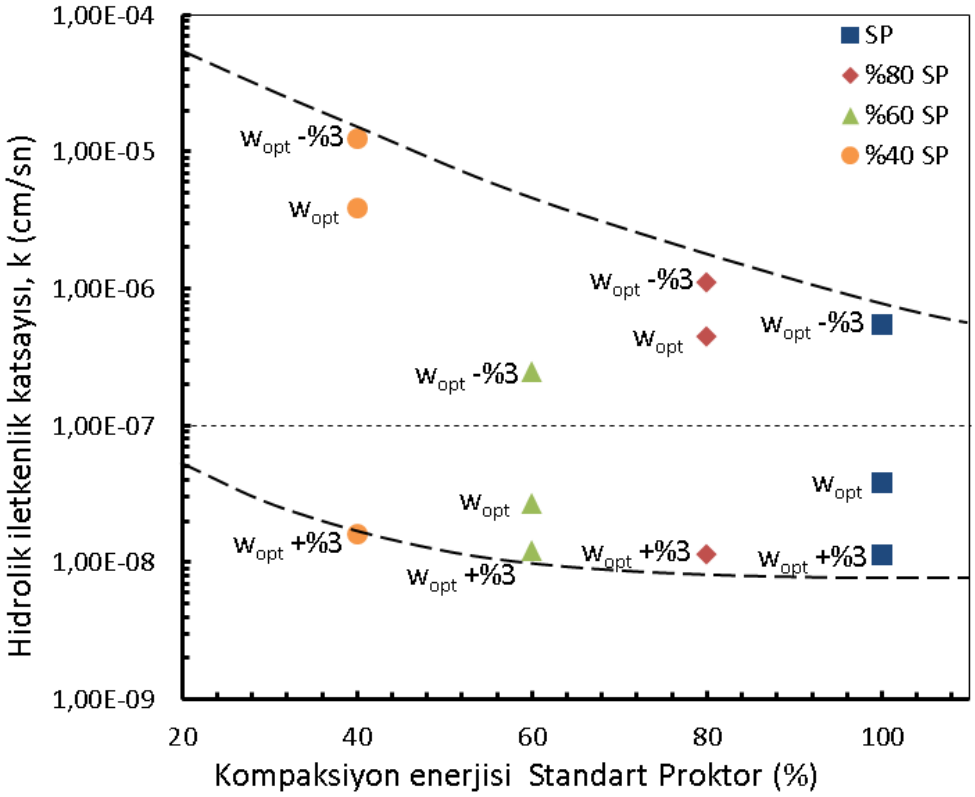
İki zemin kıyaslandığında gavcinin hidrolik iletkenliğinin daha düşük olduğu görülebilmektedir. Gavcinin hem 200 numaralı elek altında kalan kısmının (<0,075 mm) hem de kil içeriğinin sıvadan daha fazla olması dolayısıyla özellikle kuru tarafta yapılan kompaksiyonlarda sıvaya göre çok daha düşük geçirgenlik sağlamıştır.



Şekil 6. 7 Su muhtevası ve kompaksiyon enerjisi ilişkisinin sıvanın hidrolik iletkenliğine etkisi

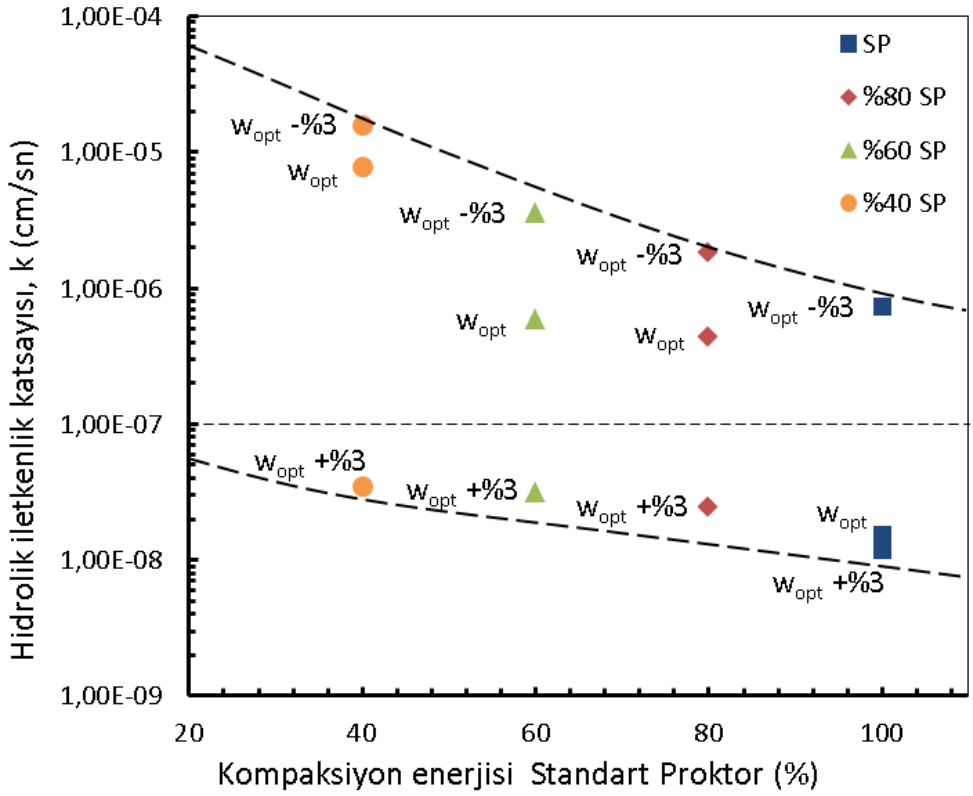
Şekil 6.8'de farklı su muhtevalarında hazırlanmış gavcin numunelerinin değişen kompaksiyon enerjisi ile hidrolik iletkenlikleri arasındaki ilişki grafikle gösterilmiştir. Şekil 6.8'den görüldüğü gibi uygulanan kompaksiyon enerjisindeki artışın hidrolik

iletkenliği azaltıcı etkisi beklendiği şekilde %60 standart Proctor enerjisinde hazırlanmış numuneler üzerinde görülmemiştir. Bu durumun deneysel hata veya numunelerin dane çapı dağılımı ve/veya iç yapı yerleşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıkıştırma su muhtevalarının permeabilite katsayısı üzerindeki etkisinin beklendiği şekilde çıktığı görülmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6. 8 Gavcin numunelerinde kompaksiyon enerjisi – hidrolik iletkenlik ilişkisi

Şekil 6.9'da ise sıva toprağı üzerinde yapılan permeabilite ölçümlerinin kompaksiyon enerjisi ile değişimi arasındaki ilişki verilmiştir. Sıva numunelerinde beklenenin dışında bir durum görülmemiş, numunelere uygulanan kompaksiyon enerjisinin artışı ile hidrolik iletkenlik değerlerinin azaldığı görülmüştür.



Şekil 6. 9 Sıva numunelerinde kompaksiyon enerjisi – hidrolik iletkenlik ilişkisi

Her iki grafik (Şekil 6.8 ve Şekil 6.9) kıyaslandığında, uygulanan kompaksiyon enerjisindeki artış karşısında her iki zeminden hazırlanan numunelerin de benzer geçirgenlik özellikleri sergilediği görülmektedir. Uygulanan kompaksiyon enerjilerindeki artışların hidrolik iletkenlik üzerindeki azaltıcı etkisi kuru numuneler üzerinde daha bariz olarak görülebilirken bu durumun ıslak tarafta kompaksiyon uygulanan numuneler üzerinde bariz bir farklılık yaratmadığı görülmektedir. Özellikle ıslak tarafta sıkıştırılan gavcin numunelerinde kompaksiyon enerjisinin artışının hidrolik iletkenlik üzerinde çok az etkisi olmuştur. Optimum su muhtevasının ıslak tarafta kompaksiyon uygulanan sıva numunelerinde ise kompaksiyon enerjisi artışlarının hidrolik iletkenlik üzerinde meydana getirdiği azaltıcı etki bariz bir şekilde fark edilmekle birlikte kuru taraftaki kadar büyük olmamıştır.

Kompaksiyon uygulanarak sıkıştırılan gavcin ve sıva topraklarının suya doygun hale getirilen numunelerinin geçirimlilik özellikleri farklı kompaksiyon enerjileri ve kompaksiyon su muhtevaları ile incelendikten sonra bu numuneler kompaksiyon kalıpları içerisinde kurumaya bırakılmışlardır. Burada amaçlanan yapılarda sıvı yalıtımı

için kullanılan zeminlerin ıslanma – kuruma – ıslanma döngüsü sırasında geçirgenliklerinde meydana gelen değişimleri görebilmektir.

Kurumaya bırakılması için permeametre olarak kullanılan kompaksiyon kalıplarının kapakları açıldığında numunelerin alt ve üst yüzeylerinde koyu lekelenmeler oluştuğu gözlemlenmiştir. Zemin, su veya kalıp içerisinde mevcut bulunan çeşitli mikroorganizmalardan kaynaklandığı düşünülen bu küflenme benzeri durum tüm numuneleri aynı oranda etkilememiş; görece daha yüksek geçirgenliğe sahip yani deney süresinin kısa olduğu numunelerde çok az veya hiç görülmezken, daha düşük geçirgenliğe sahip ve dolayısıyla deney süresinin uzadığı numunelerde ağır bir koku ve bariz renk farklılıklarıyla tespit edilmiştir (Şekil 6.10). Bu durumun ölçülen permeabilite değerleri üzerinde etki edip etmediği veya varsa bu etkinin boyutları bilinmemekle beraber literatürde mikroorganizmaların akım yollarında tıkanıklığa sebep olabileceği ve hidrolik iletkenliği azaltıcı etki gösterebileceği belirtilmiştir [47].



Şekil 6. 10 Permeametre deneyi sonrasında numune yüzeyinde meydana gelen küflenme (Gavcin, %80 SP, w_{opt} +%3)

Numuneler kurutulurken etüv kullanılmamış ancak güneşe maruz kalmalarına müsaade edilmiştir. Böylece doğal koşulların laboratuvar ortamında daha doğru temsil edilmesi amaçlanmıştır. 1 hafta kadarlık bir kurutma sürecinden sonra numuneler üzerinde gözle görülür ölçüde kuruma etkileri (numune çapının küçülmesi, çatlaklar ve ufalanma gibi) ortaya çıkmıştır (Şekil 6.11). Özellikle kalıp ve numune arasında geniş boşluklar meydana gelmiştir.



Şekil 6. 11 Hidrolik iletkenlik ölçümü sonrası kurumaya bırakılmış bir numune (Sıva, Standart Proctor, w_{opt} -%3)

Kuruma sonrasında hacmi küçülen numune ve kalıp kenarlarında meydana gelen boşluklar, tekrar ıslatma uygulandığında akımın bu bölgede daha hızlı olacağı ve bu boşluklarda bulunan ufalanmış malzemelerin suyla sürüklenerek kalıbın tabana yakın kısımlarında birikim gösterebileceği düşünülerek, sıvı conta ile yüzeysel olarak doldurulmuştur. Böylece tekrar ıslatıldığında kalıp ve numune arasında meydana gelecek akım etkisiyle sürüklenebilecek malzemelerin, kalıp ve numune arasında

boşluklara yol açmasının önüne geçebilmek amaçlanmıştır. Ancak özellikle sıva numunelerinin kuruma sonrasında daha gevrek bir yapı kazanmış olmaları nedeniyle bu numunelerde fazlaca ufalanma/kopma meydana gelmiş, kaba kum boyutunda danelerin numune yapısından ayrılabildiği görülmüştür. Sıva içindeki yüksek kum oranının kuruma sonrasında gözlenen gevrek davranışın nedeni olabileceği düşünülmektedir.

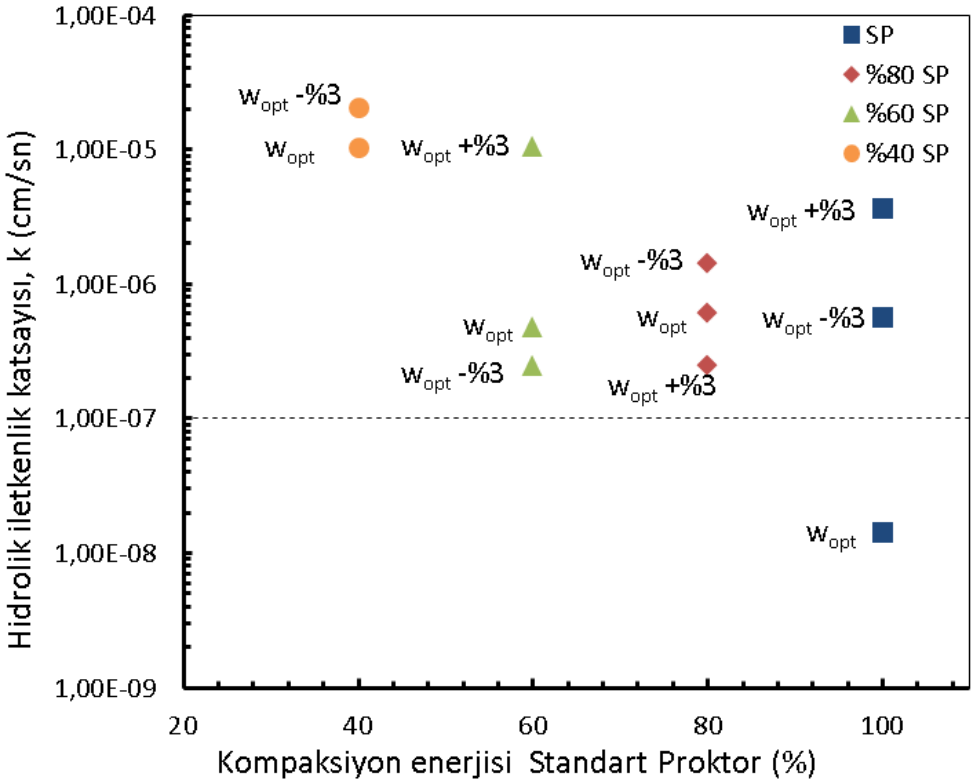
Numuneler yeterince kurutulduktan sonra permeametre tekrar kapatılarak deney sistemine bağlanmış ve numunelerin suya doygun hale gelip şişmeleri için düzeneğe su verilerek birkaç gün beklenmiştir. Sonrasında bu numuneler üzerinde düşen seviyeli permeametre ölçümleri tekrarlanmıştır. Ancak bazı numunelerde bekleme süresi ne kadar uzatılırsa uzatılsın deneye başlandığında tüm suyun saniyeler içerisinde akıp gittiği görülmüş, ölçüm yapılamamıştır. Özellikle sıva numunelerinde karşılaşılan bu durumun, numune ve kalıp çeperleri arasındaki ilişkinin ilk ölçümlerdeki gibi olamayışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeplerle 1 gavcin ve 4 sıva numunesi üzerinde kuruma sonrası ölçümleri yapılamamıştır.

Çizelge 6. 9 Gavcin numunelerinin kuruma sonrası ölçülen permeabilite (k) değerleri

Numune	Kompaksiyon Enerjisi	k (cm/sn)
G (w_{opt} -%3)	SP	5,61E-07
G (w_{opt})	SP	1,41E-08
G (w_{opt} +%3)	SP	3,60E-06
G (w_{opt} -%3)	%80 SP	1,43E-06
G (w_{opt})	%80 SP	6,11E-07
G (w_{opt} +%3)	%80 SP	2,50E-07
G (w_{opt} -%3)	%60 SP	2,46E-07
G (w_{opt})	%60 SP	4,75E-07
G (w_{opt} +%3)	%60 SP	1,05E-05
G (w_{opt} -%3)	%40 SP	2,03E-05
G (w_{opt})	%40 SP	1,02E-05
G (w_{opt} +%3)	%40 SP	-

Çizelge 6.9'da gavcin numunelerinin kurutulup tekrar suya doygun hale getirilmeleri sonrasında ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri verilmiştir. En düşük hidrolik iletkenlik değeri standart Proctor kompaksiyon enerjisi uygulanan ve optimum su muhtevası değerinde sıkıştırılan numunede ölçülmüştür. Ölçülen değerlerde düşük kompaksiyon

enerjisinde sıkıştırılan numunelerin kuruma – ıslanma sonrasında daha yüksek geçirgenlik göstermeleri dışında bir farklılık tespit olunamamıştır.



Şekil 6. 12 Gavcin numunelerinde kuruma sonrası ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri

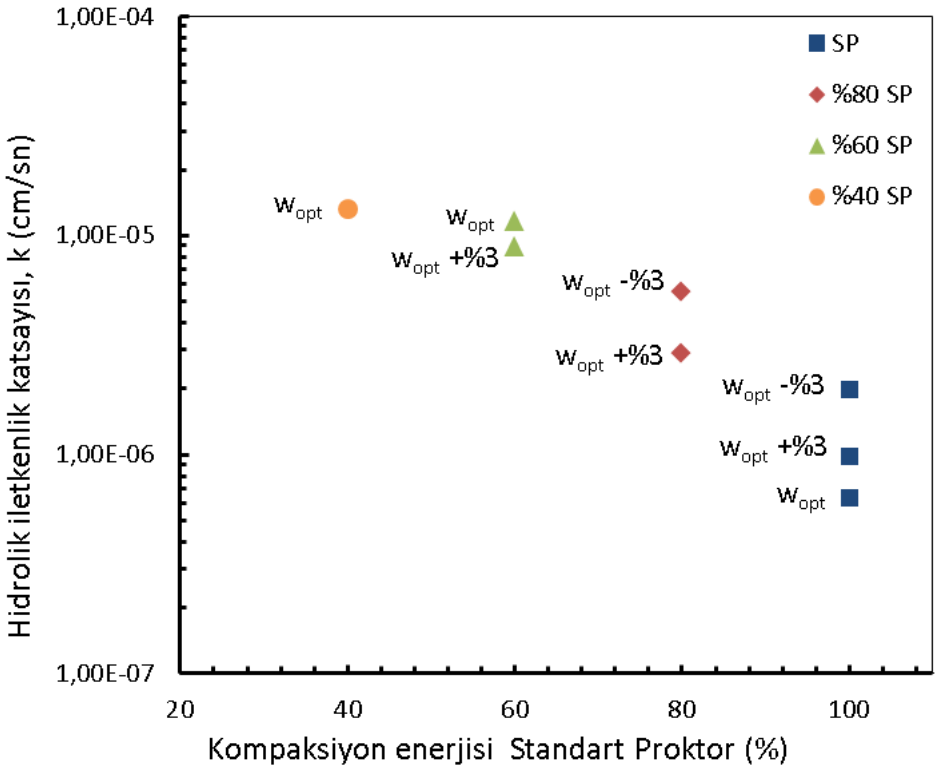
Şekil 6.12'de kuruma – ıslanma sonrası gavcin numunelerinde ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri gösterilmiştir. Sadece 1 numunede düşük geçirgenlik ölçülebilmiştir. Bu grafikten, ıslanıp kuruduktan sonra büzülme etkilerine maruz kalan numunelerin tekrar ıslatılmalarının gözle görünür çatlakları giderse bile numuneye yeniden sıkıştırıcı bir etki yapılmadığı durumda hidrolik iletkenliklerinde büyük artışlar oluşabildiği görülmektedir.

Çizelge 6.10'da sıva numunelerinin kurutma – ıslatma sonrasında ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri verilmiştir. Kuruma esnasında hasar gören 4 adet numune üzerinde ölçüm alınamamıştır.

Çizelge 6. 10 Sıva numunelerinin kuruma sonrası ölçülen permeabilite (k) değerleri

Numune	Kompaksiyon Enerjisi	k (cm/sn)
S (w_{opt} -%3)	SP	1,98E-06
S (w_{opt})	SP	6,33E-07
S (w_{opt} +%3)	SP	9,82E-07
S (w_{opt} -%3)	%80 SP	5,55E-06
S (w_{opt})	%80 SP	-
S (w_{opt} +%3)	%80 SP	2,91E-06
S (w_{opt} -%3)	%60 SP	-
S (w_{opt})	%60 SP	1,17E-05
S (w_{opt} +%3)	%60 SP	8,94E-06
S (w_{opt} -%3)	%40 SP	-
S (w_{opt})	%40 SP	1,32E-05
S (w_{opt} +%3)	%40 SP	-

Şekil 6.13'te kurutulan ve tekrar ıslatılarak hidrolik iletkenlik ölçümü yapılan sıva numunelerinin kompaksiyon enerjilerine göre dağılımları verilmiştir. Sıvanın yüksek kum içeriğinin numuneler kuruduğunda gevrek bir yapıya sahip olmalarına sebep olmasından kaynaklanan aşınmalar nedeniyle bazı numunelerde ölçüm almak mümkün olmamıştır. Elde edilen hidrolik iletkenlik değerleri ilk durumdakilerle kıyaslandığında oldukça yüksektir.



Şekil 6. 13 Sıva numunelerinde kuruma sonrası ölçülen hidrolik iletkenlik değerleri

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla, geleneksel Kemaliye evlerinde yapı malzemesi olarak kullanılan zeminlerin mühendislik özellikleri ilk kez olarak zemin mekaniği ilkeleri çerçevesinde belirlenmişlerdir. Kıvam limitleri, granülometri analizleri ve özgül yoğunluk deneyleriyle zeminlerin indeks özellikleri belirlenmiş; sonrasında birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre zeminler sınıflandırılmıştır.

Bu sonuçlara göre; incelenen zeminlerin ince daneli kısımlarının düşük plastisiteli siltler ve genellikle killerden oluştuğu tespit edilmiştir. Zeminlerin suyla karıştırılıp işlendikleri ve yapı malzemesi olarak kullanıldıkları düşünüldüğünde düşük plastisiteli olmalarının büzülme potansiyelini azaltması bakımından bir avantaj olduğu söylenebilir. Çünkü yüksek likit limit ve plastisite zeminin işlenilebilir kıvamda olduğu su muhtevası değerini de yükseltecektir. Zemin danelerinin aralarındaki su miktarının artması da büzülme potansiyelinde artışa sebep olacak, bu durum kurumanın yol açtığı büzülme çatlaklarının da artmasına neden olacaktır [48].

Kemaliye evlerinde büzülme problemlerinin önüne geçebilmek adına cephe sıvama işlemlerinde kullanılan topraklar içerisine yoğun miktarda saman katkısı katıldığı yapılan laboratuvar çalışmalarında gözlemlenmiştir. Zeminin ve içerisindeki samanın kuru ağırlıklarının oranına bakıldığında, yapılara katılan zeminlere yaklaşık %2'lik bir saman katkısı ilave edildiği görülmüştür.

Zeminlerin granülometrilerinin tamamı göz önünde bulundurulduğundaysa içerdikleri çakıl oranının birkaç örnek dışında oldukça düşük olduğu fakat numunelerin kum miktarlarının %20 - %60 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. İşlenmemiş yani henüz evin yapısına katılmamış numunelerde belirgin olan çakıl miktarının, evlerden alınan

işlenmiş örneklerde çok daha düşük ve hatta hiç olmayışları zeminlerin evlerin yapısına katılırken elenmiş olduklarını düşündürmektedir. Ayrıca zemin içerisindeki iri dane miktarının da büzülme etkilerini azaltıcı özellik kazandıracağı çeşitli araştırmalarla gösterilmiştir [49].

Geleneksel Kemaliye evlerinin yalıtım sorunlarını incelemek amacı ile düz dam öğesinin yapımında kullanılan gavcin ve yine cephe yalıtımı amacıyla sıva işlerinde kullanılan toprak malzemelerden alınan numunelerden, farklı kompaksiyon enerjileri ve sıkıştırma su muhtevalarında hazırlanan örneklerin suya doygun duruma getirilmeleri sonrasında geçirgenlik özellikleri belirlenmiştir.

Daha düşük miktarda iri daneli içeriğe sahip olması ve kil içeriğinin sıvada kullanılan malzemelerden daha yüksek olmasına rağmen sıva ve dam malzemelerinin hidrolik iletkenlik değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca iki zeminin de Benson vd. tarafından [39]'da belirtilen, $k<1\times10^{-7}$ cm/sn değerinin altında hidrolik iletkenlik değerleri sağlayabileceği tahmininde bulunabilmek için öne sürdükleri alt değer zemin özelliklerini (bk. Çizelge 6.1) karşıladıkları tespit edilmiştir.

Permeametre numuneleri güneşte kurutulup tekrar suya doygun duruma getirilerek yapılan permeametre deneylerinde hidrolik iletkenlik değerlerinin çok fazla arttığı tespit olunmuştur. Bu artışın gavcin numunelerinde 800 kat, sıva numunelerinde ise yaklaşık 300 kata çıktığı gözlemlenmiştir. Bu gözlem, evlerin dam topraklarının güneş altında tamamen suyunu kaybettikten sonra yağış aldığında taş silindirlerle sıkıştırma yapılmaması durumunda yaşanacak dramatik durumu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] Vural, K., (2010). Anadoluda Ev Kültürünün Gelişimi ve Geleneksel Türk Evine Örnek ‘’Kemaliye (Eğin) Evleri’’, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

[3] YTÜ BAP Koordinatörlüğü, (2014). Kemaliye (Eğin) Evlerinin Çatı ve Duvar Kuruluşlarının Tespiti ve Koruma Sorunlarına Yönelik Öneriler, Bitirme Raporu, 2012-03-01 KAP01, İstanbul.

[4] T.C. Kemaliye Kaymakamlığı, İlçemiz Genel Bilgiler, www.kemaliye.gov.tr/genel-bilgiler-kemaliye, 12 Nisan 2018.

[5] Vikipedi, Kemaliye, https://tr.wikipedia.org/wiki/Kemaliye, 26 Şubat 2014.

[6] Bölükbaşı, M., (1965). Kemaliye’nin Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası, Yayınlanmamış Lisansüstü Tezi, Ankara Üniversitesi Beşeri ve Ekonomik Coğrafya Kürsüsü, Ankara; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] TÜİK, Genel Nüfus Sayımları, https://biruni.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul, 10 Mart 2018.

[8] İmar ve İskan Bakanlığı Planlama ve İmar Genel Müdürlüğü, (1970). Doğu Anadolu Bölgesi Bölgesel Gelişme Şehirleşme ve Yerleşme Düzeni, Ankara; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[9] Torbaoğlu, E., (2010). Özgün Yerleşimlerin Sürekliliği Üzerine Bir Araştırma: Kemaliye Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[10] Evliya Çelebi, (1970). Evliya Çelebi Seyahatnamesi, 5. cilt, Zuhuri Danışman Yayınevi, İstanbul; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[11] Texier, C., (1862). Asie Mineure Description Geographıque et Archeologique, Librairie de Firmin-Didot, Paris; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin)

Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[12] TDK, Güncel Türkçe Sözlük, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5b01a166b9e160.79636849, 26 Şubat 2014.

[13] D'Morgan, J., (1919). Histoire du Peuple Armenien Depuis Les Temps Les Plus Recules de Ses Annales Jusqu'a Nos Jours, Paris-Nancy; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[14] Keçyan, A. ve Barsamyan, M. (1952). Eğin ve Eğinliler, Amerikalı Eğin Ermenileri Derneği Yayını, Paris; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[15] Arıkan, Z., (2001). ''Eğin Kasabasının Tarihsel Gelişimi'', OTAM, 12: 001-064.

[16] Korkmaz, E. vd., (2013). ''Traditional Roof and Wall Construction Techniques of Kemaliye Houses'', kerpic'13 – New Generation Earthern Architecture: Learning from Heritage International Conference, 11 – 15 Eylül 2013, İstanbul.

[17] Yıldırım, K. ve Hidayetoğlu, M. L., (2009). ''Türk Yaşam Kültürünün Geleneksel Türk Evlerindeki Yansımaları'', 4th International Turkish Culture and Art Congress/Art Activity, 2 – 7 Kasım 2009, Kahire.

[18] Kuban, D., (1975). Sanat Tarihimizin Sorunları, Çağdaş Yayınları, İstanbul; Derleyen: Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[19] Moltke, H. Von, (1969). Türkiye Mektupları, Remzi Kitabevi, İstanbul; Alper, B., (1990). Kemaliye (Eğin) Yerleşme Dokusu ve Evleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[20] Mıntzuri, H., (2003). Armıdan Fırat'ın Öte Yanı, 3. Basım, Aras Yayıncılık, İstanbul.

[21] Kuban, D., (1995). Hayatlı Türk Evi, Eren Yayıncılık, İstanbul; Derleyen: Vural, K., (2010). Anadoluda Ev Kültürünün Gelişimi ve Geleneksel Türk Evine Örnek ''Kemaliye (Eğin) Evleri'', Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

[22] Özaydın, K., (2008). Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[23] Head, K. H., (2006). Manual of Soil Laboratory Testing Vol. 1, Soil Classification and Compaction Tests, Cilt 1 – 3. Baskı, Whittles Publishing, Caithness.

[24] ASTM D2487-11, (2011). Standart Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), ASTM, Philadelphia.

[25] ASTM D4318-10, (2010). Standart Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM, Philadelphia.

[26] Das, B., (2009). Soil Mechanics: Laboratory Manual, 7th Edition, Oxford University Press, New York.

[27] ASTM D427-04, (2004). Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method, ASTM, Philadelphia.

[28] ASTM D6913-04, (2004). Standart Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, ASTM, Philadelphia.

[29] ASTM D422-63, (2007). Standart Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM, Philadelphia.

[30] Bhushan, B., (2007). ''Meniscus and Viscous Forces During Normal Separation of Liquid-Mediated Contacts'', Nanotechnology, Vol 18 (46):1-14.

[31] ASTM D854-14, (2014). Standart Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer, ASTM, Philadelphia.

[32] ASTM D698-12e1, (2012). Standart Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standart Effort (12400 ft-lbf/ft^3 (600 kN-m/m^3)), ASTM, Philadelphia.

[33] Head, K. H., (2006). Manual of Soil Laboratory Testing. Volume 2, Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests, Cilt 2 – 3. Baskı, Whittles Publishing, Caithness.

[34] Lambe, T. W., (1955). ''The Permeability of Fine-Grained Soils'', Symposium on Permeability of Soils, 15 Haziran 1954, Chicago.

[35] Benson, C. H. ve Boutwell, G. P., (2000). ''Compaction Conditions and Scale Dependent Hydraulic Conductivity of Compacted Clay Liners'', Constructing and Controlling Compaction of Earth Fills, ASTM STP 1384: 254-273.

[36] Akbulut, D. E. vd., (2013). ''Geleneksel Kemaliye (Eğin) Evlerinin Çatı ve Duvar Kuruluşlarında Kullanılan Toprak Malzemesi Özellikleri'', 4. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 27-29 Kasım 2013, İstanbul.

[37] Daniel, D. E. ve Benson, C. H., (1990). ''Water Content-Density Criteria for Compacted Soil Liners'', Journal of Geotechnical Engineering, 116 (12):1811-1830.

[38] Benson, C. H. Ve Trast, M., (1995). ''Hydraulic Conductivity of Thirteen Compacted Clays'', Clays and Clay Minerals, 43 (6):669-681.

[39] Benson, C. H. vd., (1994). ''Estimating Hydraulic Conductivity of Compacted Clay Liners'', Journal of Geotechnical Engineering, 120 (2):366-387.

[40] Daniel, D., (1987). ''Earthen Liners for Land Disposal Facilities'', Geotechnical Practise for Waste Disposal '87, 15-17 Haziran 1987, Michigan; Derleyen: Benson, C. H. vd., (1994). ''Estimating Hydraulic Conductivity of Compacted Clay Liners'', Journal of Geotechnical Engineering, 120 (2):366-387.

[41] D'Appolonia, D., (1980). ''Soil-Bentonite Slurry Trench Cutoffs'', Journal of Geotechnical Engineering, 106 (4):399-417.

[42] Benson, C. H. ve Daniel, D. E., (1991). ''Influence of Clods on Hydraulic Conductivity of Compacted Clay'', Journal of Geotechnical Engineering, 116 (8):1231-1248.

[43] Daniel, D. E. ve Wu, Y., (1993). ''Compacted Clay Liners and Covers for Arid Sites'', Journal of Geotechnical Engineering, 119 (2):223-237.

[44] Benson, C. H. vd., (1999). ''Field Performance of Compacted Clay Liners'', Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 125 (5):390-403.

[45] Tritico, P. ve Langston, R., (1995). ''Practise Improvements for the Desing and Construction of Clay Barriers'', Geoenvironment 2000, 24-26 Şubat 1995, Louisiana; Derleyen: Benson, C. H. ve Boutwell, G. P., (2000). ''Compaction Conditions and Scale Dependent Hydraulic Conductivity of Compacted Clay Liners'', Constructing and Controlling Compaction of Earth Fills, ASTM STP 1384: 254-273.

[46] ASTM D5856-15, (2015). Standart Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Porous Material Using a Rigid-Wall, Compaction-Mold Permeameter, ASTM, Philadelphia.

[47] Allison, L. E., (1947). ''Effect of Microorganisms on Permeability of Soil Under Prolonged Submergence'', Soil Science, 63:439-450.

[48] Tay, Y.Y. vd., (2001). ''Shrinkage and Desiccation Cracking in Bentonite-Sand Landfill Liners'', Engineering Geology, 60:263-274.

[49] Kleppe, J. H. ve Olson, R. E., (1985). ''Desiccation Cracking of Soil Barriers'', Hydraulics Barrier in Soil and Rock, 25 Haziran 1984, Denver.

EK-A

KATSAYI TABLOLARI

A-1 Hidrometre Analizi

Hesaplamalarda kullanılan -a- katsayısı aşağıdaki tablodan alınabilir.

Çizelge A. 1 Hidrometre analizi değerlendirilmesi için a katsayısı

Özgül Ağırlık G_S	Düzeltme Katsayısı (a)
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05

Efektif derinlik, L değeri aşağıdaki tablodan alınabilir.

Çizelge A. 2 152H tipi hidrometre için efektif derinlik (L) değerleri

152H Hidrometre			
Gerçek Hidrometre Okuması	Efektif Derinlik L (cm)	Gerçek Hidrometre Okuması	Efektif Derinlik L (cm)
0	16,3	31	11,2
1	16,1	32	11,1
2	16,0	33	10,9
3	15,8	34	10,7
4	15,6	35	10,6
5	15,5	36	10,4
6	15,3	37	10,2
7	15,2	38	10,1
8	15,0	39	9,9
9	14,8	40	9,7
10	14,7	41	9,6
11	14,5	42	9,4
12	14,3	43	9,2
13	14,2	44	9,1
14	14,0	45	8,9
15	13,8	46	8,8
16	13,7	47	8,6
17	13,5	48	8,4
18	13,3	49	8,3
19	13,2	50	8,1
20	13,0	51	7,9
21	12,9	52	7,8
22	12,7	53	7,6
23	12,5	54	7,4
24	12,4	55	7,3
25	12,2	56	7,1
26	12,0	57	7,0
27	11,9	58	6,8
28	11,7	59	6,6
29	11,5	60	6,5
30	11,4		

K katsayısı aşağıdaki tablodan alınabilir.

Çizelge A. 3 Özgül ağırlık (G_S) ve sıcaklık değerlerine göre K katsayısı

Sıcaklık T (°C)	Özgül Ağırlık G_S								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
16	0,01510	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01374	0,01356
17	0,01511	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,01396	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01474	0,01449	0,01425	0,01403	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,01294	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01279	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01218	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01255	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01249	0,01230	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

A-2 Özgül Ağırlık Deneyi

Sıcaklık düzeltme katsayısı, A aşağıdaki tablodan alınabilir.

Çizelge A. 4 -A- sıcaklık düzeltme katsayısı

Sıcaklık, T (°C)	A	Sıcaklık, T (°C)	A
15,0	1,00090	23,0	0,99933
15,5	1,00082	23,5	0,99921
16,0	1,00074	24,0	0,99909
16,5	1,00066	24,5	0,99897
17,0	1,00057	25,0	0,99884
17,5	1,00048	25,5	0,99871
18,0	1,00039	26,0	0,99858
18,5	1,00030	26,5	0,99844
19,0	1,00020	27,0	0,99831
19,5	1,00010	27,5	0,99817
20,0	1,00000	28,0	0,99803
20,5	0,99990	28,5	0,99788
21,0	0,99979	29,0	0,99774
21,5	0,99968	29,5	0,99759
22,0	0,99957	30,0	0,99744
22,5	0,99945	30,5	0,99729

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Burak Bilge Han YOLCU
Doğum Tarihi ve Yeri	:Sinop 26.02.1988
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:burak312@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	İnşaat Müh.	İstanbul Üniversitesi	2011
Lise	Fen	Sinop Anadolu Öğretmen Lisesi	2006

YAYINLARI

Bildiri

1. Akbulut, D. E. vd., (2013). ‘’Geleneksel Kemaliye (Eğin) Evlerinin Çatı ve Duvar Kuruluşlarında Kullanılan Toprak Malzemesi Özellikleri’’, 4. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 27-29 Kasım 2013, İstanbul.