

624.131.36/.37

1996-1175

K 96 Z

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

MAG-169 KESİN RAPOR

ZEMİN DENEGYLERİNDE MİNİMUM NÜMUNE

SAHISI

Yürütücü: Prof. V. Kumbasar

Yardımcı: Doç. E. Toğrol

İSTANBUL 1970.

624, 131. 36/. 37
K 96 z

İ Ç İ N D E K İ L E R

GİRİŞ	1
METOT	
Malzeme	3
Deney malzemesinin hazırlanması	9
Deneyleerin yapılması	9
Verilerin değerlendirilmesi	10
DENEY SONUÇLARI	15
SONUÇLAR	36
REFERANSLAR	39
ÖZET	45
SUMMARY	47

14520

G İ R İ Ő

Çeşitli zemin özelliklerinin deneyle belirlenmesi, birçok mühendislik probleminin çözümlenmesinde önemli bir yer tutar. Zemin davranışını salt teorik düşüncelerle inceleyenler bir takım zemin parametreleri tanımlarlar. Bu zemin parametrelerinin fiziksel anlamları yoksa problemlerin çözümlü kolay değildir. Kudretli hesap imkânlarına sahip bulunmamız da çoğu kez zemin davranışını daha iyi anlamamıza yardımcı olamamaktadır. Teorik yolların faydalı olabilmesi için, önce zemin davranışı hakkında deney ve gözlemlere dayanan bir anlayışa varmamız, fiziksel anlamı olan değişkenleri istatistiksel olarak tanımlayabilmiş olmamız gerektir.

Pratik amaçlar için dahi arazi profilinin her kesimini ayrı bir malzeme olarak düşünmek, bu malzemelerin özelliklerini ifade eden istatistikleri ayrı ayrı hesaplamak zorundayız. Bu bakımdan zemin mühendisinin işi, ahşap, çelik, beton gibi mühendislik özellikleri, hiç olmazsa pratik amaçlar için, sabit olarak kabul edilen malzeme ile uğraşan mühendislerinden farklıdır.

Zemin mekaniğinde, zeminleri tanımlamak, sınıflamak için olduğu kadar zemin davranışı hakkında fikir sahibi olmak için de deneyler yaparız. Bu deneyler, oldukça iyi bir şekilde standartlaştırılmışlardır. Bununla beraber, belli

güvenirlikte sonuçlar elde edilebilmesi için gerekli minimum nümune sayısının her çeşit deneyde veya her zemin için aynı olduğunu söylemek yanlış olur.

Deneysel araştırmalarda ve öncelikle tatbikat ile ilgili incelemelerde, deneme sayısının arttırılması ekonomik imkânlar ile sınırlıdır. Hattâ tatbikat ile ilgili birçok incelemenin tekrarsız deneylere dayandığına dikkati çekmeliyiz. Aca-ba farklı zeminlerden çeşitli deneyler için, belli güvenilirliğe sahip sonuçlar elde edilebilmesi için gerekli, minimum nümune sayısını veren kriterler koyabilir miyiz ? İncelememizin konusu budur.

Herhangi bir deneyin en az kaç kere tekrarlanması gerektiği, başka bir deyişle deneme sayısı, veya minimum nümune sayısı başlıca üç değişkene bağlıdır. (1) Jeolojik etkenler : Nümunenin alındığı yerde jeolojik oluşumun üniformluğu, örselenmemiş nümunelerde gerilme tarihçesi v.s. dir. (2) Teknik etkenler : Deney standart ve talimatları, kabul edilen güvenilirlik sınırları v.s. dir. (3) Ekonomik etkenler : Deney sayısının arttırılmasının doğuracağı ek masraflardır. Örselenmiş nümuneler üzerinde yapılan deneylerde bu masraflar, ek laboratuvar çalışması masraflarına inhisar ettiği halde, örselenmemiş nümuneler için nümunenin arazide alınmasından başlayarak taşınma, muhafaza, deney v.s. masrafları, deneme sayısının, çoğu kere, misli ile artacaktır. Bu yüzden, meselâ, dane birim hacim ağırlığını, 2 veya 2.7 veya 2.73 gr/cm³ olarak ifade etmek hallerinden birini tercih ederken, yani deneme sayısını arttırırken, zemin incelenmesinin yapı maliyetine katkı-

sına ve yapının ekonomik değerine bakılır.

Arazi deneyleri veya örselenmemiş nümuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde zeminin belli bir kesimini karakterize eden bir özeliğin değerini belirlerken, o kesimde zeminin nisbeten homojen ve üniform oluşu deneme sayısını azaltacak bir etken olacağı gibi eratik bir jeolojik oluşum için bu sayı artacaktır. Öte yandan, üniform laboratuvar nmunele-ri ile yapılan deneylerde, "zemin cinsi" olarak tanımlayabileceğimiz, zeminin dane çapı dağılımı, kil mineralinin cinsi, daneciklerinin şekilleri v.s. ile ilgili diğer bir değişkenin de deney sayısını etkilediği gözlenmiştir. Eğer, farklı cins zeminlerde minumum nümune sayısının farklı oluşu bir kural ile açıklanabiliyorsa, bu kural, ekonomik şart ile birlikte kullanılarak deney düzenlenmesi ve programlanmasında önemli bir aşama olacaktır.

M E T O D

Malzeme :

Deneylerimizde, farklı özellikte zeminleri karakterize etmek üzere, İstanbul Boğaz killeri kullanılmıştır. Bu killer, İT Zemin Mekaniki Laboratuvarında bir süredir yürütülmüş bulunan araştırma çalışmalarında kullanılmış bulunduğundan özellikleri, bizce, oldukça iyi bir şekilde bilinmekteydi. Üstelik bu killerin çeşitli kil minerallerine ve granlometrilere sahip bulunması, araştırmalarımızda zemin özelliklerinin oldukça geniş bir aralıkta incelenmesine de elvermiştir.

TABLO 1 KULLANILAN ZEMİNLERİN ÖZELİKLERİ

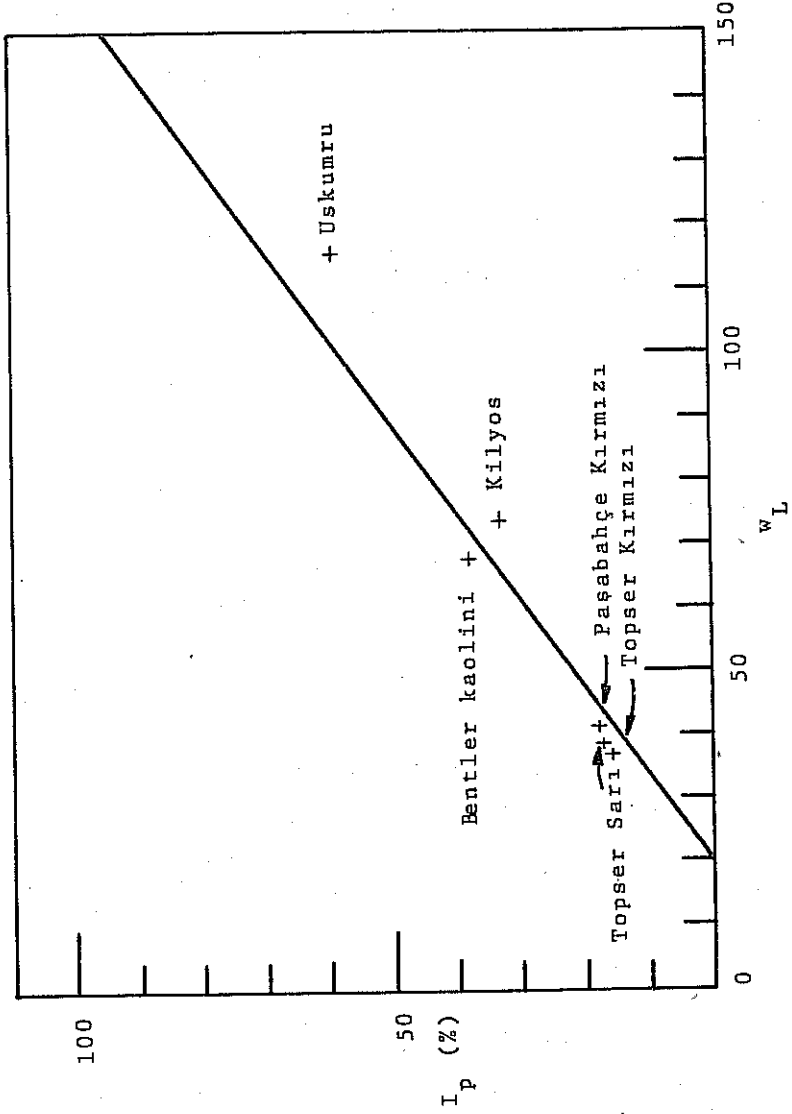
	Paşabahçe Kırmızı Kili	Topser Sarı - 3 Kili	Topser Kırmızı- 2 Kili	Bentler-2 Kaolini	Uskumru-2 Kili	Kilyos-4 Kili
KIVAM :						
w _L (%)	41.3	38.8	38.1	68.7	115.6	73.9
w _P (%)	23.9	21.4	22.3	31.3	56.3	41.1
I _P (%)	17.4	17.4	15.8	37.4	59.3	32.8
DANE BİRİM HACİM AĞIRLIĞI:						
γ _s (gr/cm ³)	2.75	2.76	2.81	2.70	2.94	2.80
GRANÜLOMETRİ :						
Kum (%)	33	34	34	4	10	15
Silt (%)	38	39	36	45	72	71
Kil (%)	29	27	30	51	18	14
KOMPAKSİYON :						
w _{opt} (%)	16.3	15.7	-	-	-	33.0
(γ _k) _{max} (gr/cm ³)	1.81	1.82	-	-	-	1.33
KONSOLIDASYON :						
w _o (%)	48.1	36.6	35.2	-	-	81.6
w _n (%)	26.7	24.6	22.6	-	-	43.5
γ _o (gr/cm ³)	1.76	1.82	1.86	-	-	1.53
γ _n (gr/cm ³)	2.05	2.07	2.12	-	-	1.80
H _n (cm)	1.89	2.03	2.03	-	-	1.69
Oturma (mm)	7.82	6.60	6.16	-	-	9.60
Kabarma (mm)	1.41	1.39	1.18	-	-	1.10

Çalışmamızda, Paşabahçe-Kırmızı-3, Topser - Sarı - 3 , Kilyos-4, Topser-Kırmızı-2, Uskumru-2 killeri ve Bentler Kaolini-2 kullanılmıştır. Bu zeminlerden Topser-Sarı ve Topser-Kırmızı killeri Büyükdere'de, diğerleri, isimlerinin de ifade ettiği gibi, Paşabahçe, Kilyos, Uskumru Köy ve Bentler mevki-lerinde belli ocaklardan alınmıştır. Deney malzemesinin hazırlanması aşağıda anlatılacaktır. İlk, bu killerin mineralojik özellikleri üzerinde duralım.

Kilyos, Paşabahçe Kırmızı, Topser Sarı killeri için elde edilmiş ayrıntılı bilgiler vardır (Toğrol, Tümay, 1967).Kullanılan x-ışını difraksiyon analizleri yapılmış olduğu gibi kation değişimi kapasiteleri de belirlenmiş bulunmaktadır. Kilyos kili esas olarak Montmorillonit ihtiva etmekte bunun yanında Feldspat ve Kuvars az miktarda bulunmaktadır. Paşabahçe-Kırmızı kili İllit, Kaolinit, Hematit, ihtiva etmekte, içinde bol kuvars bulunmaktadır. Topser Sarı kili ise esas olarak Kaolinit ihtiva etmekte içinde az miktarda İllit, eser miktarda Geotit, bol kuvars bulunmaktadır. Görüldüğü gibi, esas özellikleri itibariyle Kilyos kili Montmorillonit, Paşabahçe Kırmızı kili İllit ve Kaolinit, Topser Sarı Kaolinit ihtiva etmektedir. Benzer olarak Topser Kırmızı kilinin de esas olarak Kaolinit olduğu söylenebilir.

Bentler Kaolininin ise esas olarak Kaolinitten meydana gelmiş olduğu diferansiyel termal analiz ile tesbit edilmiştir (Toğrol, 1962).

Atterberg limitlerinin zemin daneciklerinin plastiklik özelliklerini hemen yansıttığı bilinmektedir. Bu yüzden her



ŞEKİL 1 - Plastisite diyagramında Boğaz killlerinin yerleri

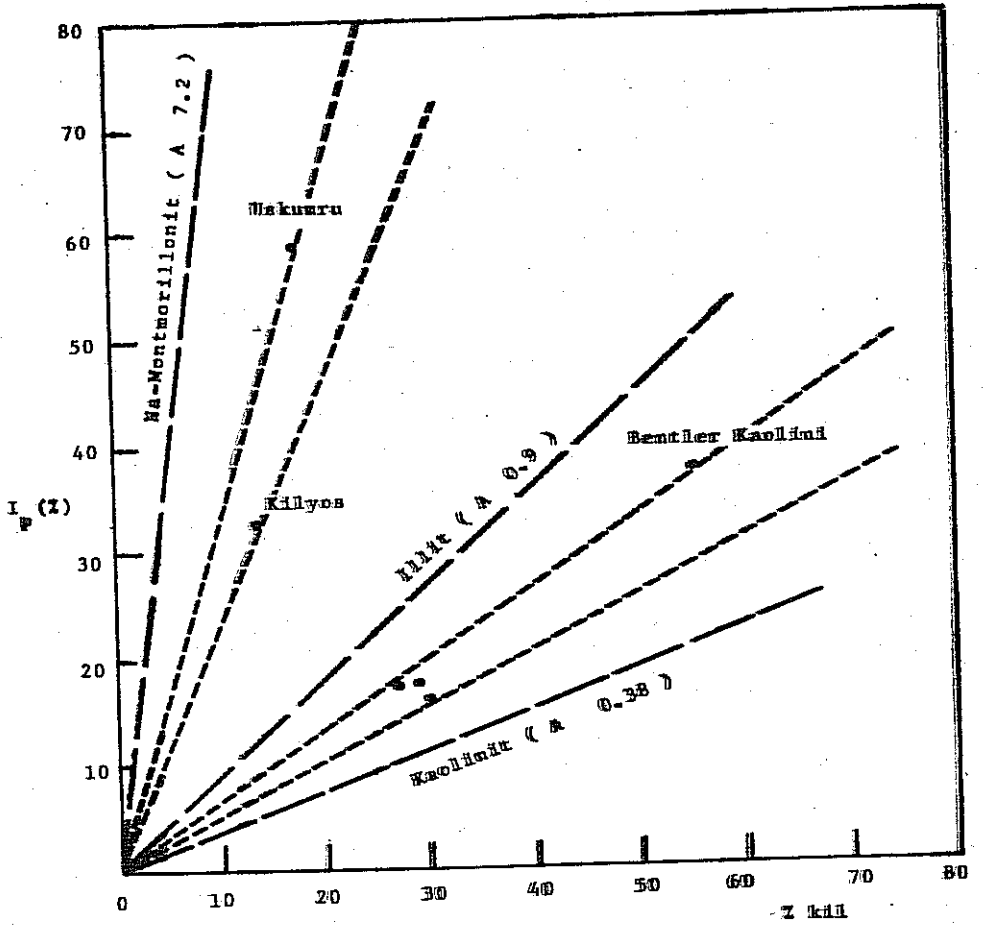
hangi bir zemin incelemesi, zeminin bu kıvam limitleri belirlenmeden başlatılmamaktadır. Bu alışılmış tutum, zeminleri sınıflara ayırmaya, her sınıfın bilinen özelliklerini incelediğimiz zemin için de kullanabilmemize yaramaktadır.

Gerek Casagrande'nin Plastiklik Diyagramı (Şekil 1) gerek Skempton'un Aktivite tanımlaması (Şekil 2) kil daneciklerinin cinsi hakkında fikir verebilmektedir. Plastiklik Diyagramı, zeminleri basit bir şekilde gruplandırmakta kullanılır. Aktivite, zeminin plastisite endisinin, ihtiva ettiği kil yüzdesine oranıdır (Skempton, 1953). Aktivite, Boğaz killerinin minerolojik analizleri ve Şekil 2 den görüldüğü gibi zemin içindeki kil daneciklerinin cinsini oldukça hassas bir şekilde tanımlayabilmektedir (Seed ve diğerleri, 1964).

Deneylerimizde kullanılan zeminlerin aktiviteleri Tablo 2 de gösterilmiştir.

TABLO 2 KULLANILAN ZEMİNLERİN AKTİVİTELERİ

Zemin	Aktivite (%)
Topser Kırmızı	0.53
Paşabahçe Kırmızı	0.60
Topser Sarı	0.64
Bentler Kaolini	0.73
Kilyos	2.34
Uskumru	3.29



ŞEKİL 2 - Aktivite diyagramı

Deney malzemesinin hazırlanması :

Deneylerde kullanılan zeminler ocaklardan alınmış, Laboratuvara getirildikten sonra havada kurutulmuş, ufalanmış ve 1/16 inçlik (4.76 mm.) elekten elenmiş, çapraz-kama-kutusunda (rifle-box) iyice karıştırılmıştır.

Deney numuneleri, yukarıda anlatılan şekilde hazırlanmış olan yağandan alınmıştır.

Deneylerin yapılması :

Zemin cinsinin farklı olması yüzünden ortaya çıkan değişim, likit limit, Plastik Limit, Dane Birim Hacim Ağırlığı, Standart Kompaksiyon, Konsolidasyon, Dane Çapı Dağılımı tayini deneylerinde ve bu deneyler sonucu elde edilen veriler üzerinde kullanılmıştır. Bütün bu deneyler, özellikle iyi olarak standartlaştırılmış olan zemin deneyleridir (Örneğin, B.S. 1377).

Ödometre deneylerinde numuneler likit limit civarında su muhtevalarından başlanarak yüklenmiştir. Başlangıç su muhtevalarının her tekrar için aynı olmasını sağlamak amacı ile birkaç kilogramlık, likit kıvamında bir ana numune hazırlanmış ve ödometre deney-numuneleri bu ana numunedan alınmıştır. Deney şartlarının sabit tutulması bakımından, her zemin için yapılması öngörülen konsolidasyon deneyleri deney-aletlerinde aynı zamanda yapılmıştır.

Ödometre de 0.1 kg/cm² konsolidasyon basıncına kadar ağır ağır yüklenerek gelinmiş, sonra yükleme mutad şekilde, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4 kg/cm² kademeleri halinde

yapılmıştır. Boşaltma ise 3.2, 1.6, 0.8, 0.4, 0.2, 0.1 kg/cm² kademeleri halinde olmuştur.

Ödometre deneyinin özelliğinden ötürü bir ana nümuneden başlanılmıştır. Diğer deneylerde buna gerek bulunmadığı için bütün deney-nümuneleri Malzeme Hazırlanması Kısmında anlatılan ana-yığından alınmıştır.

Verilerin değerlendirilmesi:

Değerlendirme istatistiksel olarak yapılmıştır. Burada kısaca, faydalanılan temel kavramları açıklayalım. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ gibi bir popülasyonun ortalaması, m olsun. Bu ortalamanın doğruluğu, $(m-\epsilon, m+\epsilon)$ güvenirlilik aralığı ile ifade edilebilir, m , bu aralık içinde belli bir ihtimal ile bulunur. N sayısı çok büyük, ve X lerin dağılımı normal bir dağılımdır.

Bazı kez, popülasyondan gelişigüzel olarak seçilmiş (10-30 bireylik) bir örnek ile çalışılır. Bu örnekteki bireyleri $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ile ve ortalamalarını \bar{x} ile gösterelim :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Standart sapma

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

yazılabilir. Bu değerlerden faydalanılarak gerçek ortalama m 'nin değeri tahmin edilebilir. Gerçi örneğin dağılımı normalden farklıdır, ama birçok teknik problemin çözümünde

tatmin edici bir şekilde kullanılabilir.

Yukarıdaki örnek için yapıldığı gibi

$$|\bar{x} - m| = (s/\sqrt{n}) \cdot t \quad (3)$$

veya

$$|\epsilon| (s/\sqrt{n}) \cdot t \quad (4)$$

yazılabilir. t nin değeri Fisher'in t -tablosundan alınabilir. t , örneğin büyüklüğüne (daha doğrusu, serbestlik derecesine, $n-1$), ortalamanın doğruluğunu belirlerken kullanılan güvenilirlik sınırlarına bağlıdır.

Herhangi bir deneyin standart sapması, önceki deneylerden biliniyorsa, bilmediğimiz m ' nin belli bir p ihtimali ve belli bir $\pm \Delta_p$ hatası ile tahmini mümkün olur:

$$\bar{x} - \Delta_p < m < \bar{x} + \Delta_p$$

n yeteri kadar büyük seçilecek olursa aşağıdaki eşitsizlikler güvenle kullanılabilir :

$$(s/\sqrt{n}) t < |\Delta_p|$$

veya

$$t/\sqrt{n} < |\Delta_p| / s$$

Burada t 'nin n ve p ile değişimi belli olduğu için, $|\Delta_p| / s$ değerini doğrudan doğruya veren veya $|\Delta_p| / s$ değerinden hareket ederek belli bir güvenilirlik derecesi için gerekli minimum deneme sayısını veren bir tablo yapmak mümkündür. (Tablo 3).

TABLO 3 DENEYİN TEKRARLANMASI HALİNDE ELDE EDİLEN
 Δ_p/s DEĞERLERİ (ZLATAREV, 1965 den)

n	% 5 anlamlılık seviyesi için Δ_p/s	% 1 anlamlılık seviyesi için Δ_p/s
1	-	-
2	8,985	45,013
3	2,484	5,730
4	1,591	2,920
5	1,241	2,059
6	1,050	1,646
7	0,925	1,401
8	0,836	1,237
9	0,769	1,118
10	0,715	1,028
11	0,672	0,955
12	0,635	0,897
13	0,604	0,847
14	0,577	0,805
15	0,554	0,769
16	0,533	0,737
17	0,514	0,708
18	0,497	0,683
19	0,482	0,660
20	0,468	0,640
21	0,455	0,621
22	0,443	0,604
23	0,432	0,558
24	0,422	0,573
25	0,413	0,559
26	0,404	0,547
27	0,396	0,535
28	0,388	0,524
29	0,380	0,513
30	0,373	0,503
40	0,315	0,412
60	0,256	0,344
120	0,180	0,239
∞	0	0

Elde olunan standart sapma değerleri iki Şekilde kullanılabilir : (1) Herhangi bir deneyi n kere tekrarlırsak, belli bir ihtimalle, geręek değerin yeralması gereken aralık bulunabilir veya (2) bu aralığı, arzu ettiğimiz miktarda daraltıp geniŐletmek için deneyi kaç kere tekrarlamamız gerektiği hesaplanabilir.

Örneğin, 1.0 kg/cm^2 hücre basıncında izotropik olarak konsolide edilmiş Bentler Kaolini nümunelerinin su muhtevaları ortalaması,

$$w = 42.7 \%$$

olarak bulunmuŐtur (Toğrol, 1962). 26 deneyden bulunan bu ortalamanın standart sapması,

$$s = 0.4$$

standart hatası,

$$s_E = 0.1$$

ve Fisher'in t-tablosundan 0.05 anlamlılık seviyesi için bulunan $t = 2.06$ değeri kullanılarak popölasyonun ortalamasının 0.95 ihtimalle bulunması gereken aralık,

$$\bar{x} \pm t \cdot s_E = \bar{x} \pm \Delta_p$$

ifadesinden, $\Delta_p = 0.2$ ve aralık,

$$42.5 - 42.9$$

olarak bulunur.

Standart sapmanın diğer kullanılış tarzı, Δ_p nın belli bir ihtimal ile belli bir değerde olması için, deneyin kaç defa tekrarlanması gerektiğini bulmaktır. Yukarıdaki deney örneğini tekrar göz önüne alalım. Aynı standart sapmayı kullanacağız. Bu kez, deneyi 26 kere tekrarlamak istemiyoruz. Eğer,

$\Delta_p = 0.5$ olması yeter görülüyorsa bu değere varmak için deneyi kaç kere tekrarlamak gerektiğini bulalım.

$$\frac{\Delta_p}{s} = \frac{0.5}{0.4} = 1.3$$

olduğundan, 0.95 ihtimalle $\Delta_p = 0.5$ olmasına elverecek dağılımı elde etmek için, Tablo 3 e bakılır.

$$n = 5$$

*
bulunur.

*) Bu değer ödometrede konsolide edilen Paşabahçe Kırmızı, Topser Sarı, Topser Kırmızı ve Kilyos killeri nünuneleri için elde edilen değerlerle karşılaştırılabilir :

Kil cinsi	Standart sapma	Δ_p	Ödometre deneyinin tekrar sayısı
Paşabahçe Kırmızı	.20	.5	3
Topser Sarı	.38	.5	5
Topser Kırmızı	.18	.5	3
Kilyos	.43	.5	6

Deney tekerrür sayılarının aktivite ile değişimi Şekil 7 de görülmektedir.

Tablo 3 ü kullanarak gerekli minimum nümune sayısını kolayca hesaplamak mümkündür. Bunun için standart sapmayı bilmek, anlamlılık seviyesi hakkında bir seçme yapmak yeter. Jeolojik etkenler, standart sapmayı etkiler, teknik ve ekonomik etkenler Δ_p nin seçilmesinde rol oynar. % 5, % 1 gibi bir anlamlılık seviyesinin kabul edilmesi ise teknik ve ekonomik imkânlarla bağlıdır.

D E N E Y S O N U Ç L A R I

Deney sonuçları, Tablo 4 - 17 de verilmektedir. Bu tablolarda her deneyin sonucu ayrı ayrı verilmiştir. Tablo 5-17 de son iki satır, her zemin için o deneyden alınan sonuçlar toplamı ve ortalaması verilmiştir.

Tablo 18 de bu sonuçların standart sapmaları özetlenmiş, Tablo 19 da ise sonuçların genel istatistiksel analizi verilmiştir.

TABLO 4 DANE ÇAPI DAĞILIMI (KUM, SİLT, KİL YÜZDELERİ)

	Paşabahçe Kırmızı	Topser Sarı	Topser Kırmızı	Bentler Kaolini	Uskumru Kili	Kilyos Kili
% Kum	28	34	35	3	8	14
	32	35	33	5	11	20
	32	33	32	4	10	16
	32	34	34	2	11	14
	38	33	37	3	12	14
				5		
	32	34	35	7	10	17
	37	35	37	4	10	12
	33	32	33	6	7	17
	30	37	34	4	10	12
	36	32	32	3	10	13
	% Silt	42	44	35	54	71
40		38	36	54	68	61
37		39	38	38	70	67
40		40	37	41	73	69
34		41	33	43	72	80
				40		
39		36	35	40	73	67
37		37	36	47	72	75
36		39	35	50	76	73
40		33	32	46	73	78
37		40	38	46	72	72
% Kil		30	22	30	43	21
	28	27	31	41	21	19
	31	28	30	58	20	17
	28	26	29	57	16	17
	28	26	30	54	16	6
				55		
	29	30	30	53	17	16
	26	28	27	49	18	13
	31	29	37	44	17	10
	30	30	34	50	17	10
	27	28	30	51	18	15

TABLO 5 LİKİT LİMİTLER (Yüzde olarak)

Paşabahçe Kırmızı Kili	Topser Sarı Kili	Topser Kırmızı Kili	Bentler Kaolini	Uskumru Kili	Kilyos Kili
41.0	38.0	38.5	69.5	110.0	73.0
42.0	37.5	38.0	69.5	112.8	73.7
41.5	38.0	38.0	66.0	112.5	73.9
42.7	37.5	37.0	68.5	115.0	74.0
41.9	40.0	38.0	69.5	113.2	74.0
42.1	39.0	39.0	68.0	113.5	74.9
40.5	39.0	37.5	68.5	117.3	74.1
40.6	40.0	38.0	68.5	115.5	71.5
40.1	40.0	38.0	69.0	121.7	74.0
40.5	39.0	39.0	70.0	124.5	76.0
412.9	388.0	381.0	687.0	1156.0	739.1
41.3	38.8	38.1	68.7	115.6	73.9

TABLO 6 PLASTİK LİMİTLER (Yüzde olarak)

Paşabahçe Kırmızı Kili	Topser Sarı Kili	Topser Kırmızı Kili	Bentler Kaolini	Uskumru Kili	Kilyos Kili
24.3	23.6	22.3	29.9	65.0	42.0
24.8	19.7	22.2	30.0	55.9	41.0
23.6	22.5	21.5	30.6	57.4	42.0
23.7	21.9	22.3	32.1	58.1	40.9
22.7	21.2	23.2	31.3	57.4	40.5
23.3	19.4	22.0	30.6	55.0	39.8
23.7	21.7	22.4	31.4	59.9	42.2
23.2	19.8	22.6	31.1	53.9	40.8
25.8	22.0	22.6	33.3	47.9	41.1
24.2	21.8	21.8	32.6	52.1	40.7
239.2	213.6	222.9	312.9	562.6	411.0
23.9	21.4	22.3	31.3	56.3	41.1

TABLO 7 PLASTİSİTE ENDİSLERİ (Yüzde olarak)

Paşabahçe Kırmızı Kili	Topser Sarı Kili	Topser Kırmızı Kili	Bentler Kaolini	Uskumru Kili	Kilyos Kili
16.7	14.4	16.2	39.6	45.0	31.0
17.2	17.8	15.8	39.5	56.9	32.7
17.9	15.5	16.5	35.4	55.1	31.9
19.0	15.6	14.7	36.4	56.9	33.1
19.2	18.8	14.8	38.2	55.8	33.5
18.8	19.6	17.0	37.4	58.5	35.1
16.8	17.3	15.1	37.1	57.4	31.9
17.4	20.2	15.4	37.4	61.6	30.7
14.3	18.0	15.4	35.7	73.6	32.9
16.3	17.2	17.2	37.4	72.4	35.3
173.6	174.4	158.1	374.1	593.2	328.1
17.4	17.4	15.8	37.4	59.3	32.8

TABLO 8 KOMPAKSİYON DENEYİ SONUÇLARI

Topser Sarı Kili		Paşabahçe Kırmızı Kili		Kilyos Kili	
w_{opt} (%)	γ_k (gr/cm ³)	w_{opt} (%)	γ_k (gr/cm ³)	w_{opt} (%)	γ_k (gr/cm ³)
16.5	1.83	16.6	1.85	33.9	1.31
17.0	1.80	14.0	1.79	32.0	1.30
17.0	1.80	17.0	1.82	31.0	1.35
15.1	1.82	15.8	1.81	33.0	1.31
15.2	1.82	15.6	1.80	34.0	1.37
13.6	1.82	17.3	1.80	32.5	1.37
16.5	1.84	16.1	1.80	30.0	1.32
15.8	1.81	17.5	1.79	31.5	1.32
14.8	1.83	16.5	1.81	34.8	1.35
14.5	1.83	16.1	1.82	37.8	1.31
17.2	1.79	17.0	1.82	32.2	1.35
173.2	19.99	179.5	19.91	362.7	146.6
15.7	1.82	16.3	1.81	33.0	1.33

TABLO 9 DANE BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (gr/cm³)

Paşabahçe Kırmızı Kili	Topser Sarı Kili	Topser Kırmızı Kili	Bentler Kaolini	Uskumru Kili	Kilyos Kili
2.76	2.73	2.79	2.66	3.00	2.79
2.74	2.78	2.81	2.69	2.96	2.78
2.75	2.75	2.82	2.73	2.92	2.83
2.75	2.75	2.81	2.66	2.94	2.83
2.81	2.73	2.81	2.70	2.94	2.76
2.78	2.75	2.81	2.70	2.98	2.84
2.76	2.78	2.82	2.70	2.89	2.81
2.74	2.78	2.78	2.70	2.92	2.83
2.70	2.76	2.79	2.70	2.94	2.76
2.74	2.76	2.82	2.72	2.96	2.76
2.74	2.77	2.82	2.71	2.88	2.84
2.76	2.79	2.79	2.70	2.93	2.73
33.03	33.13	33.67	32.37	35.26	33.56
2.75	2.76	2.81	2.70	2.94	2.80

TABLO 10 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI A
(Paşabahçe Kırmızı Kili)

w_o	w_n	γ_o	γ_n	Son Yükseklik
(%)	(%)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(cm)
48.1	26.4	1.74	2.02	1.89
48.1	26.8	1.76	2.04	1.90
48.6	26.8	1.76	2.04	1.89
47.7	26.9	1.77	2.05	1.90
47.5	27.0	1.78	2.08	1.88
48.0	26.6	1.77	2.05	1.88
48.5	26.7	1.76	2.06	1.89
48.8	26.9	1.77	2.08	1.91
47.7	26.4	1.77	2.04	1.90
47.9	26.6	1.74	2.06	1.88
480.9	267.1	17.62	20.52	18.92
48.1	26.1	1.76	2.05	1.89

TABLO 11 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI B (Paşabahçe Kırmızı Killi)

	Y ü k l e m e k a d e m e l e r i (kg/cm ²)											
	.10	.20	.40	.80	1.60	3.20	6.40	12.80	25.60	51.20		
107.0	54.3	102.0	98.2	101.3	115.3	109.9	103.1	17.7	26.3	31.8	0.40	0.20
87.8	63.8	86.7	107.1	116.0	103.5	106.6	100.8	13.2	23.5	29.0	31.2	36.7
80.3	29.0	114.0	102.1	110.2	118.3	110.8	107.9	19.1	38.1	31.8	33.0	35.7
97.0	37.5	80.2	113.5	111.5	114.8	90.0	105.3	17.3	27.0	32.8	33.4	14.6
88.2	62.1	82.0	114.5	110.2	119.3	108.9	107.6	18.0	25.3	31.3	32.8	36.0
111.0	73.4	61.1	91.9	112.8	118.1	108.9	106.3	17.4	23.8	32.2	32.5	34.8
118.0	48.4	98.3	100.7	106.0	114.7	118.3	105.5	19.8	27.2	32.9	34.0	35.9
86.3	37.3	121.6	94.5	102.8	109.0	111.1	106.0	16.4	26.4	30.5	31.4	37.1
91.1	102.9	84.8	83.7	97.9	109.6	109.3	104.0	17.5	26.6	30.5	33.5	35.2
85.8	95.3	79.2	102.0	118.8	113.8	109.4	101.6	11.8	23.0	29.6	31.7	35.7
952.5	604.0	909.9	1008.2	1080.5	1136.4	1083.2	1048.1	168.2	267.2	312.4	325.5	337.7
95.3	60.4	91.0	100.8	108.1	113.6	108.3	104.8	16.8	26.7	31.2	32.6	33.8

TABLO 12 KONSOLİDASYON DENEYİ SONUÇLARI A
(Topser Kırmızı Kili)

w_o (%)	w_n n (%)	γ_o (gr/cm ³)	γ_n (gr/cm ³)	Son Yükseklik (cm)
35.7	22.3	1.83	2.11	2.01
35.8	22.7	1.85	2.15	2.00
34.7	22.7	1.86	2.11	2.03
35.8	22.4	1.86	2.14	2.01
34.2	22.7	1.87	2.13	2.03
35.8	22.5	1.88	2.12	2.04
35.8	22.5	1.88	2.11	2.05
34.8	22.7	1.88	2.10	2.08
34.7	22.4	1.90	2.11	2.08
35.4	22.6	1.88	2.10	2.08
34.5	22.6	1.82	2.13	1.97
387.2	248.1	205.1	233.1	233.8
35.2	22.6	1.86	2.12	2.03

TABLO 13 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI B (Topser Kırmızı Kili)

Y ü k l e m e k a d e m e l e r i (kg/cm²)

	0.10	0.20	0.40	0.80	(1.60)	3.20	6.40	3.20	(1.60)	0.80	0.40	0.20	0.10
87.8	15.1	84.9	89.8	81.2	106.9	82.7	87.7	7.5	14.0	23.0	23.8	23.7	11.7
107.7	25.6	75.5	87.1	67.8	107.1	85.8	94.8	14.2	17.7	24.4	24.5	24.3	19.6
106.9	35.4	71.9	88.4	70.8	101.6	84.8	91.5	12.1	17.2	23.9	22.8	23.0	20.2
112.0	23.1	68.0	70.3	88.7	106.5	85.6	94.2	13.1	17.9	23.9	24.1	27.0	19.6
87.0	45.8	53.3	87.8	87.3	110.8	84.7	92.4	13.2	15.1	25.0	25.8	24.1	14.3
81.1	12.7	102.3	59.0	76.0	97.0	83.5	92.2	13.5	17.6	24.7	23.8	22.9	19.4
81.0	11.5	89.0	62.2	89.1	97.0	81.3	88.4	10.9	15.7	23.1	22.6	22.7	19.8
81.0	17.3	58.8	63.2	81.1	98.7	83.8	90.8	11.4	17.2	24.7	24.1	25.1	21.9
90.0	16.7	69.6	60.1	79.5	95.7	80.9	85.1	5.0	13.2	22.4	22.6	23.8	21.0
64.7	17.1	82.0	63.2	83.8	100.0	88.0	94.7	13.1	17.4	24.4	23.7	24.5	18.8
73.7	30.0	76.3	60.7	80.8	95.9	79.4	88.7	10.9	14.6	21.7	21.7	21.9	19.5

972.9 250.3 831.6 791.8 886.1 1117.1 920.5 1000.5 124.9 177.6 261.2 259.5 263.0 205.8

84.4 25.0 75.6 72.0 80.6 101.6 83.7 91.0 11.4 16.1 23.7 23.6 24.0 18.7

TABLO 14 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI A
(Kilyos Kili)

w_o (%)	w_n (%)	γ_o (gr/cm ³)	γ_n (gr/cm ³)	Son Yükseklik (cm)
80.0	44.2	1.52	1.80	1.69
81.1	43.7	1.53	1.78	1.72
81.9	44.3	1.53	1.81	1.69
82.9	43.2	1.53	1.81	1.69
82.6	43.5	1.55	1.82	1.70
81.2	43.3	1.53	1.80	1.70
80.9	42.8	1.52	1.80	1.69
81.2	43.3	1.52	1.81	1.68
82.2	43.4	1.52	1.80	1.69
81.7	43.5	1.53	1.80	1.69
815.7	435.2	15.28	18.03	16.94
81.6	43.5	1.53	1.80	1.69

TABLO 15 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI B (Kilyos Kili)

	Y ü k l e m e k a d e m e l e r i (kg/cm ²)											
	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.40	3.20	1.60	0.80	0.40	0.20
165.7	50.4	91.1	95.1	124.1	138.7	141.0	135.2	16.7	23.5	23.1	19.7	44.1
169.0	29.9	96.6	96.4	123.3	137.7	134.5	131.5	13.0	20.5	22.4	20.2	27.8
189.5	63.9	102.3	89.7	120.7	137.6	139.9	142.1	20.2	25.0	26.0	22.4	29.0
178.0	52.3	99.9	94.1	127.5	137.4	138.1	134.5	17.5	23.4	24.4	22.2	20.9
171.8	47.5	93.3	119.1	131.9	139.7	159.2	141.8	18.8	24.7	23.5	23.2	19.9
178.0	41.1	68.5	106.2	135.5	134.2	146.6	141.8	16.9	22.5	22.6	24.8	18.9
175.4	59.0	73.6	108.9	127.5	134.0	142.0	136.8	19.0	24.3	23.8	22.7	20.2
158.0	43.9	70.6	117.4	133.7	132.5	141.0	135.2	17.1	24.8	23.4	22.9	21.2
174.7	68.4	70.1	110.6	129.1	132.5	140.2	135.1	18.4	24.2	23.8	22.9	21.0
185.0	60.0	83.8	115.8	128.5	132.9	136.0	132.2	11.2	20.8	21.3	22.9	18.8
1745.1	516.4	849.8	1053.3	1281.8	1366.2	1418.5	1366.2	168.8	233.7	234.3	223.9	241.8
174.5	51.6	85.0	105.3	128.2	136.6	141.9	136.6	16.9	23.4	23.4	22.4	24.2

TABLO 16 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI A
(Topser Sarı Kili)

w_o	w_n	γ_o	γ_n	Son Yükseklik
(%)	(%)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(cm)
37.1	24.4	1.87	2.06	2.01
36.5	24.3	1.82	2.13	1.98
36.7	24.7	1.80	2.07	2.01
37.7	24.2	1.81	2.07	2.02
35.6	25.4	1.81	2.06	2.03
36.8	24.5	1.87	2.06	2.06
36.8	24.4	1.82	2.08	2.03
36.5	25.1	1.82	2.07	2.04
36.8	24.8	1.81	2.04	2.03
35.9	24.2	1.84	2.07	2.05
365.9	246.0	18.22	20.71	20.26
36.6	24.6	1.82	2.07	2.03

TABLO 17 KONSOLIDASYON DENEYİ SONUÇLARI B (Topser Sarı. Kili)

		Y ü k l e m e k a d e m e l e r i (kg/cm ²)											
		0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.40	3.20	1.60	0.80	0.40	0.20
68.3	27.7	85.5	96.0	95.5	105.0	103.8	100.7	15.2	23.2	29.9	31.1	15.2	
87.6	18.7	76.3	81.6	101.9	102.3	102.2	100.7	13.3	23.7	29.8	29.8	25.1	
88.5	31.7	76.2	75.8	101.1	101.9	106.0	102.0	28.5	26.7	33.0	31.2	36.5	
83.8	22.9	79.2	83.8	93.7	101.9	105.4	98.5	15.3	23.7	30.5	30.4	36.3	
65.8	21.6	76.0	69.7	100.9	83.0	106.2	102.2	15.7	24.1	31.4	31.3	36.5	
76.2	27.0	67.4	73.0	83.2	111.8	105.6	107.0	16.8	25.7	30.4	30.3	39.5	
67.0	33.8	76.6	49.1	115.2	105.0	105.3	100.9	15.0	24.0	31.9	31.2	35.2	
50.2	36.1	87.3	74.2	114.3	112.4	104.9	100.1	15.3	25.9	36.5	38.7	48.9	
67.7	21.7	78.2	74.8	90.3	103.9	103.0	122.8	13.0	24.0	32.9	36.8	39.9	
88.0	14.2	71.5	74.7	83.0	100.0	97.4	94.8	9.7	21.8	29.8	31.0	32.7	
743.1	255.4	774.2	753.3	979.1	1027.2	1039.8	1029.7	157.8	242.8	316.1	322.4	345.8	
74.3	25.5	77.4	75.3	97.9	102.7	104.0	103.0	15.8	24.3	31.6	32.2	34.6	

TABLO 18 ZEMİN DENEYİ SONUÇLARININ STANDART SAPMALARI

	Ortalama standart sapma	Maksimum standart sapma	Minumum standart sapma	Kullanılan zemin sayısı
w_L (%)	1.28	3.15	0.58	6
w_p (%)	1.35	3.61	0.45	6
I_p (%)	2.46	0.84	7.95 ²³	6
γ_s (gr/cm ³)	0.026	0.038	0.015	6
w_{opt} (%)	1.44	2.14	0.98	3
$\gamma_{k \max}$ (gr/cm ³)	0.021	0.026	0.016	3
% kil	2.9	5.7	1.7	6
Konsolidasyon				
w_o (%)	0.60	0.82	0.47	4
w_n (%)	0.30	0.43	0.18	4
γ_o (gr/cm ³)	0.017	0.024	0.009	4
γ_n (gr/cm ³)	0.016	0.021	0.010	4
H_n (cm) <small>mmx10⁻²</small>	0.021	0.036	0.010	4
Oturma (cm) <small>mmx10⁻¹</small>	24	31.7	16.3	4
Kabarma (cm)	8	11.7	5.5	4

TABLO 19 DENEY SONUÇLARININ GENEL ANALİZİ ve MİNİMUM NUMUNE SAYILARI

	Topser Kırmızı kili (A=0.53)	Paşabahçe Kırmızı kili (A=0.60)	Topser Sarı kili (A=0.64)	Bentler Kaolini (A=0.73)	Kilyos Kili (A=2.34)	Uskumru Kili (A=3.29)
w_L (%)						
\bar{x}	38.1	41.3	38.8	68.7	73.9	115.6
s	0.58	0.82	0.95	1.08	1.10	3.15
Δ_p	1	1	1	1	1	1
n	4	6	6	7	7	40
w_p (%)						
\bar{x}	22.3	23.9	21.4	31.3	41.1	56.3
s	0.45	0.84	1.28	1.05	0.72	3.61
Δ_p	1	1	1	1	1	2
n	3	6	9	7	5	13
I_p (%)						
\bar{x}	15.8	17.4	17.4	37.4	32.8	59.3
s	0.84	1.40	1.76	1.34	1.44	7.95
Δ_p	1	1	1	1	1	5
n	5	10	14	10	11	12
γ_B (gr/cm ³)						
\bar{x}	2.81	2.75	2.76	2.70	2.80	2.94
s	0.015	0.026	0.020	0.021	0.038	0.033
Δ_p	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
n	3	3	3	3	3	3

TABLO 19 (Devam)

	Topser Kırmızı kili (A=0.53)	Paşabahçe Kırmızı kili (A=0.60)	Topser Sarı kili (A=0.64)	Bentler Kaolini (A=0.73)	Kilyos Kili (A=2.34)	Üskümrü Kili (A=3.29)
w_{opt} (%)						
\bar{x}	-	16.3	15.7	-	33.0	-
s	-	0.98	1.19	-	2.14	-
Δ_p	-	1	1	-	1	-
n	-	6	8	-	20	-
$(\gamma_k)_{max}$ (gr/cm ³)						
\bar{x}	-	1.81	1.82	-	1.33	-
s	-	0.020	0.016	-	0.026	-
Δ_p	-	0.05	0.05	-	0.05	-
n	-	3	3	-	6	-
Z kil						
\bar{x}	30	29	27	56	14	18
s	1.7	1.7	2.3	5.7	4.0	1.8
Δ_p	5	5	5	5	5	5
n	3	3	4	8	5	3
w_o (%)						
\bar{x}	35.2	48.1	36.6	-	81.6	-
s	0.63	0.49	0.47	-	0.82	-
Δ_p	1	1	1	-	1	-
n	4	4	4	-	5	-

TABLO 19 (Devam)

	Topser Kırmızı kili (A=0.53)	Paşabahçe Kırmızı kili (A=0.60)	Topser Sarı kili (A=0.64)	Bentler Kaolini (A=0.73)	Kilyos. Kili (A=2.34)	Uskumru Kili (A=3.29)
v_n (%)						
\bar{x}	22.6	26.7	24.6	-	43.5	-
s	0.18	0.20	0.38	-	0.43	-
Δ_p	1	1	1	-	1	-
n	3	3	3	-	4	-
Y_D (gr/cm ³)						
\bar{x}	1.86	1.76	1.82	-	1.53	-
s	0.024	0.013	0.020	-	0.009	-
Δ_p	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-
n	3	3	3	-	2	-
Y_n (gr/cm ³)						
\bar{x}	2.12	2.05	2.07	-	1.80	-
s	0.016	0.018	0.021	-	0.010	-
Δ_p	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-
n	3	3	3	-	2	-
H_n (cm)						
\bar{x}	2.03	1.89	2.03	-	1.69	-
s	0.036	0.010	0.024	-	0.012	-
Δ_p	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-
n	3	2	3	-	3	-

TABLO 19 (Devam)

	Topser Kırmızı kili (A = 0.53)	Pasabahçe Kırmızı kili (A=0.60)	Topser Sarı kili (A = 0.64)	Bentler Kaolini (A=0.73)	Kilyos Kili (A = 2.34)	Uskumru Kili (A = 3.29)
Oturma (mm. x 10²)						
\bar{x}	615.5	782.3	660.2	-	959.7	-
s	31.7	16.3	20.7	-	25.9	-
Δ_p	50.0	50.0	50.0	-	50.0	-
n	4	3	3	-	4	-
Kabarma (mm. x 10²)						
\bar{x}	117.5	141.1	138.5	-	110.3	-
s	7.7	5.5	11.7	-	8.4	-
Δ_p	50.0	50.0	50.0	-	50.0	-
n	3	2	3	-	3	-

S O N U Ç L A R

Deneyler her nümune için en az 10 defa tekrarlanmıştır. Elde edilen dağılımların ortalamaları, Tablo 1 de, standart sapmaları, Tablo 18 de gösterilmiştir.

Likit limitlerin standart sapmasının çeşitli zeminler için değerlerine bakılacak olursa (Şekil 3), özellikle yüksek plastisiteli killer için ($w_L > 0.50$) standart sapmanın büyüdüğü görülür.

Plastik limit, kil cinsine karşı daha az hassasdır. Bununla beraber Şekil 4 de gösterilen deney sonuçlarının incelenmesi, bu limitin de artması ile standart sapmanın büyüdüğünü göstermektedir.

Görüldüğü gibi, örneğin $\Delta p = \% 1$ gibi bir hata ile kıvam limitlerini belirlemek söz konusu ise her cins zeminde aynı sayıda deney yapmak yeterli değildir. Yüksek plastisiteli killerde tekrar sayısı daha fazla olacaktır. ($\Delta p = \% 1$ olması için Topser Kırmızı kili ile 4, Topser Sarı ve Paşabahçe Kırmızı killeri ile altışar, Bentler Kaolini ve Kilyos kili ile yedişer ve Uskumru Kili ile 40 deney

yapmak gerekir. Bu değerler 0.05 anlamlılık seviyesi için geğerlidir).

Dane birim hacim ağırlığı dağılımlarının standart sapmasının değişimi, aktiviteye bağlanabilir (Şekil 5). % 5 anlamlılık seviyesi için sonuçları $\Delta p = 0.01 \text{ gr/cm}^3$ hata ile elde etmek için Topser Kırmızı Kili ile deneyi 11 kere, Topser Sarı Kili ile 18, Paşabahçe Kırmızı ile 19 ve diğer killer ile 20 kereden çok tekrarlamak gerekir ki, ekonomik olmaz. Buna karşılık, aynı anlamlılık seviyesi için $\Delta p = 0.1 \text{ gr/cm}^3$ olması halinde kullanılan bütün killer için 3 tekrar yetmektedir.

Kompaksiyon deneyleri sonuçları optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı ile verilebilir. Optimum su muhtevasının standart sapmasının aktivite ile değişimi Şekil 6 da görölmektedir. Maksimum kuru birim hacim ağırlığının standart sapması da aktivite ile değişme eğilimi göstermekle beraber, optimum su muhtevası için olduğu gibi açık seğik bir bağlantı ortaya koyabilmek için muhtemelen 10 dan daha fazla deney yapmak gerekmektedir.

Kil yüzdelerinin standart sapmasının, zeminde kilin çok olmasına ve kilin cinsine bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bununla beraber, granülometri deneyinde bu değişkenlerin kontrol edilmesi güçtür. Bu yüzden standart sapmalarla yetinilmiştir. Tablo 18 deki ortalama değerden hareket edilerek, kil yüzdesinin $\Delta p = \% 5$ ve $\% 5$ anlamlılık seviyesi için deneyin tekerrür sayısının 4 olduğu görölr.

Konsolidasyon deneyi sonuçları gerek, aynı zemin için, her kademedeki oturmaların birbirini oldukça iyi bir şekilde takip etmeleri gerekse deney sonu değerlerindeki uygunluk ba-
kımlarından dikkati çekmektedir.

Tablo 19 da deneylerimiz sonucunda elde olunan ortalama değerler, standart sapmaları, % 5 anlamlılık seviyesi ve Tablo'da gösterilen Δp ler için her deneyin minimum te-
terrür sayısı gösterilmiştir. Örneğin, Paşabahçe Kırmızı Kilinin optimum su muhtevasını $\Delta p = \% 1$ hatayla belirle-
yebilmek için deney 6 kere tekrarlanmalıdır.

$$s = 0,98 \%$$

$$\frac{\Delta p}{s} = \frac{1}{0.98} = 1.02$$

Tablo 3 den % 5 anlamlılık seviyesi için tekerrür sayısı,

$$n = 6$$

bulunur. $\Delta p = \% 2$ alınırca, tekerrür sayısı $n = 4$
olacaktır. Birinci halde, 6 deneyden bulunmuş ortalama

$$\bar{x} = 16 \%$$

ise popülasyonun ortalaması % 95 ihtimalle

$$\% 16 \mp 1$$

aralığında bulunacaktır.

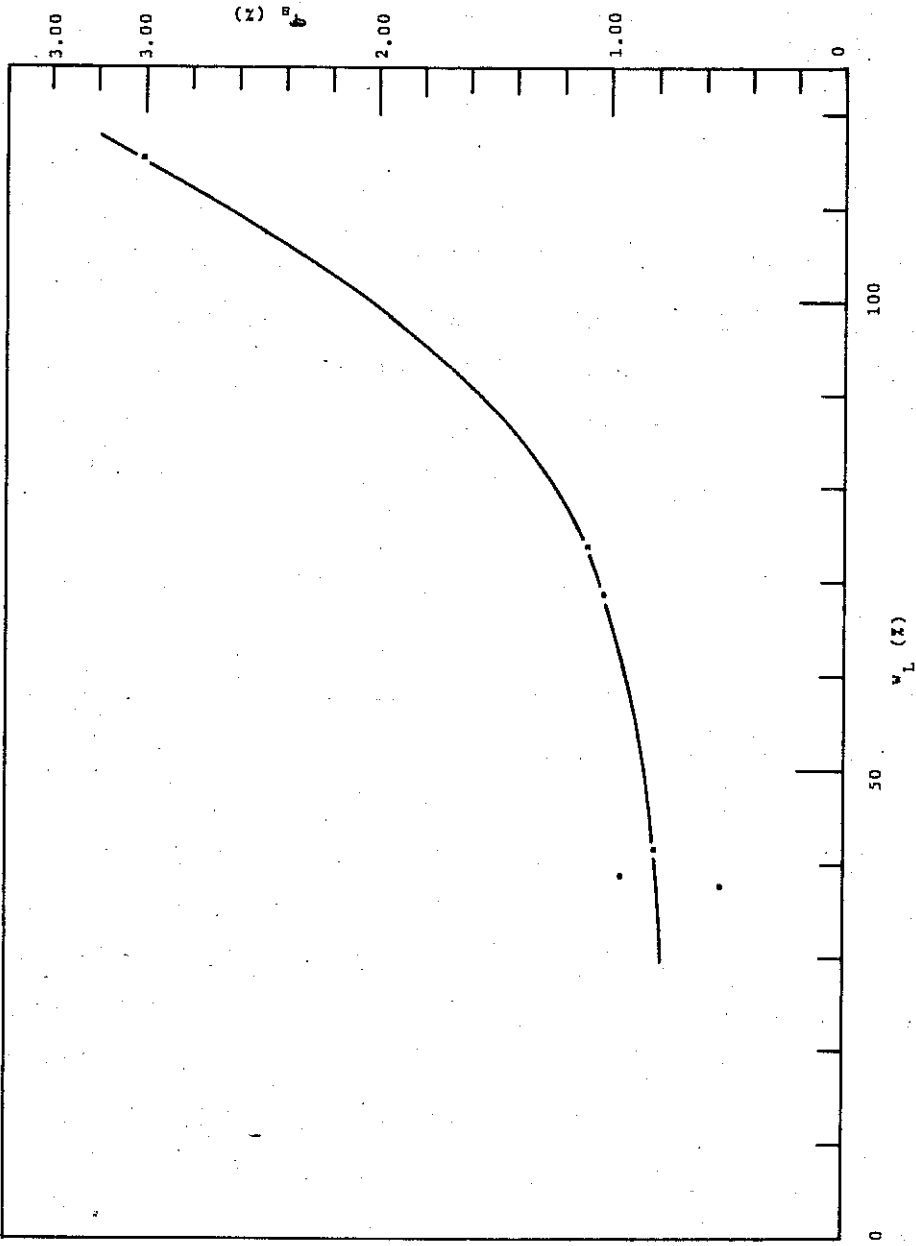
Zemin özelliklerini belirlemek için yapılan deneyleri kaç
kere tekrarlamamız gerektiğini Tablo 18 ve Tablo 3 den

faydalanarak bulabilmekteyiz. Zeminin cinsinin verilerin dağılımında etkili olduğu görülmektedir. Burada anlatılan deneylerde, özellikleri oldukça iyi bir şekilde bilinen homojen zemin nünuneleri kullanılmıştır.

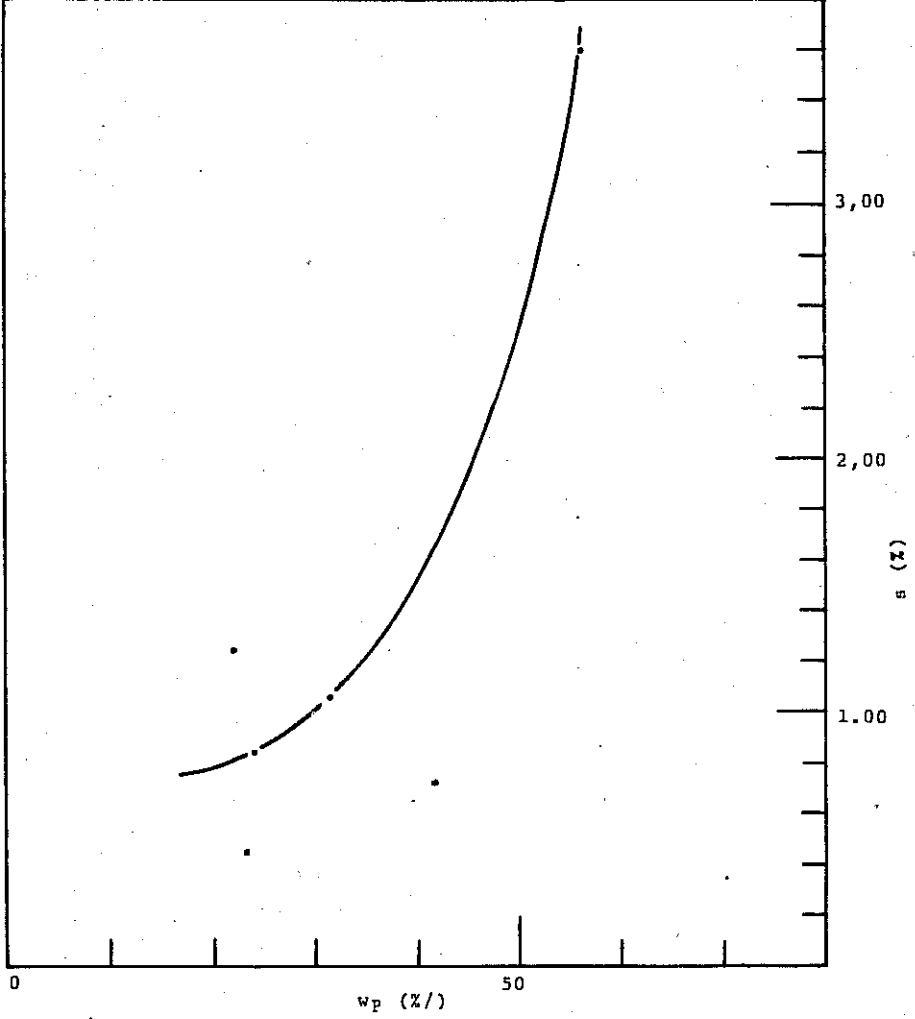
Bu nünuneler, birbirlerinden oldukça farklı zemin cinslerinin deneyler üstündeki etkisini yansıtmışlardır. Arazide veya laboratuvarında yapılacak zemin inceleme ve araştırmalarında, iyi kontrol edilmiş laboratuvar şartlarında elde edilmiş bulunan bu sonuçlardan faydalanılması beklenir.

R E F E R A N S L A R

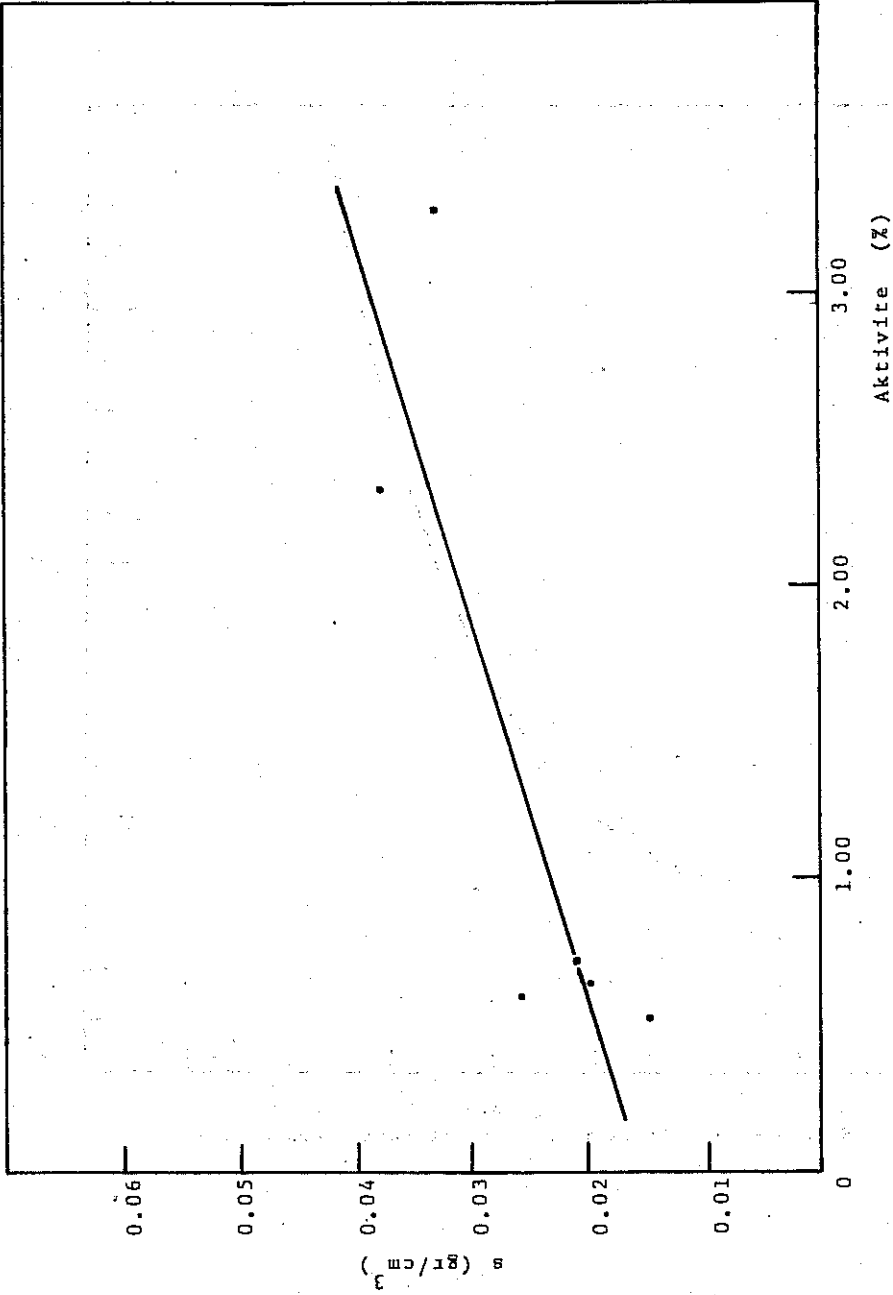
- British Standards Institution, 1961, Methods for Testing Soil for Civil Engineering Purposes : B.S.1377
- Seed, H.B., Woodward, R.J., Lundgren, R., 1964, "Clay Mineralogical Aspects of the Atterberg Limits", A.S.C.E. J. Soil Mech. Found., 90, SM4, 107-131.
- Skempton, A.W., 1953, "The Colloidal Activity of Clays", Proc. 3rd. Int. Conf. Soil Mech. Found. Engrg. I. 57-61.
- Toğrol, E., 1962 Kohezyonlu Zeminlerin Kayma Gerilmesi, Efektif Basınc, ve Su Muhtevası Arasında Bağlantı, İ.T.Ü. İnşaat Fak. (Doktora Tezi).
- Toğrol, E., Tümay, M., 1967, "Boğaz Killerinin Mineralojik Özellikleri", Türkiye Mühendislik Haberleri (Şubat)
- Ülker, R., 1966, Istanbul Boğazı Çevresindeki Killerin Geoteknik Özellikleri, İ.T.Ü. İnş. Fak. (Doktora Tezi).
- Zlatarev, K. (1965), "Determination of the Necessary Minimum Number of Soil Samples", Proc. 6th. Int. Conf. Soil Mech. Found. Engrg., I. 130-133.



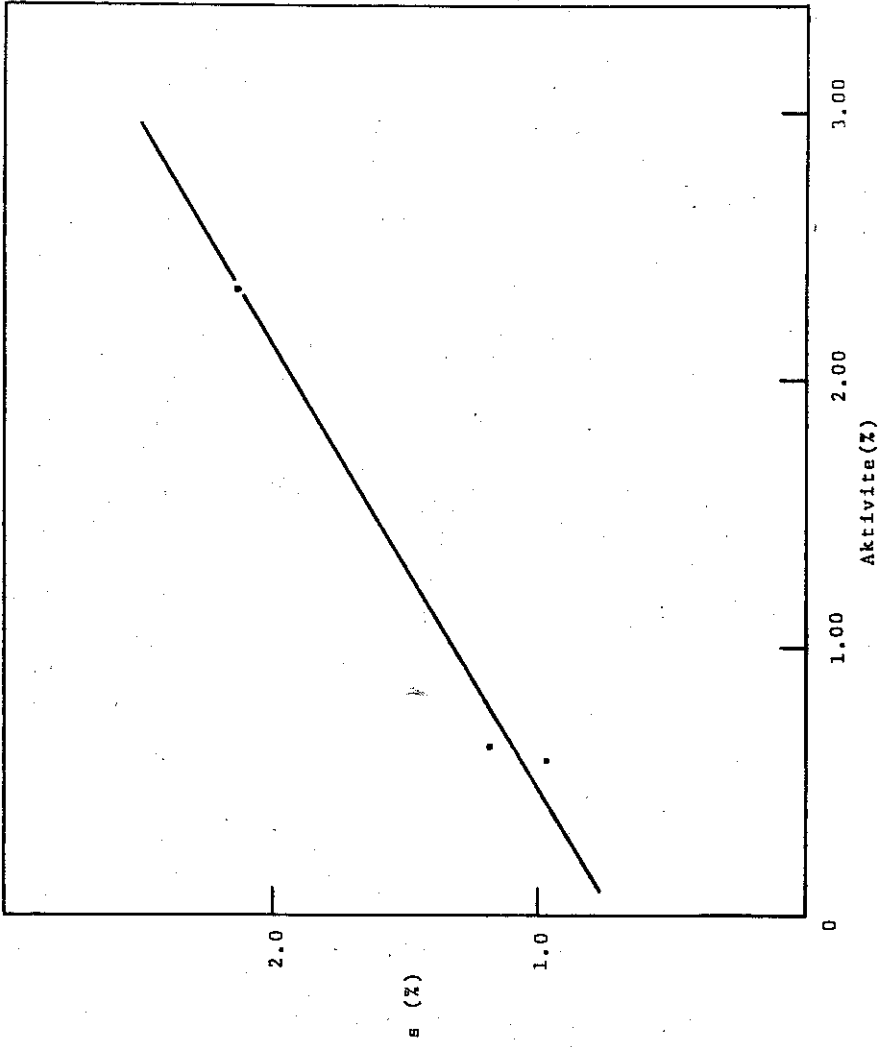
ŞEKİL 3 - Likit limitin standart sapmasının değişimi.



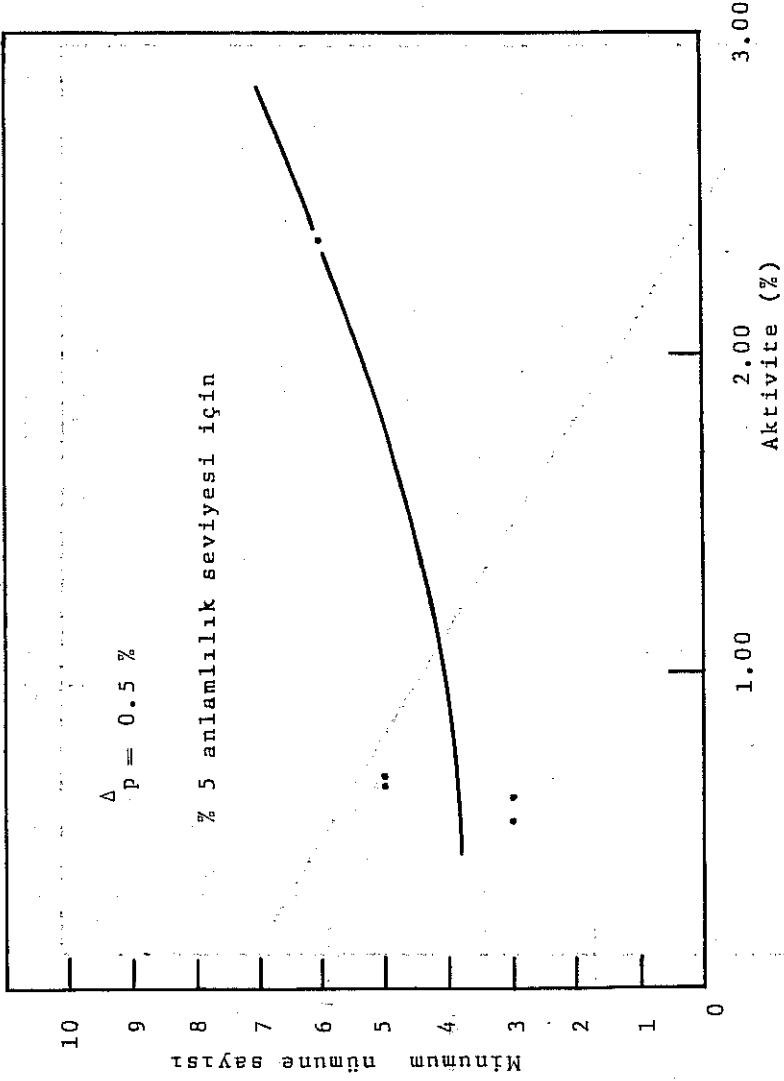
ŞEKİL 4 - Plastik limitin standart sapmasının değişimi.



ŞEKİL 5 - Dane birim hacim ağırlığı standart sapmasının aktivite ile değişimi.



ŞEKİL 6 - Optimum su muhtevasının standart sapmasının aktivite ile değişimi.



ŞEKİL 7 - Konsolidasyon deneyi sonu su muhtevası aktivite ile değişmesi

Ö Z E T

Çeşitli zemin özelliklerini, kabul edilen bir hata sınırı aşılmamak üzere, belirlerken kullanılması gereken minimum nümune sayısı araştırılmıştır. Bu amaçla, laboratuvarında hazırlanmış homojen zemin nünuneleri kullanılmış, kıvam limitleri dane birim hacim ağırlığı, dane çapı dağılımı, konsolidasyon özellikleri, kompaksiyon özelliklerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır.

Deneylerin tekrar sayısının, genel olarak aktivite ile arttığı gözlenmiştir. Ayrıca minimum nümune sayısını belirlemek için gerekli tablolar hazırlanmıştır.

S U M M A R Y

The necessary minimum number of samples for different levels of reliability for various soil tests are investigated.

Limits of Consistency, unit weight of solids, grain size distribution, consolidation and compaction characteristics of 6 Istanbul soils are determined through at least ten repetitions. General average properties of these soils are given in Table 1 and their activities in Table 2.

Average, maximum and minimum standard deviations obtained for various tests are given in Table 18. General statistical analysis of results, i.e. mean (\bar{x}), standard deviation (s), and the necessary minimum number of samples (n) for a given error ($\mp \Delta_p$) are given in Table 19. For any given permissible error, necessary minimum number of samples could be calculated, for one of the tests investigated, with the help of Tables 3 and 18.

The results indicate that the necessary minimum number varies with the activity of soil in a general way.