

Zemin Dayanımı

Bir zeminin özellikleri, her biri diğeri ile ilişkili olan tane boyu, mineraloji ve su içeriğine bağlıdır. Kil minerallerinin su içeriği yüksek olabilir; ince taneli zeminlerde kritik kavram, su içeriği ile ilişkili olan kıvamdır.

ZEMİN KIVAMI

Değişen su içeriklerinde bir zemin katı, plastik veya sıvı durumda olabilir. Doğal killerin çoğu plastiktir.

Su içeriği (w): Su ağırlığının kuru ağırlığa oranıdır (%).

Kıvam limitleri (Atterberg limitleri) aşağıdaki gibi tanımlanır: **Plastik limit (PL)**: Zeminin 3 mm çaplı silindir şeklinde yuvarlanabildiği durumda en düşük su içeriğidir.

Likit limit (LL): Zeminin kendi ağırlığı altında akabildiği minimum su içeriğidir.

LL'de örselenmiş zeminin dayanımı 1 kPa değerindedir.

Plastisite indeksi (PI) = LL-PL. Dayanımı 100 kat arttırmak için gerekli su içeriği değişimidir. Zeminin plastik veya yapışkan olduğu durumdaki su içeriği aralığıdır.

Yüksek PI zeminleri daha az duraylı olup, şişme potansiyelleri yüksektir.

Likitlik indeksi (LI) = (w-PL)/PI. Belirli bir su içeriğinde zemin kıvamı ve dayanımın bir ölçüsüdür.

Kil minerali	Aktivite	PI	ϕ
Kaolinit	0,4	30	15
İllit	0,9	70	10
Smektit	> 2	400	5

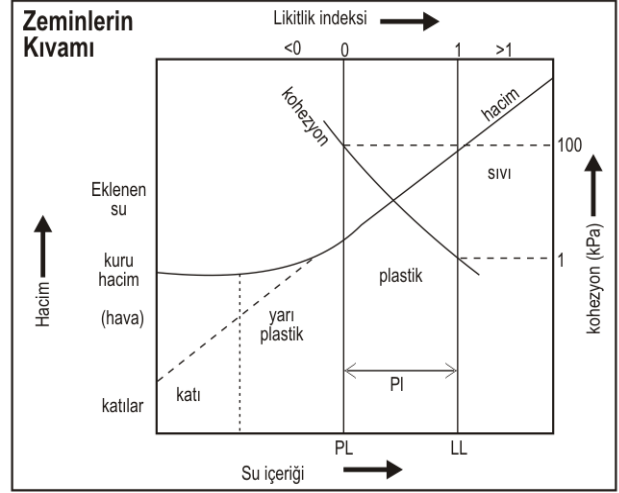
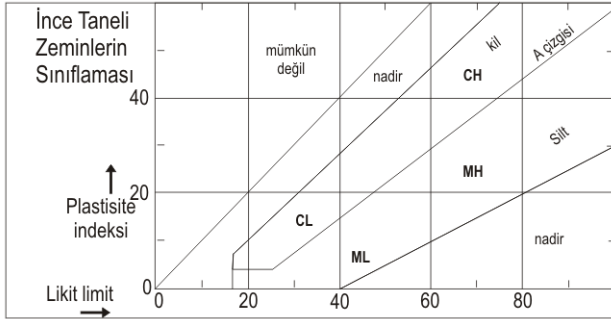
PI değerleri %75 kil içeren zeminler içindir.

ZEMİN SINIFLAMASI

Zeminler tane boyuna ve kıvam limitlerine göre sınıflanır.

A çizgisi görsel olarak benzer killeri ve zeminleri ayırır.

Tam bir zemin sınıflamasında daha fazla ayırım bulunur.



KİL MİNERALLERİ

Kil zeminlerin plastisitesi ve diğer özellikleri, kil minerallerinin miktarına ve çeşidine bağlıdır.

%25'den az kil minerali içeren zeminler genellikle daha sağlamdır; PI değerleri düşük ve $\phi < 20^\circ$ 'dir.

Aktivite = PI / %ince (çap < 0,002 mm).

Kil fraksiyonu ve aktivitesi yüksek zeminler fazla su içeriği tutabilir; bu da dayanımı azaltır ve geçirgenliği düşürür.

KESME DAYANIMI

Tüm zeminler kesme şeklinde yenilirler.

Kesme dayanımı, kohezyon ile sürtünme açısından oluşur; Coulomb yenilme zarfı ile ifade edilir.

Kohezyon (c) tane-arası bağlardan türer. Killerde önemi olup, kumlarda sıfırdır.

İçsel sürtünme açısı (ϕ) yapısal pürüzlülüğünden kaynaklanır; kumlarda killerekinden daha yüksektir.

- Kesme dayanımı = kohezyon + normal gerilme x tan ϕ

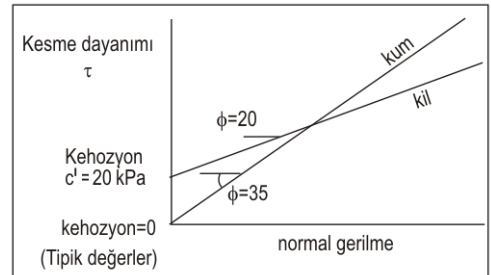
Normal gerilme kesme dayanımı açısından kritik olsa da, zemin örtüsünün bir kısmı boşluk suyu basıncı (bsb) tarafından taşınır.

- Efektif gerilme (σ') = normal gerilme (σ) - bsb.

Kesme dayanımı efektif gerilme ile daha doğru bir şekilde tanımlanır:

Kesme dayanımı (τ) = $c' + \sigma' \tan \phi'$

Zemin Sınıflaması		Tane boyu (mm)	Tipik değerler		
Tür	Sınıf		LL	PI	ϕ
Çakıl	G	2-60			> 32
Kum	S	0,06-2			> 32
Silt	ML	0,002-0,06	30	5	32
Killi silt	MH	0,002-0,06	70	30	25
Kil	CL	< 0,002	35	20	28
Plastik kil	CH	< 0,002	70	45	19
Organik	O	-			< 10



Kohezyonlu Kil Zeminlerin Özellikleri							
Malzeme	Durum	LI	SPT, N	CPT (MPa)	c (kPa)	m_v (m ² /MN)	ABP (kPa)
Alüviyal killer	yumuşak	> 0,5	2-4	0,3-0,5	20-40	> 1,0	< 75
	sağlam	0,2→0,5	4-8	0,5-1	40-75	0,3-1,0	75-150
Til ve Tersiyer killer	sert	-0,1→0,2	8-15	1-2	75-150	0,1-0,3	150-300
	çok sert	-0,4→0,1	15-30	2-4	150-300	0,05-0,1	300-600
	katı	>-0,4	> 30	> 4	>300	<0,05	> 600

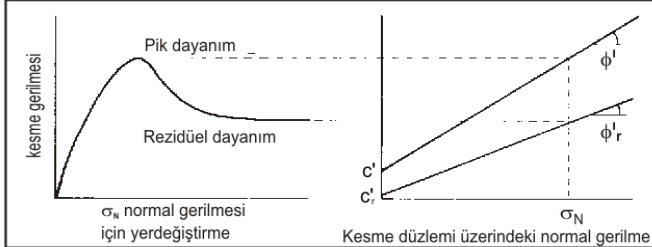
Kohezyon (c) kısa dönem kesme dayanımına eşittir.

KİLLERDE DAYANIM AZALIMI

Boşluk suyu basıncındaki herhangi bir artış yenilmeye yol açabileceğinden, yüklenen bir kildeki drenaj süreci özellikle yeni kazı ve dolgularda kritik öneme sahiptir.

Pik dayanım bir düzlem boyunca hareket sırasında özellikle mineral levhacıklarının yeniden yönlendirmesinden dolayı rezidüel dayanıma geriler. Değişimin büyük bir kısmı kohezyon kaybından dolayı olup, bir kısmı da sürtünme açısındaki azalımı ilişkilidir. Özellikle PI değeri yüksek killerde daha önemlidir.

- Gevreklik = pik dayanımdan itibaren % azalım.



Hassas killer tüm kütlelenin yeniden yapılandığı durumda dayanımlarının büyük bir kısmını yitirilir; LI değerleri yüksek, tane boyları küçüktür. Bu nedenle, kolayca drene olamazlar; yük bsb tarafından karşılanır. Kesme dayanımı sıfıra yaklaşır.

- Hassasiyet = örselenmemiş dayanım/örselenmiş dayanım olarak tanımlanır; drenajsız gevreklik ile ilişkilidir.

KONSOLIDASYON

Gerilme altında hacim azalmasıdır.

Birincil konsolidasyon büyük ve hızlıdır; bsb sıfıra inene kadar suyun dışarı itilmesinden kaynaklanır.

İkincil konsolidasyon küçük ve yavaştır; yeniden yapılanma ve yanal hareketten kaynaklanır; drenajlı akma ile aynıdır.

Normal konsolide killeri üzerlerindeki mevcut örtü ile sıkışmış olan killerdir.

Aşırı konsolide killeri geçmişte örtü katmanları ile daha fazla sıkışmış olan, üzerlerindeki örtünün bir kısmının (aşınma veya buzul erimesi ile) kalktığı killerdir. Sadece küçük bir sıkışma ve oturma göstererek, geçmişte maruz kaldıkları gerilmelere kadar yüklenebilirler.

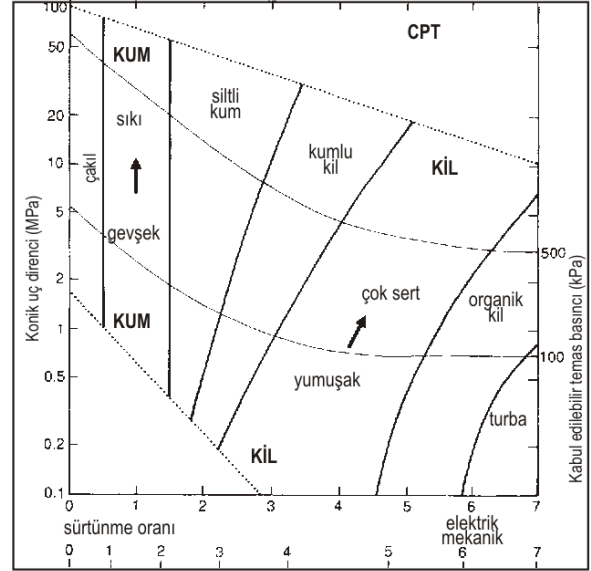
Sıkışma katsayısı = m_v = artan gerilme karşısında kalınlık azalımıdır; LL ile yakın korelasyon gösterir.

KONİK PENETRASYON DENEYİ

Bir saha araştırma sondajında 60°'lik (=36 mm çaplı) koninin ve arkasındaki silindirik parçanın zemine 15-25 mm/s hızla sürülmesidir.

Uç direnci ile çeper sürtünmesi ölçülür:

Sürtünme oranı = (çeper sürtünmesi/uç direnci) x 100; standart elektrik sistemlerde oranlar, daha seyrek olarak kullanılan mekanik sistemlerdekinden farklıdır. Değerler zemin türleri ve paketlenme durumu ile ilişkili olup, kabul edilebilir temas basıncı hakkında bilgi verir.



KABUL EDİLEBİLİR TEMAS BASINCI

Değerler önemli ölçüde su içeriği ve konsolidasyon tarihçesi ile ilişkilidir. SBP'ye ve kabul edilebilir oturmaya bağlıdır.

- Oturma = m_v x kalınlık x uygulanan gerilme.

Oturma hızı geçirgenliğe bağlı olup, çabuk drene olamayan killerde yavaştır. Kildeki oturmalar büyük olabilir. Killeri etkileyen diğer süreçlerle meydana gelen bu büyük oturmalara sübsidans denir (Bölüm 28).

Kohezyonsuz Zeminler

Kum zeminler ve çakıllar (kil matriksinden ve su emmesinden türeyenler hariç) kohezyon içermezler.

Kumlar, negatif boşluk basınçlarından dolayı ıslandıkları zaman çok eğimli yamaçlar oluşturabilirler (kumdan kaleler yapmada kritiklidir!), ancak, kuru veya doymun oldukları zaman bu durum geçerli değildir.

Dayanım: Şev duraylılığı ve taşıma gücünün hepsi de içsel sürtünme açısından dolayıdır. Zeminlerin (kum ve çakılların) içsel sürtünme açısı (ϕ) 30-45° arasında değişir. Derecelenme, paketlenme sıklığı ve tane köşelliliğinden dolayı artar.

Oturma küçük ve hızlıdır. Çok gevşek kumlar ve yapay dolgular dışında genellikle dikkate alınmaz. Bu zeminlerin özelliklerini tanımlamanın en iyi yolu, arazide SPT deneyleri yapmaktır. N değerleri paketlenme sıklığının ve derecelenmenin fonksiyonudur.

Kumlu zeminlerin taşıma gücü dinamik konsolidasyon (20 tonluk kütlelenin bir vinçten devamlı düşürülmesiyle) veya vibro-kompaksiyonla artırılabilir.

Kumların özellikleri

Paketlenme	RD	SPT	CPT	ϕ	SBP
Çok gevşek	<0,2	<5	<2	<30	<30
Gevşek	0,2-0,4	5-10	2-4	30-32	30-80
Orta sıkı	0,4-0,6	11-30	4-12	32-36	80-300
Sıkı	0,6-0,8	31-50	12-20	36-40	300-500
Çok sıkı	>0,8	>50	>20	>40	>500

STANDART PENETRASYON DENEYİ

Bir saha inceleme sondajında 51 mm çaplı yarık tüp numune alıcısı zemine 150 mm çakılır.

64 kg'lık şahmerdanı 760 mm'den tekrarlı şekilde düşürmek suretiyle yarık tüpün zemine 300 mm daha girmesi sağlanır; darbe sayısı (N) kaydedilir. Basit ve etkili bir deneydir. N değerleri kumun özellikleriyle yakından ilişkilidir. Killi zeminlerde kullanırken dikkatli olunmalıdır.

Siğ derinliklerdeki düşük gerilmelerden dolayı N değeri bir düzeltme faktörü (F) ile çarpılabilir:

$$F = 350/(25D+70)$$

Burada, D = derinliktir (m).

Rölatif sıklık tane paketlenmesinin bir ölçüsü olup, olası en gevşek ile en sıkı kompaksiyon durumları arasında değişir.

SPT deneyi düzeltilmiş N değerlerine işaret eder.

CPT değerleri ince kum için uç direnci (MPa) şeklindedir; siltlerdeki değeri düşük, çakıllarda daha büyüktür.

Sürtünme açıları kum için ortalama değerlerdir; köşeli taneler için 2° ekleyiniz; yuvarlak taneler için 3° çıkarınız. Çakıllar için 5° eklenir.

SBP değerleri (kPa) 3 m genişliğinde ve oturması < 25 mm olan temeller içindir; genişliği 1 m olan şerit temeller için 1,4 ile çarpınız. Su tablası altındaki kumlar için değerlerin yarısı alınır.

