

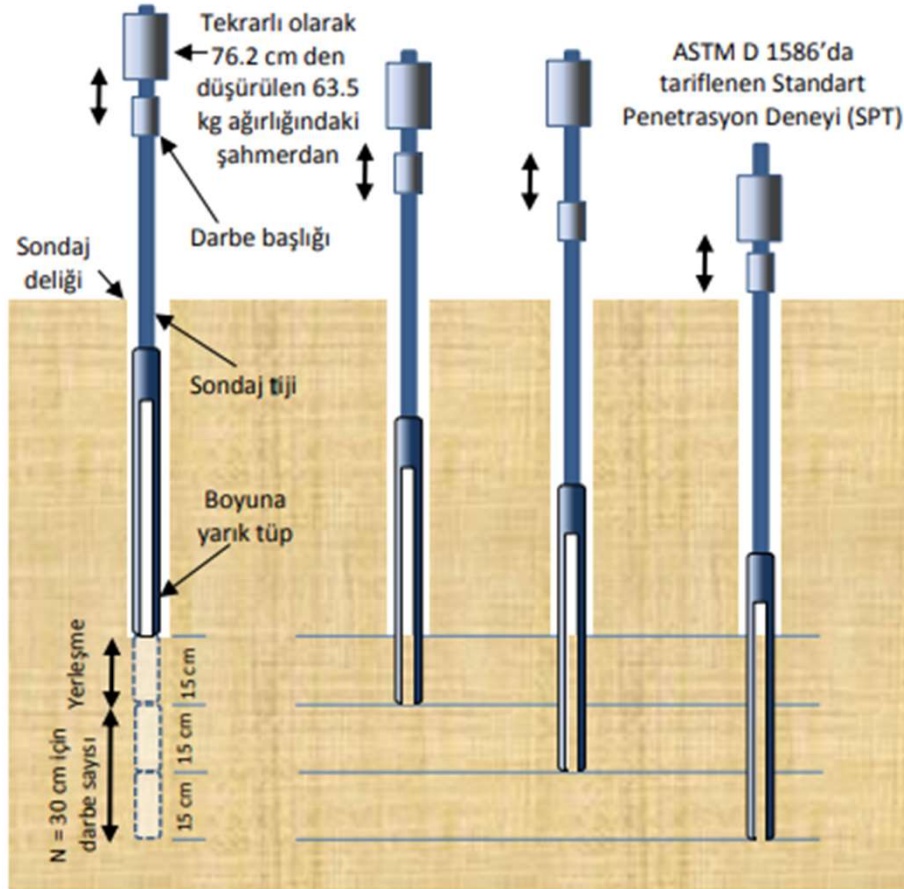
Arazi Deneyleri

Geoteknik problemlerin doğru olarak tespit edilmesi ve geoteknik özelliklerin doğru olarak tespit edilmesi için yapılan deneylerdir.

- Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon Testi (SPT), esas olarak kohezyonsuz zeminlerin sıklık, yoğunluk ve içsel sürtünme açısının tayini ile kohezyonlu zeminlerin kıvamının belirlenmesinde kullanılır. Bu deneyin TS EN ISO 22476-3 standardına göre yapılması gerekmekte olup, deney sonuçları (araziden elde edilmiş ham SPT verileri) ile deney sonuçlarının gerekli tüm düzeltme faktörlerine (derinlik düzeltmesi, tij boyu düzeltmesi, numune alıcı tipi düzeltmesi, sondaj delgi çapı düzeltmesi, enerji oranı düzeltmesi, ince dane içeriğine göre düzeltme vb.) bağlı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Standart Penetrasyon deneyi zemin sondajlarında yerinde yapılan bir deneydir. Deney 45 cm uzunluğunda ve 2" çaplı bir borunun 75 cm yükseklikten düşen 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanla çakılması esasına dayanır. 45 cm'lik uzunluğu 15'er cm'lik üç bölüme ayrılmakta ve üç ayrı aşamada darbe sayısı belirlenmektedir. Genelde 1,5 m aralıklarla yapılan bu deneye göre, zeminin sıklığı ve kıvam özellikleri ilk 15 cm'lik sondaj tablasındaki örselenmeden dolayı değerlendirmelerde dikkate alınmaz. Hesaplamalarda 2. ve 3. aşama toplamları sonucu elde edilen N değerlerinin formüllere göre düzeltilmiş hali kullanılır.



Avantajlar	Dezavantajlar
Deney süresi kısadır.	Operatör hatasından etkilenen bir deneydir.
Deneyin yapımı basittir.	Deney sonuçları, sondaj ekipmanından uygulama yöntemine kadar birçok değişkene bağlı ve oldukça hassastır.
En geniş uygulama tarihine ve verisine sahiptir. Uluslararası düzeyde en yaygın olarak kullanılan arazi deneyidir.	İri granüler, blok veya kaya gibi zeminlerde örnek alıcı hasar görebileceğinden elde edilen sonuçlar sağlıklı olmayabilir
Hem penetrasyon direnci ölçülüp hem de örnek alınarak, bunun sağlanabileceği diğer deneylerden daha az maliyetlidir.	Çok yumuşak ve hassas killerde yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir.
Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin yanı sıra sıkı, ince çakıl ve dolgu tabakalarına da uygulanabilmektedir.	Yeraltı suyu seviyesi altında kuyu tabanında kaynamaya neden olma ve yanıltıcı sonuçlar verme olasılığı vardır.
Literatürde, SPT verilerinden mühendislik yorumu ve parametreleri elde etmek için önerilen çok sayıda yöntem vardır.	

- Presiyometre Deneyi

Presiyometre deneyi bir sondaj kuyusu içerisine düşey pozisyonda yerleştirilen silindirik bir hücrenin (sondanın) esnek bir membran yardımıyla kuyu çeperine üniform yayılı ışınsal (radyal) bir basınç uygulanması esasına dayalı bir yöntemdir. Radyal basınç altında zemin ve kaya (yumuşak/zayıf kaya) birimlerin gerilme-deformasyon ilişkisinden faydalanılarak, bu tür birimler üzerinde veya içinde inşa edilecek sığ ve derin temellerin taşıma gücü ve oturma miktarlarının hesaplanması, dayanma yapılarında zemin basınçlarının tayini ve kazıkların yatay yönde yüklenmelerindeki davranışlarının belirlenmesi amacıyla yapılır.

- Plaka Yükleme Deneyi

İri daneli zeminlerde ya da küçük taşlar ve iri çakıllar içeren zeminlerde oldukça iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Bina türü mühendislik yapıları için gerçekleştirilen zemin etüt çalışmalarında plaka yükleme deneyleri, yüzeysel temeller altındaki zeminin taşıma gücünün bulunması amacıyla kullanılmaktadır. Bunun için belirli bir yük alanı ile zemine artan basınçlar uygulanır ve bu basınçlar altında yükleme plakasının zemine batma (oturma) miktarlarına dayanılarak saptanan yük-oturma bağıntısından zeminin güvenle taşıyabileceği yük bulunur.

- Koni Penetrasyon Testi (CPT)

Koni Penetrasyon Testi (CPT) özellikle yumuşak kil ve siltler ile kumlu zeminlerde iyi sonuçlar veren, ancak çakıllı ve bloklu zeminler ile kayada sonuç alınamayan bir deneydir. Zemin profili ve özelliklerinin sürekli ve sağlıklı olarak tayini için, sondajlarla paralel şekilde planlanmış, Koni Penetrasyon Testleri (CPT ve boşluk suyu basıncı ölçümlü-CPTU) yapılması önerilir. Bu deneyde; ekipmanın ağırlığı, uygulanacak basınca karşı koyacak şekilde seçilmeli, boşluk suyu basıncı ölçen cihazlardaki poroz taşlarda polimer ile doyunlaştırma yapılmalıdır.

Bu deneyin TS EN ISO 22476-1, TS EN ISO 22476-12 standartlarına göre yapılması gerekmektedir.

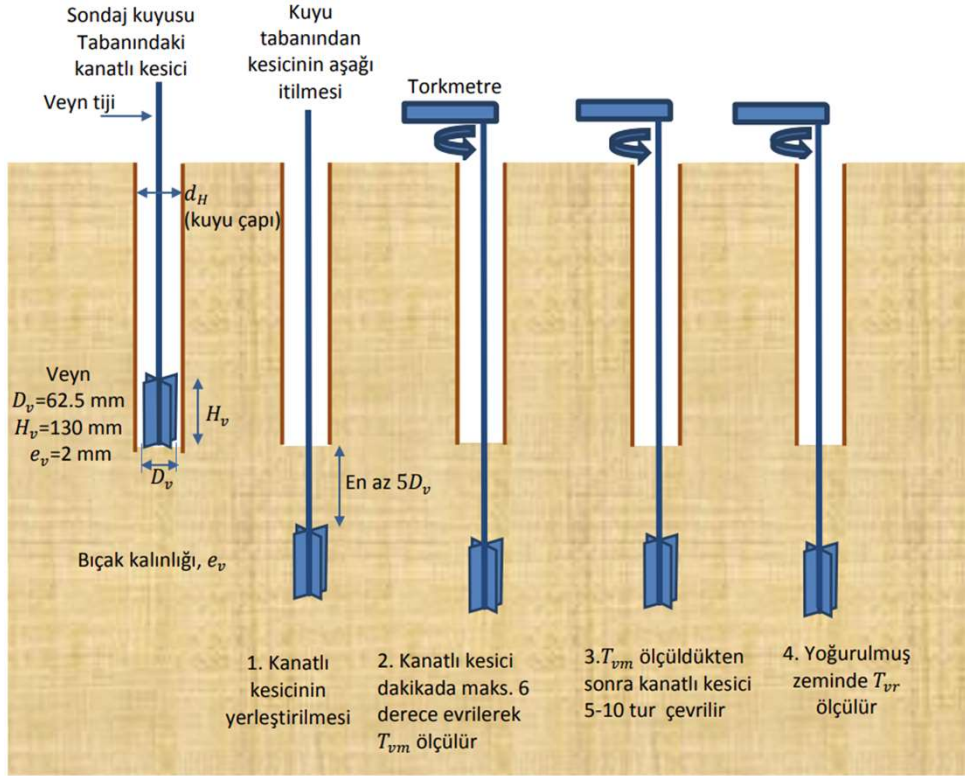
Avantajlar	Dezavantajlar
Deney süresi kısadır.	Deney çok sıkı zeminler ile iri çakıl ve kaya bloklarının yer aldığı koşullarda uygulanamamaktadır.
Yumuşak ve zayıf zeminlere yönelik diğer arazi deneylerine göre daha ekonomiktir.	Deney esnasında örnek alınamamaktadır.
Turba, organik ve yumuşak killer gibi problemlili zemin tabakalarının tespiti hızlıca yapılabilmektedir.	İnclinometre ataşmanı ile kontrol edilmediği durumlarda, penetrometre 15 m'den daha derinlerde düşey eksenden sapabilmektedir.
Deney verisi deney esnasında eşzamanlı ve sürekli olarak kaydedilmektedir.	
Deney sonuçları dijital ortamda hızlıca değerlendirilebilmektedir	
SPT'ye oranla operatör hatasının deney sonuçlarına etkisi çok daha azdır.	
İnce tabakalar, bantlar ve mercekler tespit edilebilmektedir.	
Koni üzerine yerleştirilen ölçüm cihazlarıyla zeminlerin değişik özellikleri belirlenebilmektedir.	

- Kanatlı Kesici Deneyi (Veyn Deneyi)

Veyn deneyi, kohezyonlu zeminlerin drenajsız kayma dayanımının arazide belirlenmesinde kullanılır. Özellikle de örselenmemiş numune alınmasının güç olduğu yumuşak kıvamdaki kil ya da siltli killer gibi yumuşak/hassas zemin koşullarının olduğu deniz çökellerinde başarılı sonuçlar vermektedir. Deney bir tijin ucuna sabitlenmiş 4 adet bıçaklı kanatın kil içerisinde döndürülmesi sonucu tork direncinin ölçülmesini hedefler. Suya doygun killerde 200 kN/m² ye kadar olan drenajsız kayma mukavemetini belirlemek için kullanılır. Dikkat edilmesi gereken en önemli unsur torkmetrenin doğru kalibre edilmesidir. Deneyin yapıldığı kilin içeriğinde ki silt-kum miktarı deney sonuçlarını etkiler. Bu sebep ile deneyin yapıldığı her kot derinliğinden numune alınarak elek analizi yapılmalıdır.

Bu deney; kum, çakıl veya benzeri zeminler için uygun değildir.

Bu deneyin EN ISO 22476-9 standardına göre yapılması gerekmektedir.



- Dilatometre Deneyi

Dilatometre Deneyi, radyal bir basınç altında kayalarda meydana gelen şekil değiştirmenin ölçülmesi suretiyle yapılmakta ve kaya türü zeminlerin gerilme-deformasyon özelliklerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

Dilatometre deneyi genel olarak dilatometre bıçağının kırılmaması/ bükülmemesi ve çelik diyaframın aşırı deforme olmaması koşuluyla her tip zemin içerisinde uygulanabilmektedir. Önceki çalışmalar, DMT'nin kum, silt, kil ve organik kil tipi zeminlerde diğer zemin türlerine göre çok daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Çakıl ve daha iri daneli zeminlerde uygulanması durumunda ek olarak başka deneylerin yapılması tavsiye edilmektedir. Dane çapı, diyafram çapı olan 60 mm'yi geçen iri çakıllı-bloklü zeminlerde uygulanamamaktadır.

Laboratuvar Deneyleri

Zeminler, tabii bir malzeme olmaları ve katı, sıvı, gaz gibi üç değişik fazda bileşenden meydana gelmeleri sebebi ile, diğer inşaat mühendisliği malzemelerine göre davranışlarının anlaşılması çok daha zordur. Bu sebeple, zemin özelliklerinin her proje alanı için deneysel olarak saptanması gerekmektedir. Bu yapılırken arazi koşullarının dikkatle göz önünde bulundurulması unutulmamalıdır.

Zemin etüt çalışmalarında, zeminlerin mühendislik özelliklerinin tanımlanması ve deneysel olarak saptanması amacıyla kullanılan deneyler üç ana başlık altında sınıflandırılabilirler. Bunlar:

Zemin Sınıflama ve Tanımlama Deneyleri

- Doğal Su İçeriği Tayini
- Doğal Birim Hacim Ağırlık Tayini
- Tane Boyu Dağılımı (Elek Analizi Deneyi)
- Zeminlerde Plastiklik (Atterberg Limitleri)

Zeminlerde Dayanım (Gerilme-Şekil Değiştirme Karakteristiklerini Belirleyen) Deneyleri

- Tek Eksenli Basınç Deneyi
- Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU, CU, CD)
- Kesme Kutusu Deneyi

Zeminin Oturma Karakteristiklerini Belirleyen Deneyler

- Konsolidasyon Deneyi

Zemin Sınıflama ve Tanımlama Deneyleri

- Doğal Su İçeriği Tayini

Su Muhtevası, (W), zemin numunesi içinde bulunan su ağırlığının, zemin numunesinin 105^o de 24 saat kurutulması sonucunda elde edilen kuru ağırlığına oranlanması ile tayin edilmektedir.

- Doğal Birim Hacim Ağırlık Tayini

Özgül Ağırlık (G), bir kuru zemin ağırlığının, yine bu kuru zemin hacmine oranlanması ile tayin edilmektedir. Bu işlem Piknometre metodu ile yapılmaktadır (ASTM D – 854 – 72).

Yapılan deneyler sonucunda araştırma çukurlarının doğal birim hacim ağırlığı belirlenmektedir .
(Ör: SK-1 için doğal birim hacim ağırlık 1,89-1,92 g/cm³)

- Tane Boyu Dağılımı (Elek Analizi Deneyi)

Elek analizi zeminlerin dane boyu dağılımlarını belirlemek için değişik göz açıklıklarına sahip elekler ile yapılan deneydir. Elek altında kalan zemin miktarının toplam zemin miktarına oranlanması esasına dayanır. Elek analizi testi agregaların dane boyutu dağılımının belirlenmesi için kullanılan en eski ve en iyi bilinen yöntemdir.

ASTM		DIN	
Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Elek No	Elek Açıklığı (mm)
4	4,75	4	5,00
10	2,00	10	2,00
20	0,85	20	0,800
40	0,425	40	0,400
60	0,250	60	0,250
100	0,150	100	0,200
140	0,106	140	0,100
200	0,075	200	0,071

Zemin Tanımları

- No.200 elekten geçen, 0,075 mm'den daha ince malzemeler mineral filler malzeme olarak adlandırılır. Zeminin %50'sinden fazlası No.200 elek altına geçmişse malzeme ince daneli olarak tanımlanırken, %50'sinden daha azı No.200 elek altına geçmişse iri daneli olarak tanımlanır.

- No.10 elekten geçmeyen, 2.00 mm'den daha büyük malzemeler çakıl olarak adlandırılır.

- No.10 - No.200 elekler arasında kalan, 2.00 'den küçük ve 0.075 mm'den büyük malzemeler kum olarak adlandırılır

Kaba Kum: Tane boyu 2 mm ile 0.425 mm (40 no.lu elek) arasında kalan kısım

İnce Kum: Tane boyu 0.425 mm ile 0.075 mm (200 no. lu elek) arasında kalan kısım

- No.200 elekten geçen, 0.075 mm'den daha ince malzemeler silt veya kil olarak adlandırılır.

Silt ve Kil: Plastisite indeksi 10 ve az olanlar "Siltli", yüksek olanlar "Killi"

NUMUNE Sample			Su İçeriği Water Content W _n (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ _n t/m ³	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ _d t/m ³	Özgül Ağırlık G _s	Atterberg Limitleri Atterberg Limits			ELEK ANALİZİ SIEVE ANALYSIS (Yüzde Geçen Percent Passing)		HİDROMETRE Hydrometer		USCS	Nokta Yükleme Deneyi Point Load Strength Test	Kesme Kutusu Deneyi Direct Shear Test	
Sondaj No Boring/T.pit No	Numune No Sample No	Derinlik Depth					LL	PL	PI	4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	Silt (%)	Kil (%)			I _s Mpa	c kg/cm ²
AÇ-1	NUM.	1.50	14.16	1.780			27.5	11.4	16.1	4.01	86.29			CL		0.16	19.00
AÇ-2	NUM.	2.00	11.64					##		60.87	29.15			GM			
AÇ-3	NUM.	1.00	8.17					NP		6.73	85.21			ML			
AÇ-4	NUM.	1.50	5.50				31.5	17.2	14.3	7.23	82.89			CL			
AÇ-5	NUM.	2.00	5.45					##		51.29	35.89			GM			
AÇ-6	NUM.	2.50	6.79	1.850				NP		9.38	78.56			ML		0.19	15.00
AÇ-7	NUM.	2.00	7.09				31.2	18.7	12.5	5.04	86.23			CL			
AÇ-8	NUM.	1.50	6.98					NP		4.09	86.94			ML			
AÇ-9	NUM.	2.00	13.73	1.910				#		15.55	42.57			SM		0.18	16.00
AÇ-10	NUM.	1.00	5.65					NP		7.26	82.86			ML			
AÇ-11	NUM.	3.00	8.17					##		55.43	34.54			GM			
AÇ-12	NUM.	2.00	8.65	1.880				#		13.95	22.92			SM		0.21	17.00
AÇ-13	NUM.	2.50	19.80					NP		14.05	68.36			ML			
AÇ-14	NUM.	3.00	14.03					##		59.30	30.50			GM			
AÇ-15	NUM.	2.00	7.11	1.830				#		13.31	28.66			SM		0.20	16.00

Elek Analizi Deneyi Örneği

200 # Elekten Geçen %	4 # Elekten Geçen %	İnce Tane Yüzdesi	Derecelenme ve Plastiklik	Sembol	Açıklama	
< %50	> %50	% 0-5	c _u >6 ve 1<c _c <3	Evet	SW	İyi derecelenmiş KUM
			Hayır	SP	Kötü derecelenmiş KUM	
		% 5-12	Çift Sembol	SP-SM	Siltli, Kötü derecelenmiş KUM	
				SP-SC	Killi, Kötü derecelenmiş KUM	
				SW-SM	Siltli, iyi derecelenmiş KUM	
				SW-SC	Killi, iyi derecelenmiş KUM	
	% 12-50	PI>0.73(LL-20) % (A hattı üstünde)	Evet	SC	Killi KUM	
			Hayır	SM	Siltli KUM	
	< %50	% 0-5	c _u >4 ve 1<c _c <3	Evet	GW	İyi derecelenmiş ÇAKIL
				Hayır	GP	Kötü derecelenmiş ÇAKIL
		% 5-12	Çift Sembol	GP-GM	Siltli, Kötü derecelenmiş ÇAKIL	
				GP-GC	Killi, Kötü derecelenmiş ÇAKIL	
GW-GM				Siltli, İyi derecelenmiş ÇAKIL		
GW-GC				Killi, İyi derecelenmiş ÇAKIL		
% 12-50	PI>0.73(LL-20) % (A hattı üstünde)	Evet	GC	Killi ÇAKIL		
		Hayır	GM	Siltli ÇAKIL		
200 # Elekten Geçen %	LL > %50	PI>0.73(LL-20) % (A hattı üstünde)		Sembol	Açıklama	
> %50	Evet	Evet	CH	Yüksek plastisiteli inorganik KİL		
		Hayır	MH	Yüksek plastisiteli inorganik SİLT		
	Hayır	Evet	CL	Düşük plastisiteli inorganik KİL		
		Hayır	ML	Düşük plastisiteli inorganik SİLT		

USCS Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi (ASTM) Tablosu

3- Zeminlerde Plastiklik (Atterberg Limitleri) :

İnce taneli zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri su içeriğine bağlı olarak buldukları fazlara göre değişir. Kurudan sıvıya kadar artan su içeriğine göre hemen her fazda bulunan zeminlerin bu faz geçişleri limitlerle tanımlanmıştır. Su içerisinde süspansiyon şeklinde bulunan killer kurudukça hacim değişikliğine uğrar (Atterberg, 1911).

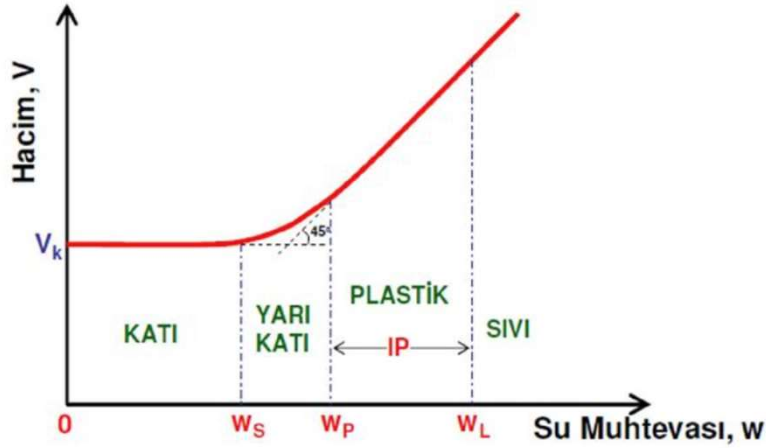
Likid Limit (LL):

Zeminin likid fazdan plastik faza geçtiği andaki su içeriğidir. Bu durumda zeminde hacim azalması olur, fakat herhangi bir kırık ve/veya çatlak gelişmez.

Plastik Limit (PL):

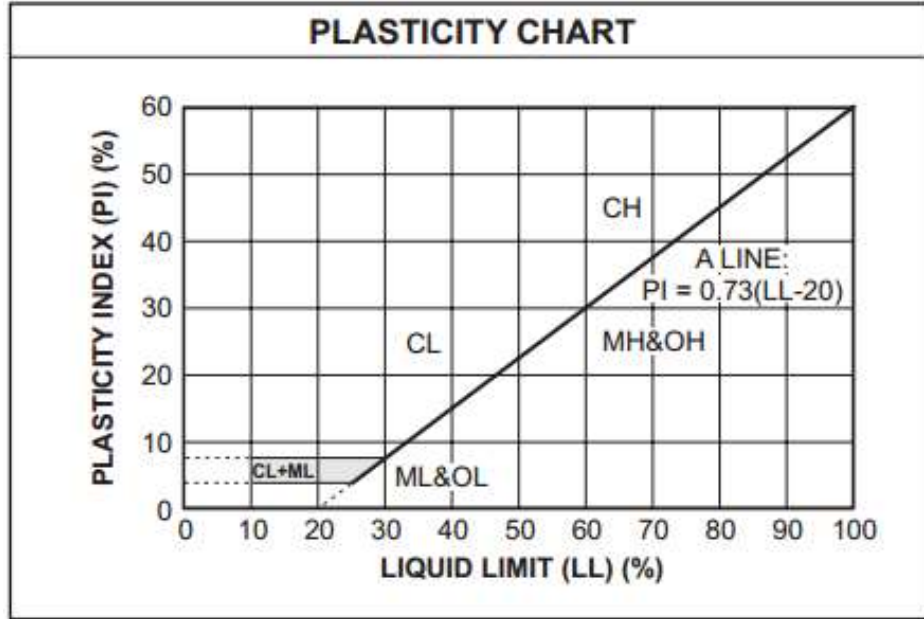
Zeminin plastikten yarı katı faza geçtiği andaki su içeriğidir. Bu aralıkta hacim azalması yanında kuru yan zeminde kırık/çatlaklar gelişebilir. Dolayısıyla bu aralıkta bulunan zeminlerde sıkışma, şişme veya yük taşıma halinde deformasyonlar beklenmelidir. Zeminlerin plastik özellikleri birçok jeoteknik davranışlarını etkilemekte olup, bu aralıktaki su içeriği değişimi de Plastisite İndeksi(PI) olarak tanımlanmıştır.

$$PI = LL - PL$$



- W_L : Likit Limit**
- W_P : Plastik Limit**
- W_S : Büzülme Limiti**
- IP : Plastisite İndisi**

NUMUNE Sample			Su İçeriği Water Content W _n (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ _n t/m ³	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ _d t/m ³	Özgül Ağırlık G _s	Atterberg Limitleri Atterberg Limits			ELEK ANALİZİ SIEVE ANALYSIS (Yüzde Geçen Percent Passing)		HİDROMETRE Hydrometer		USCS	Nokta Yükleme Deneyi Point Load Strength Test	Kesme Kutusu Deneyi Direct Shear Test	
Sondaj No Boring/T.pit No	Numune No Sample No	Derinlik Depth					LL	PL	PI	4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	Silt (%)	Kil (%)			I _s Mpa	c kg/cm ²
AÇ-1	NUM.	1.50	14.16	1.780			27.5	11.4	16.1	4.01	86.29		CL		0.16	19.00	
AÇ-2	NUM.	2.00	11.64					##		60.87	29.15		GM				
AÇ-3	NUM.	1.00	8.17					NP		6.73	85.21		ML				
AÇ-4	NUM.	1.50	5.50				31.5	17.2	14.3	7.23	82.89		CL				
AÇ-5	NUM.	2.00	5.45					##		51.29	35.89		GM				
AÇ-6	NUM.	2.50	6.79	1.850				NP		9.38	78.56		ML		0.19	15.00	
AÇ-7	NUM.	2.00	7.09				31.2	18.7	12.5	5.04	86.23		CL				
AÇ-8	NUM.	1.50	6.98					NP		4.09	86.94		ML				
AÇ-9	NUM.	2.00	13.73	1.910				#		15.55	42.57		SM		0.18	16.00	
AÇ-10	NUM.	1.00	5.65					NP		7.26	82.86		ML				
AÇ-11	NUM.	3.00	8.17					##		55.43	34.54		GM				
AÇ-12	NUM.	2.00	8.65	1.880				#		13.95	22.92		SM		0.21	17.00	
AÇ-13	NUM.	2.50	19.80					NP		14.05	68.36		ML				
AÇ-14	NUM.	3.00	14.03					##		59.30	30.50		GM				
AÇ-15	NUM.	2.00	7.11	1.830				#		13.31	28.66		SM		0.20	16.00	



Araştırma çukurlarında yapılan deneyler sonucu Atterberg Limitlerine göre örnek numune sonuçları tablosundan "Likit Limit ve Plastisite Index" kontrol edilir. Likit Limit ve Plastik Limit değerleri arasındaki fark "Plastisite Index" olarak tanımlandığı ($PI = LL - PL$) için bu değerler olmadan zemin sınıfını kontrol edemeyiz. Ardından "Plasticity Chart" tablosu kullanılarak zeminin sınıflaması yapılır.

Zeminlerde Dayanım (Gerilme-Şekil Değişirme Karakteristiklerini Belirleyen) Deneyleri

- Tek Eksenli Basınç Deneyi

Kaya malzemelerinin üzerlerine uygulanan belirli bir basınç altında kırılmadan önce ne kadar yüke dayandığını belirlemektir.

Bir kaya malzemesinin dayanımı, dış kuvvetlere karşı direncini ifade eder. Uygulanan yük, kaya malzemesinin direncini aştığında, malzeme yenilmeye uğrar. Kaya malzemelerinin dayanımının belirlenmesinde kullanılan en yaygın metot tek eksenli basınç dayanımı testidir. Tek eksenli basınç dayanımı yükün kayaca tek yönden uygulanması anlamına gelmektedir (Şekil 1). Tek eksenli basınç dayanımı " σ_c " ile gösterilir. Bu deney silindirik veya prizmatik numunelere uygulanmaktadır.



Tek eksenli sıkısmada kaya malzemesine uygulanan yük

- Üç Eksenli Basınç Deneyi

Zeminlerin konsolidasyonsuz drenajsız kayma mukavemeti parametrelerini belirlemek için uygulanan bir deneydir.

Kayma mukavemeti, zeminin kırılmadan karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesidir. Zeminlerin kayma mukavemeti parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan deney yöntemlerinden biridir. Üç eksenli basınç deneyinde numuneye yanal ve eksenel gerilmeler uygulanarak, zeminin arazi koşullarına yakın yüklemeler altında deneye tabii tutulması sağlanabildiğinden bu deney, kayma mukavemetinin saptanmasında kullanılan en gelişmiş deney yöntemlerinden biridir. Genellikle kendini tutabilen, kohezyonlu zeminler için uygulanan bir yöntemdir.

- Kesme Kutusu Deneyi

Deney zemin numunelerinin kesme etkisine maruz bırakılarak kayma direncinin ve kayma açısının belirlenmesi amacıyla yapılır. Deney numunesi istenilen sıklıkta hazırlanmış kum ya da örselenmemiş veya yoğrulmuş kildir.

Zemin numunesinin ağırlığı ölçülerek ikiye bölünmüş kare kesitli rijit kesme kutusuna yerleştirilir. Deformasyon saatleri ve yük halkası ayarlanır. Uygulanan bir kesme kuvveti altında kutunun üst parçası sabit tutulurken, alt parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilmekte ve numune ortasından geçen yatay düzlem boyunca kaymaya zorlanmaktadır. Numune konsolide olduktan sonra kesme sabit bir hızla başlatılır. Kesme kutusunun hareketli kısmı, çelik yük halkasına dayandığı için burada kesme kuvveti oluşur. Aynı anda yatay ve düşey deplasmanlar deplasman ölçerlerden okunarak belirlenir.

Zeminin Oturma Karakteristiklerini Belirleyen Deneyler

- Konsolidasyon Deneyi

İnce daneli zeminlerin kompresibilite ve konsolidasyon karakteristikleri, Terzaghi tarafından geliştirilen Odometre deneyi ile elde edilir. Bu ince daneli zeminlerde gerilme artışı nedeniyle oluşan zamana bağlı oturma süreci konsolidasyon olarak tanımlanmaktadır. Yanal deformasyonu önlenmiş olan suya doymuş, disk biçiminde ve örselenmemiş bir zemin numunesinin alt ve üst yüzeyinden drenaj sağlanarak, düşey ve eksensel bir basınç altında konsolidasyon miktarı ve konsolidasyon hızının ölçümü esasına dayanan bir deneydir.

ZEMİN SINIFINA GÖRE YAPILAN DENEYLER

KAYA - ÇAKIL	KUM – KİL - SİLT
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
Üç Eksenli Basınç Dayanımı	Koni Penetrasyon Deneyi (CPT)
Nokta Yük Dayanımı	Presiyometre Deneyi
Presiyometre Deneyi	Atterberg Limitleri
Plaka Yükleme Deneyi	Kanatlı Kesici Deneyi (Veyn)
Dilatometre	Tane Boyu Dağılımı (Elek Analizi)
	Kesme Kutusu Deneyi
	Konsolidasyon Deneyi

Deney İsmi	Bu testten ne elde edilir?
Standart Penetrasyon Testi (SPT)	Kohezyonsuz zeminlerin sıklık, yoğunluk ve içsel sürtünme açısının tayini ile kohezyonlu zeminlerin kıvamının belirlenmesi
Presiyometre Testi	Radyal basınç altında zemin ve kaya (yumuşak/zayıf kaya) birimlerin gerilme-deformasyon ilişkisinden faydalanılarak, bu tür birimler üzerinde veya içinde inşa edilecek sığ ve derin temellerin taşıma gücü ve oturma miktarlarının hesaplanması
Kanatlı Kesici Deneyi (Veyn Deneyi)	Deneyin tek amacı killerde drenajsız kayma mukavemeti (cu) değerini ölçmesi Yumuşak kil bantları veya tabakaların ve kohezyonlu zeminlerin drenajsız kayma dayanımının arazide belirlenmesi
Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)	Zeminlerin Relatif sıklık, Drenajsız kayma mukavemeti, sıkışabilirlik, kayma modülü, sıvılaşma potansiyeli analizi, ve temellerin taşıma gücünün belirlenmesi
Doğal Su İçeriği Tayini	Zemin numunesi içinde bulunan su ağırlığının, zemin numunesinin 105 ^o de 24 saat kurutulması sonucunda elde edilen kuru ağırlığına oranlanması ile tayin edilmesi
Doğal Birim Hacim Ağırlık Tayini	Özgül Ağırlık (G), bir kuru zemin ağırlığının, yine bu kuru zemin hacmine oranlanması ile tayin edilmesi
Elek Analizi (Tane Boyu Dağılımı)	Standart elekler kullanılarak zemin numunesini oluşturan tanelerin 10 numara ve 200 numara elek boyunda kalan / geçen miktarlarının yüzde oran olarak belirlenmesi
Atterberg Limitleri	Su içeriğine bağlı olarak kohezyonlu zeminlerde zeminin sertlik-yumuşaklık durumu tanımlanması
Plaka Yükleme Deneyi	Rijit bir plakaya uygulanan yük ile birlikte, plakanın yapacağı oturmanın ve göçmenin ölçülmesine dayanmaktadır. Testi sonucunda taşıma kapasitesi, oturma, yatak katsayısı ve elastisite modülü gibi parametrelerin hesaplanması
Kesme Kutusu Deneyi	Daha çok kum ve örselenmemiş veya yoğrulmuş killerin kayma mukavemeti ve kayma açısının saptanması

Deney İsmi	Bu testten ne elde edilir?
Serbest Basınç Deneyi	Eksenel yük artışları altında meydana gelen numunenin boy kısalması (eksenel şekil değiştirmesi) ölçülmekte gerilme-şekil değiştirme eğrilerinin elde edilmesi
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Kaya malzemelerinin dayanımının belirlenmesi, Kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi parametreleri yaklaşık olarak bulunması
Üç Eksenli Basınç Dayanımı	Deney sonucu bulunan zemin içsel sürtünme açısı ve kohezyon parametreleri sayesinde zeminin kayma direnci hesaplanabilmesi
Dilatometre	Zemin profili, zeminin kayma dayanımı, sıkışabilirlik, ön yükleme durumu ve boşluk suyu basıncı hakkında bilgi veren bir arazi deneyi

Yaşanabilecek Problemler

1- Yer Altı Suyu Seviyesi

Yer altı suyu seviyesinin 10 m derinliğe kadar olduğu durumlarda sıvılaşma riski yüksektir. Son yıllarda 20 m derinliğindeki yeraltı suyu seviyesinin de sıvılaşma olaylarına yol açtığı anlaşılmıştır. Zemin etüd raporlarını incelerken kesinlikle bakılması gerekir.

2- Şişme Analizi

Plastisite İndeksi ve Likit Limit sonuçlarına göre zeminde şişme potansiyeli kontrol edilmelidir. Problem görülmesi halinde zeminin suyla teması önlenmeli, zemin iyileştirmesi gereken durumlarda gerekli mühendislik önlemlerinin alınması gerektiği belirtilmelidir.

Likit Limit %	Plastisite İndeksi %	Şişme Potansiyeli %	Şişme Potansiyeli Sınıflaması
< 50	< 25	< 0,5	Düşük
50-60	25-35	0,5-1,5	Orta
> 60	> 35	> 1,5	Yüksek

Şişme Potansiyeli: Örtü basıncına eşit basınç altındaki düşey şişme

O'Neill ve Poormoayed,1980' e göre şişen zeminlerin sınıflandırılması çizelgesi

PI	Şişme Potansiyeli
$PI \geq 35$	Çok yüksek
$20 \leq PI \leq 55$	Yüksek
$10 \leq PI \leq 35$	Orta
$PI \leq 15$	Düşük

Plastisite İndisine Göre Serbest Şişme Yüzdesi

3- Sıvılaşma Analizi (Andrews ve Martin 2000)

Deprem sırasında, dalgaların özellikle kayma dalgalarının suya doymuş daneli tabakalardan geçerken, dane (zemin parçacığı) yerleşim düzenini değiştirir. Bu yerleşme sırasında daneler arasında su yol bulup, kaçamazsa boşluk suyu basıncı yükselir. Eğer bu basınç üstte bulunan tabakaların ağırlığına yakın bir seviyeye ulaşırsa, daneli tabaka geçici olarak sıvı gibi davranarak sıvılaşma olayını ortaya çıkarır. Ani yüklenme sonucunda suya doymuş daneli zeminin yapısının bozulması ve ayrı daneler arasındaki temas kuvvetinin azalması boşluk suyu basıncının yükselmesi ve zeminin direncini kaybetmesiyle oluşur.

Genellikle, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerdeki yakın zamana ait olan sıkışmamış kum ve siltlerin sıvılaşma potansiyeli yüksektir. Bunun yanında akarsuların yığıldığı kumlar, boyutlarındaki düzensizlik nedeniyle sıvılaşma potansiyeline sahiptirler. Yeraltı su seviyesinin yüzeye 10 m den daha yakın olması da sıvılaşma tehlikesini artırır. Buna karşılık yer altı su seviyesinin 20 m'den daha derinde ve sıkı zeminlerde sıvılaşma potansiyeli azdır. Ama son yıllarda 20 m derinliğindeki yeraltı suyu seviyesinin de sıvılaşma olaylarına yol açtığı anlaşılmıştır.

Temel altındaki bir zeminin sıvılaşabilmesi için genel olarak;

Yeraltı Suyu : Yapı altında bulunan zeminde özellikle yüzeye yakın katmanlarda (ilk 3 metre çok önemli olup, 15-20 metreye kadar suyun varlığı değerlendirilmelidir.) yer altı suyuna rastlanması.

Konum: Yapının deprem riski yüksek bir bölgede inşa edilmiş olması.

Zemin Tipi: Zeminin kumlu-siltli yapıda ve gevşek durumda olması.

<https://www.youtube.com/watch?v=rKtBPTqiKzg> videoda da görüldüğü gibi sıvılaşma zemin incelemesinde önemli bir etkidir.

4- Çevre Koşulları Yönünden

Yapı alanı ve yakın çevresinde; hidroloji, tabii bitki örtüsü, yüzeysel su rejimi, şev/yamaç duraysızlığı, çökme ve yer değiştirme hareketleri vb. doğal süreçlerle ilgili sorunlar belirtilmiş ise temsilciye iletilmelidir.

5- Doğal Afet Etkileri

Kütle hareketi (heyelan, kaya düşmesi, çökme, krip, toprak akması) ve potansiyeli, jeolojik birimlerin (kaya/zemin) yapısından kaynaklanan şişme, çökme potansiyeli, sel, taşkın, çığ potansiyeli ile ilgili bilgi verilmişse not edilmelidir.

6- Yüzey Suları

İnceleme alanı çevresinde mevcut durumda sulama kanalı, akar durumda bulunan dere ya da kurumuş akarsu yatağı var mı kontrol edilmelidir. Mevsime göre yoğun yağış alması durumunda meydana gelebilecek su baskını riskine karşı yüzey suları drene edilerek zemine etkisi azaltılmalı ve ortadan kaldırılması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Kazık Hesabı Kontrolü

Çakma derinliğini belirlemek için kazık hesabının yapılması gerekir. Zemin Etüd Raporunda gerekli bilgiler var ise kontrol edilmelidir. Araştırma çukurlarından alınan zemin numunelerine göre yapılan hesaplamalar sonucu aşağıda verilen örnek tablodaki gibi verilere dayanarak kazık hesabını yapıp çakma derinliği belirlenmelidir.

Kohezyon c	0.240	kg/cm ²	2.400	t/m ²	Temel Yükleme Eğikliği Katsayıları	i_c	1	
ϕ açısı Φ	14	derece				i_q	1	
Doğal BHA-1 γ	1.850	gr/cm ³				i_γ	1	
Temel derinliği D_f	1.00	m			Temel Zemin Eğimi Katsayıları	g_c	1	
Temel üstü örtü yükü q	1.850	t/m ²				g_q	1	
Temel genişliği B	2.00	m				g_γ	1	
Temel uzunluğu L	2.00	m			Temel Taban Eğimi Katsayıları	b_c	1	
Taşıma Gücü Katsayıları	N_q	3.586				b_q	1	
	N_c	10.370				b_γ	1	
	N_γ	1.289			B/L	1.000		
Temel Şekli Katsayıları	s_c	1.000			D_f/B	0.500		
	s_q	1.000			K	0.500		
	s_γ	1.000			γ_{RV}	1.4		
Temel Derinlik Katsayıları	d_c	1.147			Temel Taşıma Gücü Karakteristik Dayanımı	q_k	38.51	t/m ²
	d_q	1.143			Temel Taşıma Gücü Tasarım Dayanımı	q_f	27.51	t/m ²
	d_γ	1.000						

Zemin Etüd Raporu Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmaların özeti ve dikkat edilmesi gereken hususlar bu bölümde verildiği için özellikle bakılıp not edilmelidir.