

# TBDY 2018'E GÖRE YAPILACAK GEOTEKNİK HESAPLAMALARIN İÇERİK VE SAYISAL ÇÖZÜMLEMELERİ

4. Bölüm (1. Parça)

YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ  $(V_s)_{30}$   $(c_u)_{30}$   $(Spt-N_{60})_{30}$

ÖRNEK-1

ÖRNEK-2

Hazırlayan: İnş. Müh. Gökhan DEMİRBAŞ

# ZEMİN SINIFININ BELİRLENMESİ

Öncelikle yeni deprem yönetmeliği ilk defa zemin sınıflandırılmasını sadece yoruma dayalı olmayarak belirlememize olanak sağladı. Önceki yönetmelikte zemin sınıfının belirlenmesi için sayısal veriler bu kadar net olmayıp sınıflandırma çoğu zaman subjektif olarak belirleniyordu. Yeni yönetmelik ile SPT,  $V_s$  ve  $c_u$  verilerine dayanarak zemin sınıfı belirlemizi sağlıyor. Yanlış anlaşılmaya mahiyet vermemek adına zemin sınıflarının seçiminde sayısal parametrelerin dışında belirli sınırlandırmalarda mevcuttur. Örnek verilmesi gerekirse sayısal olarak sonucu ne bulursanız bulun  $PI > 20$  ve  $w_n > \%40$  koşulunu sağlayan 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakaları ZE sınıfına girer.

Deprem yönetmeliği örneklerinde gördüğünüz üzere net bir şekilde zemin sınıfının belirlenmediğini (Açıklayıcı bir şekilde) görebilirsiniz. Bunun ile ilgili ilerleyen zamanlarda konferanslar yapılacağını biliyoruz. O zamana kadar olayın mantığının nasıl devam edeceğini aktaralım.

# ZEMİN SINIFININ BELİRLENMESİ

**16.4.2 – Tablo 16.1**'de verilen zemin parametreleri, zemin profilinin temel veya kazık başlığı alt kotundan itibaren aşağıya doğru en üst 30 m kalınlığındaki kısmı için belirlenecektir. Birbirinden belirgin şekilde farklı zemin ve kaya tabakalarını içeren zemin profillerinde üst 30 metredeki tabakalar, yeteri kadar alt tabakaya ayrılarak en üstte  $i = 1$  ve en altta  $i = N$  olacak şekilde sıralanacaktır. Üst 30 metredeki *ortalama kayma dalgası hızı*  $(V_s)_{30}$ , *ortalama standart penetrasyon darbe sayısı*  $(N_{60})_{30}$  ve *ortalama drenajsız kayma dayanımı*  $(c_u)_{30}$  **Denk.(16.2)** ile hesaplanacaktır:

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{V_{s,i}} \right)} \quad ; \quad (N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{N_{60,i}} \right)} \quad ; \quad (c_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{c_{u,i}} \right)} \quad (16.2)$$

Yönetmelik 16.4.2 maddesi zemin sınıfı belirlenmesinde **temel altından** itibaren aşağı doğru en üst 30 m kalınlığındaki kısmı için belirleneceğini belirtiyor.

Bu bölüm kapsamında örnekler ile anlatım yapmayı uygun görüyorum. Başlamadan önce değinmek istediğim birkaç nokta var.

Her türlü zemin profilinde  $V_{s30}$  değeri ile zemin sınıfı tespit edebilirsiniz. Sebebi  $V_s$  hızının ölçülümünün her türlü zemin sınıfında uygulanabilmesidir. SPT  $N_{60}$  değerine göre zemin sınıfı belirlemek çoğu zemin tipinde mümkün iken bazı zemin tiplerinde bunu yapmak mümkün olmamaktadır. Çünkü yönetmelikte SPT «15-30» ve «30-45» değerinin 50 nin üzerinde çıkması durumunda nasıl bir yol izleneceği SPT-N değerinin ne alınacağı belli değildir.  $C_u$  değeri ile zemin sınıfını belirlemek için zeminin çok büyük bir bölümünün kil olması gerekir. Şimdi akla şu soru geliyor; yarısından azı kil olan bir zeminin zemin sınıfını  $c_u$  değerine göre belirlemek akıllıca mıdır? Göstereceğim örneklerde bu işlemleri yapmaya çalışarak nasıl sonuçlar verdiğini hep beraber irdeleyelim.

Birkaç zemin profilinin  $V_s$  ve SPT- $N_{60}$  değerleri ile basitçe bir giriş yapalım. (Sunumun kapsamı derin temelleri içermediğinden sadece sığ temelleri değerlendiriyoruz.) Yaptığımız örnekleri tüm konularda devam ettirerek tam bir geoteknik rapor hazırlamayı hedeflediğimizden farklı konularda da kullanacağız.



# ÖRNEK - I

## VERİLERİN TOPLANMASI

Laboratuvar sonuçlarına göre;

**Tablo 13.** İnceleme alanı içerisinde yapılan SK-1 sondaj sonrasında alınan zemin numunelerine ait fiziksel ve index özellikleri

LAB. NO.	627			SINIFLANDIRMA DENEYLERİ								MUKAVEMET DENEYLERİ			KONSOLIDASYON DENEYİ						
				ELEK ANALİZİ YIKAMALI		ATTERBERG LİMİTLERİ			SINIFLANDIRMA SİSTEMİ	DOĞAL SU İÇERİ	ÖZGÜL AĞIRLIK	DOĞAL B. HACİM AĞIRLIK	RILMIŞ B. HACİM AĞ.	SERBEST BASINÇ DENEYİ	DİREKT KESME DENEYİ	KONSOLIDASYON DENEYİ					
ÖRNEK			#10	#200	LL	PL	PI	USCS	Wn	Gs	$\gamma_n$	$\gamma_s$	qu	kg/cm <sup>2</sup>	Derece	İlk boşluk oranı	Son boşluk oranı	Sıkışma İndisi	Şişme İndisi	Şişme Basıncı	
Kuyu No	Örnek No	Derinlik	%	%	%	%	%		%		gr/cm <sup>3</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	c	Ø	en	ef	Cc	Cs	kg/cm <sup>2</sup>	
SK-1	KAROT	3.50-4.50	30	6		NP		<b>SW-SM</b>	23.3		1.88			0.24	20						
SK-1	SPT	9.00-9.45	0	98	59	27	32	<b>CH</b>	44.8												
SK-1	KAROT	11.00-12.00	1	93	54	24	30	<b>CH</b>	34.3		1.83		1.67			1.304	0.870	0.3	0		
SK-1	KAROT	18.50-19.50	18	46	34	19	15	<b>SC</b>	26.8												

<u>Katman</u>	<u>Zemin Cinsi</u>	<u>Açıklama</u>	<u>h1</u>	<u>h2</u>	<u><math>\gamma_d</math></u>	<u><math>\gamma_{doy}</math></u>	<u>Wn</u>	<u>LL</u>	<u>PL</u>	<u>PI</u>	<u><math>\Phi</math></u>	<u>C</u>	<u>mv</u>	<u>Cu</u>	<u>IdI</u>
katman1	Dolgu	Moloz Dolgu	0	2	1,7	1,7	0	0	0	NP	0	0	0	0	0
katman2	SW-SM	İyi Derecelenmiş Siltli Kum	2	9	1,80	1,88	23,3	0	0	NP	20	2,4	0	0	6
katman3	CH	Yüksek Plastisiteli İnorganik Kil	9	18,5	1,75	1,83	34,3	54	24	30	0	0	0	110	98
katman4	SC	Killi Kum	18,5	20	1,85	1,97	26,8	34	19	15	0	0	0	0	46

# ÖRNEK - I

Yapımızın üzerine oturduğu zemin cinsi SW-SM olup temel derinliğimiz 2,2m kotundadır. Öncelikle zemin profilinde temelimizin üzerinde kalan zemin sınıflarını göz ardı etmeliyiz. Örneğimizde binanın yapılacağı arazide daha önceden eski yapı bulunması sebebi ile 2m derinliğine kadar Dolgu Moloz çıkmıştır. Eğer burada dolgu yerine Killi bir zemin olsa idi bu killi zemini de aynı dolguyu yok saydığımız gibi yok sayacaktık. Bunun sebebi zemin sınıfının temel kotunun altındaki ilk 30m derinliğine kadar aranacak olmasıdır.

Vs değeri ile hesap yapılırken Vs değerlerinin değişimini bir tablo olarak ve katman kalınlıklarını gösterir şekilde sunalım.

2,2m üzerindeki hızların bizim için bir anlamı yok. Bundan ötürü 1,5-3m arasındaki kalınlığı 2,2-3m arasında kabul edeceğiz. Yönetmelikte anlatıldığı gibi h/Vs değerlerini hesaplayalım. Dikkate alınacak ilk değer ;  $(3-2,2)/174=0,0046$  olarak hesaplanır. Diğerlerini de sırası ile hesaplırsak;

(Vs)<sub>30</sub> değeri için hesap derinliğimiz;

30-2,2=27,8 m olur. Toplam h/vs değerlerini hesaplırsak

$$(V_s)_{30} = 27,8 / (0,0046 + 0,0035 + 0,0061 + 0,0066 + 0,0073 + 0,0076 + 0,0248 + 0,0571)$$

$$(V_s)_{30} = 27,8 / 0,1176$$

(Vs)<sub>30</sub> = 236,4 m/sn olarak bulunur. Zemin Sınıfı ZD olarak görülür.

h/Vs	h/Vs
-	0
-	0
0,8/174	0,0046
0,7/201	0,0035
1,3/213	0,0061
1,5/228	0,0066
1,7/234	0,0073
1,8/237	0,0076
6,0/242	0,0248
14,0/245	0,0571

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{V_{s,i}} \right)}$$

ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
----	--	-----------	---------	----------

# ÖRNEK - I

## SPT VERİLERİNİN DÜZENLENMESİ

SPT-N verileri ile zemin sınıfı seçebilmek için öncelikle SPT düzeltmesi yapılması gerekmektedir. Daha önceden yapmış olduğumuz kabuller tekrarlanarak SPT değerlerinin düzeltilmiş halleri bir tablo halinde sunulmuştur. Tabloyu detaylı olarak veriyorum ki değerleri kendiniz de kontrol edin. Zemin sınıfı belirlenirken yalnızca N60 (Enerji Düzeltmesi) verilerini kullanacağız. Katmanların SPT-N<sub>60</sub> ortalamalarını ve bu katmanların kalınlıklarını bir tablo halinde yazalım. Bu tabloyu oluştururken her katmanı ayrı ayrı ve SPT-N<sub>60</sub> değerinin hangi zemin katmanının içerisinde bulunduğu doğru bir şekilde belirlemeliyiz.

SPT	KOT	N 0-15	N 15-30	N 30-45	ND	CR	CS	CB	CE	CN	$\Sigma\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	N1,60	N 1,60F	N60
spt1	3	4	4	4	8	0,75	1	1	1	1,370	5,2	8	8	8
spt2	4,5	3	4	5	9	0,85	1	1	1	1,223	6,52	9	9	9
spt3	6	4	3	4	7	0,95	1	1	1	1,115	7,84	7	7	7
spt4	7,5	5	6	6	12	0,95	1	1	1	1,032	9,16	11	11	12
spt5	9	6	4	7	11	0,95	1	1	1	0,965	10,48	10	17	11
spt6	10,5	5	5	7	12	1	1	1	1	0,912	11,725	10	18	12
spt7	12	7	4	7	11	1	1	1	1	0,867	12,97	9	16	11
spt8	13,5	3	3	5	8	1	1	1	1	0,828	14,215	6	12	8
spt9	15	6	8	8	16	1	1	1	1	0,794	15,46	12	20	16
spt10	16,5	7	7	7	14	1	1	1	1	0,764	16,705	10	17	14
spt11	18	7	7	7	14	1	1	1	1	0,737	17,95	10	17	14
spt12	19,5	10	8	8	16	1	1	1	1	0,710	19,335	11	18	16

1. Katman (SW-SM)				
KOT (m)	3	4,5	6	7,5
SPT-N <sub>60</sub>	8	9	7	12
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	9			
Katmanın Kalınlığı	8,8m			

2. Katman (CH)							
KOT (m)	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18
SPT-N <sub>60</sub>	11	12	11	8	16	14	14
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	12,3						
Katmanın Kalınlığı	9,5m						

3. Katman (SC)	
KOT	19,5
SPT-N <sub>60</sub>	16
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	16,0
Katmanın Kalınlığı	1,5 m

Bazılarımızın aklında 1. katmanın 9m derinliğe kadar indiği ama 9m derinlikteki SPT değerinin neden 2. katmana eklendiği gibi bir soru gelebilir. SPT değerinin verilen kotu başlangıç kotudur. SPT 9,00-9,45 aralığında yapıldığından aslında vuruşlar KİL zemine yapılmıştır. Aynı şekilde 1. Katmanın kalınlığının 8,8 alınmasının sebebi temelin alt kotunun 2,2m olması ve temel altında kalan katmanın kalınlığının hesaba katılması gerekmektedir. [16.4.2]



# ÖRNEK - I

## SPT - $(N_{60})_{30}$ DEĞERİNİN HESAPLANMASI

Katmanların ortalama SPT –  $(N60)_{30}$  değerleri ve katman kalınlıkları ile  $h/N60$  değerlerini bulalım.

1. Katman (SW-SM)				
KOT (m)	3	4,5	6	7,5
SPT- $N_{60}$	8	9	7	12
Ortalama SPT- $N_{60}$	9			
Katmanın Kalınlığı	8,8m			

2. Katman (CH)							
KOT (m)	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18
SPT- $N_{60}$	11	12	11	8	16	14	14
Ortalama SPT- $N_{60}$	12,3						
Katmanın Kalınlığı	9,5m						

3. Katman (SC)	
KOT	19,5
SPT- $N_{60}$	16
Ortalama SPT- $N_{60}$	16,0
Katmanın Kalınlığı	1,5 m

1. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 8,8/9 = 0,9778$$

2. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 9,5/12,3 = 0,7723$$

3. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 1,5/16 = 0,0938$$

Sondaj derinliğimiz 20m ve temel derinliğimiz 2,2 m olduğundan araştırma miktarımız  $20-2,2=17,8$ m'dir.

$$SPT (N_{60})_{30} = (17,8^*) / (0,9778 + 0,7723 + 0,0938)$$

$$SPT (N_{60})_{30} = (17,8^*) / (1,8439) = 9,5 \text{ olarak bulunur.}$$

SPT değerlerine göre seçilmesi gereken zemin sınıfı ZE dir.

ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
----	--	-------	------	------

Bazı meslektaşlarımızın aklında hala formülde 30 değeri olmasına rağmen neden temel altından sondaj derinliğine kadar olan kısma böldüğümüzün sorusu olabilir. Bununla ilgili söylemek istediğim bu yöntemin bir tür ağırlıklı ortalama ile temel altındaki **ilk 30 metreye kadar olan bölümünün** SPT- $N60$  değerini araştırmaya çalışmasıdır.



Bazı arkadaşlar hala formülün moda mod uygulanması gerektiğini savunuyor. Kendilerine 30m derinliğinde bir sondaj yokken formüldeki 30m değerini nasıl kullandıklarını sorduğumda, bazıları az önce yaptığımız hesapların sonucunda buldukları h/N60 değerlerinin toplamını direk 30 a bölerek kullandıklarını ifade ettiler. Bunun ne kadar absürd bir yaklaşım olduğunu kısa bir sayısal veri ile ispatlayalım.

$$\text{SPT } (N_{60})_{30} = (30)/(0,9778+0,7723+0,0938) = 16,3 \text{ olarak hesaplanır ki gerçeklikten inanılmaz uzaktır.}$$

Bazı meslektaşlarımız ise son katmanın aşağı doğru devam ettiğini ve bu katmandaki ortalama SPT-N60 değerinin 30m aşağı kadar iniyormuş gibi kabul edilmesi gerektiğini savunuyor. Aynı hesapları bu yöntemle de yapalım. Bunun için son katmanın kalınlığını (Temel Altı 2,2m de olduğundan temel altındaki 30m değerini 32,2m de sağlayabiliriz)  $32,2-18,5=13,70$  m olarak hesaplanır. Buradan ortalama h/SPTN-60 son katman için  $13,70/16$  ile 0,8563 olarak hesaplanır.

$$\text{SPT } (N_{60})_{30} = (30)/(0,9778+0,7723+0,8563) = 11,5 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu sonuç size çok büyük bir fark yaratmıyor hissi verebilir. Fakat sınır değerler için çok büyük bir artış oranı (%21) mevcuttur. Hesapladığımız zeminin  $(\text{SPT}-N_{60})_{30}$  değeri 13 olsaydı son katmanın 30m derinliğe kadar devam ediyormuş gibi kabul edilme teorisi 15,73 değeri ile ZD sınıfı zemine geçecekti. İlerleyen yazılarımda aktaracağım gibi ZE-ZD geçişi sırasında inanılmaz bir Lamda katsayısı farkı olmakta ve yapının görelî ötelemesinin sınırlandırılmasında dramatik bir fark yaratmaktadır. Daha derindeki zeminler ile ilgili bilgimiz yok iken öngöremediğimiz veriler ile bu kadar kaba bir kabul yapılmasının anlamsız olduğunu aktarabildiğimi ve güvenli tarafta kalmak için araştırılan kısımların değerlendirilmesini tavsiye ediyorum. Diğer örneklerde zeminin derinliklerinde oluşan dramatik değişikliklerin zemin sınıfını nasıl etkilediğini göreceğiz.

*"The one thing an engineer should be afraid of is the development of conditions on the job which he has not anticipated. The construction drawings are no more than a wish dream. I have the impression that the great majority of dam failures were due to negligent construction and not to faulty design."*

**Karl von Terzaghi**

# ÖRNEK - I

## $(C_u)_{30}$ DEĞERİNİN HESAPLANMASI

Daha önceden verdiğimiz laboratuvar deneylerinden ve SPT-N ortalama değerlerinden 9-18,5m derinliklerinde bulunan kilin drenajsız kayma mukavemeti  $c_u = 195 \text{ kN/m}^2$  olarak tespit edilmiştir. [ 2. Konunun Giriş Bölümünde Korelasyon ve Tablolar ile gösterilecektir]  $(c_u)_{30} = H/(h/c_u)9,5/(9,5/195) = 195 \text{ kN/m}^2$

(Tek bir kil katmanı olduğundan kendi drenajsız kayma mukavemeti değerine eşittir)

Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25 \text{ kPa}$ ) içeren profiller	< 180	< 15	< 70

Yarısından daha azı kil olan bir zemin profilinde  $c_u$  değerinden zemin sınıfı seçmek akılcıl olmaz.

## ÖRNEK - I

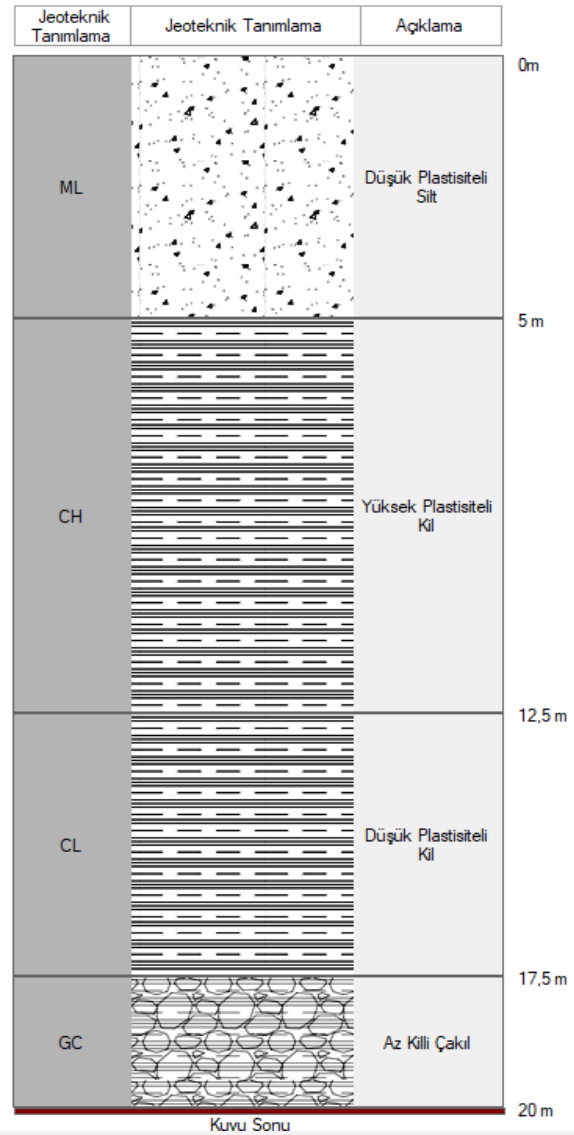
### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tür bir zemin türünde zemin sınıfını ZD seçmek çok akıllıca olmaz. Elinizden geldiğince SPT verilerini dikkate alarak zemin sınıfı seçiniz. Bu örnekte  $SPT-(N_{60})_{30}$  değeri 13-15 arasında olsa idi ZD zemin sınıfı mühendisin kararına bağlı olarak seçilebilirdi.

# ÖRNEK - 2

## VERİLERİN TOPLANMASI

SPT	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N
spt1	2	3	3	6
spt2	3	3	4	7
spt3	4	4	5	9
spt4	5	6	4	10
spt5	6	6	6	12
spt6	4	7	6	13
spt7	5	7	5	12
spt8	6	8	7	15
spt9	5	8	6	14
spt10	6	4	8	12
spt11	6	7	9	16
spt12	13	14	13	27
spt13	18	14	15	29



Araziye ait zemin sondaj logu ve Vs hızlarının grafiği veri raporundan alınmıştır.Yapı bilgileri sunulmuştur.

Öncelikle Vs hızları ile zemin sınıfının nasıl belirlendiğini göreceğiz. Ardından sondaj loglarındaki SPT-N değerlerine düzelterek SPT değerlerinin düzeltilmesini tekrar edeceğiz. Son olarakda SPT-N60 verileri ile zemin sınıfı kontrol edeceğiz.

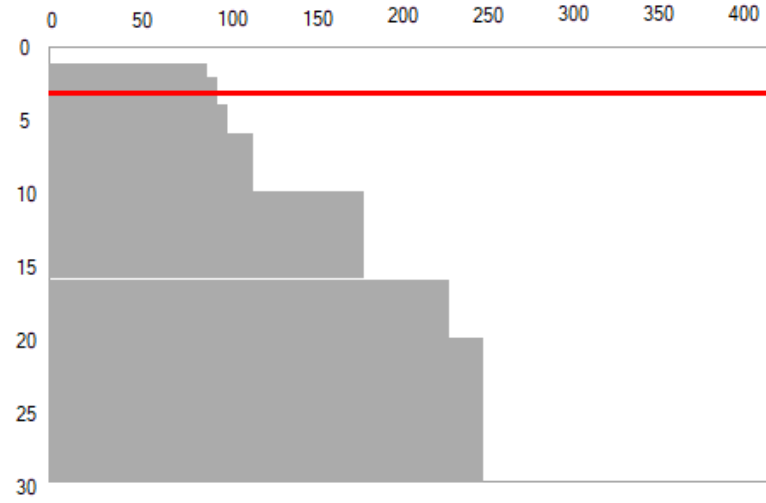
Bir önceki örneğimizde anlatmaya çalıştığım son katmanın 30m derinliği sağlayacak mesafeye kadar devam ettiği kabulünün anlamsızlaştığı bir örnek olarak incelemekte fayda var.

Katman	Zemin Cinsi	Açıklama	h1	h2	$\gamma_d$	$\gamma_{doz}$	$W_n$	LL	PL	PI	$\Phi$	C	mv	Cu	IDI
katman1	ML	Düşük Plastisiteli Silt	0	5	1,73	1,81	20	16	11	5	18	1,6	0	0	88
katman2	CH	Yüksek Plastisiteli Kil	5	12,5	1,76	1,81	33	40	17	23	8	1,1	0,036	0	98
katman3	CL	Düşük Plastisiteli Kil	12,5	17,5	1,9	1,92	26	28	19	9	8	0,95	0,0019	0	94
katman4	GC	Az Killi Çakıl	17,5	20	1,96	2,11	16	0	0	0	24	0	0	0	31

# ÖRNEK - 2

## VERİLERİN TOPLANMASI

Vs (Kama Dalgası Hızı)



Aralık (m)	Hız (m/sn)
1.2	93
2.1	99
4	105
6	120
10	185
16	235
20	255

Proje Bilgileri :

Yapı B Boyu (m)	: 13
Yapı L Boyu (m)	: 20
Yapı Oturma Alanı (m <sup>2</sup> )	: 260
Bodrum Kat Adedi	: 1
Toplam Kat Adedi	: 5
Temel Tipi	: Radye
Yapı Ağırlığı (t)	: 1850
Temel Altı Derinliği (m)	: 1,2
SDS	: 1,111
Mw	: 6,8

## ÖRNEK - 2

Yapımızın üzerine oturduğu zemin cinsi SW-SM olup temel derinliğimiz 2,2m kotundadır. Öncelikle zemin profilinde temelimizin üzerinde kalan zemin sınıflarını göz ardı etmeliyiz. Bunun sebebi zemin sınıfının **temel kotunun** altındaki ilk 30m derinliğine kadar aranacak olmasıdır.

Vs değeri ile hesap yapılırken Vs değerlerinin değişimini bir tablo olarak ve katman kalınlıklarını gösterir şekilde sunalım.

Aralık (m)	Kalınlık (m)	Vs (m/sn)
1,2	2,1	93
2,1	4	99
4	6	105
6	10	120
10	16	185
16	20	235
20	30	255

1,2m üzerindeki hızların bizim için bir anlamı yok. Bundan ötürü 0 - 2,1m arasındaki kalınlığı 1,2 - 2,1m arasında kabul edeceğiz. Yönetmelikte anlatıldığı gibi h/Vs değerlerini hesaplayalım. Dikkate alınacak ilk değer ;  $(2,1-1,2)/93=0,0097$  olarak hesaplanır. Diğerlerini de sırası ile hesaplırsak;

h/Vs	h/Vs
0,9/93	0,0097
1,9/99	0,0192
2/105	0,0190
4/120	0,0333
6/185	0,0324
4/235	0,0170
10/255	0,0392

(Vs)30 değeri için hesap derinliğimiz;

30-1,2=28,8 m olur. Toplam h/Vs değerlerini hesaplırsak

$$(Vs)_{30} = 28,8 / (0,0097 + 0,0192 + 0,0190 + 0,0333 + 0,0324 + 0,0170 + 0,0392)$$

$$(Vs)_{30} = 28,8 / 0,1699$$

(Vs)30= 169,5 m/sn olarak bulunur. Zemin Sınıfı ZE olarak görülür.

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{h_i}{V_{s,i}} \right)}$$

ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
----	--	-------	------	------

## ÖRNEK - 2

### SPT VERİLERİNİN DÜZENLENMESİ

SPT-N verileri ile zemin sınıfı seçebilmek için öncelikle SPT düzeltmesi yapılması gerekmektedir. Daha önceden yapmış olduğumuz kabuller tekrarlanarak SPT değerlerinin düzeltilmiş halleri bir tablo halinde sunulmuştur.

SPT	KOT	N 0-15	N 15-30	N 30-45	ND	CR	CS	CB	CE	CN	$\sum \sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	N60	N1,60	N 1,60F
spt1	1,5	2	3	3	6	0,75	1	1	1	1,7	2,595	6	7	14
spt2	3	3	3	4	7	0,75	1	1	1	1,371	5,19	7	7	13
spt3	4,5	4	4	5	9	0,85	1	1	1	1,234	6,405	9	9	16
spt4	6	5	6	4	10	0,95	1	1	1	1,125	7,7	10	10	17
spt5	7,5	6	6	6	12	0,95	1	1	1	1,039	9,035	12	11	19
spt6	9	4	7	6	13	0,95	1	1	1	0,970	10,37	13	11	19
spt7	10,5	5	7	5	12	1	1	1	1	0,913	11,705	12	10	18
spt8	12	6	8	7	15	1	1	1	1	0,865	13,04	15	12	20
spt9	13,5	5	8	6	14	1	1	1	1	0,823	14,405	14	11	18
spt10	15	6	4	8	12	1	1	1	1	0,786	15,785	12	9	16
spt11	16,5	6	7	9	16	1	1	1	1	0,754	17,165	16	12	19
spt12	18	13	14	13	27	1	1	1	1	0,723	18,64	27	19	27
spt13	19,5	18	14	15	29	1	1	1	1	0,693	20,305	29	20	28

I. Katmanın kalınlığının 8,8 alınmasının sebebi temelin alt kotunun 2,2m olması ve temel altında kalan katmanın kalınlığının hesaba katılması gerekmesi durumudur. [16.4.2]



# ÖRNEK - 2

## SPT - $(N_{60})_{30}$ DEĞERİNİN HESAPLANMASI

Katmanların ortalama SPT –  $(N_{60})_{30}$  değerleri ve katman kalınlıkları ile  $h/N_{60}$  değerlerini bulalım.

1. Katman (ML)				2. Katman (CH)						3. Katman (CL)				4. Katman (GC)			
KOT (m)	1,5	3	4,5	KOT (m)	6	7,5	9	10,5	12	KOT (m)	13,5	15	16,5	KOT (m)	18	19,5	
SPT- $N_{60}$	6	7	9	SPT- $N_{60}$	10	12	13	12	15	SPT- $N_{60}$	14	12	16	SPT- $N_{60}$	27	29	
Ortalama SPT- $N_{60}$	7,333			Ortalama SPT- $N_{60}$	12,4						Ortalama SPT- $N_{60}$	14			Ortalama SPT- $N_{60}$	28	
Katmanın Kalınlığı	3,8m			Katmanın Kalınlığı	7,5m						Katmanın Kalınlığı	5,0m			Katmanın Kalınlığı	2,5m	

1. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 3,8/7,333 = 0,518$$

2. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 7,5/12,4 = 0,605$$

3. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 5,0/14 = 0,357$$

4. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 2,5/28 = 0,0893$$

Sondaj derinliğimiz 20m ve temel derinliğimiz 1,2 m olduğundan araştırma miktarımız  $20 - 1,2 = 18,8m$ 'dir.

$$SPT (N_{60})_{30} = (18,8^*) / (0,518 + 0,605 + 0,357 + 0,089)$$

$$SPT (N_{60})_{30} = (18,8^*) / (1,569) = 11,98 \text{ olarak bulunur.}$$

SPT değerlerine göre seçilmesi gereken zemin sınıfı ZE dir.

ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
----	--	-------	------	------

Bazı meslektaşlarımızın aklında hala formülde 30 değeri olmasına rağmen neden temel altından sondaj derinliğine kadar olan kısma böldüğümüzün sorusu olabilir. Bununla ilgili söylemek istediğim bu yöntemin bir tür ağırlıklı ortalama ile temel altındaki **ilk 30 metreye kadar olan bölümünün** SPT- $N_{60}$  değerini araştırmaya çalışmasıdır.

# YANLIŞ?

Daha önceki örnekte bahsettiğim katmanın aşağı doğru devam ettiğini ve bu katmandaki ortalama SPT-N60 değerinin 30m aşağı kadar iniyormuş gibi kabul edilmesi gerektiğinin savunulması durumunda aynı hesapları bu yöntemle de yapalım. Bunun için son katmanın kalınlığını (Temel Altı 1,2m de olduğundan temel altındaki 30m değerini 31,2m de sağlayabiliriz)  $31,2-17,5=13,70$  m olarak hesaplanır. Tekrar tablolar ile göstermek gerekirse;

1. Katman (ML)			
KOT (m)	1,5	3	4,5
SPT-N <sub>60</sub>	6	7	9
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	7,333		
Katmanın Kalınlığı	3,8m		

2. Katman (CH)					
KOT (m)	6	7,5	9	10,5	12
SPT-N <sub>60</sub>	10	12	13	12	15
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	12,4				
Katmanın Kalınlığı	7,5m				

3. Katman (CL)			
KOT (m)	13,5	15	16,5
SPT-N <sub>60</sub>	14	12	16
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	14		
Katmanın Kalınlığı	5,0m		

4. Katman (GC)		
KOT (m)	18	19,5
SPT-N <sub>60</sub>	27	29
Ortalama SPT-N <sub>60</sub>	28	
Katmanın Kalınlığı	13,70m	

1. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 3,8/7,333 = 0,518$$

2. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 7,5/12,4 = 0,605$$

3. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 5,0/14 = 0,357$$

4. Katman için;

$$h/SPT-N_{60} = 13,7/28 = 0,0893$$

$$SPT (N_{60})_{30} = (30^*) / (0,518 + 0,605 + 0,357 + 0,489)$$

$$SPT (N_{60})_{30} = (30^*) / (1,969) = 15,24 \text{ olarak bulunur.}$$

SPT değerlerine göre seçilmesi gereken zemin sınıfı

ZD dir. **İki sistem arasında %27 artış var.**

Bu hesap yönteminin kabul edilmemesi bazı kritik zeminler için fark yaratabilir. Benim mantığım bu yöntemin bu şekilde kullanılmasını kabul etmiyor.

Yasa koyucular örnek gösterimlerinde bu yolu benimser ise tabiki tersini iddia edemem. Yine de akla ve mantığa dayanarak araştırmadığımız bir noktanın varlığını kabul ederek zemin sınıfı seçmek sonuçları çok yanlış etkiler. Aynı durum bazı zeminler de tam tersi olarak durumu etkilemektedir. [Üst seviyelerde Yüksek SPT son katmanda çok düşük SPT]

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Zemin sınıfı SPT ve Vs verilerine göre (%75 inden fazlası kil olan zeminlerde cu değerinde dahil edin) seçilmelidir. Burada önemli olan mühendisin verileri karşılaştırabilecek bilgi ve tecrübeye sahip olmasıdır. Diğer örneklerimizde de farklı zemin profilleri için SPT ve Vs değerlerine göre zemin sınıfı tayini yapacağız. Zemin sınıfı tayini şu anda geoteknik raporlarda hiç önemsenmeden geçilen bir konu olarak göze çarpmaktadır. Bazı kurumlarda ve çevremde incelediğim geoteknik raporlarda bu durum ile ilgili bir hesap bile yapılmadan zemin sınıfı seçimi yapıldığı dikkatimi çekti. Burada verdiğimiz kararların üst yapı tasarımını (Zemin Sınıfı Seçimi) büyük ölçüde etkilediğini unutmayınız.

*« İnşaat mühendisliğinde kesin çözüm yoktur. Hesap yaparken bir sürü varsayım yaparız .İyi mühendis, yaptığı varsayımların ve bunların mertebesinin bilincindedir.Kötü mühendis, çoğu kez hesapların, yaptığı varsayımlar nedeni ile kesin olmadığının farkında değildir. Bu nedenle de oluşabilecek hata oranı hakkında da hiçbir fikri yoktur. »*

**R.C. REESE**

*"ERSOY, U., Ustalarımın Öğrendiklerim, İnşaat Mühendisleri Odası, ANKARA, 1999" dan alınmıştır.*