

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

6. Bölüm 2. Parça
KONSOLİDASYON OTURMASI

Hazırlayan: İnş. Müh. Gökhan DEMİRBAŞ

KONSOLİDASYON OTURMASI

Killi zeminler bünyelerinde çok yüksek miktarlarda su tutar. Tutulan bu su miktarına bağlı olarak (su miktarı kilin mineral yapısına, plastisitesine bağlı olarak değişir) kil hacminde büyük artışlar yaşar. Hacimdeki bu artışların yaşanması zamana bağlıdır. Bu işlem aylar hatta yıllar sürer. Aynı şekilde bu suyun bünyesinden drene olabilmesi de yıllarca süren bir işlemdir. Bu drenajın süresi kilin üzerindeki yükün miktarına, kilin hafızasındaki yükün boyutlarına ve permabilitesine bağlıdır.

Bu yazı kapsamında amacım sadece hacimsel sıkışma katsayısına bağlı olarak konsolidasyon oturması hesaplarının yapılmasıdır. Bunun dışında zamana bağlı olarak yapılan konsolidasyon hesaplamaları da vardır. Bu tür hesaplamalar içerisinde kilin hali hazırda mevcut olan konsolidasyon durumu da araştırılır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 kapsamında görmüş olduğunuz konsolidasyon hesaplamalarında hacimsel sıkışma katsayısı görüldüğü gibi kullanılmıştır;

Hesaplamalarda (Kilin yük hafızası uzun vadeli olduğundan) kazı ağırlığı yapı ağırlığından çıkarılmıştır. Ayrıca kimse tarafından henüz bir yorum katılmamış konuda eski yapılardır. İnşaat yapılacak araziden (kentsel dönüşüm vb...) inşaat yapılmadan önce yıkılmış yapıların yük etkisinde aslında dikkate alınmalıdır. (Aşırı Konsolide Killer [OCR])

TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY-2018) EĞİTİMİ
Açıklamalar ve Uygulama Örnekleri
Kısım – Z-I-1 : Zemin Araştırmaları, Veri Raporu ve Geoteknik Rapor Hazırlanması

Oturma Hesabı:

Binadan temel zeminine sabit (zati) yük ve hareketli yüklerden (G+Q) aktarılacak ortalama temel taban basıncının 240 kPa değerini aşmayacağı tahmin edilmektedir. Bodrum ve temel kazısı ile kaldırılacak yük

$$\text{yaklaşık } 8,4\text{m} \times 19\text{kN/m}^3 = 160 \text{ kPa}$$

olacağına göre temel zeminine aktarılacak net gerilme

$$\Delta\sigma = 80 \text{ kPa}$$

mertebesinde olacaktır. Geniş alan kaplayan binanın altında kalınlığı H=40 m olan bir tabaka durumu göz önüne alınarak oluşabilecek konsolidasyon oturması

$$s_c = H m_v \Delta\sigma$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Burada m_v hacimsel sıkışma katsayısı olup yukarıda tabloda verilen efektif elastisite modülünden $m_v = 1.25 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{kN}$ olup

$$s_c = 0.04\text{m}$$

KONSOLİDASYON OTURMASI

Konsolidasyonun temel mantığını irdelediğimize göre formülasyonun içeriğini inceleyelim:

$$S = Mv \cdot \Delta\sigma' \cdot H$$

S değeri (S_c) bir katman üzerindeki toplam konsolidasyon oturmasını ifade eder. mv değeri hacimsel sıkışma katsayısını, $\Delta\sigma'$ hesaplama yapılacak tabakanın orta noktasındaki toplam gerilme artışını, H ise hesaplama yapılacak tabakanın kalınlığını belirtir.

Sunum kapsamında tüm bu değerlerin hesaplamaları ve kabullerini detaylı bir şekilde aktaracağım. Dikkat edilmesi gereken noktalar mv değerinin doğru seçimi ve yükün zemin üzerinde dağılımının irdelenmesi olacaktır. Bunun dışında katman kalınlığı ile ilgili doğru okuma yapılması gerekir.

Bir temelin zemine yükünü nasıl dağıttığını ve zemin içerisinde derinlere inildikçe yapı etki yükünün nasıl azaldığını ve belirli bir noktadaki Efektif Gerilme değerinin hesaplanmasını 2. Bölümde [Yapı Etki Derinliği] sizlere aktarmıştım. Bu iki bilgi bu bölüm kapsamında son derece önem arz ediyor. Bu sebeple tam olarak anlayamadığınızı düşünüyorsanız tekrar etmenizi tavsiye ederim. Konsolidasyon oturması hesaplanacak bir zemin tabakasının orta noktasındaki efektif gerilme miktarının belirlenmesi mv değerinin seçimini direk olarak etkileyecektir.

Hesaplamalar ve seçimlere geçmeden önce konunun (Genel Oturma) benim için ne ifade ettiğini kısaca sizlerle paylaşmak isterim.

KONSOLIDASYON OTURMASI [GÖRÜŞ]

Yapılan konsolidasyon oturması hesaplarında bir çok yanlış göze çarpıyor. Aşırı konsolide kil araştırması – efektif derinlik etkisi araştırılmadan tüm katmanın (kalın katmanlar için) derinlik ile hiç değişmediğini kabul ederek hesaplama yapmak akılcıl değildir. Ayrıca m_v değerinin seçiminde de efektif gerilmenin derinliğe göre artışının araştırılması gerekir. Çoğu zaman hesapladığımız oturma miktarlarından çok düşük oturmalar gerçekleşir. Şev analizi sistemlerinin gelişimi gibi oturma hesaplarının gelişimi de gerçek oturma miktarına yaklaşımsal çözümler sunmak ve beklenen oturmanın reel oturmaya yaklaşımını sağlamak için gelişmektedir. Ben sunum kapsamında size aynen yönetmeliklere sunulduğu gibi anlatım yapacağım. Fakat bilmenizi isterim ki 40 metrelik bir kil tabakası tek seferde hesaplanmaz. Katmanlar efektif gerilme grafiği çizilerek belirli gerilme – kırılma noktalarından farklı parçalara bölünür ve yapı etki derinliğinin altında kalan parçalar hali hazırda aşırı konsolide sayılarak daha farklı hesaplanır. Çok hassas killerde her bir SPT değerine denk gelen su içeriği ve plastisite indisi ayrı ayrı irdelenmeli, gerekli görüldüğü durumlarda tüm profil 1,5 metrelik katmanlara bölünerek sonlu elemanlar mantığına benzer bir yaklaşım kullanılarak hesaplanmalıdır.

Ayrıca bu yazıyı okuyan bir çok meslektaşımız, jeoloji ve jeofizik mühendisi arkadaşımız presiyometre ile oturma hesabı yapma gayretine düşerek inanılmaz yüksek değerlerde oturmalar (menard ampirik yaklaşımı ile) hesaplıyor. Bunun sebebi rahmetlinin döneminde tekil temeller üzerinden yaklaşımlar yapılmasıdır. Örneğin ampirik bir yaklaşımda 8B ifadesi geçer. Burada anlatmaya çalıştığı temelin etki derinliğinin 8B olduğu (çünkü Louis Menard 60cmlik kare tekil temel ile çalışmış) ve bu derinliğe kadar yapılan presiyometrelerin değerlendirilmesini ön görmesidir. Şimdi radye temel sistemlerinde 12 metre genişliğinde bir temelin etki alanının 96 metre olduğunu savunmak akılcıca olmaz. Ayrıca presiyometre sonuçlarında çok nadiren «elle tutulur» Elastisite Modülü elde edilir. Çok sıkı kum zeminlerde önerilen elastisite modülleri gülünç seviyelerdedir. Bu değerler ile yapılan hesaplamalara bakılırsa ülkemizde aşırı oturma yapmayan tek bir yapı bile olmamalıdır. Lakin böyle bir durum söz konusu değildir. Yapılarda oturma problemi nadiren yaşanır ve çoğu zaman farklı oturma olarak (zeminde kontrol edilemeyen farklı durumlar) kendini gösterir. (Bu bölümde bahsettiğim yapılar genel olarak $BYS > 4$ ve $BKS = 3$ [Mühendislerin sürekli karşılaştıkları gündelik yapılar] olan yapılardır. Özel yapıları kesinlikle (Kule, Hastahane, Stad vb...) içermemektedir.

KONSOLİDASYON OTURMASI

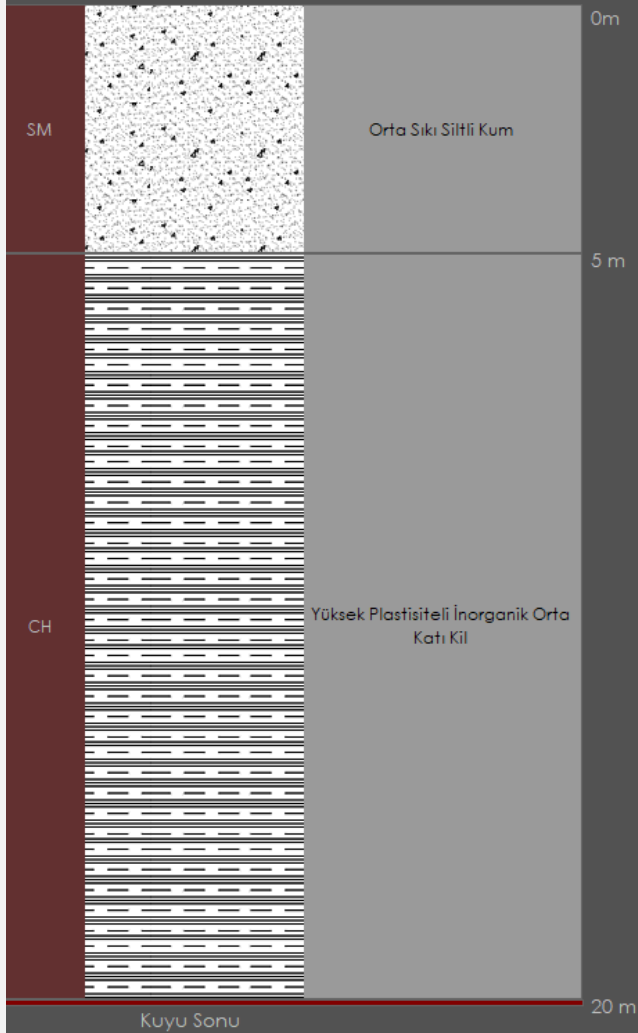
Mevcut bir konsolidasyon deneyi üzerinden m_v seçimini bir örnek yardımı ile inceleyelim. [Konsolidasyon deney örneği için İbrahim Sarıdurmuşoğlu'na teşekkür ederim]

Deneyi Talep eden: Customer Name							Bakanlık Rapor No: Ministry Report No			
Numune Alınış Tarihi: Sampling Date		12.03.2019		Kuyu-Sondaj No: Borehole No		SK1-UD		Rapor No : Report No		
Numune Yeri : Location of Sample				Derinlik : Depth		5,00-5,50		Numune Tipi: Sample Type		ÖRSELENMEMİŞ
Pafta / Ada / Parsel: die / island / parcel				Deney Tarihi : Date of Test				Standart No : Standard No		TS 1900-2/T1 Madde 5.2 Deney 2
Basınç, σ'		H	H₀	e	Δe	$\Delta \sigma$	a_v	$m_v = a_v / (1 + e_0)$	t_{90}	C_v
kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	-	kg/cm ²	cm ² /kg	cm ² /kg	dk	(cm ² /dk)
0	0	20,00	14,388	0,390	-	-	-	-	-	-
0,51	50	19,81	14,388	0,377	0,013	0,51	0,0265	0,0190	-	-
1,02	100	19,54	14,388	0,358	0,019	0,51	0,0364	0,0265	-	-
2,04	200	19,24	14,388	0,337	0,021	1,02	0,0203	0,0150	-	-
4,08	400	18,74	14,388	0,302	0,035	2,04	0,0172	0,0129	-	-
8,15	800	18,04	14,388	0,254	0,049	4,08	0,0120	0,0092	-	-
4,08	400	18,12	14,388	0,259	0,006	4,08	0,0014	0,0011		
1,02	100	18,28	14,388	0,271	0,011	3,06	0,0038	0,0030		

Görüldüğü üzere m_v değerlerinin yük ile değişimi (efektif gerilme) bir tablo halinde sunulmuş. Fakat hangi m_v değerinin kullanılacağına mühendis karar vermelidir.

KONSOLİDASYON OTURMASI

Konsolidasyon deneyine göz gezdirdikten sonra yapımızın oturacağı zemin profilini ve yapı bilgilerini inceleyelim.



Yapı Bilgileri

B (m) 15 Yaklaşık Yapı Boyutu

L (m) 20 Yaklaşık Yapı Boyutu

A (m²) 300 Yapı Oturma Alanı

1 Bodrum Kat Adedi

7 Toplam Kat Adedi

Radye Temel Tipi

W (t) 3250 Yaklaşık Yapı Ağırlığı

Df (m) 2.5 Temel Altı Derinliği

3 Yapılan Sondaj Adedi

1,151 SDS Deprem Tehlike Haritası Web Sitesi (AFAD)

6,5 Mw

Yapı	Y _{doğal}	W _n	PL	C	IDI	Yapı
SM	1.8	16	0	0	38	Orta Sıkı Siltli Kum
	1.87	0	24	0	NP	
CH	1.88	28	17	6.5	91	Yüksek Plastisiteli İnorganik Orta Katı Kil
	1.96	41	8	120	24	

Y_{doğal}= Doğal birim hacim ağırlığı W_n= Su içeriği (%) PL= Plastik limit C= Kohezyon (t/m²) IDI= İnce dane indeksi (%)

Y_{doğun}= Doygun birim hacim ağırlığı LL= Likit limit Φ= İçsel sürtünme açısı Cu= Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m²) P_i= Plastisite indeksi

Zeminin mekanik özellikleri yukarıda gösterilmiştir. Yer altı suyu 4 metre yüksekliktedir.

Yapı 1 bodrum 1 zemin ve 5 normal kattan oluşan bir konut yapısıdır. Zemin ise ilk 5 metrede Orta Sıkı Siltli Kum, ardından 20 metreye kadar Yüksek Plastisiteli İnorganik Kil içermektedir.

Not: 20 metre derinlikten sonra dayanım açısından sağlam zemine girildiği varsayılmaktadır. Yapı etki derinliğinin altındaki killerde oturma çok düşük miktarlarda olur.

KONSOLİDASYON OTURMASI

Öncelikle kilin merkezindeki efektif gerilme bulunur. Bunun için kilin merkezi olan 12,5 metrede;

$4 \times 1,8 + 1 \times 0,87 + 7,5 \times 0,96 = 15,27 \text{ t/m}^2$ olarak hesaplanır. Şimdi mv tablosunda $1,53 \text{ kg/cm}^2$ değerine denk gelen mv değerini (bu değer kesinlikle linear değişmez lakin çok yakın bir değer bulunur) ortalama ile bulalım.

Delta Sigma (Efektif Gerilmedeki Artış Miktarı $1,02 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow 0,0150$

Delta Sigma (Efektif Gerilmedeki Artış Miktarı) $2,04 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow 0,0129$

$1,53$ değeri tam orta noktasında olup (tamamen şans eseri denk geldi) mv değeri $\Rightarrow (0,150+0,0129)/2 = 0,01395$ olarak seçilebilir.

Şimdi konsolidasyon oturmasının hesaplanması için kil merkezinde yapı yükünden kaynaklanan gerilme artışını bulalım.

Yapı Ağırlığı = 3250 ton

Kazı (kaldırılan yük) Ağırlığı = 1350 ton

Net yük = 1900 ton

Net yükünün zeminin 12.5 m derinliğinde oluşturacağı gerilme artışı

$$= 1900 / ((15+10) \times (20+10)) = 2,53 \text{ t/m}^2 = 0,253 \text{ kg/cm}^2$$

Toplam Konsolidasyon oturması = $1500 \times 0,253 \times 0,01395 = 5,29 \text{ cm}$ olarak hesaplanır.

Görüleceği üzere yüksek miktarlarda konsolidasyon oturması hesaplanmıştır. Bu iş ile aktif olarak uğraşan arkadaşlarımız bu sunumu incelerken konsolidasyon deneyini gördüklerinde bu kilin çok oturma yapacağını aşağı yukarı tahmin etmiştir. Zaman ile bu işe yeni başlayan arkadaşlarımız da bu konularda göz aşinalığı kazanacaktır. Bu gibi bir yapıda akla ilk gelen önlem temel genişliğini (ampatman) artırmaktır. Yüksek oturmalarda %10-12 aralığında oturma azaltılabilir. Ayrıca bu arazi üzerinde daha önce yük hafızası oluşturabilecek bir yapı mevcut olsa idi bu yapının yükü (Sürşarj) kazı ağırlığı gibi yapı ağırlığından çıkarılabilirdi.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle yüksek plastisiteli, su içeriği yüksek ve yer altı suyunun altında (saturated) doymun halde bulunan killerde yüksek konsolidasyon oturmaları beklenir. Konsolidasyon oturmalarının mühendis kontrolünde olan tek bir bileşeni vardır. Hesaplamalarda «H» katman kalınlığını değiştiremeyiz. Ayrıca zeminin üzerinde uzun süredir mevcut olan efektif gerilmeyi de aynı şekilde değiştiremeyiz. Yapılması gereken yapının ağırlığından kaynaklı yük artışının kontrol altına alınmasıdır. Bu durum bazen temel boyutları ile kontrol edilemez seviyelerdedir. Bu gibi durumlarda yapının yükünün kilin altındaki sağlam katmanlara Jet – Grout, Kazık vb... önlemler ile aktarılması gerekir.

Çözmüş olduğumuz örnekte yapının etkin derinliği 23 metredir. Bu etkin derinlik içerisindeki kil katmanının çeşitli parçalara bölünerek her bir parçanın kendi plastisite indeksi, su içeriği ve efektif gerilmesi ile değerlendirilmesi hesaplamalar açısından daha sağlıklı olacaktır. Fakat sınırlarının belirlenmesi zor, hesaplaması zahmetli ve bir miktar tecrübe gerektiren bir işlem olduğu da unutulmamalıdır.

Deprem yönetmeliğinin konu anlatım kitabında çözülen konsolidasyon oturması örneğini incelemenizi şiddetle tavsiye ederim.