

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

6. Bölüm 1. Parça
ELASTİK (ANİ) OTURMA
ÖRNEK – 1
ÖRNEK – 2

Hazırlayan: İnş. Müh. Gökhan DEMİRBAŞ

ELASTİK ANİ OTURMA

Ani oturma veya distorsiyon oturması aslında elastik olmasa da genellikle elastik teoriden hareketle hesaplanmaktadır. Oturmanın bu bileşeni ile ilgili denklemler genellikle deformasyonun PL/AE 'ye eşit olduğu P aksenal yükü altındaki kolonların deformasyonuna benzemektedir. Bununla beraber, çoğu temelerde yükleme genellikle üç boyutlu olup, temel zeminlerinde bazı distorsiyonlara neden olmaktadır. Sıkışma modülünün ve gerilme altındaki zeminin hacminin sağlıklı olarak hesaplanmasını engelleyen birtakım problemler vardır. Ani oturmalar sıg temellerin tasarımında göz önüne alınmalıdır. [D. Holtz]

Önümüzdeki günlerde geoteknik tasarımlar sırasında karşımıza en çok bilinmez ile gelecek konu ani oturma konusudur. Tüm verileri mühendis tarafından seçilen «Ani Oturma» hesapları temellerin boyutlandırmasında esas kriter olarak önümüze çıkmalıdır. Çok uzatmadan meraklısı için konunun özünün nereden geldiğini basitçe gösterelim.

5-6 IMMEDIATE SETTLEMENT COMPUTATIONS

The settlement of the corner of a rectangular base of dimensions $B' \times L'$ on the surface of an elastic half-space can be computed from an equation from the Theory of Elasticity [e.g., Timoshenko and Goodier (1951)] as follows:

$$\Delta H = q_o B' \frac{1 - \mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} I_2 \right) I_F \quad (5-16)$$

where q_o = intensity of contact pressure in units of E_s
 B' = least lateral dimension of contributing base area in units of ΔH
 I_i = influence factors, which depend on L'/B' , thickness of stratum H , Poisson's ratio μ , and base embedment depth D
 E_s, μ = elastic soil parameters—see Tables 2-7, 2-8, and 5-6

The influence factors (see Fig. 5-7 for identification of terms) I_1 and I_2 can be computed using equations given by Steinbrenner (1934) as follows:

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M(1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right] \quad (a)$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right) \quad (\tan^{-1} \text{ in radians}) \quad (b)$$

where $M = \frac{L'}{B'}$

Bowles Immediate Settlement Computations

Burada $M=L'/B'$ kısmından sonra çeşitli kabuller ile yönetmelikte örnek olarak gösterilen I_p değerine ulaşıyor.

ELASTİK ANİ OTURMA

Elastik oturma hesaplarında kullanılan iki değişken vardır. Bu değişkenler zeminin cinsi, sıklığı, katılığı vb... faktörlere bağlıdır. Elastisite modülü seçimi yapılırken literatürde mevcut olan aralıklar ve ampirik yaklaşımlar ile çeşitli kabuller yapılır. Bu kabullerin kaynaklarını sayısal verilerini göstermeden hesaplamalara devam etmek akıllıca olmaz. Bunun dışında poisson oranı olarak bildiğimiz zeminin düşey yük altında yapacağı yanal genişleme oranıdır. Bu oran zemin tiplerine göre, su içeriğine göre değişkenlik gösterir. Yine aynı şekilde bir çok üstad bu konu ile ilgili çeşitli kabuller göstermiş olup literatürdeki bu kabullere göre kaynak gösterilerek belirlenmelidir.

$$\delta_i = q_{net} \cdot B \cdot \left(\frac{1 - \mu^2}{E} \right) \cdot I_o$$

δ_i = Ani Oturma

q_{net} = Net Temel Taban Basıncı

B = Temel genişliği veya çapı

μ = Poisson Oranı (Doygun Killerde 0.5 alınabilir. 0.3-0.5 arasında)

E = Zeminin Elastisite Modülü (Drenajsız)

I_o = Esnek veya Rijit Temel Katsayısı

Temel Etki Faktörleri (I_o) (Duncan et.all, 1976)

Biçim	m_1 (L/B)	Etki Faktörü (I_o)			
		Esnek temel			Rijit Temel
		Merkez	Köşe	Ortalama	
Daire	-	1.0	0.64	0.85	0.79
Dikdörtgen	1.0	1.122	0.561	0.946	0.82
	1.5	1.358	0.679	1.148	1.06
	2.0	1.532	0.766	1.300	1.20
	3.0	1.783	0.892	1.527	1.42
	4.0	1.964	0.982	1.694	1.58
	5.0	2.105	1.052	1.826	1.70
	10.0	2.540	1.270	2.246	2.10
	20.0	2.990	1.490	2.620	2.46
	50.0	3.570	1.800	3.150	3.00
	100.0	4.010	2.005	3.693	3.47

ELASTİK ANİ OTURMA

Elastik oturma konusunda en yaygın olarak kullanılan ve herkes tarafından bilinen bu formül «Timoshenko» (1951) tarafından geliştirilmiştir. Burada q_{net} = değerini direkt olarak yapının kendi etkisinden dikkate almalıyız. Her türlü basınç değerinden kazı ağırlığını çıkarma huyumuzdan vazgeçmeliyiz. Ani oturma çok hızlı gerçekleşir. Siz bir zemini kazdığınızda hemen esneyen bir zemin türü üzerine yapı yüklenmeye başladığı andan itibaren elastik olarak oturur. Zemin elastik olarak yapı tamamlandığında oturmuş olur. Kazı ağırlığının çıkarılması sadece uzun süreli hesaplamalarda (Konsolidasyon) dikkate alınabilir. Zeminin tepkisinin uzun süreli olduğu bu gibi durumlarda zemin ağırlığını çıkarmak şişme ve yeniden konsolidasyon durumlarına sebebiyet vereceğinden bu işleme başvurulur. Bu durumu size basit bir kolon eğilmesi ile de anlatmak istiyorum. Elastik kabul ile üzerine yatay yük gelen bir kolonun bu yük altında yaptığı deplasman yükün kaldırılması ile eski haline döner. Yeni bir yükleme yapıldığında kolon asla «eski yüklemeyi hatırlayarak (ELASTİK KABUL) daha az» deplasman yapmaz. Burada hesaplamaya çalıştığımız oturma cinsi elastik oturma olduğundan zeminde de bu yükleme geçerli olur. Kaynak gösterme amaçlı olarak deprem yönetmeliğinin çözümlü örneklerinden size konsolidasyon ve elastik oturma örneklerinin fotoğraflarını koyuyorum. Gördüğünüz üzere yalnızca konsolidasyon hesabında kazı ağırlığı çıkarılmıştır.

TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY-2018) EĞİTİMİ
Açıklamalar ve Uygulama Örnekleri
Kısım Z-1-2: Yüzeysel temeller için statik yükler ve deprem etkisi altında tasarım örneği

TEMEL ALTINDA STATİK YÜKLER ALTINDA MEYDANA GELECEK OTURMALARIN HESAPLANMASI (TBDY 16.8.3.4)

Statik durumda temel taban basıncı (1.4G+1.6Q yükleme durumu için temel taban basıncı) = 364 kN/ m²

Depremlili durumda temel taban basıncı (G+Q+E yükleme durumu için temel taban basıncı) 216 kN/ m²

$m_1 = 19/14 = 1.36$ için Tablo 1'den enterpolasyonla $I_p \approx 0.99$ (Rijit temel)

Buna göre temel zemini için $E_u = 750.000$ kPa olarak hesaplanabilir.

Siltli kil zemin için Poisson oranı = $\mu = 0.30$

$$\delta_e = (364)(14) \frac{1 - (0.30)^2}{750000} (0.99) = 6.18 \times 10^{-3} \text{m} = 0.62 \text{cm}$$

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

Oturma Hesabı:

Binadan temel zeminine sabit (zati) yük ve hareketli yüklerden (G+Q) aktarılabacak ortalama temel taban basıncının 240 kPa değerini aşmayacağı tahmin edilmektedir. Bodrum ve temel kazısı ile kaldırılacak yük yaklaşık $8,4 \text{m} \times 19 \text{kN/m}^3 = 160 \text{kPa}$

olacağına göre temel zeminine aktarılabacak 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 hacimsal sıkışma katsayısı olup yukarıda tabloda verilen efektif elastisite modülünden $m_v = 1.25 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{kN}$ olup

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

ÖRNEK - I

Elastik oturma hesabı basit olarak aşağıdaki formül ile yapılır.

Oturma Potansiyeli

q_0 : Temel Taban Basıncı

B : Temel Genişliği

μ : Poisson Oranı

I_p : Boyutsuz Etki Faktörü
Sıkışabilir Kil Tabakası

H : Kalınlığı

m_v : Hacimsel Sıkışma Katsayısı

$\Delta\sigma_z$: Gerilme Değişimi

Eu : Elastisite Modülü

δ_e : Ani Oturma

δ_c : Konsolidasyon Oturması

$$\delta_e = q_0 B \frac{1-\mu^2}{Eu} I_p \quad ; \quad \delta_c = H m_v \Delta\sigma_z$$

Temel Őekli	$m_1=L/B$	I_p		Rijit
		Deforme edilebilir		
		Merkez	Köşe	
Dairesel	-	1.00	0.64	0.79
Dikdörtgen	1	1.12	0.56	0.88
	1.5	1.36	0.68	1.07
	2	1.53	0.77	1.21
	3	1.78	0.89	1.42
	5	2.10	1.05	1.70
	10	2.54	1.27	2.10
	20	2.99	1.49	2.46
	50	3.57	1.80	3.0
100	4.01	2.0	3.43	

Öncelikle L/B hesaplanarak m_1 değeri üzerinden I_p değerine geçilmelidir.

$$m_1 = 20/14 = 1,428$$

Rijit radye temel için I_p enterpolasyon ile = 1,04 olarak bulunur.

$$\delta_e = 11,75 * 14 * ((1-0,35^2)/4078) * 1,04$$

$\delta_e = 0,0368$ m = 3,68 cm olarak hesaplanır. Radye temeller için çok yüksek olmayan bir oturma hesaplanır.

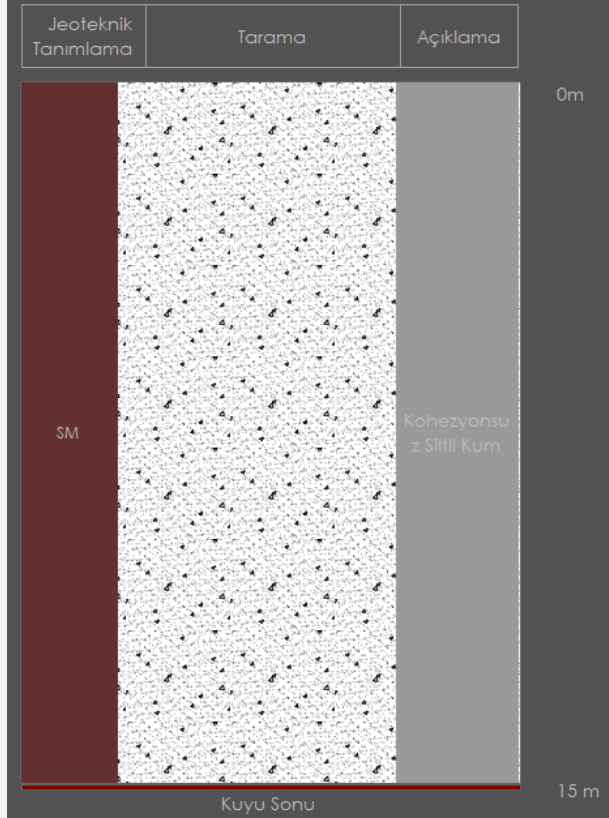
Aynı hesaplama dinamik yükleme için de yapılmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken asli durum dinamik yükleme altında temelin davranışı olacaktır. Hesapladığımız değer aslında zeminin yapacağı gerçek deplasmanı göstermeyecektir. Winkler yay modeline göre üst yapı etkileşimli tasarladığımız radye temellerde temelin tek bir bölümü bu basınca marûz kalacağından deplasmanın yarısından fazlası (çoğu zaman) (yatak katsayısına dikkat edilmeli) temele gerilme olarak gelir. Bunu göz ardı etmeden sadece sayısal olarak hesaplama yapılması gerekirse.

$$\delta_e = 13,89 * 14 * ((1-0,35^2)/4078) * 1,04$$

$\delta_e = 0,0435$ m = 4,35 cm olarak görülür. Bu deplasman deprem anında depremin geldiği yönün tersine basınç olarak etkiyen yükün deplasmanıdır. Eğer zemininiz de yatak katsayınız çok düşük ise ($K < 900$ t/m²) temeliniz dönmeye çalışacaktır. Eğer bu zeminde yatak katsayınız yüksek ise deplasmanın büyük bölümü temelde gerilme ile karşılanacaktır.

ÖRNEK - 2

Üst yapı ve zemin bilgileri aşağıda verilmiştir.



Proje Bilgileri :	
Yapı B Boyu (m)	: 24
Yapı L Boyu (m)	: 32
Yapı Oturma Alanı (m ²)	: 768
Bodrum Kat Adedi	: 1
Toplam Kat Adedi	: 10
Temel Tipi	: Radye
Yapı Ağırlığı (t)	: 8500
Temel Altı Derinliği (m)	: 1,75
SDS	: 1,125
Mw	: 6,8

$$q_{0s} = 14,20 \text{ t/m}^2 (1,4G+1,6Q) \text{ Statik}$$

$$q_{0d} = 21,75 \text{ t/m}^2 (G+Q+E) \text{ Dinamik}$$

Buradaki siltli kumumuz orta sıkı bir (DR>%60) olarak gözlenmiştir.

Elastisite modülü= 52500 kN/m² olarak kabul edildi.

$$E=5353 \text{ t/m}^2$$

Poisson oranı =0,3 olarak kabul edildi.

Zemin Cinsi	Açıklama	h1	h2	γ_d	γ_{doz}	W_n	LL	PL	PI	Φ	C	mv	Cu	DI
SM	Kohezyonsuz Siltli Kum	0	15	1,88	1,94	25	0	0	NP	26	0	0	0	6

LAB. NO.	SINIFLANDIRMA DENEYLERİ								MUKAVEMET DENEYLERİ						
	ELEK ANALIZI YIKAMALI		ATTERBERG LİMİTLERİ			SINIFLANDIRMA SİSTEMİ	DOĞAL SU İÇERİ	ÖZGÜL AĞIRLIK	DOĞAL B.HACİM AĞIRLIK	RILMIŞ B. HACİM AĞ.	SERBEST BASINÇ DENEYİ	DİREKT KESME DENEYİ			
ÖRNEK			#10	#200	LL	PL	PI	USCS	Wn	Gs	γ_n	γ_s	qu	kg/cm ²	Derece
Kuyu No	Örnek No	Derinlik	%	%	%	%	%		%		gr/cm ³		kg/cm ²	c	ϕ
SK-1	KAROT	3.50-4.50	30	6		NP		SW-SM	23.3		1.88				26

ÖRNEK – 2

Elastik oturma hesabı basit olarak aşağıdaki formül ile yapılır.

Oturma Potansiyeli

- q_0 : Temel Taban Basıncı
 B : Temel Genişliği
 μ : Poisson Oranı
 I_p : Boyutsuz Etki Faktörü
Sıkışabilir Kil Tabakası
 H : Kalınlığı
 m_v : Hacimsel Sıkışma Katsayısı
 $\Delta\sigma_z$: Gerilme Değişimi
 E_u : Elastisite Modülü
 δ_e : Ani Oturma
 δ_c : Konsolidasyon Oturması

$$\delta_e = q_0 B \frac{1-\mu^2}{E_u} I_p \quad ; \quad \delta_c = H m_v \Delta\sigma_z$$

Temel şekli	$m1=L/B$	I_p		Rijit
		Deforme edilebilir		
		Merkez	Köşe	
Dairesel	-	1.00	0.64	0.79
Dikdörtgen	1	1.12	0.56	0.88
	1.5	1.36	0.68	1.07
	2	1.53	0.77	1.21
	3	1.78	0.89	1.42
	5	2.10	1.05	1.70
	10	2.54	1.27	2.10
	20	2.99	1.49	2.46
	50	3.57	1.80	3.0
100	4.01	2.0	3.43	

Öncelikle L/B hesaplanarak $m1$ değeri üzerinden I_p değerine geçilmelidir.

$$m1 = 32/24 = 1,428$$

Rijit radye temel için I_p enterpolasyon ile = 1,33 olarak bulunur.

$$\delta_e = 14,20 * 24 * ((1-0,30^2)/5353) * 1,33$$

$\delta_e = 0,077$ m = 7,70 cm olarak hesaplanır. Radye temeller için sınır değere yakın bir oturmadır. Bu kadar büyük bir yapıda bu oturma kabul edilebilir. Lakin statik durumda temelin en düşük temel taban basıncı üzerinden tekrar hesaplama yapılmalıdır.

Aynı hesaplama dinamik yükleme için de yapılmalıdır.

$$\delta_e = 21,75 * 24 * ((1-0,30^2)/5353) * 1,33$$

$\delta_e = 0,118$ m = 11,8 cm olarak görülür. 11,8 cm deplasman miktarı böyle yüksek bir yapı için çok aşırı olmamak ile beraber çok dikkatlice incelenmelidir. Burda daha sıkı olan bir zemine temeli oturtmak ekstra bodrum yapmak yapı ağırlığını azaltmak veya temel boyutlarını (Ampatman) artırmak zeminde katılaştırma ve sıkıştırma işlemi uygulamak çözüm olarak görülebilir.

« $q_t = q_k / 1,4 = 82,23 / 1,4 = 58,74$ t/m² olarak hesaplanır.» Bölüm 5-1 de yayınladığımız bu örneğin taşıma gücü kapasitesini 58,74 t/m² olarak hesaplanmıştı. şimdi asıl soru řu bu yapının zemine yapabileceği maksimum gerilme nedir? Eğer hesaplamalarınızda paket programa 58,74 değerini girip gözlerinizi kapatırsanız deprem anında yapınız dönecektir. Bu sebeple temel tasarımı yapılırken taşıma gücü kapasitesi her zaman ikinci planda olmalı ve temel boyutlandırması oturmayı sınırlandırıcak şekilde seçilmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeni yönetmelik kapsamında kullanılmaya başlayan Taşıma Gücü Kapasitesi (Ultimate Bearing Capacity) ile taşıma gücü hesaplarının yapılması Emniyetli Taşıma Gücü Kapasitesine göre çok yüksek taşıma gücü değerleri vermektedir. Eskiden bu hesaplamaları yapan mühendislerin sürekli olarak «artık zeminlerin taşıma kapasitesi yüksek çıkıyor» söylemi kulağınıza gelmedi ise bile ilerleyen günlerde bunları duyacaksınız. Bu tamamen yanlış bir söylemdir. Bir zeminin taşıma gücü kapasitesi yönetmeliklere bağlı değildir. Zeminin mekanik özellikleri dışında hiçbir etmen taşıma gücü kapasitesini etkilemez. Temellerin boyutlandırılmasında ana faktör olarak oturmanın ön planda tutulması gerekmektedir.

Zeminin oturmasının sınırlandırılması yeni yönetmelik kapsamında I. öncelik olarak belirlenmeli ve yapının yapmasını **istediğiniz** oturma miktarına göre değil, zeminin **mekanik özelliklerinin belirlenmesi sonucu** ortaya çıkacak oturmanın hesaplanmasına dikkat ediniz.