



JEM446

ŞEHİR PLANLAMASINDA JEOLojİ

Ders Notları 6.Hafta

Dr. Koray ULAMIŞ

Ankara

DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİNİN SIVILAŞMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olan binalar için ZD, ZE veya ZF grubuna giren, sürekli bir tabaka veya kalın mercekler halinde bulunan ve **16.6.6**'da tanımlanan durumlar dışındaki kumlu zeminlerde *sivilaşma potansiyeli*'nin bulunup bulunmadığının, arazi ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve analiz sonuçlarının ayrıntılı olarak rapor edilmesi zorunludur.

Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesinin altında yer alan ve yüzeyden 20 m derinliğe kadar olan kohezyonsuz ya da düşük kohezyonlu ($PI < 12$) zeminlerin deprem sarsıntısı altında, boşluk suyu basıncındaki artışa paralel kayma mukavemeti ve rijitliğindeki önemli oranda azalış olarak tanımlanacaktır. Zemin sıvılaşmasının değerlendirilmesine yönelik olarak yapılacak zemin araştırma çalışmaları en az, standart penetrasyon deneyi, (SPT) ve/veya koni penetrasyon deneyinin (CPT)'nin yapımına ek olarak, ilgili zemin tabakalarındaki dane çapı dağılımı, su muhtevası ve Atterberg limit değerlerinin belirlenmesini içerecektir.

Potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminler, suya doymun haldeki

(a) temiz kumlar,

(b) plastik olmayan silt kum karışımları,

(c) Doğal su muhtevası likit limitin % 80'inden yüksek ve plastisite indisi % 12'nin altında olan silt, kil, kum karışımları olarak tanımlanacaktır.

Temel altı zeminlerinin potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminlerden oluştuğu ve bu zemin tabakalarında düzeltilmiş SPT vuruş sayısının, N_{1,60} , 30 darbe / 30 cm değerinden küçük olduğu durumlarda aşağıda tanımlanan yöntemle göre zemin sıvılaşması tetiklenme değerlendirilmesi yapılacaktır.

Deprem Tasarım Sınıfı'nın DTS = 4 olduğu ve aynı zamanda aşağıdakilerden en az birinin sağlandığı durumlarda sıvılaşma tetiklenme analizi yapılmayabilir:

- (a)** Kil içeriğinin %20'den fazla ve plastisite indisinin %10'dan yüksek olduğu kumlu zeminlerde;
- (b)** ince dane yüzdesinin % 35'den fazla ve düzeltilmiş SPT vuruş sayısının, N1,60, 20 vuruş / 30 cm'den yüksek olduğu kumlu zeminlerde;

Zemin sıvılaşması değerlendirmesinde sıvılaşma tetiklenmesi riski yanında, sıvılaşma sonrası zemin mukavemeti ve rijitlik kaybı ile temel zemininde oluşabilecek yer değiştirmelerin dikkate alınması gereklidir. Zemin sıvılaşma değerlendirmesinin SPT deney sonuçları kullanılarak yapılmasına dayanan yöntem EK 16B'de verilmiştir. Değerlendirmenin CPT veya Kayma Dalgası Hızı'na göre yapılması durumunda uygulamada genel kabul gören yöntemler kullanılabilir. Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu aşağıdaki eşitlikle tanımlanmıştır.

$$\frac{\tau_R}{\tau_{\text{deprem}}} \geq 1.10$$

τ_R ve τ_{deprem} ; sırası ile, sıvılaşma direncini ve zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesini ifade etmektedir. Eşitlikte verilen koşulun sağlanamaması durumunda, sıvılaşması beklenen tabakaların dayanım ve rijitlik özelliklerindeki azalma, olası taşıma gücü kayıpları, duraylılık bozuklukları ile oturma ve yanal yayılma türündeki zemin hareketleri değerlendirilecektir. Belirlenen sıvılaşma sonrası yerdeğiştirmelerin üstyapı/altyapı davranışına etkileri değerlendirilerek ihtiyaç duyulması halinde üstyapı ve/veya zemin iyileştirmeleri uygulanacaktır.

DEPREM ETKİSİ ALTINDA ŞEVLERİN DURAYLILIĞI

Doğal ya da yapay şevlerin üzerinde ve yakınında inşa edilecek yapıların tasarım depremi etkisinde güvenliği ve servis görübilirliğinin korunması için, şevin deprem yükleri etkisinde duraylı ve işlevsel kalacağına tahkik edilmesi gereklidir. Deprem Tasarım Sınıfı DTS=4 olan binalar için deprem etkisinde şev duraylılık analizi yapılmayabilir.

Deprem etkisinde şev duraylılık analizlerinde, zemin özellikleri üzerinde *dayanım katsayıları* (kohezyon ve sürtünme direnci için, sırası ile, $c'/\gamma R_c$ ve $\tan\phi'/\gamma R_\phi$) uygulanmalıdır. Killi zeminlerde drenajsız kayma mukavemeti (c_u) kullanılarak toplam gerilme analizi, kohezyonsuz zeminlerde efektif gerilme analizi ile hesaplanacaktır.

Çevrimsel boşluk suyu basıncı artışına maruz kalabilecek gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zeminlerde, oluşması beklenilebilecek maksimum boşluk suyu basıncı dikkate alınmalıdır.

Topoğrafyanın ve zemin tabakalanmasının ani düzensizlikler gösterdiği durumlarda ve çevrimsel yüklemeler etkisinde önemli rijitlik kaybına uğrayabilecek sivilaşabilir veya hassas zeminler için, eşdeğer statik analiz yöntemi kullanılmamalıdır.

İzin verilebilir yerdeğiştirme kriterlerinin geçerli olduğu durumlarda, “**Newmark kayan rijit blok**” yöntemi veya eşdeğer yöntemlerle, dinamik etkilerle uyumlu zemin mukavemet parametreleri kullanılarak kalıcı yerdeğiştirmeler hesaplanabilir. Hesaplarda, artan şekildeğiştirmeler ile oluşacak olan malzeme pekleşme veya yumuşama davranışı ve boşluk suyu basıncı artışının olası etkileri dikkate alınmalıdır.

Eşdeğer statik analizlerde yatay (FH) ve düşey (FV) eylemsizlik kuvvetleri de hesaba katılacaktır.

$$F_H = 0.5W(0.4S_{DS}S_T) \quad F_V = \pm 0.5F_H$$

W: kayan kütle ağırlığı, S_{DS} : kısa period tasarım spektral ivme katsayısı, S_T :topoğrafik büyütme katsayısı

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1, 1a, 2, 2a olan yapılar için yapılacak deprem etkisinde şev duraylılık analizlerinde, topoğrafik büyütme etkisi gözönüne alınacaktır. Topoğrafik büyütme faktörü (ST) iki boyutlu topoğrafik düzensizliklerin bulunduğu şevlerde (örneğin, uzun vadilerde, yüksekliği 30m'den yüksek olan tepelerde) ve olası göçme yüzeyinin şev tepesine yakın olarak geçtiği durumlarda kullanılacaktır.

Topoğrafik büyütme etkisi, şev açısı $\beta \leq 15^\circ$ olan şevlerde ihmal edilebilir; taç (tepe) genişliği taban genişliğinden daha küçük olan sırtlarda şev açısı $\beta \geq 30^\circ$ olan şevlerde $ST \geq 1.4$, daha küçük şev açılarında ise $ST \geq 1.2$ olarak kullanılacaktır. Olası göçme yüzeyinin tabana yakın olarak geçtiği potansiyel heyelan bölgelerinde ise ihmal edilebilir.

Dilim yöntemine dayanan eşdeğer statik limit denge analizlerinde, kritik yüzeyin belirlenmesi ve kaymaya karşı güvenlik sayısının iteratif yöntemlerle hesaplanmasında, zemin dayanım parametrelerinin güvenlik sayısına bölünmesi ile zemin dirençlerinin mobilize olan değerlerine ulaşıldığı ($\gamma R_c = \gamma R_\phi = \gamma R_k$) kabul edilmektedir.

$$\tau_{mob} = \frac{c'}{\gamma_{Rc}} + \frac{\tan\phi'}{\gamma_{R\phi}}$$

$$\tau_{mob} = \frac{c'}{\gamma_{Rc}} + \frac{\tan\phi'}{\gamma_{R\phi}} = \frac{c'}{\gamma_{Rk}} + \frac{\tan\phi'}{\gamma_{Rk}} \quad (16.29)$$

(a) Statik durumda:

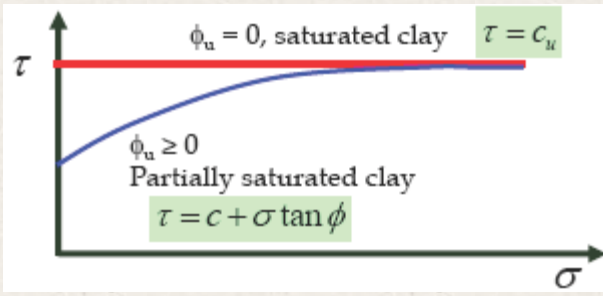
$$\gamma_{Rk} = \frac{1}{\sum W_s \sin\alpha} \sum c'b + \left[\frac{1}{m_\alpha} \left(W_s - \frac{c'b \sin\alpha}{\gamma_{Rk}} - ub \right) \right] \tan\phi' \quad (16.30)$$

(b) Deprem durumunda, kaymaya karşı güvenlik sayısının hesaplanmasında yatay ve düşey eylemsizlik kuvvetlerinin etkisi aşağıdaki şekilde dikkate alınacaktır.

$$\gamma_{Rk} = \frac{1}{\sum W_s (1 - k_v) \sin\alpha + k_h W_s \left(\cos\alpha - \frac{H_c}{R_d} \right)} \sum c'b + \left[\frac{1}{m_\alpha} \left(W_s (1 - k_v) - \frac{c'b \sin\alpha}{\gamma_{Rk}} - ub \right) \right] \tan\phi' \quad (16.31)$$

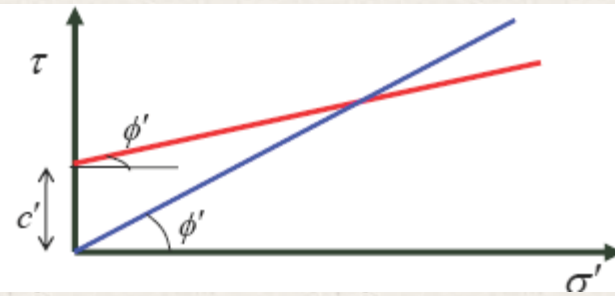
Burada, b dilim genişliğini, W_s dilim ağırlığını, α dilim tabanının yatayla yaptığı açığı, u dilim tabanında etkiyen su basıncını, $k_h = 0.2S_{DS}$ ve $k_v = \pm 0.5k_h$ sırası ile yatay ve düşey eşdeğer deprem katsayısını, H_c dilim tabanının orta noktasından dilim merkezine olan düşey uzaklığı, R_d ise dairesel göçme yüzeyinin yarıçapını ifade etmektedir. **Denk.(16.30)** ve **Denk. (16.31)**'de yer alan m_α aşağıda verilmiştir:

$$m_\alpha = \cos\alpha \left(1 + \frac{\tan\alpha \tan\phi'}{\gamma_{Rk}} \right) \quad (16.32)$$



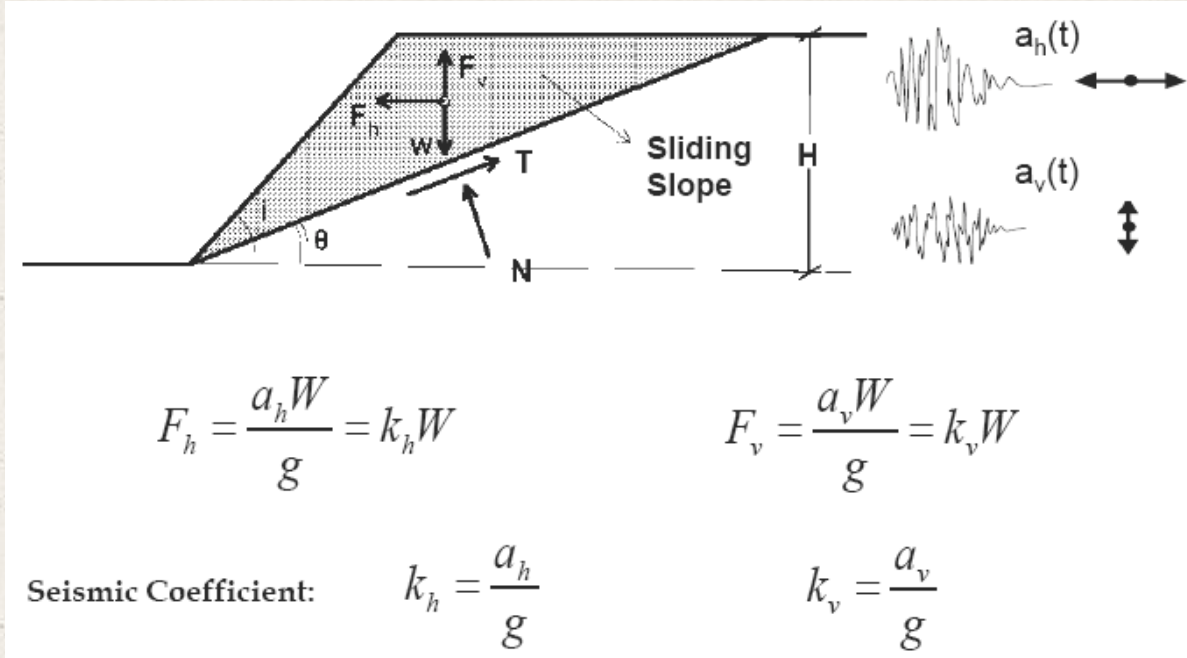
Toplam gerilme analizi

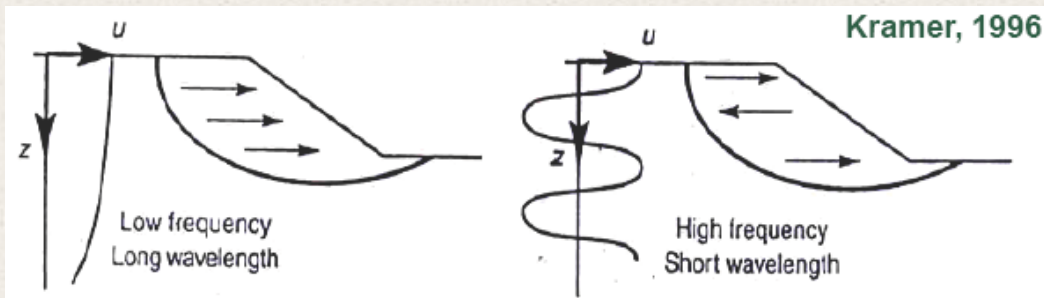
Drenajsız durumda ve killerde içsel sürtünme açısı sıfır olup; UC, UU, CU deneyler



Efektif gerilme analizi

Drenajsız/drenajlı durumda, silt (kohezyonlu-kohezyonsuz) ve kumlarda kohezyonsuz olup; CU, CD ve direct makaslama deneyleri





- Long wavelengths (Low frequency) cause the unstable zone to move in-phase along the full height.
- For short wavelengths (higher frequency) the soil at two different locations in unstable zone may move in opposite directions

