

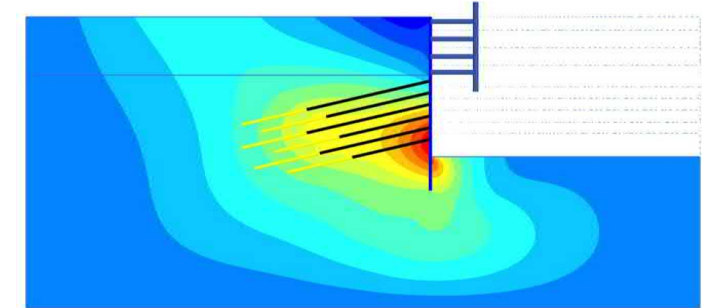
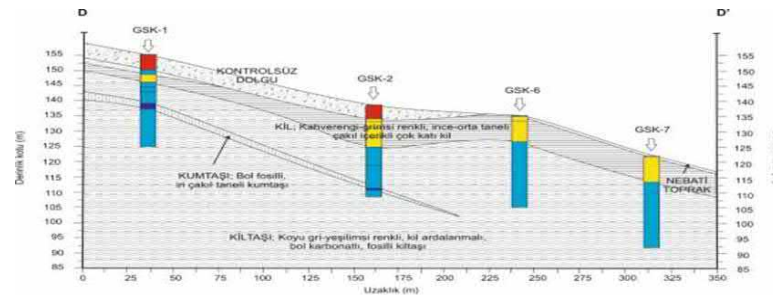
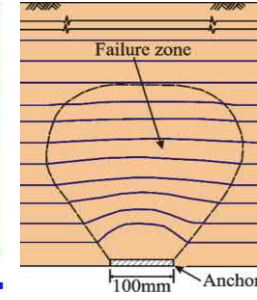
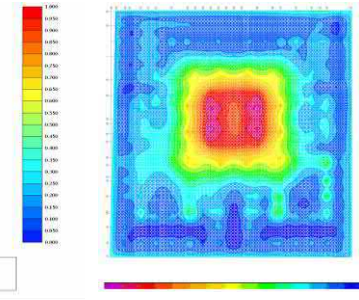
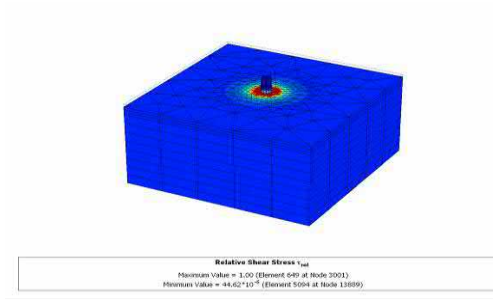
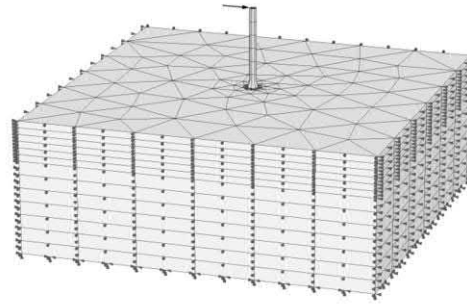
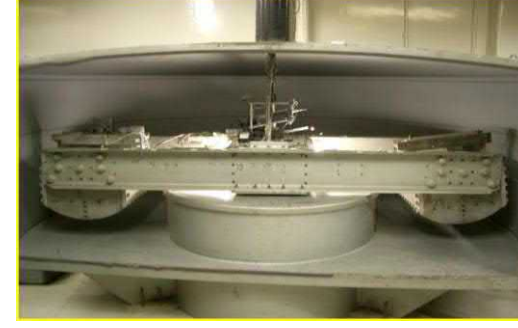
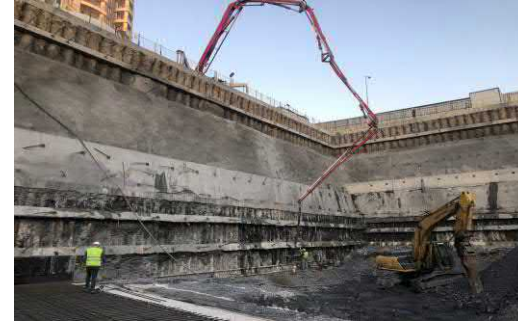


İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI  
İSTANBUL ŞUBESİ

2025 İLKBAHAR-YAZ MESLEK İÇİ  
EĞİTİM SEMİNERLERİ

# GEOTEKNİK TASARIM VE UYGULAMALARDA YAPILAN HATALAR

Prof. Dr. Mustafa LAMAN  
İMO Geoteknik Kurul Üyesi  
19 Haziran 2025  
İSTANBUL



# **GEOTEKNİK TASARIM VE UYGULAMALARDA YAPILAN HATALAR**

- 1. Türkiye’de Deprem**
- 2. Zemin ve Temel Etütleri ve Yapılan Hatalar**
- 3. Dayanma Yapıları ve Yapılan Hatalar**
  - a) Geçici dayanma yapıları**
  - b) Kalıcı dayanma yapıları**
  - c) Bodrum perdeleri**
- 4. a) Zemin İyileştirme Projeleri  
b) Kazık Temel Projelerinde Yapılan Hatalar**
- 5. Güncel Vakalar**



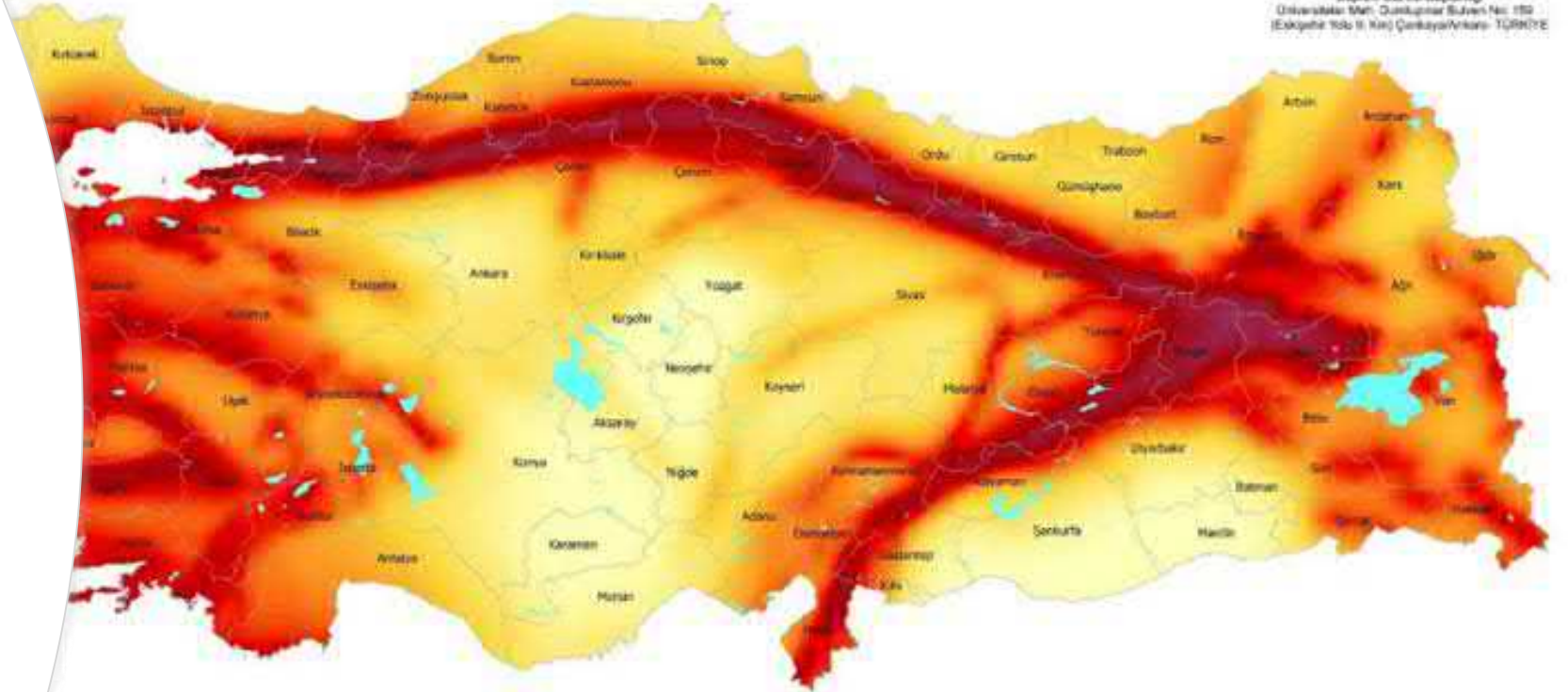
# 1. TÜRKİYE' de DEPREM

- Ülkemiz **topraklarının % 96'sı, nüfusumuzun % 98'i** deprem kuşağındadır.
- Konutların yüzde 40'ı kaçak (TÜİK).
- Erzincan'da (1939, Mw:7.9) Türkiye'nin en büyük depremlerinden biri. **32968** Can Kaybı)
- Depremde can ve mal kayıplarını önlemek için **dayanıklı yapı tasarlamak, inşa etmek ve korumak** gerekir.

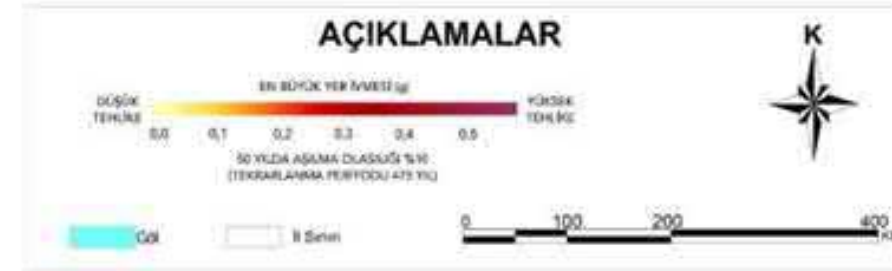
20.06.2025

Kaynak: AFAD

## TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI



Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) anen UDAP-Ç-13-06 kod no'lu "Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi" başlıklı çalışmaları hazırlanmıştır. Bu haritanın kullanılması AFAD, 2018, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda kaynak olarak belirtilmiştir. Bu haritanın kullanılması AFAD, 2018, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda kaynak olarak belirtilmiştir. Bu haritanın kullanılması AFAD, 2018, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda kaynak olarak belirtilmiştir.



Mustafa Laman



# TÜRKİYE' de DEPREM

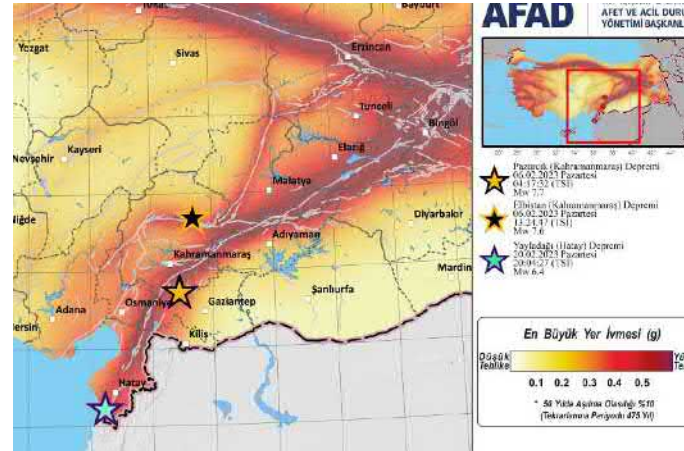
- **1998 Ceyhan** Mw: 6.2, 145 can kaybı
- **1999 Gölcük** Mw: 7.5, 17480 can kaybı
- **1999 Düzce** Mw: 7.2, 845 can kaybı
- **2003 Bingöl** Mw: 6.4, 176 can kaybı





# TÜRKİYE' de DEPREM

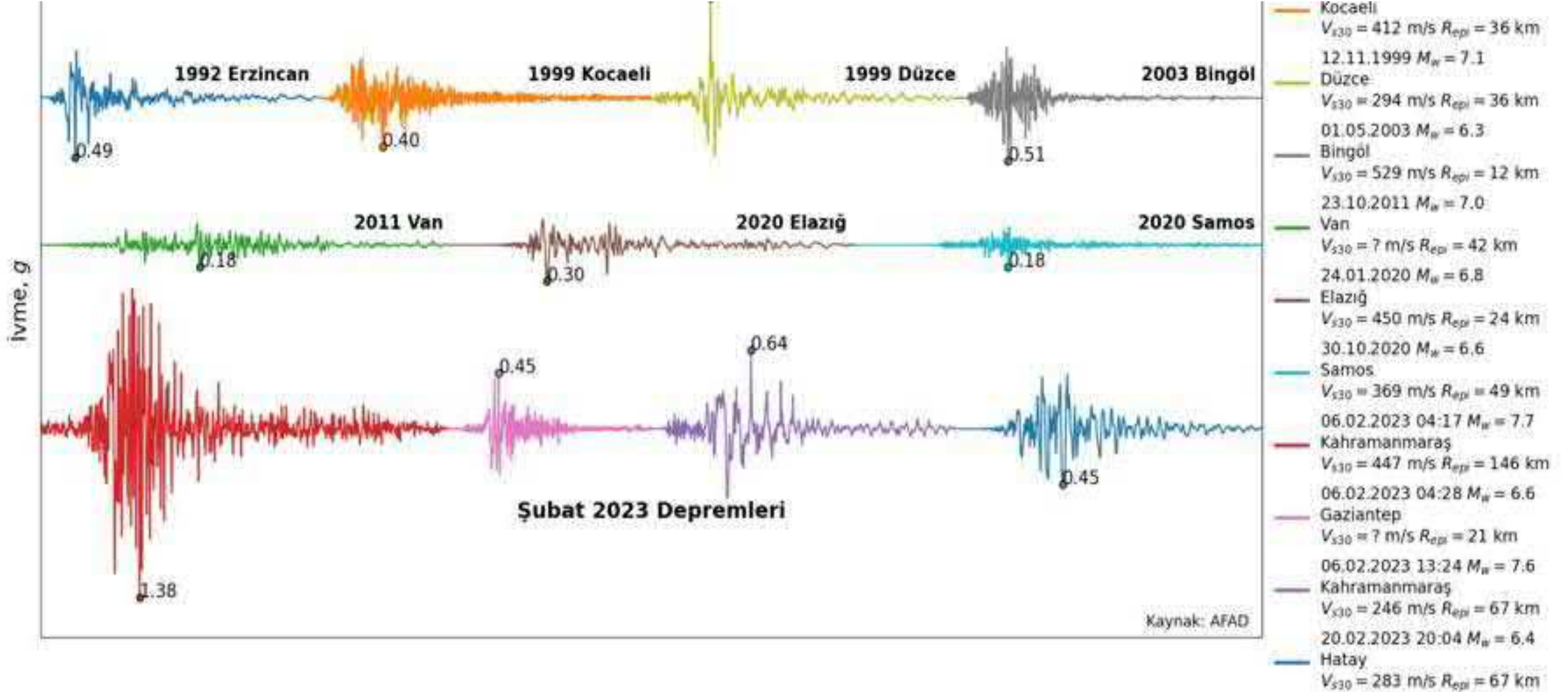
- **2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş**  
(Mw: 7.7 – Mw: 7.6) **50783** Can Kaybı





# TÜRKİYE' de DEPREM

- Son dönem depremlerin ivme kayıtları



# TÜRKİYE' de DEPREM

- **2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş**  
(Mw: 7.7 – Mw: 7.6) **50783** Can Kaybı

PAZARCIK-(Mersin-293km-kuş-ucuşu-245km)-6-Şubat-04:17-Depremi,-MW7.7

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/map>

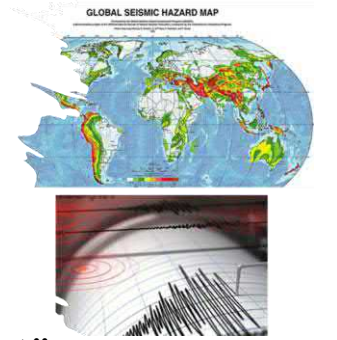


Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 02/05/2023  
Yıkık/acil yıkılacak bina sayısı 58.039  
Ağır hasarlı bina sayısı ise 205.534



# TÜRKİYE' de DEPREM

- 6 Şubat 2023; 4:17 Pazarcık **Mw: 7.7** 4:28 Nurdağ **Mw: 6.6** 13.24 Elbistan **Mw: 7.6**
- 20 Şubat 2023; 20:04 Defne **Mw: 6.4**
- İç içe girmiş karmaşık yer hareketleri 4.17'de oluşan deprem yaklaşık 2 dakika sürdü. **Sonuç: 50783 Can Kaybı?**
- **Bu deprem normal, sıradan bir deprem değil, çok büyük bir deprem;**
  - \* 500 yıldır kırılmayan Maraş fayı, 200 yıldır kırılmayan Ölüdeniz ve Elbistan fayları çok kısa aralıklarla kırıldı.
  - \* 4.17'de 3 fay ardışık olarak 350km kırık oluşturdu. \* 9 saat sonra Elbistan Fayı 160km kırık oluşturdu.



- 14 milyon kişiyi etkiledi. Göçen veya ağır hasar alan yapıların oranı %14 oldu.
- Türkiye'de en çok can kaybına yol açan deprem oldu.
- En büyük yatay ve düşey yer ivme değeri Kocaeli deprem kayıtlarından 3.5-4.3 katı daha fazla ölçülmüştür.
- Supershear (süper kesme) depremi etkisi olduğu ifade ediliyor (kırılmanın fay yüzeyi boyunca yayılmasının sismik kesme dalgası (S-dalgası) hızını aşan hızlarda meydana geldiği bir deprem).
- Hatay'da deprem süresi 2 dakikadan daha az ancak, **yerel zemin koşulları ve basen etkisi** ile kırılan fayın merkezinden çok uzakta (200km) olan Hatay en fazla zararı gördü.
- Bu depremde faya yakınlık kavramı değişti.



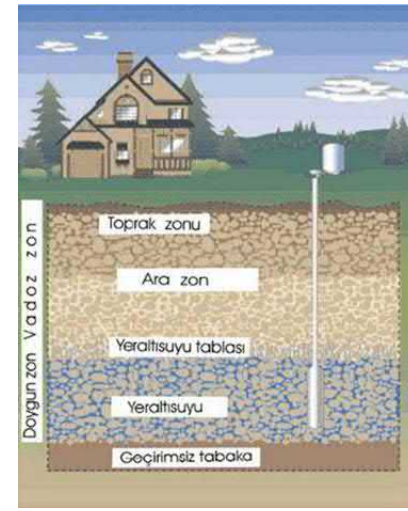
# TÜRKİYE' de DEPREM

- Benzer şekilde, 19 Eylül 1985 Mexico City Depremi'nde ( $M=8.1$ ) Pasifik Okyanusu'ndaki odak noktasından 350 km uzakta Mexico City şehrinde, 6 ilâ 20 katlı binalar ağır hasar görmüştür. Bunun nedeni, orta yükseklikteki bu binaların doğal titreşim periyotlarının, yumuşak zemin yüzeyinde oluşan deprem dalgalarının hakim periyotları ile çakışması sonucu binaların deplasman davranışlarındaki beklenmedik artışlardır (Cassaro and Romero, 1987).

- 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nde ( $M=7.4$ ), odak noktasından 110 km uzaklıkta Beşiktaş'ta Bayındırlık İl Müdürlüğünde sağlam zeminde (**kaya ortamda**) maksimum yer ivmesi **0.06g** ölçülmüştür. Odak noktasından 140 km uzaklıktaki Avcılar Aliğa Termik Santralinde **zayıf zemin koşullarında** ise maksimum yer ivmesi **0.25g** ölçülmüş ve bölgede 30 kadar bina yıkılıp 1000'i aşkın can kaybı ve binlerce binanın da orta veya ağır hasar görmesine neden olmuştur (Kaptan ve Tezcan, 2012). Avcılar ve Bağcılar..

- İskenderun Çay Mahallesiinde SM türü zeminlerde oluşan sıvılaşmalarda ölçülen oturmalar bazı binalarda 35cm üzerindedir.
- Hatay'da birbirine çok yakın 4 istasyonda ölçülen yatay ve düşey ivme kayıtları;

| Kayıt İstasyonu | Mesafe (km) | Yatay İvme, MYİy | Düşey İvme, MYİd |
|-----------------|-------------|------------------|------------------|
| 3123            | 14.4        | 0.66g            | 0.87g            |
| 3124            | 11.7        | 0.64g            | 0.58g            |
| 3125            | 14.6        | 1.12g            | 1.14g            |
| 3126            | 15.4        | 1.21g            | 1.07g            |



## Yıkılan Binalar

|               |       |
|---------------|-------|
| Hatay         | 13126 |
| Kahramanmaraş | 7308  |
| Adıyaman      | 5663  |
| Gaziantep     | 3364  |
| Malatya       | 2285  |
| Kilis         | 272   |
| Osmaniye      | 223   |
| Diyarbakır    | 175   |
| Şanlıurfa     | 71    |
| Adana         | 13    |
| Elazığ        | 1     |

(Prof. Dr. Ali Sarı)

# TÜRKİYE' de DEPREM

| Yerel Zemin Sınıfı | Zemin Cinsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Üst 30 metrede ortalama               |                                                |                                       |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|
|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | (V <sub>s</sub> ) <sub>30</sub> [m/s] | (N <sub>60</sub> ) <sub>30</sub> [darbe/30 cm] | (C <sub>u</sub> ) <sub>30</sub> [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 ( $C_u < 25$ kPa ) içeren profiller                                                                                                                                                                                                                                                                                            | < 180                                 | < 15                                           | < 70                                  |
| ZF                 | Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler :<br>1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),<br>2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri,<br>3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killeri ,<br>4) Çok kalın ( > 35 m ) yumuşak veya orta katı killeri. |                                       |                                                |                                       |

| Zemin Büyütmesi | Büyütme Düzeyi         |
|-----------------|------------------------|
| 0 - 2,5         | Düşük Düzeyde Büyütme  |
| 2,5 - 4         | Orta Düzeyde Büyütme   |
| 4 - 6           | Yüksek Düzeyde Büyütme |

**İskenderun Çay Mah.**

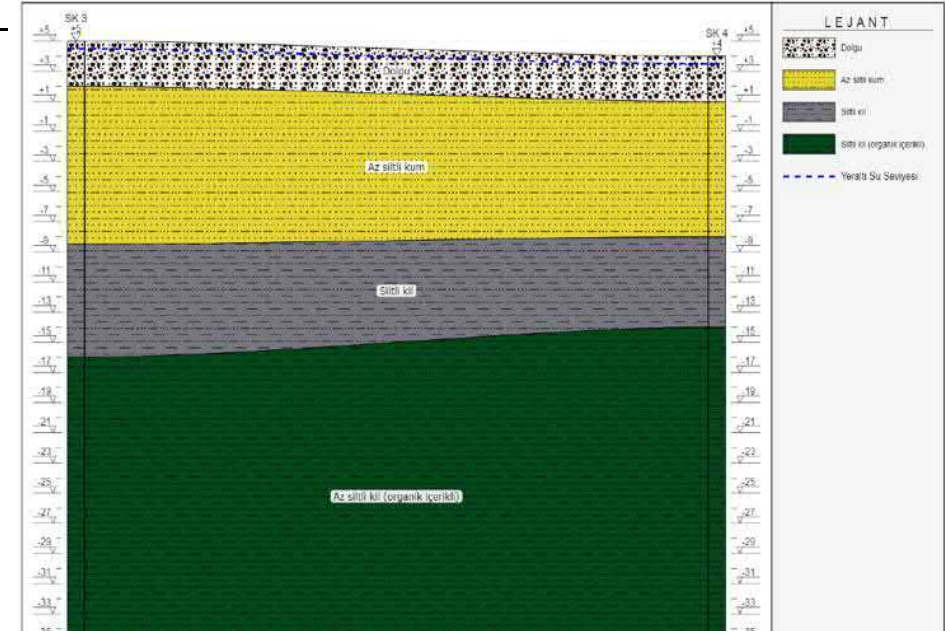
| Serim | Tabakalar | S Dalgı Hızı | Zemin Grubu |
|-------|-----------|--------------|-------------|
| 1     | 1.Tabaka  | 139,00       | ZE          |
|       | 2.Tabaka  | 177,33       | ZE          |
| 2     | 1.Tabaka  | 142,00       | ZE          |
|       | 2.Tabaka  | 174,33       | ZE          |
| 3     | 1.Tabaka  | 142,00       | ZE          |
|       | 2.Tabaka  | 179,67       | ZE          |
| 4     | 1.Tabaka  | 142,00       | ZE          |
|       | 2.Tabaka  | 179,67       | ZE          |



# TÜRKİYE' de DEPREM

| Sondaj | Derinlik(m) | SPT N | Sondaj | Derinlik(m) | SPT N | Sondaj | Derinlik(m) | SPT N | Sondaj | Derinlik(m) | SPT N |
|--------|-------------|-------|--------|-------------|-------|--------|-------------|-------|--------|-------------|-------|
| SK-1   | 3.0         | 12    | SK-2   | 3.0         | 15    | SK-3   | 3.0         | 9     | SK-4   | 3.0         | 9     |
|        | 4.5         | 18    |        | 6.0         | 24    |        | 4.5         | 14    |        | 6.0         | 17    |
|        | 6.0         | 10    |        | 9.0         | 22    |        | 7.5         | 19    |        | 9.0         | 7     |
|        | 7.5         | 16    |        | 12.0        | 10    |        | 10.5        | 26    |        | 12.0        | 15    |
|        | 9.0         | 7     |        | 13.5        | 9     |        | 13.5        | 12    |        | 15.0        | 6     |
|        | 10.5        | 3     |        | 15.0        | 12    |        | 16.5        | 10    |        | 18.0        | 5     |
|        | 12.0        | 4     |        | 18.0        | 7     |        | 19.5        | 8     |        | 21.0        | 14    |
|        | 13.5        | 6     |        | 21.0        | 7     |        | 22.5        | 9     |        | 24.0        | 15    |
|        | 15.0        | 8     |        | 24.0        | 11    |        | 25.5        | 13    |        | 27.0        | 14    |
|        | 16.5        | 12    |        | 27.0        | 9     |        | 28.5        | 20    |        | 30.0        | 9     |
|        | 18.0        | 11    |        | 30.0        | 11    |        | 31.5        | 13    |        | 33.0        | 15    |
|        | 19.5        | 13    |        | 33.0        | 15    |        | 34.5        | 12    |        | 36.0        | 19    |
|        | 21.0        | 12    |        | 36.0        | 15    |        | 37.5        | 26    |        |             |       |
|        | 22.5        | 18    |        | 39.0        | 15    |        | 40.0        | 18    |        |             |       |
|        | 24.0        | 3     |        | 40.0        | 13    |        |             |       |        |             |       |
|        | 25.5        | 10    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 27.0        | 10    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 28.5        | 14    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 30.0        | 24    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 31.5        | 12    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 33.0        | 13    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 34.5        | 29    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 36.0        | 9     |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 37.5        | 18    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 39.0        | 12    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |
|        | 40.5        | 14    |        |             |       |        |             |       |        |             |       |

İskenderun Çay Mah.



# TÜRKİYE' de DEPREM

## SK-1 SIVILAŞMA ANALİZİ

|               |      |                   |
|---------------|------|-------------------|
| $\gamma_n$    | 17   | kN/m <sup>3</sup> |
| $\gamma_d$    | 18   | kN/m <sup>3</sup> |
| $\gamma_{su}$ | 9.81 | kN/m <sup>3</sup> |
| Y.A.S.S       | 0.5  | m                 |

| Derinlik (m) | N  | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $C_N$ | $C_R$ | $C_S$ | $C_B$ | $C_E$ | $N_{1,60}$ | IDI (%) | $\alpha$ | $\beta$ | $N_{1,60f}$ | $CRR_{M7.5}$ | $M_W$ | $C_M$ | $S_{DS}$ | $r_d$ | $\tau_R$ | $\tau_{deprem}$ | GS   | Güvenlik koşullu    |
|--------------|----|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|---------|----------|---------|-------------|--------------|-------|-------|----------|-------|----------|-----------------|------|---------------------|
| 3.00         | 12 | 53.5          | 29.0           | 1.70  | 0.75  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 15.3       | 3.5     | 0.0      | 1.0     | 15.3        | 0.163        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.98  | 4.72     | 13.22           | 0.36 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 4.50         | 18 | 80.5          | 41.3           | 1.52  | 0.85  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 23.3       | 4.4     | 0.0      | 1.0     | 23.3        | 0.262        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.97  | 10.79    | 19.66           | 0.55 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 6.00         | 10 | 107.5         | 53.5           | 1.34  | 0.85  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 11.4       | 4.0     | 0.0      | 1.0     | 11.4        | 0.125        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.95  | 6.71     | 25.95           | 0.26 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 7.50         | 16 | 134.5         | 65.8           | 1.21  | 0.95  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 18.3       | 4.9     | 0.0      | 1.0     | 18.3        | 0.195        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.94  | 12.86    | 32.07           | 0.40 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 9.00         | 7  | 161.5         | 78.1           | 1.11  | 0.95  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 7.4        | 4.9     | 0.0      | 1.0     | 7.4         | 0.091        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.93  | 7.07     | 38.04           | 0.19 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 10.50        | 3  | 188.5         | 90.4           | 1.03  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 3.1        | 43.6    | 5.0      | 1.2     | 8.7         | 0.102        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.89  | 9.21     | 42.62           | 0.22 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 12.00        | 4  | 215.5         | 102.7          | 0.97  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 3.9        | 43.6    | 5.0      | 1.2     | 9.6         | 0.110        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.85  | 11.28    | 46.54           | 0.24 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 13.50        | 6  | 242.5         | 115.0          | 0.91  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 5.5        | 43.6    | 5.0      | 1.2     | 11.6        | 0.127        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.81  | 14.62    | 49.91           | 0.29 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 15.00        | 8  | 269.5         | 127.3          | 0.87  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 6.9        | 43.6    | 5.0      | 1.2     | 13.3        | 0.144        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.77  | 18.27    | 52.74           | 0.35 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 16.50        | 12 | 296.5         | 139.5          | 0.83  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 9.9        | 43.6    | 5.0      | 1.2     | 16.9        | 0.180        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.73  | 25.11    | 55.02           | 0.46 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 18.00        | 11 | 323.5         | 151.8          | 0.79  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 8.7        | 39.10   | 5.0      | 1.2     | 15.5        | 0.165        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.69  | 25.02    | 56.75           | 0.44 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |
| 19.50        | 13 | 350.5         | 164.1          | 0.76  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 9.9        | 43.6    | 5.0      | 1.2     | 16.9        | 0.180        | 7.50  | 1.00  | 0.973    | 0.65  | 29.51    | 57.93           | 0.51 | SIVILAŞMA RİSKİ VAR |

Tanımlar;

|       |                                                          |                |                                                                   |                 |                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| $C_N$ | Uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı | $\sigma_{vo}$  | Sıvılaşma değerlendirme yapılan derinlikteki toplam düşey gerilme | $\tau_R$        | Sıvılaşma direnci                                          |
| $C_R$ | Tij boyu düzeltme katsayısı                              | $\sigma'_{vo}$ | Efektif düşey gerilme                                             | $\tau_{deprem}$ | Zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesi |
| $C_S$ | Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı                     | IDI (%)        | İnce dane içeriği                                                 | $CRR_{M7.5}$    | Çevrimsel dayanım oranı                                    |
| $C_B$ | Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı                     | $\alpha$       | İnce dane düzeltme katsayısı                                      | $C_M$           | Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı                        |
| $C_E$ | Enerji oranı düzeltme katsayısı                          | $\beta$        | İnce dane düzeltme katsayısı                                      | $M_W$           | Tasarım depremi büyüklüğü                                  |
| N     | Ham SPT veri                                             | $N_{1,60f}$    | İnce dane içeriğine göre düzeltilmiş darbe sayıları               | $S_{DS}$        | Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı               |
|       |                                                          | $N_{1,60}$     | Düzeltilmiş SPT değeri                                            | $r_d$           | Gerilme azaltma katsayısı                                  |

← Bu renkli kutularda bilgi girilmeli!!!

Kaynak: TDBY 2018

| Blok    | Temel Taşıma Gücü<br>Tasarım Dayanımı<br>(kPa) | Oturma<br>Hesabı<br>(cm) | Zemin Gerilmeleri (kPa)                           | Değerlendirme                              |
|---------|------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|         |                                                |                          | Maksimum Zemin<br>Gerilmesi (G+Q+E,<br>1.4G+1.6Q) |                                            |
| B Blok  | 211                                            | 11.30                    | 240                                               | Taşıma Gücü, Oturma ve<br>Sıvılaşma Sorunu |
| Otopark | 157                                            | 8.67                     | 90                                                | Oturma ve Sıvılaşma Sorunu                 |



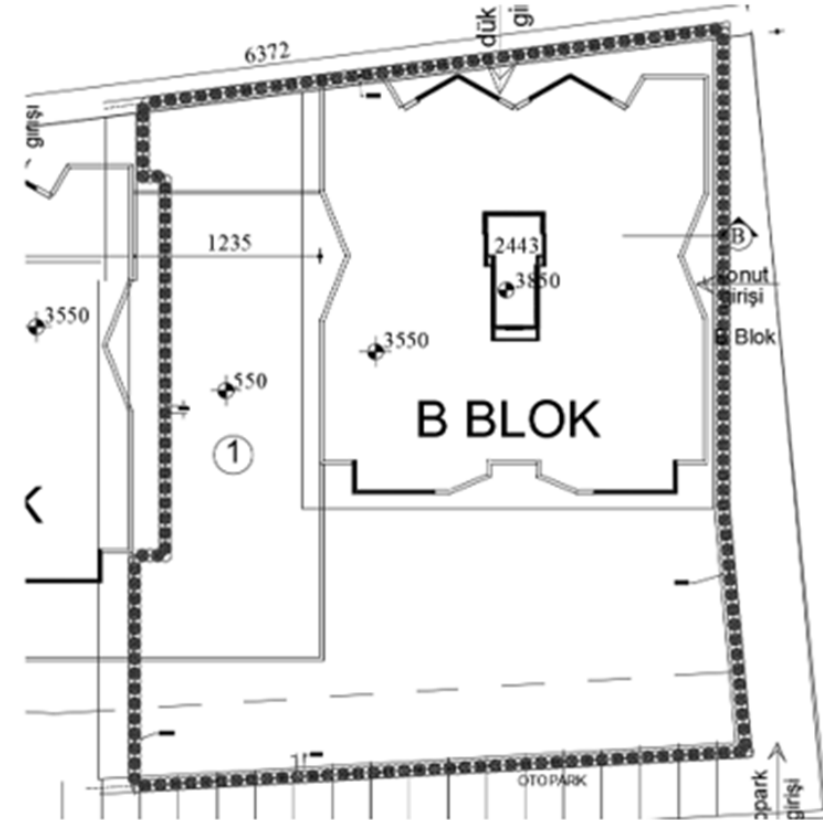
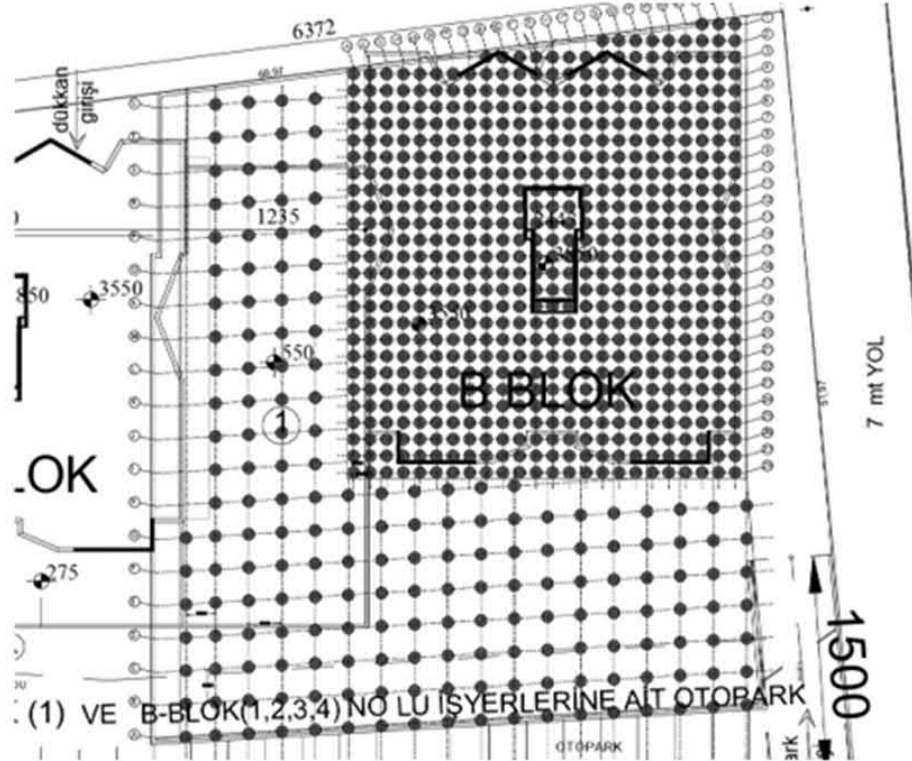
# TÜRKİYE' de DEPREM

B Blok yapı temeli altında jet grout kolon çapı 80cm, kolon boyu 15 metre ve karelağı 1.32m x 1.32m olarak tasarlanmıştır.

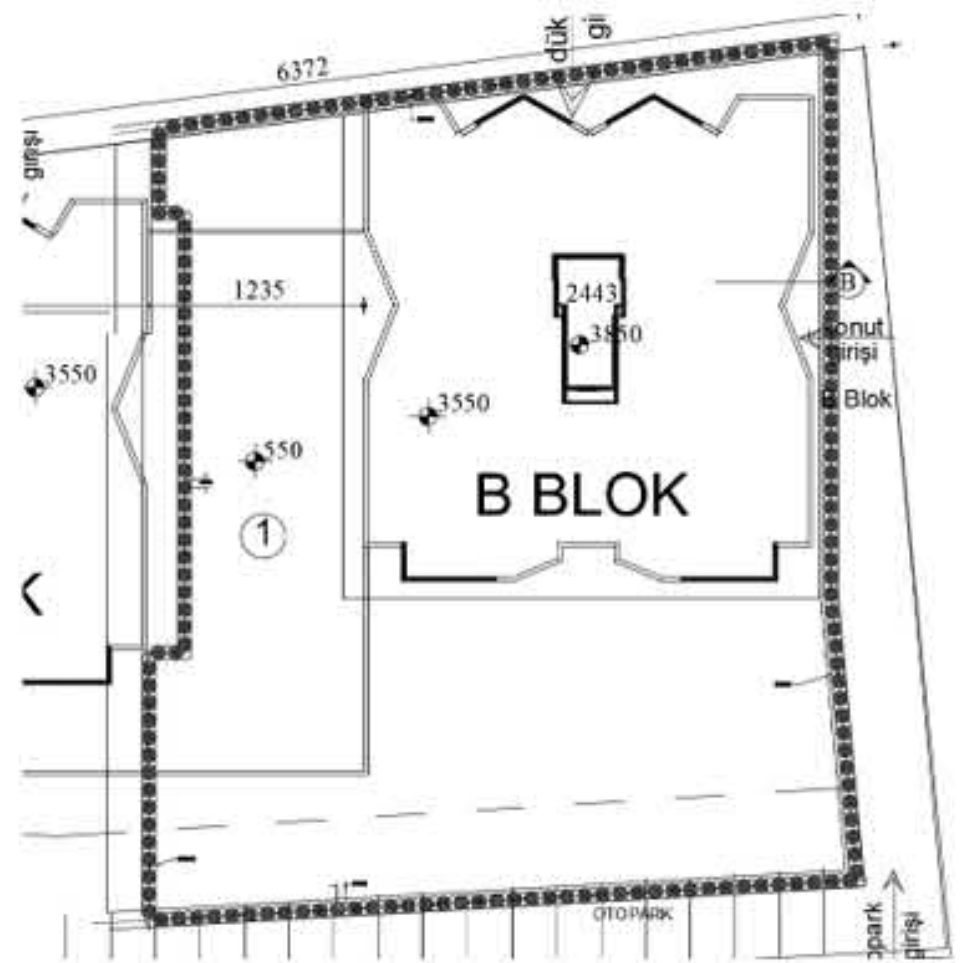
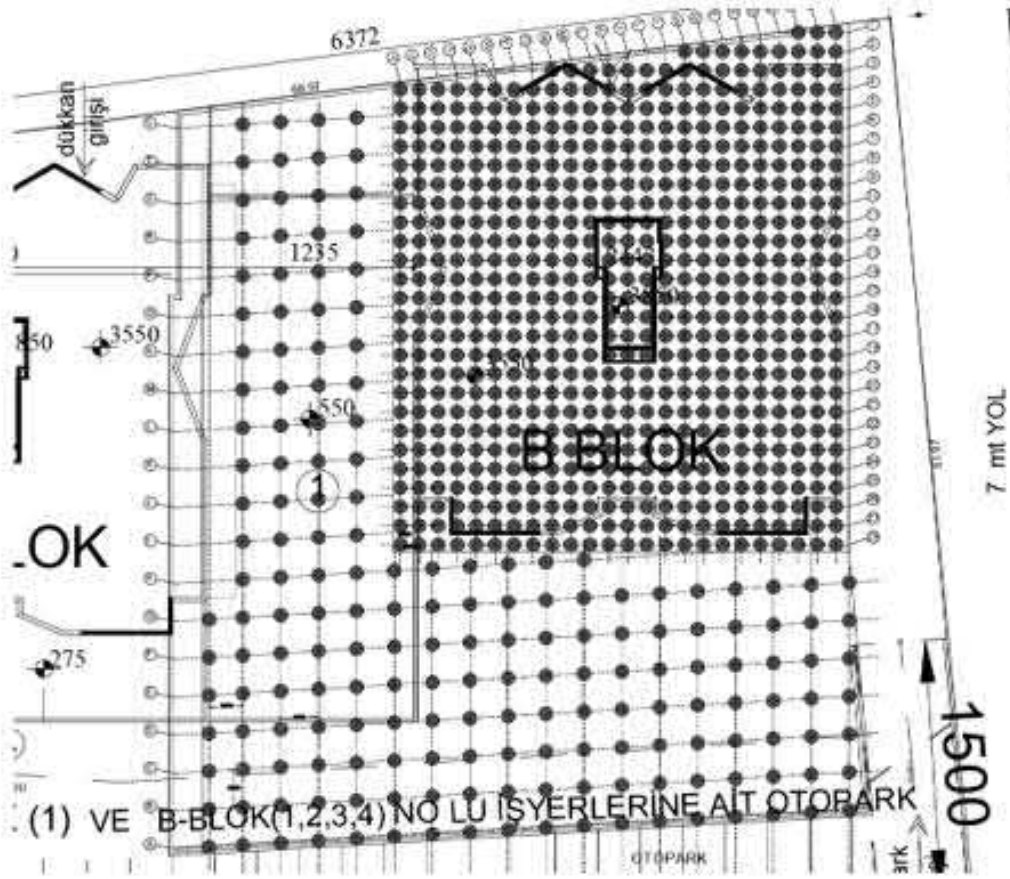
Otopark yapı temeli altında jet grout kolon çapı 80cm, kolon boyu 15 metre ve karelağı 2.35m x 2.35m olarak tasarlanmıştır.

Ayrıca, yapı etrafında yanıl yönde su geçirmeyecek şekilde, çepeçevre kesişen jet-grout kolonları ile hücreleme şeklinde uygulama yapılmıştır. Jet grout kolon çapı 80cm, boyu 15.0m tasarlanmıştır.

B Blok ve Otopark yapı temelleri altında, jet-grout kolonlarının üzerinde üniform yük aktarımının sağlanabilmesi için 40 cm kalınlıkta GW türü kontrollü mühendislik dolgu su uygulanmıştır.

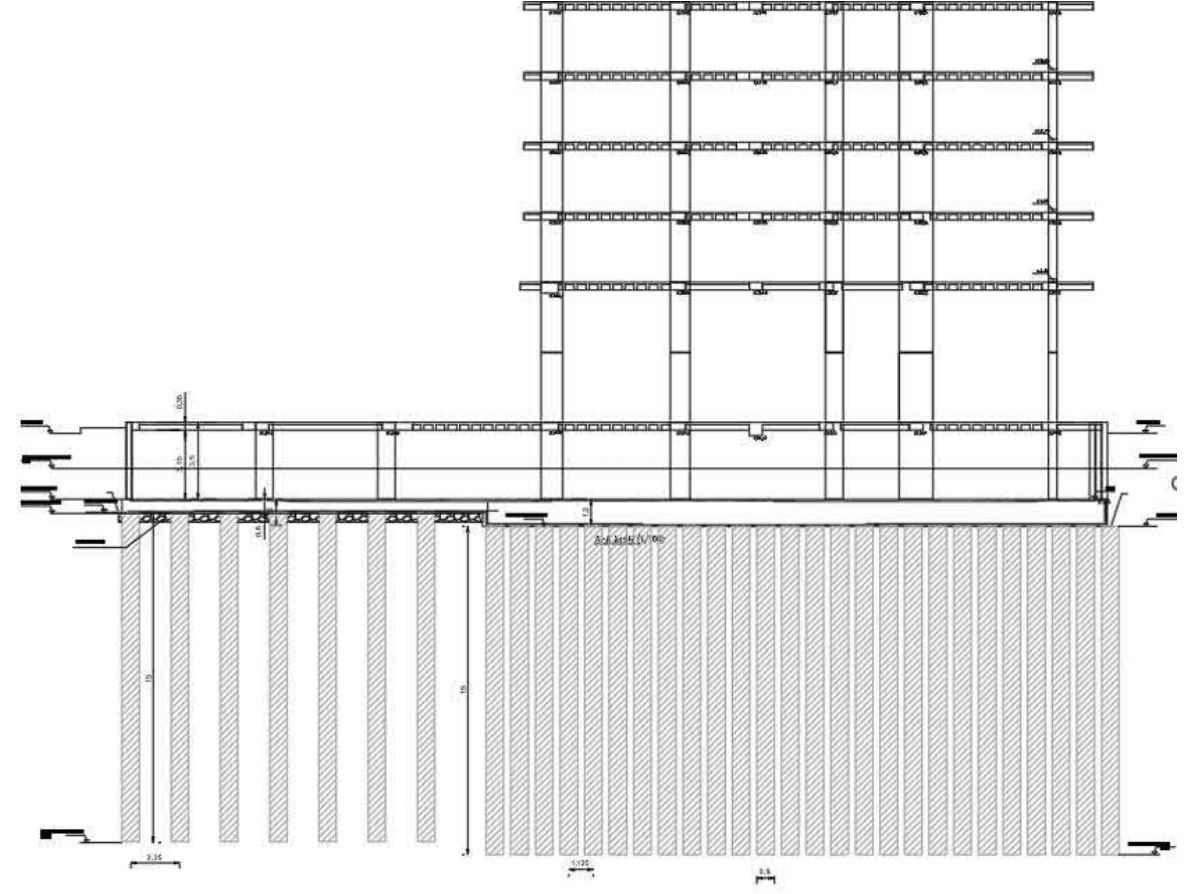
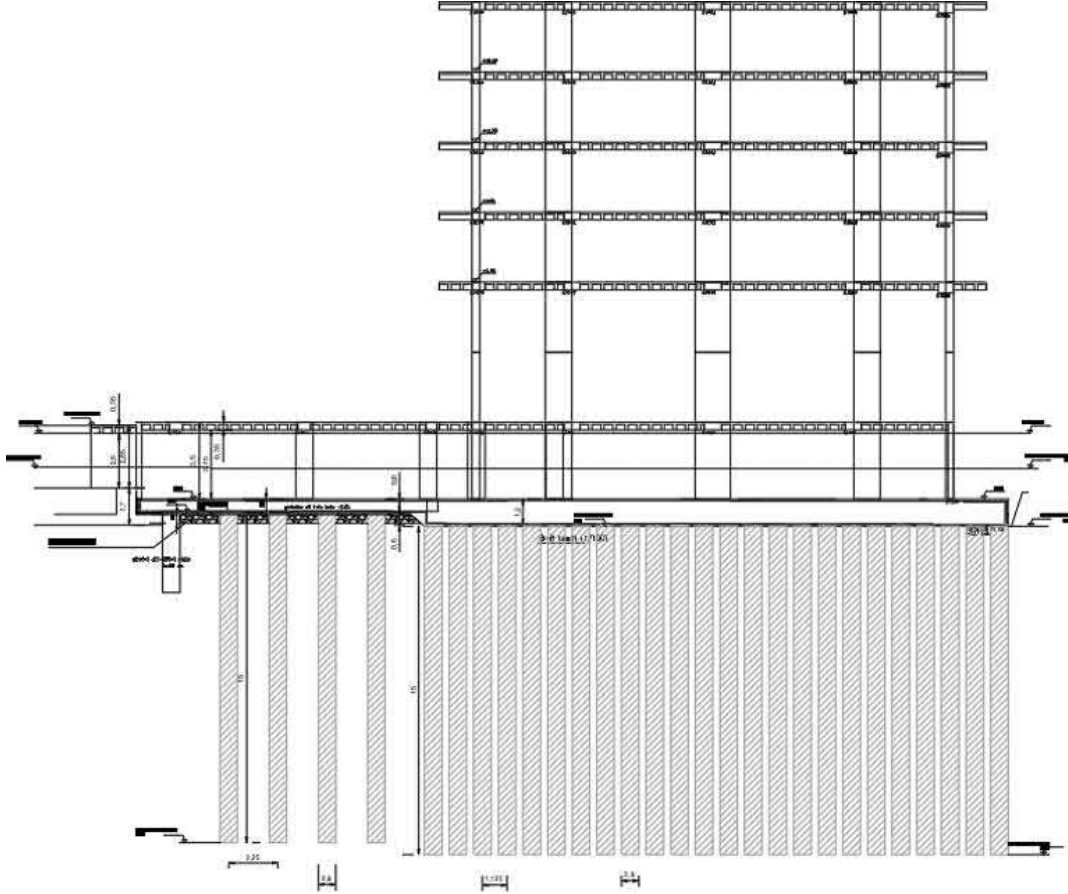


# TÜRKİYE' de DEPREM





# TÜRKİYE' de DEPREM



Jet Grout  
Kesitleri

# TÜRKİYE' de DEPREM

## İyileştirme Sonrası Sivilaşma Hesabı

### B Blok

#### Girdiler

|                                              |       |                |
|----------------------------------------------|-------|----------------|
| Jet Kolon Çapı                               | 80    | cm             |
| Karelaj X yönü                               | 1.32  | m              |
| Karelaj Y yönü                               | 1.32  | m              |
| Kolonun Tek Eksenli Basınç Mukavemeti $f_c'$ | 2.0   | MPa            |
| Kolon Elastisite Modülü, E                   | 6689  | MPa            |
| Poisson oranı, $\nu$                         | 0.4   |                |
| Kayma Modülü, G                              | 2389  | MPa            |
| Kolon Kesit Alanı, $A_{jet}$                 | 0.503 | m <sup>2</sup> |
| Birim Hücre Alanı, A                         | 1.742 | m <sup>2</sup> |
| Alan Yer Değiştirme Oranı, $a_r$             | 0.288 |                |

#### Çıktılar

| Derinlik (m) | $V_s$ , (m/s) | $\gamma$ , (kN/m <sup>3</sup> ) | $\rho$ , (gr/cm <sup>3</sup> ) | $G_s$ , (MPa) | $G_r$ | $S_R$ | İyileştirme Öncesi Güvenlik Sayısı | İyileştirme Sonrası Güvenlik Sayısı | Değerlendirme       |
|--------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------|-------|-------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 3.00         | 175           | 18                              | 1.83                           | 56            | 42.71 | 0.08  | 0.36                               | 4.66                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 4.50         | 192           | 18                              | 1.83                           | 67            | 35.48 | 0.09  | 0.55                               | 6.01                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 6.00         | 164           | 18                              | 1.83                           | 49            | 48.40 | 0.07  | 0.26                               | 3.79                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 7.50         | 182           | 18                              | 1.83                           | 60            | 39.49 | 0.08  | 0.40                               | 4.85                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 9.00         | 151           | 18                              | 1.83                           | 42            | 57.39 | 0.06  | 0.19                               | 3.21                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 10.50        | 131           | 18                              | 1.83                           | 31            | 76.25 | 0.04  | 0.22                               | 4.91                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 12.00        | 135           | 18                              | 1.83                           | 33            | 71.45 | 0.05  | 0.24                               | 5.17                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 13.50        | 143           | 18                              | 1.83                           | 37            | 63.82 | 0.05  | 0.29                               | 5.60                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 15.00        | 149           | 18                              | 1.83                           | 41            | 58.67 | 0.06  | 0.35                               | 6.11                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 16.50        | 160           | 18                              | 1.83                           | 47            | 51.10 | 0.06  | 0.46                               | 7.05                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 18.00        | 156           | 18                              | 1.83                           | 44            | 53.77 | 0.06  | 0.44                               | 7.15                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |
| 19.5         | 160           | 18                              | 1.83                           | 47            | 51.13 | 0.06  | 0.51                               | 7.87                                | SIVILAŞMA RİSKİ YOK |



# TÜRKİYE' de DEPREM

## ➤ Zemin Kaynaklı Deprem Hasarları





# TÜRKİYE' de DEPREM

## ➤ Zemin Kaynaklı Deprem Hasarları





# TÜRKİYE' de DEPREM

## ➤ Zemin Kaynaklı Deprem Hasarları





# TÜRKİYE' de DEPREM

**Deprem hasarlarının önemli bir kısmı zemin kaynaklıdır.**

- Aletsel ölçümler de bunu gösteriyor.
- Zemin sınıfı sarsıntı şiddetini artırabiliyor ve
- Mukavemet ve/veya rijitlik kaybı ve aşırı yer değiştirmelere neden olabiliyor.
- Son yıllarda Geoteknik bilimi çok gelişti. 1975 Yönetmeliği sonrası 1998 ve 2007 yönetmeliklerinde zeminle ilgili değişiklik yapılmadı.



# TÜRKİYE' de DEPREM

## Türk Deprem Yönetmelikleri

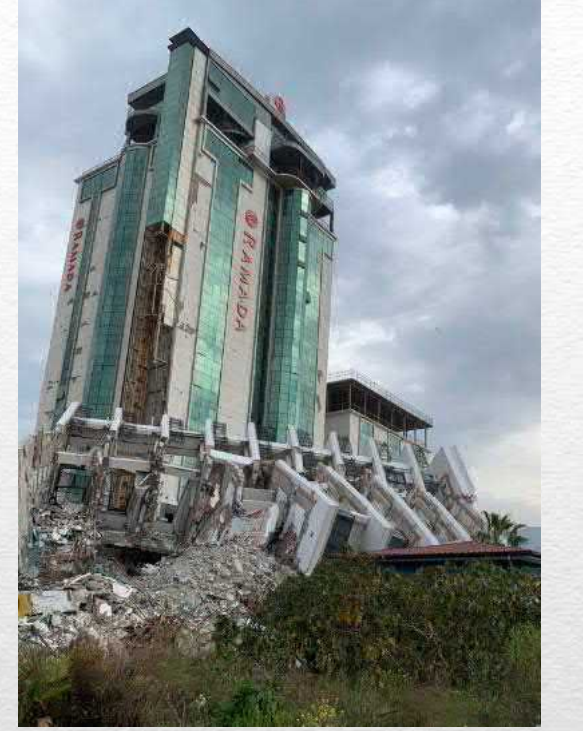
- 1940** - Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait (İtalyan) Yapı Talimatnamesi (**Yığma Yapı-Mimari**)
- 1944** - Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi (**Temel Zeminine Önem Verilmiş**)
- 1949** - Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (**1. 2. Derece Deprem Bölg.**)
- 1953** - Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (**Zemin Emn. Ger.**)
- 1962** - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, **ABYYHY-1962**
- 1968** - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, **ABYYHY-1968**
- 1975** - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, **ABYYHY-1975 (1. 2. 3. 4. Derece Deprem Bölgelerine Ayrılmış) (C14/C18-S220)**
- 1998** - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, **ABYYHY-1998 (C16/C20-S420)**
- 2007** - Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, **TDY-2007(C20-S220/S420)**
- 2018** - Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, **TBDY-2018 (C25-B420C/B500C)**



## ➤ Deprem Hasarı Nedenleri



- 1) Yapısal Özellikler (Hatalı Mimari ve/veya Mühendislik tasarım ve hesap hataları)
- 2) Malzeme Kalitesi
- 3) İmalat (kötü işçilik)
- 4) Kontrol Eksikliği
- 5) **ZAYIF ZEMİN KOŞULLARI**
- 6) **İMAR AFLARI**



6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin anormal sonuçlarının ortaya çıkmasına;

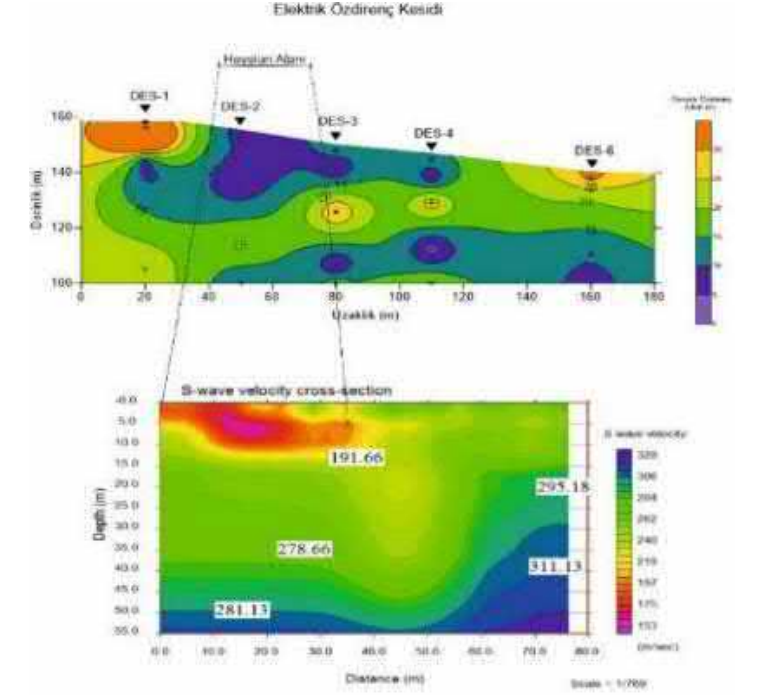
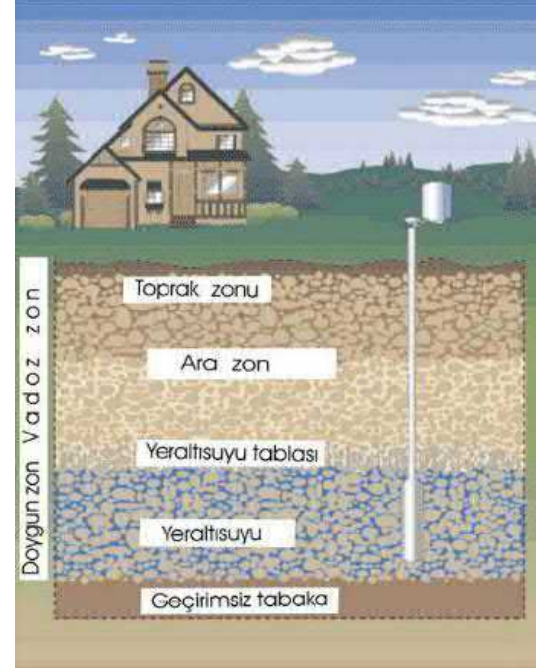
- **\* Proje, Malzeme, İmalat, Kontrol hataları yanında,**
- **\* özellikle zayıf zemin koşullarının ve basen etkisinin** sebep olduğu anlaşılmaktadır.

Özellikle büyük depremlerde zayıf zemin koşullarının bina davranışını beklenin üzerinde bir çarpan ile olumsuz yönde etkilediği anlaşılmıştır. Bu durum deprem riski çok yüksek, her an böylesine büyük depremler yaşama ihtimali olan Ülkemizde, zemin etütlerinin, geoteknik değerlendirmelerin ve geoteknik projelerin önemini arttırmaktadır.



## 2. Zemin ve Temel Etütleri

# 2. ZEMİN VE TEMEL ETÜTLERİ



### Geoteknik Mühendisliğin Farklılığı

#### Yapı Müh. Çelik ve beton

- Modüller sabit
- Yüksek dayanım
- Homojen
- İzotrop
- Zaman bağımsız
- Sudan bağımsız
- Basıncıdan bağımsız
- Sahadan bağımsız

#### Geoteknik Müh. Zemin ve Kaya

- Modüller değişken
- Düşük dayanım
- Heterojen
- Anizotrop
- Zaman bağımlı
- Su davranışa etkili
- Basıncı davranışa etkili
- Her sahada farklı





## 2. Zemin ve Temel Etütleri

### ➤ YÖNETMELİK-TEBLİĞ

18 Mart 2018 PAZAR

Resmî Gazete

Sayı : 30364 (Mükerrer)

#### YÖNETMELİK

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından:

#### TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

##### Amaç ve kapsam

**MADDE 1 –** (1) Bu Yönetmeliğin amacı; yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin deprem etkisi altında tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir.

##### Dayanak

**MADDE 2 –** (1) Bu Yönetmelik, 15/5/1959 tarihli ve 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanunun 3 üncü maddesi ile 29/5/2009 tarihli ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun 12 nci ve 17 nci maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır.

##### Uygulanacak esaslar

**MADDE 3 –** (1) Deprem etkisi altında binaların tasarımı için bu Yönetmeliğin ekinde yer alan esaslar uygulanır.

##### Yürürlükten kaldırılan yönetmelik

**MADDE 4 –** (1) 6/3/2007 tarihli ve 26454 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

## PLANLI ALANLAR TİP İMAR YÖNETMELİĞİ 57. MADDESİ

20.06.2025

9 Mart 2019 CUMARTESİ

Resmî Gazete

Sayı : 30709

#### TEBLİĞ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığından:

#### ZEMİN VE TEMEL ETÜDÜ UYGULAMA ESASLARI VE RAPO FORMATINA DAİR TEBLİĞ



Zemin ve Temel Etüdü  
Uygulama Esasları ve Rapor  
Formatı

ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI  
MÜHÜRÜ

##### Amaç

**MADDE 1 –** (1) Bu Tebliğin amacı; bina ve bina türü yapıların tasarım, projelendirme, inşa ve denetimi için yapılması zorunlu olan zemin ve temel etütlerinin planlaması, arazi araştırmaları ve laboratuvar çalışmalarının yapılması, sahada karşılaşılan zemin birimlerinin (zemin ve/veya kaya) mühendislik özellikleri ile yeraltı suyuna ilişkin verilerin toplanması, yerel deprem etkilerinin belirlenmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda zemin ve temel etüt raporlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

##### Kansam

18 Aralık 2022 PAZAR

Resmî Gazete

Sayı : 32047

#### YÖNETMELİK

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığından:

#### KAZI DESTEK YAPILARI HAKKINDA YÖNETMELİK

##### Amaç

**MADDE 1-** (1) Bu Yönetmeliğin amacı; tüm planlı ve plansız alanlarda inşa edilecek her tür yapının temel ve/veya bodrum katlarının inşaatı için yapılacak kazılarda, gerek statik yükler gerekse deprem yükleri altında, kazı destek yapılarının tasarımı, projelendirilmesi ve uygulama için uyulması gerekli kuralları, asgari gereklilikleri ve esasları belirlemektir.

##### Kapsam

**MADDE 2-** (1) Bu Yönetmelik; kazı çukurlarının stabilitesinin sağlanması için yapılacak destek yapıları ile ilgili genel esasların belirlenmesi, bu kapsamdaki projelendirme, geoteknik analizlerde uyulacak genel şartlar ile

Mustafa Laman

25

### ➤ TBDY 2018-KAPSAM

Deprem etkisi altında yapılacak **yeni yapılar** ve deprem performansı değerlendirilecek veya güçlendirilecek **mevcut binalarda**;

1. Zemin araştırmalarının kapsamı (**EK 16A**),
2. Zemin koşulları, sınıf ve parametrelerinin belirlenmesi (**16.2-4**),
3. Bina temellerinin tasarımı (**16.7**),
4. Bina bodrum perdelerinin tasarımı (**16.11**),
5. Zemin sıvılaşma analizleri (**16.6 - EK 16B**),
6. Yapı-zemin etkileşimi analizleri (**EK 16C**),
7. Dayanma yapıları ve şevlerin tasarım ilkeleri (**16.13**),
8. Arazi zemin özelliklerinin iyileştirilmesi (**EK 16D**).





## 2. Zemin ve Temel Etütleri

### ➤ GENEL DEĞİŞİKLİKLER

TABLO 2.4 – SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI ( $T_A$ ,  $T_B$ )

| <i>Tablo 6.2'ye göre<br/>Yerel Zemin Sınıfı</i> | $T_A$<br>(saniye) | $T_B$<br>(saniye) |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Z1                                              | 0.10              | 0.30              |
| Z2                                              | 0.15              | 0.40              |
| Z3                                              | 0.15              | 0.60              |
| Z4                                              | 0.20              | 0.90              |

TDY-2007

<https://tdth.afad.gov.tr/>



# TBDY 2018'DE YENİLİKLER

### 16.2.2. Zemin ve Temel Etüd Raporları

*Zemin ve Temel Etüd Raporları*, zemin araştırmaları sonuçlarının sunulacağı *Veri Raporu* ve tasarıma yönelik olarak hazırlanacak *Geoteknik Rapor*'dan oluşacaktır.

### 16.8. YÜZEYSEL TEMELLER

**Terzaghi (Vesic) bağıntısı önerilmiştir. İlk defa dayanım katsayıları tanımlanmıştır.**

#### 16.8.1. Kapsam

Yüzeysel temellerin boyutlandırılmasında aşağıdaki kurallara uyulacaktır. Burada verilen tasarım ilkeleri tekil, sürekli (şerit) ve radye (plak) temelleri kapsamaktadır.

### 16.9. KAZIKLI TEMELLER

**Kazık deneyleri avantajlı hale getirildi. İlk defa dayanım katsayıları tanımlanmıştır.**

#### 16.9.1. Kapsam

Kazıklı temellerin boyutlandırılmasında aşağıdaki kurallara uyulacaktır. Burada verilen tasarım ilkeleri yerinde dökme ve çakma kazıkları kapsamaktadır.



### TBDY 2018'DE YENİLİKLER

#### 16.13. DEPREM ETKİSİ ALTINDA ŞEVLERİN DURAYLILIĞI

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

#### EK 16D – ARAZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN YERİNDE İYİLEŞTİRİLMESİ

Etkilerin dirençler tarafından karşılanamadığı durumlarla, deprem sırasında zemin sıvılaşmasının tetiklenmesi ve/veya büyük dayanım/rijitlik kaybına uğraması beklenen zeminlerde, zemin özelliklerinin yerinde iyileştirilmesi veya güçlendirmesi yoluna başvurulabilir. Uygun zemin iyileştirme veya güçlendirme yöntemi, *geoteknik* alanında sorumlu inşaat mühendisince aşağıda sıralanan genel ilkelerden yararlanılarak belirlenir.

### ➤ ZEMİN ARAŞTIRMALARI

**16.2.1.1** – Zemin koşullarının belirlenmesi için, arazi ve laboratuvar çalışmalarını içeren zemin araştırmaları yapılacaktır. Zemin araştırmalarının kapsamı, **yapı ve bileşenlerinin özellikleri, jeolojik yapı ve zemin birimlerinin özellikleri, civar yapıların durumu, yeraltı suyu durumu ile bölgesel deprem özellikleri ve çevre koşulları dikkate alınarak planlanacak**, yeterli sayı ve derinlikte sondaj kuyuları ve/veya muayene çukurları açılacak, gerekli arazi deneyleri yapılacak, örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınarak laboratuvar deneyleri uygulanacaktır.

**16.2.1.2** – Zemin araştırmaları **EK 16A**'da tanımlanan kurallara göre yapılacaktır.

### ➤ ZEMİN VE TEMEL ETÜD RAPORLARI

*Zemin ve Temel Etüd Raporları*, zemin araştırmaları sonuçlarının sunulacağı **Veri Raporu** ve tasarıma yönelik olarak hazırlanacak **Geoteknik Rapor**'dan oluşacaktır.



### ➤ ZEMİN VE TEMEL ETÜD RAPORLARI

**16.2.2.1 – Veri Raporu**, arazi ve laboratuvarda gerçekleştirilmiş zemin araştırmalarında elde edilen verilerin sunulduğu rapordur. Bu rapor kapsamında, bölgenin jeolojik yapısı ve proje sahasının jeolojik özellikleri, araştırma sondajları ve muayene çukuru logları, zemin kesitleri ve yeraltı su düzeyi, arazi ve laboratuvar deneyleri sonuçları, jeofizik araştırma bulguları vb. zemin araştırma sonuçları sunulacaktır.

**16.2.2.2 – Geoteknik Rapor**, statik, dinamik ve deprem etkileri göz önüne alınarak, arazi zemin modelinin oluşturulduğu, zemin tabakaları için geoteknik tasarım parametrelerinin verildiği, temel tipleri seçimine ilişkin seçeneklerin irdelendiği, mühendislik analizleri ve değerlendirmeler ile temel tasarımına ilişkin önerilerin sunulduğu rapordur. **Geoteknik raporun içeriğine** ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiştir:

(a) Veri raporunda sunulan arazi zemin araştırmaları bulguları değerlendirilerek, arazi zemin modeli oluşturulacak, yapı yükleri ve deprem etkisi altında zemin tabakalarının davranışı irdelenecek, **yapının ve temellerinin tasarımına ilişkin geoteknik tasarım parametreleri** verilecektir.

### ➤ ZEMİN VE TEMEL ETÜD RAPORLARI

(b) Yapı özellikleri ve beklenen performans düzeyi ile uyumlu temel sistemi seçilecek, **taşıma gücü ile kısa ve uzun süreli zemin yerdeğiştirme-oturma değerleri verilecek**, bu kapsamda zeminlerin şişme davranışı, net temel basınçları ve olası kaldırma kuvvetleri dikkate alınacaktır.

(c) **Zemin iyileştirme ve/veya güçlendirmesine gereksinim duyulması halinde**, olası yöntemler irdelenecek, önerilen yönteme ilişkin uygulama esasları tanımlanacak, iyileştirilmiş zemin için hedeflenen zemin özellikleri, temellerin taşıma gücü ve yerdeğiştirme değerleri verilecektir.

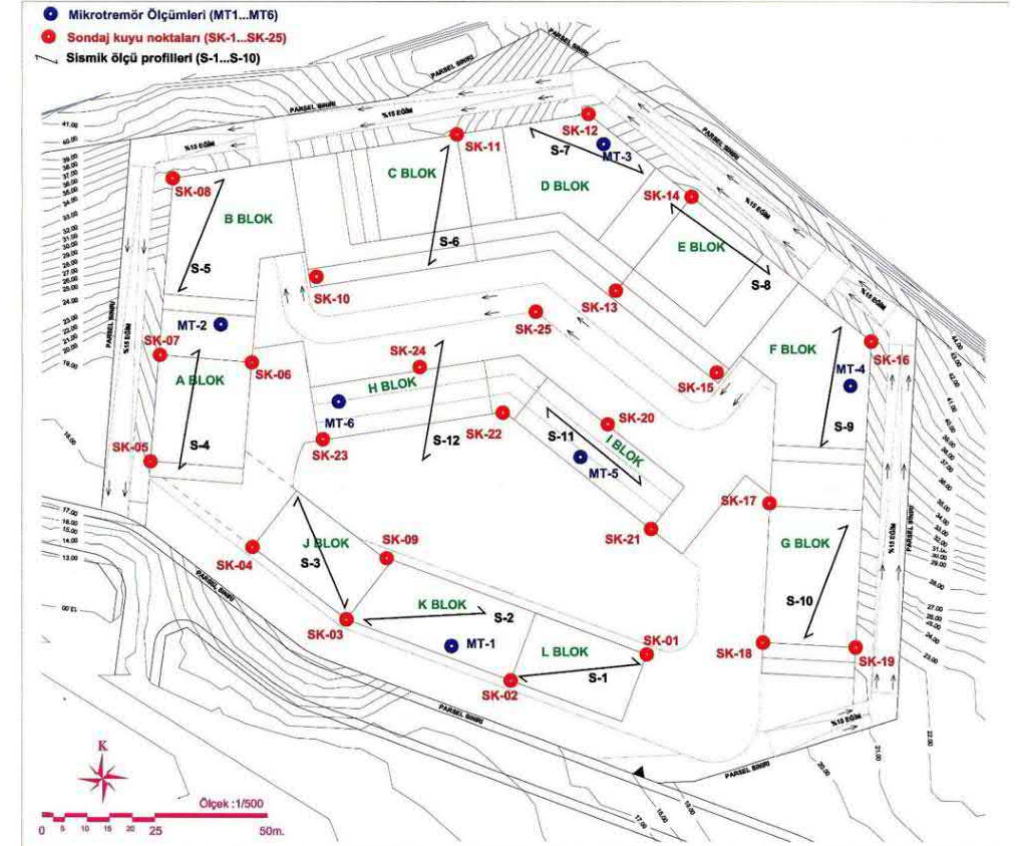
(d) Geçici veya kalıcı temel kazılarında uygulanacak **iksa sistemlerinin tasarımı** için gereken zemin parametreleri verilecektir. Şev duraysızlığı tehlikesi olan eğimli arazilerde inşa edilecek yapılar için, kazı ve inşa adımları dikkate alınarak, **şev duraylılık analizleri** yapılacak ve kaymaya karşı alınacak uygun önlemler belirlenecektir.

### ➤ Zemin Etüt Çalışmaları

## PLANLAMA VE GEOTEKNİK KATEGORİLER

### 1. Planlama

- Yerel zemin yapısı,
- Bina üstyapı özellikleri,
- Bölgenin depremselliği,
- Çevre koşulları ile ilgili özellikler ve
- İnşaat sırasında ve yapı ömrü boyunca ortaya çıkabilecek tüm olası sorunlar göz önüne alınır.





### 2. Geoteknik Kategoriler (Zemin ve Temel Etüt Uyg. Esas. ve Tebliğ, 2019)

- Zemin etütlerinin kapsam ve içeriğini belirleyen incelemeler ve analizler,
  - a) Yapı ve Bileşenlerinin Özellikleri ve Büyüklükleri Yönünden
  - b) Zemin Birimlerinin Özellikleri Yönünden
  - c) Civar Yapılar Yönünden
  - d) Yeraltı Suyu Yönünden
  - e) Bölgesel Deprem Özellikleri Yönünden
  - f) Çevre Koşulları Yönünden değerlendirilir ve kategoriler belirlenir.

Kategori-1: Az riskli,

Kategori-2: Orta riskli,

Kategori-3: Yüksek riskli

3 kategoride değerlendirilir

- Bir yapının bu kategorilerden hangisine gireceği etüt öncesinde kararlaştırılır.

### Zemin ve Temel Etüt Uyg. Esas. ve Tebliğ, 2019

#### KATEGORİ-1 ÖRNEK YAPILAR

- Basit atölye tipi yapılar,
- Alt ve üst zemin seviyeleri arasında yükseklik farkının 2.00 m.'yi geçmediği istinat yapıları ve kazı iksaları,
- Tarım ve hayvancılık amaçlı basit zirai yapılar ile
- Köy yerleşim alanı içerisindeki bakkal, manav, berber, köy fırını, köy kahvesi, köy lokantası, vb. yapılar.

#### KATEGORİ-2 ÖRNEK YAPILAR

- Yüzeysel (tekil, sürekli veya radye) temelli yapılar,
- Zemin iyileştirmesi gerektiren yapılar,
- Derin temeller, alt-üst seviye farkı 2.00 m.'yi geçen istinat yapıları,
- Zemin veya kaya ankraj ve bulonları gibi yapı veya yapı kısımları

#### KATEGORİ-3 ÖRNEK YAPILAR

- Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 1-3 arasında kalan yapılar,
- Yerleşim bölgelerinde civar yapıları etkileyebilecek çok bodrumlu derin kazılar,
- Ağır dinamik yük etkisi altındaki makine temelleri, zararlı kimyasal maddeler içeren ve depolayan tesisler, silolar.

### Kategori 1 İçin Etüt Kapsamı

Yapı etki alanı ve çevresini kapsayacak şekilde yapılan gözlemsel incelemeler ile temel taban seviyesindeki zemin sınıfı, hiçbir şüpheye yer bırakmayacak şekilde belirlenmelidir.

### Kategori 2 İçin Etüt Kapsamı

Kategori 2’de yer alan yapılar için zemin ve temel etütleri,

- Ön etütler,
- Tasarım etütleri,
- Kontrol etütleri,

olarak üç aşamada yapılır. Planlama aşamasında belirlenen etüt kapsamı, etüt çalışmaları aşamasındaki gözlem ve aletsel ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde gerekli görüldüğü takdirde genişletilebilir.

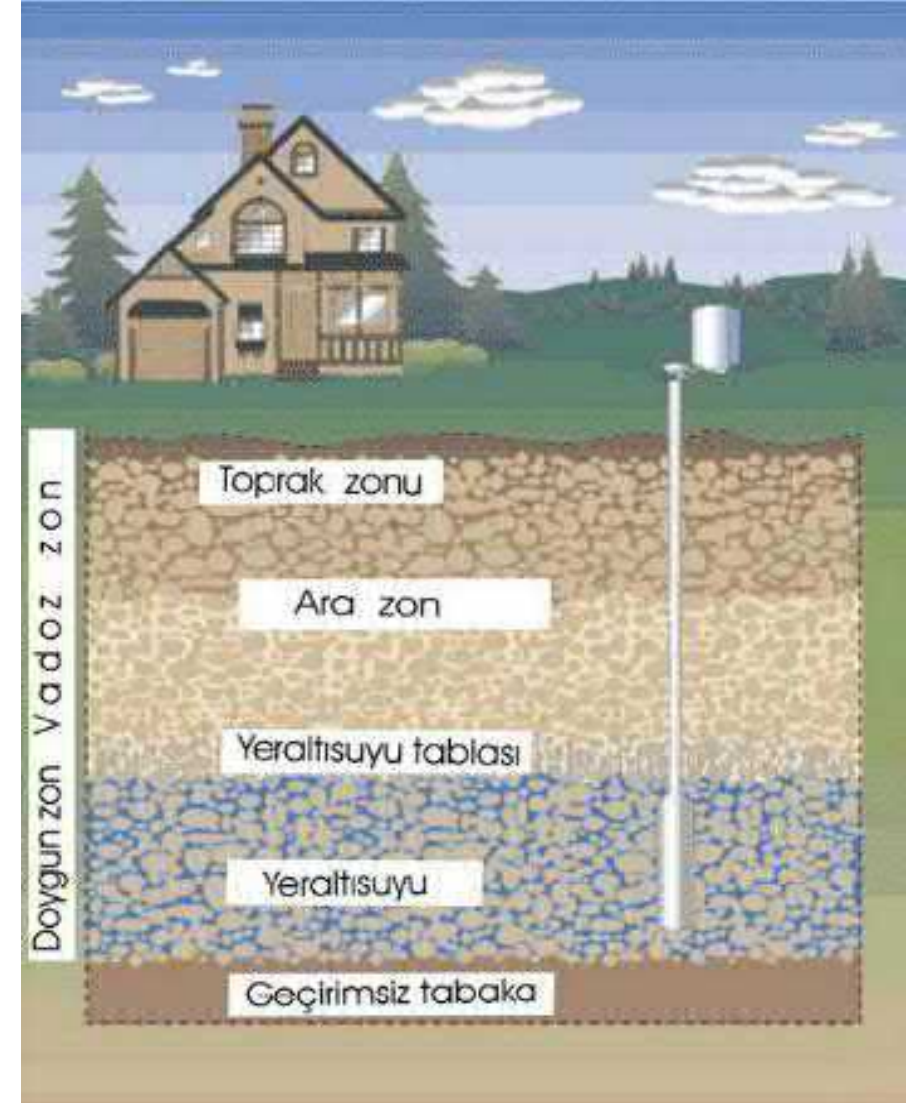
### Kategori 3 İçin Etüt Kapsamı

- Kategori 3’e giren zemin ve temel etütlerinde, yukarıda Madde 7.2’de Kategori 2 için belirtilen zemin ve temel etüdü çalışmalarına ilave olarak, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), madde 16.5’te belirtilen ‘Deprem Etkisi Altında Sahaya Özel Zemin Davranış Analizleri’ için gerekli tüm arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmalıdır.



### ➤ Zemin Etüt Çalışmaları

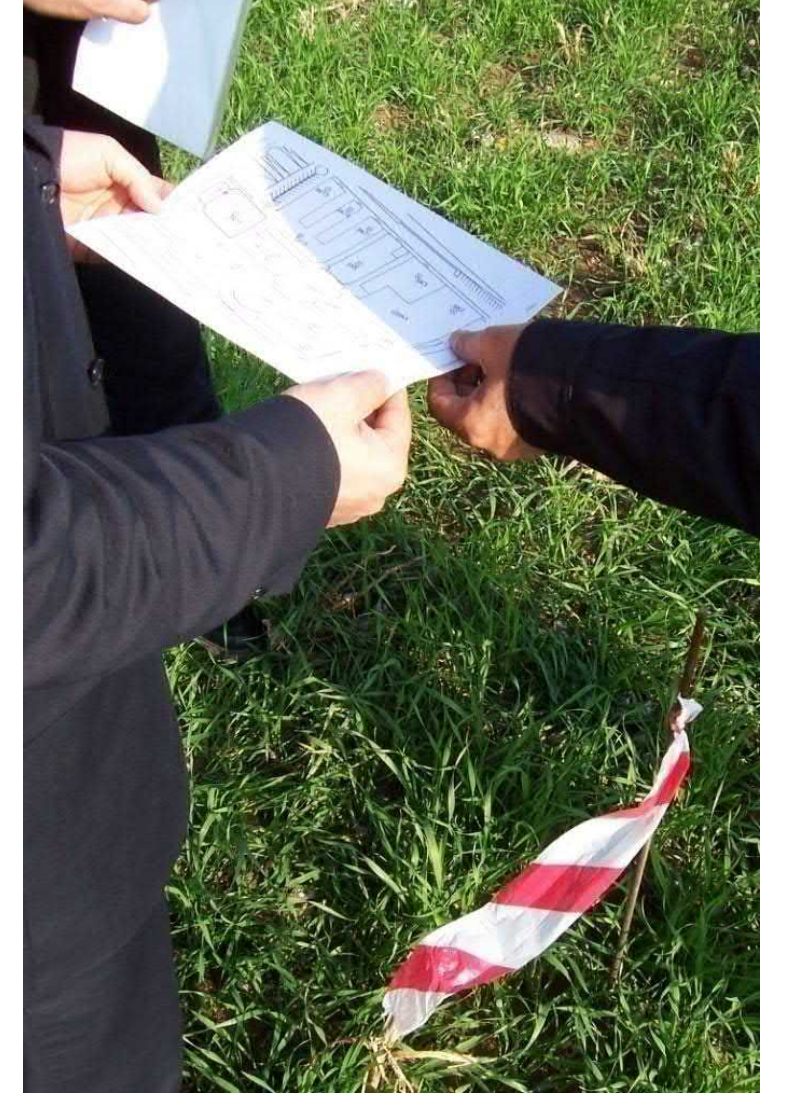
1. Ön Çalışmalar
2. Arazi Deneyleri
3. Laboratuvar Deneyleri
4. Parametrelerin Belirlenmesi
5. Rapor Hazırlanması



### 1. Ön Çalışmalar

Arazi gezilir, arazi ve yapı ile ilgili mevcut bilgiler toplanıp değerlendirilir.

- İncelenen arazinin konumu ve son durumu,
- Topoğrafyası,
- Arazi jeolojisi,
- Arazi su durumu (mevcut kuyulardan),
- Zemin profili (mevcut yarmalardan)
- Komşu yapıların durumu, varsa zemin etüt raporları,
- Belediye ve diğer kuruluşlardan altyapılarla ilgili bilgiler,
- İnşa edilecek yapının özellikleri.



### 2. Arazi Çalışmaları

#### El Aletleri



#### Kazıcı



#### Muayene Çukuru

1-2 m Genişlik  
3-6 m Derinlik

Kil

#### Sondaj Makinası



#### Sondaj Kuyusu

50-75-90 mm Çap  
İstenilen Derinlik



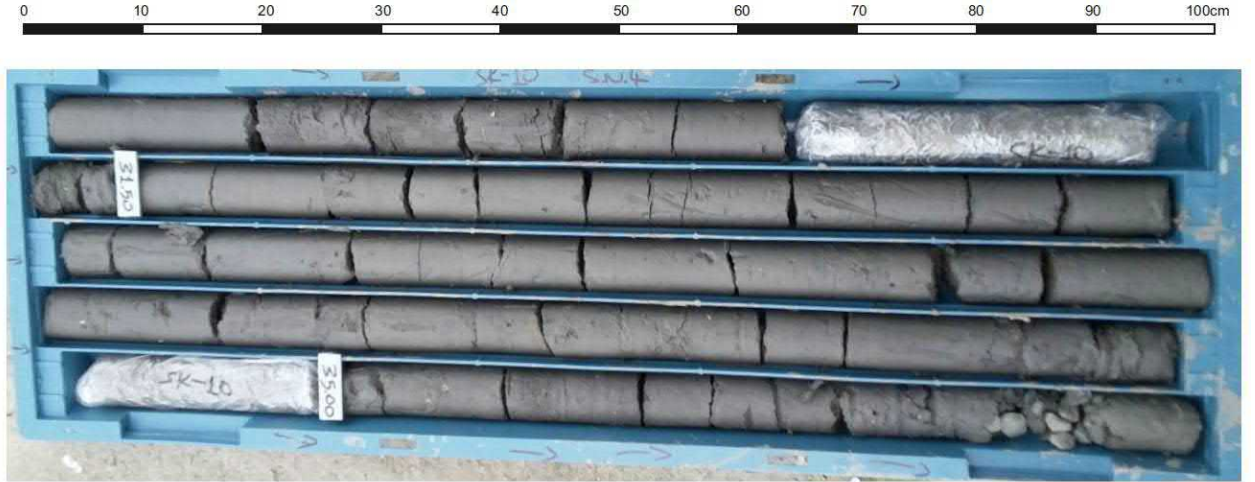
### Karotiyer

Sondaj ilerlerken matkabın kestiği karotu içine alıp örneğin yerüstüne çıkarılmasını sağlayan ekipman



- **TBDY 2018**

**16A.2.5** – Kaya sondajlarında karotiyer ve vidye tipi, litolojik birimlerin özelliklerine göre seçilecek ve karotların çapı en az NX (54 mm) veya NQ (47.6 mm) olacaktır.



### ➤ ZEMİN ARAŞTIRMA SONDAJLARI

16A.1.1 – Sondaj kuyuları, zeminlerde burgu, kum veya kil kovası ile darbeli veya dönel (rotary) sistemlerle, kayada ise kaya yüzeyinden itibaren sürekli karot alınarak ilerlenen dönel sistemlerle açılacaktır.

16A.1.2 – Sondaj Sayıları: Zemin koşullarının değişkenliği, yapının taban alanı ve aktardığı yükler ile çevresindeki koşullar dikkate alınarak;

- Her 300 m<sup>2</sup>'lik taban alanı için en az bir adet olmak üzere belirlenecektir.
- Bina Yükseklik Sınıfı  $BYS \leq 3$  olan binaların inşa edileceği alanlarda sondaj sayısı üçten az olmayacaktır. Sondaj sayısı, taban alanı 1000 m<sup>2</sup>'yi geçen binalarda birer adet bina köşelerinde ve bir adet ortada olmak üzere en az beş adet olacak şekilde planlanacaktır.

16A.1.3 – **Sondaj Yerleri:** Topografik ve jeomorfolojik koşullar özel yerlere işaret etmiyorsa, en az yapı planının köşeleri ve ortasında sondaj yerleri seçilecektir. Geniş alanlarda yapı tipleri ve yerleri belirli ise, yapı yerleşimine uygun olarak sondaj noktaları seçilecektir. Yerleşimi belirsiz proje sahalarında, bir karelej (grid) üzerinden sondaj yerleri planlanacaktır. Şev duraysızlığı potansiyeli olan eğimli arazilerde, sondaj yerleri yamaç duraylılık (stabilite) analizine veri sağlayacak hatlar boyunca planlanacak, yapı alanı dışında da sondaj yerleri seçilecektir.

**Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları**

| Bina Yükseklik Sınıfı | Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m] |                        |                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                       | DTS = 1, 1a, 2, 2a                                                                                   | DTS = 3, 3a            | DTS = 4, 4a         |
| BYS = 1               | $H_N > 70$                                                                                           | $H_N > 91$             | $H_N > 105$         |
| BYS = 2               | $56 < H_N \leq 70$                                                                                   | $70 < H_N \leq 91$     | $91 < H_N \leq 105$ |
| BYS = 3               | $42 < H_N \leq 56$                                                                                   | $56 < H_N \leq 70$     | $56 < H_N \leq 91$  |
| BYS = 4               | $28 < H_N \leq 42$                                                                                   | $42 < H_N \leq 56$     |                     |
| BYS = 5               | $17.5 < H_N \leq 28$                                                                                 | $28 < H_N \leq 42$     |                     |
| BYS = 6               | $10.5 < H_N \leq 17.5$                                                                               | $17.5 < H_N \leq 28$   |                     |
| BYS = 7               | $7 < H_N \leq 10.5$                                                                                  | $10.5 < H_N \leq 17.5$ |                     |
| BYS = 8               | $H_N \leq 7$                                                                                         | $H_N \leq 10.5$        |                     |



### ➤ ZEMİN ARAŞTIRMA SONDAJLARI

**16A.1.4 – Sondaj Derinlikleri:** Sondaj derinliği, bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1.5 katı veya net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ( $\Delta\sigma$ ) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan **efektif gerilmenin ( $\sigma'_{vo}$ ) %10'una eşit olduğu derinlikten ( $\Delta\sigma = 0.10\sigma'_{vo}$ ) daha elverişsizi olacak şekilde seçilecektir.**

- a) Yüksek dayanıma ve rijitliğe sahip bir tabakanın daha **sığ derinliklerde rastlanması** durumunda sondaj, bu tabaka içine **en az 3 metre girerek** tabaka sürekliliğinin belirlenmesi ile sonlandırılabilir.
- b) **Kazıklı temel** uygulamasının gerekebileceği durumlarda, sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak şekilde seçilecektir.
- c) Sondajlar, **şev duraylılığı** çalışmalarında olası kayma yüzeyi derinliklerinin yeterince altına kadar, derin kazılarda ise **kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere** inecektir.
- d) Deprem tasarım sınıfları **DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a** olan bölgelerde, yeraltı suyu düzeyi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iri (kaba) daneli zeminlerin yer aldığı sahalarda, sondaj derinliği **zemin yüzünden itibaren en az 20 m** olacaktır.

### ➤ YAPI ETKİ BÖLGESİ

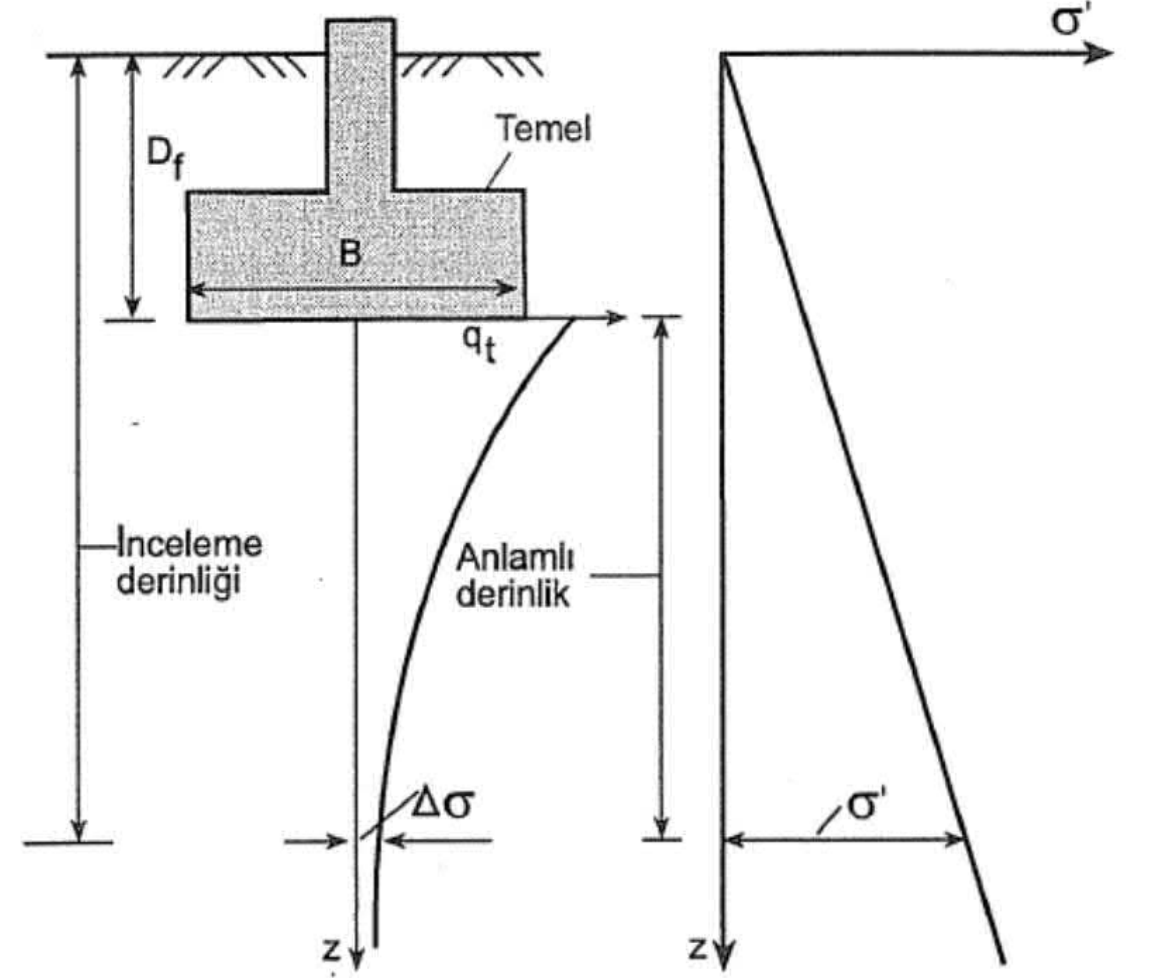
İnşa edilecek yapıdan dolayı oluşacak ilave düşey efektif gerilmelerin (Boussinesq, Westergaard, vb.) kabul görmüş basınç dağılım yöntemleri ile,

- temel taban basıncının %10'una eşit olduğu derinlik veya
- mevcut efektif örtü yükünün %10'una eşit olduğu derinlik

olarak tanımlanır.

Veya

Temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1.5 katı



## 2. Zemin ve Temel Etütleri

### ➤ ÖRNEK UYGULAMA

1. Bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1.5 katı;

$$25.00 \times 1.50 = \underline{\underline{37.50m}} \text{ veya}$$

2. Net temel taban basıncından kaynaklanan **zemindeki gerilme artışının ( $\Delta\sigma$ )** zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan **efektif gerilmenin ( $\sigma'_{vo}$ ) %10'una eşit olduğu** derinlikten ( $\Delta\sigma=0.10\sigma'_{vo}$ ) daha **elverişsiz** olacak şekilde seçilecektir.

Üst yapı bilgileri;

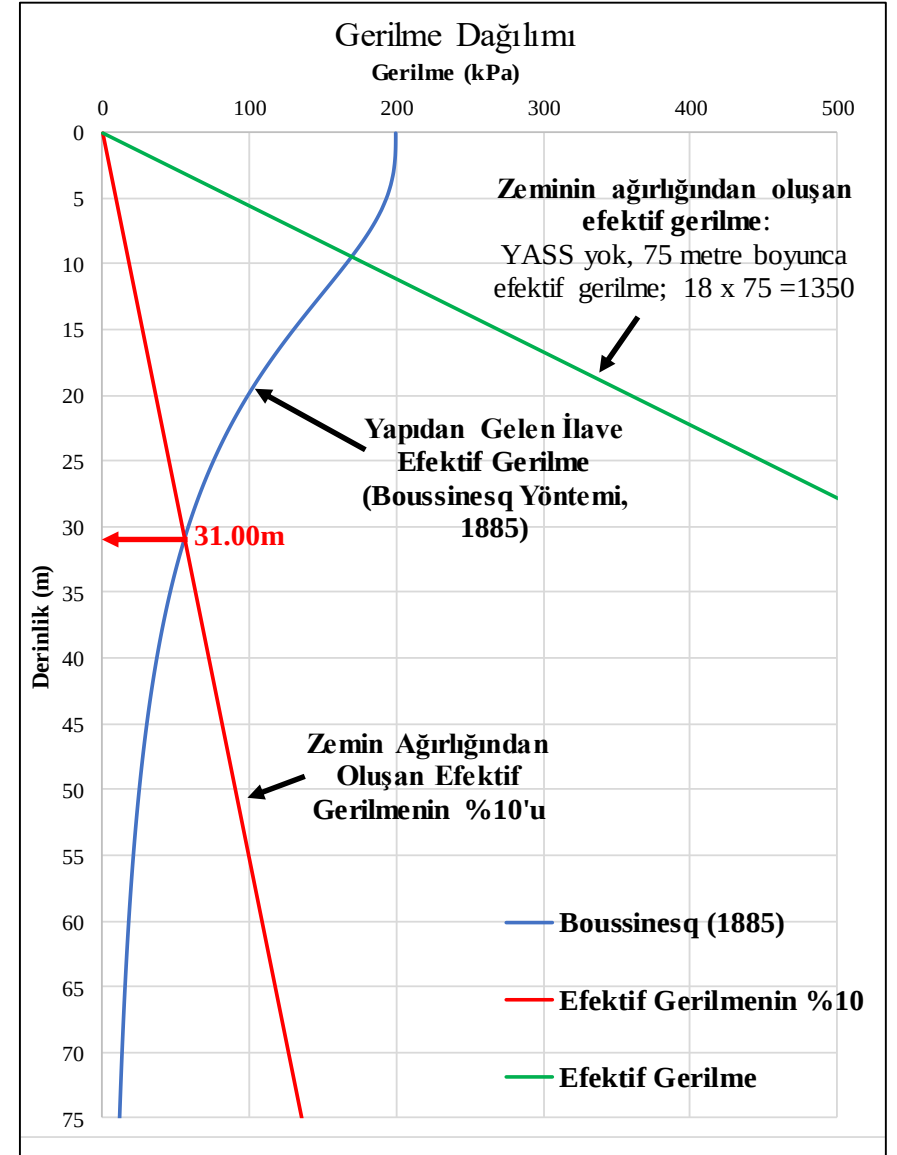
$$B \text{ (m)}=25.00 \quad L \text{ (m)}=30.00$$

$$q \text{ (kPa)}=200$$

$$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}= 18$$

$$\underline{\underline{31.0m}}$$

**Min. sondaj derinliği 37.50m**





### ➤2. ARAZİ DENEYLERİ

**16A.2.1** – Sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla (örneğin her 1.50 m’de bir adet) **arazi deneyleri (SPT, kanatlı kesici, presiyometre, vb.)** yapılacaktır. Zemin profili ve özelliklerinin sürekli ve sağlıklı olarak tayini için, sondajlarla paralel şekilde planlanmış, Koni Penetrasyon Deneyleri (CPT ve boşluk suyu basıncı ölçümlü -CPTu) yapılması yararlı olacaktır.

**16A.2.2 – Örnek Alma:** Sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla örselenmiş ve örselenmemiş zemin/kaya örnekleri alınacaktır.

**16A.2.3 – Örselenmiş Örnekler:** Sondaj kuyularında, her cins zeminden, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sırasında örselenmiş örnekler alınacaktır. Yeraltı su düzeyi altında, iri daneli veya plastik olmayan silt zeminlerde, SPT kaşığından yeterli miktarda örselenmiş örnek elde edilemiyorsa, ağzına zemin tutucu takılmış (sepet-basket tipi) özel tüpler ile incesi yıkanmamış örselenmiş örnekler alınacaktır.

### ➤ 2. ARAZİ DENEYLERİ

**16A.2.4 – Örselenmemiş Örnekler:** Sondaj kuyularında, kohezyonlu zeminlerden, 16A.1.4’de tanımlanan etki derinliği içinde her zemin tabakasının mühendislik özelliklerini belirlemeye yeterli olacak sayıda örselenmemiş örnek alınacaktır. Örselenmemiş zemin örnekleri, zeminin kıvamına uygun olarak ve ince cidarlı (alan oranı=et kalınlığı/iç tüp alanı<10 %) ve iç çapı en az 76 mm olan tüp veya pistonlu tüp kullanılarak alınacaktır. Ayrıca araştırma çukurları ve hendeklerden, uygun şekilde kesilip alınan bloklardan da örselenmemiş örnekler hazırlanabilecektir.

**16A.2.5 – Kaya sondajlarında** karotiyer ve vidye tipi, litolojik birimlerin özelliklerine göre seçilecek ve karotların çapı en az NX (54 mm) veya NQ (47.6 mm) olacaktır.

**16A.2.6 – Yeraltı Su Düzeyinin Ölçülmesi:** Sondaj kuyusu içinde yapılacak ölçümlerle yeraltı su seviyesi belirlenecektir. Etüt derinliği içinde kohezyonlu ve kohezyonsuz birden fazla tabaka ve/veya su taşır katman (akifer) seviyenin bulunması durumunda, yeraltı suyu düzeyinin veya basıncının ölçülmesi için standart piyezometrelerden yararlanılması uygun olacaktır. Her durumda sondaj kuyusundaki gözlemler ve ölçümler yeraltı suyu düzeyinin kuyuda dengeye ulaşmasına yetecek kadar uzun bir süre boyunca yapılacaktır.

### ➤ 3. LABORATUVAR DENEYLERİ

**16A.3.1 – Laboratuvar deneyleri,** araştırma alanındaki zemin özelliklerini en çok 2 m aralıklar ile tanımlamaya yeterli sayı ve derinliklerde, yapı ve zeminin özelliklerine göre projeden sorumlu inşaat mühendisi tarafından planlanacak ve yetkili laboratuvarlarda yapılacaktır.

**16A.3.2 – Sınıflandırma Deneyleri:** Örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde, tabakaların zemin sınıflandırmasına olanak verecek sayıda kıvam limitleri, doğal su içeriği (korunmuş örnekler üzerinde), elek, pipet/hidrometre ve özgül ağırlık deneyleri yapılacaktır. Örselenmemiş örnekler üzerinde doğal su içeriği ve birim hacim ağırlığı tayini deneyleri de yapılacaktır. Sorunlu zeminlerde (sıvılaşma, şişme, göçme, yumuşama, hassas killer vb.) ilk 15 m'den alınan tüm örnekler üzerinde sınıflandırma deneyleri (pipet/hidrometre dahil) yapılacaktır.

**16A.3.3 – Mühendislik Özellikleri Deneyleri:** Örselenmemiş örnekler üzerinde, tabakaların mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak mukavemet (tek eksenli basınç, kesme kutusu, üç eksenli basınç-UU/CU) deneyleri yapılacak, proje gereksinimlerine uygun olarak drenajlı ve drenajsız kayma mukavemeti parametreleri belirlenecektir. Ayrıca, oturma hesaplarına yönelik parametrelerin belirlenmesi için, killi zeminlerden alınmış örselenmemiş örnekler üzerinde ödometre-konsolidasyon deneyleri yapılacaktır.



### ➤ 3. LABORATUVAR DENEYLERİ

- Elek Analizi
- Islak Analiz (Hidrometre Deneyi)
- Su içeriği
- Özgül Ağırlık
- Doğal Birim Hacim Ağırlık
- Minimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
- Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
- Likit Limit
- Plastik Limit
- Serbest Basınç
- Kesme Kutusu
- Vane (kanatlı Sonda)
- Şişme Deneyi
- Üç Eksenli Basınç
- Konsolidasyon
- Sabit Seviyeli Permeabilite
- Düşen Seviyeli Permeabilite



### ➤ 4. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

➤ Deprem etkisi altında bina temellerinin tasarımı, yerel zemin sınıflarının tanımlanması ve istinat yapıları ile şevlerin analizlerinde kullanılacak zemin parametrelerinin belirlenmesinde aşağıdaki esaslara uyulacaktır.

16.3.1 – Değerlendirmelerde **yükleme hızı ve saha zeminlerinin geçirimlilik koşullarına** göre belirlenecek **drenajlı veya drenajsız koşullarla** uyumlu **mukavemet parametreleri** kullanılacaktır.

16.3.2 – **Kohezyonlu zeminlerde, deprem etkisinde oluşabilecek mukavemet kayıpları/yumuşama gözönüne alınarak, toplam gerilme analizlerinde drenajsız kayma mukavemeti ( $c_u$ ) değeri** kullanılacaktır.

16.3.3 – **Kohezyonsuz zeminlerde**, deprem etkisinde **oluşacak boşluk suyu basıncı artışları ve içsel sürtünme açısı değeri azalışları dikkate alınarak**, toplam gerilme analizlerinde **drenajsız kayma mukavemeti ( $\tau_{cy,u}$ )** değeri kullanılacaktır.

16.3.4 – **Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler** için geçerli olmak üzere, **deprem etkileri altında boşluk suyu basınçlarının belirlenebilmesi durumunda, efektif gerilme parametreleri** kullanılarak analizler yapılabilir.

16.3.5 – **Kayalar için en az tek eksenli basınç mukavemeti  $q_u$ , jeolojik mukavemet indisi (GSI) değerleri vb. kaya kütle sınıflandırma parametreleri kullanılarak** uygun mukavemet parametreleri belirlenecektir.

### ➤ 4. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

**16.3.6** – Analizlerde kullanılacak maksimum kayma modülü,  $G_{\text{maks}}$

$$G_{\text{maks}} = \rho V_S^2$$

**Kayma dalgası hızının ( $V_S$ )** jeofizik yöntemlerle belirlenmesi esastır. Bununla birlikte, standart penetrasyon deneyi (**SPT**), koni penetrasyon deneyi (**CPT**) gibi arazi deney sonuçları ve genel kabul gören bağıntılar kullanılarak dolaylı yoldan da hesaplanabilir.

**16.3.7** – Yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde kayma dalgası hızı  $V_S$ , **SPT darbe sayısı N** ve kohezyonlu zeminler için  $c_u$  değeri kullanılabilir.

**16.3.8** – Sahaya özel zemin davranış analizleri ve dinamik zemin-yapı etkileşimi analizlerinde, deprem dalgalarının zemin profili içinde yayılımı sırasında oluşan kayma birim şekildeğiştirmesi ile uyumlu kayma modülü ve eşdeğer histeretik sönüm katsayısı kullanılacaktır.



### ➤ 5a. VERİ RAPORU

**Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Madde 16.2.2:**

**16.2.2.1- Veri Raporu,** arazi ve laboratuvarda gerçekleştirilmiş zemin araştırmalarından elde edilen verilerin sunulduğu rapordur.«

Zemin etüdü veri raporu;

- yapı özellikleri,
- yerel zemin koşulları,
- bölgenin jeolojisi,
- civar yapıların durumu ve
- bölgesel depremsellik özellikleri dikkate alınarak hazırlanmalıdır

Raporda **(Zemin ve Tem. Etüd Uyg. Es. Ve Rapor Form.-2019)**

- Araştırmanın amacı ve kapsamı,
- İmar durumu parsel bilgileri ve topografik durum,
- Genel jeoloji ve inceleme alanı jeolojisi,
- Araştırma noktaları vaziyet planı,
- Tüm sondaj ve muayene çukurlarına ait loğları ve Zemin kesitleri ve yeraltı suyu tablası,
- Arazi ve laboratuvar deney verileri (ham data, eğriler ve tablolar verilmelidir.) ve laboratuvar deney sonuçları özet tablosu,
- Jeofizik ölçümler, kesitler ve fotoğraflar (arazi, muayene çukurları, sondaj, karot sandıkları) bulunmalıdır.

### ➤ VERİ RAPORU KAPSAMINA GİRMİYEN (GEOTEKNİK RAPORA GİREN) HUSUSLAR

- İdealize zemin profili
- Üstyapı statik/dinamik hesaplarına ve geoteknik analizlere esas olacak geoteknik parametreler,
- Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfı (TBDY-2018),
- Etkin yer ivmesi katsayısı ve spektrum karakteristik periyotları (TBDY-2018),
- Zemin büyütme etkisi,
- Sıvılaşma riski,
- Temel sistemi seçimi,
- Taşıma gücü ve oturma/şişme analizleri,
- Şev stabilite analizleri,
- Zemin İyileştirme ve/veya Derin Temel Sistemi alternatifleri.

**Bu hususlar yapı özellikleri dikkate alınarak hazırlanacak "Geoteknik Rapor" da ele alınır.**

### ➤ 5b. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRME RAPORU

Veri raporun ışığında sahada inşa edilecek bina hakkında detaylı bilgiler toplandıktan sonra,

- zemin taşıma gücü,
- beklenen oturmalar,
- depremsellik, sıvılaşma potansiyeli,
- şev stabilitesi,
- yatay toprak itkileri altındaki zemin davranışı,
- temel sistemi, zemin iyileştirme ve iksa sistemleri ile ilgili detaylı geoteknik analiz, değerlendirme, yorum ve tavsiyelere yer verilecek bir "Geoteknik Değerlendirme Raporu" hazırlanmalıdır.
- "Geoteknik Değerlendirme Raporu"nun geoteknik alanında uzman bir inşaat mühendisi tarafından hazırlanmalıdır.



### ➤ YEREL ZEMİN SINIFLARININ 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  $(c_u)_{30}$**  aşağıdaki denklemler ile hesaplanacaktır:

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

Burada  $h_i$  değeri (i) numaralı alt tabakanın kalınlığını [m],  $V_{s,i}$ ,  $N_{60,i}$  ve  $c_{u,i}$  değerleri ise, sırası ile, aynı alt tabakanın kayma dalgası hızını [m/s], standart penetrasyon deneyi darbe sayısını [darbe/30cm] ve drenajsız kayma dayanımını [kPa] göstermektedir.

## 2. Zemin ve Temel Etütleri

Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları

| Yerel Zemin Sınıfı | Zemin Cinsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Üst 30 metrede ortalama |                                   |                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $(V_s)_{30}$<br>[m/s]   | $(N_{60})_{30}$<br>[darbe /30 cm] | $(c_u)_{30}$<br>[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<br>$PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller                                                                                                                                                                                                                                                                                 | < 180                   | < 15                              | < 70                  |
| ZF                 | Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler:<br>1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),<br>2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri,<br>3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killeri,<br>4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killeri. |                         |                                   |                       |

### ➤ YEREL ZEMİN SINIFLARININ BELİRLENMESİ

16.4.3 – Yüzeysel temellerde, temel taban kotu ile kaya üst kotu arasında kalınlığı 3 m’den fazla zemin bulunması durumunda **ZA** ve **ZB** sınıfı tanımlaması yapılmayacaktır.

### ➤ TEMELLERİN TASARIMI İÇİN GENEL KURALLAR

16.7.1.1 – Deprem etkisi altında bina temel tasarımının amacı, **temel taşıma gücünün aşılmaması ve zemin yerdeğiştirmelerinin izin verilebilir sınırlar altında kalmasının** sağlanmasıdır. Temel tasarımında aşağıdaki genel ilkelere uyulacaktır.

16.7.1.2 – Temellerin, **şevler, heyelan bölgeleri, kazılar, tüneller, yeraltı ve maden kazıları yakınlarında** bulunması durumunda, **temel genel stabilite ve/veya etkileşim analizleri** yapılmalıdır. Genel stabilite analizleri **16.13**'te verilen esaslar uyarınca yapılacaktır. Etkileşim analizlerinin kapsamı ve tasarım koşulları bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

### 16.7.2. Temel Tasarımında Taşıma Gücü İlkesi

Bu yönetmelikte, **yüzeysel ve derin temellerin geoteknik tasarımı** için **taşıma gücü ilkesi** esas alınmıştır. Temel zeminin, **olası göçme mekanizmalarına karşı gelen tasarım taşıma gücü'nün yeterliliği** Denk.(16.4)'te verilen genel ifade ile sağlanır.

$$E_t \leq R_t$$

Burada  $E_t$  statik ve depremi içeren yükleme durumlarına ilişkin **tasarım etkileri**'ni,  $R_t$  ise ilgili göçme mekanizmasına karşı gelen **tasarım dayanımı**'ni ifade etmektedir.

### ➤ TEMELLERİN TASARIMI İÇİN GENEL KURALLAR

#### 16.7.3. Tasarım Etkileri

**16.7.3.1** – Statik yük birleşimleri, ilgili yönetmeliklerden alınacaktır. Deprem etkisini içeren yük birleşimleri ise **4.4.4**'te verilmiştir. Temel zemininde oluşan etkiler, *Et*, düşey yük etkileri ile birlikte **4.10.3**'e göre depremde bina taşıyıcı sisteminden temele aktarılan kuvvetler esas alınarak hesaplanacaktır.

**16.7.3.2** – Tasarıma esas eksenel kuvvet ve eğilme momenti, temel tabanında düşey doğrultudaki *temel taşıma gücü* ile karşılanacaktır.

**16.7.3.3** – Tasarıma esas yatay kesme kuvveti, zemin ile temel tabanı arası *sürtünme direnci* ile birlikte temel yan yüzünde oluşan *pasif toprak basıncı*'nın en çok %30'u dikkate alınarak karşılanacaktır.



### ➤ TEMELLERİN TASARIMI İÇİN GENEL KURALLAR

#### 16.7.4. Tasarım Dayanımları

Statik ve depremi içeren yükleme durumlarına ilişkin *tasarım dayanımı*  $R_t$  *karakteristik dayanım*  $R_k$  'nın *dayanım katsayısı*  $\gamma_R$  'ye bölünmesi ile bulunacaktır.

$$R_t = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

*Dayanım katsayısı*'nın değerleri temel türüne ve hesaplanan dayanım bileşenine göre **16.8.2 (Tablo 16.2)** ve **16.9.3 (Tablo 16.4)**'te verilmiştir.

**Tablo 16.2. Yüzeysel Temeller İçin Dayanım Katsayıları**

| Dayanımın Türü    | Dayanım Katsayısı Simgesi | Dayanım Katsayısı Değeri |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|
| Temel Taşıma Gücü | $\gamma_{Rv}$             | 1.4                      |
| Sürtünme Direnci  | $\gamma_{Rh}$             | 1.1                      |
| Pasif Direnç      | $\gamma_{Rp}$             | 1.4                      |

### ➤YÜZEYSEL TEMELLER

#### 16.8.1. Kapsam

Yüzeysel temellerin boyutlandırılmasında aşağıdaki kurallara uyulacaktır. Burada verilen tasarım ilkeleri tekil, sürekli (şerit) ve radye (plak) temelleri kapsamaktadır.

**16.8.1.1 – Yüzeysel temellerin taşıma gücü ve yatayda kaymaya karşı gelen tasarım dayanımları hesaplanarak, statik ve depremi içeren yükleme durumlarındaki tasarım etkilerini karşıladığı gösterilecektir.**

**16.8.1.2 – Depremde aşırı boşluk suyu basıncı artışı meydana gelebilecek zeminlerde, toplam gerilme analizlerinde drenajsız kayma dayanımı üzerinde olası etkiler, efektif gerilme analizlerinde ise boşluk suyu basıncı dikkate alınmalıdır.**

#### 16.8.3. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü

**16.8.3.1 – Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde Denk.(16.6)'daki eşitsizlik sağlanacaktır:**

$$q_o \leq q_t$$

Burada  $q_o$  temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel taban basıncıdır.  $q_t$  ise tasarım dayanımı  $R_t$  'nin temel taşıma gücüne ilişkin karşılığıdır ve **Denk.(16.7)** ile tanımlanır:

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

### ➤ YÜZEYSEL TEMELLER

Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü (Vesic)

$$q_k = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (16.8a)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi'/2) \quad ; \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi' \quad ; \quad N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi' \quad (16.8b)$$

temel şekli katsayıları  $s_c$  ,  $s_q$  ,  $s_\gamma$  ;

derinlik katsayıları  $d_c$  ,  $d_q$  ,  $d_\gamma$  ;

yükleme eğikliği katsayıları  $i_c$  ,  $i_q$  ,  $i_\gamma$  ;

temel zemini eğimi katsayıları  $g_c$  ,  $g_q$  ,  $g_\gamma$

temel taban eğimi katsayıları  $b_c$  ,  $b_q$  ,  $b_\gamma$

### ➤ YÜZEYSEL TEMELLER

16.8.3.3 – Temel etkili derinliği içinde, temel zemininde değişken özellikte tabakaların ve/veya süreksizliklerin bulunması durumu taşıma gücü hesabında dikkate alınacaktır.

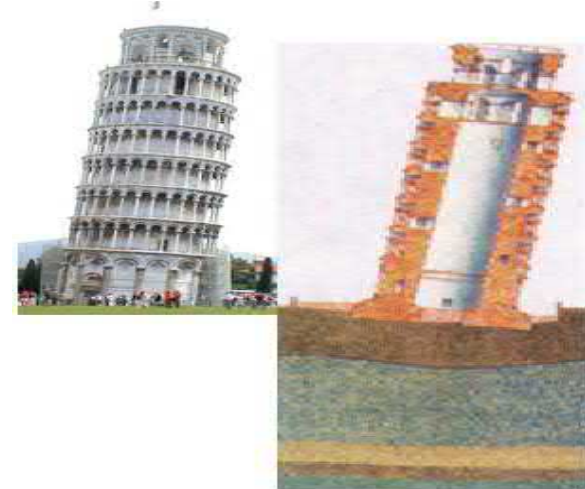
16.8.3.4 – Temel altındaki yer değiştirmeler izin verilebilir sınırlar içinde kalacaktır. Bu bağlamda;

(a) Deprem etkisinde **yumuşak killer ve suya doygun gevşek-orta sıkı kohezyonsuz zeminlerde**, çevrimsel yüklemeler altında boşluk suyu basıncı artışları ile, **olası dayanım ve rijitlik kaybı** dikkate alınarak temel altı **yerdeğiştirmeleri genel kabul gören geoteknik mühendisliği yaklaşımları ile** hesaplanacaktır.

(b) Yüksek binalarda ZA ve ZB sınıfı dışındaki zeminlerde ve *Deprem Tasarım Sınıfı*  $DTS = 1, 1a, 2, 2a$  olan diğer binalarda ise ZA, ZB ve ZC sınıfı dışındaki zeminlerde, yüzeysel temeller altında oluşabilecek **doğrusal olmayan zemin davranışı** hesaba katılarak kalıcı şekil değiştirmeler hesaplanacaktır.

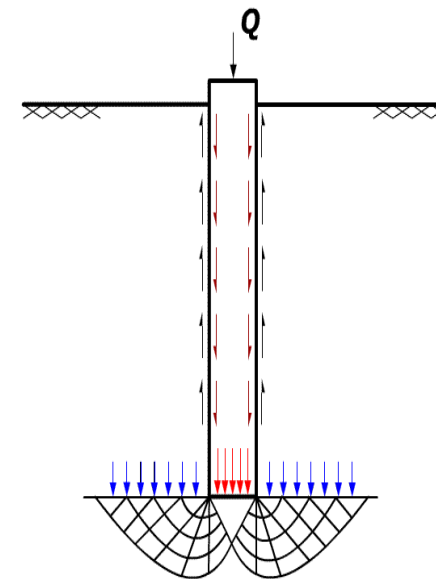
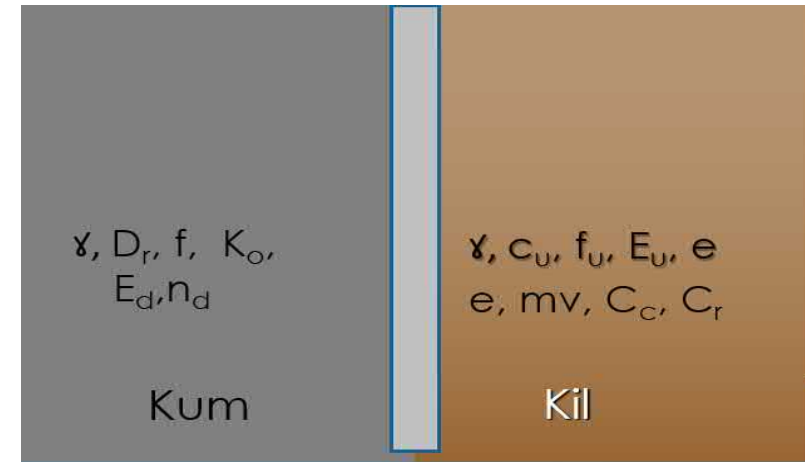
### Arazi ve laboratuvar çalışmalarından

- Zemin profili
- Endeks özellikler
- Mukavemet ve oturma özellikleri
- Diğer (YASS) özellikler belirlenir.



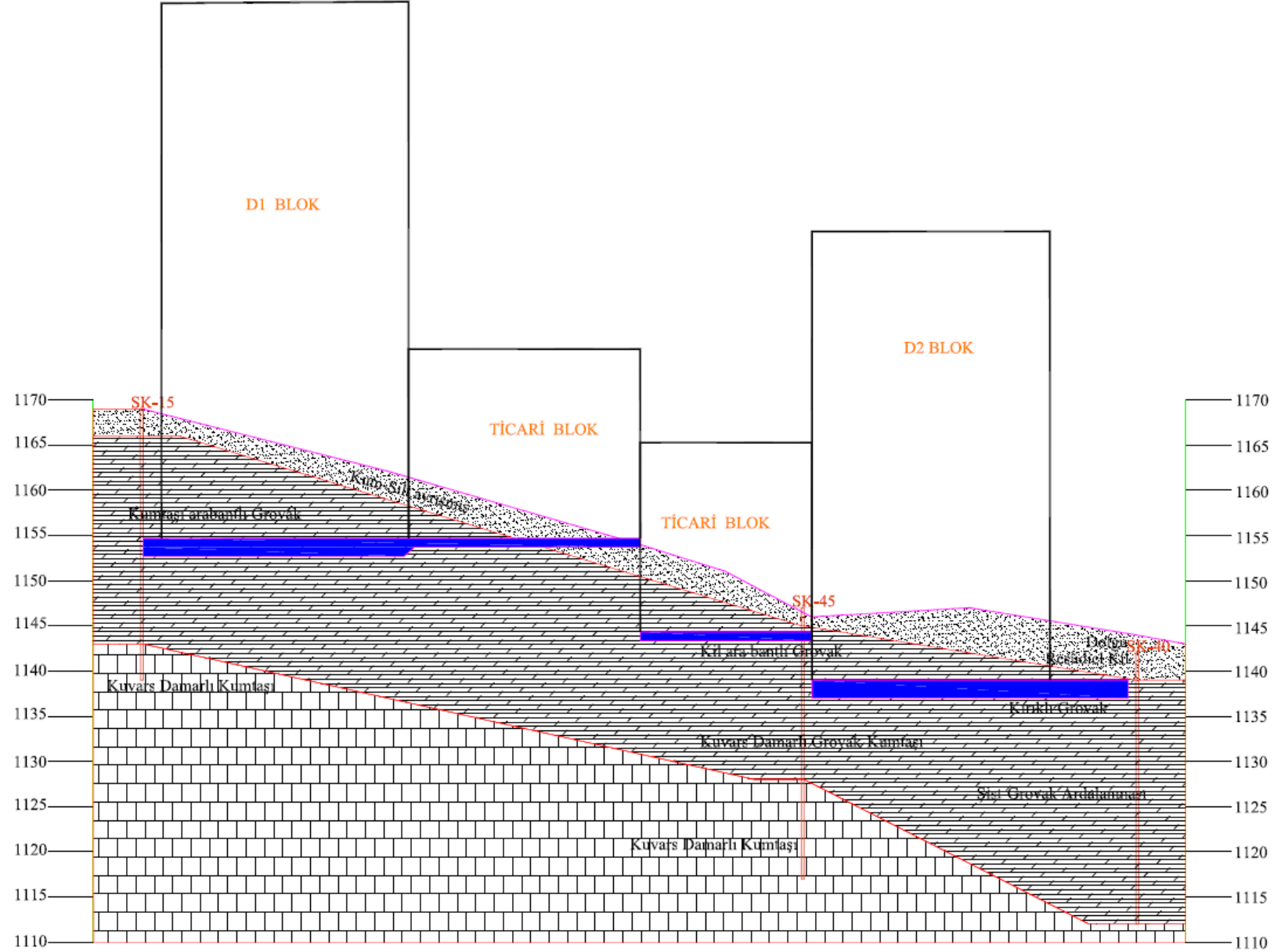


## ➤ YÜZEYSEL TEMEL ve DERİN TEMEL



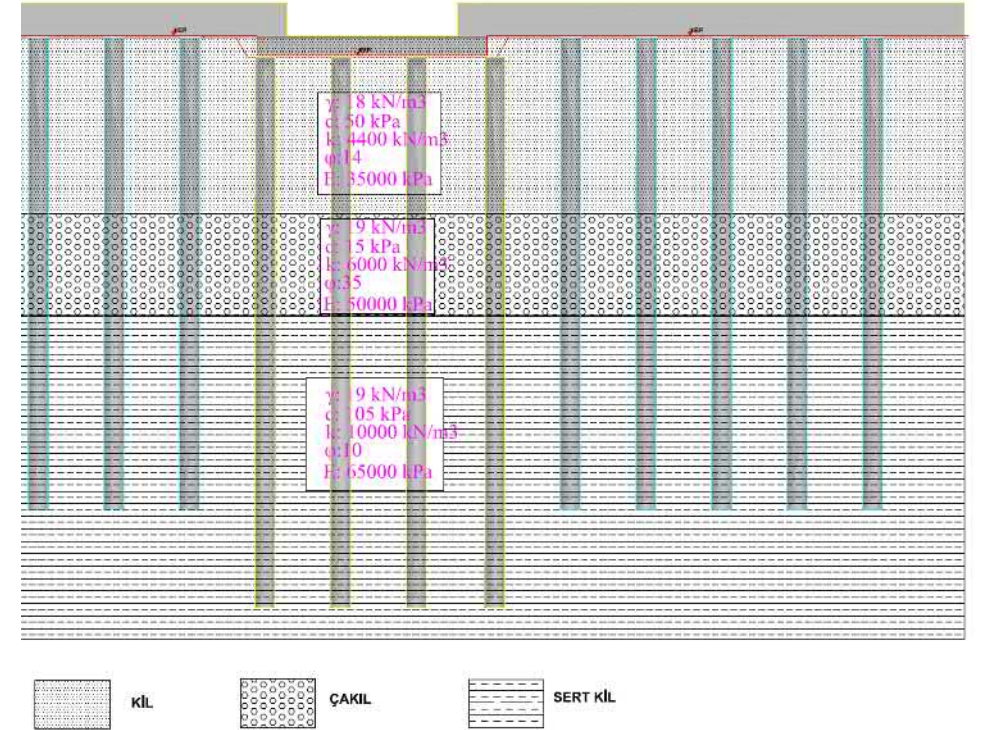
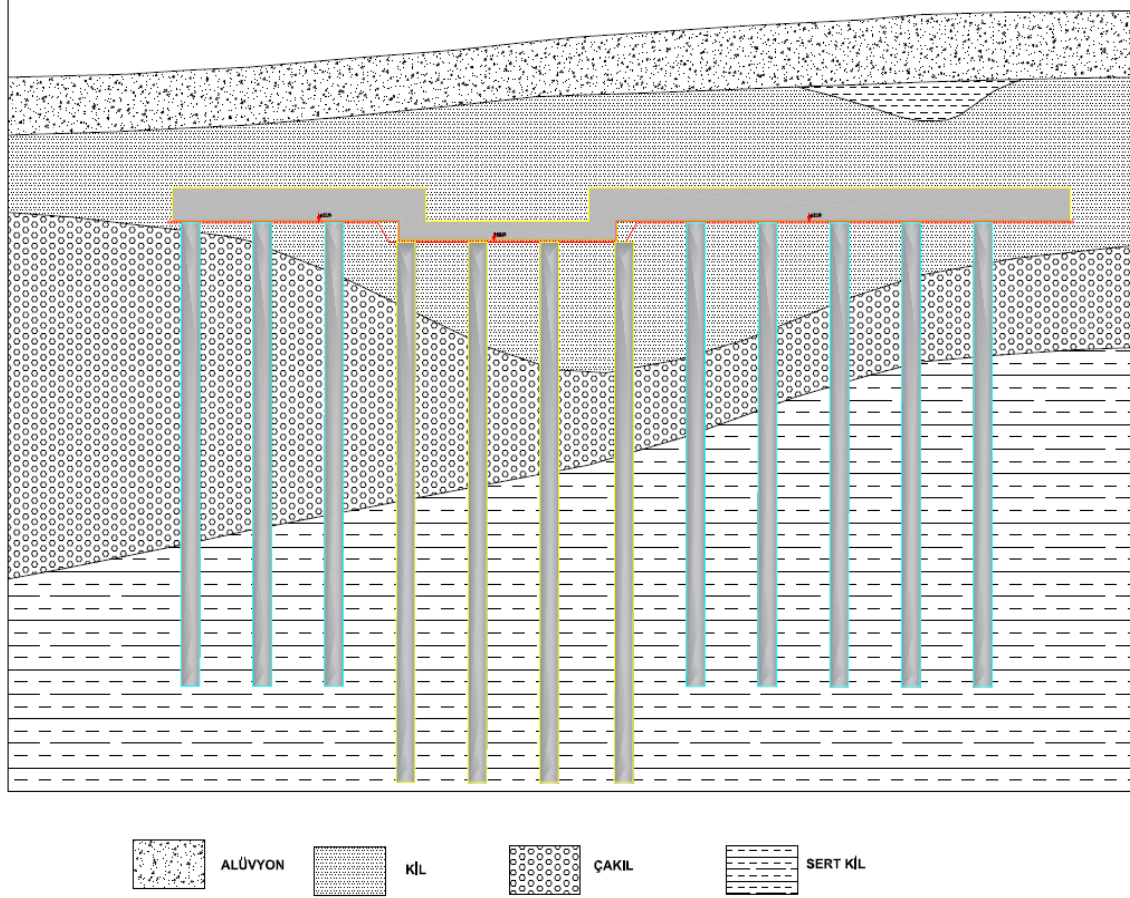
## 2. Zemin ve Temel Etütleri

### ➤ İDEALİZE ZEMİN PROFİLİ



## 2. Zemin ve Temel Etütleri

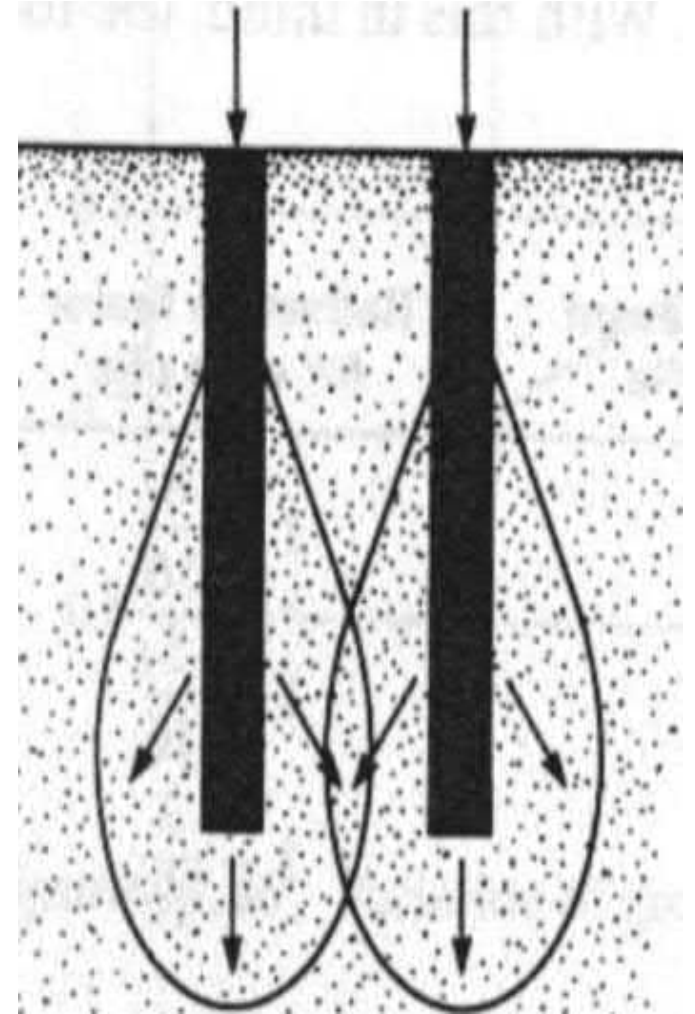
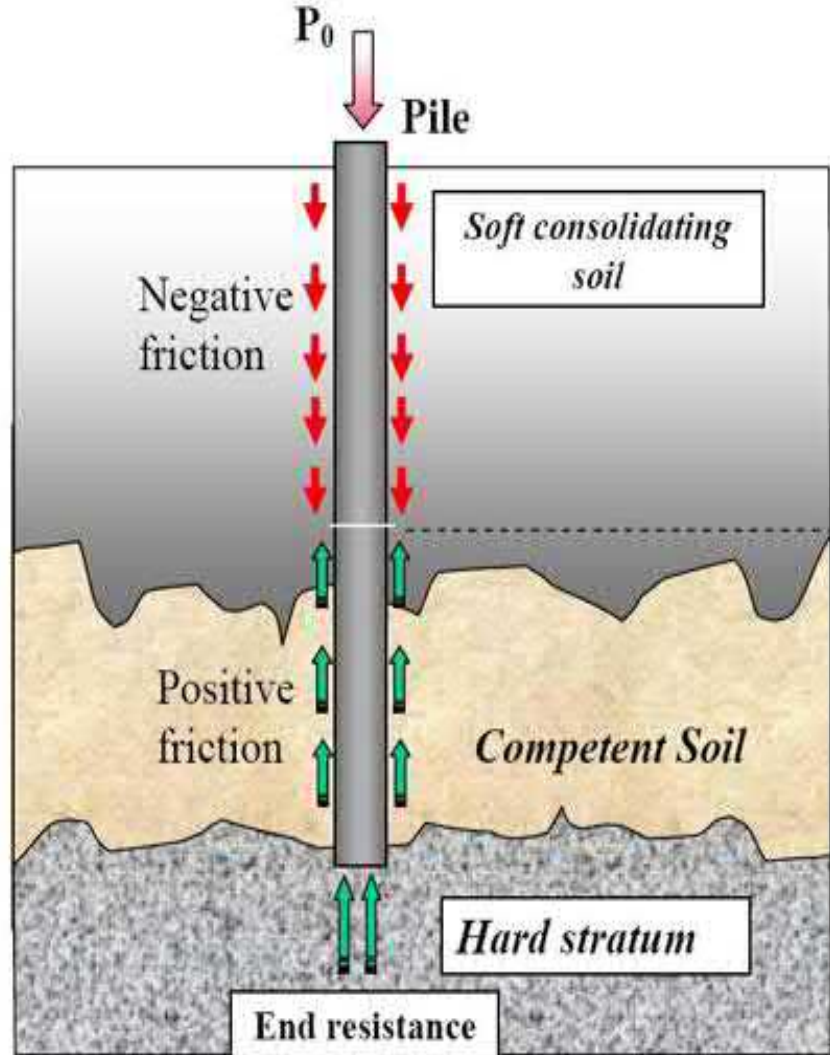
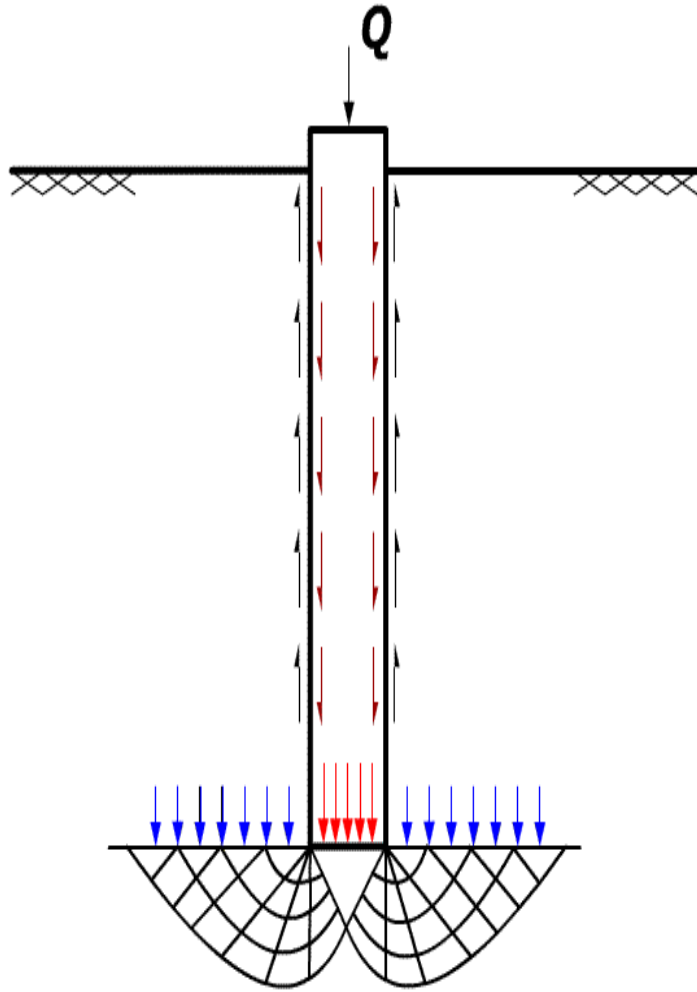
### ➤ İDEALİZE ZEMİN PROFİLİ





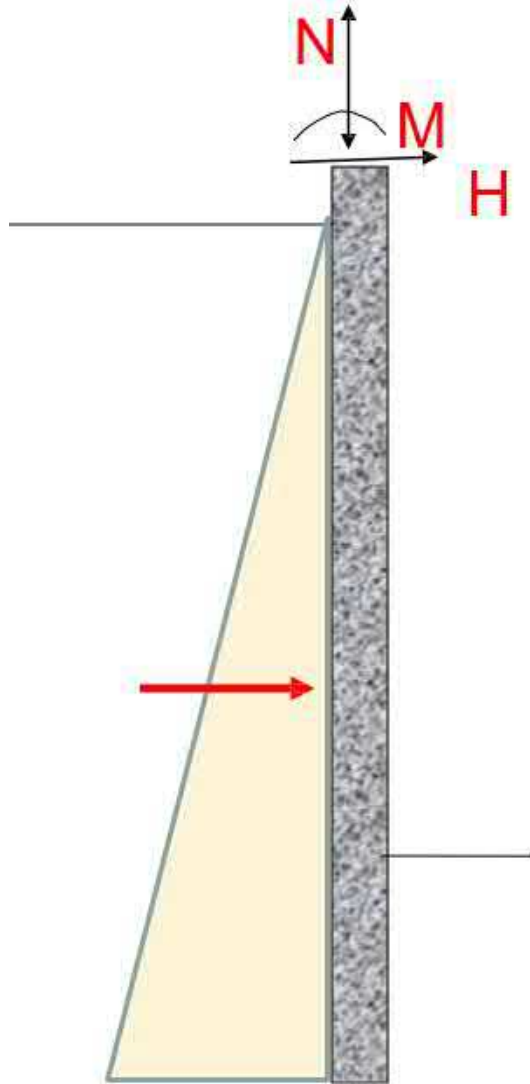
## 2. Zemin ve Temel Etütleri

### ➤ KAZIKLI TEMELLER





### ➤ KAZIKLI TEMELLER



### Tasarımda

- Zemin profili ve özellikleri
- Yer altı suyu
- Kazık tipi
- Kazık yerleşimi
- Grup etkisi
- Negatif çevre sürtünmesi
- Üstyapı özellikleri
- Sıvılaşma
- Oturma
- Eksenel ve yanal yükler

### ➤ KAZIKLI TEMELLER (TBDY-2018)

*(Derin Temeller ve Tasarımı)*

**16.9.1.1 – Kazıklı temellerin düşey ve yanal taşıma güçleri hesaplanarak, statik ve depremi içeren yükleme durumlarındaki tasarım etkilerini karşıladığı gösterilecektir.**

**16.9.1.2 –** Kazıklı temellerin taşıma gücü hesabında aşağıdaki yaklaşımlarından biri uygulanabilir. Taşıma gücü;

(a) Statik yükleme deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak hesaplanabilir.

(b) Zemin araştırmalarından elde edilen zemin özellikleri kullanılarak hesaplanabilir.

(c) Statik yükleme deneyleri ile geçerliliği sağlanmış dinamik yükleme deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak hesaplanabilir.

### ➤ KAZIKLI TEMELLER (TBDY-2018)

#### *(Derin Temeller ve Tasarımı)*

Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde

$$P_{tv} \leq Q_{tv} \quad (16.14)$$

$P_{tv}$  kazığa etkiyen düşey tasarım kuvvetidir.

$Q_{tv}$  ise kazığın düşey tasarım dayanımıdır.

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{Rs}} + \frac{Q_{ku}}{\gamma_{Ru}} \quad (16.15a)$$

$\forall$

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ktv}}{\gamma_{Rt}} \quad (16.15b)$$

$Q_{ks}$  ve  $Q_{ku}$  kazığın karakteristik çevre sürtünmesi direncini ve karakteristik uç direnci,  $Q_{ktv}$  ise karakteristik toplam kazık taşıma gücüdür.

### ➤ KAZIKLI TEMELLER (TBDY-2018) (Derin Temeller ve Tasarımı)

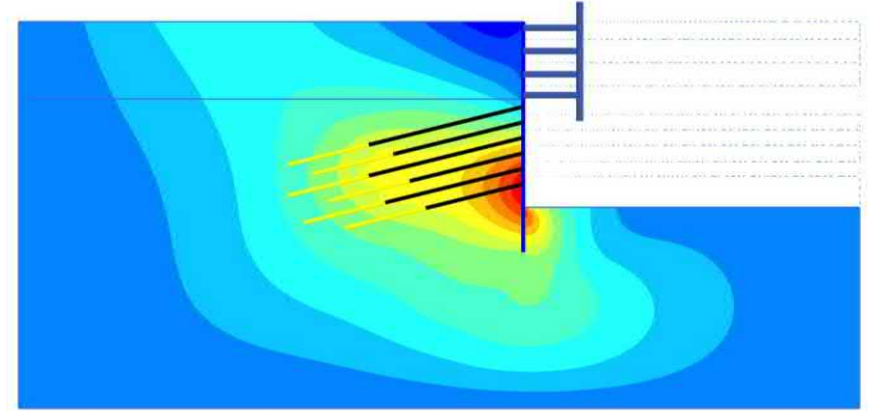
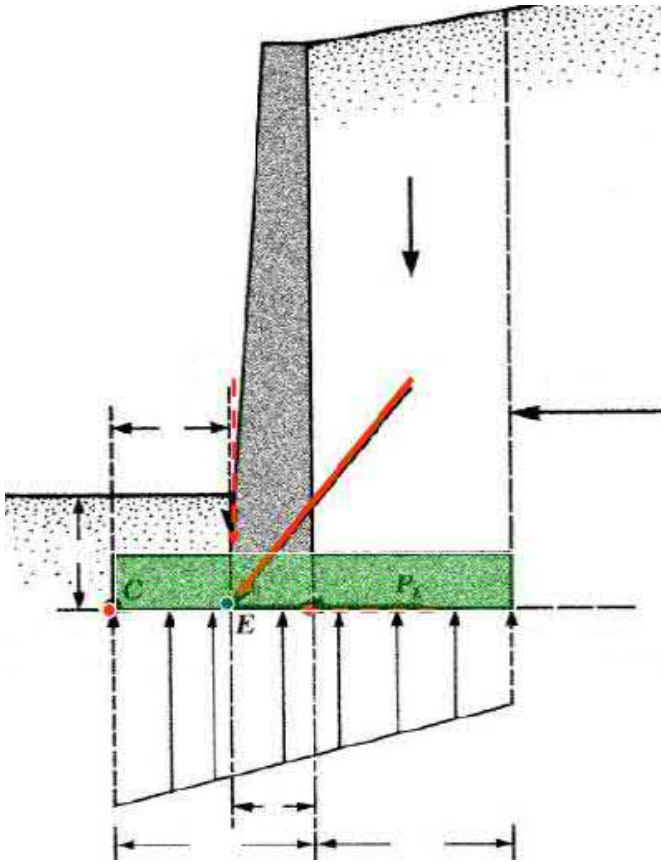
**Tablo 16.4. Kazıklı Temeller İçin Dayanım Katsayıları**

| Dayanımın Türü              | Dayanım Katsayısı Simgesi | Dayanım Katsayısı Değeri            |                                   |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|                             |                           | Kazık yükleme deneyi yapılmamış ise | Kazık yükleme deneyi yapılmış ise |
| Çevre sürtünmesi (basınç)   | $\gamma_{Rsb}$            | 1.5                                 | 1.3                               |
| Çevre sürtünmesi (çekme)    | $\gamma_{Rsc}$            | 1.6                                 | 1.4                               |
| Uç direnci                  | $\gamma_{Ru}$             | 2.0                                 | 1.5                               |
| Toplam taşıma gücü (basınç) | $\gamma_{Rt}$             | —                                   | 1.4                               |

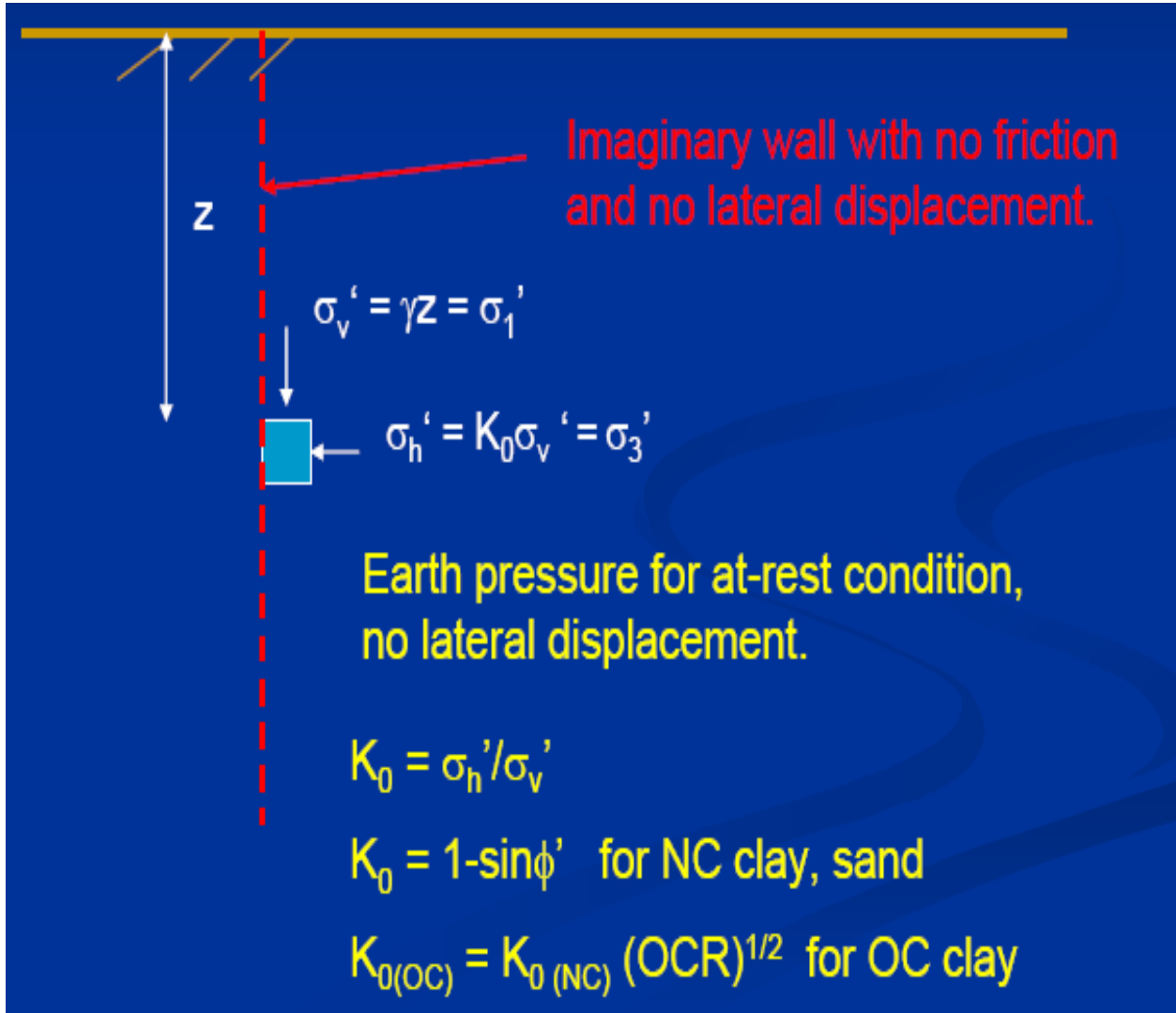


### 3. DAYANMA YAPILARI

- \* Geçici dayanma yapıları
- \* Kalıcı dayanma yapıları
- \* Bodrum perdeleri



### 3. Dayanma Yapıları

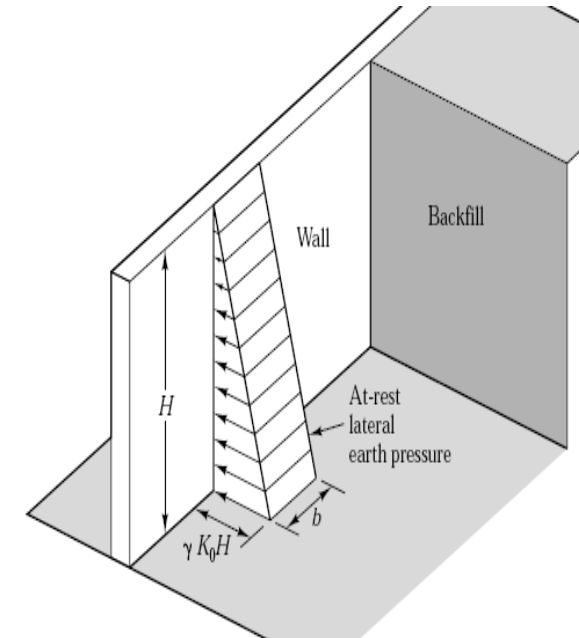


Yanal zemin basınçları;

Coulomb (1776) ve Rankine (1857) tarafından

Deprem etkisinde dinamik aktif ve pasif zemin basınçlarının hesabı ise;

Okabe (1926) ve Mononobe-Matsuo (1929) tarafından gerçekleştirilmiştir.

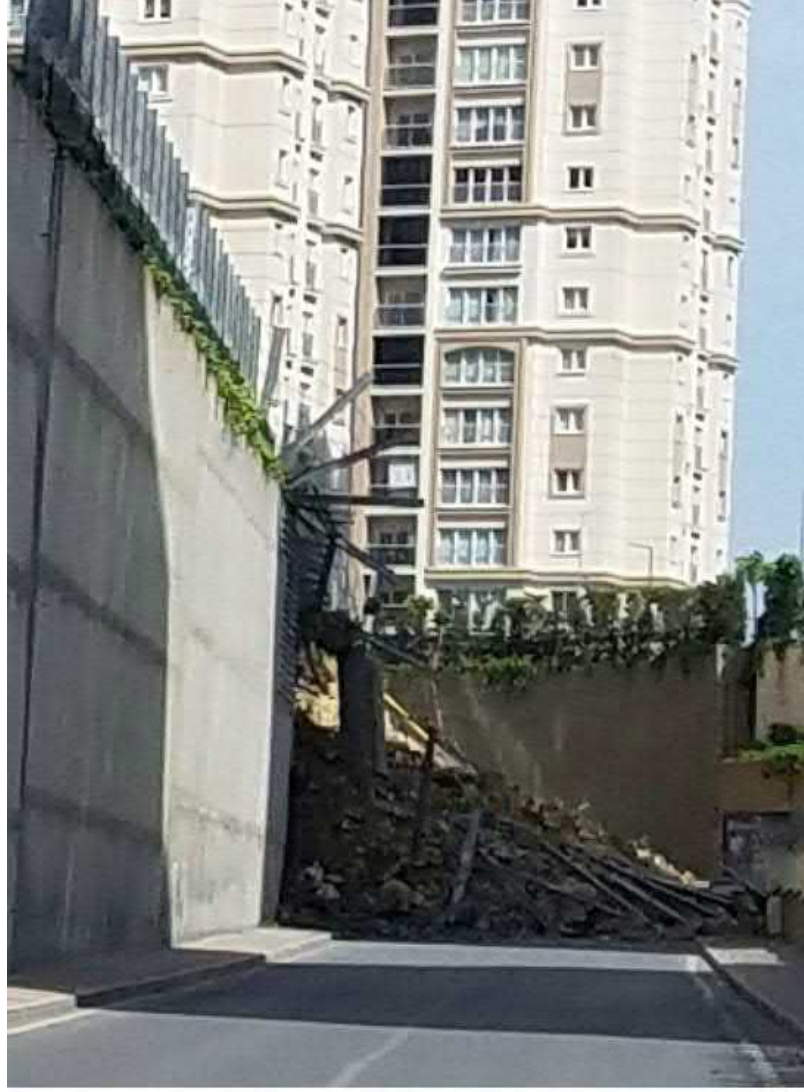




### 3. Dayanma Yapıları



20.06.2025



Mustafa Laman



73



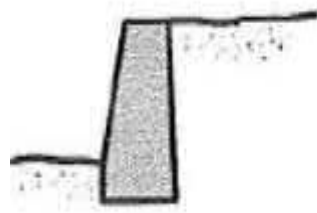
### 3. Dayanma Yapıları



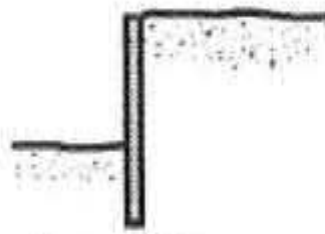


#### ➤ 16.12. DEPREM ETKİSİ ALTINDA DAYANMA YAPILARININ TASARIMI İÇİN KURALLAR

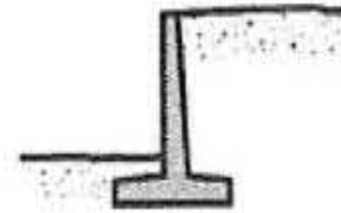
Deprem etkisi altında dayanma yapıları tasarımında **hem limit denge (göçme), hem de servis durumları göz önüne alınacaktır.** Dayanma yapıları, deprem sonrasında işlevlerine zarar vermeyecek mertebelerde yer değiştirmelere izin verilecek şekilde tasarlanabilir.



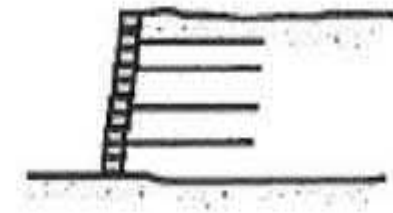
Ağırlık duvarı



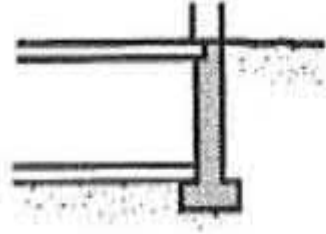
Konsol duvar



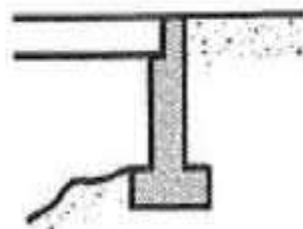
Konsol duvar



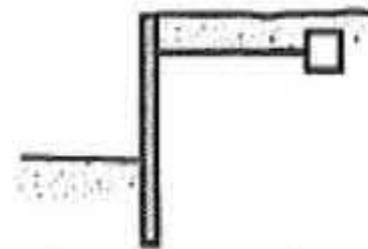
Donatılı zemin duvarı



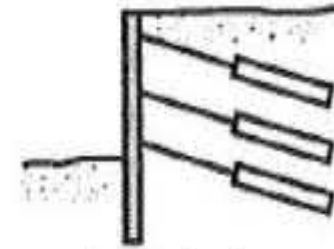
Bodrum duvarı



Köprü abatman duvarı



Halatlı bölme duvar



Ankrajlı duvar

#### ➤ 16.12.1. DAYANMA YAPILARININ STABİLİTESİ

Devrilmeye ve yatayda kaymaya zorlayan etkiler (momentler/kuvvetler) ile bunlara karşı koyan etkilerin ve dirençlerin dengesi karşılaştırılacaktır:

**16.12.1.1** – Dayanma yapısının devrilmeye karşı güvenliğinin olması için **Denk. (16.21)**'deki koşul sağlanmalıdır:

$$E_{\text{dev}} \leq \frac{R_{\text{dev}}}{\gamma_{\text{Rdev}}} \quad (16.21)$$

Burada,  $E_{\text{dev}}$  devrilmeye zorlayan etkiler toplamı,  $R_{\text{dev}}$  devrilmeye karşı koyan etkiler ve dirençler toplamı,  $\gamma_{\text{Rdev}}$  ise devrilmeye karşı tasarım güvenlik katsayısıdır. Bu katsayısı  $\gamma_{\text{Rdev}} \geq 1.3$  olmak üzere, göçmeden kaynaklanacak riskler göz önüne alınarak projeden sorumlu mühendis tarafından seçilecektir.

**16.12.1.2** – Dayanma yapısı temelinde zemin taşıma gücünün aşılması ve yatayda kaymaya karşı tahkikler, **16.8.3** ve **16.8.4**'e göre, toptan göçmeye ilişkin tahkikler ise **16.13**'e göre yapılacaktır.

#### ➤ 16.12.2. TOPRAK BASINÇLARI

**16.12.2.1** – Toprak basınçlarının hesabında kullanılacak yatay ve düşey statik-eşdeğer deprem katsayıları **Denk.(16.22)**'de tanımlanmıştır:

$$k_h = \frac{0.4S_{DS}}{r} \quad ; \quad k_v = 0.5k_h \quad (16.22)$$

**Denk.(16.22)**'de yer alan  $r$  katsayısı, değişik dayanma yapısı tipleri için **Tablo 16.7**'de verilmiştir.

**16.12.2.2** – Yüksek boşluk suyu basıncı artışları meydana gelebilecek doygun zeminlerin bulunması durumunda,  $r$  katsayısının değeri 1'den büyük alınmamalıdır.

**Tablo 16.7. Dayanma Yapıları için  $r$  katsayıları**

| Dayanma Yapısının Tipi                                                       | $r$ |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| En fazla $120S_{DS}$ (mm) yerdeğiştirmeye izin verilen ağırlık tipi duvarlar | 2.0 |
| En fazla $80S_{DS}$ (mm) yerdeğiştirmeye izin verilen ağırlık tipi duvarlar  | 1.5 |
| Ankrajlı duvarlar, yerdeğiştirmesine izin verilmeyen ağırlık tipi duvarlar   | 1.0 |

#### ➤ 16.12.2. TOPRAK BASINÇLARI

**16.12.2.3** – Dayanma yapısına etkiyen toplam (statik ve dinamik) toprak basıncının bileşkesi **Denk.(16.23)** ile hesaplanacaktır:

$$P_t = K(1 \mp k_v) \left( \frac{1}{2} \gamma^* H^2 + qH \right) + P_{su} + \Delta P_{su} \quad (16.23)$$

Burada  $H$  duvar yüksekliğini,  $\gamma^*$  zeminin tipik birim hacim ağırlığını,  $q$  ek yükü (sürşarj),  $K$  toplam (statik+dinamik) aktif ( $K_a$ ) veya pasif ( $K_p$ ) toprak basıncı katsayısını,  $k_v$  düşey statik-eşdeğer deprem katsayısını,  $P_{su}$  ve  $\Delta P_{su}$  ise bileşke statik ve dinamik su basınçlarını göstermektedir.

**16.12.2.4** – Toplam aktif basınç katsayısı **Denk.(16.24)** ile hesaplanacaktır:

**(a)**  $\beta \leq \phi'_d - \theta$  olması durumunda:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (16.24a)$$

**(b)**  $\beta > \phi'_d - \theta$  olması durumunda:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)} \quad (16.24b)$$



#### ➤ 16.12.2. TOPRAK BASINÇLARI

**16.12.2.5** – Toplam pasif basınç katsayısı. zemin ile duvar arasında sürtünme olmadığı varsayılarak, **Denk.(16.25)** ile hesaplanacaktır:

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi + \theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin \phi'_d \sin(\phi'_d + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \theta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (16.25)$$

**16.12.2.6** – **Denk.(16.24)** ve **Denk.(16.25)**'te  $\phi'_d$  zeminin tasarım kayma direnci açısını,  $\delta_d$  zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısını,  $\beta$  duvar arkası zemin yüzeyinin yataya göre eğim açısını,  $\psi$  ise duvarın yataya göre (duvar önündeki yataydan duvar arkasına doğru) ölçülen açısını göstermektedir. Statik-eşdeğer deprem katsayısına bağlı  $\theta$  açısı ve **Denk.(16.23)**'te yer alan zemin birim hacim ağırlığı  $\gamma^*$  'ın değerleri, dayanma yapısının arkasında su olup olmamasına bağlı olarak **16.12.3**'te verilmiştir.

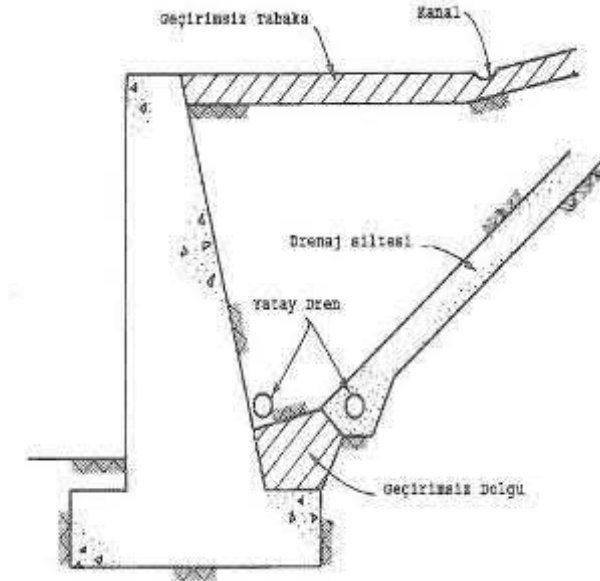
**16.12.2.7** – **Statik durumda Denk.(16.24)** ve **Denk.(16.25)** ile verilen bağıntılarda  $\theta = 0$  alınacaktır. Dinamik toprak basınç katsayısı, toplam basınç katsayısından statik basınç katsayısının çıkarılması ile elde edilecektir.

**16.12.2.8** – Dinamik toprak basınçlarına ilişkin bileşke kuvvetin etkime noktası, duvar yüksekliğinin orta noktası olarak alınacaktır. Topuğu etrafında serbestçe dönebilecek duvarlarda, dinamik kuvvetin statik kuvvet ile aynı noktada etkiyeceği varsayılabilir.

**16.12.2.9** – Statik ve dinamik toprak basınçlarının, duvar arkasının normaline göre, aktif basınç durumunda en fazla  $(2 / 3)\phi'$  açısı ile, pasif durumda ise sıfır eğimle etkidiği kabul edilecektir.

#### ➤ 16.12.3. DAYANMA YAPISI ARKASI SU SEVİYESİ

**16.12.3.1** – Dayanma yapısı ile tutulan zemin kütlesinin drenaj önlemleri ile su tablası altında kalmamasının sağlanması esastır. Bu bağlamda, drenaj sistemi, depremin yol açacağı geçici ve kalıcı yer değiştirmelere, işlevine zarar vermeyecek şekilde uyum sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.



#### ➤ 16.12.3. DAYANMA YAPISI ARKASI SU SEVİYESİ

**16.12.3.2** – Dayanma yapısının arkasında su olup olmamasına bağlı olarak,  $\theta$  açısı ve **Denk.(16.23)**'te yer alan zemin birim hacim ağırlığı  $\gamma^*$  'ın değerleri aşağıda tanımlanmıştır.

(a) Su seviyesinin temel taban seviyesi altında olması durumunda (  $P_{su} = \Delta P_{su} = 0$  );

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{1 \mp k_v} \right] \quad ; \quad \gamma^* = \gamma \quad (16.26a)$$

Burada  $\gamma$  zemin tabii birim hacim ağırlığını göstermektedir.

(b) Su seviyesinin temel taban seviyesi üstünde olması ve zeminin dinamik olarak geçirimsiz olması durumunda

(permeabilite katsayısının  $5 \times 10^{-4}$  m/s'den küçük zeminlerde)

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\gamma_d}{\gamma_d - \gamma_{su}} \frac{k_h}{1 \mp k_v} \right] \quad ; \quad \gamma^* = \gamma_d - \gamma_{su} \quad (16.26b)$$

Burada  $\gamma_d$  suya doymun zemin birim hacim ağırlığını göstermektedir.  $\Delta P_{su} = 0$  alınacaktır.

(c) Su seviyesinin temel taban seviyesi üstünde olması ve zeminin dinamik olarak geçirimli olması durumunda:

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma_{su}} \frac{k_h}{1 \mp k_v} \right] \quad ; \quad \gamma^* = \gamma_d - \gamma_{su} \quad (16.26c)$$

Bu durumda bileşke statik-eşdeğer ek dinamik su kuvveti  $\Delta P_{su}$  ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği **Denk.(16.20)** ile hesaplanacaktır.

### 3. Dayanma Yapıları

#### ➤ BODRUM PERDELERİNE ETKİYEN YÜKLER (ÖRNEK)

Tablo 16.6. Bodrum Perdelerine Etkiyen Statik Zemin Basınçları

| Bodrum Perdesinin Dışındaki Zeminin Cinsi | Basıncın Etkidiği Yükseklik | Zemin Basıncı ( $p$ )   |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Kohezyonsuz zemin                         | Tüm yükseklik boyunca       | $0.2(\gamma^* H_b + q)$ |
| Yumuşak – orta katı kohezyonlu zemin      | Üst %20 boyunca             | $0.2(\gamma^* H_b + q)$ |
|                                           | Alt %80 boyunca             | $0.3(\gamma^* H_b + q)$ |
| Katı – sert kohezyonlu zemin              | Tüm yükseklik boyunca       | $0.3(\gamma^* H_b + q)$ |

Not: Bodrum perdesi arkasında su olmaması durumunda,  $\gamma^* = \gamma$  alınacaktır. Bodrum perdesinin kısmen su altında olması durumunda, su seviyesinin üzerinde  $\gamma^* = \gamma$  ve su seviyesinin altında  $\gamma^* = (\gamma_d - \gamma_{su})$  alınacak, ayrıca su üst seviyesinden itibaren aşağıya doğru zemin basıncına statik su basıncı ( $p_{su} = \gamma_{su} z$ ) eklenecektir. Statik su basıncı dışında tüm zemin basınçları düzgün yayılı olarak etki ettirilecektir.

$p$ : Statik zemin basıncı [ $\text{kN/m}^2$ ]

$\Delta p$ : Depremden meydana gelen ek zemin basıncı [ $\text{kN/m}^2$ ]

$H_b$ : Bodrum perdesinin toplam yüksekliği [m]

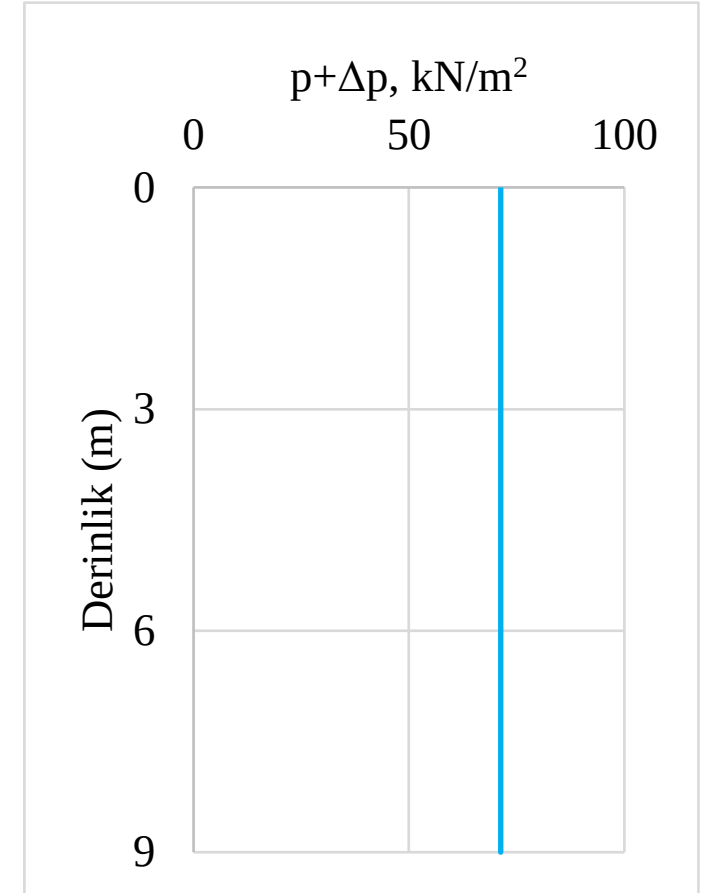
$\gamma$ : Zeminin tabii birim hacim ağırlığı [ $\text{kN/m}^3$ ]

$z$ : Su yüzeyinden aşağıya doğru ölçülen yükseklik [m]

$S_{DS}$ : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

$$\Delta p = 0.4 S_{DS} \gamma H_b \quad (16.18)$$

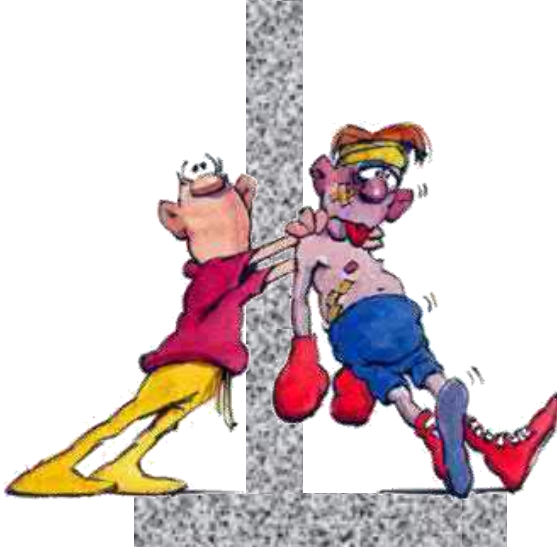
$$\Delta p = 0.4 \times 0.60 \times 18 \times 9 = 38.88 \text{ kN/m}^2$$



$$p = 0.2(18 \times 9) = 32.4 \text{ kN/m}^2$$



## BODRUM PERDELERİNE ETKİYEN YÜKLER (UYGULAMA ÖRNEĞİ)



-Statik Zemin Basınçları

-Rankine Teorisi

-TDY 2007

-TBDY 2018

-PLAXIS

- Dinamik Zemin Basınçları

-Mononobe Okabe

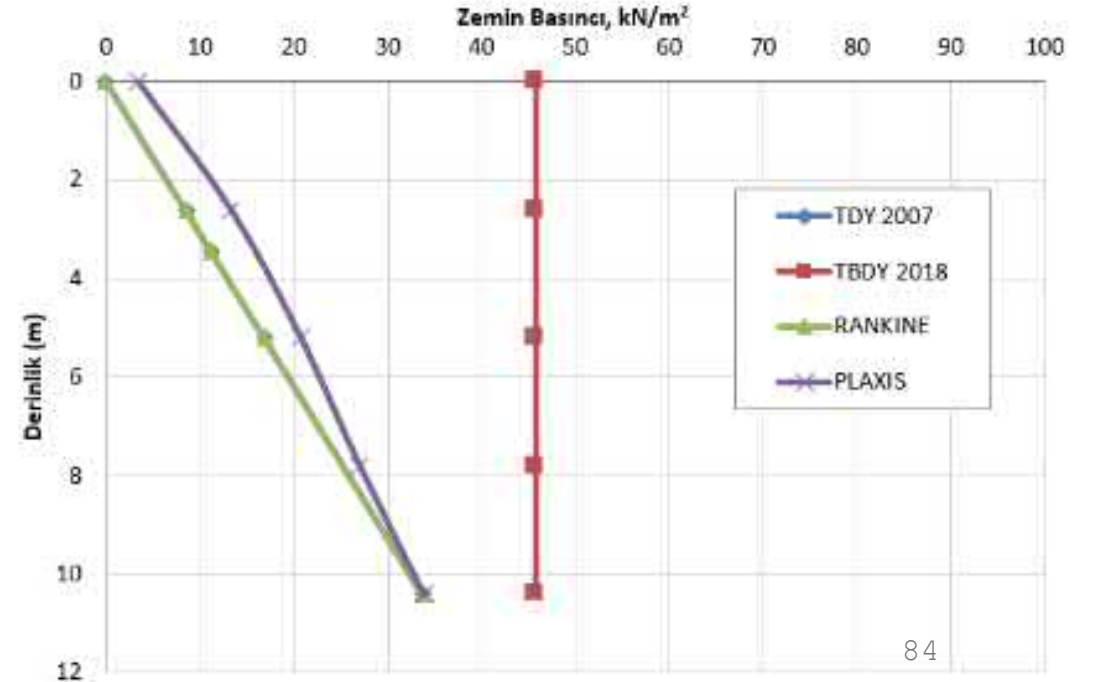
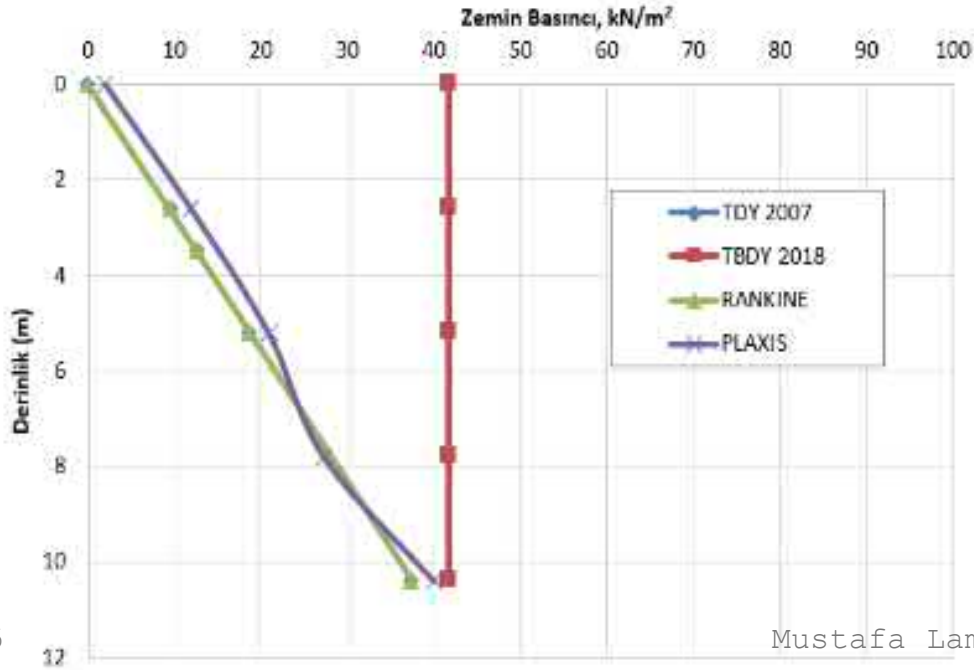
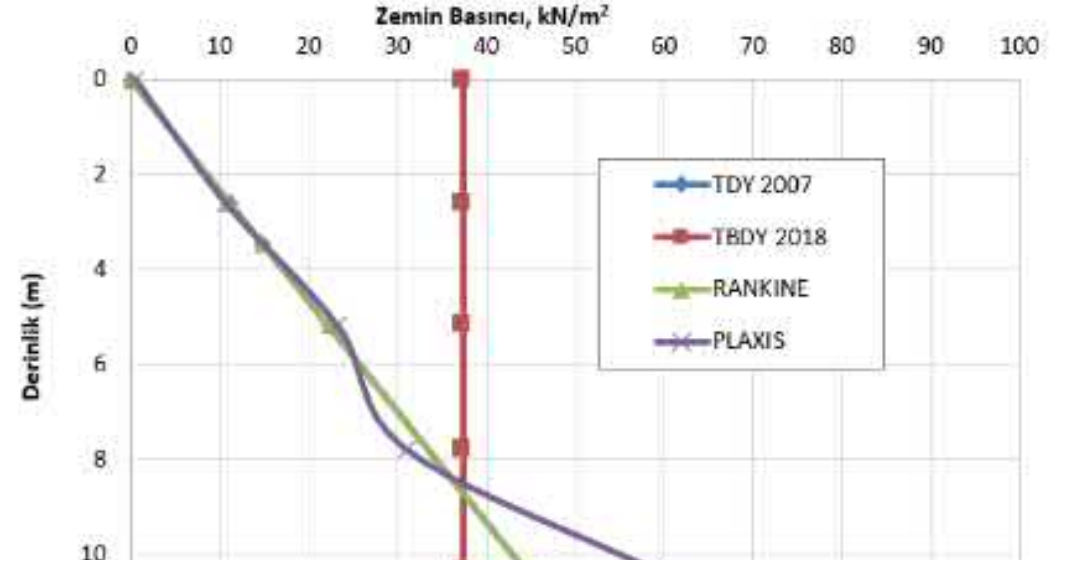
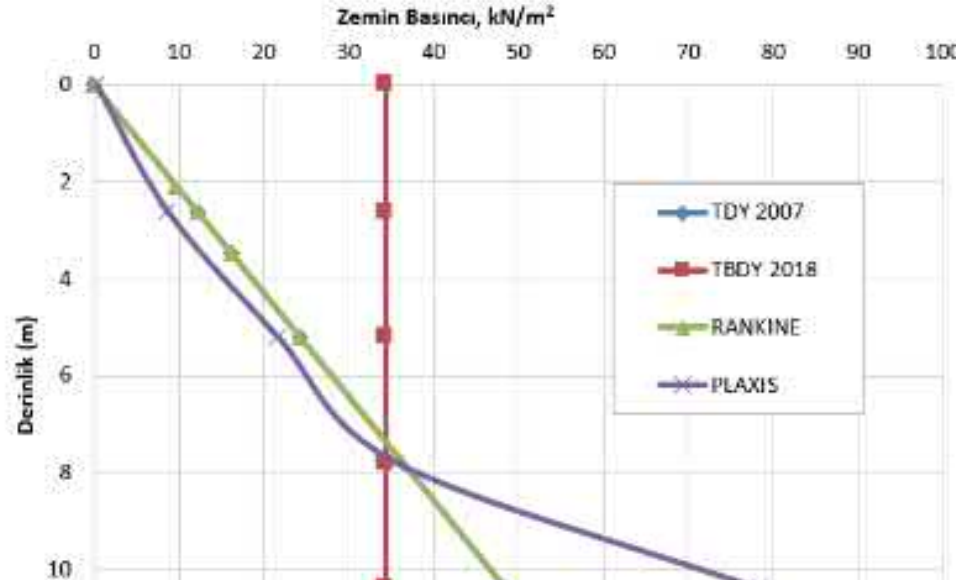
-TDY 2007

-TBDY 2018

-PLAXIS

### 3. Dayanma Yapıları

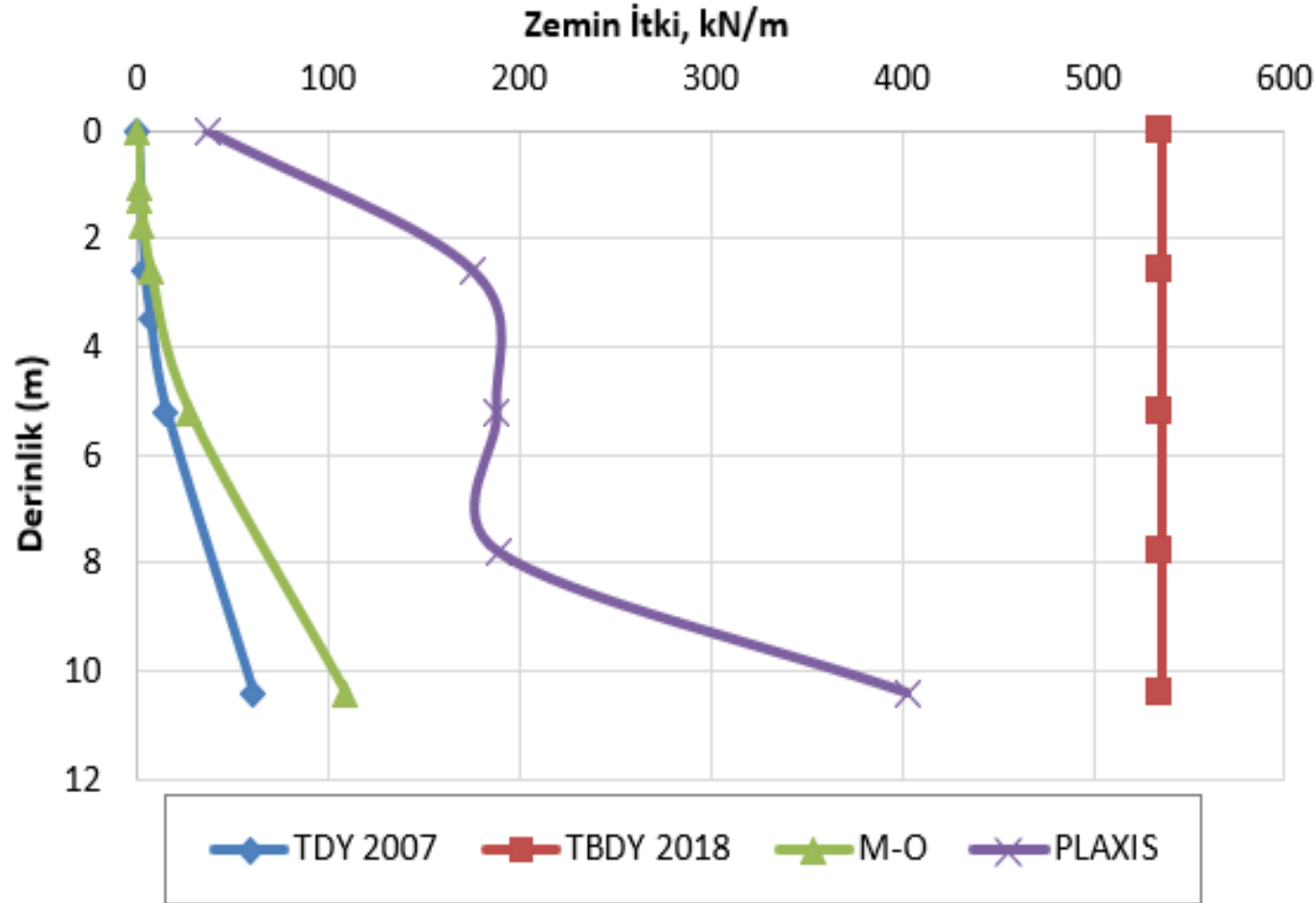
BODRUM  
PERDELERİNE  
ETKİYEN  
YÜKLER  
(STATİK  
ZEMİN  
BASINÇLARI)



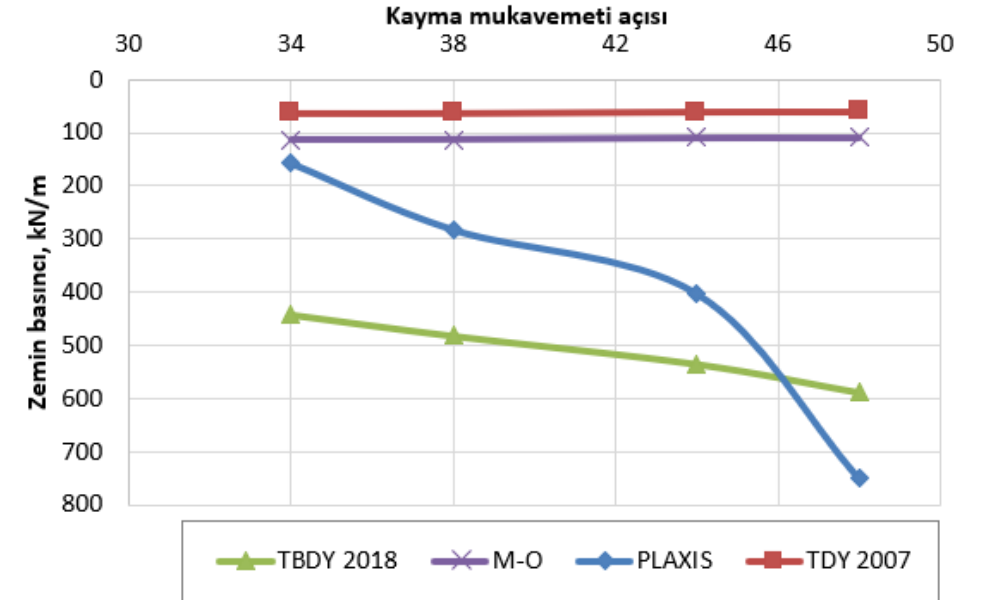
BODRUM  
PERDELERİNE  
ETKİYEN  
YÜKLER (STATİK  
ZEMİN  
BASINÇLARI)

- a) TDY 2007 ve Rankine aynı sonucu vermektedir.
- b) TBDY 2018 düzgün yayılı dağılım göstermekte
- c) TBDY 2018’de zemin özelliğinin sonuca etkisi yoktur.
- d) Rankine, TDY 2007 ve Sonlu Elemanlar sonuçları benzer davranış göstermektedir.
- e) TBDY 2018’de zemin yükünün derinlik boyunca sabit olması, konservatif sonuçlar doğurmaktadır. Bu dağılım nedeniyle perdelerine gelen tesirler de artmaktadır.

### 3. Dayanma Yapıları



### BODRUM PERDELERİNE ETKİYEN YÜKLER (DİNAMİK ZEMİN BASINÇLARI)





BODRUM  
PERDELERİNE  
ETKİYEN YÜKLER  
(DİNAMİK ZEMİN  
BASINÇLARI)

- a) TBDY 2018'de sabit bir zemin basıncı oluşmaktadır.
- b) TDY 2007 ve Mononobe Okabe Yöntemi benzer davranış gösterirken TDY 2007 daha düşük basınç oluşturmaktadır.
- c) Sonlu elemanlardan elde edilen yanal zemin basınçları TDY 2007 ve M-O Yöntemine göre daha yüksek, TBDY 2018'e göre daha düşüktür.

### 3. Dayanma Yapıları

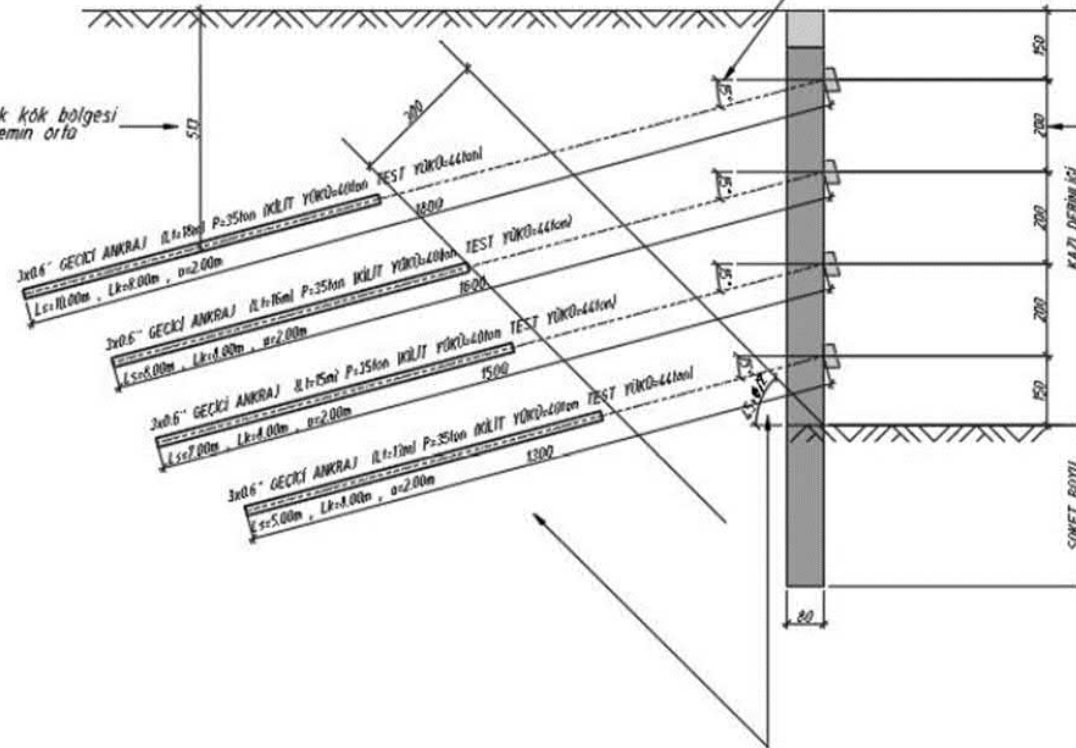
#### İKSA SİSTEMİ

Su geçirimsizliği istenen kazı çukurlarında kesilen kazık, diyafram duvar veya çelik panjans sistemlerinin biri tercih edilecektir. Kesilen kazık yerine aralıklı kazık veya kazık aralarında jetgrout uygulaması yapılabilir, ancak bu durumda her ikisi de kazık arkasında olmak üzere en az iki sıra kesilen jetgrout kolonu yapılacaktır ve uygulamada önce jetgrout kolonları sonra kazıklar yapılacaktır.

#### ANKRAJ AÇISI

Ankrajların yatayla yaptığı açı mümkün olduğu maddelce 15 dereceden az, 30 dereceden fazla olmamalıdır. Ancak ana kayanın yakalanamadığı, komşu iksa elemanları ile keşismeleri söz konusu olduğu durumlarda istenilen ankray açısı alınabilir. Bu durumda projede öngörülen ankray yüklerinin arazide yapılacak deneylerle istenilen yüklerle ulaştığı ispatı rapor edilmelidir.

Zemin cinsinden bağımsız olarak kök bölgesi üzerinde en az 5.0 m doğal zemin orfı yuku olmak zorundadır.



Ankraj kök boyları arasındaki mesafe düzeyde ve yatayda 110 cm'den az olamaz.

Kazı derinliği 25m'den daha fazla olan kazı çukurlarında iksa sistemleri en az 2'lik kademe halinde projelendirilecek ve inşa edilecektir. Parsel sınırı, yüksek Y.A.S.S. ve diğer zorunluluklardan ötürü tek palyede yapıma zorunluluğu olması durumunda imalatlarda gerekli hesap aşamaları ve uygulama esasları detaylı olarak belirlenmelidir.

Sokef boyu orfı-az ayrışmış ve ayrışmamış kayada, 2.0m veya kazık çapının 3 katından (hangisi büyükse) diğer tüm zemin türlerinde ise 4.0m'den veya kazık çapının 5 katından (hangisi büyükse) az olamaz.

#### ANKRAJ KÖK BOYU

Ankraj kök boyu kohezyonlu zeminlerde 10m'den az olamaz. Ankraj kök boyu 45-8/2 kriterine göre belirlenen aktif zondan en az 3.0m veya kazı derinliğinin %20'si kadar mesafe (hangisi daha büyükse) geriden başlayacaktır.

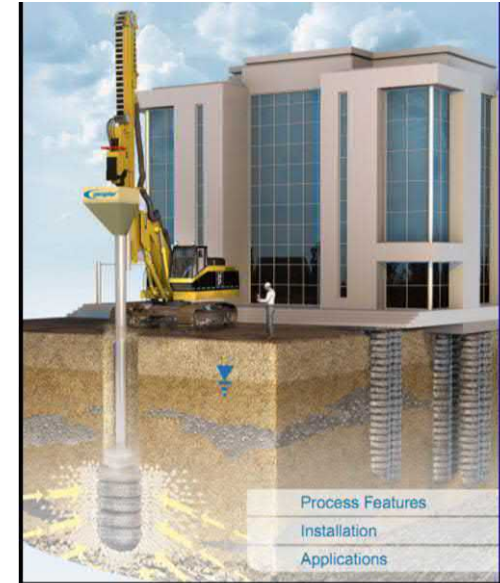
TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

KAZI ÇUKURLARININ DESTEKLENMESİ İLE İLGİLİ  
UYULACAK ESASLAR

Bilgi:

Bu doküman, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanıp, 31/08/2018 tarihli, 8412264-755.01-E.150340

### 4.a Zeminlerin İyileştirilmesi





Proje sahasında elverişsiz zemin koşulları ile karşılaşıldığında:

- İnşaat alanının değiştirilmesi
- Zeminlerin değiştirilmesi
- Derin temel uygulaması veya
- Zeminlerin iyileştirilmesi yoluna gidilir.



### Zemin İyileştirmede Temel İlke

- Zayıf zeminin taşıma kapasitesini arttırmak
- Toplam oturmayı azaltmak
- Dolgu ve yarmaların stabilitesini arttırmak
- İksa duvarlarını desteklemek
- Zeminin sıvılaşma potansiyelini azaltmak
- Geçirimliliği azaltmak



(TBDY 2018)

### ARAZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN YERİNDE İYİLEŞTİRİLMESİ

Etkilerin dirençler tarafından karşılanamadığı durumlarla, deprem sırasında zemin sıvılaşmasının tetiklenmesi ve/veya büyük dayanım/rijitlik kaybına uğraması beklenen zeminlerde, zemin özelliklerinin yerinde iyileştirilmesi veya güçlendirmesi yoluna başvurulabilir. Uygun zemin iyileştirme veya güçlendirme yöntemi, *geoteknik alanında sorumlu inşaat mühendisince* aşağıda sıralanan genel ilkelerden yararlanılarak belirlenir.

**16D.1 – Gevşek ve orta sıkı kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde**, sıkılık derecesinin arttırılması en etkin iyileştirme yoludur. Sıkılık derecesinin arttırılmasında zemine titreşimler uygulayan yöntemler daha etkindir. **Titreşimli yöntemler; derin kompaksiyon (sıkıştırma), vibroflotasyon, sıkıştırma kazıkları, vibrasyonlu sondalar, patlatma, yüzeyden titreşimli silindirlerle sıkıştırma vb.** olarak sayılabilir.

### ARAZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN YERİNDE İYİLEŞTİRİLMESİ

16D.2 – Yumuşak-katı kohezyonlu (ince daneli) zeminlerde, zeminin su muhtevasını azaltıcı, konsolidasyon basıncını arttırıcı ve iç yapısını kuvvetlendirici yöntemler ile etkili iyileştirme sağlanabilir. Bu kapsamda, drenaj, yeraltı suyu düzeyini düşürme, konsolidasyon yöntemleri (önyükleme, elektro ozmotik, vakum etkisinde) kullanılabilir. Ayrıca, çimento, kireç gibi bağlayıcı katkı malzemeleri karıştırarak katılaştırma (derin karıştırma) ve enjeksiyon yöntemleri kullanılabilir. Suya doygun olmayan ve plastisitesi yüksek olmayan kohezyonlu zeminlerde, derin kompaksiyon (sıkıştırma) yönteminden de yararlanılabilir.

16D.3 – Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde, zemin içinde rijit elemanlar (taş kolonlar, jet enjeksiyonu kolonları, beton kolonlar vb.) oluşturulması ile statik ve deprem yüklerinin ağırlıklı olarak bu elemanlar tarafından karşılanması sağlanabilir.

### ARAZİ ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN YERİNDE İYİLEŞTİRİLMESİ

16D.4 – Zemin iyileştirmesi tasarımında, iyileştirilecek zemin özellikleri (sıkılık derecesi, kayma dayanımı, sıkışma modülü, vb.) ve hedeflenen iyileşme derecesi açıklıkla belirtilmelidir. Seçilen zemin iyileştirme yönteminin saha uygulaması aletsel gözlemlerle yakından izlenmeli, mevcut duruma göre sağlanan iyileşme derecesi ve tasarımda hedeflenen iyileşmenin gerçekleşme durumu kontrol edilmelidir.

16D.5 – Mevcut bir yapının altında zemin iyileştirmesi için uygulanabilecek önlemler daha sınırlıdır. Yapı temelleri altında çalışmanın zorluğu yanında, iyileştirme yöntemlerinin uygulanması sırasında gelişebilecek olası zemin yerdeğiştirmelerinin dikkate alınması gerekir. Bazı durumlarda yapı çevresinde alınan önlemlerle, deprem sırasında oluşabilecek yanal zemin yerdeğiştirmelerinin sınırlandırılması yoluna başvurulabilir.

16D.6 – Zemin güçlendirme yöntemleri yerine (veya ile birlikte) temel sisteminin değiştirilmesi (kazıklı veya baret temeller, çevre diyafram duvar, rijit bodrum temel tasarımı vb.) ve üstyapıda tasarım değişiklikleri yapılması yoluna da başvurulabilir.

### ➤ ZEMİNLERİN SIVILAŞMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

16.6.1 – Deprem Tasarım Sınıfı  $DTS=1$ ,  $DTS=1a$ ,  $DTS=2$  ve  $DTS=2a$  olan (Bölüm 3) 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 *sıvılaşma potansiyeli*’nin bulunup bulunmadığının, *arazi ve laboratuvar deneylerine* dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve analiz sonuçlarının ayrıntılı olarak rapor edilmesi zorunludur.

16.6.2 – 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.

16.6.3 – 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.

16.6.4 – Potansiyel olarak *sıvılaşabilir zeminler*, yeraltı su tablasının altında yer alan **kum, çakıllı kum, siltli killi kum, plastik olmayan silt ve silt-kum karışımları** olarak tanımlanacaktır.

16.6.5 – 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 *zemin sıvılaşması tetiklenme değerlendirmesi* yapılacaktır.



### ➤ ZEMİNLERİN SIVILAŞMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**16.6.6 – 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,  $N_{1,60}$ , 20 vuruş/30 cm'den yüksek olduğu **kumlu zeminlerde**;

**16.6.7 –** Zemin sıvılaşması değerlendirmesinde sıvılaşma tetiklenmesi riski yanında, sıvılaşma sonrası zemin mukavemeti ve rijitlik kaybı ile temel zemininde oluşabilecek yerdeğiştirmelerin dikkate alınması gereklidir.

**16.6.8 –** Zemin sıvılaşma değerlendirmesinin SPT deney sonuçları kullanılarak yapılmasına dayanan yöntem **EK 16B**'de verilmiştir. Değerlendirmenin CPT veya kayma dalgası hızına göre yapılması durumunda uygulamada genel kabul gören yöntemler kullanılabilir.

### ➤ ZEMİNLERİN SIVILAŞMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

16.6.9 – Sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulu:

$$\frac{\tau_R}{\tau_{\text{deprem}}} \geq 1.10 \quad (16.3)$$

Burada  $\tau_R$  ve  $\tau_{\text{deprem}}$ , sırası ile, sıvılaşma direncini ve zeminde depremden oluşan ortalama tekrarlı kayma gerilmesini ifade etmektedir. Denk.(16.3)'te 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.

16.6.10 – Belirlenen sıvılaşma sonrası yer değiştirmelerin üstyapı/altyapı davranışına etkileri değerlendirilerek ihtiyaç duyulması halinde üstyapı ve/veya zemin iyileştirmeleri uygulanacaktır.

### TBDY 2018

**1.1.9** - Bu Yönetmeliğin kapsamı dışındaki bina ve bina türü yapıların deprem etkisi altında tasarımı için kendi özel yönetmelikleri yapılmıncaya dek, öncelikle ilgili Türk Standartlarında verilen hükümler ile birlikte, **uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer diğer standart, yönetmelik gibi teknik düzenlemeler veya kurumlarınca belirlenen teknik kurallar,** bu Yönetmelikte öngörülen ilkeler gözetilerek kullanılabilir.

**10.2.2.2** - Bu bölümde yer almayan ve deprem tasarımı dışındaki hususlar için, **uluslararası düzeyde kabul görmüş standart ve yönetmeliklerden yararlanılabilir.**

Eurocode 1997-1:2004 yönetmeliğinde yapı temelleri için müsaade edilen toplam oturma değerinin maksimum 50 mm, farklı oturma değerinin ise, maksimum 20 mm olması gerektiği belirtilmektedir.

**Zemin iyileştirmede doğru yöntem seçimi en önemli husustur. Ayrıca, çözümün boyutları (sınırları), doğru analiz yöntemi de önemlidir.**

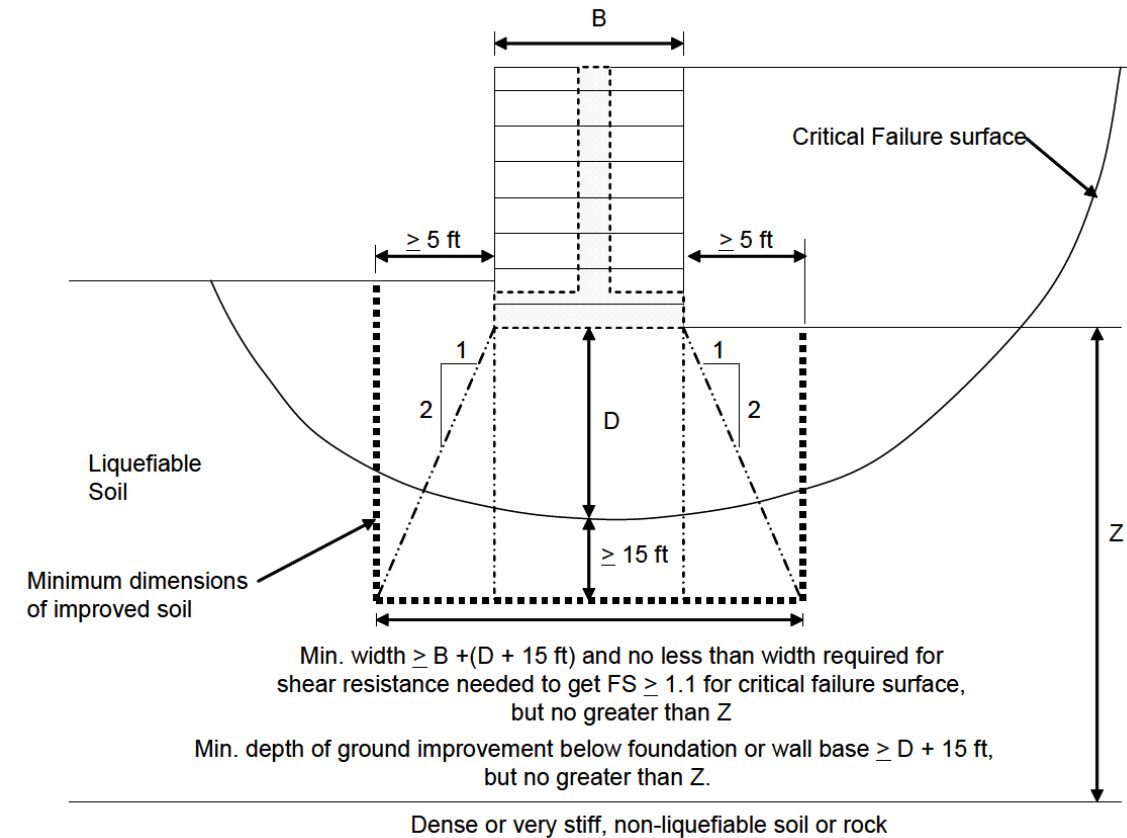
## 4.a Zeminlerin İyileştirilmesi

If the soil is reinforced with vertical structural inclusions (e.g., drilled shafts, driven piles, but not including the structure foundation elements) but not adequately densified to prevent the soil from liquefying, the design of the ground improvement method should consider both the shear and moment resistance of the reinforcement elements. For vertical inclusions that are typically not intended to have significant bending resistance (e.g., stone columns, compaction grout columns, etc.), the requirement to resist the potential bending stresses caused by lateral ground movement may be waived, considering only shear resistance of the improved soil plus inclusions, if all three of the following conditions are met:

- The width and depth of the improved soil volume are equal to or greater than the requirements provided in Figure 6-11,
- three or more rows of reinforcement elements to resist the forces contributing to slope failure or lateral spreading are used, and
- the reinforcement elements are spaced center-to-center at less than 5 times the reinforcement element diameter or 10 feet, whichever is less.

The effect of any lateral or vertical deformation of the vertical inclusions on the structure the improved ground supports shall be taken into account in the design of the supported structure.

**Figure 6-11** Minimum Dimensions for Soil Improvement Volume Below Foundations and Walls

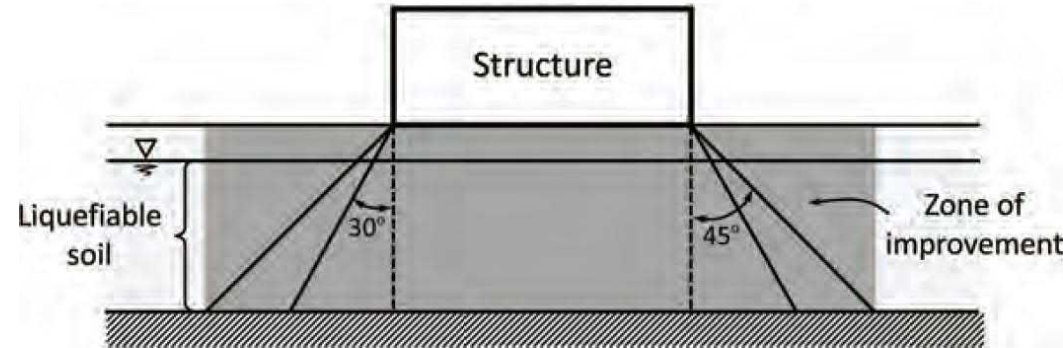




### 11.3.3 AREAL EXTENT OF DENSIFICATION

An important consideration in the densification of soils for the construction of individual structures and foundations is the areal extent of soil improvement required for satisfactory performance during earthquakes. The areal extent should be evaluated on a case-by-case basis since site-specific soil conditions, performance requirements, and failure consequences must be addressed.

The required areal extent of improvement depends on the mechanism of failure that the improvement is intended to eliminate. For potential stability failures, the areal extent of improvement will depend on the degree of improvement that can be achieved and on the extent of the potential failure surface(s). By estimating the residual strength of the soil after improvement, stability analyses can be used to estimate the extent of improvement that will produce an acceptable level of stability. To minimize post-earthquake settlement of a structure or foundation on loose, saturated sand, densification is usually performed within a zone defined by a  $30^{\circ}$ – $45^{\circ}$  line from the edge of the structure, as illustrated in Figure 11.9. Available research and field experience indicate that this approach is likely to produce a satisfactory extent of improvement (Iai et al., 1988), however, stress-deformation analyses can be used to confirm, or optimize, the required extent of improvement for an individual project.



**FIGURE 11.9** Typical areal extent of improvement for densification of potentially liquefiable soil beneath a structure.

## 4.a Zeminlerin İyileştirilmesi

