



## **Zemin ve Temel Etüdü Raporunun Hazırlanmasına İlişkin Esaslar**

ANKARA – 1993

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

1. Tanım .....	1
2. Kapsam .....	1
3. Etütlerin Planlanması .....	1
4. Etüt Kategorileri .....	1
4.1. Kategori 1 .....	1
4.1.1. Yapılar Yönünden .....	1
4.1.2. Zemin Koşulları Yönünden .....	2
4.1.3. Civar Yapılar Yönünden .....	2
4.1.4. Yeraltı Suyu Yönünden .....	2
4.1.5. Depremsellik Yönünden .....	2
4.1.6. Çevre Yönünden .....	2
4.2. Kategori 2 .....	2
4.2.1. Yapılar Yönünden .....	2
4.2.2. Zemin Koşulları Yönünden .....	2
4.2.3. Civar Yapılar Yönünden .....	2
4.2.4. Yeraltı Suyu Yönünden .....	2
4.2.5. Depremsellik Yönünden .....	2
4.2.6. Çevre Yönünden .....	2
4.3. Kategori 3 .....	3
4.3.1. Yapılar Yönünden .....	3
4.3.2. Zemin Koşulları Yönünden .....	3
4.3.3. Civar Yapılar Yönünden .....	3
4.3.4. Yeraltı Suyu Yönünden .....	3
4.3.5. Depremsellik Yönünden .....	3
4.3.6. Çevre Yönünden .....	3
5. Zemin ve Temel Etütlerinin Kapsamı .....	3
6. Zemin ve Kaya Parametrelerinin Değerlendirilmesi .....	5
6.1. Genel .....	5
6.2. Zemin ve Kayaların Sınıflandırılması .....	6
6.3. Yoğunluk .....	6
6.4. İzafi Sıkılık .....	6
6.5. Drenajsız Mukavemet .....	7
6.6. Efektif Mukavemet Parametreleri .....	7
6.7. Zemin Rijitliği .....	7
6.8. Kaya ve Kaya Kütleleri Kalitesi ve özellikleri .....	8
6.9. Permeabilite ve Konsolidasyon Parametreleri .....	8
6.10. Konik Penetrometre Mukavemeti .....	9
6.11. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Dinamik Sondalama .....	9
6.12. Presiyometre Deneyleri .....	9
6.13. Sıkıştırılabilirlik Özelliği .....	9
7. Zemin ve Temel Etüdü Raporu .....	10
7.1 Genel .....	10
7.2. Zemin Bilgi ve Verilerinin Sunulması .....	10
7.3. Zemin Verilerinin Değerlendirilmesi .....	10
7.4. Sonuç ve Öneriler .....	11
7.5. İlgili Standart ve Yönetmelikler .....	11
7.6. Örnekler .....	12

# ZEMİN VE TEMEL ETÜDÜ RAPORUNUN HAZIRLANMASINA İLİŞKİN ESASLAR

## 1. TANIM

Zemin ve temel etütleri, temel tasarımı ile zemin-temel-yapı etkileşiminin irdelenmesinde kullanılacak zemin Özellikleri ve zemin parametrelerinin tayini için yapı alanı ve çevresinde zemin ve yeraltı suyu ile ilgili bütün verilerin toplanması amacıyla yapılan çalışmalar olup bu çalışmaların sonucunda temel ön tasarımı belirlenir.

## 2. KAPSAM :

Etütlerin kapsamı ve içeriği yapı Özellikleri, zemin koşulları, civardaki yapılar, depremsellik, çevre ilişkileri, yeraltı suyu durumu gibi faktörlere bağlıdır. Bu amaçla yapılacak zemin ve temel etütlerinin kapsam ve içeriğini belirleyen Kategoriler aşağıda tanımlanmıştır.

## 3. ETÜDLERİN PLANLANMASI :

Planlama; yerel zemin yapısı, yapı özellikleri; depremsellik ve çevre ile ilgili ve yapıma ilişkin tüm olası sorunları gözönüne alacak şekilde yapılmalıdır. Etüt sonuçları planlamayı değiştirir tarzda olursa, ek etüt gerekir gerekmediği irdelenmelidir.

Zemin ve temel etüdü ile görevlendirilen uzman, amaçlanan yapı ve yapım yöntemleri konusunda bilgili ve deneyimli olmalı ve yapıya ilişkin kararların her aşamasında haberdar edilmelidir.

Gerekli etüdü planlamak, muayene çukuru, sondaj, arazi ve laboratuvar deneylerini gözetip denetlemek, etüt bulgu ve sonuçlarından tasarım ve yapım için gerekli verileri üretmek, rastlanan temel zemini ile tasarlanan yapı arasındaki etkileşimleri proje müellifine ve gerekli yerlere sunmak, zemin ve temel konularında uzman mühendisin görevidir. Zemin ve temel raporu bu uzman tarafından düzenlenir.

## 4. ETÜT KATEGORİLERİ :

Zemin ve temel etütlerinin kapsam ve içeriğini belirleyen incelemeler, irdelemeler, hesaplar ve denetim yöntemleri yapı ve zemin koşullarına (1) az riskli, (2) normal riskli, (3) yüksek riskli olmasına göre 3 kategoride toplanır.

Bir yapının aşağıda tanımlanan kategorilerden hangisine gireceği etütler öncesi kararlaştırılır. Ancak bu kategori, etütlerin herhangi bir aşamasında gerekçesi belirtilerek değiştirilebilir.

### 4.1. Kategori 1 :

#### 4.1.1. Yapılar Yönünden :

Bu kategoride küçük ve basit yapılar yer alır. Risk mal ve can yönünden ihmal edilebilir düzeydedir. Bu yapıların etüdü ilgili mühendis tarafından; deneyim, gözlem, standartların ve kabul görmüş tablo verilerinin kullanımı suretiyle gerçekleştirilebilir (arazide gözlem çukuru açtırıp gözlemek, çevrede mevcut bazı, kanal vb. gibi zemin yapısını gösteren yerleri incelemek, varsa civardaki yapıların durumunu incelemek vb. gibi).

#### **4.1.2. Zemin Koşulları Yönünden :**

Düz veya çok eğimli olmayan tabii sahalardır. Şişme ve /veya yüksek oturma potansiyeli gösteren zeminler, yumuşak veya gevşek veya organik madde içeren veya daha önce karşılaşmamış değişik nitelikli zeminler ile tekniğine uygun olarak sıkıştırılmamış dolgular bu kategori içinde değildir.

#### **4.1.3. Civar Yapılar Yönünden :**

Komşu yapılara, alt yapı şebeke sistemlerine (su kanalizasyon, tabii gaz, telefon, elektrik vb. gibi) zarar riski olmamalıdır.

#### **4.1.4. Yeraltı Suyu Yönünden :**

Su tablası altında kazı yapılmamalı veya su tablası altında kazı yapmanın hiçbir sorun yaratmayacağı deneyimle söylenebilmelidir.

#### **4.1.5. Depremsellik Yönünden :**

Deprem riski düşük veya depreme hassas olmayan yapılar.

#### **4.1.6. Çevre Yönünden :**

Hidroloji, tabii bitki Örtüsü, yüzeysel su rejimi, toprak kayması, zemin çökmesi vb. konularda sorun olmamalıdır.

### **4.2. Kategori 2:**

#### **4.2.1. Yapılar Yönünden :**

Bu kategoride anormal risk taşımayan, alışılmamış unsurlar içermeyen, analiz ve hef.ap gerektiren ve fakat klasik metotlarla zemin ve temel tasarımı tamamlanarak yapımı gerçekleştirilebilen yapılar ve temeller yer alır.

#### **4.2.2. Zemin Koşulları Yönünden :**

Temel tasarımı için gerekli zemin parametreleri alışılmış arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bulunabilmelidir (standart penetrasyon deneyi, arazi permeabilite deneyleri, laboratuvar konsolidasyon, üç eksenli basınç, serbest basınç, sınıflandırma deneyleri vb.).

#### **4.2.3. Civar Yapılar Yönünden :**

Kazılar, kazıklı temel inşaatları, yeraltı suyunun indirilmesi ve deranajı gibi faaliyetlerin civar yapılara zararlı olmayacağı söylenebilir.

#### **4.2.4. Yeraltı Suyu Yönünden :**

Bu kategoriye gireri işlerde, yeraltı su seviyesinin indirilmesi uygulamalarında meydana gelebilecek aksamlar, civar yapılar veya yük taşıyan tabakalar için herhangi bir uyan veya önlem gerektirebilecek riskler taşımamalıdır.

#### **4.2.5. Depremsellik Yönünden :**

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte önerilen standart yöntemlerle projelendirilebilen dinamik yapı-zemin etkileşimi analizi ve;/veya özel bir analiz ve çalışma gerektirmeyen yapıların zemin ve teraei etüdü bu kategori içindedir.

#### **4.2.6. Çevre Yönünden :**

Çevreye etki açısından özel bir Önlem gerektirmeyen, çevre İle ilgili sorunların, bu konudaki alışılmış yöntemlerle çözülebildiği işler bu kategori kapsamındadır.

Yüzeysel (tekil, sürekli veya radyeler) temeller, kazıklı temeller, istinat duvarları, köprü ayakları, dolgular, şeddeler, toprak işleri, zemin ankrajları, diğer ankraj sistemleri bu kategoriye giren işlere Örnektir.

### **4.3. Kategori 3:**

#### **4.3.1. Yapılar Yönünden :**

Bu kategoride özel veya büyük risk taşıyan, çok büyük açıklıklı, Özel taşıyıcı sistemli, alışılmamış ve/veya karmaşık yük durumlarına sahip yapılar yer alır.

#### **4.3.2 Zemin Koşulları Yönünden :**

Zor zemin koşulları, mühendislik tasarımı için alışılmamış olmayan, deneyler ve/veya hesap metodları ile özel irdeleme ve yorum gerektiren işler bu kategori içindedir.

#### **4.3.3. Civar Yapılar Yönünden :**

Civar yapılar yönünden risk olasılığı taşıyan tüm işler.

#### **4.3.4. Yeraltı Suyu Yönünden :**

Değişken permeabiliteye sahip tabakaların, değişik su tablalarının bulunması gibi yeraltı suyundan kaynaklanan riskleri taşıyan durumlar.

#### **4.3.5 Depremsellik Yönünden :**

Yüksek deprem riski olan bölgelerdeki depreme hassas ve özel yapılar.

#### **4.3.6. Çevre Yönünden:**

Çevre yönünden zor ve kaşık sorunlara neden olabilecek işler.

Genel kural olarak, Etüt Kategorisi 1 ve Etüt Kategorisi 2'ye girmeyen tüm işler bu kategori içinde ele alınmalıdır.

Örnekler:

- Çok özel yük taşıyan yapılar,
- Yerleşim bölgelerinde civan ve yapılan etkileyebilecek derin kazılar (Çok katlı bodrum kazıları gibi),
- Ağır dinamik yük etkisindeki makina temelleri,
- Zararlı kimyasal maddeler işleyen veya depolayan tesisler,
- Büyük açıklıklı köprüler,
- Tüneller,
- Büyük su yüküne maruz yapılar, barajlar, şeddeler,
- Açık deniz yapılan,
- Şişme veya çökme özelliği gösteren zeminlere oturan yapılar,

## **5. ZEMİN VE TEMEL ETÜTLERİNİN KAPSAMI :**

**5.1.** Etüt Kategorisi I'de yer alan yapılar için yapılacak etütlerin kapsamı aşağıda belirtilmiştir.

- Yapı alanında gözlem yapmak ve yerel bilgileri toplamak,
- Derin olmayan muayene çukurları açmak suretiyle zemini incelemek,
- Gerekirse burğu ile delik açmak, sondalama deneyleri yapmak,

Bu kategorideki etütler, ilgili standartlara ve kabul görmüş yayınlara atıf yaparak sorunu çözebilecek bir mühendis tarafından yapılmalıdır. Bu etüdü yapanın inşaat mühendisi olmaması halinde yapıya ilişkin bilgi ve irdelemeler bir inşaat mühendisi ile birlikte yapılmalıdır.

**5.2.** Etüt Kategorisi 2 ve 3'de ise genellikle bir ön etüt, bir tasarım etüdü (son etüt), gerekirse kontrol etütleri ve yapı evresi gözlemleri ile özel ölçümler yer alır. Ön etüt, seçilen yerin uygunluğunun tesbiti, alternatif yerlerin belirlenmesi ve tasarım etüdünü planlamak için yapılır. Ön etütler sırasında dahil edilmesi düşünülebilecek hususlar,

- Topografik durum,
- Hidrolojik koşullar, boşluk suyu dağılımı,
- Komşu yapılar ve kazıların incelenmesi,
- Jeolojik kayıtların incelenmesi,
- Hava fotoğrafları,
- Civarında yapılmış önceki etütler,
- Eski haritalar,
- Yerel depremsellik,
- Diğer ilgili bilgiler,

olabilir.

Tasarım etüdü (son etüt) ise yapılacak yapının ekonomik ve güvenilir projelendirilmesine esas olacak bilgi ve verileri sağlayacak inşaat metodunun ve inşaat sırasında doğabilecek sorunların belirlenmesini temin edecek şekilde olmalıdır. Bu etüdün amacı proje için gerekli bütün zemin verileri ve özelliklerinin güvenilir bir şekilde tespit ve tanımlanması yoluyla zemin-yapı etkileşiminin İrdelenip yorumlanabilmesidir. Bu etüde dahil edilecek hususlar,

- Zemin tabakalarının belirlenmesi,
- Zeminlerin mukavemet özelliklerinin belirlenmesi,
- Zeminlerin deformasyon özelliklerinin belirlenmesi,
- Zemin profili boyunca boşluk suyu basıncının belirlenmesi,
- Permeabilitenin belirlenmesi,
- Zeminlerin sıkışabilirliğinin belirlenmesi,
- Yeraltı suyunun zararlı etkilerinin tespiti,
- Zemin ıslah imkanlarının belirlenmesi,

vb. olarak sıralanabilir.

Bu amaçla, kayalarda erime boşlukları, kaya ve zeminlerin dolgu malzemelerinin bozuşma durumu, yeraltı suyu hidrolojisi, faylar, zemin ve kayaların krip (sünme) durumu, şişme ve göçme potansiyeli olup olmadığı gibi bilgilerin toplanması da gerekli ve yararlı olabilir.

Bu etütler için uygulanacak alışılmış yöntemler,

- Yerinde arazi deneyleri,
- Sondajlar, inceleme çukurları,
- Laboratuvar deneylerini,

kapsar.

Zemin araştırmaları, sorumlu mühendisin daha fazla derinliklerin yapının davranışını etkileyeceğini belirlediği derinliğe kadar yapılır. Bu derinlik genel olarak yapı ve zemin özelliklerine müştereken bağlıdır.

Sondajlar ve arazi çalışmaları bir jeoloji mühendisi, jeolog, inşaat veya maden mühendisinin gözetiminde gerçekleştirilmelidir.

Etüdün büyük bir alanı kapsadığı durumlarda, inceleme noktaları bir ağ üzerinde seçilebilir. Noktalar arası uzaklık normal hallerde 20-40 m, olabilir. Ünliform zeminlerde sondaj ve çukur aralıkları arttırılabilir ve/veya bir kısım sondaj ve çukurların yerine jeofizik yöntemler veya sondalama uygulanabilir. Tekil ve şerit temellerde sondaj veya sondalama derinliği temel genişliğinin 1-3 katı dolayında olabilir. Daha derin tabakaların etüdünde özel olarak belirlenen bazı noktalarda oturma özellikleri ve zemin suyu ile ilgili sorunlar ayrıca araştırılmalıdır.

Radye temellerde etüd edilen zemin veya sondaj derinliği, bu derinlikte kaya tabakasına rastlanmaz ise, normal olarak temel genişliği kadar veya daha fazla olmalıdır.

Dolgu atanlarında ve şedde yapılarında etüt derinliği oturmaları katkısı olabilen bütün tabakaları içerecek şekilde seçilmelidir. Etüt noktaları arasındaki uzaklık ise normal hallerde 100-200 m alınabilir.

Kazıklı temeller için sondaj, penetrasyon veya yerinde deney derinliği güvenliği sağlayacak kadar olmalıdır. Normal olarak bu derinlik kazık ucundan itibaren kazık çapının 5 katı veya 5m aşağıya ulaşan bir derinlikten daha az olamaz. Daha fazlası gerekmiyorsa bu derinlik kazık grubu için kazık grubunu oluşturan dikdörtgenin küçük kenarının uzunluğu kadar kazık uç seviyesinin altına inmelidir.

**5.3.** Etütler sırasında mevcut su basınçları ve yeraltı su seviyesinde oluşabilecek en yüksek ve en düşük seviyeler tespit edilmelidir.

Boşluk suyu basıncının araştırılması normal olarak şunları kapsar:

- Sondajlarda rasat borusu yerleştirilerek seviye ve seviye değışikliğı gözlenmesi,
- İnşaat alanın yer altı ve yer üstü hidrolojisinin incelenmesi.

Kazıklarda kaldırma kuvveti hesabı için boşluk suyu basıncının kazı tabanı altında, kazı tabanından itibaren en az su seviyesi ile kazı tabanı arasındaki mesafeye eşit bir derinliğe kadar belirlenmesi gerekir. Üst seviyelerde düşük yoğunluk olması halinde etüt derinliği arttırılabilir.

Çevrede su seviyesi indirme veya su çekme kuyuları varsa tespit edilmelidir.

3. Kategoriye giren işlerde işin özelliğinin gerektirdiğı ek çalışmalar yapılmalıdır. Özel bir deney veya etüt uygulandığında takip edilen yöntem, deney usulleri ve yorumu ile ilgili hususlar belgelenmeli ve kaynak<sup>1</sup> gösterilmelidir.

Kategori 2 ve 3 olarak tanımlanan etütlerin zemin ve temel mühendisliği konularında tecrübe sahibi ve tercihen lisans üstü eğitim görmüş ve bu konularda deneyim kazanmış inşaat mühendisleri veya böyle bir mühendisin sorumlu yönetiminde çalışan, bünyesinde tercihen jeoloji mühendisinin de bulunduğu bir ekip tarafından yapılması gerekir.

Gerekli ve zorunlu hallerde, Kategori 3 için öngörülen Özel etütleri yapacak ve/veya ekip sorumluluğunu üstlenecek inşaat mühendisi, zemin ve temel münen-disliği konularında lisans üstü öğrenim görme ve deneyim şartına ek olarak irdelenen konuya özgü özel alanda uzmanlaşmış bir inşaat mühendisi olmalıdır.

## **6. ZEMİN VE KAYA PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **6.1. Genel :**

**6.1.1.**Zemin ve kaya parametreleri zemin ve kayaların özelliklerinin rakamsal değer olarak ifadesidir. Örneğın, kayma mukavemeti açısı, sıkışabilirlik, penetrasyon darbe sayısı, kaya kalite indisi (RQD) gibi.

**6.1.2.**Tasarımda kullanılan zemin ve kaya parametreleri arazi ve laboratuvar deneylerinden ve diğer kabul görmüş çalışma sonuçlarından elde edilir. Bunlar temel ve yapı tasarımı için öngörülen göçme, aşın deformasyon, kullanılabilirlik gibi kriterlerin inceleme ve irdelemelerinde kullanılır.

**6.1.3.**Güvenilir zemin parametrelerinin tesbiti için gözönüne alınacak hususlar:

- Birçok zemin parametresi sadece zemine özgü sabit değerler olmayıp, gerilme seviyesi, deformasyon tarzı (modu) gibi faktörlere bağlıdır.
- Deney programı, tasarıma ilişkin parametrelerin ve bu parametrelerin değişiminin belirlenmesini sağlayacak tarz ve kapsamda hazırlanmalıdır.
- Deney sonuçlarının yorumunda her deneyin ilgili zemin şartlarında kullanılmasına ilişkin geçerli, yayınlanmış bilgiler göz önüne alınmalıdır.
- Elde edilen değerler, veriler ve mahalli tecrübe ile karşılaştırılmalı ve yayınlanmış parametreler arasındaki yayınlanmış korelasyonlar göz önüne alınmalıdır.
- Varsa büyük ölçekli saha deneyleri ve prototip yapılar üzerinde yapılmış Ölçümler analiz edilmelidir.
- Varsa birden fazla tipteki deneylerin sonuçları arasındaki ilişki kontrol edilmelidir.

**6.2.Zemin ve Kayaların Sınıflandırılması :**

**6.2.1.** Zemin ve kayaların karakter ve temel bileşenleri, deney sonuçlarının yorumu öncesinde tanımlanmalıdır.

**6.2.2.** Malzeme göz ile incelenmeli ve bilinen bir sembol sistemi ile isimlendirilmelidir.

Göz ile incelemeye ilave olarak aşağıdaki tanımlama deneyleri yapılır:

**Zeminlerde;**

- Dane dağılımı,
- Tabii su muhtevası,
- Kıvam limitleri,

**Kayalarda, gerektiği durumlarda;**

- Tabii yoğunluk,
- Porozite,
- Ultrasonik hız,
- Ani su emme,
- Şişme,
- Tek eksenli basınç veya nokta yükjeme deneyi.

**6.3. Yoğunluk :**

Yoğunluk, tasarım amacına uygun hassaslıkta bulunmalıdır. Yoğunluk bulunurken tabii veya insan eliyle sonradan yapılan değişiklikler ve tabakalaşma etkisi göz önüne alınır. Yoğunluk kumlar ve çakıllarda, penetrasyon deneyleri veya zemin mukavemetini gösteren gözlemlerden de zemin tipi ve dane dağılımı bilinmek kaydı ile tahmin edilebilir.

**6.4. İzafi Sıklık :**

İzafi sıklık, ayrıklı daneli zeminlerin sıklık derecelerini ölçen değer olup, laboratuvarında standart deneylerle bulunur. Dolaylı bir yol olarak standart penetrasyon deney sonuçları da kullanılabilir.

### 6.5. Drenajsız Mukavemet :

İnce daneli doygun zeminlerin drenajsız mukavemeti (Cu) saptanırken aşağıdaki hususların etkisi göz önüne alınmalıdır.

- Yerinde ve deneydeki gerilme durumu farklılıkları,
- Numune örselenmesi (özellikle sondaj sırasında elde edilen deney numuneleri için),
- Mukavemet anizotropisi (Özellikle düşük plastisiteli killer için).
- Fisürler (özellikle sert fisürlü killer için).

Deney sonuçları, kilin fisürlü veya fisürsüz halinin mukavemetini verebilir ve bu değerlerden herhangi biri kilin arazi davranışını temsil edebilir. Bu tespit için numune büyüklüğü de önemli olabilir.

- Deney hızı (Çok hızlı deneyler daha büyük mukavemet değeri verme eğilimi taşırlar).
- Büyük deformasyonların etkisi (Birçok kilde büyük deformasyonlarda veya önceden oluşmuş kayma yüzeylerinde mukavemet düşüşü gözlenir),
- Zaman faktörü (Zeminin etkili bir biçimde drenajı için geçen zaman, zeminin permeabilitesi, serbest suyun varlığı ve geometrik koşullara bağlıdır. Bazı zeminler çok kısa süreli yüklemelerde mukavemet artışı gösterebilirler).
- Numunelerin homojen olmaması (kil numunelerde kum, çakıl bulunması gibi)
- Doygunluk derecesi,
- Drenajsız mukavemeti; deneylerden, özellikle arazi deneylerinden elde etmede, yapılan teorik kabullerin güvenilebilirlik derecesi.

**6.6. Efektif mukavemet parametrelerinin** belirlenmesinde ( $c$  ve  $\phi$ ) göz önüne alınacak hususlar:

- $c$  ve  $\phi$  ancak hesaplandıkları gerilme seviyeleri için sabit kabul edilebilirler.
- Düşük gerilmelerde  $c$  değeri sıfıra, yüksek gerilmelerde  $\phi$  değeri azalmaya gitme eğilimi gösterebilir.
- $\phi$  değeri iki bileşenden oluşur, bir bileşen zeminin gerçek sürtünme özelliğine (kritik durum sürtünme açısı), diğeri ise yoğunluk ve gerilme seviyesine bağlıdır. Birinci bileşen sabit kabul edilebilir, ikinci bileşen ise zemin kabarırsa veya sıkırsa değişir,  $c$  değeri de yoğunluk ve gerilme seviyesine bağlıdır.
- $\phi$  değeri yoğunluk ve zemin danelerinin yerleşim tarzına bağlıdır. Bu özellikler numune alma sırasında kolayca bozulabilir nitelikte olup deney sonuçlarının değerlendirilmesinde göz önüne alınmalıdır.

Zeminlerin düzlem gerilme hali için geçerli olan  $\phi$  değerleri genellikle üç eksenli basınç şartlarında elde edilen değerden bir miktar daha büyüktür.

### 6.7. Zemin Rijitliği :

Zemin rijitliği tayininde göz önüne alınacak hususlar:

- Su muhtevası ve gerilme seviyesinin etkisi (özellikle Ön konsolidasyon basıncı ile ilgili olarak).
- Birim deformasyon hızının etkisi (Özellikle zemin drenajı ile ilgili olarak).
- Zeminin doğrusal olmayan gerilme-deformasyon özellikleri.
- Zemin yapısı ve zemindeki farklılıklar göz önüne alınarak numune büyüklüğü,

Gerek arazide gerek laboratuvar deneyi yolu ile zemin rijitliğinin güvenilir bir şekilde ölçümü çok zordur. Özellikle zemin numunelerindeki örselenme ve diğer bazı etkiler laboratuvarla ölçülen rijitlik değerlerinin arazi değerlerinden daha küçük elde edilmesini sağlayabilir. Bu nedenle mevcut, daha önce yapılmış inşaatların davranışlarının gözlenmesi tavsiye olunur.

Zeminlerin gerilme deformasyon ilişkisinin sınırlı bir gerilme aralığında doğrusal veya yarı logaritmik kabul edilmesi bazı hallerde uygun olmakla beraber gerçek davranışın genellikle doğrusal olmadığı belinerek değerlendirme yapılmalıdır.

## **6.8. Kaya ve Kaya Kütleleri Kalitesi ve Özellikleri :**

**6.8.1.** Kaya kalite ve Özelliklerinin tayininde kayaların karot numuneleri üzerinde belirlenen davranışı ile sahada çok geniş bir alandaki kayanın davranışı, sahadaki kaya kütlelerinin yapısal süreksizlikler (tabakalaşma, eklemler, ezilme bölgesi ve erime boşlukları gibi) gösterdiği göz önüne alınarak birbirinden ayrı düşünülmemelidir.

Kaya eklemlerinin aşağıdaki özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

- Aralığı
- Doğrultusu
- Açıklığı
- Sürekliliği
- Sıklığı
- Sıklığı
- Pürüzlülüğü
- Dolgu maddesi

**6.8.2.** İlgili olduğu takdirde göz Önüne alınacak hususlar;

- Su basıncı,
- Çeşitli tabakaların özelliklerindeki önemli değişiklikler.

Kaya kalite indisi (RQD) kayaların genel kaya kalite göstergesi olarak kullanılabilir.

Kaya özellikleri tahmininde (mukavemet, sertlik gibi) tünel işlerinde uygulanan kaya kütle sınıflandırmaları kullanılabilir.

**6.8.3.** Kayaların mevsim ve gerilme değişimi vb. gibi faktörlere duyarlılığı tayin edilmelidir. Temel zemini olarak kayaların kimyasal ayrışmasının sonuçları irdelenmelidir. Kayaların veya kaya kütlelerinin kalitesinin tesbitinde;

- Bazı boşluklu, yumuşak kayaların atmosferik etkilerle kısa sürede bozularak düşük mukavemetli zeminlere dönüşebildiği.
- Bazı kayaların zemin suyu etkisi ile çabuk eridiği ve boşluk, kavite, delikler oluşturduğu ve bunların zemin yüzeyine kadar gelişebildiği,
- Bazı kayaların yük boşaltması ve hava ile temas sonucu kil minerellerinin su emmesi yolu ile şişebildiği,

göz önünde tutulmalıdır.

## **6.9. Permeabilite ve Konsolidasyon Parametreleri :**

Permeabilite ve konsolidasyon parametreleri tayininde göz önüne alınacak hususlar:

- Homojen olmayan zemin koşullarının etkisi.
- Zemin anizotropisi etkisi.
- Zemin ve kayada fisür ve fayların etkisi.

Laboratuvarda küçük numune üzerinde ölçülen permeabilite değeri, arazi değerini temsil etmeyebilir. Bu nedenle, mümkünse büyük zemin kütlelerini temsil edecek ortalama değerlerin elde edilebildiği arazi deneyleri tercih edilmelidir. Bazı hallerde dane dağılım eğrisi verilerinden permeabilite tahmin edilebilir,

#### **6.10. Konik Penetrometre Mukavemeti :**

Konik penetrometre deneyine ait üç mukavemeti (qc) ve çevre sürtünmesi (fs) bulunurken göz önüne alınacak hususlar:

- Konik uç ve kılıfın şekli sonuçları önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle kullanılan alet ve uç cinsine göre sonuçlar gözden geçirilmelidir.
- Sonuçlar ancak zemin tabakalarının dizilişi bilindiğinde güvenli olacaktır ve bu deney çoğu zaman sondajlarla beraber yapılır.
- Homojen olmayan zeminlerde büyük sapmalar görüleceğinden tasarım için uygun zemin matrisini temsil eden penetrasyon değerleri göz önüne alınmalıdır.
- Varsa, diğer deneylerle (yoğunluk ölçümü, diğer tip penetrasyon deneyleri gibi) korelasyonlar kullanılabilir.

#### **6.11. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Dinamik Sondalama :**

SPT darbe sayısı bulunurken göz önüne alınacak hususlar:

- Deneyin tipi,
- Deneyin yapılışı (kaldırma yöntemi vb.),
- Yeraltı suyu etkisi,
- Derinlik etkisi,
- Taş, iri çakıl mevcudiyeti gibi durumlar.

#### **6.12. Presiyometre Deneyleri :**

Presiyometre deneyi limit basınç veya presiyometre modülü tayininde göz önüne alınacak hususlar:

- Aletin tipi,
- Presiyometreyi zemine yerleştirme şekli dikkate alınmalı ve fazlaca bozukluk gösteren eğriler kullanılmamalıdır.

Eğrinin sadece başlangıç kısmının belirlenebildiği deneyler, aynı yerde yapılan diğer deneylerin sonuçları ile karşılaştırılarak limit basıncın ve presiyometre modülünün konservatif olarak tahmini için kullanılabilir.

#### **6.13. Sıkıştırılabilirlik Özelliği :**

Dolguların sıkıştırılabilirlik özelliğinin tayininde göz önüne alınacak hususlar:

- Malzemedeki taş içeriği,
- Malzemenin homojenlik durumu,
- Yoğunluk derecesi.

Sıkıştırılabilirlik özelliğinin zemin veya kaya için doğrudan bulunabilmesi amacı ile, söz konusu malzeme kullanılarak seçilen tabaka kalınlığı ve düşünülen sıkıştırma ekipmanı ile test dolgusu yapılmalıdır. Buradan elde edilen yoğunluk, standart metotla bulunan laboratuvar değeri ile ilişkili olduğu gibi aynı zamanda kullanılacak arazi kontrol cihazı ve metodu ile bulunulacak yoğunluk değeri ile de ilişkilidir, (sondalama, dinamik kompaksiyon deneyi, plaka yükleme deneyi, oturma ölçümü gibi).

Temellerin oturacağı bir dolgu için normal şartlarda ortalama % 100 proctor maksimum yoğunluğu veya en az % 97 proctor yoğunluğu yeterli olabilir. Ayrıca boşluk hava hacmi % 12'den daha az olmalıdır.

Kayalarda, proctor yoğunluğu kullanılmaz. Bunun yerine sıkıştırma işlemi sonucu ulaşılan oturmalar değerlendirilir.

## **7. ZEMİN VE TEMEL ETÜDÜ RAPORU**

### **7.1.Genel:**

Rapor, üç kısımda sunulabilecektir. Birinci kısımda mevcut zeminle ilgili ve gerekiyorsa jeolojik özellikler ile ilgili veriler, ikinci bölümde verilerin değerlendirilmesi, kabul edilen zemin parametreleri ve izahı, üçüncü kısımda (sonuç ve öneriler) zemin temel Ön tasannu ve inşaat tarzı yer alacaktır.

Rapor, önemsiz ve sorunsuz işlerde bir kaç sayfa olabileceği gibi, gerekli durumlarda çok kapsamlı da olabilir.

### **7.2. Zemin Bilgi ve Verilerinin Sunulması :**

Bu kısımda arazi ve laboratuvar çalışmaları ve bunların sonuçları, kullanılan yöntemler yer alacaktır. Gerektiği ve ilgili olduğu hallerde dahil edilebilecek hususlar şunlardır:

- Etüdün amaç ve kapsamı,
- Projenin kısa tanıtımı, yapılacağı alan, yapıların büyüklüğü, taşıyıcı sistemi, geometrisi, beklenen yükler, yapı elemanları, inşaat malzemeleri vb...
- Ön görülen etüt kategorisi,
- Arazi ve laboratuvar çalışmalarının tarihleri,
- Kullanılan arazi ekipmanı,
- İlgili firmalar ve danışmanların isimleri,
- Arazi gözlemleri:

1. Yeraltı suyu mevcudiyeti ve seviye gözlemleri,
2. Komşu yapıların davranışı,
3. Faylar,
4. Mevcut kazılar ve ocakların gözlem sonucu,
5. Stabilize yönünden sorunlu bölgeler,
6. Kazı güçlükleri,

- Seçilen yerin tarihçesi,
- Seçilen yerin jeolojisi,
- Varsa hava fotoğraf!arından elde edilen bulgular,
- Yerel sismisite,
- Arazi ve İlaboratuvar çalışmalarının tablolarla sunulması, sondaj ve arazi çalışmalarına katılan personelin gözlemleri,
- Arazi tanımlamaları ve İlaboratuvar deneylerine dayalı olarak zemin tabakalarının belirlenmesi yolu ile sondaj loğlarının derlenmesi (laboratuvar ve arazi deney sonuçları gruplanarak ekte verilecektir.)

### **7.3. Zemin Verilerinin Değerlendirilmesi :**

Verilerin değerlendirilmesinde aşağıdaki hususlar yer alacaktır:

1) Arazi ve laboratuvar çalışmalarının özeti, varsa eksik veriler. Yanlış veya geçersiz veriler varsa bunların belirtilmesi, mühendisin kendi görüş ve yorumları. Beklenmeyen deney sonuçlarının dikkatle incelenmesi, bunların yanlış veya doğru ve gerçek durumu yansıtır olup olmadığının incelenmesi.

2) Gerekirse yapılacak ek arazi ve laboratuvar çalışmalarının tarifi ve bu yönde öneriler ve bunların gerekçesi.

Gerekli ve ilgili olduğu hallerde dahil edilecek hususlar:

- Arazi ve laboratuvar verilerinin tablolar, grafikler halinde verilmesi, bunların projede İstlenen koşullar ile ilgisi. Gerekirse değerlerin aralıklarını gösterir histogramlar.
- Yeraltı su tablası seviyesi ve mevsimsel değişimleri.
- Yeraltı tabakalarının farklılıkları ile beraber gösterimi.
- Her formasyonun detaylı tarifi, çeşitli fiziksel, mukavemet, sıkışabilirlik özelliklerinin tanımı, cep, boşluk gibi kısımların durumu ve bunların etkisi.
- Her tabaka İçin zemin değerlerinin sınırlan (Bu değerler tasarım için en uygun değerlerin seçiminde yol gösterici olacak şekilde sunulmalıdır).

#### **7.4. Sonuç ve Öneriler :**

Sonuç ve öneriler kısmında aşağıdaki hususlar yer alacaktır.

- Zemin koşuünün tanıtımı,
- Seçilen etüt kategorisi ve nedeni,
- önerilen tasarım parametreleri,
- İnşaat sırasında karşılaşılabilecek muhtemel sorunların çözümü,
- İlerde karşılaşılabilecek muhtemel sorunlar ve bunlarla ilgili öneriler,
- Yüzeysel veya derin temel seçimi,
- Yüzeysel temellerde minimum temel derinliği, temel tipinin muhtemel oturmalarına göre tespiti,
- Radyeler ve sürekli temellerde rijitlik önerisi,
- Temel betonarme projesinin hesap ve tasarımına imkan verecek öneri ve sayısal değerler,
- Derin temellerde, kazık tipi, kesiti ve boyunun irdelenmesi ve seçimi,
- Kazık yükleme deneyleri ile ilgili öneriler,
- Önerilen kazıkların düşey ve yatay yükler için muhtemel irdellemeleri,
- Kazık ve kazık başlıklarının hesap ve tasarımına imkan verecek öneri ve sayısal değerler,
- Zemin ıslahı gerekiyorsa ıslah türü ile ilgili açıklamalar,
- Özel tür iksa gerekip gerekmediği, özel tür iksaların hesap ve tasarımına imkan verecek parametrik öneriler,
- Kazı işlerine esas kazı güçlüğü ve kazı sınıfı önerileri,
- Kazıdan çıkan zeminin dolgu vb. amaçla kullanılabilirliği ve koşulları,
- Özel drenaj ve yalıtım önerileri,
- Gerekli hallerde zeminin etki büyütmesi ve sıvılaşma riski ile ilgili açıklamalar, değerlendirmeler ve öneriler,
- Dinamik etkilere maruz temeller ile ilgili deęerlendirmeler.

#### **7.5. İlgili Standart ve Yönetmelikler :**

- Geoteknik değerlendirmelerde kabul edilmiş, yayınlanmış analitik, amprik, yarı amprik yöntemler, veya Eurocode 7'de belirtilen yöntemler kullanılabilir. Gerekli yerlerde ilgili yayınlara atıflar yapılacak ve bunlar rapor sonunda sıralanacaktır.
- Arazi ve laboratuvar çalışmaları ve zemin-temel etüdü ve değerlendirme raporunun hazırlanması sırasında aşağıda belirtilen şartname ve/veya standartlar kullanılabilir.

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,
2. TS 500 "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları",
3. TS 1500 "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sınıflandırılması",
4. TS 1900 "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri",
5. TS 1901 "İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri",
6. TS 3167 "Kazık Temellerin Hesap ve Düzenlenmesinde Genel Kurallar",