

Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1: GENEL ESASLAR
1.1. KAPSAM
1.2. KAPSAM DIŞI YAPILAR
1.3. ATIF YAPILAN STANDART, ULUSLARARASI YAYINLAR, EKLER
1.4. TANIMLAR
1.5. SİSTEM SEÇİMİ
1.5.1. Genel Kriterler
1.5.2. Sistem Seçimi Aşamaları
BÖLÜM 2: GENEL HESAP VE PROJELENDİRME ESASLARI
2.1. SEMBOLLER, TANIMLAR VE KISALTMALAR
2.2. GENEL YAKLAŞIM
2.3. GENEL PROJELENDİRME ESASLARI
2.4. ÖZEL DURUMLAR
2.5. YAPISAL ELEMANLARIN DAYANIKLILIĞI
2.6. GEOTEKNİK HESAP ESASLARI
2.6.1. Hesap Modelleri
2.6.2. Etkiler
2.6.3. Geoteknik Parametreler
2.6.4. Geometrik Özellikler
2.7. KARAKTERİSTİK DEĞERLER
2.7.1. Etkilerin Karakteristik Değerleri
2.7.2. Geoteknik Parametrelerin Karakteristik Değerleri
2.7.3. Geometrik Verinin Karakteristik Değerleri
2.8. TASARIM DEĞERLERİ
2.8.1. Etkilerin Tasarım Değerleri
2.8.2. Geoteknik Parametrelerin Tasarım Değerleri
2.8.3. Dirençlerin Tasarım Değeri
2.8.4. Pasif Zemin Direnci Tasarım Değeri (Limit Denge Analizi)
2.8.5. Geometrik Verilerin Tasarım Değerleri
2.9. GÖÇME SINIR DURUMLARI (ULS)
2.9.1. Tanım
2.9.2. Tipik Göçme Durumları
2.9.3. Zeminde ve Yapısal Elemanlarda Göçme, Şekil Değiştirme Kontrolü (GEO, STR)
2.9.4. Statik Denge, Borulanma ve Kaldırma (HYD, UPL)
2.10. HİZMET GÖREBİLİRLİK SINIR DURUMU (SLS)
2.11. GEOTEKNİK ARAZİ KARAKTERİZASYONU
2.12. DEPLASMAN KRİTERLERİ
2.13. TAMAMLANMAYAN VEYA DURDURULAN KAZILAR
2.14. KAZI DESTEK YAPILARINDA DEPREM ETKİSİ
2.14.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri
2.14.2. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları ve Parametreleri
2.14.3. Deprem Etkisini Dikkate Alan Analiz Yöntemleri

2.15. KALICI YAPILARIN TASARIMI
2.16. HİDROLİK HESAPLAR VE STABİLİTE
2.17. GEOTEKNİK PROJE TASARIM RAPORU VE ÇİZİMLERİ
BÖLÜM 3: KAZI DESTEK SİSTEMLERİ HESAP ESASLARI
3.1. SEMBOLLER, TANIMLAR VE KISALTMALAR
3.2. ANKRAJLI SİSTEMLER
3.2.1. Sistem Elemanları
3.2.2. Ankrajlı Sistemlerin Tasarımı
3.2.3. Korozyon Koruması
3.2.4. Ankraj Testleri
3.3. ZEMİN ÇİVİLİ SİSTEMLER
3.3.1. Sistem Elemanları
3.3.2. Çivi Uygulamaları İçin Uygun Olmayan Zemin Şartları
3.3.3. Zemin Çivili Duvar Tasarımı
3.3.4. Zemin Çivisi Deneyleri
3.4. İÇTEN DESTEKLİ SİSTEMLER
3.4.1. Sistem Elemanları
3.4.2. İçten Destekli Sistemlerin Tasarımı
3.5. KONSOL SİSTEMLER
3.5.1. Uygunluk Koşulları
3.5.2. Tasarım Kriterleri
3.6. HESAP AKIŞ ŞEMASI
BÖLÜM 4: UYGULAMA ESASLARI
4.1. GENEL HUSUSLAR
4.2. KAZI DESTEK YAPISI ELEMANLARININ UYGULAMALARINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR
4.3. MALZEME SEÇİMİ
4.4. ALETSEL ÖLÇÜM VE GÖZLEMLER
4.5. PERFORMANS DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ
4.6. HAFRİYAT SIRASINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR
4.7. PROBLEM OLMASI DURUMUNDA İZLENECEK YOL
4.8. KAZININ DESTEK YAPISI ÖMRÜNDEN DAHA UZUN SÜRE AÇIK KALMASI DURUMUNDA ALINACAK İDARİ TEDBİRLER
BÖLÜM 5: İŞ GÜVENLİĞİ VE ÇEVRE SAĞLIĞI TEDBİRLERİ
5.1. GENEL YAKLAŞIM
5.2. RİSK DEĞERLENDİRMESİ
5.3. İŞ MAKİNESİ VE EKİPMAN KULLANIMI
5.4. ÇEVRENİN KORUNMASI VE ATIKLARIN BERTARAFI
5.5. EĞİTİM VE İŞBAŞI KONUŞMALARI
5.6. KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM (KKD)
5.7. ALTYAPI VE ÜSTYAPI TESİSLERİ
5.8. KAZI VE İMALATLAR ESNASINDA DİKKAT EDİLECEK DİĞER HUSUSLAR
EKLER: EK 1A, EK 2A, EK 2B, EK 4A, EK4B

BÖLÜM 1: GENEL ESASLAR

1.1.KAPSAM

Bu Uygulama Esasları; kazı çukurlarının stabilitesinin sağlanması için yapılacak destek yapıları ile ilgili genel esasların belirlenmesi, bu kapsamdaki projelendirme, geoteknik analizlerde uyulacak genel şartlar ile yaygın olarak uygulanmakta olan destek yapısı tipleri ile ilgili genel bilgileri, uygulama esaslarını, kazı destek yapılarının aletsel ölçümlerle ve gözlemsel olarak izlenmesini ve perfomansının değerlendirilmesi kriterlerini kapsar.

a) Bölüm 1'de, kazı destek yapısını oluşturan elemanların tanımları yapılmış, farklı kriterlere göre taşıdıkları önem açısından kazı destek yapıları 3 farklı kategoride sınıflandırılmış ve kazı destek yapısının seçimine yönelik esaslar belirlenmiştir. Türkiye'de yaygın olarak uygulanan kazı destek yapısı sistemleri EK-1A (Bilgilendirme Eki)'da örneklendirilmiştir.

b) Bölüm 2'de, kazı destek yapıları projelendirilirken dikkate alınması gereken Göçme Sınır Durumu (Ultimate Limit State - ULS) ve Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu (Serviceability Limit State - SLS) açıklanmış, her iki sınır durum için gerekli koşullar tanımlanmıştır. Geoteknik tasarıma başlanmadan önce hazırlanması gereken mevcut durum tespitine yönelik rapor örneği EK-2A (Uygulama Eki)'da, tasarım ve projelendirme çalışmalarını yürütecek Geoteknik Sorumlularda, kazı destek yapısının kategorisine göre ihtiyaç duyulabilecek mesleki bilgi ve deneyim hususları, eğitim koşulları, yol göstermesi amacıyla EK-2B (Bilgilendirme Eki)'de verilmiştir.

c) Bölüm 3'de, Türkiye'de yaygın olarak uygulanan kazı destek sistemlerine ilişkin hesap esasları belirtilmiştir.

d) Bölüm 4'de, kazı destek yapılarının saha uygulaması sırasında göz önünde bulundurulması gereken hususlara yer verilmiş, kazı destek yapısının tipinden bağımsız olarak sağlıklı bir uygulama yapılabilmesi için uyulması gereken genel hususlar belirtilmiş, yaygın olarak uygulanan kazı destek yapısı elemanlarının imalatlarında imalat kalitesi bakımından öne çıkan kritik konular sıralanmıştır. Saha uygulamalarına başlamadan önce iş güvenliği ve çevre sağlığı tedbirleri açısından, hazırlanması önerilen, saha kullanımı ve makine/ekipman yerleşimini gösteren örnek bir şantiye planı EK-4A (Bilgilendirme Eki)'da verilmiştir. Ayrıca; geoteknik proje uygulamalarını yapacak kuruluşlarda, kazı destek yapılarının kategorisine göre ihtiyaç duyulabilecek personel sayısı, makine ekipmanı çeşitleri ve adetleri EK-4B (Bilgilendirme Eki)'de belirtilmiştir.

e) Bölüm 5'de, kazı destek yapılarının imalatı aşaması ile arazi ölçüm, etüt-araştırma çalışmalarında çalışacak personel ile ilgili iş sağlığı ve güvenliği konusunda alınması gereken önlemler belirtilmiştir.

1.2.KAPSAM DIŞI YAPILAR

Aşağıdan yukarıya doğru ve genellikle dolguları desteklemek amacıyla inşa edilen aşağıda belirtilen destek yapıları bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

a) Yerinde Dökme/Taş Ağırlık Duvarı

b) Yerinde Dökme Konsol/Payandalı Duvar

c) Yaşayan Duvar (Crib wall)

d) Sandık Duvar (Bin wall)

e) Gabion Duvar

f) Prekast Cephe Panelli Donatılı Zemin Duvar

g) Modüler Beton Bloklu Donatılı Zemin Duvar

h) Geosentetik/Hasır Çelik Cepheli Donatılı Zemin Duvar ve Zemin Şevler

1.3. ATIF YAPILAN STANDART, ULUSLARARASI YAYINLAR, EKLER

Bu Uygulama Esaslarında, ilgili formüller, şekiller, tablolar ve tasarım yaklaşımlarına ilişkin olarak kısmi ve/veya tamamıyla, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standart, dokümanlara ve uluslararası yayınlara/yayınlardan atıf, alıntı ve yaygın olarak kullanılan uygulama koşullarına göre revizyonlar yapılmıştır. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu Uygulama Esaslarında da tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır. Atıf yapılan standart ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmediği durumlarda söz konusu standart ve/veya dokümanın en son baskısı kullanılır. Atıf, alıntı ve yaygın olarak kullanılan uygulama koşullarına göre kısmi ve/veya tamamıyla revizyon yapılan standart, dokümanlar ve uluslararası yayınlar aşağıda beliritlmiştir.

EC7	:	EN 1997-1 (2004): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules EN 1997-2 (2007): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing
FHWA	:	Federal Highway Administration, Ground Anchors And Anchored Systems, FHWA-IF-99-015, June 1999
PTI	:	PTI (1996). Recommendations for Prestressed Rock and Soil Anchors, 3rd ed. Post-Tensioning Institute, Phoenix, Arizona.
CIRIA	:	Construction Industry Research and Information Association (2017) Guidance on embedded retaining wall design, C760, London
TBDY	:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
ÇYTHYEDY		Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
ZTEUERF	:	Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatı
TKDTDZYDY	:	Türkiye Karayolları ve Demiryolları Tünelleri ile Diğer Zemin Yapıları Deprem Yönetmeliği
TS498	:	Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
TS ISO 9194	:	Yapıların projelendirilme esasları-Taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar depolanmış malzemeler-Yoğunluk
TS EN 1990	:	Yapı tasarım esasları (eurocode)

TS EN 1990/A1	:	Yapı tasarım esasları (eurocode)
TS EN 1990/A1/AC	:	Yapı tasarım esasları (eurocode)
TS EN 1997-1	:	Geoteknik tasarım - Bölüm 1: Genel kurallar (eurocode 7)
TS EN 1537	:	Özel geoteknik uygulamalar - Zemin ankrajlar
TS EN 14490	:	Özel jeoteknik çalışma uygulamaları - Toprak çivilemesi
TS EN 445	:	Şerbet - Öngerilmeli tendonlar için - Deney yöntemleri
TS EN 446	:	Şerbet - Öngerilmeli tendonlar için - Şerbetleme işlemleri
TS EN 447	:	Şerbet - Öngerilmeli tendonlar için - Temel gerekler
TS EN 10204	:	Metalik mamuller - Muayene dokümanlarının tipleri
TS EN 206+A2	:	Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk
TS EN 1536+A1	:	Özel jeoteknik uygulamalar delme (fore)- Kazıklar- (yerinde dökme betonarme kazıklar)
TS EN 14199	:	Özel jeoteknik uygulamalar - Mini kazıklar
TS EN 1538+A1	:	Özel jeoteknik uygulamalar- Diyafram duvarlar
TS EN 14487-1		Püskürtme beton - Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk
TS EN 14487-2	:	Püskürtme beton - Bölüm 2: Uygulama
TS 500	:	Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
TS EN 480-1	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Deneyler için şahit beton ve şahit harç
TS EN 480-2	:	Kimyasal katkılar-Beton, harç ve şerbet için-Deney metotları- Bölüm 2: Priz süresi tayini
TS EN 480-4	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney metotları - bölüm 4: Betonda terleme miktarının tayini
TS EN 480-6	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney metotları - bölüm 6: Kızıl ötesi analiz
TS EN 480-11	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney metotları - bölüm 11: Sertleşmiş betonda hava boşluğu özelliklerinin tayini
TS EN 480-13	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney yöntemleri - Bölüm 13: Harç kimyasal katkılarının deneyleri için referans kagir harcı
TS EN 480-14	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney metotları - bölüm 14: Donatı çeliğinin korozyona karşı hassasiyeti üzerine katkının etkisinin tayini - Potansiyostatik elektrokimyasal deney
TS EN 480-15	:	Kimyasal katkılar-Beton, harç ve şerbet için-Deney metotları- Bölüm 15 : Referans metot ve viskozite değiştirici katkılar test etmek için yöntem
TS EN 934-1	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 1: Katkılara ait ortak gerekler
TS EN 480-10	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney yöntemleri - Bölüm 10: Suda çözünebilir klorür muhtevası tayini
TS EN 934-2+A1	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme

TS EN 934-3+A1	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 3: Kâgir harcı için kimyasal katkılar - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme
TS EN 934-4	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 4: Öngerme tendonları için şerbette kullanılan kimyasal katkılar - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme
TS EN 934-5	:	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 5: Püskürtme beton katkıları - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme
TS EN 934-6	:	Kimyasal katkılar- Beton, harç ve şerbet için- Bölüm 6: Numune alma, performans sürekliliğinin değerlendirilmesi ve doğrulanması
TS EN 12715	:	Özel jeoteknik uygulamalar - Şerbetleme
TS EN 15167-1	:	Öğütülmüş yüksek fırın curufu - Beton, harç ve şerbette kullanım için - Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri
TS EN 15167-2	:	Öğütülmüş yüksek fırın curufu - Beton, harç ve şerbette kullanım için - Bölüm 2: Uygunluk değerlendirmesi
TS EN 13374	:	Geçici kenar koruma sistemleri - Ürün özellikleri - Deney yöntemleri

1.3.1. Bu Uygulama Esaslarının ekinde verilen dokümanlar 'Bilgilendirme Eki' ve 'Uygulama Eki' olmak üzere iki kategoride düzenlenmiştir. *Bilgilendirme Eki* olarak verilen ekler, (Eklerin kategorileri hem metin içerisinde hem de ek başlığında belirtilmiştir.), bu Uygulama Esaslarının atıf yapılan bölümü için uygulamaya yönelik bilgi vermek, konuya ilişkin yol göstermek amacıyla hazırlanan öneri tabloları ve yönlendirici metinleri içermektedir. Bilgilendirme ekleri, bu Uygulama Esaslarının uygulanması zorunlu kısımları değildir. *Uygulama Eki* olarak verilen ekler, bu Uygulama Esaslarının ayrılmaz parçasıdır ve uygulanması zorunludur.

1.4. TANIMLAR

Bu Uygulama Esaslarında yer alan kavramlara ilişkin tanımlar aşağıda verilmiştir.

1.4.1. **Statik Proje Müellifi:** Mimari projeye ve zemin ve temel etüdü raporuna uygun olarak, ilgili mevzuat çerçevesinde hazırlanan, ölçekleri yapının büyüklüğüne ve özelliğine göre belirlenen, betonarme, yığma, çelik ve benzeri yapıların türlerine göre taşıyıcı sistemlerini gösteren, bodrum kat dâhil olmak üzere bütün kat planları, çatı planları, iskele sistemi ile bunların kesitleri, detayları ve hesaplarını hazırlayan inşaat mühendisidir.

1.4.2. **Geoteknik Sorumlu:** İnşa edilecek ya da mevcut yapıya ilişkin olarak her türlü zemin iyileştirme, şev stabilite analizi, üst yapıdan aktarılan yüklerin uygun zemin birimlerine aktarılması, kazı destek yapısı, vb. hususlarda, geoteknik proje tasarım raporu ve geoteknik proje hazırlayan, fenni mesul/kontrol/denetleme hizmetlerini yürüten, bu konularda danışmanlık hizmeti verebilen inşaat mühendisidir. İhtiyaç halinde kontrol etütleri ve ilave etütler yapar ya da yaptırır.

1.4.3. **İlgili İdare:** Yapı ruhsatı vermeye yetkili idarelerdir.

1.4.4. **İlgili Kurum:** Kamu kurum ve kuruluşlarıdır.

1.4.5. **Komşu Yapı:** Kazı destek yapılarının etki alanı içerisinde kalan, kazı destek yapısına yük aktaran veya kazı destek yapısının deplasman/deformasyon kriterlerini etkileyen/etkilenen, kazı çalışmaları hazırlık aşamasında, kazı sırasında veya kazı sorasında etkileme/etkilenme olasılığı bulunan yapıdır.

1.4.6. **Destek Yapısı Ömrü**

1.4.6.1. **Geçici Destek Yapısı:** Üzerine etkiyen tüm yükleri gerekli stabilite emniyetini ve sınır koşullarını sağlayacak şekilde en çok 2 yıl boyunca taşımak üzere projelendirilmiş, geçici fonksiyonlu mühendislik yapısıdır. 2 yılın sonunda tüm yüklerin ve fonksiyonun destek yapısı önünde inşa edilen bina veya bina türü yapıya aktarılacağı ve destek yapısının görevini tamamlayacağı kabul edilir. Gerekli tedbirler henüz projelendirme aşamasındayken alınmak şartıyla 2 yıllık süre en fazla 3 yıla kadar uzatılabilir. Geçici destek yapısının herhangi bir nedenle fonksiyonunun daha uzun süre boyunca sürdürülmesinin gerekmesi halinde alınması gereken inşai ve idari önlemler madde 2.13 ve madde 4.8'de belirtilmiştir.

1.4.6.2. **Kalıcı Destek Yapısı:** Üzerine etkiyen tüm yükleri gerekli stabilite emniyetini ve sınır koşullarını sağlayacak şekilde, en az destek yapısının uygulandığı kazı çukurunda inşa edilen bina veya bina türü yapının ömrü boyunca taşımak üzere projelendirilmiş, kalıcı fonksiyonlu mühendislik yapısıdır.

1.4.7. **Düşey Elemanlar**

1.4.7.1. **Fore Kazık**: Foraj (delgi) yöntemi ile açılan düşey kuyular içine önceden hazırlanmış donatı kafesi yerleştirilip tremi tekniği ile hazır beton dökülerek teşkil edilen betonarme elemandır.

1.4.7.2. **Mini Kazık:** Foraj (delgi) yöntemi ile 300 mm veya daha küçük çapta açılan düşey kuyular içine yerleştirilen çelik veya betonarme elemandır.

1.4.7.3. **Betonarme Perde:** Kısa vadede kendini tutabilen zemin veya kaya aynalarında yatay ve düşeyde donatı sürekliliği sağlanacak şekilde, tek yüzlü kalıp ile oluşturulan, yukarıdan aşağıya doğru inşaa edilen yerinde dökme betonarme elemandır.

1.4.7.4. **Püskürtme Beton Perde:** Kısa vadede kendini tutabilen zemin veya kaya aynalarında yatay ve düşeyde donatı sürekliliği sağlanacak şekilde, uygun özellikli pompa ile beton püskürterek oluşturulan, yukarıdan aşağıya doğru inşaa edilen betonarme elemandır.

1.4.7.5. **Kuyu Perde:** Düşey şaft kazısı tekniğine göre ahşap destekli olarak elle kazılan bir kuyunun içinde tek yüz kalıpla yukarıdan aşağıya doğru imal edilen betonarme elemandır.

1.4.7.6. **Diyafram Duvar:** Hidrolik veya mekanik kaşık (grab) veya hidrolik freze (cutter) ile bağımsız anolar halinde kazılarak delgi sıvısı ile desteklenen kuyular içine dışarıda imal edilmiş donatı kafeslerinin indirilmesi ve tremi yöntemi ile betonlanması şeklinde imal edilen betonarme elemandır.

1.4.7.7. **Palplanş:** Uzun kenarlarından birbirine lamba-zıvana sistemiyle geçirilerek zemine çakılmak suretiyle uygulanan, kısmen sugeçirimsizlik özelliği taşıyan, farklı kesitlerde hazır çelik profil elemandır.

1.4.7.8. **Çelik Boru Kazık:** Aktarılan yükün büyüklüğü, zemin ve çevresel koşullara bağlı olarak tercih edilen, genellikle darbeli çekiçler ile zemin/kaya (veya sualtı) içine sürülen, donatılı veya donatısız olarak imal edilen kompozit elemandır.

1.4.7.9. **CFA (Continuous Flight Auger) Kazık (Sürekli Burgu Kazık-SBK):** Kazık imalatında ve zayıf zeminlerde uygulanan, uzun, helezonik ve sürekli bir burgu (auger) ile delgi boyunca kazık alt ucuna kadar aynı yönde çevrilerek kazısı yapıldıktan sonra, CFA burgu matkabının ortasında yer alan boşluktan basınçlı olarak kuyu içine beton pompalanması ve projede olması halinde dışarıda imal edilmiş donatı kafeslerinin vibrasyonla (veya vibrasyonsuz) indirilmesi şeklinde imal edilen betonarme elemandır.

1.4.7.10. **DSM (Deep Soil Mixing) Kolon:** Kanat-burgu monte edilmiş delici-karıştırıcı ekipmanlar ile zeminin delinerek, çimento enjeksiyonu ve yerindeki zeminin karıştırılmasıyla elde edilen zemin-çimento kolonudur.

1.4.8. **Yatay Elemanlar**

1.4.8.1. **Öngermeli Ankraj:** Zeminde veya kayada yapılan delgi kuyusu içine çelik çekme elemanı (halat veya çubuk) yerleştirilip kuyunun içi dipten yukarıya doğru genellikle çimento şerbeti ile doldurulmak suretiyle imal edilen, kök bölgesi ve serbest bölgeden oluşan ve öngerme yükü uygulanan, sadece eksenel çekme yüküne çalışan taşıyıcı elemandır.

1.4.8.2. **Zemin Çivisi (Pasif ankraj):** Zeminde veya kayada yapılan delgi kuyusu içine çelik çubuk yerleştirilip kuyunun içi dipten yukarıya doğru genellikle çimento şerbeti ile doldurulmak suretiyle imal edilen, boşluk alma amacı dışında çok az öngerme uygulanan veya hiç uygulanmayan taşıyıcı elemandır.

1.4.8.3. **Geçici Ankraj:** Herhangi bir özel tedbir alınmadıkça proje ömrü en çok 2 yıl, Geoteknik Sorumlu tarafından proje raporunda ve proje çizim paftalarında açıkça belirtilecek ve yeterliliği hesapla gösterilecek özel tedbirlerle ömrü en çok 3 yıl olan ankraj elemanıdır.

1.4.8.4. **Kalıcı Ankraj:** Proje ömrü en az desteklediği kazı çukuru içinde inşa edilen yapının proje ömrü kadar olan ankraj elemanıdır.

1.4.8.5. **İç Destek:** Kazı çukurunu destekleyen düşey elemanlar arasında çukurun iç kısmında karşıdan karşıya veya diyagonal olarak yerleştirilen ve bu şekilde düşey elemanların desteklenmesinde kullanılan, çelik boru, profil veya betonarme kesitli taşıyıcı elemandır.

1.4.9. **Birleştirme Elemanları**

1.4.9.1. **Başlık Kirişi:** Birbirlerinden bağımsız olarak ve aralarında herhangi bir yapısal bağlantı olmadan inşa edilmiş düşey kazı destek elemanlarının yatay toprak basınçlarına karşı birlikte hareket etmeleri amacı ile düşey elemanların üst kısımlarını birleştirecek şekilde inşa edilen, çelik veya betonarme kiriş elemanıdır.

1.4.9.2. **Kuşak Kirişi:** Birbirlerinden bağımsız olarak ve aralarında herhangi bir yapısal bağlantı olmadan inşa edilmiş kazı destek elemanlarının, yatay toprak basınçlarına düşey elemanlarla birlikte karşı koyabilmesi amacıyla düşey elemanların önünde inşa edilen, çelik veya betonarme kiriş elemanıdır.

1.4.9.3. Betonarme perde ve püskürtme beton perdeler, gerektiğinde kazıkların önünde imal edilmek suretiyle hem düşey eleman hem de birleştirme elemanı olarak kullanılabilir.

1.4.10. **Ölçüm Sistemleri**

1.4.10.1. **İnklinometre :** Düşey elemanların arkasında veya içinde düşey olarak yerleştirilen özel kesitli boruların içinde düşeyde belirli aralıklarla (cihazın tipine göre 50 cm veya

100 cm) eğim ölçmek suretiyle kazı destek yapısında meydana gelen yatay deplasmanları, belirli bir referans tarihine göre ölçmekte kullanılan elektronik ölçüm cihazıdır.

1.4.10.2. **Yük Hücresi :** Yerleştirildiği iki yüzey arasında aktarılan yükü ölçmek için genellikle ankraj ve/veya zemin çivilerinde kullanılan elektronik ölçüm cihazıdır.

1.4.10.3. **Ekstansometre :** Yerleştirildiği doğrultuda, zamana bağlı eksenel yer değiştirmenin ölçülmesi amacı ile kullanılan elektronik ölçüm cihazıdır.

1.4.10.4. **Piyezometre :** Kuyular içine yerleştirilerek yeraltı su seviyesi veya boşluk suyu basıncını ölçmekte kullanılan elektronik/mekanik ölçüm cihazıdır.

1.4.10.5. **Optik Okuma:** Belirli bir noktadaki yatay ve düşey hareketlerin topoğrafik ölçüm cihazları ile ölçülmesine dayanan aletsel ölçüm yöntemidir.

1.4.10.6. **Bütünlük Testleri:** İmalatı yapılan yapının projesine uygun imal edilip edilmediğini belirlemek üzere, bu amaç için imal edilmiş ve onaylanmış ekipman kullanılarak gerçekleştirilen testlerdir.

1.4.11. Kazı Destek Yapısı Kategorileri

1.4.11.1. Kazı Destek Yapıları, taşıdıkları risk ile projelendirme ve uygulama zorluğu bakımından çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak üç (3) kategoriye ayrılmıştır.

1.4.11.2. Kazı Destek Yapısı Kategorileri, kazı derinliği, yeraltı suyu varlığı, kazı derinliği boyunca bulunan zemin cinsi, komşu yapı uzaklığı, toplam cephe plan uzunluğu, yapı ömrü ve yatay eleman mevcudiyetine göre Tablo 1.1'de belirtilmiştir.

Tablo 1.1. Kazı Destek Yapıları Kategorileri

Kazı Destek Yapıları Kategorileri			
Kriterler	**Kategori-1**	**Kategori-2**	**Kategori-3**
Kazı Derinliği (H)	0 - 7 m	<7 - 25 m	> 25 m
Kazı Taban Seviyesi Üzerinde Yeraltı Suyu Varlığı	yok	her durumda	her durumda
Zemin Cinsi	Kaya Sıkı – Çok Sıkı Kum/Çakıl Katı – Sert Kil	Toplam kalınlığı 2 m'yi geçen kontrolsüz dolgu, bitkisel toprak ve organik zeminler hariç hepsi	hepsi
Komşu Yapı Uzaklığı (d)	d > H	her durumda	her durumda
Toplam Cephe Plan Uzunluğu	0 - 200 m	her durumda	her durumda
Yapı Ömrü	geçici/kalıcı	geçici	geçici / kalıcı
Yatay Elemanlar	yok	her durumda	her durumda

1.4.11.3. Tablo 1.1'de, destek yapısının herhangi bir kategoriye girebilmesi için o kategoriye ait tüm şartları sağlaması gerekmektedir. Kategori içerisindeki kriterlerden herhangi birinin sağlanamaması halinde bir üst kategori seçilir.

1.4.11.4. Yükleme durumu veya deplasmanlar bakımından önemli yapıların etkileşim alanı içinde kaldığı durumlarda kazı destek yapısı Kategori-3 olarak alınacaktır (Tablo 2.5).

1.4.11.5. Önemli yapıların (Tablo 2.5) tabi olduğu mevzuat hükümlerine ve ilgili idaresinin belirleyeceği kriterlere destek yapısının etüt, projelendirme, uygulama ve kontrol aşamalarında uyulur.

1.4.11.6. Destek yapısının kalıcı ya da geçici olup olmadığına, üst yapının ilgili bölümlerinin yapım süresi, yük alma kapasitesi ile destek yapısının servis süresi göz önünde bulundurularak bu Uygulama Esasları çerçevesinde Statik Proje Müellifi, Geoteknik Sorumlu, varsa Geoteknik Danışman ve İlgili İdare tarafından karar verilecektir.

1.5. SİSTEM SEÇİMİ

1.5.1. Genel Kriterler

Kazı destek yapısı ihtiyacı belirlendikten sonra, uygulanacak destek yapısı sisteminin seçimi bu Uygulama Esaslarında belirlenen esaslar doğrultusunda yapılacaktır. Kazı destek yapısının;

a) Emniyetli (yönetmelik ve standartlara uygun),

b) Teknoloji, uygulama süresi ve maliyet bakımından elverişli,

c) Zemin ve çevre şartlarına uyumlu,

olması gerekir.

1.5.2. Sistem Seçimi Aşamaları

Sistem seçimi aşağıda belirtilen adımlara uygun olarak yapılmalıdır.

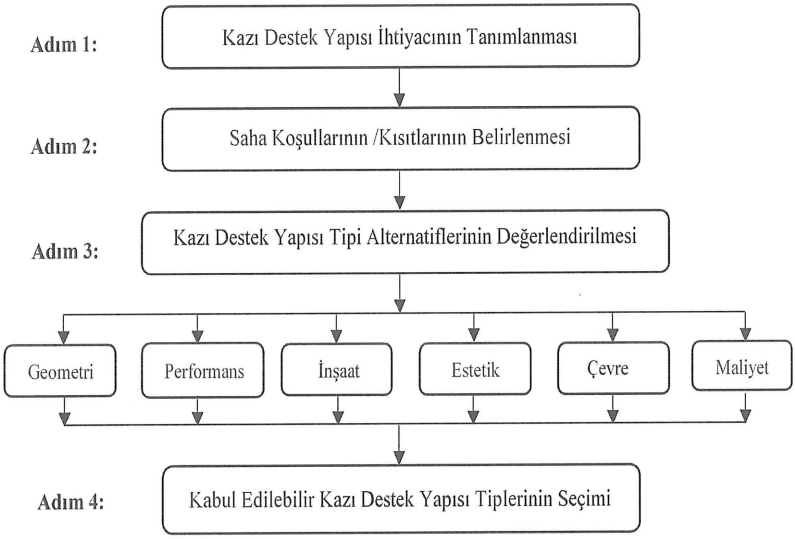
Adım 1: Kazı destek yapısı ihtiyacının tanımlanması: Kazı destek yapısının geometrik verileri (yüksekliği, uzunluğu) ve ömrü (kalıcı / geçici) belirlenmelidir. Yeterli yer varsa şevli kazı alternatifi araştırılmalıdır.

Adım 2: Saha koşullarının / kısıtlarının belirlenmesi: Proje gereklilikleri tanımlanır (saha ön incelemesi, yeraltı suyu varlığı, komşu yapılara yakınlık, mevcut altyapı varlığı, iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi vb.). Saha incelemesi sonrasında bazı kazı destek yapısı tipleri elenir ve gerekli zemin araştırmalarının kapsamının belirlenmesine yönelik bilgiler toplanır.

Adım 3: Destek yapısı tipi alternatiflerinin değerlendirilmesi: Kalan kazı destek yapısı tipleri için proje gereklilikleri detaylandırılır ve maliyet, projelendirme, performans ve inşaat açısından kabul kriterleri belirlenir.

Adım 4: Kabul edilebilir kazı destek yapısı tiplerinin seçimi: Geoteknik veriler, maliyet analizleri ve proje gereklilikleri dikkate alınarak seçilen kazı destek yapısı tipleri içerisinden karar verilen tipin detay hesapları yapılarak uygulama projeleri, teknik şartnamesi ve ihale dokümanları hazırlanır.

Bu adımlar bir akış diyagramı şeklinde aşağıda Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Sistem Seçimi Aşamaları

1.5.3. Madde 1.5.1'de belirtilen hususlar ve diğer teknik sınırlamalar dikkate alınarak uygulanabilecek destek yapısı tipleri Tablo 1.2'den yararlanılarak seçilir.

1.5.4. EK-1A (Bilgilendirme Eki)'da tanımlanan kazı destek yapısı tiplerinden hangisinin hangi durum ve koşullar için daha uygun olduğu Tablo 1.2 ve Tablo 1.3'de verilmiştir.

1.5.5. Projelendirilecek sistemin seçimi Geoteknik Sorumlunun tercih ve sorumluluğundadır.

Tablo 1.2. Kazı Destek Yapısı Tipleri ve Tipik Uygulama Koşulları

Destek Yapısı Tipi	Yapım Tekniği	Zemin Cinsi	Kazı Derinliği (m) (14)			Düşeylik Toleransı (4)		Yatay Deplasman (5)	Su Geçirimsizliği	Kalıcı Kullanım
			Kuruda		YASS altında					
			Konsol (2)	Yatay Destekli (6)	Yatay Destekli (6)	Tipik	En iyi (3)			
Palplanşlı Destek Yapısı	Çakma	Kaya hariç tüm zeminler	< 5 m	< 12 m	10m'ye kadar	1/75	1/100	orta	iyi	var
Berlin Duvarı (King Post)	Foraj (delgi) veya çakma	Tüm zeminler ve kaya	< 4 m	< 15 m	Uygulanmaz	1/75	1/75	yüksek	yok	yok
Zemin Karıştırma Duvarı (Soil Mixed Wall)	Jetgrout veya mekanik karıştırma	Kaya hariç tüm zeminler, tercihen iri daneli zeminler	< 4 m	10 m'ye kadar	5 m'ye kadar	1/75	1/100	orta	iyi	sınırlı
Ankrajlı BA Perde	Anolu açık kazı ve tek yüz kalıplı perde	Kaya ve sert kil (9)	Uygulanmaz	20 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/100	1/150	orta-yüksek	yok	ek önlemle (7)
Kuyu Perde	İksalı elle kazı ve tek yüz kalıplı perde	Kaya	< 7 m	20 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/100	1/150	orta-yüksek	yok	var
Zemin Çivili Destek Yapısı	Anolu açık kazı ve kalıpsız püskürtme beton perde	Kaya ve ara kazı kademelerinde stabilitesini koruyan zeminler (12)	Uygulanmaz	30 m'ye kadar (10)	Uygulanmaz	Şevli imal edildiğinden düşeylik toleransı aranmaz		yüksek	yok	var (7)
Mini Kazıklı Destek Yapısı	D<30cm foraj	Kaya ve ara kazı kademelerinde stabilitesini koruyan zeminler (12)	Uygulanmaz	20 m'ye kadar (11)	Uygulanmaz	1/75	1/100	orta	yok	yok
Aralıklı Kazıklı Destek Yapısı	Sürekli Burgu Kazık (CFA)	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	16 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/75	1/100	az-orta	yok	ek önlemle (7)
	Foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	25 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/75	1/125	az-orta	yok	ek önlemle (7)
Kesişen Kazıklı Destek Yapısı	Donatısız kazık için SBK (CFA), donatılı kazık için foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	16 m'ye kadar	10 m'ye kadar	1/75 (1)	1/100 (1)	az-orta	iyi	var (8)
	Donatılı ve donatısız kazık için foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	25 m'ye kadar	15 m'ye kadar	1/75 (1)	1/125 (1)	az-orta	iyi-çok iyi	var (8)
Diyafram Duvar	Mekanik Grab	Tüm zeminler ve kaya	< 8 m	25 m'ye kadar	15 m'ye kadar	1/75	1/100	az	iyi-çok iyi	var (8)
	Hidrolik Grab	Tüm zeminler ve SBD<3.0 MPa olan kayalar (13)	< 8 m	35m'ye kadar	25 m'ye kadar	1/100	1/150	az	çok iyi	var
	Freze (Cutter)	Tüm zeminler ve kaya	< 8 m	> 35 m	> 40 m	1/150	1/400	az	çok iyi	var

Tablo 1.3. Tablo 1.2. Açıklama Notları

(1) Kesişen kazıklı duvarların su geçirimsizliği sağlayacağı derinlik kesişme miktarına (tipik olarak 15 - 20 cm), kullanılan kazık makine ve ekipmanının özelliklerine ve karşı koyulması gereken hidrostatik basınç değerine bağlıdır. Projedeki kesişme miktarı, mevcut ekipmanla sağlanabilecek düşeylik toleransına göre, kazık boyunca hiç bir yerde 15 cm'in altına düşmeyecek şekilde seçilmelidir.
(2) Konsol uygulamalar için verilen kazı derinlikleri takribi değerler olup projelendirme sırasında yapılacak hesaplarla deplasman kriterleri de dikkate alınarak belirlenmelidir.
(3) En iyi düşeylik toleransına göre proje hazırlandığı takdirde, bu toleransın aşılmadığı uygulama sırasında özel ekipmanlar kullanılarak yapılacak aletsel ölçümlerle gösterilmelidir.
(4) Belirli bir derinlikteki toplam yatay sapma, tabloda verilen düşeylik toleransı ile derinliğin çarpılarak bulunan değere plandaki başlangıç sapması ilave edilerek bulunur. Plandaki başlangıç sapmasını azaltmak için, diyafram duvar ve kesişen kazıklı duvar uygulamalarında zorunlu olan, kılavuz duvarı kullanılabilir. Plandaki başlangıç sapması seçilen düşey elemanla ilgili uygulama standartlarında verilmiştir.
(5) Deplasman tahkikleri hesapla yapılmalı ve ölçümle teyit edilmelidir.
(6) Yatay destek tipleri Uygulama Esasları içinde tariflenmiştir.
(7) Kalıcı özellikleri haiz ankraj veya zemin çivisi kullanılması, yapı ömrü boyunca periyodik aletsel gözlem ve bakımların yapılması kaydıyla mümkündür.
(8) Kazıkların önünde yüzey kaplaması yapılarak uzun vadeli su geçirimsizliği sağlanması ve ek yerlerindeki muhtemel kusurlar nedeniyle kazıkların arasından toprak dökülmesinin önlenmesi kaydıyla kalıcı kullanım mümkündür. Aynı tedbir mekanik grab ile yapılan diyafram duvar uygulamalarında da alınacaktır.
(9) Perdenin, uygulama sırasında altı kazıldığında hesapla öngörülenden daha fazla düşey ve yatay deplasman yapabileceği göz önüne alınarak gerekli projelendirme ve inşai önlemler alınmalıdır.
(10) Düşeyde en çok 15 m'de bir en az 2.5 m genişliğinde yatay palye yapılacaktır. Duvarın yatayla açısı, özel tedbir alınmadıkça, 80 dereceyi geçmeyecektir.
(11) Boyuna donatıda bindirmeli ek olmaması için mini kazık boyu 12 m'yi aşmamalı, bu doğrultuda kazı derinliği tek palyede 10 m'den fazla olmamalıdır.
(12) Sert kil ve kaya dışındaki zeminlerde uygulanamaz.
(13) SBD: Serbest basınç dayanımı
(14) Tabloda verilen kazı derinliği limitleri standart makine/ekipman ile yapılan uygulamalar için geçerlidir. Düşeyden sapma miktarını ölçebilen özel donanıma sahip makine/ekipman kullanıldığı ve hesapla da herhangi bir stabilite kaybına yol açmayacağı gösterildiği ve bunların saha ölçümleriyle de teyit edildiği durumlarda yukarıda verilen kazı derinlikleri arttırılabilir.

BÖLÜM 2: GENEL HESAP VE PROJELENDİRME ESASLARI

2.1. SEMBOLLER, TANIMLAR VE KISALTMALAR

A	:	Kısmi katsayı seti (Etkiler)
BKS	:	Bina kullanım sınıfı
c	:	Toplam gerilme kohezyon değeri
c′	:	Efektif kohezyon
CD	:	Konsolidasyonlu-Drenajlı üç eksenli deney
CU	:	Konsolidasyonlu-Drenajsız üç eksenli deney
CU-u	:	Boşluk suyu basıncı ölçümlü konsolidasyonlu drenajsız üç eksenli deney
CPTu	:	Boşluk suyu ölçümlü konik penetrasyon deneyi
DD-1	:	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1
DD-2	:	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2
DD-2a	:	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2a
DD-3	:	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3
DD-4	:	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4
DMT	:	Dilatometre Deneyi
E	:	Elastisite modülü
E_o	:	Küçük deformasyon elastisite modülü
E_{ur}	:	Yükleme-boşaltma elastisite modülü
FAT	:	Malzeme yorulması veya zamana bağlı etkilerle oluşan göçme
F_d	:	Etkilerin tasarım değeri
F_k	:	Etkilerin karakteristik değeri
G	:	Kayma modülü
GEO	:	Zeminde oluşan göçme veya aşırı şekil değiştirme
G_o	:	Küçük deformasyon kayma modülü
GS	:	Güvenlik sayısı
H	:	Kazı derinliği
H_{maks}	:	Maksimum kazı derinliği
HYD	:	Sızıntı, borulanma ve erozyon
k_h	:	Yatay eşdeğer ivme katsayısı
KK-1	:	Kazı Destek Yapısı Kategorisi – 1 (Kategori-1)
KK-2	:	Kazı Destek Yapısı Kategorisi – 2 (Kategori-2)
KK-3	:	Kazı Destek Yapısı Kategorisi – 3 (Kategori-3)
M	:	Kısmi katsayı seti (Zemin özellikleri)
P_d	:	Pasif Zemin Direnci için tasarım değeri
P_k	:	Pasif Zemin Direnci için karakteristik değeri
PMT	:	Presiyometre Deneyi
r	:	Destek yapısı tipine göre yatay eşdeğer ivme azaltma katsayısı
R	:	Kısmi katsayı seti (Dayanımlar)
R_d	:	Direnç için tasarım değeri
R_k	:	Direnç için karakteristik değeri
S_{D1}	:	1.0 saniye periyod için tasarım spektral ivme katsayısı

S_{DS}	:	Kısa periyod bölgesi için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{DS,72}$	:	Tekrarlanma periyodu 72 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyod bölgesi için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{DS,144}$	:	Tekrarlanma periyodu 144 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyod bölgesi için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{DS,475}$	:	Tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyod bölgesi için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısı
SLS	:	Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu (Serviceability Limit State, SLS)
SPT	:	Standart Penetrasyon Deneyi
STR	:	Yapısal elemanda göçme veya aşırı şekil değiştirme
S_u	:	Drenajsız kayma mukavemeti
TY	:	Tasarım Yaklaşımı (Design Approach, DA)
ULS	:	Göçme Sınır Durumu (Ultimate Limit State, ULS)
UPL	:	Hidrostatik etkiler nedeniyle oluşan kaldırma (yüzme) etkisi
UU	:	Konsolidasyonsuz-Drenajsız üç eksenli deney
X	:	İksa hareketlerinden etkilenen yatay mesafe
X_d	:	Geoteknik parametreler için tasarım değeri
X_k	:	Geoteknik parametreler için karakteristik değeri
y	:	Kazı destek yapısı arkasında X mesafe içerisinde hesaplanan en büyük oturma
β_{maks}	:	Kazı destek yapısı arkasında X mesafe içerisinde hesaplanan en büyük açısal dönme
Δa	:	Öngörülemeyen plansız kazı yüksekliği
δh	:	Yatay deplasman
$\delta h/H$	:	Yatay deplasman oranı
ϕ	:	Toplam gerilme kayma direnci açısı
ϕ'	:	Zeminin efektif kayma direnci açısı
γ_a	:	Ankraj dayanımı kısmi katsayısı
γ_A	:	Etkiler için kısmi katsayı
γ_{Su}	:	Zemin özelliği kısmi katsayısı (Drenajsız kayma mukavemeti)
$\gamma_{C'}$	:	Zemin özelliği kısmi katsayısı (Efektif kohezyon)
$\gamma_{G,dst}$	:	Güvenliği azaltıcı sabit etkiler için kısmi katsayı
$\gamma_{G,stb}$	:	Güvenliği artırıcı sabit etkiler için kısmi katsayı
γ_M	:	Zemin parametreleri için kısmi katsayı
γ_R	:	Direnç için kısmi katsayı
γ_{Re}	:	Dayanma yapıları için zemin direnci kısmi katsayısı
γ_{Re*}	:	Pasif Zemin Direnci için kısmi katsayı
γ_{st}	:	Kazık çekme dayanımı kısmi katsayısı

$\gamma_{Q,dst}$: Güvenliği azaltıcı değişken etkiler için kısmi katsayı

$\gamma_{Q,stb}$: Güvenliği artırıcı değişken etkiler için kısmi katsayı

γ_{qu} : Zemin özelliği kısmi katsayısı (Serbest basınç dayanımı)

γ_{ϕ} : Zemin özelliği kısmi katsayısı (Kayma mukavemeti katsayısı)

γ_{γ} : Zemin özelliği kısmi katsayısı (Birim hacim ağırlığı)

2.2. GENEL YAKLAŞIM

2.2.1. Kazı destek yapıları projelendirilirken Göçme Sınır Durumu (Ultimate Limit State - ULS) ve Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu (Serviceability Limit State - SLS) ayrı ayrı irdelenmeli ve her iki sınır durum için gerekli koşullar sağlanmalıdır. Sınır durumlar, can ve mal kaybına yol açabilecek ölçüde oluşan deformasyonlar ile yapının hizmet görebilirliğini etkileyebilecek olan deformasyon sınırlarının aşılmasına karşılık gelen fiziksel durumları tanımlar. Sınır durumlar aşağıda açıklanmıştır.

a) **"Göçme Sınır Durumu (ULS)"** yapının bütününün ve/veya bazı bileşenlerinin göçmelerine yol açabilecek veya göçme durumuna yaklaştıracak biçimde aşırı şekil değiştirmelerine sebep olacak mekanizmaları tanımlar. Projelendirme sürecinde, muhtemel tüm göçme sınır durumları hesaplarla değerlendirilecek ve göçme olasılığının kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı gösterilecektir.

b) **"Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu (SLS)"** aşılmadığı takdirde, büyük olasılıkla, yapının ve/veya bileşenlerinin hedeflenen/belirlenen şekilde onarım gerektirmeden kullanımlarına devam edilebilecek şekil değiştirme ve ötelenme seviyelerini tanımlar.

2.2.2. Geoteknik Sorumlunun, kazı destek yapısının uygulama aşamaları ve ömrü boyunca, muhtemel tüm Göçme Sınır Durumlarını ve Hizmet Görebilirlik Sınır Durumlarını değerlendirmesi gerekir.

2.2.3. Kazı destek yapısı projelendirmesinde ilgili sınır durumların oluşmadığı veya oluşma olasılığının kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı hesapla gösterilmelidir. Herhangi bir sınır durum için hesap yapılmadığı durumlarda, ilgili sınır durumun gerçekleşme ihtimalinin olmadığı somut gerekçelere dayandırılarak ispat edilmelidir.

2.2.4. Bu Uygulama Esaslarında, yukarıda açıklanan yaklaşım çerçevesinde kısmi katsayılar ile hesap yöntemi kullanılmaktadır.

2.2.5. Kısmi katsayılar ile hesapta, malzeme özelliklerinin, sistem dirençlerinin veya etkilerin karakteristik değerleri kısmi katsayılar ile çarpılarak tasarım değerleri elde edilir. Tasarım etkilerinin, tasarım direncinden daha düşük olduğu durumlarda sistemin sınır durumu sağladığı kabulü yapılır. Kısmi katsayılar kullanılarak sınır durumu sağladığı gösterilen sistemler için, sınır durumun aşılma olasılığı kabul edilebilir mertebelerdedir ve böylece tasarım açısından gerekli koşul sağlanmış olur.

2.2.6. Geoteknik Sorumlu, hangi göçme durumlarının incelenmesi gerektiğine karar verirken bu bölümde verilen hususları tek tek değerlendirmelidir.

2.2.7. Geoteknik tasarım hesap raporu ve projesini hazırlayacak veya uygulamasını yapacak/kontrol (fenni mesul) edecek olan Geoteknik Sorumluların, kazı destek yapısı kategorisine göre sağlaması önerilen deneyim/yeterlilik kriterleri EK-2B'de (Bilgilendirme Eki) verilmiştir.

2.3. GENEL PROJELENDİRME ESASLARI

2.3.1. Geoteknik proje ve tasarım aşamasına geçilmeden önce, kazı çukuru çevresinde maksimum kazı derinliğinin (H_{maks}) en az iki katı kadar ($2xH_{maks}$) olan yatay mesafede, kazı destek yapısı etki alanı içinde bulunan tüm yapıların toplam kat adedi, bodrum kat adedi, mevcut hasar durumu, temel derinliği, temel sistemi, temel oturum alanı, kazı alanına yakın mevcut altyapı güzergahları, projelendirme yılı, yapım yılı ve taşıyıcı sistem tipi gerek projeleri üzerinden gerekse yerinde yapılacak incelemelerle Geoteknik Sorumlu tarafından tespit edilmeli ve fotoğraflarla kayıt altına alınarak *'Yapı Durum Tespiti Teknik Raporu'* hazırlanmalıdır. Kazı çukurunun çevresindeki arazi eğiminin yukarıya doğru 15° den fazla olması durumunda yukarıda belirtilen $2xH_{maks}$ mesafesi, bu eğimin kazı çukuruna olan olası etkilerini de dikkate alacak şekilde genişletilmelidir. Örnek bir Yapı Durum Tespiti Teknik Raporu EK-2A (Uygulama Eki)'da verilmiştir.

2.3.2. Projelendirme esasları ve ilgili sınır durumlar tanımlanırken aşağıda sıralanan etkenler göz önüne alınmalıdır.

a) Toptan göçme ve toplam denge şartları

b) Zemin hareketleri

c) Kazı destek yapısı ve elemanlarının boyutları, mühendislik özellikleri, servis süreleri, vb.

d) Çevresel etkiler

i. Komşu yapılar

ii. Çalışma alanının çevresinde araç trafiği

iii. Çevrede mevcut altyapı sistemleri ve koruma sınırları

iv. Bitki örtüsü (özellikle ağaçlar)

v. Riskli malzemeler veya bunların depolandığı yapılar

vi. Çalışma sahasını etkileyebilecek saha dışı etkenler (şevlerin mevcudiyeti ve duraylılığı vb.)

vii. Kazı ve kazı destek yapısı imalatı aşamasında etkilenebilecek saha ve bölge

viii. Yüzey suları

ix. Bölgesel oturma, çökme ve boşluklar (karstik yapılar, maden galerileri, v.b.)

x. Bölgesel ısı ve yağış değişimleri

e) Zeminlerin özellikleri

f) Yeraltı suyu koşulları

g) Bölgesel depremsellik

2.3.3. Sınır durumlar, kazı destek yapısının hem tümü için hem de her bileşeni için ayrı ayrı değerlendirilmeli ve ilgili tüm standartlar gözetilerek tasarım yapılmalıdır. Sınır durumlar aşağıda açıklanmıştır:

a) Kazı destek yapısı etkileşim alanı içinde kalan tüm zeminler için sınır durumları,

b) Kazı destek yapısı ve elemanları için sınır durumları,

c) Hem zemin/kazı kademeleri/imalat kademeleri, hem kazı destek yapısı hem de yapılması planlanan yapıyı içine alan sınır durumları.

2.3.4. Sınır durumlar hesaba dayalı geoteknik ve/veya yapısal tasarım ile değerlendirilir.

2.3.5. Geoteknik araştırma, tasarım ve imalat süreçleri, Tablo 1.1'de tanımlanan Kazı Destek Kategorileri ve Tablo 1.2'de verilen tipik uygulama koşullarına uygun olarak planlanır.

Bu nedenle, Kazı Destek Yapısı Kategorisi projelendirme aşamasının en başında belirlenmelidir.

2.3.6. Kazı Destek Yapısı Kategorisi, projelendirme veya uygulama aşamaları süresince yeni bilgilerin ortaya çıkması durumunda geoteknik proje tasarım raporunda gerekçeleri belirtilerek değiştirilebilir.

2.4. ÖZEL DURUMLAR

2.4.1. Sahadaki yeraltı suyu ve drenaj koşulları, zeminlerin ve yapısal malzemelerin mühendislik özellikleri, imalat süresindeki belirsizlikler vb. riskler nedeniyle tasarımda hem kısa dönem hem de uzun dönemde ortaya çıkacak problemler göz önüne alınmalıdır.

2.4.2. Ankraj araştırma, uygunluk ve kabul testleri kapsamında hem kısa dönem davranışının incelenmesini mümkün kılacak yükleme deneyleri, hem de uzun dönem davranışı gösterecek krip deneyleri gerekli sayı ve özelliklerde yapılmalıdır. Uzun dönem davranışının (kalıcı ve uzun süre açık kalma riski olan geçici kazı destek yapılarında; krip ve malzeme ömrü) ne kadar muhtemel olduğu proje bazında belirlenmeli ve buna göre uzun dönem risklerine karşı bilgi edinmek için yapılacak saha deneylerinin kapsamı tanımlanmalıdır.

2.4.3. Geoteknik proje tasarım raporları aşağıda listelenen başlıklarla ilgili gerekli bilgileri içerir.

a) Dikkate alınan yükler (etkiler) ve kazı destek yapısı arkasında izin verilen maksimum sürşarj yükü,

b) Dikkate alınan yeraltı su seviyesi,

c) Tüm zemin, kaya tabakaları ve bunların sınıflandırılması ve özellikleri,

d) Eğimli tabaka düzlemleri,

e) Maden galerileri, mağaralar ve diğer yeraltı yapıları,

f) Kazı destek yapısı etkileşim alanı içinde bulunan kaya tabakalarının;

i. Tabakalanma bilgisi,

ii. Faylar, kırıklar, çatlaklar, fisürler (çatlakların yumuşak malzeme ile dolu olup olmadığı bilgisi),

iii. Kaya kalitesi,

iv. Kaya bloklarının denge(sizlik) durumları,

v. Çözünme boşluklarının mevcudiyeti ve boyutları; süregelen çözünme süreçleri.

g) Kazı ve uygulama çalışmalarının yapılacağı alanın içerdiği riskler;

i. Kazı destek yapısı tarafından tutulan zeminin yüzey geometrisini değiştirebilecek doğal (gaz çıkışı, erozyon, oyulma, vb.) ve/veya doğal olmayan (kazı, inşaat çalışmaları, vb.) etkileri,

ii. Korozyon etkisi ve muhtemel sonuçları,

iii. Donma ve buzlanma,

iv. Su seviyesinde ve şartlarında olabilecek değişimleri (yeraltı su seviyesi değişimleri, susuzlaştırma çalışmaları, sel, drenaj sistemlerinde yaşanabilecek problemler ve etkileri vb.),

v. Deprem,

vi. Çevre yapıların deplasman toleransları,

vii. Yapılacak yapıların mevcut yapılara etkisi, yapılaşma alanı içerisindeki kısıtlar, komşu yapılaşma alanlarına olası etkiler.

2.5. YAPISAL ELEMANLARIN DAYANIKLILIĞI

2.5.1. Projelendirme aşamasında, çevresel koşulların etkileri dikkate alınarak malzemelerin dayanıklılığı (durabilite) değerlendirilir ve dayanıklılığın sürekli olarak sağlanması için gerekli koruma önlemleri alınır.

2.5.2. Aşağıdakilerle sınırlı olmamak üzere göz önüne alınması gereken başlıca dayanıklılık problemleri şunlardır:

a) Beton elemanlar için; yeraltı suyunda, zeminde ve/veya dolguda mevcut agresif maddeler, örneğin asitler veya sülfat bileşimleri,

b) Çelik elemanlar için; kimyasal madde etkileri, korozyon,

c) Ahşap için; küf, mantar ve oksijen bulunan ortamlarda aerobic bakteri üremesi,

d) Geosentetikler için; ultraviyole etkileri veya ozon bozunması, ısı ve gerilmenin bileşik etkileri ve kimyasal bozunma,

e) İç destek elamanları için olası darbe ve ısıl etkenler.

2.5.3. Geoteknik proje tasarım raporunda ve geoteknik proje üzerinde, kazı destek yapısı tasarımında kullanılan elemanların malzeme standartları ile ilgili bilgi notu bulundurulur ve bu standartlara uyulur.

2.6. GEOTEKNİK HESAP ESASLARI

a) Kazı destek yapısı üzerine farklı zamanlarda ve şiddetlerde etkiyen tüm yükler, sistem üzerine doğrudan uygulanan ***'Etkiler'*** olarak tanımlanır. Bu etkilerden bazıları; zemin gerilmeleri/toprak basınçları, hidrostatik basınç, sızıntı kuvvetleri, üstyapıdan aktarılan sabit ve değişken yükler, sürşarj, trafik yükleri, kazı ile uzaklaştırılan yükler, ankraj yükleri, tünel kazılarından dolayı oluşan oturmalar, şişme ve kabarma türü zemin hareketleri vb. olarak örneklendirilebilir.

b) Zaman içinde değişmediği kabul edilen etkiler, ***'Sabit Etki'*** olarak tanımlanırken (komşu yapılardan aktarılan yükler vb.), zaman içinde büyüklüğünde değişkenlik gözlenenler ***'Hareketli Etki'*** olarak tanımlanır (trafik yükleri, rıhtım yapıları için gemi çarpma kuvvetleri vb.).

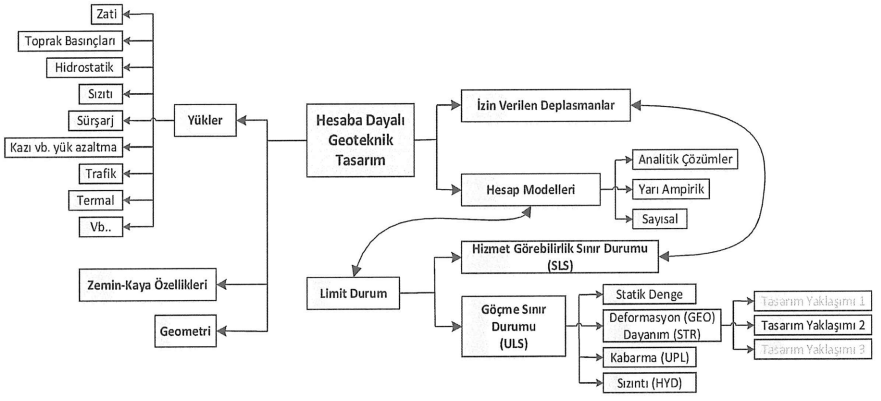
c) Ayrıca Etkiler, kazı destek yapısının stabilitesi üzerindeki sonuçlarına bağlı olarak da sınıflandırılır. Örneğin, kazı destek yapısı arkasındaki binanın kendi ağırlığından kaynaklanan düşey yükler ***'Güvenliği Azaltıcı Etki'***, konsol duvarın önünde kazı tabanındaki sürşarj yükü ise ***'Güvenliği Arttırıcı Etki'*** olarak tanımlanır. Tüm etkilere bağlı olarak yapısal elemanlarda oluşan ***'Tesirler'*** ise yük kombinasyonlarının sonucu olarak tanımlanır.

2.6.1. Hesap Modelleri

2.6.1.1. Hesap modelleri, sınır durumlarının sağlandığını ispatlamak için Geoteknik Sorumlu tarafından kullanılan analitik, yarı ampirik ya da sayısal yöntemlerdir.

2.6.1.2. Geoteknik Sorumlu, kazı destek sistemini yeterli gerçeklikle temsil eden modeli oluşturmalıdır. Bir takım kabuller yapılması gerekiyorsa (örn. üç boyutlu problemlerin iki boyutlu olarak çözülmesi, yeraltı su seviyesinin belirlenmesi, birim hacim ağırlığın belirlenmesi, tabakanın geçirgenliği vb.) incelenen sınır duruma etkisi dikkate alınarak

güvenli tarafta kalan bir seçim yapılması gerekir. Geoteknik proje tasarımı Şekil 2.1'de özetlenen bir dizi süreci içermektedir.



Şekil 2.1. Hesaba Dayalı Geoteknik Tasarım Yöntemlerine Ait Süreçler

2.6.1.3. Hesaba dayalı tasarımda aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

a) Etkiler (doğrudan ve dolaylı etkiyen yükler),

b) Zeminler, kayalar ve taşıyıcı malzemelerin özellikleri,

c) Geometrik özellikler,

d) Çevre yapılar/kazı destek yapısı açısından kabul edilebilir (deformasyon, kesit tasarım kriterleri, şekil değiştirme, deplasman ve titreşim, v.b.) sınır değerleri.

2.6.1.4. Kullanılan hesap modeli göz önüne alınan sınır durum için zeminin davranışını tanımlamalıdır.

2.6.1.5. Hesap yöntemi aşağıdakilerden herhangi birini, birkaçını veya tümünü içerir.

a) Analitik model

b) Yarı-ampirik model

c) Sayısal model

2.6.1.6. Kullanılan hesap modelleri ya kesin olmalı, ya da güvenli tarafta sonuçlar verebilecek nitelikte olmalıdır.

2.6.1.7. Hesap modelleri güvenli tarafta kalacak şekilde basitleştirici kabuller içerebilir.

2.6.1.8. Gerektiği durumlarda modelden elde edilen sonuçlar, güvenli tarafta kalacak şekilde değiştirilebilir. Bu durumun, geoteknik tasarım hesap raporunda açıklanması gerekir.

2.6.1.9. Ampirik bağıntıların kullanıldığı durumlarda kullanılan bağıntının saha şartları, zemin cinsi ve problemin doğasına uygun olduğu açıkça gösterilmelidir.

2.6.1.10. Herhangi bir mekanizmanın oluşumunu içeren sınır durumları ile hizmet görebilirlik sınır durumları hesap modelleri ile kontrol edilmelidir.

2.6.1.11. Birbirlerini etkileyen mekanizmaların bulunduğu projelerde veya zemin-yapı etkileşiminin önemli etkisinin olduğu durumlarda sayısal analiz yöntemleri kullanılmalıdır.

2.6.1.12. Ankrajlı veya içten destekli kazılarda meydana gelen zemin-yapı etkileşimi problemlerinde yapılan analizler, tüm malzemelerin davranışlarını yeterince temsil eden gerilme-şekil değiştirme ilişkileri kullanılarak yapılır.

2.6.2. Etkiler

2.6.2.1. Hesaplarda kullanılacak etkiler Geoteknik Sorumlu tarafından seçilir. Tasarımda kullanılacak etkilerin seçiminde zemin-yapı etkileşimi de göz önüne alınır. Aşağıda listelenen etkiler geoteknik tasarımda hesaba dahil edilir.

a) Zemin, kaya ve suyun ağırlıkları,
b) Zeminde mevcut gerilmeler,
c) Zemin itkileri,
d) Dalga basıncını da içermek üzere serbest su basınçları,
e) Yeraltı suyu basıncı,
f) Sızma basıncı,
g) Yapılardan uygulanan yükler,
h) Sürşarj yükleri (depolama alanları, şantiye binaları, vinç/araç yükleri vs.),
i) Yanaşma kuvvetleri (usturmaça),
j) Zeminden yük kaldırılması veya kazı,
k) Trafik yükleri,
l) Maden ve/veya tünel açma çalışmaları sonucunda oluşan hareketler,
m) Bitki örtüsü, iklim veya nem değişimleri sonucu oluşabilecek şişme büzülme davranışı,
n) Zeminlerin krip, kayma veya oturması sonucu oluşan hareketler,
o) Bozuşma, dağılma, ayrışma, kendiliğinden sıkışma ve çözünmeye bağlı hareketler,
p) Depremler, patlamalar, titreşimler ve dinamik yükler nedeniyle oluşan yer değiştirmeler ve ivmeler,
r) Donmayı da içerecek şekilde ısıl etkiler,
s) Buz ve buzul yükleri,
t) Zemin ankrajları veya iç destek elemanlarına uygulanan öngerme yükleri,
u) Aşağı çekme (downdrag) yükleri.

2.6.2.2. Geoteknik tasarımda, hareketli etkilerin birlikte veya ayrı ayrı etkime durumları dikkate alınmalıdır.

2.6.2.3. Etkilerin süreleri zamana bağlı olarak tanımlanacak, özellikle ince daneli zeminlerin drenaj ve sıkışabilirlik özellikleri dikkate alınacaktır.

2.6.2.4. Hareketli etkiler (tekrarlı ve şiddeti değişen), süregelen hareketler, sıvılaşma, zemin mukavemet ve rijitliğinin değişimi vb. durumlar özel değerlendirmeye tabi tutulmalıdır.

2.6.2.5. Kazı destek yapısında veya zeminde dinamik tepki yaratan etkiler özel değerlendirmeye tabi tutulmalıdır.

2.6.3. Geoteknik Parametreler

2.6.3.1. Tasarıma yönelik analizlerde geoteknik parametre olarak sayısallaştırılan zemin ve kaya özellikleri, zemin/kaya cinsine uygun arazi ve/veya laboratuvar deneyleriyle elde edilmelidir. Korelasyonlara müracaat ediliyorsa bunun gerekçesi açıkça ortaya konulmalıdır. Korelasyonlar için teorik ya da ampirik yöntemler kullanılabilir. Ampirik yöntemler kullanıldığı durumlarda bağıntının saha şartları, zemin tipleri ve problemin doğasına uygun olduğu açıkça gösterilmelidir.

2.6.3.2. Deneylerden elde edilen değerler ULS ve/veya SLS sınır durumuna göre yorumlanarak belirlenmelidir.

2.6.3.3. Deneylerden elde edilen zemin özellikleri ve parametre değerlerinin, temsil ettikleri zemin ortamının bütünsel davranışını kontrol eden özellik ve parametrelerden farklı olabilecekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu farklılıkların çeşitli sebepleri aşağıda sıralanmıştır.

a) Parametrenin sabit bir değeri olmaması, gerilme ve şekil değiştirme durumuna göre değerinin değişebilmesi,
b) Zemin ve kaya ortamlarının deney ve arazi ölçeklerindeki davranışlarının çeşitli sebeplerle farklı olabilmesi (çatlaklar, tabakalanmalar veya büyük parçaların mevcudiyeti, vb.),
c) Zaman etkileri,
d) Zemin/kaya ortamına giren/bulunan suyun zemin veya kaya mukavemetini azaltıcı etkisi,
e) Dinamik etkilerin yumuşatıcı etkisi,
f) Test edilen kayanın veya zeminin kırılganlığı veya sünekliği,
g) Dayanma yapısı elemanlarının imalat yöntemi,
h) Uygulama sırasındaki işçilik etkileri,
i) İnşaat çalışmalarının zemin özelliklerine etkileri.

2.6.3.4. Geoteknik parametreler seçilirken göz önüne alınması ve dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır.

a) Kullanılan deneylerin uygun oldukları zemin koşulları ile ilgili literatür bilgileri,
b) Yayınlanmış ve genel tecrübe ve korelasyonlar ile elde edilmiş veriye göre geoteknik parametrelerin değerlerinin irdelenmesi ve mertebe olarak değerlerin doğruluğunun kontrolü,
c) Tasarıma yönelik geoteknik parametrelerin değişkenlikleri,
d) Komşu sahalarda yapılan her tür ölçümlere ve büyük ölçekli saha deneylerinin sonuçlarına bağlı değerlendirme,
e) Aynı geoteknik parametre için farklı deney sonuçlarının kullanılması ve sonuçların karşılaştırılması,
f) Yapının servis ömrü boyunca zemin malzeme özelliklerinde olabilecek olumsuz yönlü değişiklikler,

2.6.4. Geometrik Özellikler

Bir kazı destek sistemi tasarlanırken, etkiler ve zemin özellikleri kadar problemi oluşturan geometrik özellikler de tanımlanmalıdır. Geometrik özellikler proje başlangıcında belirsiz olabilir. Bu durumda kazı destek sisteminin sadece ön tasarımı yapılabilir. Geoteknik tasarım süreci bir düzeye kadar mimari ve statik proje tasarım süreçleri ile paralel olarak ilerler. Nihai geoteknik tasarıma, mimari ve statik projelerin yapının boyutları kesinleşecek kadar ilerlemesinden sonra başlanır. Kazı derinliği, doğal veya oluşturulmuş arazi kotları, doğal veya oluşturulmuş arazi eğimi, temel taban derinliği, kazı çukurunun plan boyutları, ara kazı kademeleri, kazı destek sistem elemanlarının boyutları ve şekli vb. bilgiler geometrik özellikler olarak tanımlanır.

2.7. KARAKTERİSTİK DEĞERLER

a) Karakteristik değer; göçme durumunun oluşumunu etkileyen değere ilişkin temkinli bir tahmin olarak tanımlanabilir. Tasarımda kullanılacak herhangi bir parametreye ait karakteristik değer (etkiler, zemin parametreleri vb.) belirlenirken, bu değerin;

i. Arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen basit bir istatistiki ortalama değer olmadığı,

ii. İncelenen problemin bir fonksiyonu olduğu,

iii. Arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlara ek olarak benzer saha, benzer bölge ve benzer zemin koşullarında kabul edilmiş tecrübeyi de gözetmesi gerektiği

göz önünde bulundurulmalıdır.

b) Sahada ve laboratuvarda yapılan deneyler neticesinde istatistiksel değerlendirme yapmak için yeterli sayıda güvenilir veri olması durumunda, karakteristik değerin belirlenmesinde istatistiksel analizlerden yararlanılır.

2.7.1. Etkilerin Karakteristik Değerleri

Etkilerin karakteristik değerleri tasarım hesap sonuçlarının güvenli tarafta kalmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir. Kazı destek yapılarının maruz kaldığı etkilere örnek olarak; yatay toprak itkisi, sürşarj yükü, yeraltı suyu, sızıntı kuvvetleri ve sıcaklık farkından kaynaklanan etkiler vb. sayılabilir. Yapısal elemanlara yönelik karakteristik etkiler güncel standart ve yönetmeliklerden elde edilir. (TS498, TS ISO 9194, TS EN 1990, TBDY vb.)

2.7.2. Geoteknik Parametrelerin Karakteristik Değerleri

2.7.2.1. Geoteknik parametrelerin karakteristik değerlerinin seçimi laboratuvar ve arazi deneylerinin sonuçlarına dayandırılmalı ve varsa benzer zemin koşullarındaki tecrübe ile desteklenmelidir.

2.7.2.2. Geoteknik parametrelerin karakteristik değerleri, sınır durumun oluşumunu etkileyen değerlerin güvenli tarafta kalan tahmini olarak yapılmalıdır.

2.7.2.3. Geoteknik parametreler için karakteristik değerlerin seçiminde aşağıdaki hususlar dikkate alınır:

a) Jeolojik yapı ve diğer ilişkili bilgiler,

b) Ölçülen özelliğin değer değişkenliği ve mevcut bilgiye dayalı diğer alakalı bilgiler,

c) Saha ve laboratuvar çalışmalarının kapsamı,

d) Numune sayısı ve tipleri,

e) Değerlendirilen sınır durumu kapsamında, kazı destek yapısının etkileşim alanı içerisinde kalan zemin ortamının boyutları,

f) Kazı destek yapısının yükleri dağıtabilme özelliği.

2.7.2.4. Eğer kazı destek yapısının sınır durum davranışı zemin özelliğinin en düşük ya da en yüksek değeri tarafından kontrol ediliyorsa, karakteristik değer; davranışı etkileyen bölgedeki en düşük veya en yüksek değerin ihtiyatlı tahmini olmalıdır.

2.7.2.5. Karakteristik değerler en olası değerlerden düşük olacak şekilde alt değer olarak, ya da en olası değerden yüksek olacak şekilde üst değer olarak seçilebilir. Bu seçim yapılırken güvenli tarafta kalınması esastır.

2.7.2.6. Her bir hesap için alt ve üst değerlerin güvenlik açısından en kritik duruma karşı gelen kombinasyonları tercih edilmelidir.

2.7.2.7. Karakteristik değer seçiminde istatistiki yöntemlerden faydalanılması halinde, kullanılan yöntem yerel ve bölgesel sonuçları farklı değerlendirmeli ve benzeri zemin koşullarında elde edilmiş öncül bilgilerin kullanılmasına izin vermelidir.

2.7.2.8. Şayet istatistiki yöntemler kullanılarak karakteristik değer seçilirse, sınır durumu kontrol eden asıl değerin daha elverişsiz tarafta kalması olasılığının (örneğin, göçmeye direnen zemin için daha düşük drenajsız mukavemet değerine sahip olması) %5'ten fazla olmaması gereklidir. Bu durumda, ortalama değerin ihtiyatlı tahmini, sınırlı sayıda geoteknik parametre ölçümü içinden %95 güven düzeyi ile yapılmış olur.

2.7.2.9. İstatistiki yöntemlerle parametre seçimi yapılabilmesi için ilgili parametre için kullanılacak istatistiki dağılım fonksiyonunun anlamlı bir biçimde elde edilebilmesini mümkün kılacak yeterli sayıda deney sonucu bulunmalıdır.

2.7.2.10. Efektif kohezyonun (c′), efektif kayma mukavemeti açısının tanjantına (tanϕ′) göre daha yüksek olan değişkenliği karakteristik değerler seçilirken göz önüne alınmalıdır.

2.7.3. Geometrik Verinin Karakteristik Değerleri

Saha kotuna ait karakteristik değer topografik ölçümler neticesinde belirlenmelidir. Yeraltı suyu kotuna ait karakteristik değer ise ölçümlere dayanabileceği gibi, gözleme ya da güvenli tarafta kalacak şekilde mühendislik öngörüsüne göre alt-üst seviyelerde hesaplarda dikkate alınmalıdır.

2.8. TASARIM DEĞERLERİ

Etkilerin, geoteknik parametrelerin, dirençlerin ve geometrik verilerin karakteristik değerleri, kısmi katsayılar ile çarpılarak/bölünerek tasarım değerleri elde edilir.

2.8.1. Etkilerin Tasarım Değerleri

2.8.1.1. Etkilerin tasarım değerleri güncel standart ve yönetmeliklerden elde edilmelidir. (TS498, TS ISO 9194, TS EN 1990, TS EN 1990/A1, TS EN 1990/A1/AC, yürürlükteki deprem yönetmeliği vb. ile uyumlu olmalıdır. TS EN 1997-1'de belirtildiği gibi bir etkiye ait tasarım değeri doğrudan belirlenebileceği gibi karakteristik değerler kullanılarak da hesaplanabilir.)

2.8.1.2. Etkilerin tasarım değerleri aşağıdaki bağıntıyla (B.2.1) elde edilir. Etkiler için kısmi katsayı (γ_A) değeri Tablo 2.1'in ilgili sütunundan alınır.

$$F_d = F_k . \gamma_A \qquad \text{(B.2.1)}$$

Burada;

F_d: Etkilerin tasarım değerini,

F_k: Etkilerin karakteristik değerini,

γ_A : Etkiler için kısmi katsayıyı,

ifade eder.

2.8.1.3. Yeraltı suyu basıncının tasarım üzerinde ciddi etkilerinin olduğu sınır durum için hesap yapılırken (genelde göçme sınır durumu için yapılan hesaplarda) yapının servis ömrü

boyunca karşılaşabileceği en olumsuz yeraltı su basıncı, tasarım değeri olarak alınmalıdır.

2.8.1.4. Daha az olumsuz etkileri olan sınır durum için hesap yapılırken (genelde hizmet görebilirlik sınır durumu için yapılan hesaplarda) yapının normal şartlarda karşılaşabileceği en olumsuz yeraltı su basıncı tasarım değeri olarak alınmalıdır.

2.8.2. Geoteknik Parametrelerin Tasarım Değerleri

Geoteknik parametrelerin tasarım değerleri doğrudan belirlenebileceği gibi karakteristik değerler kullanılarak aşağıdaki bağıntıyla da elde edilebilir.

$$X_d = X_k/\gamma_M \qquad \text{(B.2.2)}$$

Burada;

X_d: Geoteknik parametreler için tasarım değerini,

X_k: Geoteknik parametreler için karakteristik değerini,

γ_M : Zemin parametreleri için kısmi katsayıyı,

ifade eder.

2.8.3. Dirençlerin Tasarım Değeri

Dirençlerin tasarım değerlerinin dengeyi arttırıcı bir etki olarak dikkate alınması durumunda tasarım değeri aşağıdaki bağıntı (B.2.3) ile hesaplanır.

$$R_d = R_k/\gamma_R \qquad \text{(B.2.3)}$$

Burada;

R_d: Direnç için tasarım değerini,

R_k: Direnç için karakteristik değerini,

γ_R : Direnç için kısmi katsayısını,

ifade eder.

2.8.4. Pasif Zemin Direnci Tasarım Değeri (Limit Denge Analizi)

Pasif zemin direnci, analizlerde dengeyi azaltıcı bir etki olarak hesaba katılıyorsa herhangi bir karakteristik değer kullanılmadan, tasarım değeri olarak doğrudan kullanılır. Pasif zemin direncinin dengeyi arttırıcı bir etki olarak dikkate alınması durumunda tasarım değeri aşağıdaki bağıntı (B.2.4) ile hesaplanır. Pasif Zemin Direnci için dengeyi arttırıcı yönde kullanılacak kısmi katsayı (γ_R) değeri Tablo 2.1'in ilgili sütunundan alınır.

$$P_d = P_k/\gamma_{Re*} \qquad \text{(B.2.4)}$$

Burada;

P_d: Pasif Zemin Direnci için tasarım değerini,

P_k: Pasif Zemin Direnci için karakteristik değerini,

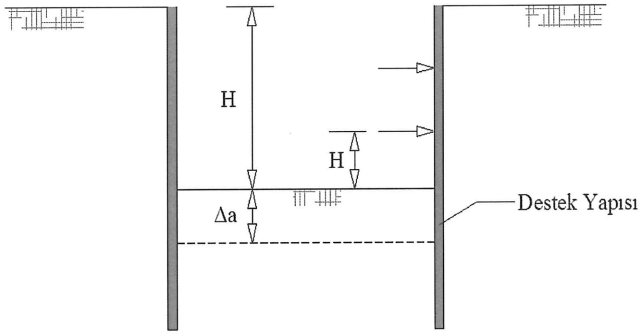
γ_{Re*} : Pasif Zemin Direnci için kısmi katsayısını,

ifade eder.

2.8.5. Geometrik Verilerin Tasarım Değerleri

2.8.5.1. Geometrik veri için kısmi katsayı kullanılmasına gerek olmadan karakteristik değerler doğrudan kullanılabilir.

2.8.5.2. Dayanma yapısının hemen önünde gerçekleştirilecek drenaj hendeği gibi imalatlar, öngörülen-planlı kazılar olarak tanımlanmalı ve geoteknik tasarım planlı kazılar neticesinde oluşacak nihai kazı derinliklerine göre yapılmalıdır. Öngörülemeyen-plansız kazı durumu 0.5 m'yi geçmeyecek şekilde, nihai kazı derinliğine eklenmelidir (Şekil 2.2).



$\Delta_a \leq 0.5$ m.

Şekil 2.2. Öngörülemeyen Plansız Kazı Durumunun Hesaplara Dahil Edilmesi

2.9. GÖÇME SINIR DURUMLARI (ULS)

2.9.1. Tanım

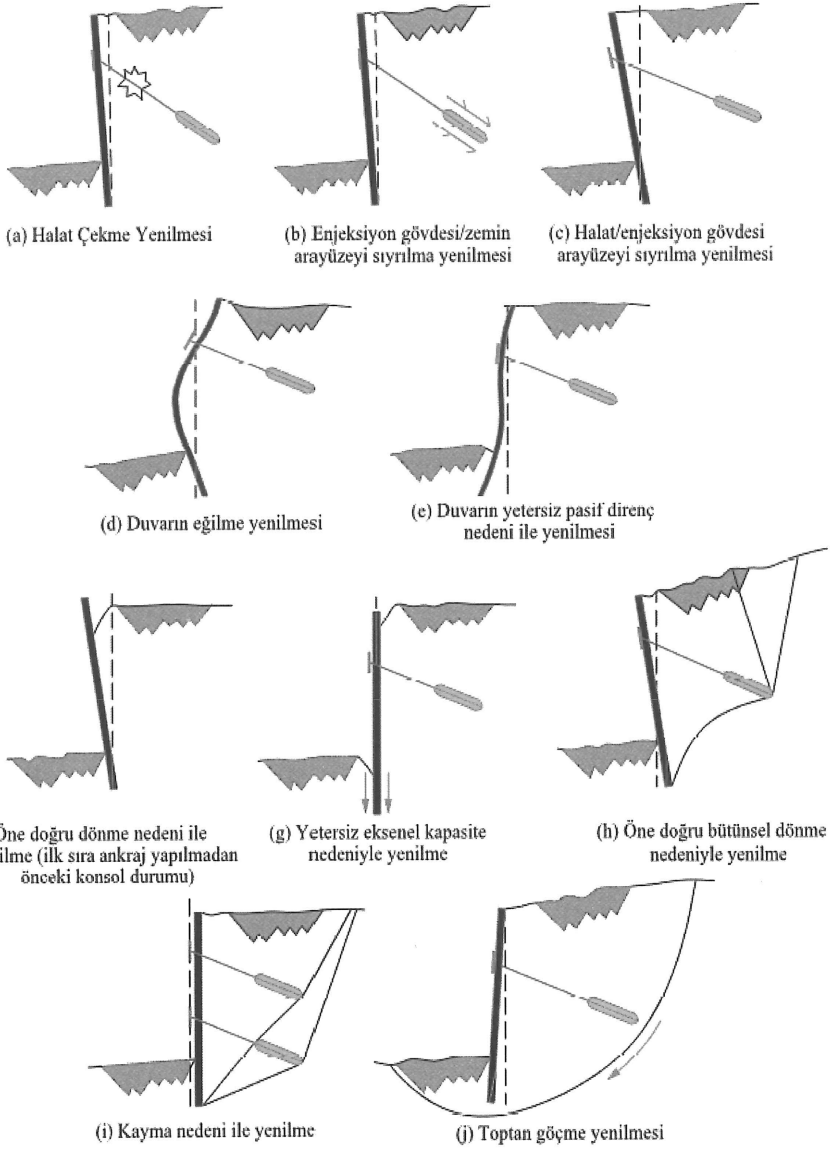
Göçme Sınır Durumları (ULS) insanların ve yapının güvenliğini gözetir. Aynı tasarım içinde birbirinden farklı ULS'ler için kontrollerin yapılması gerekebilir.

Aşağıda olası ULS'ler tanımlanmıştır.

a) Sistem dengesinin kaybolması,
b) Yapısal elemanda göçme veya aşırı şekil değiştirme (STR),
c) Zeminde oluşan göçme veya aşırı şekil değiştirme (GEO),
d) Malzeme yorulması veya zamana bağlı etkilerle oluşan göçme (FAT),
e) Hidrostatik etkiler nedeniyle oluşan kaldırma (UPL),
f) Sızıntı, borulanma ve erozyon gibi diğer konular (HYD).

2.9.2. Tipik Göçme Durumları

Tüm geoteknik tasarımlarda sistem dengesinin kaybolması, zeminde oluşan göçme ya da aşırı şekil değiştirme (GEO) ve yapısal elemanlarda aşırı şekil değiştirmeye bağlı göçme (STR) için gerekli kontroller yapılmalıdır. Tüm bu kontroller kazı kategorisinin gerektirdiği şartlarda, göçme analizleri deprem koşulları için de incelenmeli ve ilgili ULS kriterinin sağlandığı gösterilmelidir. Gömülü dayanma yapıları için tipik göçme durumları Şekil 2.3'deki gibi tanımlanır.



Şekil 2.3. Farklı Göçme Sınır Durumlarını Gösteren Şematik Örnekler (FHWA)

2.9.3. Zeminde ve Yapısal Elemanlarda Göçme, Şekil Değiştirme Kontrolü (GEO, STR)

2.9.3.1. Bu Uygulama Esasları kapsamına giren dayanma yapılarının zemin ve yapısal elemanlarında göçme ve şekil değiştirme kontrollerine yönelik ULS hesaplarında, EC7 tarafından tanımlanan Tasarım Yaklaşımı-2 (TY2) kullanılacaktır. TY2'ye göre yapılan hesaplarda:

a) Etkiler veya tesirler kısmi faktörler ile arttırılırken,
b) Zemine ait malzeme özellikleri değiştirilmez ancak,
c) Dirençler azaltılır.

2.9.3.2. TY2 ile yapılacak hesaplarda kullanılması gereken kısmi katsayı setleri Tablo 2.1'de verilmiştir. TY2'ye göre; dayanma yapısına uygulanan etkiler A kısmi katsayı seti ile artırılırken, zemin özellikleri ise M kısmi katsayı seti kullanılacağı için değişmeyecek ancak dayanımlar R kısmi katsayı seti ile bölünerek azaltılacaktır.

2.9.3.3. Kaza yüklerinin (araç çarpması, patlama vs.) dikkate alındığı analizlerde, Tablo 2.1'deki γ_A ve γ_M kısmi katsayıları değerleri 1.00 alınır. Dirençler için kısmi faktörlerin tüm değerleri, Geoteknik Sorumlu tarafından güvenli tarafta kalacak şekilde dikkate alınan özel koşullara göre seçilmelidir.

2.9.3.4. Toptan göçme analizinde kısmı faktörler kullanılmaması durumunda geçici kazı destek yapılarında GS≥1.35, kalıcı kazı destek yapılarında GS ≥ 1.5 şartı aranır.

Tablo 2.1. Depremsiz Durumda ULS Hesabı İçin Kısmi Katsayılar (γ_A, γ_M, γ_R)

Kısmi Katsayı Seti			A	M	R
Sabit Etki (G)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{G,dst}$	1.35		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{G,stb}$	1.00		
Değişken Etkiler (Q)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{Q,dst}$	1.50		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{Q,stb}$	0.00		
Kayma Mukavemeti Katsayısı (tan ϕ)		γ_ϕ		1.00	
Efektif Kohezyon (c')		$\gamma_{c'}$		1.00	
Drenajsız Kayma Mukavemeti (s_u)		γ_{Su}		1.00	
Serbest Basınç Dayanımı (q_u)		γ_{qu}		1.00	
Birim Hacim Ağırlık (γ)		γ_γ		1.00	
Pasif Zemin Direnci (Dayanma Yapıları)*		γ_{Re*}			1.40
Zemin Direnci (Toptan Göçme)*		γ_{Re}			1.10
Öngermeli ankrajlar (geçici - kalıcı)		γ_a			1.10
*Zemin direnci, dayanma yapıları ve toptan göçme analizlerinde farklı değerler almakta olup, yukarıda her iki koşul için de kısmi katsayılar verilmiştir.					

2.9.4. Statik Denge, Borulanma ve Kaldırma (HYD, UPL)

2.9.4.1. Statik dengenin yitirilmesi, borulanma ve kaldırma türü göçme durumları bazı derin kazı (Şekil 2.4) hesaplarının önemli bir unsuru olarak öne çıkabilir. Bu gibi durumlarda Geoteknik Sorumlunun her bir göçme durumu için gerekli kontrolleri yapması gerekir:

a) Yapıda veya zeminde dengenin yitirilmesi durumu için statik denge tahkiklerinin,

b) Yeraltı suyunun yüzdürme etkisine maruz kalabilecek yapılar için kaldırma tahkiklerinin,

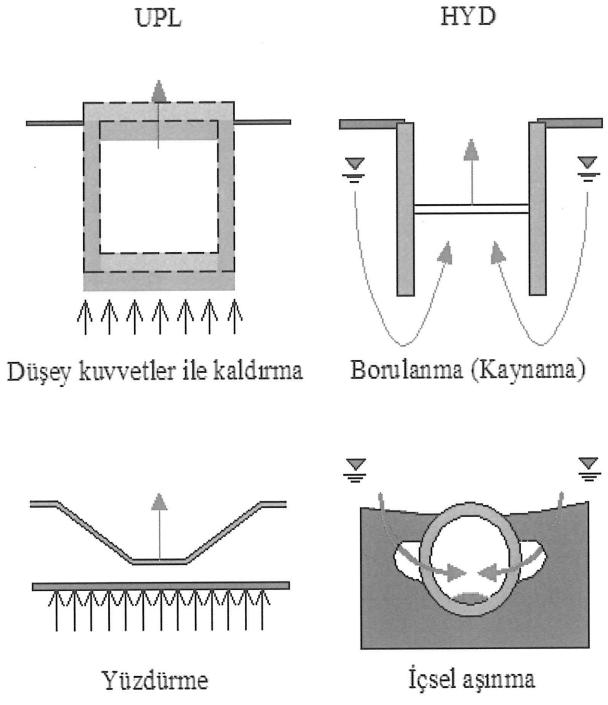
c) Hidrolik etkiler nedeniyle kazı tabanından oluşabilecek borulanma tahkiklerinin,

yapılması ve sınır durumun sağlandığının gösterilmesi gerekir.

2.9.4.2. Kazı için yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesi gerekmesi durumunda civardaki yeraltı suyu seviyesine olacak etkiler ve bunun komşu binalarda sebep olacağı oturmalar tasarımda göz önüne alınmalıdır.

2.9.4.3. Yapılacak kazı destek yapısının yeraltı suyu rejimi, seviyesi ve/veya akış yatağı güzergahını etkilemesi durumu, kazı destek yapısı ile çevresinin stabilitesi için dikkate alınmalıdır.

2.9.4.4. Bu Uygulama Esasları kapsamına giren dayanma yapılarının tasarımında (Borulanma ve Kaldırma) Tablo 2.2'de verilen kısmi katsayılar kullanılacaktır.



Şekil 2.4. Borulanma ve Kaldırma Göçme Durumu Örnekleri

Tablo 2.2. Tasarımda Kullanılacak Kısmi Katsayılar

Parametre			Göçme Sınır Durumları					
			Kaldırma (UPL)			Borulanma (HYD)		
Kısmi Katsayı Seti			*A*	*M*	*R*	*A*	*M*	*R*
Sabit Etki (G)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{G,dst}$	1.00			1.35		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{G,stb}$	0.90			0.90		
Değişken Etkiler (Q)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{Q,dst}$	1.50			1.50		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{Q,stb}$	0.00			0.00		
Efektif Kayma Mukavemeti Katsayısı (tan ϕ')		γ_{ϕ}	-	1.25		-	-	
Efektif Kohezyon (c')		$\gamma_{c'}$	-	1.25		-	-	
Drenajsız Kayma Mukavemeti (s_u)		γ_{Su}	-	1.40		-	-	
Serbest Basınç Dayanımı (q_u)		γ_{qu}	-	1.40		-	-	
Birim Hacim Ağırlık (γ)		γ_{γ}	-	1.00		-	-	
Kazık Çekme Dayanımı		γ_{st}	-	-	1.40	-	-	-
Ankraj Dayanımı		γ_{a}	-	-	1.40	-	-	-

2.10. HİZMET GÖREBİLİRLİK SINIR DURUMU (SLS)

2.10.1. Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu yapının servis ömrü boyunca inşa amacına uygun kalmasını, rahatlık, konfor ve dış görünüşünün korunmasını sağlar. Bu nedenle, tasarlanan dayanma yapısı üzerinde oluşan yatay ve düşey deplasmanlar, açısal dönme, birim şekil değiştirme, yapısal elemanlardaki çatlaklar vb. değerlerin, izin verilebilir sınır değerlere eşit ya da daha düşük olması şartı sağlanmalıdır.

2.10.2. Derin kazı tasarımında, izin verilebilir deplasman olarak tanımlanan limit değer belirlenirken; kazı çalışmalarından etkilenebilecek çevre yapıların mevcut durumları, yapısal özellikleri ve kullanım amacına bağlı olarak hizmet koşulları dikkate alınmalıdır. Kazı destek sistemini oluşturan düşey duvarın arkasında kalan kaldırım ve yollar ile altyapı tesisleri de (normal/önemli yapılar Tablo 2.5) bu unsurlar arasında yer alır.

2.10.3. SLS hesaplarında dikkate alınacak tüm etkiler, zemin parametreleri ve dirençler için kısmi katsayı setleri 1.0 olarak kullanılır.

2.11. GEOTEKNİK ARAZİ KARAKTERİZASYONU

Geoteknik Arazi Karakterizasyonu geoteknik analizlerde ihtiyaç duyulan verilerin disiplinler arası (inşaat, jeoloji, jeofizik, geomatik vb. mühendislik bölümlerinin ilgili uzmanlık alanları) çalışmalar ile elde edildiği araştırmaların genel adıdır. Geçici ve kalıcı destek yapıları için en baştan geoteknik arazi karakterizasyonu planlaması yapmak tasarım sürecinin sağlıklı ve hızlı ilerlemesi için gereklidir.

2.11.1. Geoteknik arazi karakterizasyonunun kapsamı ve içeriği; Geoteknik Sorumlu, Zemin ve Temel Etüt Raporu hazırlayan ve varsa Geoteknik Danışmanın ortak kararıyla sondajlar yapılmadan önce belirlenir. Bu doğrultuda, arazi topoğrafyası, jeolojik birimler,

tabakalanma açısı, yeraltı suyu ve zemin/kaya özelliklerinin sağlıklı belirlenebilmesi için sondaj sayısı/yeri/derinliği ile yapılacak arazi ve laboratuvar deneyleri tariflenir.

2.11.2. Tasarımda kullanılacak geoteknik arazi karakterizasyonundaki araştırma noktaları, kazı destek yapısının her bir cephesi için gerektiği sayıda ve sıklıkta olacak (en çok 30 m. aralıkla) şekilde seçilmelidir (Şekil 2.5). Bununla birlikte, zemin koşullarının ve yeraltı suyu seviyesinin üniform olmadığı durumlarda, sondaj sayısı ve lokasyonları aralarındaki mesafe 20 m'yi geçmeyecek şekilde seçilir. Kazı derinliği H ise kazı destek hattında yapılacak sondajlar, destek yapısı elemanın ulaşacağı derinliğin en az 5 m altına kadar veya kazı taban kotundan itibaren en az 0.5H kadar daha derine (hangi değer daha büyükse) ulaşmalıdır. Kaya ortamlarda bu sondajlar Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışmanın onayı alınarak birim sürekliliğinin tespit edildiği durumlarda planlanan kazı taban kotundan itibaren kaya birimine girildikten en az 5.0 m sonra sonlandırılabilir.

2.11.3. Parsel dışında sondaj/deney yapma imkanı var ise bu tür çalışmaların destek yapısından yatayda 1.0H - 1.5H kadar mesafeyi içine alan bölgede, ankraj köklerinin kalması muhtemel bölgeyi de içine alacak şekilde yapılması önerilir. Şekil 2.5'de dayanma yapısı hattı ve çevresinde yapılması önerilen zemin araştırmasına ait tipik bir sondaj yerleşimi verilmektedir.

2.11.4. Kazı destek yapılarının tasarımında, sahadaki zemin koşullarına ve yükleme durumuna ve özellikle ince daneli zeminlerdeki drenaj hızına bağlı olarak hem drenajlı durum hem de drenajsız durum için geoteknik analizlerin yapılması gerekebilir. Bu nedenle arazi ve laboratuvar çalışmalarının hem drenajlı hem de drenajsız durum için zemin parametreleri elde edilecek şekilde planlanması gereklidir. Laboratuvar ve arazi deneyleri de buna göre planlanır.

2.11.5. Mukavemet parametreleri, küçük ve orta/büyük deformasyon modüllerinin elde edilmesi için yapılabilecek deneyler ve ilgili parametrelerin ölçümü için yeterlilikleri Tablo 2.4'de verilmektedir. Tablo 2.4'te verilmemiş farklı deneylerin uygunlukları Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından değerlendirilir.

2.11.6. Zemin ortamlarında yapılan kazı destek sistemleri için gerekli tasarım parametrelerinin elde edilebileceği deney tiplerinin seçiminde; KK-2'ye ve KK-3'e giren kalıcı destek sistemlerinde örselenmemiş numune alınabilen tabakalarda efektif gerilme parametreleri CD (konsolidasyonlu drenajlı) tipi üç eksenli basınç veya üç eksenli çekme deneylerinden elde edilir. Ayrıca modül değerleri için presiyometre deneyi yapılır.

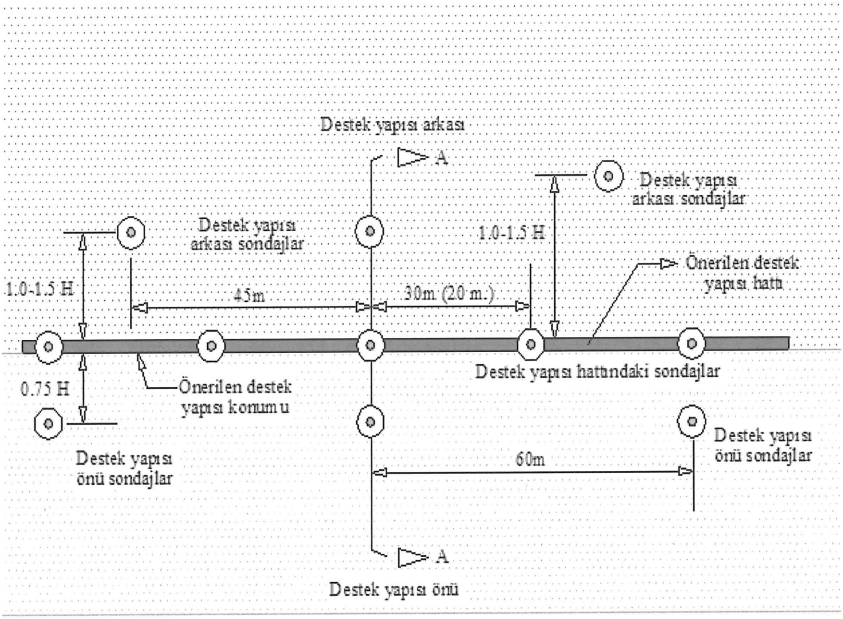
2.11.7. Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman, hazırlanmış olan Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu ile Geoteknik Raporda verilen parametrelerle ilgili olarak aşağıdaki yöntemlerden bir tanesini seçerek ilerler.

a) Geoteknik Raporda verilen karakteristik değerler uygun bulunursa aynen kullanır.

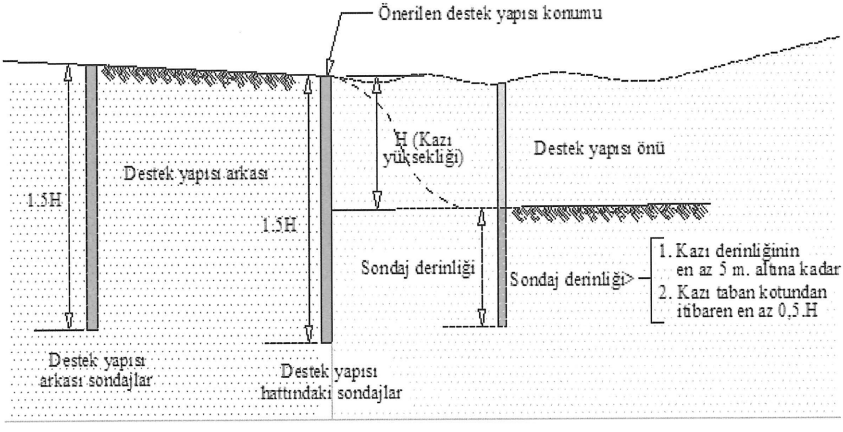
b) Geoteknik Raporda verilen karakteristik değerler Geoteknik Sorumlu tarafından uygun bulunmuyorsa gerekçe göstererek arttırılmak veya azaltılmak suretiyle değiştirilir. Böyle bir durumda seçilen değerlerin sorumluluğu Geoteknik Sorumludadır.

c) Verilen geoteknik parametrelerin sahadaki gerçek durumu temsil etmediği ve gerçekçi değerlerin elde edilebilmesi için mevcut zemin araştırmalarının nitelik

ve/veya nicelik açısından yeterli olmadığı görüşü hakimse gerekçelerini belirterek tamamlayıcı zemin araştırması (Kontrol Etütleri – Ek Etütler; bkz. Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatı) yapılması talep edilir.



Tavsiye edilen en uzun mesafeler.



Tavsiye edilen en kısa mesafeler.

Şekil 2.5. Ankrajlı Bir Dayanma Yapısında Araştırma Noktalarının Planlanması

Tablo 2.4. Deney Şartları İle Mukavemet Parametrelerinin Belirlenmesi Arasındaki İlişki

	Efektif parametreler	Toplam parametreler		Küçük deformasyon	Orta-büyük deformasyon	
	c'-ϕ'	c-ϕ	S_u	Eo veya Go	Eur	E veya G
UU üç eksenli	-	-	***	-	-	-
CU-u üç eksenli	***	***	***	*	***	***
CD üç eksenli	***	-	-	*	***	***
Direkt Kesme Deneyi	-	**	-	-	-	-
Serbest Basınç Deneyi	-	-	***	*	*	**
Veyn deneyi	-	-	***	-	-	-
CPTu	*	*	*	*	*	*
SPT	-	*	*	*	*	*
PMT/DMT	*	*	*	*	***	***
Jeofizik deneyler	-	-	-	***	*	*
Çevrimsel Basit Kesme Deneyi	-	-	-	-	***	***
Bender Eleman	-	-	-	***	*	*
Rezonant Kolon Deneyi	-	-	-	***	*	***

*** Kontrol edilebilir deney şartlarında doğrudan ölçülür.
** Tam kontrollü olmayan deney şartlarında doğrudan ölçülür.
* Ölçüm sonuçlarından dolaylı olarak elde edilir.

2.12. DEPLASMAN KRİTERLERİ

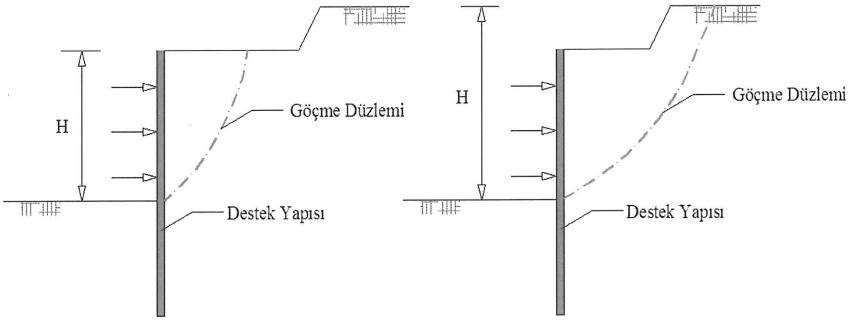
2.12.1. Kazı çalışmaları sırasında ve sonrasında

a) Destek yapısında oluşan deplasmanlar/deformasyonlar ile

b) Destek yapısının arkasında kalan zemin ortamında, altyapı hatlarında ve yapılarda oluşan deplasmanlar/deformasyonlar,

sınırlandırılmalıdır.

2.12.2. Destek yapısında oluşan sınır deplasman değeri, destek yapısının üst kotu ile nihai kazı tabanı arasında kalan H kazı derinliğinin makul bir oranı olarak belirlenmelidir (Şekil 2.6). Sınır deplasman değeri geoteknik proje raporunun tasarım esasları başlığı altında verilir.



Şekil 2.6. Kazı Derinliği, H

2.12.3. Destek yapısının kendisinde oluşan deplasmanlar/deformasyonlar;

a) Kazı destek sisteminin türü (konsol, ankrajlı vb.),

b) Kazı derinliği,

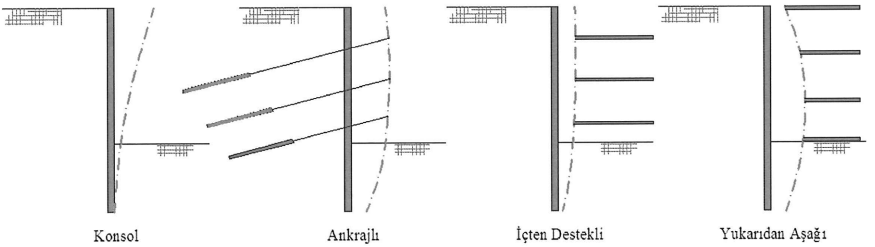
c) Cephe uzunluğu,

d) İlk yatay destek elemanın konumu,

e) Destek yapısının rijitliği,

f) Zemin türü

gibi birçok etkene bağlı olarak değişkenlik gösterir. Destek sisteminin türüne bağlı olarak kazı destek elemanında gözlenen tipik deplasman biçimleri Şekil 2.7'de verilmektedir.



Şekil 2.7. Kazı Destek Yapılarında Gözlenen Deplasman Biçimleri

2.12.4. Destek yapısının arkasında kalan zeminde, altyapı hatlarında ve yapılarda oluşan deplasmanlar/deformasyonlar;

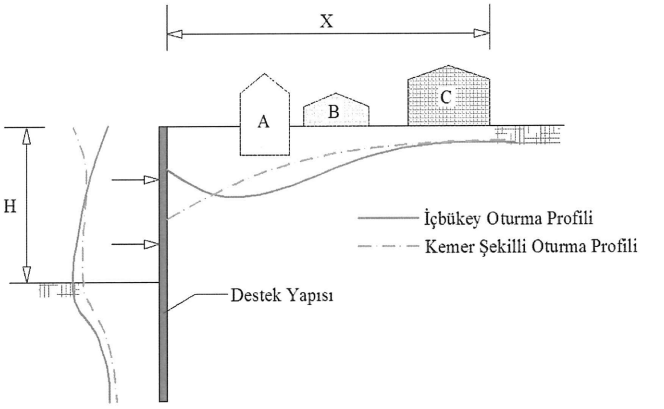
a) Zemin koşulları,

b) Altyapı hatlarının konumu,

c) Binalar için yapısal elemanların durumu (maruz kaldığı yükler, hasarlar, bozulmalar vb), temel sistemi vb.

d) Binaların destek yapısı ile arasındaki mesafeleri vb.; etkilere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Geoteknik Sorumlu, kazı ve kazı destek çalışmalarından etkilenebilecek X yatay mesafesini en az $2xH_{maks}$ olacak şekilde belirlemelidir. Kazı çukurunun çevresindeki arazi eğiminin yukarıya doğru 15° den fazla olması durumunda yukarıda

belirtilen $2xH_{maks}$ mesafesi, bu eğimin kazı çukuruna olan olası etkilerini de dikkate alacak şekilde genişletilmelidir. X mesafesi içinde kalan ve destek yapısı hareketlerinden etkilenebilecek yapıları tanımlamalı, yapılarda oluşabilecek yatay ve düşey hareketlerin takip edilmesi için ölçüm sistemlerinin kurulmasını önermelidir. Destek yapısının arkasında kalan zeminde gözlenebilecek tipik deplasman biçimleri Şekil 2.8'de verilmektedir.



Şekil 2.8. Destek Yapısında ve Arkasında Gözlenen Tipik Deplasman Biçimleri

2.12.5. Geoteknik Sorumlu, kazı nedeniyle komşu yapılarda meydana gelebilecek deplasmanların, yapının hasar görmeden tolere edebileceği değerleri aşmamasını sağlamakla yükümlüdür. Üst sınır olarak komşu yapılardaki dönme miktarı statik yükleme durumunda 1/500, deprem durumunda ise 1/250 değerlerini aşmamalıdır. Bu değerlerden daha yüksek dönme miktarına, belirlenecek değerin komşu yapıda herhangi bir yetersizliğe neden olmadığı detaylı hesaplarla gösterilmediği takdirde izin verilmez. Önemli yapılarda (Tablo 2.5) izin verilecek dönme miktarı değerleri için Geoteknik Sorumlu daha güvenli tarafta kalacak kriterler belirler.

2.12.6. Hesap raporunda tolere edilebilir deplasman değerleri olarak, kazı destek sisteminin yatay deplasmanları ve kazı destek sisteminin arkasındaki yapıların düşey deplasmanları her kazı kademesi için ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Uygulama sırasındaki deplasman ölçümleri her kazı kademesi için hesapla bulunan deplasman değerleri ve tolere edilebilir deplasman değerleri karşılaştırılmalı ve tehlikeli bir durum meydana gelmeden tedbir alınmalıdır.

2.12.7. Ankrajlı sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için genellikle $\delta h = 0.003H$ (kazı derinliğinin binde üçü) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

2.12.8. Zemin çivili sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için $\delta h = 0.005H$ (kazı derinliğinin binde beşi) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

2.12.9. Konsol sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için $\delta h = 0.010H$ (kazı derinliğinin yüzde biri) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

2.12.10. İçten destekli sistemler için ise meydana gelecek yanal deplasmanlar $\delta h/H$ = ‰ 2.5 - ‰ 5.0'i (kazı derinliğinin binde ikibuçuğu ila binde beşi) değerleri arasında kalacak şekilde bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değerleri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

2.12.11. Kazı destek sisteminin arkasında bulunan yapıların herhangi bir hasar meydana gelmeden tolere edebileceği deplasman değerleri ayrıca belirlenmeli ve yukarıda verilen üst limit değerleri buna göre düşürülmelidir.

2.13. TAMAMLANMAYAN VEYA DURDURULAN KAZILAR

2.13.1. Geçici olarak planlanmış olan bir kazı çukurunda herhangi bir cephesi iki yıldan daha uzun süre açık kalan veya kalacağı anlaşılan kazı destek yapılarının kazı kategorisi Kategori-3'e yükseltilir. Böyle bir durumda, sahada görsel incelemeler, gerekli analizler yapılarak ve aletsel ölçüm sonuçları incelenerek söz konusu kazı çukuru için alınacak ilave tedbirler belirlenir.

2.13.2. Kazı çukurunun açık kalacağı süre, gerekli ilave tedbirlerin alınması, kazı destek yapısı arkasındaki komşu yapılar bakımından herhangi bir olumsuz durum oluşmaması ve kazı destek yapısında hem de komşu yapılarda meydana gelen deplasmanların ve/veya dönmelerin aletsel ölçümlerle periyodik olarak takip edilmesi koşuluyla en fazla dört yıla kadar uzatılabilir. Bu karar yukarıda belirtilen iki yıllık süre tamamlanmadan önce alınmalıdır.

2.13.3. Kazı çukurunun açık kaldığı sürenin iki yılı aşması halinde, imalat tarihinden itibaren iki yılı dolduran tüm ankrajlarda sırası geldikçe tek tek germe testleri yapılmalı ve projelendirme sırasında öngörülen yükleri halen taşımakta oldukları teyit edilmelidir. Bu testler sırasında yük kaybı meydana geldiği görülen ankrajlarla ilgili olarak nasıl bir tedbir alınacağı Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından belirlenecektir.

2.13.4. Geçici olarak tasarlanmış bir kazı destek yapısının desteklediği kazı çukurunun dört yıldan daha uzun süre açık kalmasına hiçbir surette izin verilmez.

2.13.5. Geçici olarak tasarlanmış bir kazı destek yapısının imalat faaliyetlerinin herhangi bir sebeple dört yıldan daha uzun süre geçici veya kalıcı olarak durdurulması halinde, kazı çukuru subasman seviyesine kadar doldurulmalıdır.

2.13.6. Kazı çukurunun doldurulması halinde, imalatı tamamlanmış olan ankrajlara dolgu işlemi ve sonradan tekrar kazı işlemi sırasında herhangi bir zarar verilmemesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Kazıya tekrar başlanması halinde önü doldurulmuş olan tüm ankrajlarda kazı işlemine paralel olarak tek tek germe testleri yapılmalı ve projelendirme sırasında öngörülen yükleri halen taşımakta oldukları teyid edilmelidir. Bu testler sırasında yük kaybı meydana geldiği görülen ankrajlarla ilgili olarak nasıl bir tedbir alınacağı Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından belirlenecek, hasar görmüş olan ankrajlar yok sayılarak yerlerine yenileri yapılacaktır.

2.13.7. Çukurun doldurulması yerine kazı destek yapısının rijit iç destek elemanlarıyla takviye edilmesinin tercih edilmesi halinde bu işlemle ilgili uygulama projeleri Geoteknik Sorumlu tarafından hazırlanacaktır.

2.14. KAZI DESTEK YAPILARINDA DEPREM ETKİSİ

2.14.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Kazı destek sistemlerinin tasarımında kullanılacak deprem yer hareketi düzeylerinin belirlenmesinde, bu Uygulama Esaslarının konusunun ihtiyaçları kapsamında TBDY'de dört olarak tanımlanan deprem yer hareketleri yerine aşağıda tanıtılan beş farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

2.14.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.14.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.14.1.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2a (DD-2a)

DD-2a *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %25 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 144 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart "ön tasarım" deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.14.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelemektedir.

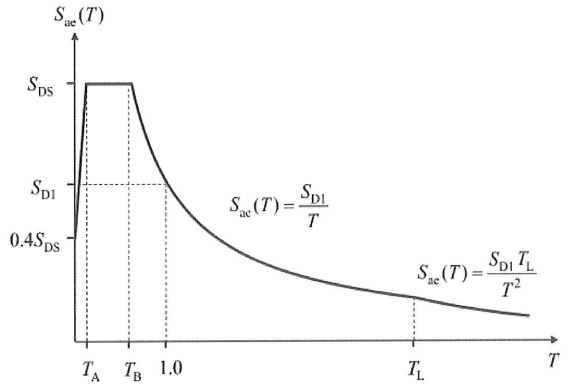
2.14.1.5. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.14.2. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları ve Parametreleri

2.14.2.1. Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için, TBDY Bölüm 2'de açıklandığı üzere harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak standart biçimde veya

sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanırlar. Şekil 2.9'de TBDY 'de tanımlanan yatay elastik ivme tasarım spektrumu ve parametreleri görülmektedir.



Şekil 2.9. TBDY'de Tanımlanan Yatay Elastik İvme Tasarım Spektrumu

2.14.2.2. Boyutsuz harita tasarım spektral ivme katsayıları, S_{D1} ve S_{DS} yerel zemin sınıfı tanımlanarak DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında kullanılarak elde edilir.

2.14.2.3. DD-2a (144 yıl dönüş periyotlu) deprem yer hareketi için ivme katsayıları Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında; $S_{DS,144}$; DD-2 (475 yıl tekrarlanma periyotlu) ve DD-3 (72 yıl tekrarlanma periyotlu) yer hareketlerinden sırasıyla elde edilen $S_{DS,475}$ ve $S_{DS,72}$ pik spektral ivmeleriyle B.2.5 bağıntısı ile hesaplanır:

$$log(S_{DS,144}) = \left(0.37 * log\left(S_{DS,475}\right)\right) + \left(0.63 * log(S_{DS,72})\right) \qquad \text{(B.2.5)}$$

2.14.2.4. Sahaya özel spektrum elde edilmesi durumunda, TBDY Bölüm 2.4'te tanımlanan hususlar geçerlidir.

2.14.3. Deprem Etkisini Dikkate Alan Analiz Yöntemleri

2.14.3.1. Kazı destek yapısı sisteminin geçici veya kalıcı olması, dikkate alınacak deprem yer hareketi düzeylerinin seçimini belirler.

2.14.3.2. Kazı destek yapısının tasarımında hem kazı çukuru içindeki (inşa edilecek yapı veya bina) hem de arkasında bulunan yapılar dikkate alınır. Bunlar, Tablo 2.5'te görüldüğü gibi normal ve önemli yapılar olacak şekilde ikiye ayrılmıştır.

2.14.3.3. Geçici ve kalıcı destek yapılarının deprem etkisini dikkate alan tasarım yöntemleri için Tablo 2.6 takip edilir.

2.14.3.4. Sismik yükler altındaki analizler Yöntem 1 veya Yöntem 2'den herhangi bir tanesi kullanılarak yapılabilir. Analizlerden elde edilen sonuçlar Tablo 2.7'deki kriterleri sağlamalıdır.

2.14.3.5. Statik-eşdeğer deprem hesabında yatay eşdeğer ivme katsayısı (k_h);

$$k_h = \frac{0.4 S_{DS}}{r} \quad \text{(B.2.6)}$$

denklemi ile hesaplanır. S_{DS} değerleri Tablo 2.6'da tanımlanan deprem düzeyleri için Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndan elde edilir. r katsayısı ise destek yapısının tipine ve bu yapının yer değiştirmesine bağlı olarak Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Normal ve Önemli Yapı Tanımı

Yapı Tanımı	Kazı çukuru içinde ve arkasında bulunan yapılar
Normal Yapılar	TBDY Tablo 2.1'de tanımlanan BKS=2 ve BKS=3'e giren binalar Yollar Altyapı hatları vb.
Önemli Yapılar	TBDY Tablo 2.1'de tanımlanan BKS=1'e giren binalar, Tarihi yapı ve eserler Kritik öneme sahip altyapı hatları, Önemli yol ve caddeler (çok şeritli otoyollar, ağır tonajlı araçların kullandığı yollar, insan kalabalığının fazla olduğu şehir içi caddeler vb.) Demiryolları ve metro yapıları Deplasman ve titreşim etkilerine hassas yapılar

Tablo 2.6. Geçici ve Kalıcı Kazı Destek Yapılarının Sismik Tasarım Yöntemleri İle Dikkate Alınacak Deprem Düzeyleri

Tasarım Yöntemi	Yöntem 1 Statik Eşdeğer Hesap	Yöntem 2 Şekil Değiştirmeye Göre Hesap	
		1. Aşama Statik Eşdeğer Hesap	2. Aşama Zaman Tanım Aralığında Hesap
Geçici destek sistemlerinde (Tüm KK-1 ve KK-2'nin H<15m olduğu geçici sistemler için)	-	-	-
Geçici destek sistemlerinde (KK-2'nin H≥15m olduğu ve KK-3 olan geçici sistemler için)	DD-4	-	DD-4
Kalıcı destek sistemlerinde (Normal yapılar için)	DD-2	DD-2a	DD-2
Kalıcı destek sistemlerinde (Önemli yapılar için)	DD-1	DD-2a	DD-1

Tablo 2.7. Depremli Durum Hesabında Kullanılabilecek Yöntemler ve Kontrol Kriterleri

		Kontrol Kriterleri
Yöntem 1 Statik Eşdeğer Hesap		Sadece göçme kontrolü yapılır. Malzeme ve yük kısmi katsayıları 1.0 alınarak güvenlik sayısının 1.0'den büyük olması aranır. Deplasman kontrolü yapılmaz. Yapısal elemanların kesit tesirleri statik durum ile karşılaştırılarak yapısal/betonarme hesaplarda olumsuz olan durum kullanılır. Daha ekonomik çözüm aranması ya da güvenlik sayısının 1.0'dan düşük olması durumunda Yöntem 2'ye geçilir.
Yöntem 2 Şekil Değiştirmeye Göre-Hesap	**1. Aşama Statik Eşdeğer Hesap**	Sadece göçme kontrolü yapılır. Malzeme ve yük kısmi katsayıları 1.0 alınarak güvenlik sayısının 1.0'den büyük olması aranır. Deplasman kontrolü yapılmaz. Göçme olmadığı gösterildikten sonra 2. aşamaya geçilir.
	2. Aşama Zaman Tanım Aralığında Hesap	Deplasman kontrolü yapılır Yapısal elemanların betonarme hesapları, depremsiz durumda elde edilen faktörlü kesit tesirleri ile depremli durumda 2. Aşamada elde edilen kesit tesirlerinden büyük olanı alınarak yapılır.

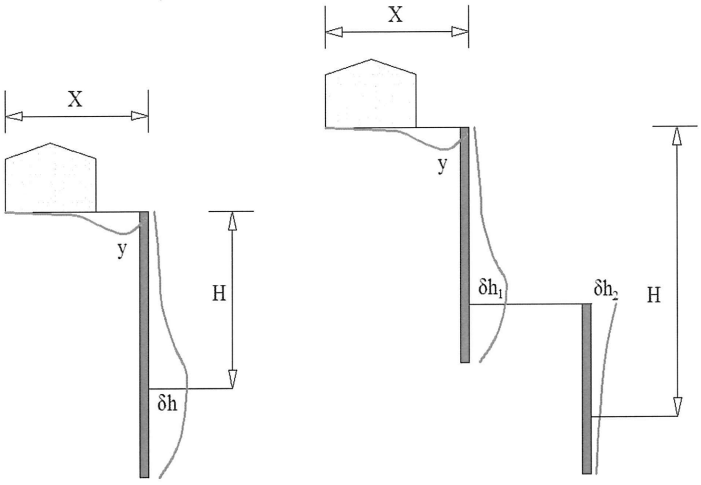
Tablo 2.8. Kazı Destek Yapısının Tipine ve Yapacağı Yer Değiştirme Miktarına Göre "r" Katsayısı Değerleri (Sadece Statik Eşdeğer Hesap Yöntemi İçin Geçerlidir)

Destek Yapısının Tipi	r
En fazla 120 S_{DS} (mm) yer değiştirmeye izin verilen konsol kazıklı, zemin çivili sistemler	2.0
En fazla 80 S_{DS} (mm) yer değiştirmeye izin verilen konsol kazıklı, zemin çivili sistemler ve ankrajlı duvarlar	1.5
İçten destekli duvarlar, yer değiştirmesine izin verilmeyen diğer duvarlar	1.0

2.14.3.6. Statik eşdeğer yöntem ile yapılacak deprem hesaplarında, Tablo 2.1'de sıfırdan farklı değere sahip kısmi katsayıların tamamının değerleri 1.0 olacaktır. Tablo 2.1'de değeri sıfır olarak tanımlanmış katsayıların değerleri sıfır olarak kalacaktır. Bu şekilde yapılacak hesaplardan elde edilen güvenlik sayısının 1.0'den büyük olması gerekir.

2.14.3.7. Yöntem 2'deki hesaplar için gereken zaman tanım alanında deprem yer hareketlerinin tanımlanması için ise TBDY Bölüm 2.5. Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması başlığı altındaki esaslar dikkate alınır.

2.14.3.8. Kalıcı yapılarda Yöntem 2'nin 2. Aşama hesaplarında $\delta h/H$, y ve β_{maks} parametreleri (Şekil 2.10) için limit değerler Geoteknik Sorumlu tarafından hesap raporunda "Tasarım Esasları" başlığı altında tanımlanmalıdır. Yapısal elemanların tasarımında Tablo 2.7'de tanımlanan yöntem ve kontrol kriterleri izlenir.



H: Toplam kazı derinliği
X: Destek yapısı hareketlerinden etkilenen yatay mesafe
δh : Destek yapısının hesaplanan en büyük yatay deplasmanı
y: Destek yapısı arkasında X mesafe içerisinde hesaplanan en büyük oturma
β_{maks}: Destek yapısı arkasında X mesafe içerisinde hesaplanan en büyük açısal dönme

Şekil 2.10. Kalıcı Kazılardaki Geometrik Koşulların Tarifi

2.15. KALICI YAPILARIN TASARIMI

2.15.1. Kalıcı kazı destek yapılarının bir kısmının veya tamamının mülkiyet sınırı dışına taştığı durumlarda mülkiyet sınırı dışında yapılacak imalatlar için ilgili idare ve ilgili mülk sahibinden gerekli izinler alınmalıdır.

2.15.2. Kalıcı kazı destek yapılarının tasarımında deprem kuvvetlerinin etkisi dikkate alınmalı ve Tablo 2.6'da tanımlanan yöntemler kullanılmalıdır.

2.15.3. Kalıcı kazı destek yapılarının tüm elemanları yapı ömrü boyunca malzeme özelliklerini koruyacak şekilde tasarlanmalıdır. Beton ve çelik elemanlarda gözlenebilecek durabilite problemleri madde 2.5'te açıklanmıştır.

2.15.4. Çelik elamanlarda uygulanacak korozyon korumasına ait esaslar ve uygulama detayları madde 3.2.3'te açıklanmaktadır.

2.15.5. Kalıcı kazı destek yapılarının yüzeysel ve yeraltı suyu etkilerinden korunması amacıyla servis ömrü boyunca etkin olarak çalışan bir drenaj sisteminin tesis edilmesi gerekir.

2.15.6. Tüm kalıcı ankrajlı kazı destek yapılarının geoteknik proje tasarım raporunda, servis ömrü boyunca ankrajlar üzerinde yapılması gereken halattaki öngermenin muhafaza edilip edilmediği ile ilgili yapılacak periyodik ölçümlerin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla ankraj halatlarının yeniden kriko ile gerilebilmesini sağlayacak uzunlukta bırakılması, açıkta kalan ankraj halatlarının ve ankraj kafalarının darbelere karşı korunması, bu ankraj halatlarının korozyona karşı korunması için önlem alınması ve ayrıca periyodik okumalar ile kazı destek sisteminin performansının takip edilebildiği

aletsel gözlem sisteminin tanımlanması, tanımlı aletsel gözlem sisteminin de yapı ömrü boyunca kullanılabilir olması gerekir.

2.15.7. Kalıcı ankrajlı sistemlerde ankrajlarda oluşabilecek gerilme boşalmalarında, ankrajların yeniden gerilebilmeleri ve eğer bu gerilme sağlanamıyorsa ankrajın yeniden imalini mümkün kılacak çalışma alanı öngörülmelidir. Yeniden ankraj yapılacak çalışma alanının sağlanmasının mümkün olmadığı durumlar (kazı destek yapısı ile bina arasında çok az mesafe kalması, ankrajların çok yüksekte kalması vb.) tasarım sırasında dikkate alınmalı ve alternatif ilave tedbirler planlanmalıdır.

2.15.8. Kalıcı kazı destek yapılarına ait geoteknik tasarım hesap raporlarında, Geoteknik Sorumlu tarafından deplasman ve yük kaybı için limit seviyeler tanımlanmalıdır. Her bir limit seviye için alınması gereken tedbirler hesap raporunda açıklanmalıdır. Hesap raporunda tanımlanan limit seviyeler, aletsel gözlem sisteminden alınan okumalarla tüm servis ömrü boyunca takip edilmelidir. Gerekmesi durumunda yapısal elemanlarda bakım yapılmalıdır.

2.16. HİDROLİK HESAPLAR VE STABİLİTE

2.16.1. Geoteknik Sorumlu, kazı destek yapısı sisteminin seçiminde yeraltı suyunun yaratabileceği muhtemel problemleri dikkate almalıdır. Bu problemlerden bazıları şu şekilde ifade edilebilir (Şekil 2.11):

a) Geçirimsizlik duvarlarında, destek yapısı yüzeyinde ve birleşim yerlerinde, uygulama yönteminin doğası nedeniyle ya da uygulama hatasından kaynaklanan su çıkışı,

b) Kazı destek yapısı düşey elemanı altından su çıkışı,

c) Farklı geçirimliliğe sahip tabakaların arayüzeyinden su çıkışı,

d) Artezyen tabakanın kazı tabanına yakın olduğu durumlarda, kazık soket ucunun artezyen tabakada kalması halinde su çıkışı,

e) Susuzlaştırma sonucu oluşan su akımı.

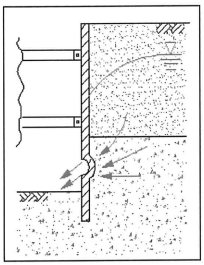
2.16.2. Kazı çalışmaları nedeniyle oluşan yeraltı suyu hareketleri ve su basınçları, stabilite hesaplarında göz önüne alınır. Bu kapsamda sızıntı, borulanma problemi, hidrostatik su basınçları, artezyen koşulları vb. problemler hesaplarda dikkate alınmalıdır.

2.16.3. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu ölçümlerle ortaya konulduğu takdirde kazı destek yapısı sistemi seçimi için Tablo 1.2'nin su geçirimsizliği kriterinden yararlanılır.

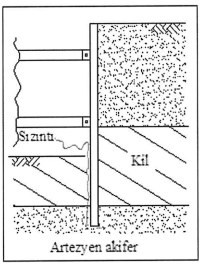
2.16.4. Kazı nedeniyle yeraltı su seviyesinde oluşabilecek değişimlerin çevre yapılara olan etkileri hesaplarla gösterilmeli, komşu yapıların taşıyıcı sisteminde veya taşıyıcı olmayan elemanlarında herhangi bir hasar oluşmasına izin verilmeyecek şekilde gerekli tedbirler alınmalıdır.

2.16.5. Komşu yapıların taşıyıcı sisteminde veya taşıyıcı olmayan elamanlarında mevcut hasarların bulunduğu durumlarda yeraltı su seviyesinin düşürülmesine izin verilmez.

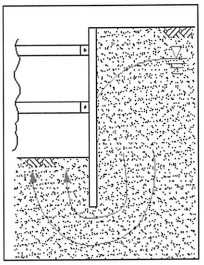
2.16.6. Yeraltı suyu akımına bağlı hesaplar ve kontrolleri Tablo 2.2'deki katsayılar kullanılarak yapılmalı ve sistemin güvenli olduğu gösterilmelidir.



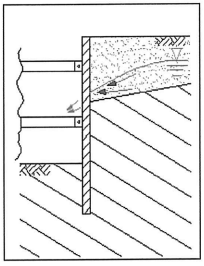
(a) Hatalı duvar imalatlarından oluşan su akışı



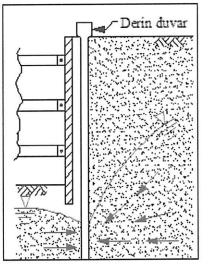
(b) Duvar arayüzü boyunca akış



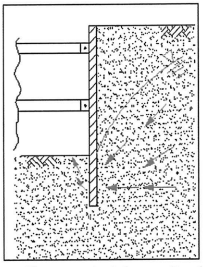
(c) Duvar altından akış (Kaynama)



(d) Tünek yeraltı suyu akışı



(e) Susuzlaştırma sebebiyle oluşan akış



(f) Duvar kök boyu altında geçirgen bölgede yer altı suyu akışı

Şekil 2.11. Su Akışına Bağlı Duvar Hareketleri (Clough ve O'Rourke, 1990)

2.17. GEOTEKNİK PROJE TASARIM RAPORU VE ÇİZİMLERİ

2.17.1. Geoteknik proje tasarım raporu aşağıdaki başlıklardan oluşmalıdır.

a) Giriş ve Amaç,
b) Mimari ve Statik Proje ile Kesitler,
c) Çevre Yapıların Durumu ve İksa Yapısı ile Etkileşimleri,
d) Geoteknik Arazi Karakterizasyonu,
e) Hesaplarda dikkate alınan yeraltı suyu seviyesi ve hesaba dahil edilme şekli,
f) Proje kabulleri,
g) Kazı Kategorisi ve Sistem Seçimi,
h) Kazı ve Uygulama Programı,
i) Deprem Etkisi,
j) Tasarım Esasları,
k) Sayısal Analizlerin Sonuçları,
l) Betonarme ve Yapısal Tasarım,
m) İmalat Aşamaları,
n) Aletsel Gözlemleme Sistemi - Performans Seviyeleri,
o) Her kazı aşaması için beklenen yatay deplasman değerleri,
p) Sonuçlar,
r) Uygulama Teknik Şartnameleri,

2.17.2. Geoteknik proje tasarım raporunun eki olan geoteknik proje çizimlerinde aşağıdaki paftalar ve dokümanlar yer almalıdır.

a) Vaziyet planı (kazı destek yapısı elemanları, mevcut arazi kotları ve inşa edilecek yapı gözükecek şekilde),
b) Geoteknik projeye ait plan detayları,
c) Her bölüme ait drenaj hatları, su toplanma ve uzaklaştırma noktalarının ilgili plan ve kesitleri,
d) Her bölüme ait kesitler,
e) Her kesit için hesaplarda dikkate alınan sürşarj yükleri,
f) Her bölüme ait cephe görünüşleri,
g) Betonarme elemanların donatı detayları,
h) Yatay destek elemanlarının (ankraj, zemin çivisi, içten destek) imalat detayları (geçici ve kalıcı olanlar için ayrı ayrı),
i) Bina ve kazı destek yapısı sistemi arasındaki ilişki (mesafeler, döşeme kotları, temel taban kotu vb.),
j) İmalat aşamaları paftası,
k) Aletsel gözlem sistemi paftası,
l) Proje notları ve uyulacak ulusal ve/veya uluslararası norm ve standartlar,
m) Yapı Durum Tespiti Teknik Raporu (EK-2A Uygulama Eki).

2.17.3. Geoteknik proje çizim paftaları hazırlanırken aşağıdaki hususlara uyulmalıdır:
a) Destek yapısı elemanlarına ait yerleşim planı, plan detayları, tipik kesitler, cephe görünüşleri, donatı detayları ve ankraj detayları çizim paftalarında yer almalıdır.
b) Kesit ve detay yerleri planda ve cephe görünüşlerinde gösterilmelidir. Hangi kesitin hangi bölgede yer aldığı belirtilmelidir.
c) Planda ve kesitlerde arazi yüzeyi, parsel sınırı, yapı yaklaşma sınırı ve inşa edilecek bina temeli ile bodrum kat dış perdesi gösterilmelidir.
d) Planda ve kesitlerde komşu parsellerdeki yeraltı ve yerüstü yapıları ile ankraj veya kazık imalatını etkileyebilecek altyapı hatları kotlarıyla birlikte gösterilmelidir.
e) Geçici ve kalıcı dayanma yapılarının ayrı ayrı olmak üzere projeler üzerinde plan, kesit ve görünüş bazında tek tek belirtilmesi gerekir. Destek yapısının hangi bölümlerinin kalıcı, hangi bölümlerinin geçici olarak detaylandırıldığı, varsa imalat/kazı aşamaları ve süre kısıtları geoteknik proje üzerinde ve antet bölümünde belirtilmelidir.
f) Kesitlerde ankraj test yükü, kilit yükü ve proje yükü ayrı ayrı gösterilmelidir.
g) Geoteknik enstrümantasyon (inklinometre, loadcell, ekstansometre, piyezometre vb.) noktaları plan ve cephe görünüşlerinde gösterilmeli ve ölçüm periyodu notlarda belirtilmelidir.
h) Proje notlarında her bir destek yapısı elemanı tipi için gerekli uygulama kriterleri belirtilmelidir.
i) Çizimler diğer proje disiplinlerinin çizimleriyle uyum içinde olmalı ve aynı kot sistemi kullanılmalıdır.
j) Kazı destek yapısı üst kotları belirlenirken hem mevcut arazi kotları, hem de nihai peyzaj kotları dikkate alınmalıdır.

2.17.4. Yapılan kabuller ve hesap kriterlerine ilişkin hususların geoteknik proje tasarım raporunda detaylı olarak belirtilmesi, geoteknik proje tasarım raporundaki hususların geoteknik proje çizimleri üzerinde de detayının verilmesi gerekir.

BÖLÜM 3: KAZI DESTEK SİSTEMLERİ HESAP ESASLARI

Ülkemizde yaygın olarak uygulanan kazı destek sistemlerine ilişkin hesap esasları bu bölümde verilmiştir.

3.1. SEMBOLLER, TANIMLAR VE KISALTMALAR

3.1.1. Ankrajlı Sistemler

A_t	:	Toplam halat kesit alanı
B	:	Kazı genişliği
B′	:	Yumuşak killerde taban kabarması tahkiklerinde hesaba katılan zemin kütlesinin genişliği
B_{rijit}	:	Katı killerde taban kabarması tahkiklerinde hesaba katılan zemin kütlesinin genişliği
D	:	Kök bölgesi etkin çap değeri
E_t	:	Ankraj halatı elastisite modülü
GDA	:	Gerilme-deformasyon analizleri
GS	:	Güvenlik sayısı
h	:	İksa düşey elemanı soket boyu
H	:	Kazı derinliği
K_I	:	Basınçsız enjeksiyon yöntemi ile imal edilen ankrajlar için zemin basıncı katsayısı
K_A	:	Aktif toprak basıncı katsayısı
L_{app}	:	Görünür halat serbest uzunluğu
LEM	:	Limit denge yöntemi (Limit equilibrium method)
L_{ta}	:	Halat toplam boyu
L_{tb}	:	Halat kök boyu
L_{td}	:	Delgi boyu
L_{te}	:	Kriko içindeki halat uzunluğu, ankraj dış boyu
L_{tf}	:	Halat serbest uzunluğu
N_s	:	Stabilite sayısı
p	:	Yatay toprak basıncı
P_0	:	Ankraj kilitleme yükü
P_a	:	Testte boşluk alma yükü, başlangıç yükü
P_k	:	Ankraj karakteristik yükü
P_d	:	Ankraj tasarım yükü
P_p	:	Testin ispat yükü
$P_{t,k}$	:	Ankraj demeti veya çubuğunun karakteristik yük kapasitesi
$P_{t,01k}$	:	% 0.1 kalıcı birim şekil değiştirmenin olduğu yerdeki karakteristik çekme yükü
R_a	:	Ankraj kök dayanımı
$R_{ULS,m}$	:	Ölçülen ankraj sıyrılma direnci
s	:	Toplam şekil değiştirme (mm)
s_a	:	t_a zamanında ankraj çubuk veya halatında ölçülen deplasman
s_b	:	t_b zamanında ankraj çubuk veya halatında ölçülen deplasman

s_{el} : Elastik şekil değiştirme (mm)
s_h : Yatay ankraj aralığı
s_v : Düşey ankraj aralığı
s_{pl} : Plastik şekil değiştirme (mm)
SSI : Zemin-destek yapısı etkileşimi analizleri (Soil-structure interaction)
S_u : Drenajsız kayma mukavemeti
t_a : İlgili zaman aralığının başlangıcı
t_b : İlgili zaman aralığının bitişi
T_f : Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi
T_k : Ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi
T_d : Ankraj kökü tasarım taşıma kapasitesi
UCS : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı
α_a : Adezyon faktörü
α_{krip} : Krip (sünme) hızı
$\alpha_{krip,1}$: Limit krip (sünme) hızı
$\alpha_{krip,ULS}$: Ankraj sıyrılma direncine ulaşıldığında krip (sünme) hızı
χ : Ankraj serbest boyunu göçme düzlemi dışına çıkarmak için yapılan boy uzatması
Δs : İlgili zaman aralığında ankraj çubuk veya halatında ölçülen deplasman farkı
Δs_{el} : Halat elastik kısalması
ϕ' : Zeminin efektif kayma direnci açısı
γ : Zeminin birim hacim ağırlığı
γ_{EQ} : Dinamik etkiler için kısmi katsayı
τ_f : Ankraj kökü nihai çeper sürtünmesi
τ_{maks} : Kaya enjeksiyonu temas yüzeyinde oluşan nihai sürtünme direnci
ξ : Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı

3.1.2. Zemin Çivili Sistemler

$A_{s,nom}$: Çelik çubuğun nominal alanıdır
C : Zemin cinsine bağlı katsayı
D : Zemin çivisi deliğinin çapı (m)
D_{bar} : Zemin çivisi donatısının çapı (m)
D_{DEF} : Deformasyonların etkili olduğu mesafe
E_d : Faktörlenmiş tasarım etkileri
f_{yk} : Çelik çubuğun karakteristik akma mukavemeti
h_1 : En üst kademe zemin çivisiyle duvar üstü arasındaki düşey mesafe (m)
k : Çivi çekme deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan bir katsayı
L_a : Zemin çivisinin kayma düzlemi üstünde kalan uzunluğu (m)
L_e : Zemin çivisinin kayma düzlemi altında kalan uzunluğu (m)
$L_{b,t}$: Çekme deneyi yapılan çivinin kök boyu, enjeksiyonlanmış boy
$L_{db,t}$: Çekme deneyi yapılan çivinin enjeksiyonlanmamış serbest boyu
LI : Likidite indisi
L_n : Zemin çivisi boyu

$M_{devrilme}$: Kayma dairesinin merkezindeki kaymayı tetikleyen eden moment

$M_{direnç}$: Kayma dairesinin merkezindeki kaymaya karşı koyan moment

P : Kaplama tasarımında kullanılacak düzgün yayılı basınç değeri

PI : Plastisite indisi

P_{test} : Maksimum test yükü

P_{ult} : Çivi çekme deneyinde ölçülen nihai yük

P_d : Çivi tasarım taşıma kapasitesi

P_k : Çivi karakteristik taşıma kapasitesi

R_d : Faktörlenmiş tasarım direncinin

R_{td} : Çelik çubuğun tasarım çekme mukavemeti

R_{tk} : Çelik çubuğun karakteristik çekme mukavemeti

s_1 : t_1 zamanında zemin çivisindeki deplasman

s_2 : t_2 zamanında zemin çivisindeki deplasman

s_h : Yatay çivi aralığı

s_v : Düşey çivi aralığı

t_1 : İlgili zaman aralığının başlangıcı

t_2 : İlgili zaman aralığının bitişi

T_d : Tasarım çivi çekme yükü

$T_{d,maks}$: Maksimum tasarım çivi çekme yükü

T_{maks} : Maksimum çivi çekme yükü

T_o : Çivi kafasındaki çekme yükü

T_w : Öngörülen maksimum çivi servis yükü

w : Zemin çivisi plakası genişliği (m)

α_a : Adezyon faktörü

β_1 : Duvarın yatayla yaptığı açı (°)

$\beta 2$: Duvar arkasındaki şevin yatayla yaptığı açı (°)

$\beta 3$: Zemin çivisinin yatayla yaptığı açı (°)

$\beta 4$: Duvarın düşeyle yaptığı açı (°)

δ_h : Duvar tepesindeki yatay deplasmanı

δ_v : Duvar tepesindeki düşey deplasmanı

$\gamma_{c'}$: Çivi tasarımında zemin özelliği kısmi katsayısı (efektif kohezyon)

γ_{su} : Çivi tasarımında zemin özelliği kısmi katsayısı (drenajsız kayma muk. açısı)

γ_d : Arttırma faktörü

$\gamma_{g,dst}$: Çivi tasarımında güvenliği azaltıcı zemin ağırlığı için kısmi katsayı

$\gamma_{g,stb}$: Çivi tasarımında güvenliği artırıcı zemin ağırlığı için kısmi katsayı

γ_k : Çivi kök bölgesi karakteristik çeper sürtünmesi kısmi katsayısı

$\gamma_{qg,dst}$: Çivi tasarımında güvenliği azaltıcı hareketli etkiler için kısmi katsayı

$\gamma_{qg,stb}$: Çivi tasarımında güvenliği artırıcı hareketli etkiler için kısmi katsayı

$\gamma_{qp,dst}$: Çivi tasarımında güvenliği azaltıcı sabit etkiler için kısmi katsayı

$\gamma_{qp,stb}$: Çivi tasarımında güvenliği artırıcı sabit etkiler için kısmi katsayı

γ_{rb} : Çivi kök bölgesi tasarım çeper sürtünmesi kısmi katsayısı

γ_s : Çivi tasarımında donatı mukavemeti için kısmi katsayısı

γ_{sb} : Çivi tasarımında kök bölgesi çeper sürtünmesi için kısmi katsayısı

γ_{sd} : Model faktörü

$\gamma_{\tan \phi'}$: Çivi tasarımında zemin özelliği kısmi katsayısı (kayma mukavemeti açısı)

$\gamma_{u,dst}$: Çivi tasarımında güvenliği azaltıcı su basıncı için kısmi katsayı

$\gamma_{u,stb}$: Çivi tasarımında güvenliği artırıcı su basıncı için kısmi katsayı

γ_γ : Çivi tasarımında zemin özelliği kısmi katsayısı (birim hacim ağırlığı)

v : Zemin çivisinin krip hızı

θ : Olası kayma düzleminin yatayla yaptığı açı ($^\circ$)

τ_{bd} : Çivi kök bölgesi tasarım çeper sürtünmesi

τ_{bk} : Çivi kök bölgesi karakteristik çeper sürtünmesi

τ_{bu} : Çivi kök bölgesi nihai çeper sürtünmesi

$\tau_{bk,t}$: Çivi çekme deneyinden hesaplanan karakteristik çeper sürtünmesi

$\tau_{bu,t}$: Çivi çekme deneyinde ölçülen nihai çeper sürtünmesi

ξ : Çivi çekme deneyi korelasyon faktörü

3.1.3. İçten Destekli Sistemler

A : İç destek elemanının kesit alanı

E : İç destek elemanının yapıldığı malzemenin elastisite modülü

G_k : Desteğin öz ağırlığı

$G_{k,GEO}$: Karakteristik geoteknik yük

P_{SLS} : ULS durumu için yapılan hesaplardan elde edilen etki

$Q_{k,temp}$: Karakteristik ısıl yük

$Q_{k,tesadüfi}$: Çarpma/kaza yükü

α_t : İç destek elamanının yapıldığı malzemenin ısıl genleşme katsayısı

β : İç destek elamanında boy değişiminin kısıtlanma yüzdesi

Δt : montaj sıcaklığına kıyasla sıcaklık değişimi

3.1.4. Konsol Sistemler

AKO : Aşırı konsolidasyon oranı

K_o : Sükunette yatay zemin basınç katsayısı

q : Yüzeydeki düzgün yayılı sürşarj yükü

u : Boşluk suyu basıncı

z : Yüzeyden itibaren derinlik

β_i : Şev açısı

ϕ' : Zeminin efektif kayma direnci açısı

λ : Amprik katsayı

σ'_h : Yatay efektif gerilme

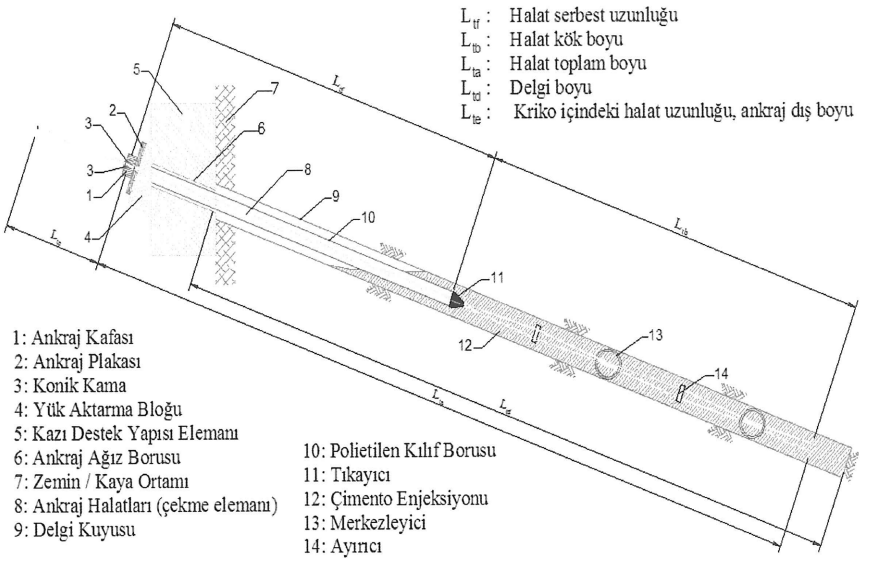
σ'_{qv} : Düşey örtü yükü

3.2. ANKRAJLI SİSTEMLER

Ankrajlı kazı destek sistemleriyle ilgili yapılacak hesaplarda bu bölümde verilen esaslara uyulacaktır.

3.2.1. Sistem Elemanları

Ankrajlı sistemlere ait genel tanımlamalar Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tipik Öngerme Halatlı Geçici Ankraj Elemanları

3.2.1.1.Halat ve Çubuk Elemanlar

a) Bütün öngermeli çelik çekme elemanları TS EN 1537 ve TS EN 14490 standardına uygun olmalıdır.

b) Ankraj sisteminin tasarımı, zemin parametreleri ve kazı yüzeyinin geometrisi (dış bükey yüzeyler, komşu yapı temel/bodrumu vb.) esas alınarak yapılmalıdır.

c) Ankraj yerleri, aralıkları veya eğimleri, uygulama esnasında değiştirilmesinin gerekebileceği göz önünde bulundurularak tasarlanmalı, gerektiğinde yapılan düzenlemenin uygunluğu hesap ve saha deneyleri ile doğrulanmalıdır.

d) Ankraj tasarımı:

i. Bütün kazı destek yapısına etkiyen yükler, ankrajlar tarafından uygulanan yükler ve limitleri,

ii. Kazı destek yapısı ömrü boyunca maruz kalacağı etkileri, yükleme şeklini,

iii. Kazı destek yapısı ömrü boyunca, ankraj düzenlemesinin yük dağılımını,

iv. Zemin/kaya-enjeksiyon arasındaki yüzeyi ve yenilme direncini,

v. Öngerme/pasif yük esnasında ve sonrasında oluşabilecek yük boşalması/yük almaması durumunda yerine yeni bir ankraj yapılması ihtimalini, dikkate alarak yapılmalıdır.

e) En büyük kilitleme yükü (P_0) değeri, ankraj demeti veya çubuğunun karakteristik yük kapasitesi %60*$P_{t,k}$ ile sınırlandırılmalıdır. Ankraj testleri sırasında uygulanabilecek en büyük yük değeri; %80* $P_{t,k}$ ve %90 $P_{t,01k}$ den küçük olan değeri aşamaz.

3.2.1.2. Enjeksiyon

a) Kazı destek yapıları ile ilgili olarak ankraj çekme elemanı (halat veya çubuk) ile delgi kuyusu çeperindeki zemin/kaya ortamı arasındaki yük aktarımını sağlayan, aynı zamanda çelik çekme elemanlarının etrafını doldurarak korozyon korumasına katkıda bulunan, sıvı halde uygulanıp kısa zamanda priz alan malzeme "enjeksiyon" olarak tanımlanır. Yaygın olarak kullanılan enjeksiyon malzemesi çimento şerbetidir. Aynı zamanda enjeksiyon malzemesinin uygun nitelikte pompa ile delgi kuyusunun içine basılma işlemi de enjeksiyon olarak adlandırılabilmektedir.

b) Öngermeli halat ve çelik çubuklarla temas halinde olan çimento şerbeti genel olarak TS EN 445, TS EN 446 ve TS EN 447'ye uygun olmalıdır. Bu Uygulama Esaslarındaki şartlarla söz konusu standartlar arasında farklılık olması durumunda, bu Uygulama Esaslarında belirtilen hususlar geçerlidir.

c) Kalıcı ankrajlar için, korozyon koruma kılıfının içinde kalarak çelik çekme çubuğunu veya halat demetini kaplayan ve koruyan çimento şerbetinin özellikleri, su kaybını ve büzülmeyi önleyecek şekilde ayarlanmalıdır.

d) Çimento şerbetinin su/çimento oranı, zemin şartlarına uygun olacak şekilde ağırlık olarak 0.40 ila 0.50 oranında seçilmelidir.

e) Üniform bir karışım elde edebilmek için uygun (yüksek hızda karışım sağlayan) çimento enjeksiyonu karıştırıcıları kullanılmalıdır. Enjeksiyon hazırlamada kullanılacak suyun çimento ile öngerme çeliğine zarar verecek bileşenler ihtiva etmemesi gerekir. Genel olarak beton karma suyu olarak kullanılmaya uygun olan su, enjeksiyon hazırlanmasında da kullanılabilir.

f) Çimento olarak CEM I çimento kullanıldığı taktirde, 28 günlük basınç mukavemeti en az (küp numune) 40 MPa olmalıdır. Ancak; basınç mukavemetinin en az 21 MPa değerine ulaşmış olması durumunda ankraja test ve germe işlemleri uygulanabilir.

g) Delgi çapının yeteri kadar büyük olduğu ve/veya aşırı enjeksiyon kaçağı olan durumlarda çimento şerbeti içine kum da ilave edilebilir. Bu durumda su/çimento oranı 0.60'a kadar yükseltilebilir.

h) Uygulamada çimento enjeksiyonuna bir katkı ilave edilmesi genellikle gerekmez. Ancak bazı özel durumlarda enjeksiyon katkı malzemeleri de kullanılabilir. Özellikle enjeksiyon santrali ile ankraj deliği arasındaki mesafe uzunsa çimento enjeksiyonunun akışkanlığının arttırılması için katkı malzemesi kullanılabilir. Ayrıca; enjeksiyonun priz alması sırasında hacminin genleşmesini sağlayan, böylece enjeksiyon ile delgi kuyusu çeperindeki zemin arasında daha fazla yük aktarılabilmesine olanak sağlayan genleştirici katkılar yumuşak/gevşek zeminlerde kullanılabilir.

i) Yüksek sülfit muhtevalı çimentolar, ön gerilmeli çeliklerle temas edecek şekilde kullanılmamalıdır. Çimento şerbetinin ankraj çevresindeki zeminlerle tam olarak temasta olacak şekilde yerleşebilmesi için, çimento tipinin seçiminde, çevrede bilinen ve varlığı mümkün olan karbonik asit veya sülfatlar gibi zararlı maddelerin mevcudiyeti, zeminin permeabilitesi ve ankrajın tasarım ömrü dikkate alınmalıdır.

j) Enjeksiyon katkı maddeleri, sadece işlenebilirliği arttırmak veya duraylılığı iyileştirmek, terlemeyi veya büzülmeyi azaltmak veya priz alma hızını arttırmak için kullanılabilir. Çelik elemanlarla temas edecek enjeksiyon katkı maddelerinin kullanımı Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından onaylanmalıdır. Katkı maddeleri, enjeksiyon şerbetinin kendisi veya çelik elemanlara zarar verebilecek herhangi bir madde ihtiva etmemelidir. Hiçbir katkı maddesi (kütlesi % 0.1' den daha fazla) klorür, sülfür veya nitrat ihtiva etmemelidir.

k) Çimento şerbeti veya reçine harçlarının priz alma süresini ve ankraj performansını ve karışım randımanını doğrulamak için, TS EN 445'e uygun olarak, laboratuvar ve arazi deneyleri yapılmalıdır.

l) Zemin ankrajlarında çimento enjeksiyon şerbetine alternatif olarak, kullanılabilirliği deneylerle ispatlanan reçine ve reçine harçları da kullanılabilir.

3.2.1.3. Ankraj Başlığı

Ankraj başlığı, halatın/çubuğun gerilmesine, deney ve kilit yüklerinin ayarlanabilmesine, sistemin boşaltılmasına ve tekrar germeye izin verecek şekilde tasarlanmalıdır. Ankraj başlığı iki bileşenden oluşur. Bunlar, tendonun kamalar vasıtasıyla sabitlendiği silindirik ankraj kafası ve halat kuvvetinin kuşak kirişi gibi birleştirme elemanlarıyla veya doğrudan kazı destek yapısına dağıtılarak aktarıldığı ankraj plakasıdır.

a) Ankraj başlığı bileşenlerinin projede veya teknik şartnamede önerilen halat sistemi ile kullanıma uygun olması gerekir.

b) Ankraj kafası ve ankraj plakası, ULS ve SLS şartlarında ispat yüklerini taşıyacak yeterlilikte olmalıdır.

c) Betonarme kiriş, çelik kiriş veya herhangi başka yük dağıtma sisteminin dışında bırakılan halat demeti veya ankraj çubuğu boyu, gerektiği takdirde ankrajların sökülmesi ve/veya yeniden gerilmesine imkan verecek uzunlukta olmalıdır.

d) Ankraj kafası ve bileşenlerine uygulanacak korozyon koruma sistemi ankrajın geri kalanı için öngörülen korozyon koruma seviyesi ile uyumlu olmalıdır.

3.2.1.4.Ankraj Kafası

a) Ankraj kafası, halatın karakteristik çekme dayanımının %80'ine kadar gerilmesine ve kilitlenmesine; başlangıç germe aşamalarında germe kuvvetinin arttırılıp azaltılarak ayarlanmasına izin verecek nitelikte olmalıdır.

b) Ankraj kafası, halatın hasar görmeden kilitlenmesini mümkün kılacak ve halatın ekseninden ±5°'den daha fazla sapmasına izin vermeyecek şekilde imal edilmelidir.

c) Ankraj kafasının çapı öngerme krikosunda oturduğu yuvanın çapıyla uyumlu olmalıdır.

d) Bazı durumlarda, ankraj kafası yalıtımının hidrostatik basınca direnç gösterebilecek özellikte tasarlanması ve ankraj kafasının bu basınçlara karşı yeterli dayanıma sahip olduğunun testler vasıtasıyla ispatlanması gerekli olabilmektedir.

3.2.1.5.Ankraj Plakası

Ankraj plakası, öngerme yüklerinin ankraj kafasından kazı destek elemanına dağıtılarak aktarılmasını sağlar.

a) Ankraj plakasının beton yüzeye oturtulduğu durumlarda, beton yüzeyin pürüzlülüğü veya bozukluğu nedeniyle plakanın betona tam olarak oturmasını sağlayabilmek için plaka ile beton arasında harç kullanılmasının gerekmesi halinde, kullanılan harcın kalınlığı 10 mm'den fazla olmamalıdır.

b) Beton yüzeyin bozukluğu nedeniyle plakanın betona tam olarak oturması için daha kalın harç uygulanması gereken durumlarda, germe sırasında ve sonrasında ankrajda herhangi bir yük kaybına neden olmayacak özel tedbirler alınmalıdır.

3.2.1.6. Ankraj Kaması

Ankraj kaması, germe krikosu üzerinden ankraj halatına aktarılan çekme kuvvetinin ankraj kafasına aktarılmasını sağlayan parçadır.

a) Kullanılan ankraj kaması %90*$P_{t,01k}$ değerine kadar uygulanan yükleri güvenli bir şekilde taşıyabilmelidir.

b) Kamanın üretildiği malzemenin TS EN 10204 standardında tanımlanan 3.1 sertifikasına sahip olması gerekir. Kullanılacak ürünlerin üzerinde üreticinin adı ve ürün seri numaraları mutlaka bulunmalıdır.

c) Ankraj kafasındaki delikler ile bu deliklere yerleştirilecek kama geometrisi birbiriyle uyumlu olmalıdır. Ayrıca; aşağıda belirtilen durumlar tasarım ve uygulama aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır.

i. Kafa üzerindeki delikler büyük olduğunda kamalar yuva içine gömüleceğinden kilitleme sırasında istenilen yüke çıkılamaz.

ii. Kafa üzerindeki delikler küçük olduğunda veya kama konikliği tam sağlanamadığında, kamalar kafa içindeki deliklere tam olarak oturmadığı için, kamanın bir kısmı kafanın dışında kalarak daha küçük yüzeyi delikle temas etmekte ve kamalar daha yüksek gerilmeye maruz kalarak kırılmaktadır.

3.2.2. Ankrajlı Sistemlerin Tasarımı

Ankrajlı sistemlerin tasarımına yönelik hesap esasları bu bölümde açıklanmaktadır. Ön tasarımlarda ve yapılan tasarımların mertebe kontrolünde aşağıdaki tanımlanmış olan hususlar göz önüne alınmalıdır.

3.2.2.1.Yatay Toprak Basıncı Dağılımı

Ankrajlı sistemlerde yatay toprak basıncı dağılımı zemin cinsine bağlı olarak dörtgen veya trapez dağılım göstermektedir. Tipik dağılımlar Şekil 3.2'te verilmektedir.

a) Kumlar için maksimum toprak basıncının ordinatı

$$P \approx K_A \cdot \gamma \cdot H \qquad \text{(B.3.1)}$$

ile hesaplanır. Burada aktif toprak basıncı katsayısı, K_A'nın hesabında;

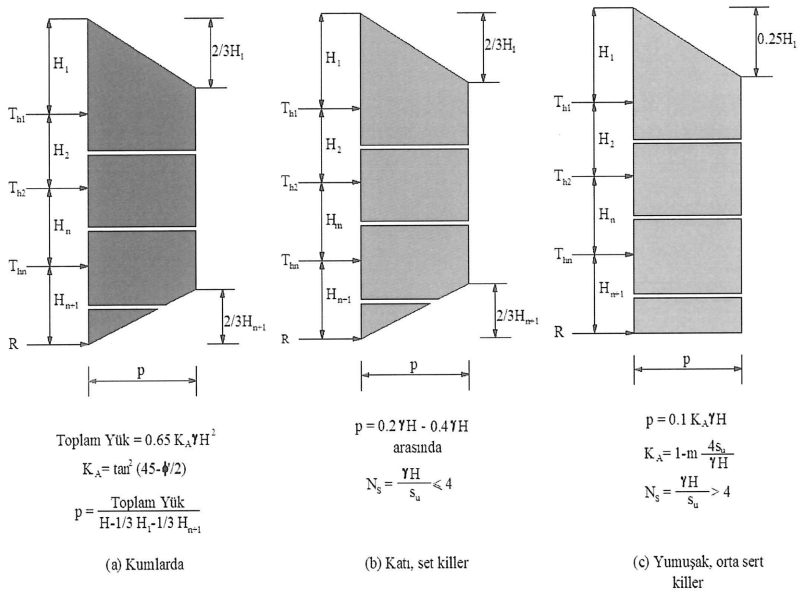
$$K_A = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) \qquad \text{(B.3.2)}$$

denklemi kullanılır.

b) Killi zeminlerde maksimum toprak basıncının ordinatı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

$p = 0.2 \cdot \gamma \cdot H - 0.4 \cdot \gamma \cdot H$ (katı-sert kil, Şekil 3.2b) (B.3.3)

$p = 0.1 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H$ (yumuşak – orta katı killer, Şekil 3.2c) (B.3.4)



Şekil 3.2. Ankrajlı Duvar Arkasında Oluşan Yatay Toprak Basıncı Dağılımları

c) Yumuşak ve orta katı killerde drenajlı durumda yatay toprak basıncı katsayısı bağıntı B.3.6 ile hesaplanır. Drenajsız durumda yatay toprak basıncı katsayısının hesabında stabilite sayısı (N_S) kullanılması önerilir (B.3.5).

$$N_S = \gamma . H / S_U \qquad \text{(B.3.5)}$$

Burada;

γ : zeminin birim hacim ağırlığı,

H: kazı derinliği,

S_u : drenajsız kayma mukavemetidir.

Eğer Ns>6.0 ise m=0.4, Ns≤6.0 ise m=1.0 olacaktır.

$$K_A = 1 - m\frac{4.S_u}{\gamma H} \qquad \text{(B.3.6)}$$

denklemi ile hesaplanır.

3.2.2.2. Serbest Boy Seçimi

a) Kaya ve zeminlerde yapılan öngermeli ankrajların serbest boyu, halatlı ankrajlarda 4.5 m ve çubuk (bar) tipi ankrajlarda 3.0 m'den kısa olamaz. Daha uzun serbest ankraj boyuna şu durumlarda ihtiyaç duyulur:

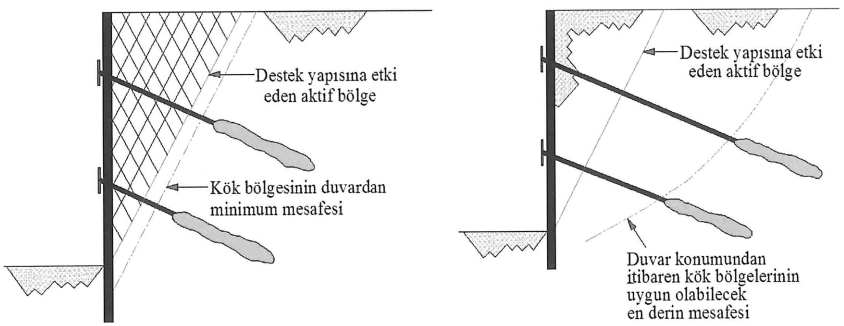
i. Ankraj kökünü olası kritik göçme düzlemi dışında asgari mesafede tutabilmek,

ii. Ankraj kökünü uygun zemin koşullarında bırakabilmek,

iii. Topuktan ve toptan göçmeye karşı yeterli güvenliği sağlayabilmek (Şekil 3.3).

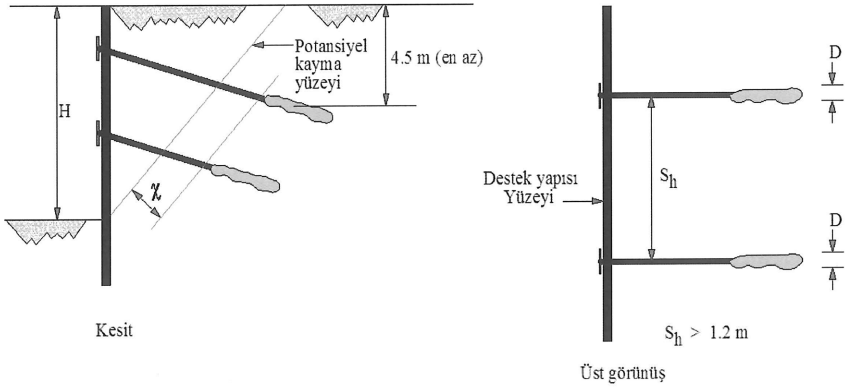
b) 3.2.2.2 (a) maddesinde belirtilen kriterleri sağlayan ankraj serbest boyu limit denge analizleri veya gerilme-deformasyon analizinde mukavemet azaltma yöntemi kullanılarak hesaplanır.

c) Tasarımda kullanılacak en kısa ankraj serbest boyu belirlenirken analizlerde kullanılan ankraj serbest boyu χ kadar uzatılır. χ mesafesi, potansiyel kayma düzleminden itibaren kazı derinliğinin en az 1/5'i veya 2.0 m değerlerinden büyük olanı kadardır (Şekil 3.4).



(a) topuktan göçme (b) toptan göçme

Şekil 3.3. Olası Göçme Düzlemleri



Minimum serbest bölge uzunluğu = 3m (sürgü boyu)
4.5 m (halat uzunluğu)

χ : 2 m veya 0.2H (hangisi daha büyükse)
H : Kazı yüksekliği
S_h : Ankraj aralığı (yatay mesafe)
D : Kök bölgesi çapı

Şekil 3.4. Minimum Mesafeler

3.2.2.3. Kök Tasarımı

a) Ankraj kökü boyunca oluşan çeper sürtünmesi; delgi metoduna, kuyu temizliğine, zemin türüne, örtü yüküne, delgi çapına, enjeksiyonlama yöntemine, uygulanan basınç ve kullanılan katkı miktarına, ard enjeksiyon (post-grouting) adedine, merkezleyici kullanımına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ankrajlarda kök boyu, ankraj araştırma testleriyle kanıtlanmadıkça, kayada 6.0 m'den, zeminde ise 8.0 m'den kısa olamaz.

b) Kök boyunun belirli bir değerden daha fazla uzatılması, boy ve taşıma kapasitesi arasında doğru orantılı bir ilişki olmaması nedeniyle, kök kapasitesine ilave bir katkı sağlamaz.

c) Ankraj kökünün bir kılıf ya da içi boş burgu tij içerisinden 1.0 MPa (10.0 bar) ya da daha büyük bir basınçla enjeksiyonlanması durumunda bu ankrajlar "basınçlı enjeksiyonlanmış ankrajlar" olarak kabul edilir. Kuyu içi enjeksiyon tamamlandıktan 2 ila 4 saat sonra çimento şerbetinin büzülmesinden kaynaklanan boşlukları doldurmak ve nihai çeper sürtünmesini arttırabilmek amacıyla enjeksiyon işlemi tekrarlanabilir (ikincil enjeksiyon). 1.0 MPa basınç değerinin altında kalan uygulamalar "düşük basınçlı enjeksiyonlanmış ankrajlar"dır.

d) Ankraj yapım tekniği ve işçilik kalitesi zemin-enjeksiyon arayüzeyinde oluşan çeper sürtünmesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. İşçilik kalitesi gibi tasarım aşamasında tahmin edilmesi güç olan unsurlar, nihai çeper sürtünmesi için yapılacak kabullerle ilgili yeterli doğrulukta tahmin yapmayı zorlaştırır. Bu durumda nihai çeper sürtünmesi için tasarım aşamasında yapılan kabuller, uygulama aşamasında sahada yapılacak testler ile her durumda kontrol edilmelidir. Tasarım aşamasında

nihai çeper sürtünmesi için kullanılabilecek tahmini değerler ankrajın enjeksiyonlama tekniği ve zemin türüne göre değişmektedir. Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'de verilen nihai çeper sürtünmesi değerleri öneri niteliğinde olup, sahadaki zemin koşullarına uygun değerin seçimi Geoteknik Sorumlunun yükümlülüğündedir.

e) Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'de verilen nihai çeper sürtünmesi değerlerinden karakteristik çeper sürtünmesi değerlerini elde etmek için kullanılabilecek güvenlik sayıları (ξ) 2.5 ile 4.0 arasında seçilebilir. Eğer araştırma testi yapılmışsa güvenlik sayısı 2.0'ye kadar düşürülebilir. Çeper sürtünmesi güvenlik sayısı hiçbir durumda 2.0'den az olamaz.

i. Kohezyonlu Zeminlerde Ankraj Taşıma Kapasitesi

Kohezyonlu zeminlerde yapılacak ankrajlar için nihai taşıma kapasitesi B.3.7.a bağıntısı kullanılarak hesaplanır. Nihai çeper sürtünmesi τ_f için *tahmini değerler* Tablo 3.1'de verilmektedir.

$$T_f = \pi . D . L_{tb} . \tau_f = \pi . D . L_{tb} . \alpha_a . S_u \qquad \text{(B.3.7.a)}$$

$$T_k = T_f / \xi \qquad \text{(B.3.7.b)}$$

T_f : Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi
T_k : Ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi
D : Kök bölgesi etkin çap değeri
L_{tb} : Halat kök boyu
τ_f : Ankraj kökü nihai çeper sürtünmesi
S_u :Kök bölgesi boyunca zeminin ortalama drenajsız kayma mukavemeti
α_a : Adezyon faktörü

Tablo 3.1. Kohezyonlu Zeminlerde Ankrajlar İçin Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f (PTI)

Ankraj Tipi	Zemin/Enjeksiyon Arayüzeyi İçin Ortalama Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f [MPa]
Düşük Basınçlı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	0.03 – 0.07
Basınçlı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	
Yumuşak Siltli Kil	0.03 – 0.07
Siltli Kil	0.03 – 0.07
Orta-Yüksek Plastisiteli Katı Kil	0.03 – 0.10
Orta-Yüksek Plastisiteli Çok Katı Kil	0.07 – 0.17
Orta Plastisiteli Katı Kil	0.10 – 0.25
Orta Plastisiteli Çok Katı Kil	0.14 – 0.35
Orta Plastisiteli Çok Katı Kumlu Silt	0.28 – 0.38

ii. Kohezyonsuz Zeminlerde Ankraj Taşıma Kapasitesi

Kohezyonsuz zeminlerde yapılacak ankrajlar için nihai taşıma kapasitesi B.3.8.a bağıntısı kullanılarak hesaplanır. Nihai çeper sürtünmesi τ_f için tahmini değerler Tablo 3.2'de verilmektedir.

$$T_f = \pi . D . L_{tb} . \tau_f = \pi . D . L_{tb} . K_1 . \sigma'_v . \tan \phi' \quad \text{(B.3.8.a)}$$

$$T_k = T_f / \xi \quad \text{(B.3.8.b)}$$

T_f : Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi

T_k : Ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi

D : Kök bölgesi etkin çap değeri

L_{tb} : Halat kök boyu

τ_f : Ankraj kökü nihai çeper sürtünmesi

K_1: Basınçsız enjeksiyon yöntemi ile imal edilen ankrajlar için zemin basıncı katsayısı (1.4-2.3 arasında değişmektedir), ince kum ve siltli zeminlerde rölatif sıkılığın yüksek veya düşük olmasına göre 1-1.5 değerleri arasındadır.

Tablo 3.2. Kohezyonsuz Zeminlerde Ankrajlar İçin Nihai Çeper Sürtünme Değerleri - τ_f (PTI)

Ankraj Tipi	Zemin/Enjeksiyon Arayüzeyi İçin Ortalama Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f [MPa]
Düşük Basınçlı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	0.07 – 0.14
Basınçlı Enjeksiyonlanmış Ankrajlar	
Orta Sıkı – Sıkı , İnce- Orta Kum	0.08 – 0.38
Orta Sıkı, Orta – İri, Çakıllı Kum	0.11 – 0.66
Sıkı – Çok Sıkı , Orta İri ,Çakıllı Kum	0.25 – 0.97
Siltli Kum	0.17 – 0.41
Sıkı Buzul Birikintisi	0.30 – 0.52
Orta Sıkı – Sıkı Kumlu Çakıl	0.21 – 1.38
Sıkı -Çok Sıkı Kumlu Çakıl	0.28 – 1.38

iii. Kaya Formasyonlarında Ankraj Taşıma Kapasitesi

Kaya formasyonlarda yapılacak ankrajlar için nihai taşıma kapasitesi B.3.9.a bağıntısı kullanılarak hesaplanır. Nihai çeper sürtünmesi τ_f için tahmini değerler Tablo 3.3'de verilmektedir.

$$T_f = \pi . D . L_{tb} . \tau_f = \pi . D . L_{tb} . \tau_{maks} \quad \text{(B.3.9.a)}$$

$$T_k = T_f / \xi \quad \text{(B.3.9.b)}$$

T_f : Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi
T_k : Ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi
D : Kök bölgesi etkin çap değeri
L_{tb} :Kök boyu (Halat-enjeksiyon-zemin etkileşimin olduğu bölgenin boyu)
τ_{maks} : Kaya enjeksiyonu temas yüzeyinde oluşan nihai sürtünme direnci.

τ_{maks} değeri B.3.10 bağıntısı ile hesaplanır.

$$\tau_{maks} = (\%10.UCS) \leq 4.2MPa \qquad \text{(B.3.10)}$$

Burada;
UCS: Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımıdır.

Tablo 3.3. Kaya Formasyonlarda Ankrajlar İçin Nihai Çeper Sürtünme Değerleri - τ_f (PTI)

Kaya Tipi	Zemin/Enjeksiyon Arayüzeyi İçin Ortalama Nihai Çeper Sürtünme Değerleri- τ_f [MPa]
Granit - Bazalt	1.7 – 3.1
Dolomitik Kireçtaşı	1.4 – 2.1
Yumuşak Kireçtaşı	1.0 – 1.4
Arduvaz ve Sert Şeyller	0.8 – 1.4
Yumuşak Şeyller	0.2 – 0.8
Kumtaşı	0.8 – 1.7
Ayrışmış Kumtaşı	0.7 – 0.8
Tebeşir	0.2 – 1.1
Ayrışmış Marn	0.15 – 0.25
Beton	1.4 – 2.8

3.2.2.4.Soket Boyu Hesabı

Kazı destek yapısı düşey elemanının nihai kazı taban kotu altında kalan boyu, soketlenme boyu olarak tanımlanır. Soket boyu hesabı plastik denge hesabına dayanan yöntemler kullanılarak yapılır. Seçilen yöntemin, kullanıldığı zemin koşulları için geliştirilmiş olması gerekir. Soket boyu hesabında bu yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanan kısmi katsayılar kullanılarak yapılacak hesap neticesinde dengenin sağlandığı gösterilmelidir. Bu yapılırken;

a) Güvenliği azaltıcı sabit etkiler Tablo 2.1'de verilen $\gamma_{G,dst}$,1.35 ile arttırılmalı ve dayanma yapılarındaki güvenliği arttırıcı zemin direnci γ_{Re} , 1.40 ile azaltılmalıdır. Bu durumda toplam nihai güvenlik sayısı 1.35 x 1.40 ≈ 1.90 olmaktadır.
b) Zemin yük dengesine ek olarak yeraltı suyu akımına bağlı sızıntı hesabı ve kontrolleri Tablo 2.2'deki katsayılar kullanılarak yapılmalı ve sistemin güvenli olduğu gösterilmelidir.

c) Ankrajlı kazı destek sistemlerinde, ankraj öngerme kuvvetlerinin düşey bileşeni ve düşey destek elemanının kendi ağırlığından kaynaklanan eksenel yük altında düşey yönde taşıma kapasitesinin yeterli olup olmayacağı ve oturma durumu irdelenmelidir.

3.2.2.5.Tendon/Enjeksiyon Aderansı

Öngermeli bir zemin ankrajı için enjeksiyon ile temas halindeki bir tendonun göçme davranışı, beton uygulamalarında sıklıkla kullanılan sıyrılma/çekip çıkarma (aderans) deneyinden farklı olabilir. İlk durumda, enjeksiyon çoğunlukla çekme etkisindeyken, tipik bir sıyrılma deneyinde tendonun/halatın en azından bir kısmı basınç etkisi altındadır. Bu nedenle, zemin ankrajlarındaki kenetlenme/sıyrılma mekanizması, çeliğin ve enjeksiyonun elastisite modüllerine bağlıdır. Halat ve çubuk elemanlar için pratikte kullanılan veya önerilen azami tendon/enjeksiyon aderans değerleri Tablo 3.4'de verilmektedir.

a) Tendon kökü boyunca üniform olduğu kabul edilen nihai çeper sürtünmesi Tablo 3.4'de verilen değerleri aşmamalıdır.

b) Tablo 3.4'deki değerler öngerme işlemi öncesinde basınç dayanımı asgari 30 N/mm^2 olan enjeksiyon için geçerlidir. Bu değerler tek halatlı ve temiz açıklığı asgari 5 mm olan çok halatlı ankrajlar için kullanılabilir.

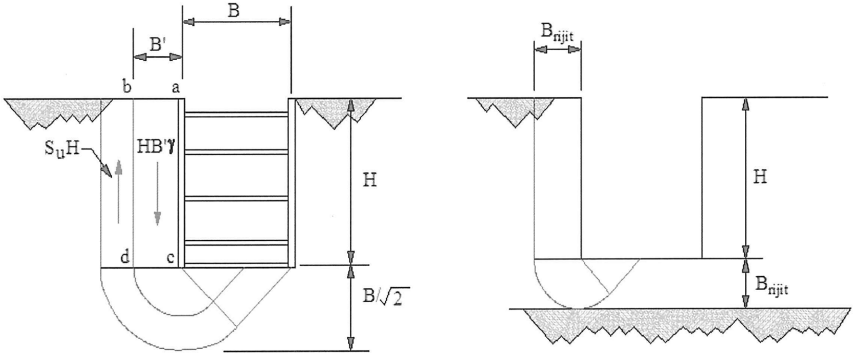
Tablo 3.4. Tendon/Enjeksiyon Aderansı Azami Değerleri

Ankraj Tipi	Azami Çeper Sürtünme Değerleri [MPa]
Temiz Düz Satıhlı Donatı	1.0
Temiz Ankraj Halatı ve Nervürlü Donatı	2.0

3.2.2.6.Taban Stabilitesi

a) Kohezyonlu zeminlerde yapılan derin kazılarda taban kabarması, kohezyonsuz zeminlerde yapılan derin kazılarda ise borulanmaya karşı kazı tabanında stabilite problemi olmadığı hesap raporlarında gösterilmelidir. Özellikle yumuşak ve orta katı killerde yapılan derin kazılarda, kazı tabanındaki zeminin taşıma kapasitesinin aşılması problemi dikkate alınmalıdır (Şekil 3.5).

b) Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu kohezyonsuz zeminlerde kazı tabanı seviyesinde sızıntı basıncına bağlı olarak efektif gerilmenin sıfıra yaklaşması (kaynama/borulanma) stabilite bakımından risk oluşturur (Şekil 3.6). Bu durum kazı çukuru içinde inşa edilecek yapı temeli açısından problem olacağı gibi, kazı destek yapısının kazı çukuru içindeki desteğini azaltacağı için kazı destek sisteminin stabilitesine de olumsuz etki yaratır. Geoteknik Sorumlu her iki durumu da dikkate alarak stabilite tahkiklerinin sağladığını göstermekle yükümlüdür.

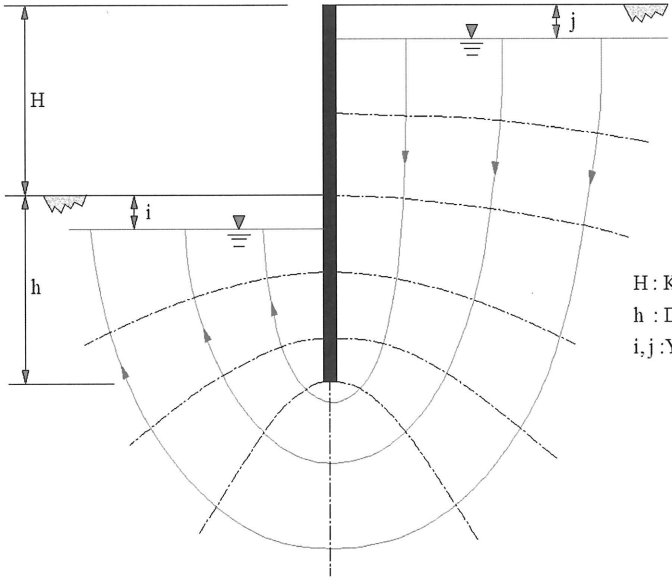


(a) Zayıf killerde kayma düzlemleri

(b) Kazı tabanı kotu ile kazı tabanı altında sert tabaka arasında meydana gelen kayma düzlemi

B: Kazı genişliği
B': Yumuşak killerde taban kabarması tahkiklerinde hesaba katılan zemin kütlesinin genişliği
B_{nijit}: Katı killerde taban kabarması tahkiklerinde hesaba katılan zemin kütlesinin genişliği
H: Kazı derinliği
γ : Zeminin birim hacim ağırlığı
S_u: Drenajsız kayma mukavemeti

Şekil 3.5. Zemin Kapasitesinin Aşılması Problemi

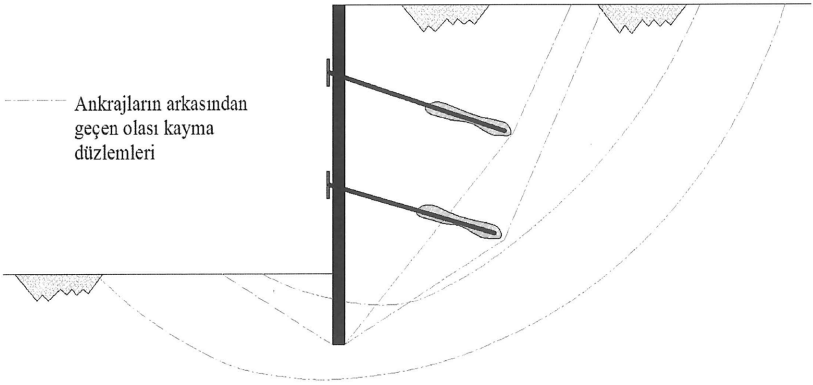


H : Kazı derinliği
h : Duvar soket derinliği
i, j :Yer altı suyu derinliği

Şekil 3.6. Kazı Destek Yapısı için Akım Ağı (CIRIA)

3.2.2.7. Genel Stabilite

Ankrajlı bir derin kazının genel stabilite kontrolleri, ankrajları içine alan ya da ankrajların arkasından geçen potansiyel kayma düzlemleri için yapılır. Tek ve çok sıralı ankrajlı sistemler için her bir ankrajın arkasından geçen olası kayma düzlemleri kontrol edilmelidir. Bu tahkikler her kazı aşaması için ayrı ayrı yapılarak imalat aşamaları geoteknik projede tanımlanmalıdır.



Şekil 3.7. Ankrajların Arkasında ve Destek Yapısı Önündeki Olası Kayma Düzlemleri

3.2.2.8. Sayısal Yöntemler

Kazı destek yapılarının tasarımında kullanılabilecek sayısal yöntemler kazı kategorisine bağlı olarak seçilir. Buna göre:

a) Kategori 1'e giren kazı destek yapılarının tasarımında literatürde verilen genel kabul görmüş hesap yöntemleri kullanılabilir.

b) Kategori 2 ve 3'e giren kazı destek yapılarında,

i. Limit denge yöntemi (LEM),

ii. Kazı destek yapısına çevre yapılardan gelen etkileri de dikkate alabilen gerilme-deformasyon analizleri (GDA),

iii. Kazı destek yapısından dolayı çevre yapılarda meydana gelen etkiler (ii) maddesinde yapılan analizler ve/veya literatürde genel kabul görmüş yöntemler,

kullanılarak tasarım yapılır. Tablo 3.5'te LEM ve GDA'nın birarada kullanılması durumunda yapılacak hesapların aşamaları tanımlanmaktadır.

Tablo 3.5. LEM ve GDA Kullanılarak Yapılacak Tasarımın Ana Hatları

Aşama 1 – LEM Kontrol (ULS - GEO)
Kazı destek yapısına ait sayısal model Tablo 2.1'de verilen A ve R kısmi katsayı setleri kullanılarak LEM ile analiz edilir. En düşük güvenlik sayısının GS ≥ 1.00 olması hedeflenir.
Aşama 2 – ULS Kontrol (ULS – HYD, ULS – UPL vb.)
Yeraltı suyu etkisiyle olası borulanma ve kaldırma türü göçme durumları için analiz yapılması gerektiğinde, Tablo 2.2'de tanımlanan kısmi katsayılar ve Bölüm 2.16'da tariflenen esaslar kullanılarak güvenlik sayısının GS ≥ 1.00 olması hedeflenir. Proje özelinde olası diğer tüm göçme sınır durumları için gerekli analizler benzer bir yaklaşımla yapılır.
Aşama 3 – SLS Kontrol (SLS – GEO)
Kazı destek yapısı GDA ile modellenir. SLS hesaplarında herhangi bir kısmi katsayı seti kullanılmadan sayısal model çözülür. Eğer varsa sadece "Güvenliği azaltıcı- Değişken Etkiler" $\gamma_{Q,dst}/\gamma_{G,dst}$ = 1.50/1.35 = 1.11 ile arttırılıp analiz yapılır. Öngörlemeyen-plansız kazı durumunun da dahil edildiği analiz sonucunda hesaplanan deplasmanlar servis koşulları bakımından izin verilebilir sınırlar içinde olmalıdır. Geoteknik Sorumlu, Aşama 1'deki hesabı tahkik etmek amacıyla GDA ile ilave bir güvenlik sayısı kontrolü yapabilir.
Aşama 4 – ULS Kontrol (ULS – DEPREM)
Kazı destek sistemleri ve kazı yükseklikleri esas alınarak Tablo 2.6 ile deprem yüklerinin hesaba katılıp katılmayacağına karar verilir. Depremli durumda , hangi tasarım yönteminin kullanılacağı Tablo 2.7'ye göre belirlenir ve bütün durumlarda malzeme ve yük kısmi katsayıları 1.0 alınarak hesaplar gerçekleştirilir.
Aşama 5 – ULS Kontrol (ULS – STR)
Yapısal elemanlara ait $(N, Q, M)_{SSI}$ kesit tesirleri ve ankraj yükleri aşağıda tanımlanan aşamalardan hesaplanan değerlerden büyük olanı ile yapılır. Aşama 3'te SLS-GEO analizinde hesaplanan değerler $\gamma_{G,dst}$ = 1.35 ile çarpılarak, Aşama 4'te ULS-DEPREM analizinde hesaplanan değerler γ_{EQ} = 1.00 ile çarpılarak kesit tesirleri, tüm ara kazı ve inşaat kademelerinde hesaplanan en olumsuz durumu temsil edecek şekilde seçilir.

3.2.3. Korozyon Koruması

Ankraj ve zemin çivilerinin dayanıklılığının uzun süreli sağlanabilmesi için metalik bileşenlerinin korozyon etkilerine karşı korunması gerekmektedir. Korozyon koruması için uygulanabilecek yöntemler bu bölümde kısaca tanımlanmıştır. Verilen koruma yöntemlerinden hangisinin uygulanacağına, yapı ömrüne (geçici veya kalıcı), zemin ve/veya yeraltı suyunun agresifliğine, eleman tipine ve sistemin göçmesinin doğuracağı muhtemel sonuçlara bağlı olarak, bu Uygulama Esaslarında belirlenen esaslar doğrultusunda, Geoteknik Sorumlu tarafından karar verilir. Kalıcı ankrajlar yapının kullanım ömrüne ve zeminin ve/veya yeraltı suyunun agresifliğine bağlı olarak mutlaka korozyonu önleyici bir sisteme sahip olmalıdır.

3.2.3.1. Genel Prensipler

a) Genel olarak metal elemanların üzerinde ince bir film halinde bulunan ve tel fırça ile silindiğinde kolayca temizlenebilen pas zararlı değildir ve donatı ile çimento gövdesi

arasındaki bağ (bond) dayanımını arttırıcı etkisi vardır. Ancak metal elemanda herhangi bir şekilde aşınma veya oyulma meydana gelmemelidir. Üzerinde kısmi dahi olsa aşınma veya oyulma meydana gelmiş olan ankraj ve çivi elemanlarının kullanılmasına izin verilmez.

b) Korozyon koruması metal elemanın bütününe uygulanmalıdır. Kısmi uygulamalara, koruma uygulanmayan bölümde daha şiddetli korozyon meydana gelmesine sebep olabileceği dikkate alınarak izin verilmez.

c) Korozyon koruma sistemleri metal elemanın rutubetli atmosferle temasını geçirimsiz bir kaplama ile tamamen sarmak suretiyle kesmelidir.

d) Koruma prensipleri ankraj ve/veya çivi elemanının tüm bileşenleri/bölümleri için aynıdır. Ancak kök bölgesi, serbest bölge ve kafa bölgesi için farklı detaylar uygulanması gerekebilir.

e) Koruma tedbiri olarak ankraj ve/veya çivi elemanının fabrikada imal edilmesi sırasında kendisine yapışık olarak uygulanan bir veya birden fazla kaplamalar ve bir kılıfın içine doldurulmuş akışkan maddeler kastedilmektedir. Sahada uygulama sırasında ankraj ve/veya çivi ile zemin arasındaki yük aktarımını sağlayan çimento şerbeti enjeksiyonu, şerbet kalitesi ve sürekliliğinin sağlandığı garanti edilemediğinden, kalıcı korozyon koruma tedbiri olarak sayılmaz.

f) Aşağıda belirtilen koşullardan en az birinin ankrajın servis ömrü süresi içinde mevcut olduğu zemin ortamları "agresif zemin" olarak sınıflandırılır ve korozyon koruma tedbiri alınması gereklidir. Aşağıda belirtilen koşullar TS EN 206+A2'de Çizelge 2'de tanımlanan XA-3 sınıfı agresif zemin ve su koşulları esas alınarak hazırlanmıştır. Bu koşulların mevcudiyeti ilgili norm ve standartlara göre yapılacak arazi veya laboratuvar deneyleriyle belirlenir.

i.	Ph değeri (zeminde veya yeraltı suyunda)	< 4.5
ii.	Zeminin elektrik rezistivitesi	< 2,000 ohm-cm
iii.	Yeraltı suyunun Redox potansiyeli	< 200 mv
iv.	Yeraltı suyunun Sülfat (SO42-) içeriği	> 3,000 mg/l
v.	Zeminin Sülfat (SO42-) içeriği	> 12,000 mg/kg
vi.	Zeminin Amonyum (NH4+)içeriği:	> 60 mg/l
vii.	Zeminin Magnezyum (Mg++)içeriği:	> 3,000 mg/l
viii.	Zeminin Klorid (Cl-) içeriği	> % 0.05
ix.	Yeraltı suyunun kireç çözücü Karbondioksit (CO2) içeriği	> 100 mg/l
x.	Yakın çevrede korozyona veya zararlı kimyasal etkiye maruz kalmış gömülü betonarme eleman bulunması	
xi.	Yakın çevrede kaçak akım bulunması	

3.2.3.2. Korozyon Koruma Sistemlerinin Genel Özellikleri

Korozyona karşı tasarımın amacı, ankrajın tasarım ömrü boyunca, korozyon oluşma ihtimalini minimize etmektir. Geoteknik Sorumlu, ankrajın servis şartlarını değerlendirerek uygun olan korozyon koruma sistemini seçer. Tüm çelik bileşenlerin korozyona karşı korunması TS EN 1537 ile uyumlu olmalıdır. Korozyon koruma sistemi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

a) Koruma sisteminin ömrü ankrajın kullanım ömründen az olmamalıdır.

b) Çevreyi olumsuz etkilememelidir.

c) Korozyona karşı korunan ankrajın taşıma kapasitesini olumsuz etkilememelidir

d) Deformasyon, kalıcılık ve korozif durumlardan kaçınmak için birbiriyle uyumlu malzemeler kullanılmalıdır.

e) Ankrajın zemin içinde kalan bölümlerinde (serbest bölge ve kök bölgesi) yer değiştirme ve bakım yapılamayacağı için korozyon koruması tek seferde yapılacak uygulama ile sağlanabilmelidir.

f) Tüm sistemin koruyuculuk özelliğini kanıt yüküne kadar kaybetmemesi ve özellikle farklı ankraj elemanlarının bağlantı noktalarında korunma sürekliliği sağlanmalıdır.

g) Üretim, nakliye ve yerleştirme aşamalarında yeterli dayanıma sahip olmalıdır.

h) Mümkünse zemine yerleştirmeden önce kontrol edilebilir olmalıdır.

3.2.3.3. Korozyon Koruma Sistemlerini Oluşturan Elemanlar

Korozyon koruma sistemlerini oluşturan elemanlar genel olarak aşağıda beliritilmiştir:

a) **Ankraj Kapakları:** Ankraj kafasını ve kafadan dışarıya taşarak havayla temas eden öngerme çeliğini korozyon ve fiziksel hasardan koruyan, çelik veya plastikten imal edilmiş kutulardır.

b) **Ağız Borusu (trumpet):** Ankraj kafasından serbest bölgeye geçiş kısmındaki öngerme çeliğini ve ankraj plakasının arkasını korozyondan koruyan, çelik veya plastikten mamul borudur.

c) **Korozyon Önleyici Bileşikler (KÖB):** Ankraj kafası ve serbest bölgedeki çelik elemanları koruyan, sertleşmeyen, gres veya parafin içeren maddelerdir.

d) **Çimento Şerbeti:** Serbest bölge ve kök bölgesindeki öngerme çeliğini koruyan, çimento bazlı veya polyester reçinelerdir. Polyester reçine içinde boşluklar kalabileceğinden tek başına kalıcı bir korozyon koruma sistemi olarak değerlendirilemez. Çimento şerbeti plastik kılıfların, kapsüllerin, kapakların ve ağız borularının (trumpet) içlerini doldurmak için de kullanılırlar.

e) **Plastik Kılıflar:** Serbest bölge ve kök bölgesindeki öngerme çeliğini koruyan plastik boru veya hortumlardır. Düz yüzeyliler sadece serbest bölgede kullanılırken koruge (içi ve dışı ondüle) borular hem serbest hem de kök bölgesinde kullanılır.

f) **Isıyla Büzülebilir Gömlekler (heat shrinkable sleeves):** Genellikle çubuk ankrajların ek yerlerinde kullanılan manşonları ve çubuk ankrajları korozyondan korumak için kullanılırlar.

g) **Kapsüller (encapsulations):** Kök bölgesindeki öngerme çeliğini koruyan koruge veya form verilmiş boru veya tüplerin tümüdür.

h) **Merkezleyiciler:** Tendonun etrafında yeterli şerbet kalınlığının sağlanabilmesi için delgi kuyusu veya kapsül içinde kullanılan, genellikle çelik veya plastikten imal edilmiş elemanlardır.

3.2.3.4. Korozyon Koruma Sistemleri

Ankrajların korozyona karşı korunması için tek veya çift bariyerli korozyon koruma sistemleri kullanılabilir.

a) **Tek Bariyerli Korozyon Koruma:**

a.1) **Ondüle Plastik Kılıf Boru**

Ondüle plastik koruyucu kılıf borular çelik çubuk ankrajlar ve halatlı ankrajlar için kullanılır. Tek bariyerli korozyon korumasında kullanılacak plastik ondüle boruların taşınma ve yerleştirme sırasında hasar görmesini önlemek için TS EN

1537'de iç çaplara göre kullanılması gereken minimum et kalınlıkları Tablo 3.6'da özetlenmiştir. Yüksek kapasiteli, olağandan büyük delgi ve halat çapları gerektiren ankraj uygulamaları için daha yüksek et kalınlıkları gereklidir.

Tablo 3.6. Ondüle Plastik Kılıf Boru Et Kalınlıkları (TS EN 1537)

Ondüle Plastik Boru (İç çap)	Et kalınlığı
≤80 mm	1.0 mm
>80mm ama ≤120 mm	1.2 mm
>120 mm	1.5 mm

a.2) **Epoksi Kaplamalar**

i. **Epoksi Kaplamalı Çelik Çubuk Ankrajlar**

Üretim sırasında fırınlanarak yapılan epoksi kaplamalar gevrek olmaları nedeniyle hassas ve kırılgandır. Epoksi kaplamalı nervürlü çelik çubuk ankrajlarda, nakliye ve yerleştirme sırasında epoksi kaplamada meydana gelen çizikler ve sıyrıklar, korozyon kaplamasında hasara sebep olmaktadır. Çelik çubuk üzerinde sahada elle yapılan tamiratlar korozyon önlemi bütünlüğünü garanti etmeyeceğinden, gerekli önlemlerin alınması durumunda korozyon koruma yöntemi olarak çelik çubuk ankrajlarda epoksi kaplama uygulanabilir.

Epoksi kaplama kullanılması durumunda; epoksi ile enjeksiyon harcı arasındaki adreans değerinin, normal çelik çubuğa göre daha düşük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

ii. **Epoksi Kaplamalı Halatlı Ankrajlar**

Epoksi kaplama uygulaması halatlı ankrajlarda kullanılmaz.

iii. **Kendi Delen İçi Boş Çelik Çubuk Ankrajlar - Dubleks Kaplamalar**

Dubleks kaplama genel olarak epoksi kaplama üzerine galvaniz veya polyester kaplama olarak tanımlanabilir. Bu tür ankrajlar genellikle çift bariyerli korozyon koruma olarak yanlış bir algıya neden olmakla birlikte, rotari imalat sırasında kaplamaların aşınması nedeniyle ikinci bir korozyon koruyucu bariyer olarak kabul edilemez.

a.3) **Galvaniz Kaplama**

Galvaniz kaplama işlemi zemin çivileri için kabul gören bir uygulama iken, öngermeli ankraj halatı ve çelik çubuklar için korozyona karşı koruyucu bariyer olarak kabul edilemez. Atmosferle temas eden çelik yüzeylerin korunması için uygulanabilir (ankraj kafası, ankraj plakası ve ankraj kapağı).

a.4) **Kesit Alanının Arttırılması**

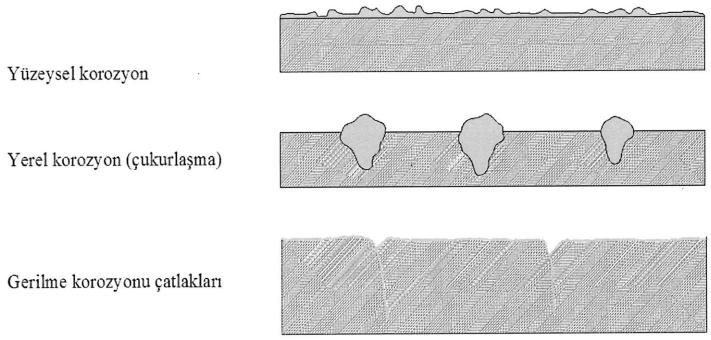
Ankraj uygulamalarında kullanılan soğuk veya sıcak haddelenmiş çeliklerin büyük bir kısmı yüksek mukavemetli çeliklerden imal edilir. Bu tür çelikler imalat sırasında fiziksel özelliklerinin değişmesi nedeniyle korozyona karşı çok hassas hale gelirler. Germe yükü altındaki ankrajların korozyonu genellikle çelik elemanın içine doğru derinlemesine gelişir ve Şekil 3.8'de gösterildiği gibi bölgesel olarak çok derinlere ulaşabilir. Bu nedenlerle kalıcı ankrajlarda ilave

koruma önlemi alınmadan, çelik elemanın sadece kesit alanını arttırmak suretiyle ankrajın ömrünü uzatmak mümkün değildir.

a.5) **Kuyu İçi Çimento Şerbeti**

i. Ankrajın delgi içerisine yerleştirilmesi sırasında uygulanan enjeksiyon ankrajın korunmasında bir miktar koruma sağlamasına rağmen uygulama sırasında kalınlığı ve bütünlüğü doğrulanamadığı için kalıcı ankrajlarda korozyon korumasında bariyer olarak kabul edilemez.

ii. Kendi delen ankrajlarda delgi sırasında kullanılan enjeksiyon korozyon koruması olarak kabul edilemez.



Şekil 3.8. Genel Korozyon Tipleri

a.6) **Katodik Koruma**

Katodik koruma yöntemi korozyona karşı koruma önlemi olarak kullanılabilir. Katodik koruma yapılması sırasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

i. Katodik korumanın tüm ankraj boyunca sürekliliği sağlanmalıdır.

ii. Koruma için uygun bir anod sistemi oluşturulmalıdır.

iii. En iyi uygulama için ankrajın tamamen elektrolite doygun ortamda bulunması gerekir. Doygun olmayan zeminlerin içinden geçen ankrajlar için bu bölgelerde koruma kılıfı kullanılmalıdır.

iv. Anotların yenilenme peryodu dikkate alınmalıdır.

v. Gerekli elektrik akımının hesabı ampiriktir ve yaklaşık sonuçlar verir. Gereğinden fazla büyüklüklerde akım verilmesi durumunda metal gevrekleşmesi takip edilmelidir.

b) **Çift Bariyerli Korozyon Koruma:**

Çift bariyerli korozyon koruma, çelik çubuk veya halatın iki geçirimsiz bariyer kullanılarak dış ortamla olan ilişkisinin kesilmesi uygulamasıdır. Bu uygulamada dıştaki bariyerin görevi ankrajın delgiye yerleştirilmesi sırasında iç bariyerin hasar görmesini önlemektir. Halatlı ve çelik çubuk ankrajlar için çift korozyon koruma uygulanması koşulları aşağıda belirtilmiştir.

b.1) **Çelik Çubuk Ankrajlarda Çift Korozyon Koruma**

Çubuk ankrajlar yüksek dayanımlı nervürlü veya öngerme çeliği olabilir. Sahada bu iş için özel olarak kurulan fabrika şartlarını sağlayan imalathanelerde, çelik çubuk ile ondüle plastik kılıf arasındaki boşluk enjeksiyonlanır. Kontrollü şartlarda yapılan bu enjeksiyon korozyon koruma sistemi olarak kabul edilebilir. Fabrikada imal edilerek sahaya getirilen hazır kalıcı çubuklardaki enjeksiyon da korozyon koruma sistemi olarak kabul edilir. Germe yükü altında kontrollü enjeksiyonda her bir nervürde oluşacak çatlak kalınlığı 0.1 mm'den az olduğu takdirde korozyona karşı bariyer oluşturduğu kabul edilebilir. Kullanılacak ondüle boru (plastik kılıf) uygunluk kriteleri Tablo 3.7 ve Tablo 3.8'de belirtilmiştir.

b.2) **Halatlı Ankrajlarda Çift Korozyon Koruma**

Halatlı ankrajlarda nervür olmadığı için çatlak kalınlığını belirlemek mümkün olmaz ve bu nedenle iç enjeksiyon koruyucu bir bariyer olarak kabul edilmez. Bu tür ankrajlarda iki plastik bariyer olması gerekir. Delgi içi enjeksiyonlama ve galvaniz işlemi hiç bir şartta korozyon koruma yöntemleri olarak kabul edilemez. Kullanılacak ondüle boru (plastik kılıf) uygunluk kriteleri Tablo 3.7 ve Tablo 3.8'de belirtilmiştir.

Tablo 3.7. Geçici ve Kalıcı Ankraj ve Zemin Çivilerinde Gereken Koruma Sistemleri

Ankraj / Çivi Kategorisi	Asgari Koruma Sistemi	
Geçici	Agresif Olmayan Koşullarda	Zorunlu değil
	Agresif Koşullarda	Tek Bariyerli
Kalıcı	Tüm Koşullarda	Çift Bariyerli

Tablo 3.8. Korozyon Koruma Sistemleri

Korozyon Koruma Sistemi	Öngermeli Halat ve Çubuk Ankraj		Pasif Çubuk Ankrajlar ve Zemin Çivileri	
	Tek Bariyer	Çift Bariyer	Tek Bariyer	Çift Bariyer
Plastik Kılıf	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Epoksi Kaplama	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun	Uygun
Galvaniz Kaplama	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Kesit Arttırılması	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun	Uygun
Çimento Şerbeti	Uygun	Uygun Değil	Uygun	Uygun Değil
Katodik Koruma	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Not: Çift bariyerli koruma sisteminde uygun olarak belirtilen iki korozyon koruma sistemi birarada kullanılacaktır.

3.2.4. Ankraj Testleri

Ankrajlara uygulanan testler aşağıda belirtildiği şekilde 3 ana başlık altında toplanmaktadır.

a) Araştırma testleri,
b) Uygunluk testleri,
c) Kabul testleri.

Tüm ankraj testlerinde halatların gergin hale getirilmesi için uygulanan boşluk alma yükü P_a, başlangıç yük kademesi olarak kabul edilir. Herhangi bir testin ulaşılması hedeflenen en büyük yük değeri ise o testin ispat yükü P_p olarak tanımlanır. İspat yükü P_p'nin (B.3.11) genel tanımı aşağıdaki gibidir. Tüm ankraj testleri kama takılmadan yapılır.

$$P_p = en\ küçük \begin{cases} 0.8\ P_{t,k} \\ 0.90\ P_{t,01k} \\ R_a \end{cases} \qquad \text{(B.3.11)}$$

Burada;

$P_{t,k}$: ankraj demeti veya çubuğunun karakteristik yük kapasitesi

$P_{t,01k}$: % 0.1 kalıcı birim şekil değiştirmenin olduğu yerdeki karakteristik çekme yükü

R_a : ankraj kök dayanımıdır.

3.2.4.1. Araştırma Testleri

a) Araştırma testleri proje ankrajlarının imalatından önce saha koşullarında ankrajın nihai çeper sürtünmesinin tespit edilmesi için yapılır. Kullanılacak makine-ekipman ile uygulama tekniğinin kanıtlanması ve yeni bir ankraj tekniğinin uygunluğunun gösterilmesinin gerektiği durumlarda bu test yapılır. Araştırma testleri kalıcı ankrajların kullanıldığı tüm projelerde zorunludur.

b) Geçici ankrajların kullanıldığı diğer işlerde, araştırma testlerinin yapımına Geoteknik Sorumlunun talebi doğrultusunda karar verilir.

c) Araştırma testinin hedefleri; sıyrılma yükünün (yaklaşık nihai çeper sürtünmesi) belirlenmesi, uygunluk ve kabul testleri için ispat yükünün tespit edilmesi, krip (sünme) ihtimalinin olduğu zeminlerde kritik krip yükünün belirlenmesidir. Geoteknik Sorumlu aksini tercih etmediği takdirde, araştırma testi TS-EN 1537'de tanımlanan üç yöntemden birincisi kullanılarak yapılır.

d) Yük Kademeleri ve Bekleme Süreleri

d.1) Araştırma testi ispat yüküne kadar en az altı döngüde yapılır. Bu test için ispat yükü, enjeksiyon-zemin nihai çeper sürtünmesinin muhtemel en büyük değeri esas alınarak belirlenir.

d.2) Yük kademeleri ve bekleme süreleri Tablo 3.9'da tanımlanmıştır. Eğer ankraj altı döngü gerçekleştirilmeden önce yenilirse (sıyırma veya halat kopması gibi) test sonlandırılır.

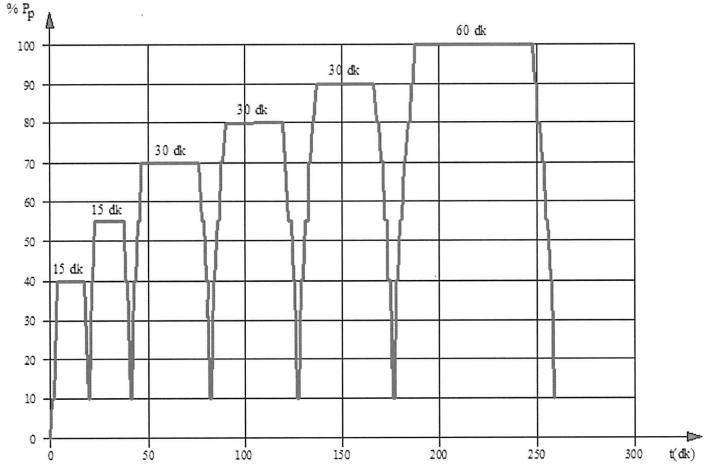
d.3) Her döngüde maksimum yüke kademeli olarak ulaşılmalıdır. Yük kademeleri Şekil 3.9'da görüldüğü gibi döngülerde uygulanacaktır. Ön yükleme (boşluk alma) yükünün $P_a = 0.10\ P_p$ olması tavsiye edilir.

d.4) Her döngünün sonunda ulaşılan maksimum yük kademesi, en az Tablo 3.9'da belirtilen süre boyunca korunmalıdır. Daha sonra aynı yük kademeleri kullanılarak boşluk alma yükü P_a'ya boşaltılmalıdır. Araştırma testinde uygulanacak yükleme ve boşaltma kademeleri Tablo 3.10'da görülmektedir.

d.5) Yükleme ve boşaltma sırasında ara yük kademelerinde beklenilmesi gereken gözlem süreleri 1 dakikadan az olmamalıdır. Test sırasında yük kaybını önlemek ve yükü sabit tutabilmek için krikonun hidrolik pompa ünitesinin otomatik besleme ünitesine sahip olması tercih edilir.

Tablo 3.9. Araştırma Testi Yükleme Kademeleri ve Bekleme Süreleri

Döngü	Yük Kademeleri	Her döngüdeki en büyük yükte asgari bekleme süresi (dk)	
		İri daneli zeminde ve kayada	İnce daneli zeminde
0	P_a	1	1
1	0.40 P_p	15	15
2	0.55 P_p	15	15
3	0.70 P_p	30	60
4	0.80 P_p	30	60
5	0.90 P_p	30	60
6	1.00P_p	60	180



Şekil 3.9. İri Daneli Zemin ve Kayada Araştırma Testi Yükleme Döngüleri

e) Ölçümler ve Kontroller

e.1) Her yük kademesinde halatta oluşan uzama değerleri ölçülür ve kaydedilir. İlaveten, yükün sabit tutulduğu bekleme sürelerindeki uzamalar da aşağıdaki zaman aralıkları takip edilerek ölçülmeli ve kaydedilmelidir.

1→2→3→4→5→7→10→15→20→30→45→60→90→120→150→180 (dakika)

e.2) Her döngünün maksimum yük kademesinde ölçülen krip hızı (α_{krip}) kontrol edilir. Bekleme sürelerinde ölçülen krip (sünme) değerleri ($\alpha_{krip,ULS}$) Şekil 3.10'daki gibi gösterilir.

e.3) Krip hızı α_{krip} açıkça tespit edilemezse ilk kez ulaşılan yükleme aşamaları için gözlem süreleri uzatılmalıdır.

e.4) Uzama okumaları için kullanılan ölçüm cihazları germe krikosundan bağımsız bir mesnet üzerine monte edilerek ölçümler yapılmalıdır.

f) Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

f.1) Test sırasında alınan ölçümler aşağıda belirtilen grafiklerde gösterilecektir.

i. Ankraj yükü - sünme hızı α_{krip} grafiği (Şekil 3.10),

ii. Halat ucu uzaması - Ankraj yükü grafiği (Şekil 3.13),

iii. Her yük kademesindeki halat ucu uzaması - zaman grafiği (Şekil 3.14).

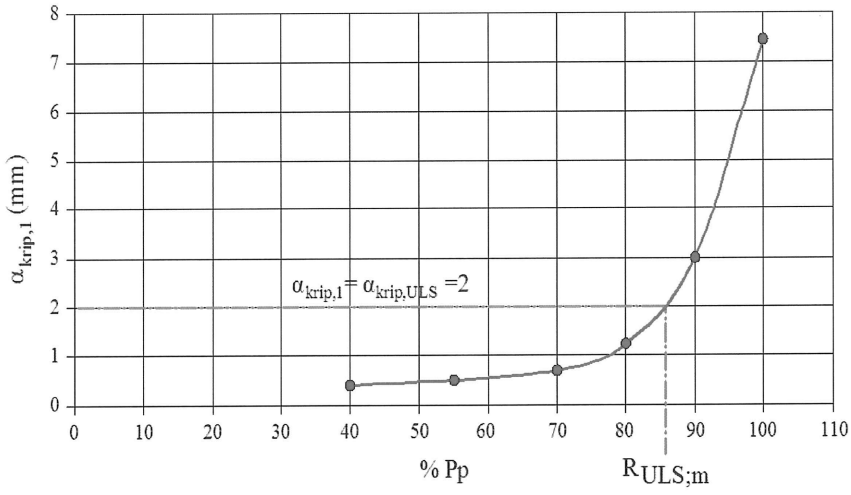
f.2) $R_{ULS,m}$ sıyrılma direncini tanımlayan $\alpha_{krip,ULS}$ limit değeri 2 mm olarak alınacaktır. Bu limit değer kullanılarak aşağıdaki parametreler belirlenir.

i. Şekil 3.10'daki ankraj yükü – sünme hızı grafiği kullanılarak $R_{ULS;m}$ değeri 2 mm limit değere karşı gelen yük olarak belirlenir. Sünme hızı, deney süresi boyunca 2 mm'den düşük kalmışsa en büyük test yükü $R_{ULS,m}$ olarak kabul edilir.

ii. Hesaplanan görünür tendon serbest uzunluğu L_{app} kontrol edilir.

Tablo 3.10. Araştırma Testinde Uygulanacak Yükleme ve Boşaltma Kademeleri

0. Döngü	Yükleme:	P_a						
1. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p *					
	Boşaltma:	% 40 P_p	P_a (1 dk)					
2. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p *				
	Boşaltma:	% 55 P_p	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)				
3. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p *			
	Boşaltma:	% 70 P_p	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)			
4. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 80 P_p *		
	Boşaltma:	% 80 P_p	% 70 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)		
5. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 80 P_p (1 dk)	% 90 P_p *	
	Boşaltma:	% 90 P_p	% 80 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)	
6. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 80 P_p (1 dk)	% 90 P_p (1 dk)	%100 P_p *
	Boşaltma:	%100 P_p	% 90 P_p (1 dk)	% 80 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)
* Bekleme süreleri Tablo 3.9'da belirtilmiştir.								



Şekil 3.10. Araştırma Testi Sonuçlarına Göre α_{krip} ve Ankraj Test Yükü Değişimi (Sıyrılma Direncine %100P_p'den Önce Ulaşıldığı Durum)

3.2.4.2. Uygunluk Testleri

a) Uygunluk testleri ankraj kapasitesinin, ankraj kök boyu ve toplam boyun doğrulanması, kullanılan makine-ekipman ve ankraj tekniğinin sahadaki zemin koşullarına uygunluğunun belirlenmesi için tercihen farklı zemin birimlerinde ve her cephede en az birer tane olmak üzere ve toplam ankrajların en az %2'sinde yapılmalıdır.

b) Uygunluk testleri her cephenin imal edilen ilk ankrajında yapılacaktır. Uygunluk testlerinin yapıldığı ankrajlar proje ankrajlarıyla aynı özelliklerde olmak zorundadır. Uygunluk testleri kapsamında yapılacak kontroller aşağıdaki gibidir.

i. Ankraj kapasitesi,

ii. Yük-şekil değiştirme ve krip davranışı,

iii. Görünen halat serbest uzunluğunun tasarım değeri ile karşılaştırılması.

c) Testler sırasında ankrajlarda meydana gelen hareketlerin nedenleri irdelenmeli ve raporlanmalıdır.

d) Uygunluk testleri geçici ve kalıcı ankrajların kullanıldığı tüm projelerde zorunludur.

e) Geçici ankrajlarda yapılacak testlerde ispat yükü, ankraj tasarım yükünün en az 1.33 katı kadar olmalıdır. Kalıcı ankrajlarda yapılacak testlerde ise ispat yükü, ankraj tasarım yükünün en az 1.50 katı kadar olmalıdır.

f) Geoteknik Sorumlu aksini tercih etmediği takdirde, uygunluk testi TS-EN 1537'de tanımlanan üç yöntemden birincisi kullanılarak yapılır.

g) Uygunluk testleri proje ankrajları üzerinde yapılabileceği gibi bu iş için imal edilecek ilave ankrajlarda da yapılabilir.

h) Yük Kademeleri ve Bekleme Süreleri

h.1) Uygunluk testinde boşluk alma yükü P_a'dan ispat yükü P_p'ye en az beş döngüde ulaşılmalıdır. Ön yükleme (boşluk alma) yükü $P_a = 0.10\ P_p$ olarak tavsiye edilir.

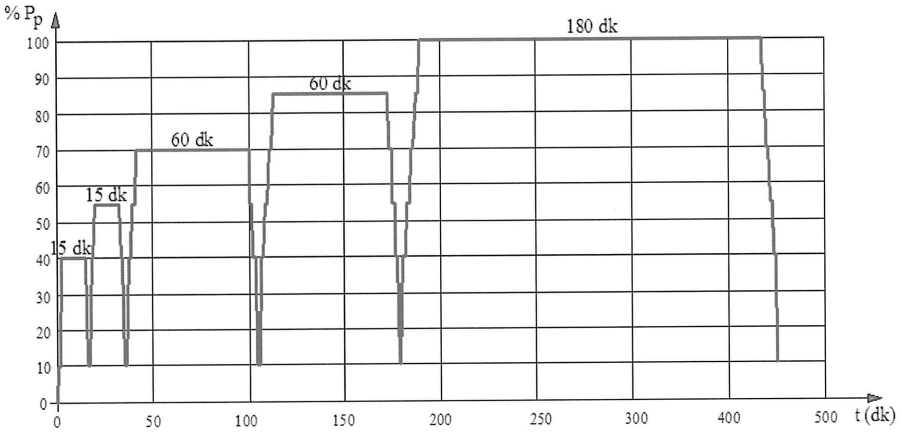
h.2) Her döngüde maksimum yük kademesine ulaşıldığında halat ucu uzaması Tablo 3.11'de tanımlanan minimum bekleme süreleri boyunca ölçülür. Döngülerde uygulanacak yük kademeleri Şekil 3.11'de belirtildiği şekilde alınır. Daha sonra aynı yük kademeleri kullanılarak boşluk alma yükü P_a'ya boşaltılır. Tablo 3.12'de uygunluk testlerinde uygulanacak yükleme ve boşaltma kademeleri verilmektedir.

h.3) Yükleme ve boşaltma sırasında ara yük kademelerinde beklenilmesi gereken gözlem süreleri 1 dakikadan az olmamalıdır.

h.4) Test sırasında yük kaybını önlemek ve yükü sabit tutabilmek için krikonun hidrolik pompa ünitesi otomatik besleme ünitesine sahip olmalıdır.

Tablo 3.11. Uygunluk Testi Yük Kademeleri ve Bekleme Süreleri

Döngü	Yük Kademeleri	Her döngüdeki maksimum yükte asgari bekleme süresi (dk)			
		Geçici ankraj		Kalıcı ankraj	
		İri daneli zeminde ve kayada	İnce daneli zeminde	İri daneli zeminde ve kayada	İnce daneli zeminde
0	P_a	1	1	1	1
1	0.40 P_p	1	1	15	15
2	0.55 P_p	1	1	15	15
3	0.70 P_p	5	10	30	60
4	0.85 P_p	5	10	30	60
5	1.00 P_p	30	60	60	180



Şekil 3.11. İnce Daneli Zeminlerde Kalıcı Ankrajlar için Uygunluk Testi Yükleme Döngüleri

Tablo 3.12. Uygunluk Testinde Uygulanacak Yükleme ve Boşaltma Kademeleri

0. Döngü	Yükleme:	P_a					
1. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p *				
	Boşaltma:	% 40 P_p	P_a (1 dk)				
2. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p *			
	Boşaltma:	% 55 P_p	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)			
3. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p *		
	Boşaltma:	% 70 P_p	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)		
4. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 85 P_p *	
	Boşaltma:	% 85 P_p	% 70 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)	
5. Döngü	Yükleme:	P_a	% 40 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 85 P_p (1 dk)	% 100 P_p *
	Boşaltma:	% 100 P_p	% 85 P_p (1 dk)	% 70 P_p (1 dk)	% 55 P_p (1 dk)	% 40 P_p (1 dk)	P_a (1 dk)
* Bekleme süreleri Tablo 3.11'de belirtilmiştir.							

i) Ölçümler ve Kontroller

i.1) Her yük kademesinde halatta oluşan uzama değerleri ölçülür ve kaydedilir. İlaveten, yükün sabit tutulduğu bekleme sürelerindeki uzamalar da aşağıdaki zaman aralıkları takip edilerek ölçülmeli ve kaydedilmelidir.

1→ 2→ 3→ 4→ 5→ 7→ 10→ 15→ 20→ 30→ 45→ 60→ 90→ 120→ 150→ 180 (dak)

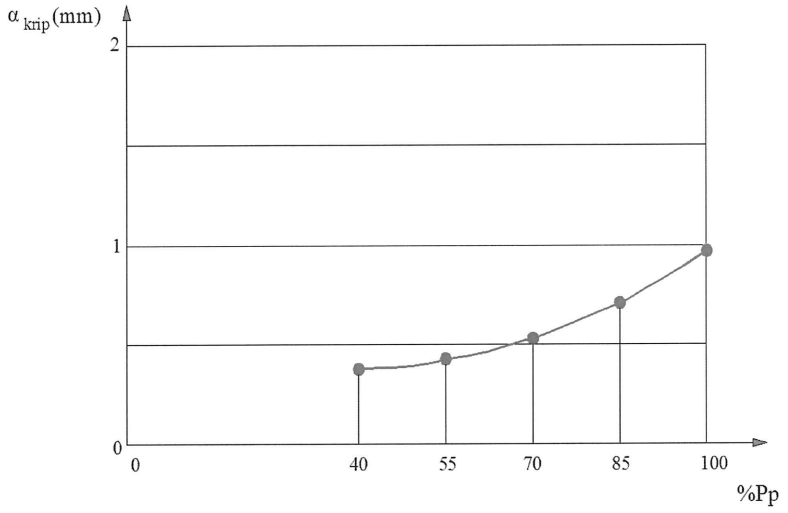
Örnek olarak; ince daneli bir zeminde yapılan geçici bir ankrajda uygunluk testinin 3. döngüsünde, ara kademelerde ve maksimum yük kademesinde halat ucu deplasmanlarının okuma alma zamanları aşağıda verildiği gibi olmalıdır.

Yükleme: P_a *(1 dk)*→% 40 P_p *(1 dk)*→ % 55 P_p *(1 dk)* → % 70 P_p *(1→2→3→ 4→5→7→10dk)*
Boşaltma: % 70 P_p *(1 dk)* → % 55 P_p *(1 dk)* → % 40 P_p *(1 dk)* → P_a

i.2) Her döngünün maksimum yük kademesinde ölçülen krip hızı (α_{krip}) kontrol edilir. Bekleme sürelerinde ölçülen krip (sünme) değerleri Şekil 3.12'deki gibi gösterilir.

i.3) Tablo 3.11'de verilen minimum gözlem süresi için uzama sınırı aşıldığında, test süresi Tablo 3.13'te değerlere uygun olarak uzatılır. Uzatılmış test süresinin

sonunda t_a ve t_b süreleri (Tablo 3.13) arasında ölçülen krip hızı 1 mm'den fazla olmamalıdır.



Şekil 3.12. Uygunluk Testi Sonuçlarına Göre α_{krip} ve Ankraj Test Yükü Değişimi

Tablo 3.13. Uygunluk Testi için P_p Yükündeki Minimum ve Uzatılmış Gözlem Süreleri

		Geçici ankrajlar		Kalıcı ankrajlar	
		İri daneli zemin ve kaya	İnce daneli zemin	İri daneli zemin ve kaya	İnce daneli zemin
İspat yükü		P_p	P_p	P_p	P_p
Minimum gözlem süreleri ile test	ta (dk)	10	20	20	60
	tb (dk)	30	60	60	180
	Deplasman Δs=sb-sa (mm) *	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
* Δs ≤ 0.5 mm şartının sağlanmaması durumunda testler durdurulmadan devam ettirilecektir. Aşağıdaki kriterlerin sağlandığı kontrol edilmelidir.					
Uzatılmış gözlem süreleri ile test	ta (dk)	10	20	20	60
	tb (dk)	≥60	≥120	≥120	≥720
	Sünme hızı** α_{krip} (mm)	$\leq \alpha_{krip,1} = 1.0$			
** α_{krip}, zaman-uzama eğrisinin doğrusal kısmından da kaydedilerek belirlenir.					

i.4) Halat ucu uzaması, uzatılmış test süresi boyunca 10 dakikalık aralıklarla kaydedilmelidir. Uzatılmış testin süresi (t_b), sünme hızı Tablo 3.13'de belirtilen değer yakalanana kadar uzatılacaktır. Ancak, her durumda tb'nin süresi Tablo 3.13'te tanımlanan uzatılmış gözlem sürelerinden daha kısa olamaz.

i.5) Ölçülen ankraj sıyrılma direnci ($R_{ULS;m}$) sünme hızının (α_{krip}) limit sünme hızına ($\alpha_{krip,1}$) ulaştığı değerdir. Eğer ankraj uygunluk testi sırasında ispat yükü P_p'ye ulaşmadan önce α_{krip} aşılırsa, test tarafından kapsanan tüm ankrajlar için tasarım ankraj yükü, sünme hızının esas alındığı (düşük) test yüküne göre belirlenmelidir.

i.6) Görünür halat serbest uzunluğu L_{app}'a göre ölçülen elastik uzama $\geq 0.7\ P_p$ yük seviyesindeki sınır çizgileri (Şekil 3.13) arasında olmalıdır.

j) Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

j.1) Test sırasında alınan ölçümler aşağıda belirtilen grafiklerde gösterilecektir.

i. Her döngünün sonundaki halat ucu uzamasının ankraj yüküne göre değişim grafiği (Şekil 3.13),

ii. Her döngünün en yüksek yükünde halat ucu uzamasının logaritmik zamana göre değişim grafiği (Şekil 3.14),

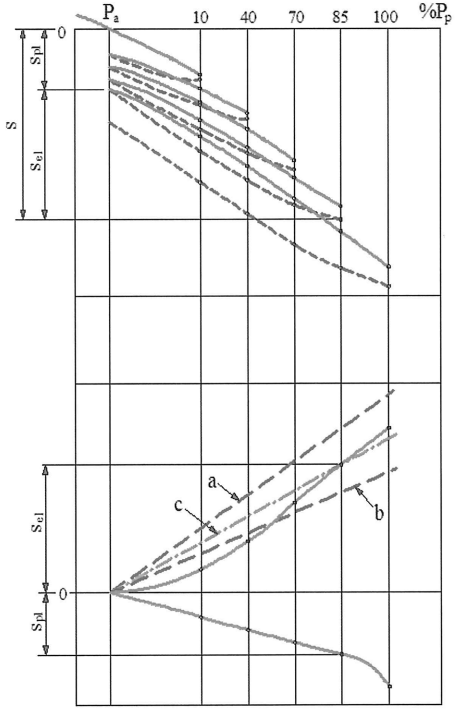
iii. Sünme hızının ankraj yüküne göre değişim grafiği (Şekil 3.12'ye benzer şekilde),

j.2) Toplanan verilere göre aşağıdaki parametreler belirlenecektir:

i. α_{krip} değerinin P_p ispat yükünde tayin edilmesi (Şekil 3.14),

ii. Hesaplanan görünür halat serbest uzunluğu L_{app} (Madde 3.2.4.4'de belirtildiği şekilde),

iii. Eğer ulaşılırsa ölçülen ankraj sıyrılma direncinin $R_{ULS;m}$ tayini.

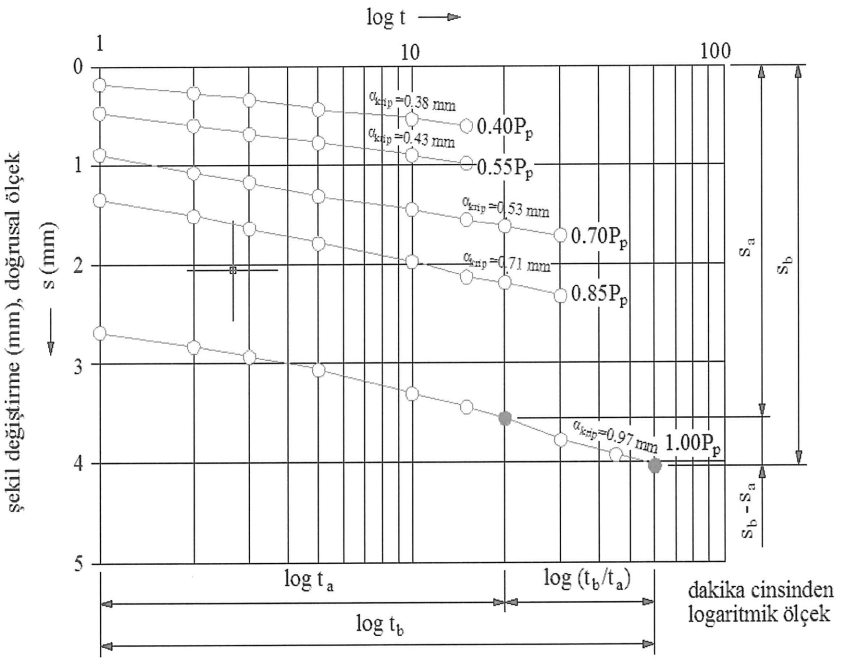


Yükleme - şekil değiştirme eğrisi

Elastik ve plastik yer değiştirmeler ve a, b sınır çizgileri

a ve b sınır çizgileri, EN1537'ye göre L_{aap}'nın üst ve alt sınırına karşılık gelen elastik yer değiştirme davranışının üst ve alt değerini temsil eder
Çizgi c, beklenen ankraj serbest uzunluğunun elastik uzamasını temsil eder. Dış uzunluk, $L_{tf} + L_{te}$

Şekil 3.13. Zemin veya Kayada Uygunluk Testi İçin Her Döngünün Sonunda Ankraj Ucu Yer Değiştirmesine Karşı Kök Bölgesi Yüküne Ait Örnek Grafik



Şekil 3.14. Zemin ve Kayalarda Uygunluk Testi Sonuçlarına Göre Ankraj Uzaması ve Zaman Grafiği

3.2.4.3. Kabul Testleri

a) Kabul testleri imal edilen her bir ankrajın tasarım kriterlerini sağladığını göstermek için tüm ankrajlarda yapılır. Kabul testleri kapsamında yapılacak kontroller aşağıdaki gibidir.

i. Ankraj kapasitesi,

ii. Yük-şekil değiştirme ve krip davranışı,

iii. Görünür halat serbest uzunluğunun tasarım değeri ile karşılaştırılması.

b) Geçici ankrajlarda yapılan kabul testlerinde ispat yükü, ankraj tasarım yükünün en az 1.25 katı kadar olmalıdır. Kalıcı ankrajlarda yapılacak kabul testlerinde ispat yükü, ankraj tasarım yükünün en az 1.33 katı kadar olmalıdır.

c) Geoteknik Sorumlu aksini tercih etmediği takdirde, kabul testi TS-EN 1537'de tanımlanan üç yöntemden birincisi kullanılarak yapılır.

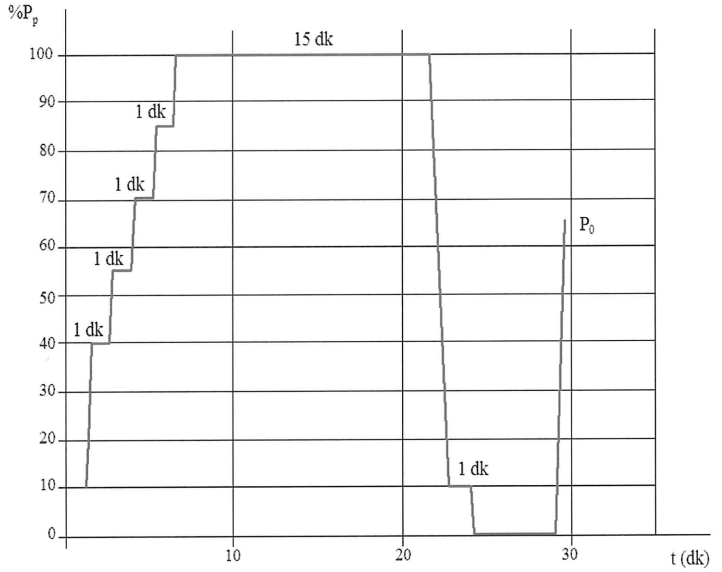
d) Yük Kademeleri ve Bekleme Süreleri

d.1) Test yapılan ankraj, boşluk alma yükü P_a'dan ispat yükü P_p'ye en az beş kademede yüklenir. İspat yüküne ulaşılan son kademede yük belirli bir süre boyunca sabit tutularak halat ucunun uzaması ölçülür.

d.2) Her kademede maksimum yüke ulaşıldığında halat ucu uzaması Tablo 3.14'te tanımlanan minimum bekleme süreleri boyunca ölçülür. Yükleme aşamaları ve bekleme süreleri Şekil 3.15'de gösterilmiştir.

d.3) Uygulanan yük, ara yük kademelerinde en az 1 dakika boyunca sabit tutulmalıdır.

d.4) %100P_p yükünde Tablo 3.14'te tanımlanan asgari bekleme süresi boyunca yük sabit tutulur. Testin tamamlanmasının ardından ankraj yükü P_a'ya düşürülüp 1 dakika beklenildikten sonra yük sıfırlanır. Sonraki aşamada ankraj kilitleme yükü olan P_0 yüküne tek aşamada çıkılır ve ankraj kilitlenir.



Şekil 3.15. İnce Daneli Zeminlerde Kabul Testi İçin Yükleme ve Bekleme Süreleri

Tablo 3.14. Kabul Testi Yük Kademeleri

Döngü	Yük kademeleri	Asgari bekleme süresi (dk)	
		İri daneli zeminde ve kayada	İnce daneli zeminde
0	P_a	1	1
1	0.40 P_p	1	1
2	0.55 P_p	1	1
3	0.70 P_p	1	1
4	0.85 P_p	1	1
5	1.00P_p	5	15

e) Ölçümler ve Kontroller

e.1) Halat ucunun uzaması, yükleme ve boşaltma ara kademelerinde ölçülür. Son kademede ispat yüküne ulaşıldığında, sabit yük altında halat ucundaki uzama, gözlem süresi boyunca aşağıdaki zaman aralıklarında ölçülmelidir.

e.2) Tüm yükleme kademeleri için yükün sabit tutulacağı süreler ve halat uzamalarının okuma zamanları aşağıda verilmektedir:

$P_a \rightarrow$ 1 dk

% 40 $P_p \rightarrow$ 1 dk

% 55 $P_p \rightarrow$ 1 dk

% 70 $P_p \rightarrow$ 1 dk

% 85 $P_p \rightarrow$ 1 dk

% 100 $P_p \rightarrow$ İri daneli zeminde ve kayada : 1→2→3→4→5 (dk)

İnce daneli zeminde : 1→2→3→4→5→7→10→15 (dk)

e.3) İspat yükü altında halat ucunda ölçülen uzama değerlerine ait sınır değerler Tablo 3.15'de verilmektedir. Minimum gözlem süresi için uzama sınırı aşıldığında Tablo 3.15'de verildiği gibi süreler uzatılarak teste devam edilir.

e.4) Uzatılmış testin sonunda t_a ve t_b süreleri arasında ölçülen krip yer değiştirme oranı (α) 1 mm'den daha fazla olmamalıdır (Tablo 3.15).

Tablo 3.15. Kabul Testi İçin P_p Yükündeki Minimum ve Uzatılmış Gözlem Süreleri

		Geçici ve kalıcı ankrajlar	
		İri daneli zemin ve kaya	İnce daneli zemin
İspat yükü		P_p	P_p
Minimum gözlem süreleri ile test	t_a (dk)	2	5
	t_b (dk)	5	15
	Deplasman $\Delta_s=s_b-s_a$ (mm) *	≤ 0.2	≤ 0.25
* Δ_s şartının sağlanmadığı testler durdurulmadan devam ettirilecektir. Aşağıdaki kriterlerin sağlandığı kontrol edilmelidir.			
Uzatılmış gözlem süreleri ile test	t_a (dk)	2	5
	t_b (dk)	≥ 15	≥ 30
	Sünme hızı** α_{krip} (mm)	$\leq \alpha_{krip,1} = 1.0$	$\leq \alpha_{krip,1} = 1.0$
** α_{krip} zaman-uzama eğrisinin doğrusal kısmından t_a kaydedilerek belirlenir.			

e.5) Uzatılmış test süresi boyunca halat ucu uzaması 5 dakikalık aralıklarla kaydedilmelidir. Uzatılmış testin süresi (t_b), sünme hızı (α_{krip}) sabit kalana kadar uzatılacaktır. Fakat her durumda t_b'nin süresi Tablo 3.15'de tanımlanan uzatılmış gözlem sürelerinden daha kısa olamaz.

e.6) Başarılı bir kabul testinin ardından, ankraj kilitleme yükü olan P_0'a gerilmeli ve sonra kilitlenmelidir. Kabul kriterlerini sağlamayan bir ankraj yenilenebilir, reddedilebilir ya da krip uzaması gözlenmeyen en yüksek yükün en çok %50'sine kilitlenebilir. Bu konuda karar Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından verilmelidir.

f) Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

f.1) Test sırasında alınan ölçümler aşağıda belirtilen grafiklerde gösterilecektir.

i. Her döngünün sonundaki halat ucu uzamasının ankraj yüküne göre değişim grafiği (Şekil 3.13'de sadece artan yükleme adımları olan bir eğri),

ii. Halat ucu uzamasının P_p yükünün uygulandığı zamana göre değişim grafiği (Şekil 3.14'te sadece P_p yükü için),

f.2) Toplanan verilere göre, aşağıdaki parametreler belirlenecektir:

i. α_{krip} değerinin P_p ispat yükünde tayin edilmesi (sadece Tablo 3.15'de verilen minimum gözlem süresi gereksinimleri testte yerine getirilmediğinde gereklidir),

ii. Hesaplanan görünür tendon serbest uzunluğu L_{app} (Madde 3.2.4.4 (b)'de belirtildiği şekilde),

3.2.4.4. Ankraj Kabul Kriterleri

a) Krip Hızı (α_{krip}) kontrolü

Her kademenin en yüksek yükünde, α_{krip} değeri kontrol edilmelidir. α_{krip} değeri B.3.12 bağıntısı ile hesaplanır. Sonuçlar yarı logaritmik bir diyagramda gösterilmelidir (Şekil 3.16). Sünme hızı α_{krip} açıkça tespit edilemezse, ilk kez ulaşılan yükleme aşamaları için gözlem süreleri uzatılmalıdır.

$$\alpha_{krip} = (s_b - s_a) / [\log (t_b) - \log (t_a)] = (s_b - s_a) / \log (t_b / t_a) \qquad \text{(B.3.12)}$$

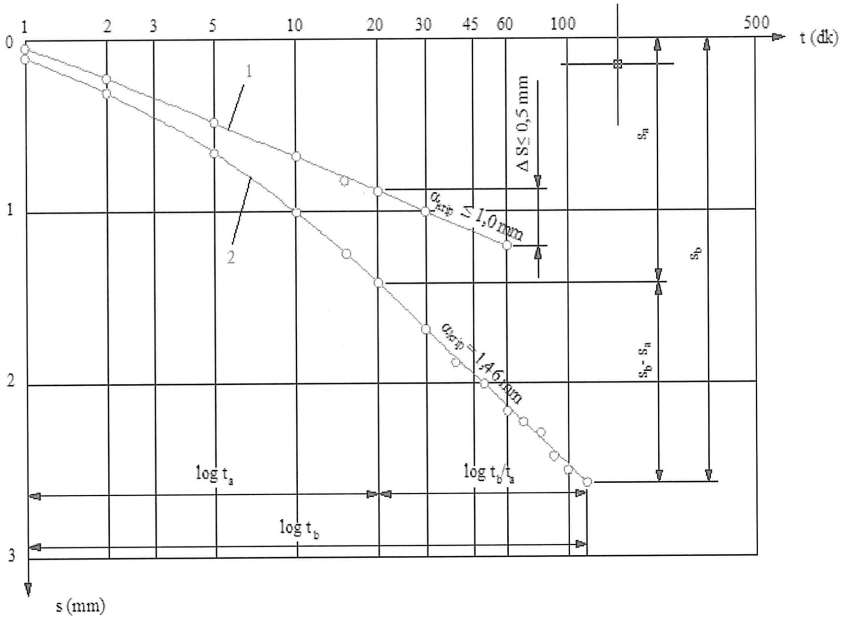
Burada:

s_a: t_a zamanındaki ankraj çubuk veya halatında ölçülen deplasman

s_b: t_b zamanındaki ankraj çubuk veya halatında ölçülen deplasman

t_a: ilgili zaman aralığının başlangıcı

t_b: ilgili zaman aralığının bitişi



1: minimum gözlem süreli ankraj 1
2: uzatılmış gözlem süreli ankraj 2

(Ankraj 2 kısa gözlem süresi için gereklilikleri yerine getirmeyen bir ankraj örneğidir. Bu nedenle sünme oranını belirlemek için gözlem süresi uzatılır.)

Şekil 3.16. İri Daneli Zeminlerde Kalıcı Ankraj Uygunluk Test Sonuçları - Ankraj Uzaması ve Zaman Grafiği

b) Görünür Serbest Uzunluk (L_{app}) Kontrolü

b.1) Test edilen ankrajın görünür halat serbest uzunluğu, halat üzerindeki yük P_p'den P_a'ya boşaltılırken ölçülen boy kısalması değerleri kullanılarak aşağıdaki bağıntıyla (B.3.13) hesaplanır.

$$L_{app} = \frac{A_t E_t \Delta s_{el}}{P_p - P_a} \qquad \text{(B.3.13)}$$

Bu bağıntıda;

L_{app} : Görünür halat serbest uzunluğu;
A_t : Toplam halat kesit alanı;
E_t : Ankraj halatı elastisite modülü;
Δs_{el} : Halat elastik kısalması;
P_p : İspat yükü;
P_a : Başlangıç yükü.

b.2) Görünür halat serbest uzunluğunun sınırları aşağıda belirtilen sınır değerler arasında kalmalıdır:

$$0.8\, L_{tf} + L_{te} \leq L_{app} \leq L_{tf} + L_{te} + 0.5\, L_{tb} \qquad \text{(B.3.14)}$$

Bu bağıntıda;

L_{tf} : Halat serbest uzunluğu
L_{te} : Kriko içindeki halat uzunluğu
L_{tb} : Halat kök boyu

b.3) Görünür halat serbest uzunluğunun kabul edilebilir sınırların dışında kalması durumunda makine-ekipman ile uygulama tekniğinin yeniden değerlendirilmesi gerekir.

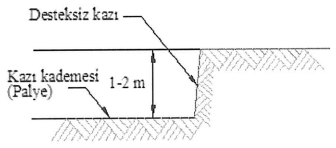
c) Kilitleme Yükü, P_0

c.1) Ankraj testi tamamlandıktan sonra kabul kriterlerini sağlayan ankrajlar kilitleme yüküne getirilerek kilitlenir. Kilitleme yükü belirlenirken, kamaların yerine oturması sırasında germe yükündeki kayıplar da göz önüne alınmalıdır. Yaygın olarak bu yük kaybının %10 mertebesinde olduğu öngörülmektedir. Sahada yapılacak lift-off (gerili ankrajdaki mevcut yükün kontrolü) testleri veya yük hücresi kullanılarak bu kayıp daha hassas olarak belirlenebilir.

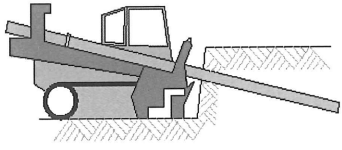
c.2) Kazı derinliğinin artmasıyla daha önceden imal edilmiş ankraj sıralarındaki halat yüklerinin de artması beklenir. Geoteknik Sorumlu, hesap sırasında yapacağı kademeli analizlerle bu durumu göz önünde bulundurmalı ve kilitleme yüklerini buna göre belirlemelidir.

3.3. ZEMİN ÇİVİLİ SİSTEMLER

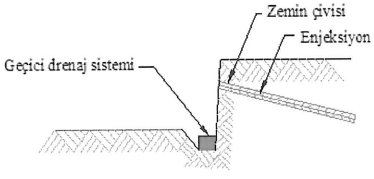
Zemin çivili sistemler, zemini çelik donatı elemanları kullanarak yerinde güçlendirmek suretiyle, zeminin stabilitesini korumak/artırmak için kullanılan alternatif bir kazı aynası destekleme tekniğidir. Mevcut heyelanların ve duvarların rehabilitasyonu, şev oluşturulması, derin kazı yapılması vb. nedenlerle kullanılmakta olup bu Uygulama Esaslarında belirtilen hususlar sadece derin kazı yapılması ile ilgili kullanımını kapsamaktadır. Derin kazı yapılması amacıyla kullanılan zemin çivili sistemler, zeminin güçlendirilmesi ve oluşacak yatay itkilerin karşılanması amacıyla, çelik çubukların (zemin çivisi) zemin içine belirli bir karelajla yerleştirilmesi ve kazı yüzeyine rijit bir yapısal kaplama teşkili adımlarının nihai kazı tabanına ulaşılana dek ardışık olarak uygulanması ile teşkil edilir. Sistemin inşası tipik olarak Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



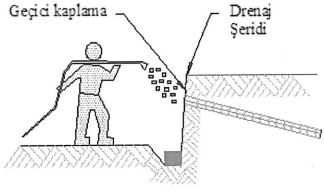
1. Adım: İlk küçük kazı



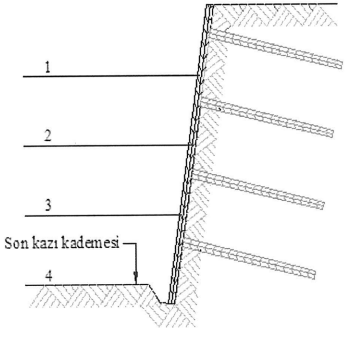
2. Adım: İlk sıra delgilerin açılması



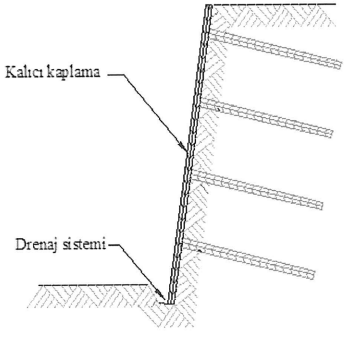
3. Adım. Zemin çivisinin yerleştirilmesi ve enjeksiyon



4. Adım: Drenaj şeritlerinin yerleştirilmesi
Püskürtme beton tabakasının yapılması
Zemin çivisi plakasının yerleştirilmesi
Somun ve rondela montajı



5. Adım: Her kazı kademesinde imalatların tekrarlanması

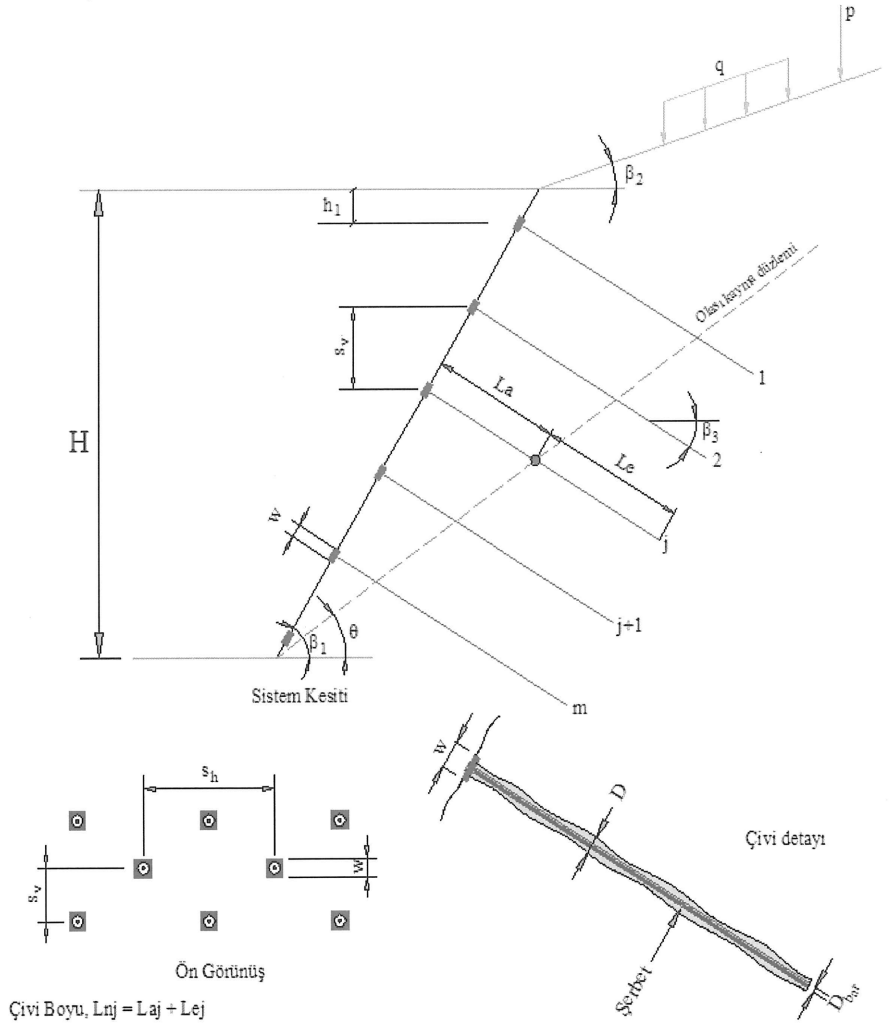


6. Adım: Kalıcı kaplamanın yapılması (Kalıcı destek yapılarında)

Şekil 3.17. Zemin Çivili Sistemlerin Tipik Yapım Aşamaları

3.3.1. Sistem Elemanları

Zemin çivili duvarların genel uygulama şekli, semboller ve tanımları Şekil 3.18'de belirtilmiştir.



H: Kazı Derinliği (m)

h_1 : En üst kademe zemin çivisiyle duvar üstü arasındaki düşey mesafe (m)

s_v : Zemin çivileri düşey aralığı (m)

s_h : Zemin çivileri yatay aralığı (m)

β_1 : Duvarın yatayla yaptığı açı (^{0})

θ : Olası kayma düzleminin yatayla yaptığı açı (^{0})

L_{nj} : j no.lu zemin çivisinin uzunluğu (m)

q: Yayılı yük (hareketli-sabit)

w : Zemin çivisi plakası genişliği (m)

β_2 : Duvar arkasındaki şevin yatayla yaptığı açı (^{0})

D : Zemin çivisi deliğinin çapı (m)

D_{bar} : Zemin çivisi donatısının çapı (m)

L_{aj} : j no.lu zemin çivisinin kayma düzlemi üstünde kalan uzunluğu (m)

L_{ej} : j no.lu zemin çivisinin kayma düzlemi altında kalan uzunluğu (m)

β_3 : Zemin çivisinin yatayla yaptığı açı (^{0})

p: Tekil yük (hareketli-sabit)

Şekil 3.18. Zemin Çivili Sistemlerin Genel Uygulama Şekli ve Tanımlar

3.3.1.1.Çivi Donatısı : Zemin çivili sistemlerin ana elemanlarından biri olan çelik çivi donatısı önceden hazırlanmış delikler (kuyu) içine yerleştirilir ve sonrasında kuyu enjeksiyonla doldurulur. Donatı için genellikle S420, B420C veya daha yüksek mukavemetli çelik kullanılır.

3.3.1.2. Çimento Şerbeti : Zemin çivisi ile yerleştirildiği kuyu cidarı arası çimento şerbeti ile doldurulur. Genellikle sadece çimento ve suyun karışımı ile elde edilen şerbetin ana amacı yanal toprak itkilerinin çelik donatıya aktarılmasıdır. Ayrıca kuyu cidarı ile donatı arasında çok düşük geçirimli bir zon oluşturarak çelik donatının korozyondan korunmasına yardımcı olur (Çift bariyerli korozyon koruma hariç).

3.3.1.3. Çivi Başı : Çivi başı, donatı çeliğinin kaplamadan dışarı çıkan diş açılmış ucudur.

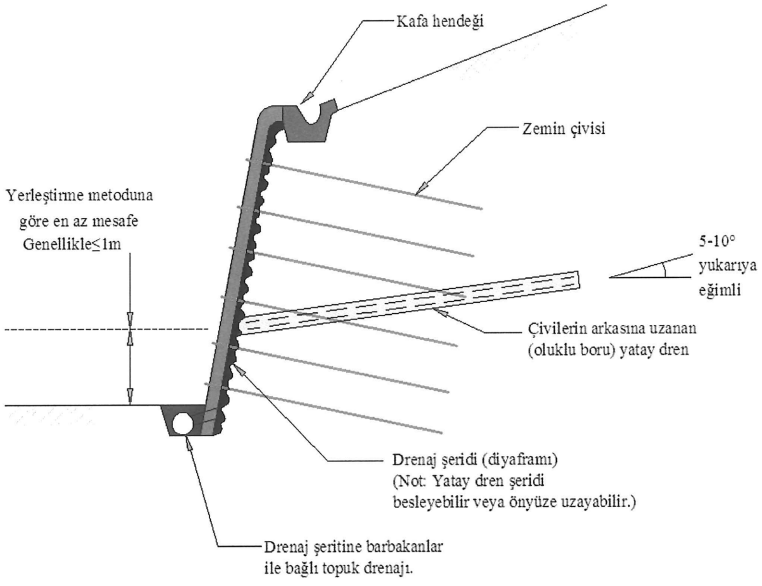
3.3.1.4. Plaka, Somun ve Ayar Parçası : Bu parçalar zemin çivisinin kaplamaya tutturulması için kullanılır.

3.3.1.5. Kaplama: Kaplamanın ana görevi yapısal bütünlüğü sağlamak, kazı aynasını desteklemek ve yanal yükleri zemin çivilerine aktarmak için plakaya zemin oluşturmaktır. Kaplamalar rijit (yerinde dökme beton, prekast beton elemanlar, donatılı püskürtme beton vb.) ve esnek (metal ağlar) tiplerde yapılmakta olup dik ve dike yakın eğimli kazılarda sert kaplama kullanılmalıdır. Uygulamada genellikle püskürtme beton ve çelik hasır donatı (wiremesh) kullanılır.

3.3.1.6. Yatay Dren ve Barbakanlar : Yatay drenler, yatayla yukarı doğru 5-10 derece açıyla, yeterli boyda, kaplama arkasındaki zemindeki suyun birikerek basınç oluşturmasını engellemek amacıyla tesis edilen delgi kuyusu içindeki geotekstil kaplamalı drenaj borularıdır. Barbakanlar ise yatay drenlerle toplanan suyun kaplamadan tahliyesi için kaplama üzerinde bırakılan deliklerdir.

3.3.1.7. Geokompozit ve Şerit Drenler : Kaplamanın hemen arkasına kazı yüzeyinden gelebilecek suları tabana indirerek drene etmek amacıyla kullanılır.

3.3.1.8. Kafa Hendeği ve Topuk Drenajı : Duvarın hemen arkasında, yüzeyden yağmur vb. nedenlerle gelebilecek suyun duvar arkasına sızarak ek basınç oluşturmasını engellemek için kafa hendekleri kullanılır. Ayrıca duvar arkasında geokompozit ve şerit drenlerle toplanan suyun drenajı duvar önünde açılacak kanallar içinde oluşturulacak topuk drenaj sistemi ile sağlanır. Topuk drenajın atmosfere kapalı çıkışı, özellikle çok soğuk iklimlerde drenaj suyunun deşarj noktasında donarak deşarjı tıkamasını engellemek için yapılır. Tipik drenaj uygulaması Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Zemin Çivili Sistemlerde Tipik Drenaj Sistemi

3.3.2. Çivi Uygulamaları İçin Uygun Olmayan Zemin Şartları

Genel olarak çiviler çoğu zeminde uygulanabilmektedir. Uygun olmayan durumlar aşağıda sıralanmaktadır.

3.3.2.1. Organik zeminler ve yumuşak kohezyonlu zeminlerde çok zayıf sıyrılma (tutunma) direnci nedeniyle çivilerin sıyrılma kuvvetleri çok düşük olmakta ve sık çivi yerleşimi hem ekonomi hem de uygulama açısından tercih edilmemektedir. Bu grupta yumuşak kil, siltli kil, silt ve organik zeminler bulunmaktadır. Zamanla gelişen deformasyonlar ayrıca sorun yaratabilmektedir. Drenajsız kayma mukavemeti 50 kPa'dan az olan kohezyonlu zeminler bu grupta yer alır. Bu gruptaki zeminlerde yukarıda bahsi geçen problemlere ek olarak kazı kademelerinde de sorunlar yaşanabilmektedir.

3.3.2.2. Yüksek plastisiteli orta katı ve katı killer kazı palyelerinde stabilizasyon yönünden ve delme işlemlerinde kuyu stabilitesi açısından avantajlıdır ancak ıslanınca veya kuruyunca hacım değişimine uğrarlar. Başta montmorillonit kil minerali yoğunluklu killer olmak üzere yüksek plastisiteli killer şişme ve büzülme gösterdiğinden kaplama yüzeyinde deformasyon ve çivi yüklerinde değişim görülür. Deplasmanlara hassas yapıların dik şevlere yakın olduğu durumlarda deformasyonlar etkili olabilmektedir. Bu zeminlerde çivili duvar veya şev kaplamalarına yakın ağaçlar su içeriğini etkilediğinden ayrıca deformasyonlar ortaya çıkabilir.

3.3.2.3. Daneli zeminler genel olarak çivi uygulamaları için uygundur ancak hiç kohezyonu veya zahiri kohezyonu olmayan gevşek ve temiz kum ve çakıllarda ara kazı kademelerindeki açık kazı aynalarının stabilitesi sağlanamamaktadır. Daneli zeminlerde hem kazı yükseklikleri hem de kazı genişlikleri az tutulmaktadır. Ayrıca, kohezyonsuz zeminlerde delme işlemlerinde genellikle muhazafa borusu gerekmektedir. Standart

penetrasyon sayısı 10'dan küçük ve göreceli sıkılığı %30 dan az olan zeminler bu grupta tanımlanır. Bu tip zeminlerde, zemin çivisi uygulamaları önerilmez.

3.3.2.4. Daneli zeminlerde üniformluluk katsayısı 2 den küçük olan zeminler, zemin çivisi uygulaması için uygun değildir.

3.3.2.5. Gevşek daneli zeminlerde çevresel etkenler ve sismik aktivite nedeni ile kalıcı zemin çivisi uygulaması yapılmaz.

3.3.2.6. Yoğun taş,blok vb. içeren zeminlerde delme işlemi gerçekleştirilemediğinden çivi uygulaması mümkün olmamaktadır.

3.3.2.7. Kohezyonlu zeminlerde 1-2 m aralığında değişen ve en az bir-iki gün kadar bekleyebilen desteksiz kazı yükseklikleri, çok yumuşak-katı arası kıvamdaki killerde kazıyı sürdüremeyecek kadar azdır. Standart penetrasyon sayısı 10'dan küçük ve göreceli sıkılığı %30 dan az olan zeminler bu grupta tanımlanır.

3.3.2.8. Usulüne uygun teknikler ile sıkıştırılmamış ve değişken malzemeler içeren rastgele dolgularda çivi uygulaması yapılması uygun değildir.

3.3.2.9. Önceden oluşmuş kayma yüzeyi veya eklem yüzeyi, yumuşak ara katman, erime boşluğu ve maden boşluğu vb. durumlarda duvar arkasındaki zeminde daha fazla deformasyon meydana geleceği tasarımda dikkate alınmalıdır.

3.3.2.10. Yeraltı su seviyesi veya tünek su seviyesi altında ve artezyen su basıncı altında kalan zeminlerde çivi uygulaması yapılmamalıdır. Yeraltı su seviyesi olmasa bile püskürtme beton uygulaması için kaplama yüzeyine gelen sular drene edilmelidir.

3.3.2.11. Sülfat içeren yeraltı suyu ve zeminlerde, zemin çivisi yöntemi kullanılmaz. Benzer şekilde paslanmaya sebep olabilen zeminler (örneğin cüruf) ve yeraltı suyu durumunda zemin çivisi uygulanmaz.

3.3.2.12. Sıcaklık değerlerinin sıfırın altına düştüğü bölgelerde, ıslak kum ve siltler gibi donmaya yatkın zeminlerde zemin çivisi uygulaması yapılmaz.

3.3.3. Zemin Çivili Duvar Tasarımı

3.3.3.1. Tasarım Esasları

Zemin çivili sistemlerin tasarımında aşağıdaki hususların dikkate alınması gereklidir.

a) Tasarım, imalat sırasındaki bütün yapım aşamalarını ve yükleme koşulları ile imalat sonrası yükleme durumlarını kapsayacak şekilde yapılmalıdır.

b) İmalat sırasındaki bütün yapım aşamaları birebir modellenerek analiz edilmelidir. İmalat sonrası durumun değişik yük koşullarına göre analizinden sonra tasarıma esas kesit tesirleri belirlenmelidir.

c) Zemin çivili sistemler geçici veya kalıcı kazı destek yapılarında tercih edilebilmektedir. Sistemin kalıcı olması durumunda çivi ve çivi başlarında gerekli korozyon önlemleri alınmalıdır (Madde 3.2.3).

d) Kalıcı zemin çivili duvarlarda nihai kaplama, yapı ömrü boyu boyunca dayanıklılığını koruyacak şekilde tasarlanmalı ve imal edilmelidir.

e) Drenaj koşulları tasarım sırasında dikkate alınmalıdır. İnşa edilecek kaplamanın hemen arkasındaki zeminin drenajının sağlanmaması imalat sırasında/sonrasında ciddi problemlere yol açabilir.

f) Zemin çivili duvar tasarımı yapılırken ULS ve SLS durumları irdelenmeli ve asgari güvenlik koşulları sağlanmalıdır.

g) Zemin çivili sistemlerin analizi ve tasarımında aşağıdaki hesap yaklaşımları esas alınmalıdır.

g.1) Tablo 1.1'e göre Kategori 2'ye giren ve deplasmanları çevre yapılar için kritik olmayan ya da komşu yapı uzaklığı (d) kazı derinliğinden (H) büyük olan (d>H) duvarlar sadece ULS kontrolleri yapılarak tasarlanabilir.

g.2) (g.1) maddesi dışında kalan tüm durumlarda ULS analizlerine ek olarak gerilme deformasyon analizleri (SLS) de yapılacaktır.

h) Zemin çivili duvarların tasarımında dikkate alınacak yükleme durumları, Şekil 3.20'de gösterilmekte olup bütün ULS durumları için yeterli güvenliğin sağlandığı yapılacak analizlerle teyit edilmelidir. Tasarımda dikkate alınacak ULS durumları aşağıdaki gibidir.

h.1) **İç ve Dış Stabilite (ULS) :** Duvar içinden (iç stabilite) ve duvar arkasından (dış stabilite) geçen potansiyel kayma yüzeylerinde (diğer bir deyişle kayma yüzeyleri zemin çivileri ile kesişebilir veya kesişmeyebilir) oluşabilecek stabilite bozuklukları duvarın iç ve dış stabiliteye karşı tasarımında dikkate alınacaktır. Dış stabiliteye karşı tasarımda zemin çivili duvarın bir kütle olarak davrandığı kabul edilir ve kayma daireleri/yüzeyleri zemin çivileri ile kesişmez. Stabilite hesapları kayma yüzeyine etkiyen, kaymayı tahrik eden ve kaymaya karşı koyan kuvvetlerin dikkate alınmasıyla yapılır. Eğer kayma yüzeyi bir veya birkaç çivi sırasını kesiyorsa bu çivilerin etkisi kaymaya karşı koyan kuvvetlere eklenir.

h.2) **Tabanda Kayma (ULS) :** Kayma analizinde zemin çivili duvar, zemin çivilerinin zemin içinde kalan ucu ile kaplama arasında bir bütün olarak düşünülmeli ve bu kütlenin duvar tabanında kaymaya karşı güvenliği tahkik edilmelidir.

h.3) **Çivi Sıyrılması (ULS) :** Zemin çivisinin kayma yüzeyi arkasında kalan kısmında enjeksiyonlu çivi gövdesi ile zemin arasında oluşacak sürtünme ile oluşan/tasarım çivi yükünün güvenliği tahkik edilmelidir.

h.4) **Çivi Kopması (ULS) :** Zemin çivisi için kullanılan çelik çubuğun çekme kapasitesinin çivi üzerine gelen yükü emniyetli bir şekilde karşılayıp karşılamadığı tahkik edilmelidir.

h.5) **Kaplama Eğilmesi (ULS) :** Duvar yüzeyinde oluşturulacak kaplamanın (donatılı püskürtme beton) üzerine gelen eğilme momentini güvenli bir şekilde karşılayacağı, tahkiklerle teyit edilmelidir.

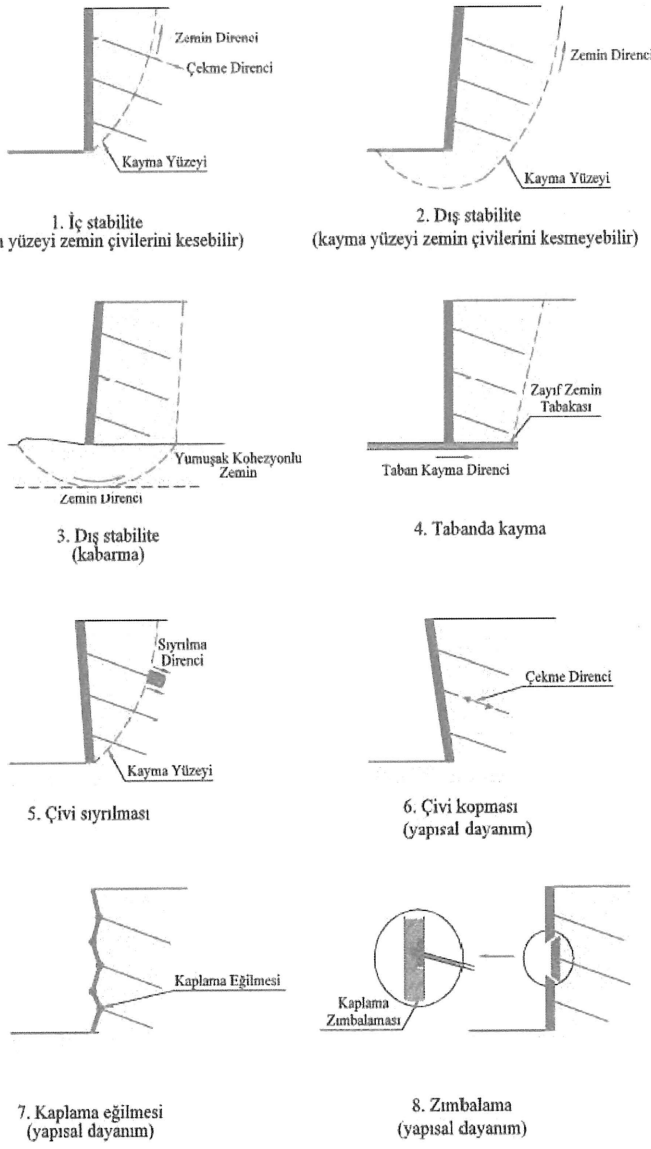
h.6) **Zımbalama(ULS) :** Kaplamanın zımbalama dayanımının çivi altındaki plaka ile kaplamaya uygulanan çivi kuvvetlerini yeterli güvenlikle karşıladığı hesaplarla gösterilmelidir.

h.7) **Deformasyon (SLS) :** Zemin çivili duvar yanal ve düşey deformasyonları ile duvar yapımı nedeniyle çevre yapı/yol/altyapılarda oluşacak deformasyonlar hesaplanmalı, izin verilen değerlerin altında olduğu gösterilmelidir.

i) Yatay ve düşey çivi aralıkları tasarıma göre belirlenecek olmakla birlikte, 1.5-2.0 m'den daha fazla çivi aralığı seçilmemesi önerilir.

j) Bir zemin çivili duvarın tasarımında Madde 3.3.3.1 (h) bendinde belirtilen bütün ULS durumlarının ayrı ayrı kontrol edilmesi ve her durum için faktörlenmiş tasarım direncinin (R_d), yüklerin yarattığı faktörlenmiş tasarım etkilerinden (E_d) büyük olduğunun gösterilmesi gerekir.

$$E_d \leq R_d \qquad \text{(B.3.15)}$$



Şekil 3.20. Zemin Çivili Duvarların Tasarımında Dikkate Alınacak ULS Durumları

3.3.3.2. Tasarım Yöntemi ve Tasarımda Kullanılacak Kısmi Faktörler

Tasarımda kullanılacak yüklere, malzeme özelliklerine ve dayanımlara uygulanacak kısmi faktörler Tablo 3.16'da verilmektedir.

a) Yüklerin tasarım değerleri hesaplanırken karakteristik değerleri Tablo 3.16'da verilen kısmı faktörlerlerle çarpılacaktır.

b) Malzeme özelliklerinin tasarım değerleri ise karakteristik değerlerinin Tablo 3.16'da verilen kısmi faktörlere bölünmesi ile elde edilecektir.

c) Zemin çivilerinin tasarım dayanımlarının hesaplanmasında zemin ve enjeksiyon gövdesi arasındaki adezyon/sürtünme (bond stress) ve çivi donatısının karakteristik çekme dayanım Tablo 3.16'da verilen faktörlere bölünecektir.

Tablo 3.16. Tasarımda Kullanılacak Kısmi Yük Faktörleri

Kısmi Katsayılar			*A*	*M*	*R*
Etkiler / Yükler	Zeminin kendi ağırlığı, W	Güvenliği azaltıcı	1.35	-	-
		Güvenliği artırıcı	1.0	-	-
	Sabit etki, q_p	Güvenliği azaltıcı	1.35	-	-
		Güvenliği artırıcı	1.0	-	-
	Hareketli etki, q_v	Güvenliği azaltıcı	1.5	-	-
		Güvenliği artırıcı	0	-	-
	Su basıncı, u	Güvenliği azaltıcı	1.0	-	-
		Güvenliği artırıcı	1.0	-	-
Malzeme özellikleri	$\tan \phi'_k$		-	1.0	-
	C'_k		-	1.0	-
	Su_k		-	1.0	-
	γ_k		-	1.0	-
Zemin çivisi direnci	Kök bölgesi çeper sürtünmesi, τ_{bk}	Ampirik	-	-	1.1
		Efektif gerilme [C]	-	-	1.1
		Toplam gerilme [C]	-	-	1.1
		Çekme testi	-	-	1.1-1.7
	Çubuk/donatı mukavemeti T_k		-	-	
Model faktörü	Olumsuz şekilde etki eden yük/etkilere uygulanır (örneğin 3.3.3.3.b)	γ_{sd}	1.0		

A) Anormal risk ve aşırı zor zemin ve yük durumlarında, tabloda yer alan ve 1.0'dan büyük olan bütün faktörler %10 arttırılmalıdır.

B) stb: güvenliği artırıcı, dst: güvenliği azaltıcı

C) Karakteristik zemin parametreleri ile q_v dikkate alınmadan hesaplanır.

3.3.3.3. İç Stabilite Tahkikleri (ULS)

a) Tasarım sırasında madde 3.3.3.1 (h) bendinde tariflenen sınır göçme durumları (ULS) ayrı ayrı tahkik edilmelidir. ULS sınır durumunda oluşabilecek göçme tipleri Şekil 3.21'de gösterilmektedir. Buradaki amaç faktörlü dayanımların faktörlü

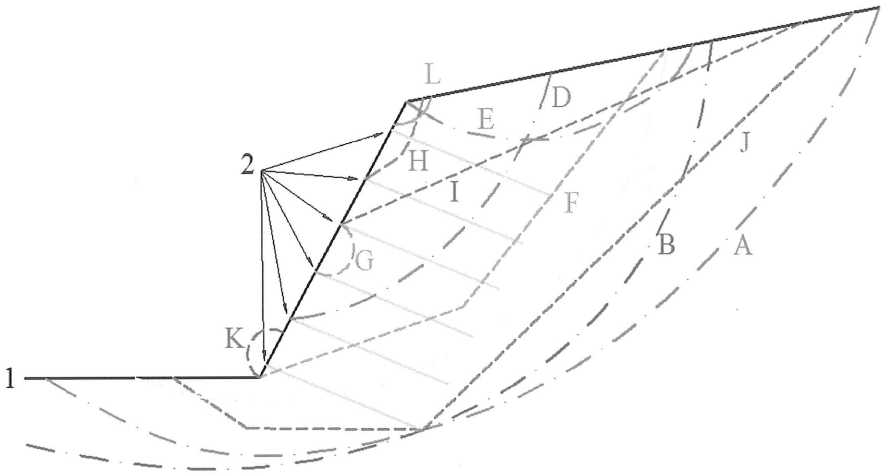
etkilere eşit veya daha yüksek olduğu durumlar için çivi boyu ve yoğunluğu ile kaplama kalınlığının tasarlanmasıdır. Bu amaçla analizlerde göz önüne alınacak iç stabilite tahkikleri aşağıda sıralanmıştır.

a.1) Tamamıyla çivileri kesen veya çivilerin bazılarını kesen dairesel kaymalar, zemin çivilerinde kopma/sıyrılma ve yüzey kaplama tahkikleri (Şekil 3.21 - C, D, H)

a.2) Zemin çivileri içindeki düzlemsel kaymalar, zemin çivilerinde kopma/sıyrılma ve yüzey kaplama tahkikleri (Şekil 3.21 - F, I)

a.3) Zemin çivilerinin bölgesel aşırı yüklenmesi/kopması (Şekil 3.21 - K)

a.4) Yüzey kaplaması bölgesel göçmesi (Şekil 3.21 - G,L)



Açıklamalar:

A, B, E: Dış dönel göçmeler

C, D, H: İç dönel göçmeleri

F, I: İç ötelenme göçmeleri

1: Yüzey

G, L: İç lokal kaplama göçmeleri

J: Dış ötelenme göçmesi

K: İç, çivilerin lokal aşırı yüklenmesi

2: Zemin çivileri

Şekil 3.21. ULS Duraysızlık Tipleri

b) Limit denge yöntemiyle iç stabilite tahkiklerinde Bishop, Spencer vb. dilim yöntemleri kullanılabilir. Hesap aşamasında aşağıda belirtilen tahkiklerin yapılması gereklidir.

b.1) Her kazı safhası için bütün olası kayma daireleri tahkik edilir.

b.2) Faktörlü etki ve faktörlü dirençler kullanılarak kayma dairesinin merkezindeki kaymayı tahrik eden ($M_{devrilme}$) ve kaymaya karşı koyan momentler ($M_{direnç}$) hesaplanır.

b.3) Bütün olası kayma dairelerinde;

$$\gamma_{sd} \cdot M_{devrilme} \leq M_{direnç} \qquad \text{(B.3.16)}$$

eşitsizliği sağlanacak şekilde çivi tasarımı optimize edilir.

b.4) γ_{sd} model faktörü olup basitleştirilmiş Bishop yöntemi için 1.0 olarak alınabilir.

b.5) Kaymaya karşı koyan momentlerin ($M_{direnç}$) hesabında zemin çivilerinin kayma dairesi dışında kalan bölümündeki kısmi faktörlerle azalmış sürtünme değeri ve kısmı faktörlerle azaltılmış çivi çekme kapasitesinden en düşük olanı kullanılır. Tasarım sırasında çivilerin kayma yüzeyindeki kesme ve eğilme dirençleri dikkate alınmayacaktır.

b.6) Yukarıda tariflenen hesaplar çivilerin modellenebildiği limit denge yöntemini kullanan yazılımlar kullanılarak yapılmalıdır.

3.3.3.4. Dış Stabilite Tahkikleri (ULS)

Dış stabilite zemin çivileriyle hiçbir noktada kesişmeyen kayma yüzeylerini tariflemekte olup aşağıda verilen koşullardaki stabilite analizleri yapılmalıdır. Bu analizlerde iç stabilite tahkikleri için tariflenen dilim yöntemleri kullanılabilir.

a) Derin kayma daireleri (Şekil 3.21- A, B),

b) Duvarın öne doğru ötelenmesi (öne doğru kayma) (Şekil 3.21-J).

3.3.3.5. Tabanda Kayma (ULS)

Şekil 3.21'de tariflenen modlara ek olarak duvar tabanından itibaren düşük dayanımlı zeminlerin bulunması halinde duvarın bir blok olarak tabanda kayma ve taşıma gücü sınır durumları tahkik edilmelidir. Bu amaçla ağırlık tipi istinat duvarları için geliştirilen yöntemler kullanılabilir.

3.3.3.6. Çivi Sıyrılması (ULS)

a) Çivinin nihai sıyrılma direnci (adezyon/sürtünme), zemin ve kaya tipinin kayma direncine, kuyu cidarının pürüzlülüğüne, yeraltı su durumuna, delme ve enjeksiyon yöntemi tekniklerine ve delgiden sonra enjeksiyon yapılana kadar geçen bekleme süresi ve diğer faktörlere bağlıdır. Çivinin nihai sıyrılma direnci, zemin-enjeksiyon ara yüzünde gerçekleşen ortalama kayma direncidir. Kohezyonlu zeminlerde, zemin üzerindeki jeolojik yükten doğrudan etkilenmez ve bu değer birim adezyon olarak adlandırılır. Kohezyonsuz zeminlerde ise sürtünme değerleri, zemin-enjeksiyon ara yüzündeki düşey basınçtan etkilenir.

b) Öngermeli ankrajlarda kullanılan basınçlı enjeksiyon yöntemleri çivi için açılan delgilerde uygulanmaz ve ankrajlar için önerilen değerlerler çiviler için kullanılamaz.

c) Zemin çivisinin karakteristik sıyrılma direnci (enjeksiyon gövdesi ile zemin arasındaki sürtünme) aşağıdaki yöntemler kullanılarak hesaplanabilir.

c.1) Ampirik yöntemler,

c.2) Efektif gerilme yöntemleri,

c.3) Toplam gerilme yöntemleri,

c.4) Çivi çekme deneyleri.

d) Tasarım sıyrılma direnci (adezyon/sürtünme), yukarıdaki yöntemlerle hesaplanan karakteristik sıyrılma direnci değerlerinin Tablo 3.17 'de verilen güvenlik sayılarına bölünmesi ile belirlenecektir.

Tablo 3.17. Enjeksiyon Kolonu İle Zemin Arasındaki Sınır Sürtünme Değerlerine Uygulanacak Kısmi Güvenlik Faktörleri

Nihai adezyon/sürtünme direncinin belirlenme yöntemi τ_{bu}	Nihai adezyon/sürtünme değerlerinden karakteristik değerlerin bulunması için faktörler $\tau_{bk} = \tau_{bu}/\gamma_k$	Karakteristik adezyon/sürtünme değerlerinden tasarım değerlerin bulunması için faktörler $\tau_{bd} = \tau_{bk}/\gamma_{rb}$
Ampirik çekme deneyi verileri	γ_k =1.8	γ_{rb} =1.1
Efektif gerilmeler Not: τ_{bu}, ϕ' karakteristik değeri kullanılarak belirlenir.	γ_k =1.35	γ_{rb} =1.1
Toplam gerilmeler Not: τ_{bu}, S_U karakteristik değeri kullanılarak belirlenir.	γ_k =1.8	γ_{rb} =1.1
Çekme deneyleri	Madde 3.3.4	Kaba daneli zeminler γ_{rb} =1.3
		Orta ve yüksek plastisiteli zeminler γ_{rb} =1.7

e) Çivili duvar tasarımında kullanılan nihai birim adezyon/sürtünme değerleri literatürde referans verilen daha önceki denemelere dayanan ampirik tablolardan, saha çekme deneylerinden veya kohezyonlu zeminlerde drenajsız mukavemetin bir faktör (α_a) ile azaltması ve kohezyonsuz zeminlerde efektif basınç altındaki sürtünme değerleri ile elde edilir.

f) Nihai birim adezyon/sürtünme değerlerinin, ampirik olarak kohezyonlu zeminlerde, drenajsız mukavemetin 0.25-0.75'i (α_a) olarak alınması önerilir. Kumlu ve siltli killerde α_a değerleri için bu değer aralığının biraz daha yüksek değerleri önerilmektedir. Alt limite yakın değerler katı ve sert killer içindir.

g) Kohezyonsuz zeminlerde zemin-çivi arayüzünde sürtünme açısı 0.75-1.00.tanϕ aralığında önerilir. Burada ϕ daneli zeminin kayma direnci açısıdır. Ayrıca presiyometre deneyi limit basınçları daneli zeminlerin birim sürtünme değerlerini tahmin etmede ampirik yöntem olarak kullanılır.

h) Kaya ortamlar için nihai kaya-enjeksiyon adezyonu 4 MPa ile limitli olmak üzere serbest basınç mukavemetinin %10'u olarak alınmalıdır.

i) Çeşitli referanslarda verilen birim nihai sıyrılma dirençleri ön tasarım için kullanılmalı ve özellikle Kategori-2 ve Kategori-3'e giren projelerde tasarım parametreleri çekme deneyleri ile belirlenmelidir.

j) Tablo 3.18'de nihai birim adezyon/sürtünme değerleri gösterilmektedir. Bir aralıkta gösterilen uç değerler, o değerin en gevşek/yumuşak ve sıkı/katı kriterini temsil etmektedir.

Tablo 3.18. Nihai Birim Adezyon/Sürtünme Değerleri

Yapım yöntemi	Zemin tipi	Nihai birim adezyon/sürtünme (kN/m^2)
Burgu	Lös	25 – 75
	Yumuşak kil	20 – 30
	Katı-sert kil	40 – 60
	Katı killi silt	40 – 100
	Kalklerli kumlu kil	90 – 140
	Siltli kum dolgu	15 – 20
Açık kuyu(borusuz)	Plastik olmayan silt	20 – 30
	Orta sıkı kum ve siltli kum/kumlu	50 – 75
	Sıkı siltli kum ve çakıl	80 – 100
	Çok sıkı siltli kum ve çakıl	120 – 240
	Katı kil	40 – 60
	Katı killi silt	40 – 100
	Katı kumlu kil	50 – 100
Rotary	Marn/kireçtaşı	300 – 400
	Yumuşak dolomit	400 – 600
	Ayrışmış kumtaşı	200 – 300
	Ayrışmış şeyl	100 – 150
	Ayrışmış şist	100 – 175
	Bazalt	500 – 600
	Siltli kum	100 – 150
	Silt	60 – 75
Boru sürmeli	Sıkı kum/çakıl	180 – 210
	Kumlu kolüviyum	70 – 150
	Killi kolüviyum	40 – 75
Jet enjeksiyonu	Kum	380
	Kum/çakıl	700

Tablo 3.18'e göre çivi tasarım taşıma kapasitesi P_d aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tau_{bk} = \frac{\tau_{bu}}{\gamma_k} \qquad \text{(B.3.17.a)}$$

$$\tau_{bd} = \frac{\tau_{bk}}{\gamma_{rb}} \qquad \text{(B.3.17.b)}$$

$$P_d = \tau_{bd} \pi D L_b \qquad \text{(B.3.17.c)}$$

k) Kategori-3'e giren yapılarda imalata başlamadan önce veya imalat başlangıcında en az 3 adet çivi çekme deneyi yapılarak hesaplarda kullanılan karakteristik sürtünme değerleri kontrol ve teyit edilmelidir.

l) Yapılacak testlerin sonucuna göre zemin çivisinin karakteristik sürtünme değerinin elde edilmesinde B.3.18 bağıntıları ve Tablo 3.19'da verilen korelasyon faktörleri kullanılır.

Yük testlerinden belirlenen tasarım adezyon/sürtünme değeri ($\tau_{bd,t}$):

$$\tau_{bu,t} = \frac{P_{ult}}{\pi D L_{b,t}} \qquad \text{(B.3.18.a)}$$

$$\tau_{bk,t} = \frac{\tau_{bu,t}}{\xi} \qquad \text{(B.3.18.b)}$$

$$\tau_{bd,t} = \frac{\tau_{bk,t}}{\gamma_{rb}} \qquad \text{(B.3.18.c)}$$

Testler sonucunda çivi tasarım taşıma kapasitesi P_d aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_d = \tau_{bd,t} \pi D L_b \qquad \text{(B.3.18.d)}$$

Burada;

P_{ult} :Çivi çekme deneyinde ölçülen nihai taşıma kapasitesi

$\tau_{bu,t}$: Çivi çekme deneyinde ölçülen nihai çeper sürtünmesi

$\tau_{bk,t}$:Çivi çekme deneyinden hesaplanan karakteristik çeper sürtünmesi

$\tau_{bd,t}$:Çivi çekme deneyinden hesaplanan tasarım çeper sürtünmesi

ξ :Çivi çekme deneyi korelasyon faktörü

$L_{b,t}$:Çekme deneyi yapılan çivinin kök boyu

m) P_d çivi tasarım taşıma kapasitesi, $T_{d,maks}$ maksimum tasarım yükünden büyük olmalıdır.

Tablo 3.19. Testlerle Elde Edilen Çivi Sıyrılma Direncine Uygulanacak Korelasyon Faktörü (ξ)

Korelasyon Faktörü (ξ)	
Test sonuçlarının ortalamasına göre	1.3
En düşük test sonucuna göre	1.1

3.3.3.7. Çivi Kopması (ULS)

a) Zemin çivisi donatısı olarak S420 veya daha yüksek dayanımlı özel üretim çelik çubuk veya nervürlü inşaat demiri kullanılmalıdır.

b) Kullanılacak çelik çubuğun yüzey pürüzlülüğü çevresindeki enjeksiyon gövdesi ile yeterli aderansı sağlayacak özelliklere sahip olmalıdır.

c) Bu Uygulama Esaslarının 3.3.3.1.g.1 maddesindeki şartı sağlayan ve sadece ULS kontrolleri yapılarak tasarlanabilecek duvarlar için zemin çivileri üzerindeki maksimum tasarım çekme kuvvetleri literatürde genel kabul görmüş yönetmelikler (Clouterre, FHWA vb.) tarafından tariflenen analitik ve ampirik yöntemler kullanılarak belirlenebilir. Bu Uygulama Esaslarının 3.3.3.1.g.2 maddesindeki şartı sağlayan zemin çivili duvarlar için literatürde genel kabul görmüş yönetmeliklerdeki yaklaşımlara ilaveten GDA analizleri ile çivi yüklerinin kontrol edilmesi gerekir.

d) Analizlerden elde edilen veya analizlerde kullanılacak maksimum tasarım yükü $T_{d,maks}$ ve tasarım çekme mukavemeti R_{td} aşağıdaki koşulu sağlayacaktır.

$$T_{d,maks} \leq R_{td} \tag{B.3.19}$$

$$R_{td} = \frac{R_{tk}}{\gamma_s} \tag{B.3.20}$$

Burada;

R_{tk} : çelik çubuğun karakteristik çekme mukavemeti,
γ_s : çekme mukavemetine uygulanan kısmi faktördür.
R_{tk}, B.3.21 bağıntısı ile hesaplanır.

$$R_{tk} = A_{s,nom} \cdot f_{yk} \tag{B.3.21}$$

Burada;
f_{yk} : çelik çubuğun karakteristik akma mukavemeti,
$A_{s,nom}$: çelik çubuğun nominal alanıdır.

Kısmi malzeme faktörü γ_s olarak aşağıdaki değerler kullanılacaktır:
$\gamma_s = 1.15$ (kalıcı ve geçici yükleme durumları için tasarımda)
$\gamma_s = 1.0$ (arazi deneyleri yapılırken).

3.3.3.8. Kaplama Eğilmesi ve Zımbalama (ULS)

a) Kaplamanın ana görevi yapısal bütünlüğü sağlamak, zemin yüzeyini desteklemek ve yanal yükleri zemin çivilerine aktarmak için plakaya zemin oluşturmaktır. Kaplama sert (yerinde dökme beton, prekast beton elemanlar, donatılı püskürtme beton vb.) ve esnek (metal ağlar) tiplerde yapılabilmekte olup, dik ve dike yakın kazılarda sert

kaplama kullanılmalıdır. Dike yakın uygulamalarda genellikle püskürtme beton ve hasır çelik donatı (wiremesh) kullanılır.

b) Kaplama tasarımı yapılırken betonarme kaplamanın eğilme ve zımbalamaya karşı yeterliliği, TS 500'de düzgün yayılı basınç ile yüklenmiş çift yönlü kirişsiz döşeme tahkik esasları kullanılarak gösterilmelidir.

c) Eğilme tahkiklerinde kullanılacak düzgün yayılı basınç değeri B.3.22 bağıntısı ile hesaplanır.

$$P = T_o / s_v.s_h \qquad \text{(B.3.22)}$$

T_o değeri aşağıdaki bağıntılardan çivi aralığına bağlı olarak hesaplanır;

$$T_o / T_{maks} = [0.5 + ((s-0.5)/5.0)] \qquad 1m \leq s \leq 3m \text{ için} \qquad \text{(B.3.23)}$$

$$T_o / T_{maks} = 0.6 \qquad s \leq 1m \text{ için} \qquad \text{(B.3.24)}$$

$$T_o / T_{maks} = 1.0 \qquad s \geq 3m \text{ için} \qquad \text{(B.3.25)}$$

Burada;

P : kaplama tasarımında kullanılacak düzgün yayılı basınç değeri

s_v : düşey çivi aralığı,

s_h : yatay çivi aralığı,

s : s_v ve s_h değerlerinden büyük olanı,

T_o : çivi kafasındaki çekme yükü,

T_{maks} : duvar tasarımında kullanılan maksimum çivi çekme yüküdür (kopma ve sıyrılma yüklerinden küçük olanı).

d) Zımbalama tahkiklerinde kaplama üzerinde kullanılan çelik plaka boyutları dikkate alınmalı ve $T_o = T_{maks}$ olarak alınmalıdır.

3.3.3.9. Deformasyon Analizi (SLS)

a) Çivili zemin duvar tasarımı kapsamında, duvarın yanal ve düşey deplasmanlarının tahmin edilmesi gerekir. Beklenen deplasmanların duvarın tolere edebileceği limitleri aşmadığı teyit edilmelidir.

b) Çivili duvarlardaki deplasmanlar genellikle duvarın yanal ötelenmesi şeklinde gelişir. İri taneli kum çakıl zeminlerde deformasyonlar kazının hemen akabinde oluşur ve kil zeminlerdekine benzer inşaat sonrası uzun süreli (krip) deplasmanları oluşmaz.

c) Maksimum yatay deplasmanlar duvarın tepesinde oluşur. Yatay deplasmanların mertebesi çivi aralığı, duvar yüksekliği, duvar yüzeyi eğimine ve duvar gerisindeki sürşarj gerilmesi değerine bağlıdır. Duvar tepesinde uzun dönemde oluşabilecek yatay ve düşey deplasmanlar B.3.26 bağıntısı kullanılarak tahmin edilebilir.

$$\delta_v \approx \delta_h = (\delta_h / H)_i \, . \, H \qquad \text{(B.3.26)}$$

Bu bağıntıda;

δ_v : duvar tepesindeki düşey deplasmanı,

δ_h : duvar tepesindeki yatay deplasmanı,

H : duvar yüksekliğidir (Şekil 3.18).

Değişik zemin türleri için $(\delta_h/H)_i$ değerleri Tablo 3.20'de verilmektedir.

d) B.3.26 bağıntısı aşağıdaki koşullar sağlandığı durumlar için geçerlidir:

i. $L_{nj}/H \geq 0.7$;

ii. Sürşarj gerilmelerinin ihmal edilebilir değerlerde olduğu durumlar.

iii. Statik yükleme koşullarında: faktörsüz genel stabilite hesaplarında güvenlik sayısı GS ≥ 1.5, faktörlü genel stabilite hesaplarında ise güvenlik sayısı GS ≥ 1.0 olduğu durumlar.

Yukarıdaki koşulların sağlanmadığı durumlarda gerilme deformasyon analizleri yapılarak deplasmanlar hesaplanmalıdır.

e) Duvar gerisindeki deformasyonlar Şekil 3.22'de belirtildiği gibi duvar tepesinden D_{DEF} mesafesine kadar önemli boyutlara ulaşabilir. D_{DEF} mesafesi B.3.27 bağıntısı ile hesaplanabilir.

$$D_{DEF} = C.(1-\tan\beta_4).H \qquad (B.3.27)$$

Burada;

β_4 : duvar yüzeyinin düşeyle yaptığı açı ($\beta_4 = (90-\beta_1)$, Şekil 3.18)

C: Tablo 3.20'den alınan zemin cinsine bağlı katsayı,

H : duvar yüksekliğidir.

Tablo 3.20. $(\delta h/H)_i$ Oranları ve C Katsayısı Değerleri

Değişken	Ayrışmış kaya ve sert zeminler	Kumlu zemin	İyi derecelenmiş zemin
$(\delta_h / H)_i$	1/1000	1/500	1/333
C	0.8	1.25	1.5

f) Çivili duvarlarda yanal deplasmanlar için $\delta_h = 0.005H$ değerini aşmamalıdır. Bu değeri aşan deformasyonlar için aşağıda beliritlen şekilde önlem alınır.

i. çivi boyları uzatılarak,

ii. çivi aralıkları azaltılarak,

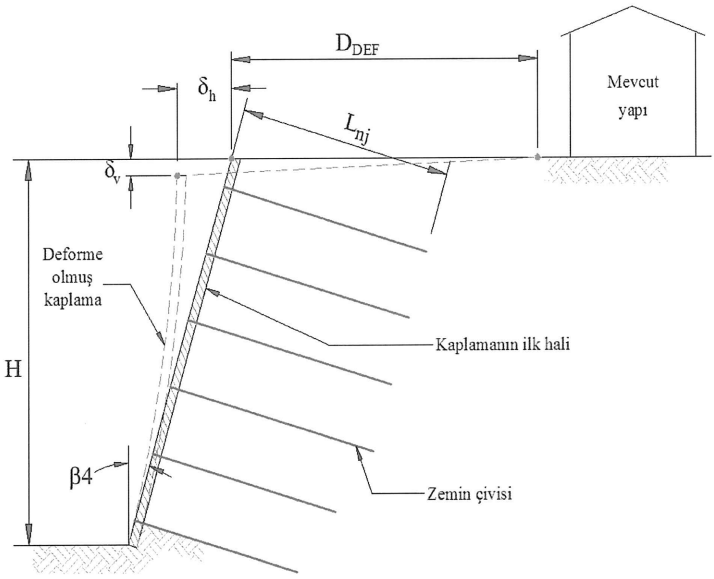
iii. duvar yüzey eğimleri yatırılarak.

g) İmalat sonrasında krip deformasyon potansiyelinin, plastisite indisi PI> 20 ve likidite indisi LI > 0.2 olan zemin koşullarında yüksek olduğu deplasman hesaplarında göz önünde bulundurulmalıdır.

h) Duvar gerisinde D_{DEF} mesafesi içerisinde deplasmanlara hassas kritik yapıların olması durumunda (Tablo 2.5) duvar deplasmanlarının mertebeleri ve çevre yapılara yansımaları detaylı nümerik analizlerle belirlenmelidir. Bu analizlerde genellikle 2 boyutlu sonlu elemanlar veya sonlu farklar yazılımları kullanılmaktadır.

i) Kohezyonlu zeminlerde duvar yanal hareketlerinin duvar gerisinde 1.5H mesafelere kadar etkili olduğu deplasman hesaplarında dikkate alınmalıdır.

j) Madde 2.12.5'te belirtilen kriterler zemin çivili sistemler için de geçerlidir.



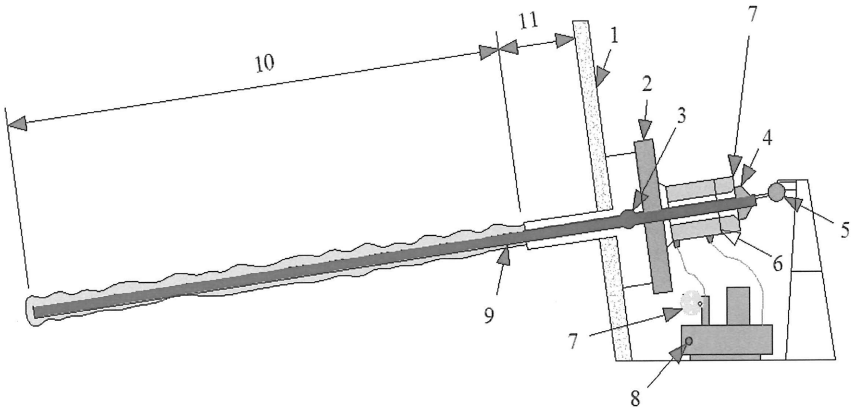
Şekil 3.22. Zemin Çivilerinde Deformasyon

3.3.4. Zemin Çivisi Deneyleri

Zemin çivili duvar uygulamalarında iki tür çivi çekme deneyi yapılır. Bunlar kapasite belirleme ve kabul deneyleridir. Deney düzeneği örneği Şekil 3.23'de gösterilmektedir.

a) **Kapasite Belirleme Deneyi (KBD):** Bu deneylerde enjeksiyon – zemin arasındaki nihai sürtünme direnci belirlenerek tasarım kriterlerinin doğrulanması yapılır. Bu deneylerde çivinin bir kısmı enjeksiyonlanmamış serbest boy ($L_{db,t}$) , diğer kısmı ise enjeksiyonlanmış kök boyu ($L_{b,t}$) olarak teşkil edilmektedir. Kullanılacak çivi kök boyu, çivinin yapısal dayanımı ve öngörülen nihai zemin sürtünme direnci göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Çiviler kökün yenilmesine veya tasarım servis yükünün 1.5 – 2.0 katına kadar yüklenir. İmalat başlamadan önce yapılan bu deneyler sonucu tasarımda öngörülen çivi kapasitelerine ulaşılamadığı tespit edilir ise tasarım kriterleri (çivi boy ve aralıkları) yeniden gözden geçirilmelidir.

b) **Kabul Deneyleri (KD):** Bu deneyler imal edilmiş çiviler üzerinde tasarımda öngörülen servis yüklerinin çiviler tarafından yeterli güvenlikle taşındığının gösterilmesini için yapılır. Tam boy enjeksiyonlanmış çiviler, tasarım servis yükünün 1.1 veya 1.5 katına yüklenip boşaltıldıktan sonra kalıcı deformasyon not edilir. Zeminlerin nihai sürtünme direncini belirlemeye yönelik bir test değildir. Deney düzeneği Şekil 3.23'de gösterilmektedir.



1. Yüzey kaplama
2. Yükleme çerçevesi
3. Uzatma parçası
4. Kilitleme somunu
5. Uzama ölçer
6. Hidrolik kriko
7. Basınç ölçer (yük hücresi)
8. Hidrolik pompa
9. Çivi
10. Kök boyu
11. Serbest boy

Şekil 3.23. Zemin Çivisi Deney Düzeneği
(Kabul Deneyi Düzeneğinde Çivilerin Serbest Boyu Sıfır Alınacaktır.)

3.3.4.1. Minimum Deney Sayıları

Sahada yapılması önerilen minimum deney sayıları Tablo 3.21'de verilmiştir.

Tablo 3.21. Önerilen Minimum Deney Sayıları

Deney Tipi	Önerilen Minimum Deney Sayısı	
	Kapasite Belirleme Deneyi (KBD)	Kabul Deneyleri(KD)
Kategori 2	Minimum 3 deney (her zemin cinsinde minimum bir adet deney yapılması koşulu ile)	Çivi sayısının %2 si (minimum 3 deney, her kazı aşamasında ve her zemin cinsinde en az bir adet deney koşulu sağlanmalıdır)
Kategori 3	Minimum 5 deney (her zemin cinsinde minimum 2 adet deney yapılması koşulu ile)	Çivi sayısının %3 ü (minimum 5 deney, her kazı aşamasında ve her zemin cinsinde en az 1 adet deney koşulu sağlanmalıdır)

Çivi-zemin aderans dayanımı, başlık plakası taşıma kapasitesi, yüzey kaplama elemanı göçme mukavemeti, donatı-enjeksiyon aderans dayanımı, enjeksiyon harcı mukavemeti vb. elemanlar veya arayüzeyler deneye tabi tutulabilir. Deney sayıları ile ilgili kriterlerde aşağıdaki hususlar da dikkate alınmalıdır:

a) Deney yapılacak çiviler tüm duvarı karakterize etmek amacıyla dengeli bir şekilde seçilmelidir.
b) Tablo 3.21'de önerilen sayılar minimum deney adedidir.
c) Çivi aralıklarının 0.8m den az olduğu uygulamalarda çekme deneylerinin çivi grupları üzerinde yapılması gerekir.
d) Sahada kapasite belirleme deneyleri yapılmış ise kabul deneyleri sayısında bir azaltmaya gidilebilir.

3.3.4.2.Statik Çivi Çekme Deneyi Yöntemi

a) Zemin – çivi aderans gerilmesi değeri tasarımın doğrulanması için en önemli deneydir. KBD'lerde çivi kademeli olarak artan/eksilen yükleme – boşaltma aşamaları ile maksimum test yüküne (P_{test}) kadar yüklenir. KBD'lerde P_{test}, tasarım çekme dayanımı (T_d) veya tasarımda öngörülen maksimum çivi servis yükünün (T_w), γ_d ve ξ ile B.3.28 bağıntısına göre faktörlenmiş halidir:

$$P_{test} = T_d \text{ (veya } T_w) * \gamma_d * \xi \qquad \text{(B.3.28)}$$

Burada;
γ_d = 1.5-2.0 aralığındadır ve ξ faktörü Tablo 3.19'dan alınır.

b) Her yük kademesi altında çivinin deplasmanı t= 0, 1 dk, 2 dk, 5 dk, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 60 dk zaman aralıklarında ölçülür ve belli bir yük kademesi altında ölçümler biribirini takibeden iki okuma arasındaki fark $\Delta \leq$ 0.5mm koşulu gerçekleştiğinde bir sonraki yük kademesine geçilir. Ayrıca aşağıdaki minimum bekleme süreleri dikkate alınır:
   i. Maksimum deney yükünde : 10 dk
   ii. Ara yük kademelerinde : 1 dk

c) Eğer herhangi bir yük kademesinde $\Delta \leq$ 0.5 mm koşulu sağlanamıyor ise bir sonraki yük kademesi uygulanmaz ve mevcut yük kademesi rezidüel yük olarak tanımlanır (P_{res}). Diğer taraftan her yük kademesi altında krip hızının (v, B.3.29) bir log çevrim zamanı içerisinde 2mm'yi aştığı yük kademesi krip kapasitesi olarak (P_{cr}) olarak tanımlanmaktadır.

$$v = \frac{(s_1 - s_2)}{\log(t_2/t_1)} \geq 2\text{mm} \qquad \text{(B.3.29)}$$

Burada;
s_2 ve s_1 : t_2 ve t_1 zamanlarında ölçülen çivi deplasmanlarıdır.

d) Çivinin nihai taşıma gücü P_{ult}, P_{res} ve P_{cr} değerlerinden küçük olanı olarak tanımlanır. KD'lerinde ise P_{test} tasarım çekme dayanımı (T_d) veya tasarımda hesaplanan

maksimum çivi servis yükünün (T_w) , (k) faktörü ile arttırılmış değeridir ve B.3.30 bağıntısı ile hesaplanır.

$$P_{test} = T_d \text{ (veya } T_w). \ k \qquad \text{(B.3.30)}$$

Burada;
k : 1.1 ila 1.5 arasında bir katsayıdır (genellikle 1.25 alınmaktadır).

e) Çivi maksimum test yüküne kadar yüklenir ve bu yük altında krip kriteri uygulanır. Eğer krip hızı v < 2mm ise yük boşaltılır ve kalıcı deplasman rapor edilir. Bu durumda çivi kabul kriterini sağlamış olur. Krip hızı $v \geq$ 2mm olması durumunda çivi kabul kriterini sağlamamış olur.

f) Maksimum test yükü KBD'lerinde çivinin yapısal çekme dayanımının %80 ini, KD'lerinde ise %90 ını aşmamalıdır.

g) Deneyin başlangıcında maksimum test yükünün %10 u mertebesinde bir referans yük P_o (deney düzeneğinin yerleştirilmesi-boşlukların alınması için) uygulanır.

3.3.4.3.Deney Sonuçlarının Yorumlanması

a) KBD'lerinde krip ve biribirini takip eden yük kademelerinde deplasmanların artış kriterleri dikkate alınarak çivinin tasarıma esas nihai taşıma gücü (P_{ult}) belirlenmiş olur. Tasarımda kullanılacak sürtünme direnci;

Nihai sürtünme direnci B.3.31 bağıntısı ile belirlenir.

$$\tau_{bu,t} = P_{ult} / (\pi^* D^* L_{b,t}) \qquad \text{(B.3.31)}$$

Tasarım emniyetli sürtünme direnci B.3.32 bağıntısı ile belirlenir.

$$\tau_d = \tau_{bu,t} / (\xi * \gamma_d) \qquad \text{(B.3.32)}$$

Burada;
D: delgi çapı,
ξ : Tablo 3.19' dan alınır,
γ_d : 1.5 -2.0 aralığında seçilen bir değerdir.

b) Deney kriterleri Tablo 3.22'de özetlenmiştir.

Tablo 3.22. Statik Çivi Çekme Deneyleri Kriterleri

Deney Türü	Kapasite Belirleme Deneyi (KBD)	Kabul Deneyi (KD)
Maksimum deney yükü tayini (P_{test})	P_{test} tasarım çekme dayanımı (T_d) veya tasarımda öngörülen maksimum çivi servis yükünün (T_w), γ_d (1.5-2.0) ve ξ (Tablo 3.19) ile faktörlenmiş değeridir.	P_{test} tasarım çekme dayanımı (T_d) veya tasarımda öngörülen maksimum çivi servis yükünün (T_w) kanıtlama faktörü (k) ile arttırılmış değeridir (k=1.1 – 1.5).
Yükleme-boşaltma devir sayısı	Minimum 2 devir. Birinci yüklemede T_d değeri aşılmamalıdır.	Bir devir yeterlidir.
Yükleme kademesi sayısı	Yük-deplasman eğrisini tanımlamak için yeterli sayıda. Bir yükleme devrinde maksimum yükün %20 sini aşmamalıdır.	En az 5 kademe.
Sonuç değerlendirme	Maksimum test yükünde krip hızının v < 2mm koşulu aranır. $v = \frac{S1-S2}{\log(\frac{t2}{t1})} < 2mm$ Çivinin kafasında ölçülen deplasmanın o yük altında serbest çivi boyunun teorik elastik uzamasının %80'inden küçük olmamalıdır. $*\delta_n \geq 0.80 \frac{PL_{db,t}}{EA_{s,nom}}$	Maksimum test yükünde krip hızının v < 2mm koşulu aranır. $v = \frac{S1-S2}{\log(\frac{t2}{t1})} < 2mm$
*δ_n : çivi kafasında P yükü altında ölçülen deplasman, $L_{db,t}$:serbest boy, $A_{s,nom}$:çivi kesit alanı, E: çivi elastik modülü		

3.4. İÇTEN DESTEKLİ SİSTEMLER

3.4.1. Sistem Elemanları

İçten destekli sistemler, çelik ya da betonarme elamanlar ile kazı destek yapısı içerisinden desteklenir. Çoğunlukla düşük mukavemetli ve sıkışabilirliği yüksek zeminlerde veya yeraltı suyu yüksek sahalarda, kazı geometrisinin de elverişli olması durumunda başvurulan bir uygulamadır. Destek yapısında ya da çevre yapılarda deplasmanların sınırlandırılması gerektiğinde, ankraj uygulamasının yeterli verimlilikte yapılamadığı durumlarda veya kazı alanının plan geometrisinin müsaade etmesi durumunda içbükey geometrili, dar enkesitli kısımlarında tercih edilir. İçten destekli sistemleri oluşturan iki ana eleman; yatay veya çapraz destek elemanları ve bu destek elemanlarının sabitlendiği kuşak kirişleridir.

a) **Yatay Destek Elemanları (Struts)**

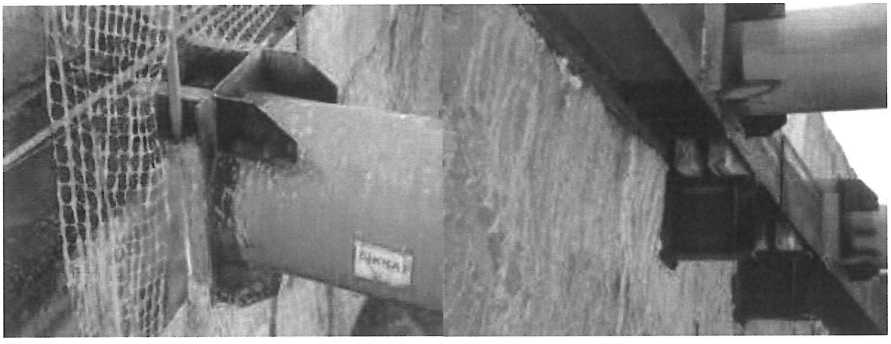
Kazı destek yapıları pek çok durumda yatay destek elemanları (strutlar) ile desteklenebilir. En yaygın olarak kullanıldıkları alanlar, genişliği sınırlı ve uzunluğu

fazla olan boru hattı kazılarıdır. Benzer şekilde aç-kapa metro istasyonu kullanımlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca öngermeli ankrajların kullanıldığı sistemlerde, özellikle düzensiz geometrilerde, ankrajların kesişme riskine karşı dışbükey köşelerde, karşıdan karşıya desteklerden yararlanılabilir. Yatay destek elemanları çelik profiller, kafes kiriş, betonarme elemanlar olabileceği gibi çoklukla yeterli et kalınlığına sahip borulardan oluşur. Yatay destek elemanlarının yerleştirilmesinde özen gösterilmeli ve kuşak kirişleri ile aralarında boşluk bırakmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Özel borular içine yerleştirilen krikolar kullanılarak, öngermeli ankrajlarda olduğu gibi ön-basınç uygulanması tavsiye edilir.

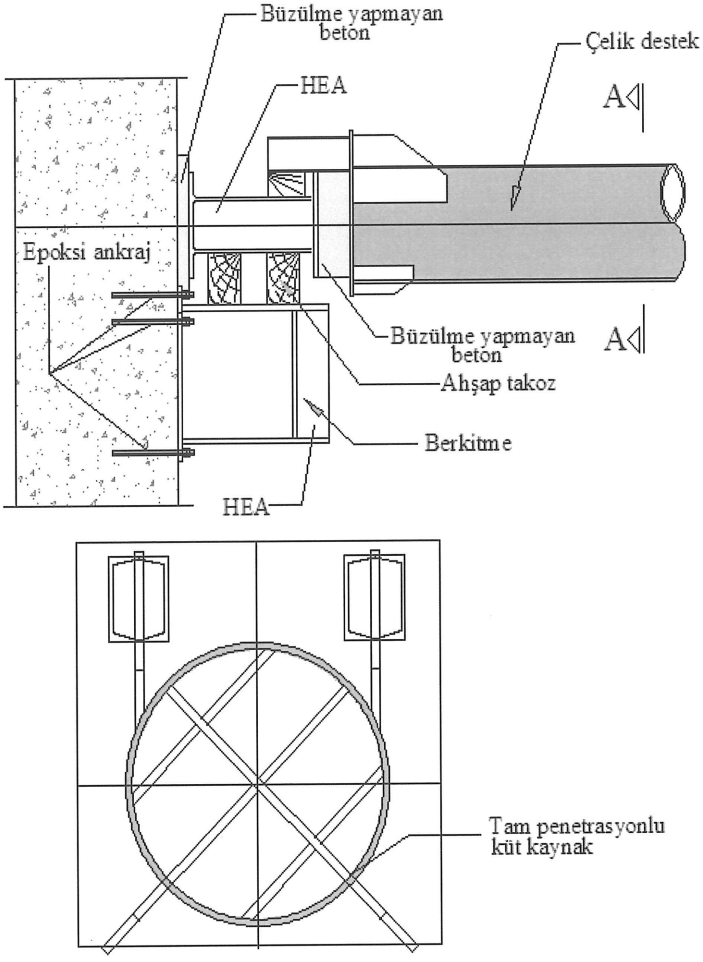
b) Kuşak Kirişleri/Başlık Kirişleri

İçten destekli sistemlerde kullanılan kuşak kirişleri ile ankrajlı sistemlerde kullanılan kuşak kirişlerinin benzerlikleri olmakla beraber, strutların bağlanacağı kirişlerin kendi ağırlığı ve üzerine yerleştirilecek desteğin kendi ağırlığı ile aşağı hareketini önlemek için kazı destek sisteminin düşey elemanına kesmeye karşı yeterli güvenlikte çelik elamanlarla ankre edilmesi gerekir. Destek elemanı-kuşak kirişi arasındaki bağlantı için tipik bağlantıları gösteren fotoğraflar Resim 3.1'de ve şematik çizim Şekil 3.24'de verilmektedir.

Başlık kirişi ebatları belirlenirken, tasarım hesaplarında yeterli aderans boyu dikkate alınmalıdır.



Resim 3.1. Tipik Destek Elemanı ve Kuşak Kirişi Görünüşü



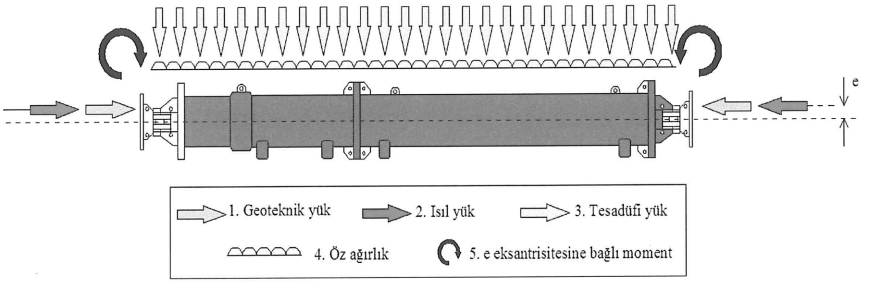
Şekil 3.24. Tipik Destek Elemanı ve Kuşak Kirişi Bağlantı Detayları

3.4.2. İçten Destekli Sistemlerin Tasarımı

3.4.2.1. İçten destekli sistemlerde, yatay destek elemanı tüm kazı destek yapısının en kritik elemanıdır. Bu yüzden tasarımı daima en muhafazakar yöntemlerle yapılmalıdır. Yüklerin kaynağı ve büyüklükleri ile ilgili belirsizlik olması durumunda sisteme etkiyecek yükler uygun bir katsayıyla arttırılmalıdır.

3.4.2.2. İç destek elemanlarının montaj işlemi sırasında (taşıma, yerleştirme, montaj aşamasında destekleme vb.), iç destek elemanlarına etkiyebilecek ek yükler tasarımda dikkate alınmalıdır.

3.4.2.3. İçten destekli bir sistemin tasarımı yapılırken yatay destek elemanlarına etkiyen tüm kuvvetlerin birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bu kuvvetler Şekil 3.25'de şematik olarak tanımlanmıştır.



1. Karakteristik geoteknik yük sabit bir yük ($G_{k,GEO}$) olarak alınır.
2. Karakteristik ısıl yük beklenilen ısı değişimine bağlı olarak hesaplanır ve kazı destek yapısının sağladığı dayanıma bağlı olarak değişken bir yük ($Q_{k,temp}$) olarak alınır.
3. Kazı destek elemanının kendi ağırlığının yanısıra destek üzerine 1.0 kN/m şiddetinde doğrusal bir düşey yük ($Q_{k,tesadüfi}$) gözönüne alınmalıdır. Bu yayılı yük beklenilmeyen yükleri, şantiye sırasında oluşabilecek düşey yükleri, vs kapsayacak olup, hareketli bir yük olarak kabul edilir.
4. Desteğin karakteristik toplam öz ağırlığı, tüm boyuna üniform olarak yayılmış kabul edilir ve sabit bir yük olarak (G_k) alınır.
5. Desteğe etkiyen moment madde 3.4.2.4'de verilen eksantrisiteye bağlı olarak hesaplanır.

Şekil 3.25. Destek Elamanı Üzerindeki Etkiler

3.4.2.4. Moment aktarmayan mesnetler teşkil edilmemişse ve eğer yük aktarımında özel olarak bilinen bir eksantrisite yok ise imalat hatalarını göz önüne alabilmek için aşağıdaki eksantrisite değerleri:

a) Eğer bir merkezleyici kullanılmıyor ise çelik profillerde çelik profil yüksekliğinin (h) ve çelik borularda boru çapının (D) 1/6'sı (h/6; D/6) kadar bir eksantrik yükleme,

b) Eğer bir merkezleyici kullanılıyor ise merkezleyicinin temas yüzeyinin 1/6'sı kadar bir eksantrisite,

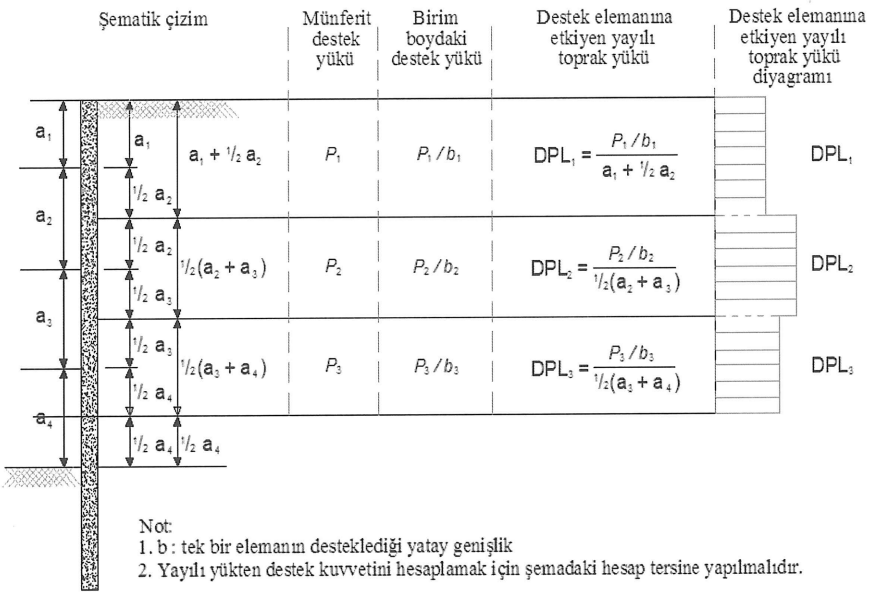
Kullanılmalıdır.

3.4.2.5. İç Destek Tasarımı İçin Yayılı Toprak Yükü Tasarım Metodu (YTY metodu)

a) Destek elemanları üzerindeki etkiler, YTY metodu kullanılarak hesaplanabilir. Bu yöntem 20 m'yi aşan derinlikteki kazılarda kullanılmaz. Destek elemalarına gelen yükler Şekil 3.26'daki gibi tanımlanmaktadır. Seçilecek yayılı toprak basıncı dağılımı Tablo 3.23'de verilen zemin grubuna göre belirlenmelidir.

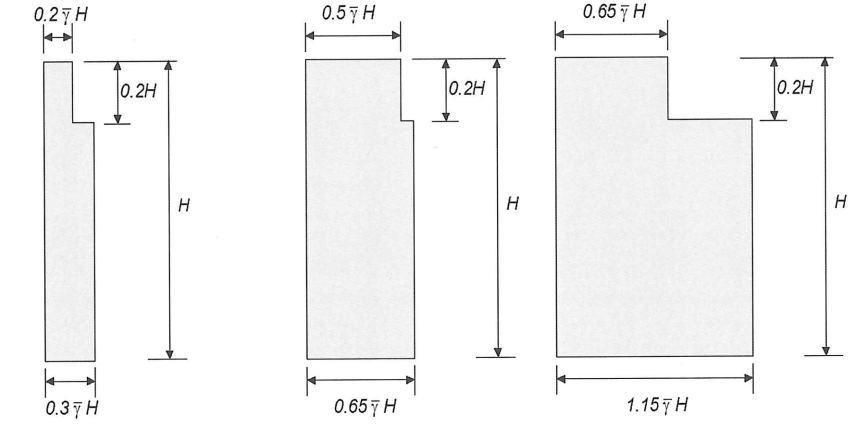
Tablo 3.23. YTY Metodunda Kullanılacak Zemin Grupları

Zemin Grubu	Tanım
A	Normal ve az aşırı konsolide kil zeminler (yumuşak-katı kil)
B	Aşırı konsolide kil zeminler (sert-çok sert)
C	Kaba daneli zeminler



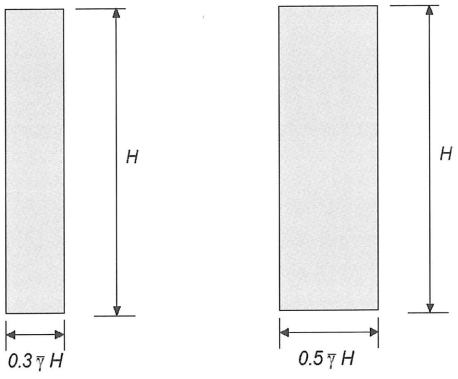
Şekil 3.26. Destek Elemanlarına Gelen Yükler

b) Tablo 3.23'deki zemin grupları kazı destek yapısı sistemi düşey elemanlarının rijitliğine göre de alt gruplara ayrılırlar. Yumuşak kil tabakalarını tutan esnek bir kazı destek yapısı düşey elemanına gelen etkiler, taban stabilitesine göre ayrıca alt sınıflara ayrılmıştır. C sınıfı zeminler yeraltı su seviyesinin altında veya üstünde olmak üzere alt gruplara ayrılmıştır. Şekil 3.27.a, 3.27.b ve 3.27.c'de sırası ile A, B ve C tipi zeminlerdeki yatay toprak basıncı dağılımları verilmiştir. Esnek duvarlar, F; ve rijit duvarlar S olarak adlandırılmıştır.



Burada tanımlanan gerilme dağılışları esas olarak F tipi duvarlar içindir, ancak S tipi duvarlar için de kullanılabilir

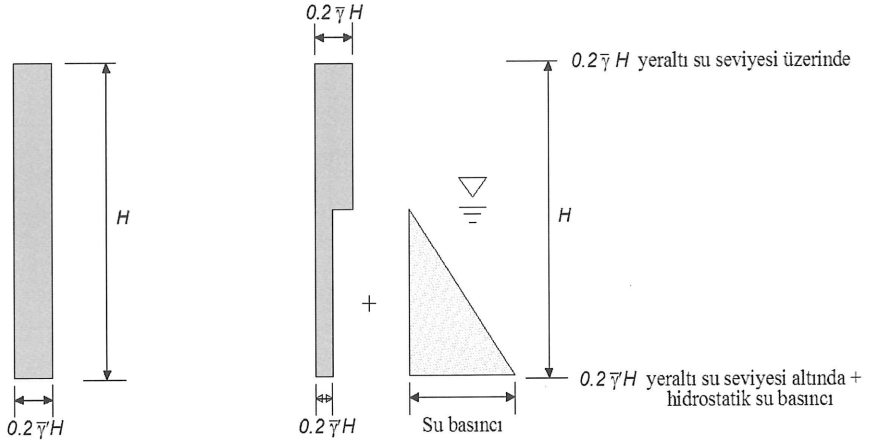
Şekil 3.27.a. A Sınıfı Zemin (Yumuşak- Katı Killer) Grupları İçin YTY Zarfları



Şekil 3.27.a, 3.27.b ve 3.27.c için Not:
γ : zeminin birim hacim ağırlığı
γ' : zeminin efektif birim hacim ağırlığı
$\bar{\gamma}', \bar{\gamma}$: iksa yüksekliği (H) boyunca zeminin ortalama birim hacim ağırlığı

B - F sınıfı B - S sınıfı

Şekil 3.27.b. B Sınıfı Zemin (Katı-Çok Katı Killer) Grupları İçin YTY Zarfları



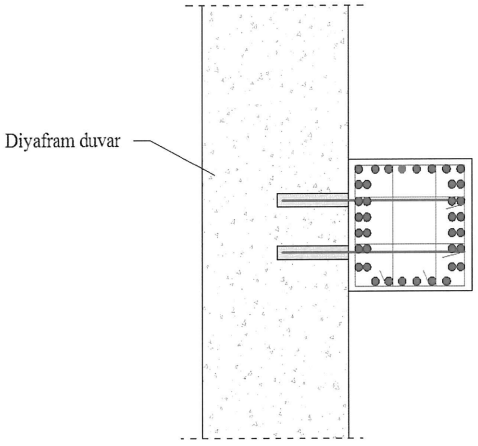
C sınıfı, kuru C sınıfı, su altında

Şekil 3.27.c. C Sınıfı Zemin (Granüler Zeminler) Grupları İçin YTY Zarfları

3.4.2.6. İç destek elemanlarının burkulma boyu, kenar destekleri düşüldükten sonra kalan boy olarak alınır. Eğer iç destek elemanı uçlarının özel bir tasarım ile dönmesi engellenmemiş ise, serbestçe dönebilecekleri kabul edilmelidir. Bu kural burkulma boyunun, burkulma önleyici elemanlar (bayraklar/berkitme) ile kısaltıldığı durumlar için de geçerlidir. Kutu kesitli strutlar için bombelenme (fıçılanma) ve eğer söz konusu ise yanal burulma burkulması durumları da irdelenmelidir.

3.4.2.7. Kuşak kirişinin kazı destek sisteminin düşey elemanına sağlıklı bir şekilde bağlanabilmesi için hesap yapılmalı ve detay proje hazırlanmalıdır. Düşey elemanların/kuşak kirişlerinin betonarme olması durumunda mutlaka önceden beton kalıbı içine yerleştirilecek ankraj bulonlu bir çelik levha teşkil edilmeli ve destek elemanları bu levhaya uygun bir şekilde bağlanmalıdır. Önceden iç destek yerleri öngörülmemiş ise betonarme sistem içine yeterli ankraj uzunluğunu sağlayacak filiz

ekilerek çelik levhanın betonarme sisteme sağlıklı olarak bağlanması sağlanmalıdır. Özellikle kazı destek yapısına eğimli olarak bağlanan iç desteklerde, destek–düşey eleman/kuşak kirişi bağlantısı çok daha kritiktir ve mutlaka eğik olarak etkiyen yükün uygulayacağı kesme kuvvetleri hesaplanmalı ve destek–düşey eleman/kuşak kirişi bağlantısı buna göre tasarlanmalıdır. Şekil 3.28'de tipik kuşak-kazı destek elemanı bağlantı detayı verilmiştir.



Şekil 3.28. Tipik Bir Kuşak-Kazı Destek Elamanı Bağlantı Detayı

3.4.2.8. İç destek elemanı olarak kullanılan betonarme perde, kuşak kirişi gibi elemanlar, fore kazıklara, eleman ağırlığını en az iki kat emniyetle aktaracak şekilde tasarlanan yeterli sayı ve boydaki askı filizleriyle rijit olarak bağlanmalıdır.

3.4.2.9. Kazı destek yapısına ait iç destek elemanlarının tasarımında; servis ömrü boyunca maruz kalacağı ısıl etkiler de göz önüne alınmalıdır. Yatay destek elemanının uzama-kısalma yapması kısıtlanırsa ya da tamamen önlenirse destek elamanı üzerinde ilave bir yük oluşacaktır. Düzgün kesitli bir çelik boru için bu ek yükün büyüklüğü B.3.33 bağıntısı ile hesaplanır.

$$Q_{k,temp} = \alpha_t * \Delta t * E * A * (\beta/100) \qquad \text{(B.3.33)}$$

Bağıntıdaki;

α_t : destek elamanının yapıldığı malzemenin ısıl genleşme katsayısını,

Δt : montaj sıcaklığına kıyasla sıcaklık değişimini,

E : destek elemanının yapıldığı malzemenin elastisite modülünü,

A : destek elemanının kesit alanını;

β : destek elamanında boy değişimi kısıtlanma yüzdesini (katı-sıkı zeminlerdeki rijit duvarlarda %50, katı-sıkı zeminlerdeki esnek duvarlarda %30; Richards ve diğ. 1999, Batten ve Powrie 2000, Ivanova 2012, Chamber ve diğ. 2016) ifade eder.

3.4.2.10. Geoteknik Sorumlu projenin zemin ve duvar şartlarına uyacak makul β değerini seçmelidir. Farklı kotlardaki destek elemanlarının farklı sıcaklık değişimlerine maruz

kalabileceği dikkate alınmalıdır. Zemin yüzeyinden aşağıya doğru ilerledikçe sıcaklık değişim aralığının azalması, β katsayısının ise derinlikle birlikte artması beklenir. Geoteknik Sorumlu kendi deneyimine dayanarak burada tavsiye edilenlerden farklı değerler oluşabileceğini öngörüyorsa, hesap raporunda gerekçesini belirterek farklı β değerleri kullanabilir.

3.4.2.11. Eğer burkulma boyunu kısaltmak için ara dikmeler, destekler vs. kullanılıyor ise, bunların tasarımında yatay destek elemanına eksenel olarak etkiyen normal kuvvetin 1/100'ü dikkate alınır. Yan yana/bitişik elemanlar için de ayrı ayrı olmak üzere bu yük değeri için tasarım yapılmalıdır. Rijit ekler, örneğin kaynak, yüksek dayanımlı cıvata vs. için hesaplanan yükün iki misline (normal kuvvetin 2/100'ü) göre tasarım yapılmalıdır.

3.4.2.12. Sabit ve değişken etkiler aşağıda tanımlı yük kombinasyonlarına (LC) göre birleştirilmelidir. Isıl yükleme her durumda birincil değişken yük olarak kabul edilmektedir. Yük kombinasyonları:

a) LC1 : tam faktörlü kalıcı yükleme (G_k)+azaltılmış faktörlü ısıl yükleme ($Q_{k,temp}$),

b) LC2 : azaltılmış faktörlü kalıcı yükleme(G_k)+ tam faktörlü ısıl yükleme ($Q_{k,temp}$),

c) LC3 : azaltılmış kalıcı ve ısıl yükleme($G_k - Q_{k,temp}$)+faktörsüz tesadüfi yükleme($Q_{k,tesadüfi}$)

şeklinde tanımlanmıştır.

3.4.2.13. Yatay destek tasarımı en olumsuz yük durumu için yapılır. Yük kombinasyonları B.3.34 bağıntıları ile hesaplanır.

$$LC1 : 1.4 * G_k + 1.00 * G_{k,GEO} + 1.0 * Q_{k,temp} \quad \text{(B.3.34.a)}$$

$$LC2 : 1.2 * G_k + 1.00 * G_{k,GEO} + 1.6 * Q_{k,temp} \quad \text{(B.3.34.b)}$$

$$LC3 : 1.0 * G_k + 1.00 * G_{k,GEO} + 0.5 * Q_{k,temp} + 1.6 * Q_{k,tesadüfi} \quad \text{(B.3.34.c)}$$

$G_{k,GEO}$ değeri, SLS (B.3.35 bağıntıları) ve ULS (B.3.36 bağıntısı) yükleme durumlarından büyük olanına göre belirlenir.

a) SLS yükleme durumu için:

$$G_{k,GEO} = \gamma_G * P_{SLS} * \gamma_{Sd} \quad \text{(B.3.35)}$$

Bu bağıntıda;

P_{SLS} : gerilme-deformasyon analizleri, limit denge yöntemi veya YTY yöntemi kullanılarak SLS durumu için yapılan hesaplardan elde edilen etkileri ifade eder.

γ_G : B.3.34 bağıntıları için sırasıyla 1.4, 1.2 ve 1.0 değerlerini ifade eder.

$$LC1\ için: G_{k,GEO} = 1.4 * P_{SLS} * \gamma_{Sd} \quad \text{(B.3.35.a)}$$

$$LC2\ için: G_{k,GEO} = 1.2 * P_{SLS} * \gamma_{Sd} \quad \text{(B.3.35.b)}$$

$$LC3\ için: G_{k,GEO} = 1.0 * P_{SLS} * \gamma_{Sd} \quad \text{(B.3.35.c)}$$

γ_{Sd} : gerilme yeniden dağılım katsayısını (kazı aşamaları ilerledikçe yatay toprak basıncındaki değişimi hesaba katabilen sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemlerinde

γ_{Sd} = 1.00; limit denge ve YTY yöntemi ile yapılan hesaplarda γ_{Sd} = 1.15; tek sıra destekli ve limit denge yöntemi ile yapılan hesaplarda γ_{Sd} = 1.30 alınır.) ifade eder.

b) ULS yükleme durumu için:

$$G_{k,GEO} = P_{ULS} * \gamma_{Sd} \quad \text{(B.3.36)}$$

Bu bağıntıda;

P_{ULS} : Tablo 2.1'de tanımlanan kısmi katsayılar kullanılarak gerilme-deformasyon analizleri, limit denge yöntemi veya YTY yöntemi kullanılarak ULS durumu için yapılan hesaplardan elde edilen etkileri ifade eder.

3.4.2.14. İç destek elemanının tasarımı sırasında her türlü etki (örneğin vinç operasyonları, malzeme taşınması vs.) göz önüne alınmalıdır. Gerekiyor ise destek elemanlarının bu tür etkilerden korunması için kalkanlar veya yönlendiriciler kullanılmalıdır.

3.4.2.15. Beklenilmeyen yük etkileri durumlarını modellemek için tek bir iç destek elemanının göçmesi durumunda kazı destek yapısı ve zeminin kemerlenme ile destekleme görevini yerine getirmeye devam edeceği gösterilmeli ve gerekirse güvenlik sayıları buna göre değiştirilmelidir.

3.4.2.16. Destek elemanları üzerine yerleştirilecek gerinim-ölçerler yardımı ile desteklerin üzerindeki gerilmeler kontrol edilmeli ve proje değerlerinde olduğu tahkik edilmelidir. Destek elemanı üzerindeki momentler de göz önüne alınarak gerinim-ölçerler en az bir üst bir de alta yerleştirilir. Bir kesite dört adet yerleştirilmesi daha da sağlıklı olacaktır.

3.4.2.17. Proje çizimlerinde hangi kazı aşamalarında ve hangi kazı derinliklerinde, hangi iç destek elemanının yerleştirileceği belirtilmelidir.

3.4.2.18. Benzer şekilde iç destek elemanları sökülüp, yükler/etkiler kazı destek yapısına aktarılırken de uygulanacak her adım analizlerde dikkate alınmalı ve proje çizimlerinde belirtilmelidir.

3.4.2.19. İçten destekli derin kazılarda dışbükey köşeler olması durumunda, her iki cephe, zemin içinden geçirilecek çapraz bağlarla birbirine bağlanabilir.

3.5. KONSOL SİSTEMLER

3.5.1. Uygunluk Koşulları

Zemin koşullarının, çevre yapıların durumlarının ve kazı özelliklerinin izin verdiği durumlarda konsol sistemler kazı desteği için kullanılabilir. Konsol kazı destek sistemleri kazık, palplanş vb. gibi elemanlarla gerçekleştirilebilir. Konsol sistemlerin tasarımında klasik limit denge analizleri yeterlidir. Ancak bu tip sistemler fazla deformasyon yaptığından yakın çevresinde yapılar bulunması durumunda tercih edilmezler. Eğer yakın çevrede yapılar bulunuyor ise deformasyon analizleri ile kazının etkileri irdelenmelidir. Konsol sistemler, desteklerini gömülü oldukları zeminden alan sistemler oldukları için kullanım sahaları ve geometrileri sınırlıdır. Bu nedenle konsol sistemler için uygulama sınırları Tablo 3.24'den referans alınabilir.

Tablo 3.24. Konsol Sistemlerin Tipik Uygulama Sınırları (CIRIA C760)

Kazı Destek yapısı tipi	Teknik[1]	Desteklenen Yükseklik aralığı	Düşeyle yaptığı açı[2]		Yeraltı suyu Kontrolü	
		Konsol[8]	Tipik	Uygulanabilir en yüksek açı	Geçici	Kalıcı
Palplanş	Çakma	≤5m	1/75	1/100	Evet	Evet
Berlin Duvarı	Delgi veya çakma	≤4m	1/75	1/75	Hayır	Hayır
Bitişik kazık (aralıklı)	CFA	≤8m	1/75	1/100	Hayır	Hayır
	Delgi	≤8m	1/75	1/125		
Kesişen kazık (Birincil kazıklar bentonit/çimento bulamacı içeren)	CFA	≤8m	1/75	1/100	Evet[3]	Hayır[4]
	Delgi	≤8m	1/75	1/125		
Kesişen kazık (Birincil kazıklar profil takviyeli/düşük mukavemetli beton içeren)	CFA	≤8m	1/75	1/100	Evet[5,6]	Evet[7]
Kesişen kazık (Birincil kazıklar profil takviyeli/tam mukavemetli beton içeren)	Kılıflı delgi/kalın cidarlı kılıflı CFA delgi	≤8m	1/150	1/200	Evet[6]	Evet[7]
Diyafram Duvar	Mekanik kepçe	≤8m	1/100	1/150	Evet	Evet
	Hidrolik kepçe		1/150	1/200		
	Hidrofreze (cutter)		1/200	1/400		

(1) Teknikler: İmalat şekline en uygun olanlardır.

(2) İmalat açısı öncelikle kullanılan kazık tekniğine bağlıdır. "Tipik" olarak belirtilen oranlar bir önlem alınmadan elde ediebilir. "Uygulanabilir en yüksek açı" en güvenilir açıyı tariflemekte olup, ek kontrol ve ölçüm gerektirir. Belirli durumlarda daha yüksek eğimle imalat yapmak mümkün olabilir, ancak bu durum imalatı yapacak olan yüklenici ile görüşülmelidir (delgi zorluğu, zemin koşulları, kılıf kullanımı, kılavuz duvar ve delme / kazı ekipmanlarının sağlanması, platform genişliği).

(3) Birincil kazıkları bentonit/çimento bulamacı içeren kesişen kazık duvarlarının su direnci sağlayabileceği derinlik, sondaj teçhizatının yapım toleransları ve direnilecek yeraltı suyu basıncı ile sınırlıdır. Maksimum 8 m'ye kadar yeraltı suyunu tutabilr.

(4) Birincil kazıkları bentonit/çimento bulamacı içeren kesişen kazık duvarların yumuşak elemanlarının yeraltı suyu akışına uzun vadeli direnci, çevre koşullarına ve duvarın rutubet içinde kalmasına bağlıdır. Uzun süreli su direnci genellikle, yeraltı suyu yükünü betonarme kazıklara aktaran betonarme kaplama duvarlar gibi ek imalatlar ile sağlanır.

(5) Birincil kazıkları profil takviyeli/düşük mukavemetli-tam dayanımlı beton içeren kesişen kazık duvarların güvenilir bir şekilde su direncini sağlayabileceği derinlik, dayanım ve yapı toleransları ile sınırlıdır. 8 m'den daha derin kazılarda kılıflı CFA veya kılıflı döner delgi teknikleri kullanılmalıdır.

(6) Birincil kazıkları profil takviyeli/düşük mukavemetli-tam dayanımlı beton içeren kesişen kazık ile yeraltı suyu kontrolünün elde edilebileceği derinlik, kesişme adımının ve düşey açı oranının bir fonksiyonudur. Elde edilebilir kesişme adımı genellikle 150 mm ila 200 mm aralığındadır, ancak bu değerler daha güçlü araçların kullanımı ile arttırılabilir.

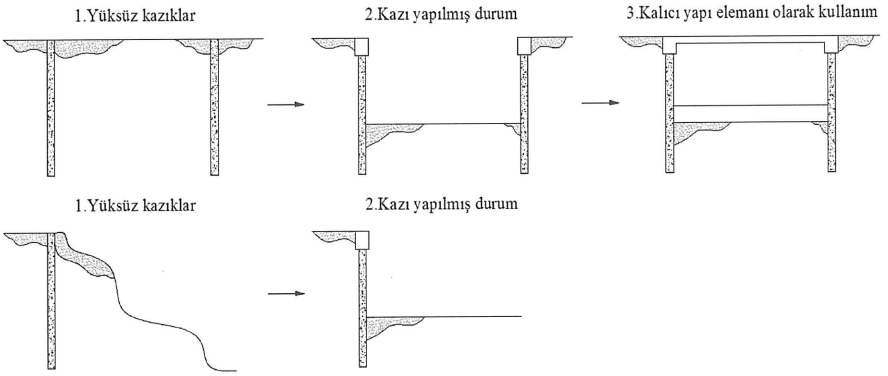
(7) Agresif zemin koşullarında, birincil kazıkları profil takviyeli/düşük mukavemetli-tam dayanımlı beton içeren kazık duvarların kullanımı, birincil kazıklardaki betonun mukavemeti ile sınırlıdır.

(8) Konsol yüksekliği genel olarak jeolojiye bağlıdır.

3.5.2. Tasarım Kriterleri

3.5.2.1. Tek sıra kazık veya palplanşların 8 m derinlikten fazla yapılmaması önerilir. Daha büyük derinlikler için iki sıra kazık ve rijit kazık başlığı ile daha rijit sistemler tasarlanmalıdır. Bu tip imalatlarda iki sıra kazık arasında yük paylaşımı söz konusu olacağı için basit limit denge analizinin yanısıra gerilme–deformasyon ilişkisini de göz önünde bulunduran analizler yapılmalıdır.

3.5.2.2. Konsol sistemler geçici ya da kalıcı sistemler olarak tasarlanabilir. Kalıcı sistem olarak tasarlandığında hem zemin, hem de yapısal sistem için uzun dönemli plastik çözümler yapılmalıdır. Konsol sistemlerin imalat aşamaları Şekil 3.29'da beliritlmiştir.



Şekil 3.29. Konsol Sistemlerin İmalat Aşamaları (CIRIA C760)

3.5.2.3. Kategori 1'e giren konsol kazı destek yapıları literatürde genel kabul görmüş yöntemler (yatay toprak basınçlarını esas alan stabilite analizleri, yatak katsayısı yaklaşımı vb.) kullanılarak çözülebilir ve SLS kontrolü yapılmayabilir. Ancak, Kategori 2 ve Kategori 3'e giren konsol kazı destek yapılarının tasarımında olası tüm ULS durumları ve SLS durumu için kontroller yapılmalıdır.

3.5.2.4. Yanal Zemin İtkilerinin Hesaplanması

a) Yanal zemin itkilerinin tanımlanması ve sayısallaştırılmasında yatay toprak basıncı katsayısı (K) kullanılır. K katsayısı B.3.37 bağıntısı ile hesaplanır.

$$K = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_{qv}} \qquad \text{(B.3.37)}$$

Burada:

σ'_h : yatay efektif gerilme,

σ'_{qv} : düşey örtü yüküdür.

b) Hesaplarda düşey efektif gerilmenin (σ'_v) kullanılmamasının sebebi; duvar arkasında zemin-duvar sürtünmesi sebebiyle σ'_v hesabının zorluğudur. σ'_{qv} değerini

hesaplamak için zemin ağırlığı, yeraltı suyu etkisi ve sürşarj hesaba katılır. σ'_{qv} değeri B.3.38 bağıntısı ile hesaplanır.

$$\sigma'_{qv} = \int_0^z \gamma dz + q - u \qquad \text{(B.3.38)}$$

Burada:
γ : zeminin birim hacim ağırlığı,
z : yüzeyden derinlik,
u : boşluk suyu basıncı ,
q :yüzeydeki düzgün yayılı sürşarj değeridir.

3.5.2.5. Sükunette Zemin Basıncı

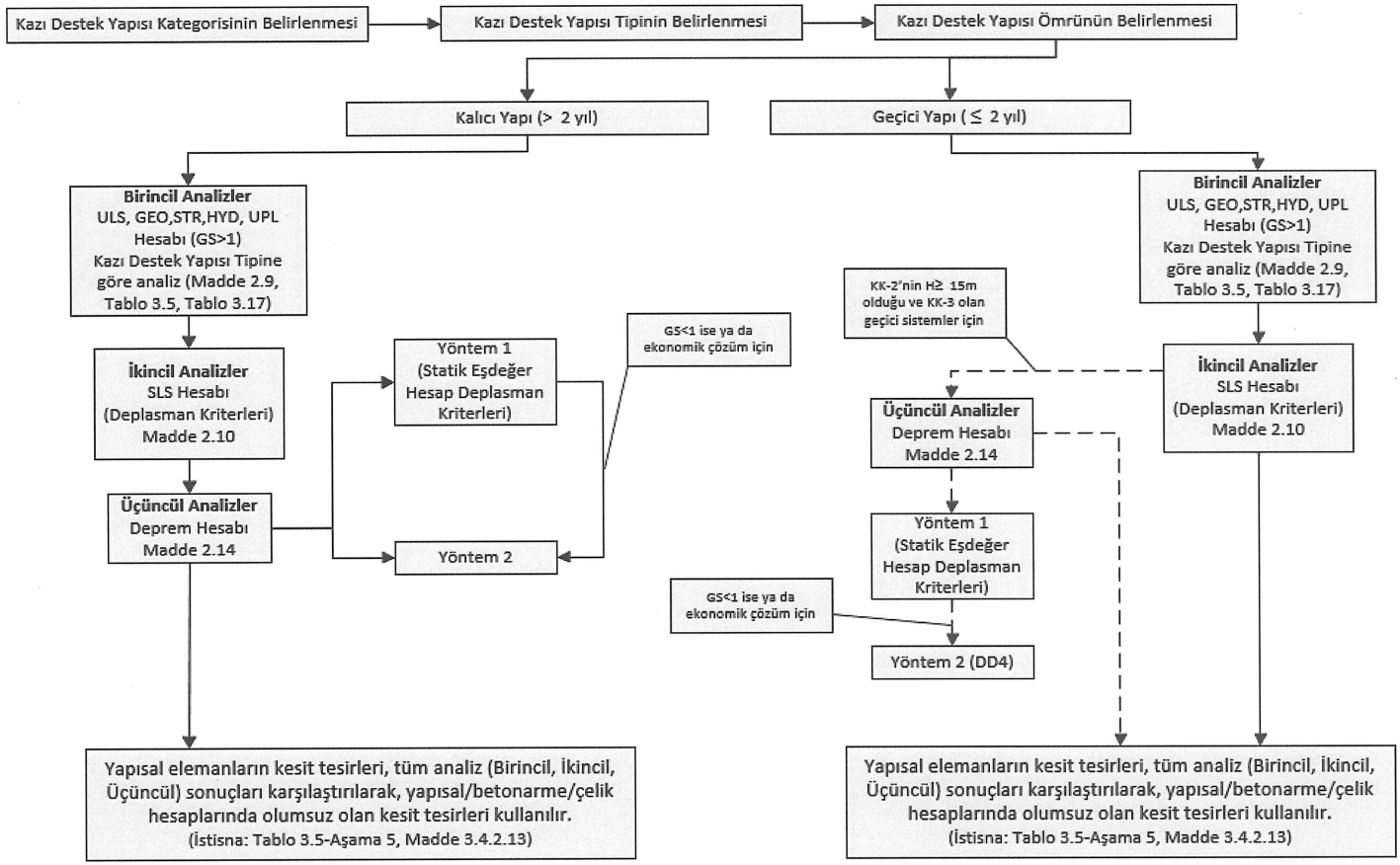
Zemin için geçerli inşaat çalışmaları ve şekil değiştirme öncesi K değeri sükunette yatay zemin basınç katsayısı (K_o) olarak adlandırılır. K_o değeri zeminin jeolojik geçmişine bağlıdır ve aşağıdaki amprik bağıntı kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$K_o = (1 - \sin\phi') \times AKO^{\lambda} \times (1 + \sin\beta_i) \qquad \text{(B.3.39)}$$

Burada:
ϕ':zeminin efektif kayma direnci açısı,
AKO : aşırı konsolidasyon oranı,
β_i : şev açısı,
λ : Amprik bir katsayı olan λ'nın değeri için literatürde farklı değerler önerilmektedir. Fakat en doğru yaklaşım sahadan alınan numunelere bağlı olarak araziye uygun değerin tespit edilmesidir.

3.6. HESAP AKIŞ ŞEMASI

Kazı destek yapılarının tasarım hesapları aşamasında, tüm olumsuz ULS durumları, kazı/imalat/üst yapı aşamaları, kazı sonrası yükleme durumları, kazı çevresinde olası yük depolama alanları, normal-önemli yapı etkileri ve deplasman kriterleri, titreşimli yükler/etkiler, ankraj öngerme/yükleme durumları ile en olumsuz etkiler dikkate alınarak yapılacak analizler, Geoteknik Sorumlunun yükümlülüğündedir. Örnek bir tipik hesap akış şeması Şekil 3.30'da verilmiştir.



Şekil 3.30. Tipik Hesap Akış Şeması

BÖLÜM 4: UYGULAMA ESASLARI

Kazı destek yapılarının saha uygulaması sırasında göz önünde bulundurulması gereken hususlara bu bölümde yer verilmiştir. Öncelikle kazı destek yapısının tipinden bağımız olarak sağlıklı bir uygulama yapılabilmesi için uyulması gereken genel hususlar belirtilmiş, daha sonra sık uygulanan kazı destek yapısı elemanlarının imalatlarında imalat kalitesi bakımından öne çıkan kritik hususlar sıralanmıştır.

EK-1A (Bilgilendirme Eki)'da, farklı kazı destek sistemleri için saha uygulaması sırasında takip edilecek metodoloji ayrı ayrı belirtilmiştir. Ancak, belirtilen metodolojiler, seçilen sistemin özelliklerine ve saha koşullarına göre Geoteknik Sorumlu, yüklenici/alt yüklenici teknik sorumlusu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından birlikte değerlendirilerek gerekçeleri açıklanmak suretiyle kısmen değiştirilebilir.

Kazı destek yapısı uygulaması yapan kuruluşların (yüklenici/alt yüklenici), kazı destek yapısının kategorisine göre bulundurması önerilen personel sayısı, makine parkı, iş deneyimi miktarı Ek-4B (Bilgilendirme Eki)'de belirtilmiştir.

4.1. GENEL HUSUSLAR

Kazı destek yapısı saha uygulamalarına başlanmadan önce proje paketinin tam ve eksiksiz olduğu kontrol edilmeli, proje paketinde veya çizim paftalarında uygulamanın doğru yapılmasını etkileyecek herhangi bir eksiklik tespit edilmesi halinde öncelikle bu eksiklikler tamamlanmalıdır. Bu kontrolleri yapmak ve tespit edilen eksiklikleri bir liste halinde işverene bildirmek kazı destek yapısı uygulamasını yapacak olan yüklenici/alt yüklenici kuruluşun sorumluluğundadır. Proje paketinde bulunması gereken dökümanlar ile proje çizim paftasında gösterilmesi gereken unsurlar madde 2.17'de belirtilmiştir.

4.1.1. Kazı destek sistemleri, zemin tipine, yer altı suyu durumuna, uygulama amacına, maliyetine, imalat hızına ve çevre koşullarına göre pek çok farklı sistemle gerçekleştirilebilmektedir. Kazı destek sistemleri; destekli veya konsol olarak imal edilebilmekte olup; hem imalat aşaması hem de kazı aşaması kalite kontrol yöntemleri çerçevesinde ilerlemelidir.

4.1.2. Tehlikeli ve çok tehlikeli iş kapsamında yer alan kazı destek yapısı uygulamalarında çalışacak personelin Bölüm 5'de belirtilen ilgili kanun ve yönetmelikler doğrultusunda, yaptığı işe uygun mesleki eğitim aldığının belgelendirmesi ve gerekli iş güvenliği tedbirlerinin alındığının teyit edilmesi gerekir.

4.1.3. Kazı destek yapısı imalatı için sahada yapılması gereken ön hazırlıklar kontrol mühendisi (fenni mesul) tarafından tetkik edilmeli, proje hazırlık safhasından itibaren geçen süre göz önünde bulundurularak Yapı Durum Tespit Tutanağı (EK-2A-Uygulama Eki) ile mevcut durum karşılaştırılıp, uygulayıcı firma ile tutanak altına alınmalıdır. Varsa tespit edilen uyumsuzluklar, imalata başlanmadan önce söz konusu tutanak kontrol mühendisince (fenni mesul), geoteknik tasarım projesi kapsamında değerlendirilmek ve gerekli revizyonlar yapılmak üzere Geoteknik Sorumlu ile diğer disiplinlerin projelerini (mimari, mekanik, statik, elektrik, peyzaj vb) yapacak olan proje müellifine iletilir.

4.1.4. Kazı destek yapısının imalat yöntemi olarak seçilen malzemeye göre çakma, itme, vibrasyon veya delgi işlemlerinin çevre yapılarda herhangi bir hasara sebebiyet verip vermeyeceği şantiye şefi, kontrol mühendisi (fenni mesul) tarafından teyit edilmelidir.

4.1.5. Aletsel ölçümü yapılan destek yapılarında, deplasman miktarlarının; projesi, teknik şartnamesi ve ilgili standardında beliritilen aralıklarla (her kazı aşamasında) düzenli olarak kontrol edilmesi gerekir.

4.1.6. Kazı destek yapısının imalat sürecinde ve imalatı tamamlandıktan sonra, kazı destek yapısında ve/veya çevre yapılarda tolere edilebilir deplasman şartlarının üzerinde oturma, kısmi deplasman, göçme, dönme vb. deformasyonlar görülmesi durmunda derhal Geoteknik Sorumlu ile geoteknik uygulama kuruluşunun (yüklenici/altyüklenici) da içinde bulunduğu bir teknik heyet oluşturularak saha incelemesi ve değerlendirme yapılmalıdır.

4.1.7. Madde 4.1.6'da belirtilen durumlarda, varsa projeye aykırı olan veya olmayan, kazı destek yapısına yatay itki verebilecek tüm sürşarj yüklerinin derhal kaldırılması sağlanmalıdır.

4.1.8. Desteklenen kazı aynası ile destek elemanı arasında bir drenaj ihtiyacı olduğu takdirde drenaj sistemi ayrıca oluşturulmalıdır. Bazı durumlarda kazı destek yapısı arkasında drenaj sistemine ilave olarak susuzlaştırma da yapılması gerekiyorsa, susuzlaştırma bölgesi içinde kalan yapılarda oturma meydana gelmemesine dikkat edilir veya izin verilen kontrollü oturma miktarının günlük düzenli olarak kontrol edilmesi sağlanır.

4.1.9. Yüklenici/altyüklenici, projede kapsamındaki kazı destek yapısı elemanlarını tam vardiya süresince kesintisiz olarak imal edebilecek kapasiteye sahip yeterli sayıda makine ve yardımcı ekipmanını, uygulama iş programında herhangi bir gecikmeye mahal vermeyecek şekilde temin etmek ve çalışmaya hazır vaziyette sahada bulundurmak zorundadır.

4.1.10. Saha uygulamalarında kullanılacak olan tüm makine ve ekipmanların sahaya getirilmeden önce gerekli tüm bakımları ve temizliği yapılmalıdır. Ayrıca tüm makinelerin ve yardımcı ekipmanların gerek tüm aksamlarının sorunsuz şekilde çalıştığı, gerekse kullanım sırasında herhangi bir iş güvenliği riski taşımadığı veya bu risklere karşı makine üzerinde gerekli koruyucu donanımın bulunduğuna dair gerekli kontroller yaptırılarak, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca onaylanmış yetkili kurum ve kuruluşlarca düzenlenmiş, her biri için ayrı ayrı olmak üzere "Kullanıma Uygunluk Raporu" alınmalıdır. Bu hususla ilgili tüm bakımların yaptırılarak raporların alınması yüklenicinin/altyüklenicinin sorumluluğundadır.

4.1.11. Makine ve yardımcı ekipmanlarda işin devamı sırasında meydana gelebilecek tüm arızalar vakit kaybetmeden giderilmeli ve arıza sonrası yeniden kullanıma başlamadan önce onaylanmış yetkili kurum ve kuruluşlarca verilmiş olan rapora aykırı herhangi bir husus bulunmadığı yapılacak kontrollerle teyid edilmelidir. Bu kontrol sırasında herhangi bir şüphe oluştuğu takdirde; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınnca onaylanmış yetkili kurum ve kuruluşlarca düzenlenmiş yeni bir Kullanıma Uygunluk Raporu alınacaktır.

4.1.12. Uygulamaya başlamadan önce çalışma sahasında tüm makinelerin uygun çalışma koşullarının oluşturulması ve herhangi bir iş kazasına mahal verilmeyecek şekilde gerekli planlama ve saha hazırlıklarının yüklenici/altyüklenici tarafından yapılması gerekmektedir.

4.1.13. Yüklenici/altyüklenicinin, saha uygulamalarına başlamadan önce saha kullanımı ve makine/ekipman yerleşimini gösteren bir şantiye planı hazırlayarak işverenin onayına sunması önerilir. Şantiye planında en az aşağıdaki unsurlar gösterilmelidir:

a) Sahaya giriş ve çıkış yerleri-yolları (iş makineleri ve kamyonlar için ayrı, binek araçları için ayrı, yayalar için ayrı),
b) Şantiye konteynerleri (ofis, koğuş, depo vb),
c) Malzeme stok alanları,
d) Kule vinç kurulacak bölge,
e) Yükleme/boşaltma alanları,
f) Kazı çukuruna iniş/çıkış rampası (yüklü kamyon ve dolu beton mikserlerinin rahat çıkabileceği eğimde),
g) Saha içi araç ve yaya trafiği güzergahları,
h) Parsel sınırları ve komşu yapılar,
i) Saha kotları,
j) Kazı destek yapısı elemanları,
k) Sahada ve yakın çevresinde bulunan altyapı hatları ve havai hatlar,
l) İşin özelliklerine göre gösterilmesi gerekli diğer unsurlar (jeneratör, trafo, pompaj çukuru, kazı destek yapısı civarındaki yapılar vb.)

4.1.14. Şantiye planı, işveren tarafından kontrol edilmeli, yüklenici/altyüklenici ile mutabık kalındıktan sonra saha uygulamalarına başlanmamalıdır. Örnek şantiye planı çizimi EK-4A (Bilgilendirme Eki)'da verilmiştir.

4.1.15. Yüklenici/altyüklenici, saha uygulamalarına başlamadan önce kazı destek yapısı elemanlarının imalatlarında uygulayacağı yöntemleri, çalışma metodolojisini ve bunlarla ilgili şematik çizimleri işverenin onayına sunmalıdır.

4.1.16. Sahanın makinelerin emniyetli bir şekilde çalışmasını ve/veya yürümesini güçleştirecek veya engelleyecek derecede bozuk yüzeyli veya çamurlu olması durumunda yüzeyde yeterli kalınlıkta stabilize dolgu yapılmalı, herhangi bir iş güvenliği riski oluşmasına izin verilmemelidir. Bu konuda gerekli kontrolleri zamanında yapmak ve alınması gereken tedbirleri işverene bildirmek yüklenici/altyüklenici sorumluluğundadır.

4.1.17. Yüklenici/altyüklenici, imalatı yapılan her kazı destek yapısı elemanı için ayrı ayrı olmak üzere ilgili standardında verilen formlardan yararlanmak suretiyle gerekli tüm imalat bilgilerini içeren imalat fişlerini günlük olarak hazırlamalı ve her günün sonunda işverene sunmalıdır.

4.1.18. Yüklenici/altyüklenici, günlük olarak en az aşağıdaki bilgileri içeren bilgileri şantiye defterine işlemeli ve her günün sonunda işverene sunmalıdır.

a) Hava durumu,
b) Çalışan ekip ve makineler,
c) Şantiyeye gelen malzeme ve makineler,
d) O gün yapılan imalatlar (yazılı açıklama ve fotoğraflar),
e) Uygulama sırasında karşılaşılan problemler ve nasıl çözüldüğüne ait açıklamalar (yapılan işin kademeleri sırası ile açıklanır ve fotoğraflanır),
f) Yapılan test ve ölçümler,
g) İşin özelliklerine göre belirtilmesi gereken diğer önemli hususlar.

4.1.19. Yüklenici/alt yüklenici tarafından tutulacak/arşivlenecek, tüm dökümanlar (imalat fişleri, şantiye defteri, deney föyleri, puantaj vb.) öncelikle boş bir format halinde işveren/Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışmanının görüşüne sunulmalı,

imalat metodolijisi, ölçümler vb. hususlardaki talepler doğrultusunda ilgili dokümanlarda revizyon yapılmalıdır.

4.1.20. Yüklenici/alt yüklenici kazı destek yapısı elemanlarının uygulamalarına yönelik olarak projede ve teknik şartnamede belirtilen ulusal ve/veya uluslararası standartlar ile ilgili yönetmeliğin güncel bir kopyasını şantiyede bulundurmalıdır.

4.1.21. Yüklenici/alt yüklenici uygulanacak olan kazı destek yapısına ait uygulama projeleri ve revizyonlarını, teknik şartname, metraj ve birim fiyat tariflerinin ıslak imzalı birer nüshası ile bunların ikişer kopyasını şantiye ofisinde bulundurmalıdır.

4.2. KAZI DESTEK YAPISI ELEMANLARININ UYGULAMALARINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

a) Kazı destek yapısı elemanlarının uygulamalarıyla ilgili olarak burada belirtilen hususlar uygulama sırasında özel dikkat gerektiren ve uygulamanın daha kaliteli yapılabilmesinde önemli rol oynayan kritik konulardır. Bunların dışında ilgili ulusal ve/veya uluslarlarası yönetmelik ve standartlar ile projeye özel hazırlanacak olan teknik şartnamenin gerekleri ayrıca yerine getirilmelidir.

b) Kazı destek yapısı elemanlarının uygulamasında uyulacak güncel standartlar aşağıda belirtilmiştir:

Fore Kazıklar	:	TS EN 1536+A1
Mini Kazıklar	:	TS EN 14199
Diyafram Duvar	:	TS EN 1538+A1
Püskürtme Beton Perde	:	TS EN 14487-2
Betonarme Perde	:	TS 500, TS EN 1992-1-1
Öngermeli Ankraj	:	TS EN 1537
Zemin Çivisi	:	TS EN 14490
İçten Destek (çelik boru)	:	TS EN 10219-2
Başlık Kirişi	:	TS 500, TS EN 1992-1-1
Kuşak Kirişi	:	TS 500, TS EN 1992-1-1
Şerbet (Püskürtme beton katkı ve ankrajlar için enjeksiyon malzemesi)	:	TS EN 445, TS EN 446, TS EN 447, TS EN 480-1, TS EN 480-2, TS EN 480-4, TS EN 480-6, TS EN 480-11, TS EN 480-13, TS EN 480-14, TS EN 480-15, TS EN 934-1, TS EN 480-10, TS EN 934-2+A1, TS EN 934-3+A1,TS EN 934-4, TS EN 934-5, TS EN 934-6, TS EN 12715, TS EN 15167-1, TS EN 15167-2,

4.2.1. Fore Kazık Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Fore kazık makinası, zemin koşulları ve proje kritelerine uygun çap ve derinliği sağlayacak özellikte olmalıdır.

b) Kesişen kazık uygulamalarında projesine uygun çap ve aralıkta imalat yapılması için kılavuz (beton veya çelik) kullanılmalıdır.

c) Fore kazık makinasının çalışabilmesi için uygun sıkılıkta çalışma platformu sağlanmış olmalıdır. Çok eğimli sahalarda şev stabilitesi ile ilgili ön çalışmaların ve uygun çalışma platformu hazırlığının yapılmış olması gerekir.

d) Kazık aplikasyonu harita mühendisi veya harita teknikeri tarafından yapılmalıdır. İmalatı yapılacak kazıkların lokasyonu çelik çubuklar ile aplike edilmelidir.

e) Zemin koşullarının, zemin ve temel etüdünde belirtilenlerden farklı olduğunun (forajdan çıkan malzeme) tespit edilmesi durumunda Geoteknik Sorumlu durumdan haberdar edilerek, gerekli proje revizyonlarının yapılması (kazık boyunun uzatılması/kısaltılması) veya uygun önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

f) Fore kazık delgisi esnasında, tasarlanan derinliğe ulaşılmadan önce bir engelle karşılaşılması durumunda, Geoteknik Sorumlu engelle ilgili bilgiler dahilinde gerekli proje revizyonunu yapmalı veya lokal önlem projesi hazırlamalıdır.

g) Kazık imalatları TS EN 1536+A1 standardına uygun yapılmalı, uygulama şartnamesinde aksi belirtilmedikçe, fore kazığın yatay ve düşeyden sapması TS EN 1536+A1 standardında verilen tolerans sınırlarını aşmamalıdır.

h) Kazık boyuna donatıları, kazık başlık kirişinin veya plağının içinde yeterli aderans boyunu sağlamalıdır.

i) Foraj (delgi) sırasında zeminin kendini tutamayacak kadar zayıf olması ve foraj kuyusunda yıkıntı meydana gelmesi halinde yıkıntı olmayan zemin tabakasına kadar uzanan çelik muhafaza borusu sürerek veya delgi sıvısı (su, bentonit veya polimer) kullanılarak foraj kuyusunun stabilitesi sağlanmalıdır.

j) Kazık donatı demirleri ve bağlanmış donatı kafesleri kuru ve temiz bir alanda muhafaza edilmeli ve çamurlanması engellenmelidir. Çamurlu donatı kafesleri tamamen temizlenmeden kuyuya indirilmemelidir.

k) Donatı kafeslerinin üst üste istiflendiği durumlarda birbiri üzerinden kayıp düşerek tehlike yaratmaması için gerekli stabilite ve iş güvenliği tedbirleri alınmalıdır.

l) Donatı kafesi foraj kuyusuna indirildikten sonra kuyuda yıkıntı olmaması için gerekli tedbirler alınmalıdır.

m) Foraj kuyusuna beton döküm işlemi tremi borusu kullanmak suretiyle tekniğine uygun olarak yapılmalı, segregasyona mahal verilmeyecek şekilde uygun betonlama yapılmalıdır.

n) Foraj içerisine ani ve kontrolsüz su girişi engellenmeli, çökme riski bulunan zemin koşullarında geçici kılıf borusu veya delgi/sıvısı kullanılmalıdır.

o) Delgi tamamlandıktan sonra kuyu içi sadece temizlik, kontrol ve ölçüm cihazlarının yerleştirilmesi için geçen süre boyunca foraj kuyusu açık bırakılabilir. Delgi yapıldıktan sonra hemen donatı kafesi kuyu içerisine indirilmeli ve betonlama yapılmalıdır.

p) Taze beton dökülen kazık yakınında betonun yeterli mukavemet değerine ulaştığı kanıtlanmadıkça patlatma ile hafriyat yapılmaz.

r) Kazık imalatları, ardışık kazıklarda birer atlayarak yapılmalı, betonlaması tamamlanan kazıklarda imalatın üzerinden 6 saaat geçmeden yanındaki kazık forajına başlanmamalı, foraj sırasında başka bir kuyudaki kazık betonuna veya donatı kafesine zarar verilmemelidir.

s) Düşük geçirgenliğe sahip zemin tabakasının altında suya doygun gevşek zemin tabakası bulunduğu durumlarda yapılan kılıf borulu foraj işlemlerinde, kılıf borusunun daima forajın en az 50 cm önünde ilerlemesi sağlanmalıdır.

t) Kullanılan destek sıvıları ilgili standarda uygun olmalıdır.

4.2.2. Berlin Duvarı (Soldier Pile Wall) Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Yeraltı suyu olan sahalarda uygulanmaz.

b) Kazı esnasında zemin boşalmasına müsade edildiğinden yatay deplasman ve oturmalar nedeniyle yakın yapılaşma olan ve özel deplasman koşulları olan yerlerde uygulanmaz.

4.2.3. Mini Kazık Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Mini kazıkların geçici bir imalat amacı ile kullanılacağı göz önünde bulundurularak pas payı 5 cm olarak kullanılabilir.

b) Mini kazık imalatı yapılacak saha, delgi ekipmanının çalışmalarına uygun olacak şekilde hazırlanmalıdır.

c) Kazık aplikasyonu bir harita teknikeri tarafından sahada yapılmalı, her bir kazık sahada çelik çubuklar ile aplike edilmelidir.

d) Mini kazıkların plandaki aplikasyon toleransı 0.05 m'ye eşit veya daha küçük olmalıdır. Mini kazık imalat üst kotları, proje üst kotlarına göre 25 mm yukarı veya 50 mm aşağıda olabilir.

e) Mini kazığın forajı sırasında karşılaşılan formasyonlar ve imalatla ilgili hususlar veya zorluklar her mini kazık için not edilmeli ve bir tutanakla tespit edilmelidir. Sondajlarda öngörülmemiş zemin tiplerine rastlanıldığı takdirde bu hususun proje değişikliğine sebebiyet verip vermeyeceği hususunda Geoteknik Sorumlunun görüşü alınmalıdır.

f) Foraj (delgi) sırasında zeminin kendini tutamayacak kadar zayıf olması ve foraj kuyusunda yıkıntı meydana gelmesi halinde yıkıntı olmayan zemin tabakasına kadar uzanan çelik muhafaza borusu sürülerek veya bentonit süspansiyonu kullanılarak foraj kuyusunun stabilitesi sağlanmalıdır.

g) Kazıkların düşeyden sapması 1/50 eğimden fazla olmamalıdır.

h) Kazık delgisi tamamlandıktan sonra önceden hazırlanan donatı kafesi kuyuya indirilmelidir. Mini kazık donatı kafesinde kullanılan demirler, projede belirtilen merkezlerine göre 15 mm'den fazla şaşmamalıdır.

i) Donatı kafesi, kuyu içersine dış çapı 20 mm, et kalınlığı 6 mm olan polietilen (PE) enjeksiyon hortumu ile birlikte yerleştirilmelidir. PE hortuma kuyu dibi civarında 50 cm ara ile 3-5 adet delik açılarak bu delikler geçici olarak bant ile kapatılmalıdır.

j) Mini kazık içerisine ~ 5-15 mm çapında kırmataş doldurulduktan sonra mini kazık kuyusu içersine donatıyla birlikte indirilmiş olan enjeksiyon hortumu vasıtasıyla çimento enjeksiyonu yapılır.

k) Kuyu içinin enjeksiyonlama işlemi, mini kazık tabanından başlanılarak yukarıya doğru basınçla ilerleme yoluyla yapılır. Yaklaşık 5 barlık pompa basıncı ile enjeksiyon kuyu içersine verilir. Bu işleme temiz karışımın kuyu ağzından yukarı taştığı görülene kadar devam edilir. Mini kazık enjeksiyonlama işlemi kesintisiz olarak yapılmalıdır. Sahada bu işleme uygun kapasitede enjeksiyon ekipmanı

kullanılmalıdır. Enjeksiyonlama işleminin yapıldığı hortum kazık içersinde kalacağı için bu hortumun içersinin enjeksiyonla dolu olmasına özen gösterilmelidir.

l) Gerek mini kazıkların düşeyden daha kolay sapıyor olmaları, gerekse de çapın küçüklüğü nedeniyle tüm boşlukların beton ile dolmasındaki zorluk dolayısı ile mini kazık boyları 16 m ile sınırlandırılmalıdır. Daha derin kazılarda, mini kazıklar kademeli olarak imal edilmelidir.

m) Kullanılan enjeksiyon, standartlarına uygun olarak hazırlanmalıdır. Gerekli durumlarda akışkanlığı sağlayıcı veya priz hızlandırıcı katkı maddeleri de karışıma eklenebilir. Enjeksiyon içersine dolgu malzemesi konulacaksa bunun çapı 2 mm'yi geçmemeli ve ağırlıkça çimento miktarını aşmamalıdır.

n) Mini kazık kuyusu içinde su olmadığı takdirde yeterli akışkanlığa sahip hazır beton ile de doldurulabilir, ancak bu çaptaki kazıklarda tremi borusu kullanılması imkanı olmadığından mini kazık çeperlerinin stabil olmadığı durumlarda tavsiye edilmez.

o) Delgisi tamamlanan kuyu en kısa süre ve en geç aynı gün içersinde enjeksiyonla doldurulmalıdır. Hazırlanan enjeksiyon sürekli olarak karıştırılmalı ve hazırlandıktan en geç 1 saat içersinde mini kazık kuyusuna tatbik edilmelidir.

p) Temin edilen enjeksiyon veya betonun kıvamı ve çalışılabilirliği kontrol ve takip edilmelidir. Uygulama öncesinde yapılacak kıvam deneyleri ile seçilen enjeksiyon veya betonun uygunluğu teyit edilmelidir.

r) Kullanılan beton veya enjeksiyon miktarı takip edilmeli, öngörülen miktar ile karşılaştırması yapılmalıdır. Kayıp ile karşılaşılması durumunda projeyi etkileyebilecek boyutta boşlukların bulunabileceği göz önünde bulundurularak gerekli kontroller yapılmalıdır.

s) Enjeksiyonlama işleminin tamamlanmasından sonra kuyu etrafında taşan malzeme temizlenerek mini kazık imalatı tamamlanır.

4.2.4. Diyafram Duvar Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Ön görülen tasarım (ano genişlikleri), zemin koşulları ve imalat toleranslarını sağlayacak şekilde uygun makine ekipmanı seçilmelidir.

b) Kazının yatay ve düşey yönde sapmasız bir şekilde yapılmasını sağlamak, kazıcı ekipmana kılavuzluk etmesi amacıyla ve kazı çukurunda bentonit seviye değişimleri ile kazıcı kepçenin hareketi nedeniyle oluşması muhtemel yıkıntı ve çökmelere karşı koruyucu olarak, onaylı proje hattına uygun belirlenen güzergah boyunca kılavuz duvar imal edilmelidir. Kılavuz duvarın derinliği zemin koşullarına göre 1.0-1.50 m arasında değişebilir.

c) Panel kazıları halatlı veya teleskopik çelik boru sistemi ile işletilen yassı kepçelerle yapılabildiği gibi hidrolik olarak çalıştırılan sert kesici uçları olan dönel disklerin takıldığı bir freze marifeti ile de yapılabilir.

d) Gerekli işaretlemeler ve aplikasyonlar yapıldıktan, bentonit çamuru kılavuz duvarların arasına doldurulduktan sonra diyafram duvar kazısına başlanır.

e) Bentonit, mikserlerde su ile homojen biçimde karıştırılır ve bulamaç tanklarına alınarak beklemeye terkedilir. Zaman zaman karıştırılarak hidratasyonun tamamlanması sağlanmalıdır.

f) Bentonitin kılavuz duvar hendeği içinde karıştırılmasına müsaade edilmez.

g) Bentonit çamuru hazırlanması ve sistem içinde sirkülasyonu için gerekli tüm ekipman, borular, vanalar, hortum ve tanklar ile sair aksesuarlar tam ve işler vaziyette tutulmalıdır. Bentonitin çukura dolum hızı ve miktarı, kazı hızı ile bire bir uyumlu olarak devam ettirilmelidir.

h) Bentonit seviyesi kılavuz duvar alt kotundan aşağıya düşürülmemelidir. Kazı esnasında ekipmanın düşeyliğini muhafaza edip etmediği kontrol edilmeli, sert zeminlere rastlandığında uygun ataşmanlar kullanılmalıdır.

i) Projesine göre kazısı yapılmış diyafram duvar çukuruna, daha önceden sahada hazırlanmış kafes sistemdeki demir donatı, servis vinci yardımıyla indirilmeli ve askılı kancalar vasıtasıyla askıya alınmalıdır.

j) Beton dökümü sırasında kullanılacak olan tremi borusunun serbest hareketine mani olmamak için kafesin üstünde yeterli büyüklükte çalışma boşlukları bırakılmalıdır.

k) Kepçe ile yapılan diyafram duvar imalatlarında, paneller arasındaki rijitliği sağlamak ve su sızdırmazlık boyunu arttırmak için boru veya muhtelif şekilllerdeki stop-end boruları tabana kadar eklenerek indirilmelidir. Betonlamadan sonra, stop-end boruları beton prizine göre uygun zamanda çıkartılarak geri alınmalıdır. Ayrıca; panellerin (anoların) birbiriyle bağlantısı geçirimsizlik ve süreklilik açısından kontrol edilmelidir.

l) Diyafram duvar beton döküm işlemi, hendek içinde kazı için kullanılan kirli bentonitin temiz bentonitle yer değiştirmesi sonrasında kuyu dibinden alınan bentonit numunesinin test sonuçlarının olumlu çıkmasından sonra tremi boruları kullanılarak yapılmalıdır. Bu boruların çapları şaftın genişliğine, uzunlukları ise şaft derinliğine göre ayarlanmalıdır. Tremi boruları aşağıya indirilip şaft dibi bulunduktan sonra 30-40 cm arasında bir mesafe yukarı çekilerek bu pozisyonda betonlama yapılmaya başlanmalıdır. Tremi borusu 2 m ila 3 m betonun içinde kalacak şeklide betonlama işlemine devam edilmelidir.

m) Panelin büyüklüğüne bağlı olarak 1 veya 2 adet tremi borusu yerleştirilerek, beton her tremi borusundan eşit olacak şekilde kesintisiz olarak dökülmelidir.

n) Bentonitin cinsi ve kimyasal özelliklerini gösteren sertifikası imalat öncesi kontrol edilmelidir. Bulamacın viskositesi ve yoğunluğu hendek içinde daima kontrol altında tutulmalı, marsh hunisi, çamur terazisi, pH çubukları, kum miktarı ölçme kiti ve filter press cihazları sahada hazır bulundurulmalıdır.

o) Bentonitten alınan numuler üzerinde yapılan testlerden elde edilen parametreler Tablo 4.1'de beliritlen değerler arasında olmalıdır.

Tablo 4.1. Bentonit Kontrol Parametreleri

Parametre	Taze Karıştırılmış Bentonit Bulamacı Sonuç Aralığı	Beton Yerleştirilmesinden Önce Hendekte Bulunan Bentonit Karışımı Sonuç Aralığı
Yoğunluk	<1.10 g/ml	<1.15 g/ml
Akışkanlık (Viskozite)	32-50 saniye	32-50 saniye
Kayma Mukavemeti (10 dak. jel dayanımı)	1.4 ila 10 N/m2	7.5 ila 20 N/m2
pH	7-11	-
Sıvı Kaybı (30 dakika)	<30	-
Kum Miktarı	-	%4

p) Diyafram duvar içerisine yerleştirilecek betondan TS 13515'e göre numune alınmalı ve sonuçları raporlanmalıdır.

r) Her diyafram duvar paneli için bir fiş tutulmalıdır. Bu fişte en az; kazı tarihi ve saatleri, betonlama tarihi, beton başlangıç ve bitiş saati, ne kadar beton döküldüğü, kazı derinliği, kazı sırasında ve betonlama öncesi test edilen bentonit değerleri, panel numarası, panel üst kotu, panel genişliği, panel alt kotu, demir donatı ağırlığı belirtilmelidir.

4.2.5. Püskürtme Beton Perde Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Kuru karışım uygulanan imalatlarda, çimentonun agrega ile bütünleşmesi için kuru karışımdaki agreganın ağırlığının % 3~8'i oranında nemli olması gerekir.

b) Püskürtme beton imalatlarında geri sıçramanın minimum olması sağlanmalı, yapışma ve sıkışmanın iyi olması için verilen karışım debisinin ve basınçlı havanın yeterli debi ve basınçta olması sağlanmalıdır.

c) Yaş karışım uygulanan imalatlarda Tablo 4.2'de önerilen değerler referans alınabilir.

d) Yaş karışım yönteminde, herhangi bir nedenle bekleme yapılması gerektiğinde, beton karıştılmaya devam edilmeli (pompa ve mikser içinde), bekleme sonrasında beton çökme miktarları kontrol edilmelidir. Bekleme süresini aşan yaş beton malzemenin kullanılmasına izin verilmez.

e) Kuru karışım yönteminde, harmanlanmış malzemenin hazırlanmasından sonra püskürtme işlemine kadar geçen süre 15 dk.'yı aşmamalıdır. Bu sürenin aşılması durumunda beton dayanımının teyidi gerekir.

f) Püskürtme işlemine başlanılmadan önce, püskürtme yapılacak yüzeyde herhangi bir deformasyon/olası deformasyon olup olmadığı kontrol edilmeli, varsa gerekli tedbirler alınmalıdır.

g) Püskürtme yapılacak yüzey kuru ise, uygulamaya geçilmeden önce yapışmanın sağlanması için yüzey nemlendirilmelidir.

Tablo 4.2. Yaş Karışım Uygulamalarında Önerilen Değerler

Parametre			Önerilen Değer
Pompa Tipi	Burgulu Pompa	Maksimum Basınç	16 bar
		Dönüş Hızı	0 – 170 dev/dk
		Debi	17 m^3/saat
		Maksimum Agrega Çapı	8 mm
	Pistonlu Pompa	Maksimum Debi	24 m^3/saat
		Maksimum Agrega Çapı	12 mm
Hava Miktarı			5 m3/dk

h) Püskürtme beton kalite kontrolünde, bir panel üzerine püskürtülen beton üzerinden numune alımı yapılır.

i) Püskürtme işlemi kazı alt kotundan başlanarak yukarıya doğru tamamlanır.

j) Projesinde farklı bir tasarım yok ise minimum koşullarda, duvar arkasındaki yüzey sularının tahliyesi için yatayda ve düşeyde en çok 3'er metre aralıkla 10^0 yukarıya doğru eğimli ve 100 mm çapında barbakan delikleri bırakılmalıdır.

k) Püskürtme beton perde arkasında drenaj şeridi kullanılarak barbakanların tıkanması önlenmelidir.

l) Projesinde farklı bir tasarım yok ise drenaj deliği boyu, perde kalınlığı hariç en az 100 cm olmalıdır.

4.2.6. Ankrajlı Betonarme Perde Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Projesinde farklı bir tasarım yok ise minimum koşullarda, perde arkasındaki yüzey sularının tahliyesi için yatayda ve düşeyde en çok 3'er metre aralıkla 10^0 yukarıya doğru eğimli ve 100 mm çapında barbakan delikleri bırakılmalıdır. Perde arkasında drenaj şeridi kullanılarak barbakanların tıkanması önlenmeli, drenaj deliği boyu, perde kalınlığı hariç en az 100 cm olmalıdır.

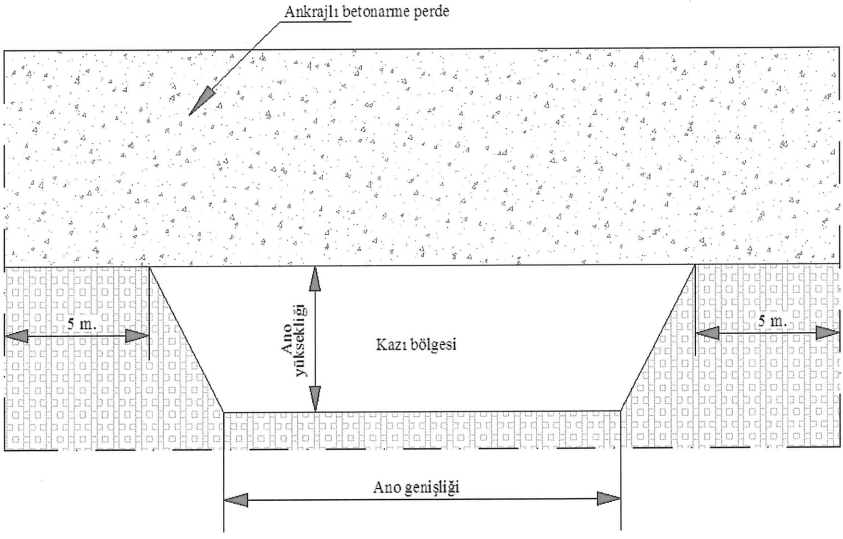
b) İmalat kademelerinde, her bir ankraj ayrı ayrı test edilip istenen yükü yeterli emniyetle taşıdığı ispat edilmeden bir alt kademe kazısına geçilmemelidir.

c) İki yıldan daha uzun süre açık kalacak kazı çukurlarında (geçici veya kalıcı) ankraj halatlarının korozyona karşı ek tedbirlerle korunması gereklidir.

d) Perde imalatı yukarıdan aşağıya doğru yapıldığı için perdenin altı kazıldığı sırada, perdenin kendi ağırlığı ve ankraj öngerme yükü düşey bileşeni altında aşağı doğru sehim yapmaması için özel tedbirler alınmalıdır. Düşey ve yatay deplasmanların, imalat kalitesi ve ano boylarına bağlı olarak öngörülenden fazla olmadığı teyit edilmelidir.

e) Ankrajlı perde uygulamalarında kademe kazısı sırasında perdenin altı açıldığında kendini tutabilmesi için perde arkasında belirli aralıklarla, sağlam zemine yeteri kadar soketlenen ve her surette en az kazı tabanına kadar inen mesnet kazıkları imal edilmeli ve perde yeterli çap ve sayıdaki askı filizleri ile bu kazıklara asılmalıdır.

f) Kademe kazıları mutlaka anolar halinde yapılmalı, perdenin tamamının altı tek seferde kazılmamalıdır. Altı açılan perdenin her iki ucunda an az 5'er metrelik bölümde perde altında kazı yapılmamalı ve bu bölgelerin birer mesnet bölgesi olarak çalışması sağlanmalıdır. Ano genişliğine ve yüksekliğine, Geoteknik Sorumlu tarafından yapılacak hesaplar doğrultusunda karar verilir. Örnek kazı anosu Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ankrajlı Betonarme Perde Uygulamasında Örnek Anolu Kazı

4.2.7. Kuyu Perde (Düşey Şaft Kazısı Tekniği) Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) İş öncesinde yöntem (imalat) raporu, test planı, risk analizi ve iş güvenliği dokümanları hazırlanmalı, gerekli onaylar alınmalıdır.

b) Kontrol Mühendisi (fenni mesul), şantiye şefi veya iş güvenliği mühendisinin kazı veya imalat sırasında herhangi bir tehlike görmesi halinde iş durdurulmalıdır. Alınacak önlemleri içeren yöntem raporu hazırlanıp, onaylanmasını müteakip işin devam etmesine izin verilir.

c) Kuyu çerçevesinin belli bir mesafeden yakınına ağır iş makinesi yanaşmaması için engel yada uyarıcı levha koyulmalıdır.

d) Kuvvetli yağış ihtimalinde kuyuyu su basmaması için önlem almalı, gerekirse kuyu kenarları su girişinin engellenmesi için yüksek tutulmalı, gerektiğinde su pompası ile müdahale edilmesi sağlanır.

4.2.8. Öngermeli Ankraj Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Ankraj delgileri yapılırken su kullanılmamalı, delgiyi kolaylaştırmak için herhangi bir delme sıvısı kullanılması gerektiği takdirde çimento enjeksiyonu şerbeti kullanılmalıdır.

b) Ankraj halatları kuru ve temiz bir alanda muhafaza edilmeli ve çamurlanması engellenmelidir. Çamurlu ve paslı ankraj halatlarının tamamen temizlenmeden kuyuya yerleştirilmesine izin verilmemelidir.

c) Ankraj halat demetleri hazırlanırken her 1.50 m'de an az 1 adet ayırıcı, ve her 3 m'de en az 1 adet merkezleyici kullanılarak halatların arasına yeteri kadar enjeksiyon şerbeti girmesi ve halat demetinin delgi kuyusunu ortalaması sağlanmalıdır.

d) Ankraj halatları, uygulama projelerinde belirtilen ankraj halatı tipine, adedine ve boyuna göre üretilir. Öncelikle eşit uzunlukta öngermeli çelik halatlar kesilir. Bu

halatlar kök kısmında eşit aralıklarla ayırıcı ve birleştiriciler ile sabitlenerek kök kısmı teşkil edilir.

e) Ankraj demetinin serbest boyu polietilen boru ile izole edilmelidir. Ayrıca; ankraj demetine enjeksiyon maksatlı 1 veya daha fazla (çalışılan bölgeye özel) polietilen boru takılır.

f) Ankraj delgisinin tamamlanmasını takiben kuyu içerisine sürülecek halat, kontrol mühendisi (fenni mesul) tarafından incelenerek pas durumu kontrol edilmelidir. Serbest bölgesi paslanmış halatlar, bakır tel fırça ile temizlendikten sonra kuyu içerisine yerleştirilmelidir.

g) Kalıcı ankrajlarda ve agresif ortamlardaki geçici ankrajlarda pasa karşı gerekli koruma önlemleri alınmalıdır.

h) Ankrajlar için delgi yöntemi zeminlerde ve kayalarda değişiklik gösterir. Killerde genellikle burgular kullanılmaktadır. Kum, silt ve killerin bulunduğu alüvyon zeminlerde muhafaza borusu gerekebilmektedir. Ankraj delgisinde darbeli, rotary ve her ikisinin de birlikte uygulandığı yöntemler kullanılır.

i) Su altındaki kohezyonsuz zeminlerde muhafaza borusu kullanılmalıdır. Kaya ortamlarında genellikle darbeli delgi yöntemi kullanılır.

j) Delik delme işlemi sırasında malzemenin dışarı atılmasında kullanılan yöntemler hem delgi hızını hem de deliğin kalitesini etkiler. Çünkü deliğin etkin bir şekilde ilerleyebilmesi için delik dibinde biriken kesilmiş malzemenin devamlı olarak dışarı atılarak deliğin temiz tutulması esastır. Bu işlem için hava, su veya köpük kullanılmalıdır. Delik delme sırasında yetersiz temizlik yapılması bit sıkışmasına, tijlerin ek yerinden koparak tüm takımın delik içinde kalmasına sebep olabilir. Ayrıca, delgi sırasında kullanılan havanın kuyu ağzından düzenli aralıklarla tahliye edilememesi durumunda kuyu içerisindeki sıkışmış hava zeminin hidrolik kırılmasına neden olarak yüzeye çıktığı bölgedeki çevre yapılara hasar verebilir.

k) Delgi tamamlandıktan sonra ankraj demeti deliğe indirilir. Daha sonra kılavuz hortum yardımıyla tabandan yukarıya doğru enjeksiyon malzemesi ile doldurulur. Projesine göre gerekmesi durumunda tekrarlı enjeksiyon da yapılabilir. Ancak; yeraltı su tablası altındaki killi zeminlerde teşkil edilen ankrajlarda, ankraj demeti kuyu içine yerleştirilmeden önce kuyunun enjeksiyon işlemlerinin tamamlanarak kuyu dibindeki çamurun temizlenmesi gerekir.

l) Enjeksiyon harcı ile halat arasındaki yapışma mukavemeti, enjeksiyon içindeki malzemelerin karışım oranına, hazırlanış şekline ve deliğe basma yöntemine bağlıdır. Enjeksiyon hazırlamada kullanılacak ekipmanlar, su ve çimentonun yeterli miktarda karışmasını sağlayacak ve topaklanmaya izin vermeyecek özellikte olmalıdır.

m) Ankraj başlıklarında açılı kafa kullanılmamalıdır. Açı verme işlemi kiriş veya plakada yapılmalıdır.

n) Ankraj plakalarının kuşak kirişi veya betonarme perde yüzeyine tam olarak oturması ve plaka ile beton yüzey arasında boşluk kalmaması sağlanmalıdır. Bunun için gerekli olduğu takdirde beton yüzeye yüksek dayanımlı yapısal tamir harcı ile ince bir sıva çekilebilir.

o) Priz hızlandırıcı katkı kullanılmaması durumunda, çimento enjeksiyonu işlemi üzerinden 7 (yedi) tam gün geçmeden germe işlemi yapılmamalıdır. Ancak; uygun

katkı kullanılması ve basınç dayanım deneyleri ile ispatlanması durumunda bu süre azaltılabilir.

p) Ankraj plakasının oturtulduğu betonarme elemanın betonlama tarihi üzerinden en az 7 (yedi) tam gün geçmeden germe işlemi yapılmamalıdır. Ancak; uygun katkı kullanılması ve basınç dayanım deneyleri ile ispatlanması durumunda bu süre azaltılabilir.

r) Ankraj halatlarında hiçbir şekilde ek yapılamaz.

s) Ankraj halatları germe krikosunun özelliklerine göre germe işlemine izin verecek şekilde yeterince uzun bırakılmalıdır. Kilitleme sonrasında kalan halat fazlalığı sonradan yeniden kriko takıp germe yapılabilecek kadar pay kalacak şekilde kesilmelidir.

t) Germe testi yapılmadan önce test yapılacak alanın çevresi enjeksiyon vb. malzemeden temizlenerek germe testi beton kafasının tam oturtulacağı bir yüzey üzerinden yapılmalıdır. Ankraj kafasının üstüne, iletilen yükü düzgün yayılı bir şekilde dağıtması için plaka yerleştirildikten sonra gerekli düzenek (krikolar, pompa, komparatör, ankraj kafa ve kamaları ve elektrik hattı) hazırlanmalıdır. Tüm hazırlıkların tamamlanmasının ardından önceden hazırlanmış germe test formunda belirtilen adımlar izlenerek ilgili basınç ve bekleme değerleri uygulanıp test tamamlanarak, ankraj proje kilit yüküne kilitlenir.

u) Her ankraj testi için ankraj sicil föyleri (Ankrajların tarih, numara, delgi, halat, enjeksiyon ve zemin bilgileri), ankraj germe föyü tutulmalı, ekipman kalibrasyon sertifikalarının güncel olduğu germe öncesinde teyit edilmelidir.

v) Proje şartnamesine göre belirlenen adetlerde kabul deneyi gerçekleştirilir. Bu deneylerde sünme ve uzama kriterleri değerlendirilir.

y) Germe ve kilitleme işlemi tamamlanmış ankraj halatlarının dışarıda kalan kısımları polietilen boru kılıf içine alınıp uç kısmı bantlanarak iş sonuna kadar zarar görmeden muhafaza edilmelidir.

z) Hafriyat sırasında kazı makinesinin halatlara veya ankraj başlığına çarparak zarar vermesi engellenmelidir. Bu şekilde zarar gören ankrajların hasar görmüş olan elemanları yenileriyle değiştirilir. Halatların zarar görmesi halinde ise zarar gören ve kullanılamayacak durumda olan ankrajların yerine ilave ankrajlar yapılır. İlave ankrajların köklerinin mevcut ankraj kökleriyle olan mesafesi bu Uygulama Esaslarında belirtilen alt sınırdan daha az olmamalıdır. Bu koşulu sağlamak için gerekirse hasar görmüş ankrajların yükleri boşaltılır.

4.2.9. Zemin Çivisi Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Zemin çivileri ankrajlara benzer olarak imal edilir. Ankrajlardan farklı olarak zemin çivilerine öngerme uygulanmaz. Öngermeli halatlar yerine tek bir inşaat demiri kullanılır. Eğer çiviler kalıcı olarak tasarlanmışsa, çivi tam boyda ve başlık da ankrajlara benzer şekilde korozyona karşı korunur.

b) Delgi sırasında su kullanılmaması, gerektiği taktirde muhafaza borusu kullanılması, delgiden hemen sonra vakit geçirmeden, önceden hazırlanmış zemin çivisininin delgi içine yerleştirilip enjeksiyon işleminin hemen yapılması gerekir.

c) Çivilerin her parti tesliminde, tasarım çizimlerinde belirlenen şartlara uygunluğu imalat föyleri üzerinden teyit edilmelidir.

d) Zemin çivisinin hazırlanması sırasında düzenli aralıklarla merkezleyici kullanılmalıdır.

e) Anolar halinde yapılan kaplama imalatları sırasında her bir ano donatısı diğer ano donatısı arasında; donatı çapının en az 50 katı ve en az iki göz (hangisi daha elverişsiz ise) kadar bindirme yapılmalıdır.

f) Ön kaplama püskürtme beton ile teşkil edilecek ise yapılacak bir deneme imalatından alınacak karot numuneleri ile beton karışımı ve uygulama tekniğinin sonucunda elde edilmiş olan beton mukavemetinin proje değerini sağladığı teyit edilmelidir.

g) Zemin çivisi plakasının kaplama betonu ile tam teması sağlanmalı, bu amaçla çivi elemanı ile çivi deliği arasında kalan boşluk plaka yerleştirilmeden sıvanmalıdır.

h) Zemin çivisi plakası yarleştirilmeden kaplama yüzeyi düzeltilmeli ve plakanın kaplama ile her noktasında teması sağlanmalıdır.

i) 12m'den uzun zemin çivileri birbirlerine manşon ile bağlanmalı, bağlantı için kesinlikle kaynak kullanılmamalıdır.

j) Zemin çivileri plakaya somun ve ayarlayıcı rondela ile bağlanmalı, çivi başı ile plaka birleşiminde kesinlikle kaynak kullanılmamalıdır.

k) Zemin çivisinin plakaya somun ile tespiti sonrasında tork anahtarı ile bütün çivi somunlarının boşluğu alınmalı ve somunlar sıkılaştırılmalıdır.

l) Uygulamanın kapsamlı bir deplasman ölçüm sistemi ile birlikte yapılması, inklinometre ile yatay deplasmanların takip edilmesi gereklidir.

m) Zemin ve kaya tabakaları içinden sızan suyun püskürtme beton elemanı arkasında birikmemesi için projesinde belirtildiği şekilde ya da bu Uygulama Esaslarında belirtilen minimum koşullarda, yeterli uzunluk ve ara mesafede dren delgileri yapılmalı, uygun özellikte dren boruları yerleştirilmelidir.

n) Kazı bir seferde ve yatayda en fazla 15 m açılabilir. Aynı cephede yapılacak bir diğer kazı eş zamanlı olarak aralarında 15 m'lik topuk zemini bırakılması şartı ile açılabilir.

o) Zemin çivisi enjeksiyonu yeterli mukavemete erişmeden bir sonraki kademe kazısına geçilmemelidir.

4.2.10. İçten Destek Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Çelik destek elemanlarının kaynak ve bağlantı işlemleri tercihen fabrika şartlarında sertifikalı kaynakçılar tarafından yapılarak inşaat sahasına montaja hazır halde getirilmeli, sahada yapılacak kaynak işlemleri minimumda tutulmalıdır.

b) Sahaya ulaşan destek elemanının kirişler üzerine yerleştirilmesi veya sonrasında sökülmesi aşamalarında tecrübeli ve nitelikli elemanların bulunması gerekir.

c) Destek elemanları üzerine yerleştirilecek gerinim-ölçerler yardımı ile desteklerin üzerindeki gerilmeler kontrol edilmeli ve proje değerlerinde olduğu tahkik edilmelidir. Destek elemanı üzerindeki momentler de göz önüne alınarak gerinim-ölçerler, elamanın en az bir üst bir de altına yerleştirilmelidir. Bir kesite dört adet yerleştirilmesi önerilir.

d) Destek için kullanılacak çelik elemanların malzeme kalitesi mutlaka sertifika ile belgelenmelidir.

e) Destek elemanı olarak eğilmiş, deforme olmuş, aşırı eklemeli ve paslanmış malzemelerin kullanılmasından kaçınılmalıdır.

4.2.11. Palplanş Uygulamalarında Dikkat Edilecek Hususlar

a) Palplanş çakma ve çekme işleri öncesinde, zemin koşulları da dikkate alınarak çakma analizleriyle kullanılacak vibrohammer (veya çekiç) kapasitesi belirlenmelidir. Kullanılacak çekiç tipi belirlendikten sonra projelendirilen palplanşın çakma sırasında eğilmemesi için yeterli rijitliğe sahip olduğu analizle gösterilmelidir. Kullanılacak vibrohammer ve palplanş ağırlığına bağlı olarak uygun kapasitede paletli vinçler kullanılmalıdır.

b) Palplanşlar demetler halinde depolanmalı ve sehim yapmalarını engellemek için, altlarına ahşap bloklar yerleştirilmelidir. Stok alanına kullanım sırasına göre kolayca kaldırılabilecek şekilde depolanmalı, şekillerinde ve ek yerlerinde hasar oluşmayacak şekilde yerleştirilmelidir.

c) Palplanş perdenin verilen istikamette düzgün olarak çakılmasını sağlamak amacıyla, çelik profil malzemeden oluşturulan gidaj kirişi imal edilmelidir.

d) Palplanş perde imalatı yapılacak saha projesinde gösterilen veya üzerinde çalışma yapılmasına karar verilen kotta tesviye edilerek, paletli vincin üzerinde düzgünce yürüyeceği sağlam bir çalışma düzlemi teşkil edilmelidir.

e) Çalışma platformunun üzerinde, palplanş perde imalat hattının aplikasyonu, hattın uzunluğuna göre gidaj kirişinin uzunluğunu geçmeyecek şekilde yapılmalıdır (işaretlenmelidir). Ayrıca bu hat üzerindeki noktalar arasında kalıp ipi çekilip üzerine kireç gezdirilerek güzergah tamamen belli edilmelidir. Gidaj kirişi kireçlenen güzergâha yerleştirildikten sonra çakma işlemine başlanmalıdır.

f) Palplanş çakma işlemi vibrohammer marifeti ile yapılır. Palplanş dik olarak gidaja dayanmış vaziyette iken üzerine vibrohammer indirilip, mastar ve su terazisi ile eğimi kontrol edilmelidir. Son düzeltmeler yapıldıktan sonra palplanşın zemine çakım işlemine başlanmalıdır. Sonraki palplanşlar, bir önce çakılan palplanşın üzerine getirilip kanallarından birbirine geçirildikten sonra çakma işlemine devam edilir.

g) Zemine ankastre palplanş perde imalatlarında, palplanşların projede belirtilen çakma derinliği kadar zemine girmesi sağlanmalıdır.

h) Palplanş perde imalatı ile ilgili günlük rapor düzenlenmeli, çakılan palplanş adedi, palplanş perde uzunluğu, çakılan palplanş perde alanı ve bu ölçümlerin kümülatif değerleri ile kayda değer gözlemler (palplanş perde imalatında karşılaşılan güçlükler vs.) kaydedilmelidir.

i) Çakım için kullanılacak makine ekipmanı palplanş elemanlarına zarar vermeyecek şekilde seçilmelidir.

4.3. MALZEME SEÇİMİ

a) Destek yapıları imalatlarında kullanılan malzemelerin ilgili standardına göre muayene ve testleri yapılarak sonuçların standardına, şartnamesine, proje ve hesap raporuna uygun olduğu kontrol edilmelidir.

b) Bu Uygulama Esasları kapsamında yapılacak betonarme kazı destek yapı ve yapı elemanlarında C25'ten daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz.

c) Bu Uygulma Esasları kapsamında yapılacak betonarme kazı destek yapısı ve yapı elemanlarında TS 708'de verilen B420C ve B500C nervürlü donatı çelikleri

kullanılacaktır. TS 708'de verilen koşullara ek olarak, "çekme dayanımı/akma dayanımı" oranının 1.35 değerinden küçük olması ($R_m / R_e < 1.35$) ve eşdeğer karbon oranının %0.55'i geçmemesi koşulu ile S420 beton çeliği de kullanılabilir.

d) Donatılarin uygunluk deneyleri TS 708'e göre yapılacaktır.

e) Fore kazık imalatında kullanılan metal elemanlar, özel önlemler alınmadıkça, örneğin test amaçlı erişim boruları, galvanizli çelikten veya elektrostatik etkiler üretebilecek diğer metallerden yapılmayacaktır.

f) Betonarme elemanlarda donatı kenetlenme boyu, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde belirtilen minimum koşulların altında olamaz.

g) Özel durumlarda beton basınç dayanımının 28 günden farklı yaşlarda tayin edilmesine ihtiyaç duyulması halinde TS EN 206+A2 esas alınacaktır.

h) Beton malzemesi için kullanılacak katkı malzemeleri TS EN 934-2 ve TS 13515'te beliritilen kriterlere uygun olmalıdır.

i) Sahaya getirilen hazır beton irsaliyelerinde beton sınıfı, katkı malzemesi varsa cinsi, dozajı, mikser plakası, santraldan çıkış saati ve sahaya giriş saati belirtilmelidir.

j) Beton dökülmeden önce uygunluk değerlendirmesi için alınacak minimum numune sayısı TS EN 206+A2 ve TS 13515 Çizelge 17'ye göre belirlenecektir

k) Slump deneyleri TS EN 12350-2'ye uygun olarak yapılmalıdır.

l) Sahaya gelen torba veya dökme çimentonun üretici sertifikası bulunmalıdır.

m) Ankraj enjeksiyonunda su çimento oranı, bleed test ve akışkanlık testleri rutin olarak ölçülüp kayıt altına alınmalı, ankraj enjeksiyonu hazırlamak için kullanılacak santralın otomatik olarak su ve çimentoyu alması sağlanmalıdır.

n) Sahaya gelen halatların üretici belgesi üzerinde halatın çapı, akma, kopma limitleri bulunmalıdır. Sahaya gelen her parti halattan alınacak numeler, resmi kurumlarca yetkilendirilmiş laboratuvarda teste tabi tutularak, kriterleri sağlayıp sağlamadığı teyit edilmelidir.

o) Ankrajlarda kullanılacak yük plakası, ankraj başlığı ve kamanın, malzeme cinsini belirten üretici belgeleri bulunmalı ve sahaya gelen plaka ve kafalarda soğuk damgalı olarak üretici adı bulunmalıdır.

4.4. ALETSEL ÖLÇÜM VE GÖZLEMLER

a) Yapılacak aletsel ölçümlerin yerleri, özellikleri ve ölçüm sıklığı Geoteknik Sorumlu tarafından belirlenmeli ve aletsel gözlem sistemi paftası ile işin teknik şartnamesinde belirtilmelidir. İmalat esnasında uygulamanın gereksinimlerine bağlı olarak ilave ölçüm sistemleri veya ölçüm sıklıkları Geoteknik Sorumlunun kontrolleri doğrultusunda revize edilmelidir.

b) Kazı destek yapısı performans ölçümleri yüklenici/altyüklenici kuruluş tarafından tarafından periyodik olarak yapılmalı, ölçüm sonuçları kaydedilerek, tasarım kriterleri ile karşılaştırılmak üzere düzenli olarak Geoteknik Sorumluya gönderilmelidir.

c) İnklinometre kuyu yerleri 60 m'den uzun kazı destek yapısı cephelerinde en az 3 adet olacak şekilde Geoteknik Sorumlu tarafından belirlenmeli, her kazı destek yapısı cephenin ortasında 1 adet inklinometre kuyusu teşkil edilmelidir.

d) İnklinometre ölçümleri cihaz tipine uygun şekilde düşeyde her 50 veya 100 cm'de bir yapılmalıdır.

e) İnklinometre kuyularının derinliği fore kazık uç kotundan en az 5.0 m daha derin olacak şekilde teşkil edilmelidir.

f) İnklinometre boruları en az 70 mm dış çapında, her biri 3.0 m boyunda, 4 kanallı ve ABS/PVC malzemeden imal edilmiş olmalıdır.

g) Zeminin gevşek/yumuşak olduğu ve yeraltı suyu bulunan bölgede inklinometre kuyusu delgisi muhafaza borusu sürülerek yapılmalı ve kuyuda yıkıntı olması engellenmelidir.

h) İnklinometre boruları kuyuya indirilirken kanalların karşılıklı iki tanesinin (eksenlerden birinin) kazı destek yapısı sistemine dik yönde tutulmasına dikkat edilmeli, bu şekilde teşkil edilmeyen kuyular kabul edilmemelidir. Üst kısmında dönme gözükmese bile zemin içindeki kısmında dönme (spirallenme) olma ihtimaline karşı sıfır okuması alınmadan önce bu iş için üretilmiş özel bir cihaz ile "spirallenme" kontrolü yapılmalıdır. Her iki yöndeki (A ve B yönleri) deplasmanların bileşkesi kazı destek yapısı sisteminin yatay deplasman değeri olarak alınmalıdır.

i) Eklenmiş ve enjeksiyon hortumu bağlanmış inklinometre borusu tabana oturtulmadan önce bir kaç dakika havada tutularak dip kısımdaki burulma hareketlerinin sönümlenmesi beklenmelidir.

j) İnklinometre borusu alt ucu kapalı şekilde kuyuya indirilmelidir. Yeraltı suyu etkisiyle borunun yukarı kalkmasını engellemek amacıyla borunun içi temiz şebeke suyuyla doldurulabilir.

k) Enjeksiyon sırasında borunun dönmemesi veya yukarıya kalkmaması için gerekli sabitleme tedbirleri alınmalıdır. İkinci enjeksiyondan sonra çökme olursa tüm boşluklar dolana kadar enjeksiyon işlemine aralıklarla devam edilmelidir.

l) İnklinometre ölçüm sonuç raporlarında her kuyu için sıfır okuması tarihi, sıfır okumasından itibaren her ölçüm tarihi için derinlik/deplasman grafikleri ve tablo değerleri, maksimum yanal deplasman görülen noktalarda zamana bağlı değişim (time-plot) grafikleri kayıt altına alınmalıdır. Her inklinometre kuyusu için ölçüm anındaki kazı destek yapısı önündeki kazı derinliği raporlarda belirtilmelidir.

m) Her inklinometre kuyusunun önündeki ankrajlara her kademede en az bir adet loadcell (yük hücresi) monte edilmelidir.

n) YASS'nin (yeraltı su seviyesi) yüksek olduğu sahalarda piyezometre yerleştirilerek, su basıncının değişimi ölçülmeli, ölçümler inklinometre okumaları ile eş zamanlı yapılmalıdır.

o) Kazı derinliği 20 m'den fazla olan kazılarda inklinometre yerleştirilen cephelerde kazının orta bölgesinde yer alan ankrajlara en az üç noktalı ekstansometre yerleştirilerek yatay hareketler takip edilmelidir.

p) İnklinometre ve loadcell okumaları en geç haftada bir veya her kademe kazısı sonrasında yapılmalı ve sonuçları ölçümden en geç bir gün sonra raporlanmalıdır.

r) Bütünlük testleri, bu amaç için imal edilmiş ve onaylanmış ekipman kullanılarak gerçekleştirilmeli, ölçümler kazık tekniklerinde-zemin koşullarında yeterli bilgi ve

tecrübeye sahip yetkin kişiler tarafından yapılmalı ve sonuçlar yorumlanarak raporlanmalıdır.

s) Toplam kazık adedinin en az % 10'unda kazık bütünlüğü (Integrity) testi yapılmalıdır.

t) Load cell'lerin kalibrasyon belgesi 6 aydan eski olmamalıdır.

4.5. PERFORMANS DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Kazı destek yapılarının uygulama performanslarının değerlendirilmesinde en önemli kriter yatay deplasman kriteridir. Bununla ilgili koşullar aşağıda belirtilmiştir.

a) Kazı destek yapısı sisteminde meydana gelecek yatay deplasmanların sınırlanmasında hem kazı destek yapısının kendi stabilitesinin, hem de etki alanı içindeki üstyapı, altyapı ve yolların stabilitesinin korunması esastır.

b) Kazı destek yapılarının kendi stabilitesi açısından yatay deplasman kriterleri madde 2.12'de belirtilen kriterleri sağlamalıdır. Bu kriterler ara kazı kademeleri için de geçerlidir. Uygulama sırasında, tasarım kriterlerine göre belirlenen deplasman değerleri aşılmamalıdır.

c) İnklinometre ile ölçülen yatay deplasmanların bu değerleri aşması halinde kazı çalışması durdurulmalı, acil tedbir alınarak deplasmanın sönümlenmesi sağlanmalıdır. Geoteknik Sorumlu, yüklenici/alt yüklenici tarafından durum değerlendirmesi yapılarak, Geoteknik Sorumlunun önerileri doğrultusunda sistemin stabilitesini arttırıcı yönde tedbirler alınmak suretiyle proje revizyonu yapılmalıdır. Kazı destek yapısının imalatı ve kazı çalışmalarına bu revize proje doğrultusunda devam edilmelidir.

d) Kazı destek yapısı sistemi etki alanı içindeki yapılarla ilgili yatay ve düşey deplasman kriterleri ise her yapı için yerinde ve projesi üzerinde yapılacak incelemeler neticesinde yapıya özel olarak belirlenmelidir.

e) Performans ölçüm kriterleri projenin ve çevre koşullarının özelliklerine göre Geoteknik Sorumlu ile kontrol teşkilatı (fenni mesul/ilgili kurum/yapı denetim kuruluşu) tarafından ortaklaşa alınacak kararlarla belirlenmelidir.

4.6. HAFRİYAT SIRASINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

a) Kazı destek yapısı düşey elemanlarının ve varsa başlık kirişinin imalatları tamamlanmadan ve inklinometre sıfır okuması alınmadan hafriyata başlanmamalıdır.

b) Hafriyat sırasında projede belirtilmiş olan ara kazı kademelerine uyulmalıdır.

c) Acil bir durumda, kazı destek yapısı sisteminde oluşabilecek aşırı bir yatay deplasmanın ilerlemesini durdurmak ve göçmeyi önlemek için kazı destek yapısı önüne topuk dolgusu yapmaya yetecek miktarda toprak/kaya her zaman sahada hazır bulundurulmalıdır.

d) Hafriyat sırasında kazı makinesinin öngermeli ankraj halatlarına, ankraj başlığına, zemin çivisi kafalarına, iç destek elemanlarına, yüzey kaplama elemanlarına, kazı destek ana taşıyıcı elemanlarına çarparak zarar vermesi engellenmelidir.

4.7. PROBLEM OLMASI DURUMUNDA İZLENECEK YOL

4.7.1. Kazı destek yapısının sahada uygulanması sırasında ve/veya sonrasında herhangi bir problemin meydana gelip gelmediği aşağıdaki kriterlere göre belirlenir:

a) Herhangi bir kazı kademesi için sahada inklinometre ve optik okulamalarla ölçülen yatay deplasmanların, aynı kazı kademesi için hesaplarda elde edilen yatay deplasman değerini aşması,

b) Herhangi bir kazı kademesi için sahada inklinometre ve optik okulamalarla ölçülen yatay deplasmanların madde 2.12'de verilen limitleri aşması,

c) Herhangi bir hafriyat yapılmaması, ilave sürşarj yükü koyulmaması, yağış olmaması veya kazı destek yapısı elemanlarında dış etkenlere bağlı bir hasar olmamasına rağmen yatay deplasmanların sönümlenmemesi ve artmaya devam etmesi,

d) Herhangi bir kazı kademesinde yatay deplasmanın zamana bağlı değişiminde hızlanma görülmesi,

e) Herhangi bir yatay destek elemanı (ankraj, boru destek, zemin çivisi vb) üzerindeki yükün belirgin şekilde arttığının veya azaldığının ölçümlerle görülmesi,

f) Kazı destek yapısının (örneğin kazıklı bir destek yapısı için başlık kirişinin) arkasındaki toprak kütlesinden gözle görülür şekilde ayrılması,

g) Kazı destek yapısı arkasındaki toprak kütlesi veya kaplama yüzeyinde gözle görülür şekilde çatlaklar oluşması,

h) Kazı destek yapısı arkasındaki toprak kütlesi veya kaplama yüzeyinde gözle görülür şekilde çökmeler ve/veya oturmalar oluşması,

i) Kazı destek yapısı arkasındaki yapılarda ve/veya altyapılarda herhangi bir yatay veya düşey hareket gözlenmesi veya ölçülmesi,

j) Kazı destek yapısı arkasındaki yapılarda kılcal dahi olsa çatlaklar oluşması (EK-2A Uygulama Eki raporda tespit edilmiş hasarlara ek olarak),

k) Kazı çukuru içerisinde kazı tabanının herhangi bir noktasından yukarıya doğru su kaynaması veya kabarma meydana gelmesi,

l) Kazı destek yapısında kazı çukuruna doğru değil geriye doğru bir yatay hareket meydana gelmesi,

m) Kazı destek yapısı elemanlarından bir veya birkaçının herhangi bir dış müdahele olsun olmasın işlevini kısmen ya da tamamen kaybetmesi ve/veya hasar görmesi (örneğin kilitlenmiş ankraj halatlarının sonradan kamalardan sıyrılması, hafriyat çalışmaları sırasında ankraj halatlarının veya ankraj kafasının darbeye bağlı olarak eğilmesi, yerinden kayması veya kopması, ankraj germe işlemi sırasında ankraj plakasının betona gömülmesi vb.),

n) Performans değerlendirme ölçümleri tesislerinin (inklinometre kuyusu, yük hücresi vb.) işlevini kısmen ya da tamamen kaybetmesi ve/veya hasar görmesi,

o) Herhangi bir doğal afet yaşanması.

4.7.2. Madde 4.7.1'de beliritilen kriterlerden birinin veya birkaçının meydana gelmiş olması kazı destek yapısıyla ilgili bir problem olduğu anlamına gelir. Bu durumda izlenecek yol madde 4.7.3'de belirtilmiştir. Ancak; alınacak önlemler veya yapılması gerekenler madde 4.7.3'de belirtilenler ile sınırlı olmayıp; Geoteknik Sorumlu, kontrol teşkilatı (fenni mesul/ilgili kurum/yapı denetim kuruluşu) ve yüklenici/alt yüklenici yetkilileri tarafından alınacak ortak kararlarla belirlenmeli ve ilgili idarenin onayı alınmak suretiyle ivedi şekilde uygulamaya geçilecektir.

4.7.3. Madde 4.7.1'de beliritilen kriterlerden birinin veya birkaçının meydana gelmesi durumunda ivedi olarak aşağıdaki çalışmalar yapılacaktır.

a) Derhal Geoteknik Sorumluın, varsa Geoteknik Danışman ve yüklenici/alt yüklenicinin içinde bulunduğu bir teknik heyet oluşturularak saha incelemesi yapılacak ve problemin tespit edilerek tutanak altına alınması sağlanacaktır.

b) Varsa projeye aykırı olan veya olmayan, kazı destek yapısına yatay itki verebilecek tüm hareketli sürşarj yüklerinin/etkilerinin derhal kaldırılması sağlanacaktır.

c) Varsa hasar görmüş veya işlevini kaybetmiş kazı destek yapısı elemanlarının gerekli tüm tedbirler alınarak onarılması sağlanacak, onarılamayacak düzeyde hasar almış olanların yerlerine de yine gerekli tüm tedbirler alınmak suretiyle yenileri yapılacaktır.

d) Yıkılma riski veya çevre yapılar ve/veya altyapılarda hasara neden olma riski var ise acil olarak topuk dolgusu yapılması ve gerekli olduğu takdirde çevre yapılardan insanların uzaklaştırılması sağlanarak, ilgili idarelere ivedi bilgi verilecektir.

e) Proje hesapları ve çizim paftaları ile kazı destek yapısı elemanlarına ait imalat föylerinin incelemesi yapılacaktır. Bununla birlikte günlük yapılan imalatların ve yaşanan önemli olayların kayıtlarının tutulduğu şantiye defterinin de incelemesi yapılacaktır.

f) Geoteknik ölçüm (yatay deplasman, ankraj yükleri, ankraj uzamaları vb.) sonuçları incelenecektir.

g) Yaşanan problemin sebebi araştırılarak belirlenecek ve çözüm alternatifleri geliştirilerek, alternatiflerden birine karar verilmesi suretiyle vakit kaybetmeden uygulamaya geçilmesi sağlanacaktır.

h) Gerekli olduğu takdirde kazı destek yapısının stabilitesini yeterli emniyetle sağlayacak kısa ve uzun vadeli takviye sistemlerinin projelendirilmesi ve uygulamasının en kısa sürede yapılması sağlanacaktır.

i) Hareketin durduğunun, problemin giderildiğinin teyidi için geoteknik ölçümlerin, performans değerlendirme ölçümlerinin sıklaştırılması ve gerekirse ilave ölçümler yapılacaktır.

j) Problemin tekrar yaşanmaması ve önceden tespit edilebilmesi için gerekli tedbirlerin alınması sağlanacaktır.

k) Meydana gelen problemden hareketle kazı destek yapısının tümü yeniden gözden geçirilerek başka problemler yaşanıp yaşanmayacağına ilişkin gerekli kontroller yapılmalıdır.

l) Yapılan tüm çalışmaların kayıt altına alınarak bir rapor halinde düzenlenmesi sağlanacaktır.

4.7.4. Kazı destek yapılarında meydana gelebilecek yatay deplasmanlar açısından farklı alarm seviyeleri tanımlanmıştır. Verilen deplasman miktarları hem nihai kazı kademesi hem de ara kazı kademeleri için geçerlidir. Kritik deplasman miktarları ve yapılması gereken işlemler Tablo 4.3'de beliritilmiştir.

Tablo 4.3. Alarm Seviyeleri ve Alınacak Önlemler

Yatay Deplasman Miktarı	Alarm Seviyesi	Alınacak Aksiyon
$d = 0.002\ H_i$ veya projede öngörülen maksimum deplasman (hangisi küçükse)	3. Derece (Sarı Alarm)	Deplasman ölçümleri sıklaştırılır (en geç 3 günde bir)
$0.002\ H_i < d \leq 0.005\ H_i$ veya projede öngörülen maksimum deplasmanın % 25 fazlası (hangisi küçükse)	2. Derece (Turuncu Alarm)	Çevre yapılardaki hareketler ölçülmeye başlanır, varsa çatlakların genişliği günlük olarak ölçülmeye başlanır, deplasman ölçümleri günlük olarak yapılır. Deplasmanların daha da artması halinde alınacak tedbirler planlanmaya ve hazırlık yapmaya başlanır.
$d > 0.005\ H_i$ veya projede öngörülen maksimum deplasmanın % 50 fazlası (hangisi küçükse)	1. Derece (Kırmızı Alarm)	Kazı destek yapısının önüne hareketi tamamen durduracak seviyeye kadar topuk dolgusu yapılır ve çözümle ilgili araştırmalara başlanır. Topuk dolgusu tamamlanana kadar sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez deplasman ölçümü yapılır.
H_i : Deplasmanın ölçüldüğü esnadaki kazı derinliği		

4.8. KAZININ DESTEK YAPISI ÖMRÜNDEN DAHA UZUN SÜRE AÇIK KALMASI DURUMUNDA ALINACAK İDARİ TEDBİRLER

4.8.1. Kazı destek yapılarının proje ömrü, hesap raporunda ve çizim paftaları üzerinde yer alan proje notlarında belirtilmelidir. Eğer belirtilmemişse ve/veya geçici ankrajlar kullanılmışsa proje ömrü en çok 2 (iki) yıl olarak kabul edilir.

4.8.2. Tüm kazı destek yapılarındaki imalat başlama tarihi yüklenici/alt yüklenici tarafından kontrol teşkilatına (fenni mesul/ilgili kurum/yapı denetim kuruluşu) bildirilecektir.

4.8.3. Kazı çukurunun açık kaldığı süre kazı destek yapısının proje ömrünü geçtiği takdirde:

a) Kontrol teşkilatınca (fenni mesul/ilgili kurum/yapı denetim kuruluşu), kazı çukurunun tamamında ve kazı destek yapısı arkasında bulunan tüm yapılarda görsel incelemeler yapılmalı ve varsa hasarların fotoğraflı bir tutanakla kayıt altına alınması sağlanmalıdır. Yüklenici/alt yükleniciye yazılı ihtarda bulunarak, gerekli geoteknik proje revizyonlarının yapılması sağlanmalıdır.

b) Kontrol teşkilatı (fenni mesul/ilgili kurum/yapı denetim kuruluşu), eğer kazı destek yapısı imalat çalışmaları devam ediyorsa, proje ömrünü tamamlayan imalatlar ile ilgili olarak gerekli önlemlerin alınması hususunda yüklenici/alt yükleniciye yazılı ihtarda bulunmalıdır.

c) Yapı denetim kuruluşunun herhangi bir sebeple yapı ile ilişiğinin kesilmesi halinde ilgili idaresine durum bildirilerek yüklenici tarafından çukurun stabilite emniyetinin sağlaması amacıyla gereken tedbirler alınır.

d) Uzun vadeli stabilite emniyeti alındıktan sonra da 2 (iki) yıl içinde (kazı başlangıcından itibaren 4 yıl içinde) tekrar kazı destek yapısı imalatının başlamaması halinde tüm çevresel riskleri ortadan kaldıracak şekilde çukurun tamamen doldurulmasına yönelik ilgili mevzuatına göre gerekli iş ve işlemler gerçekleştirilir.

BÖLÜM 5: İŞ GÜVENLİĞİ VE ÇEVRE SAĞLIĞI TEDBİRLERİ

5.1. GENEL YAKLAŞIM

a) Kazı destek yapılarının imalatı aşamasında yapılan kazı, yarma, doldurma, kuyu, montaj işleri, drenaj, sabit ve hareketli makina ile tesislerin kullanımı, her türlü temel inşaatı işleri (ankrajlı istinat duvarı, fore kazık yapımı, palplanşlı çalışmalar vb.) ile arazi ölçüm, etüt-araştırma çalışmalarında çalışacak personelin ilgili mevzuatı doğrultusunda varsa resmî kurumlar tarafından konusunda yeterliliği onaylanmış veya akredite edilmiş ya da belgelendirilmiş kişi ya da kurumlardan yoksa konusunda uzmanlığını belgeleyebilen kişi veya kurumlardan eğitim almaları, eğitimleri sonucunda teorik ve/veya uygulamalı olarak yeterliliklerinin belgelendirilmesi gerekmektedir.

b) Yüklenici/alt yüklenici (geotektik uygulayıcı) yapmayı taahhüt ettiği işler için çalışanlara karşı doğrudan doğruya işveren durumundadır. İşveren, işyerinde kendine ayrılan yerde ve işlerde, iş kazası ve meslek hastalığı olmaması için 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve yönetmeliklerine ve bu mevzuatta yer almayabilecek konularda da konusuna uygun olabilecek diğer sağlık ve güvenlik mevzuatına uygun olarak çalışacak, anılan mevzuattaki hükümler ile ek olarak konusuna göre istenebilecek tüm önlemleri alacak ve işyerinde uygulanmakta olan kurallara uyacak, her türlü malzeme, araç ve gereçleri sağlayacak, işyerinde bulunduracak, çalışanlarına kullandıracak ve alınan önlemlere uyulup uyulmadığını denetleyecek ve kazı faaliyetlerinde Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine uygun olarak çalışacaktır.

5.2. RİSK DEĞERLENDİRMESİ

a) Risk değerlendirmesi İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği ile Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğindeki sağlık ve güvenlik koordinatörleri, sağlık ve güvenlik planı ile sağlık ve güvenlik dosyası dahil ilgili olan hükümlerdeki tüm hususlara uygun olarak yapılır. İş ekipmanları, kimyasal maddeler gibi hususlar bakımından 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmeliklerinde geçen hususlar risklerin değerlendirilmesinde tasarımdan itibaren dikkate alınır. Sağlık ve güvenlik planı ile sağlık ve güvenlik dosyasının ilgili kısımlarına uygun olarak iş program ve planlarının hazırlık aşamasından uygulama aşamasının bitimine uzanan şekilde ve gerektiğinde ayrıca çalışmalar sırasında olabilecek muhtemel tehlike ve riskler ana faaliyet ve yardımcı faaliyetler kapsamında, her bir aktivite için detaylı şekilde tehlike ve risklerden doğrudan etkilenebilecek çalışanların dışında diğer yükleniciler/alt yükleniciler, ziyaretçi, stajyer gibi çalışma alanında bulunabilecek kişiler ve faaliyet alanına yakın çevre de dikkate alınarak konusuna göre ilgili ulusal, uluslararası ya da konusuna göre dünyada uygulaması kabul görmüş standartlara uygun olarak tanımlanır ve belirlenir.

b) Riskler, konusuna göre ilgili ulusal, uluslararası ya da konusuna göre dünyada uygulaması kabul görmüş standartlar ışığında ihtimal ve şiddeleri veya standartlarda var olması halinde diğer parametrelerle ifade ediliyorsa tüm parametreler değerleme

yapmak üzere sayısallaştırılır. Tüm riskler sayısallaştırıldıktan sonra en yüksek sayısal değere sahip riskten başlanarak derecelendirilir.

c) En yüksek derece riskten başlanarak 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunun 5 inci maddesindeki "risklerden korunma ilkelerine" ve İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinin 10 uncu maddesindeki "risk kontrol adımlarına" uygun olarak her bir kontrol tedbiri hiyerarşik bakımından takip edilerek konusuna göre ilgili ulusal, uluslararası ya da konusuna göre dünyada uygulaması kabul görmüş standartlara uygun olarak risk kontrol tedbirleri uygulanır. Kontrol tedbirlerinin yeni risklere neden olması durumunda da ortaya çıkan yeni riskler ve o risklere ilişkin kontrol tedbirleri de değerlendirilir. Kontrol tedbirlerinin uygulanmasında görevlendirilen sorumlu kişi ya da kurumlar yetki ve yeterlilikleri de risk değerlendirmesinde belirtilir.

d) Risk kontrol tedbirleriyle her bir risk İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde tanımlanan kabul edilebilir risk seviyesine indirilir.

e) Risk değerlendirmesine ilişkin, değerlendirmeyi yapan kişiler, atıf yapılan mevzuat, ve standartlar, belirlenen tehlike, risk, kontrol tedbiri ve ilgili olabilecek tüm hususlar İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğindeki hükümler doğrultusunda dokümante edilir, imzalanır ve saklanır.

5.3. İŞ MAKİNESİ VE EKİPMAN KULLANIMI

a) Yüklenici/alt yüklenici, madde 5.1/a'da beliritilen şekilde ilgili mevzuatı doğrultusunda belgeli personel çalıştırmak zorundadır.

b) Kamyonlarda ağır vasıtalı ehliyetli şoförler, lastik tekerlekli iş makinelerinde ise Karayolları Trafik Yönetmeliği gereğince İş Makineleri Kullanma Yetki Belgesi (operatörlük belgesi) ve G sınıfı sürücü belgesi bulunan personel çalıştırılmalıdır.

c) İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği kapsamındaki iş ekipmanlarının periyodik kontrolleri, anılan Yönetmelikte belirtilen şartlara göre yapılmalı, periyodik kontrol yapacak kişilerin yetkilendirme ve eğitim süreçleri İş Ekipmanlarının Periyodik Kontrollerini Yapmaya Yetkili Kişilerin Kayıt ve Eğitimlerine İlişkin Tebliğ kapsamında değerlendirilmelidir.

d) Delgi ve kaldırma faaliyetlerinde kullanılan halatlar ve sapanların CE sertifikası ile birlikte teknik özellikleri, ilgili kuruluşun AT Uygunluk Beyanında belirtilmelidir.

e) İş makinelerinin periyodik kontrollerinin yanında günlük ve periyodik bakımları da yapılmalı, her vardiya öncesi kullanılan iş makinesi için hazırlanmış kontrol formları doldurulmalıdır.

f) İş makineleri ve ekipmanlarının kullanımında İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde belirtilen asgari şartlar sağlanmalıdır.

5.4. ÇEVRENİN KORUNMASI VE ATIKLARIN BERTARAFI

a) Yüklenici/alt yüklenici, yapmayı taahhüt ettiği işler için Çevre Kanunu ile yönetmeliklerine ve atık yönetim prensiplerine uygun olarak çalışmalıdır. Derin kazı faaliyetleri sonrasında oluşan atıkları mevzuata uygun şekilde depolayıp, açığa çıkan tehlikeli atıkları Bakanlıkça belirlenen sisteme uygun şekilde yetkili bertaraf kuruluşuna teslim etmelidir.

b) Yüklenici/alt yüklenici, yapacağı faaliyetler süresince Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik hükümlerine uygun olarak kullanacağı kimyasal maddelerin güvenlik bilgi formlarını temin etmeli, bilgi formunda belirtilen tehlikeleri ve alınacak önlemleri çalışanlara bildirmelidir. Kullanılan kimyasal maddeler ve oluşacak tehlikeli atıklar için güvenli ve çevre mevzuatına uygun depolama alanı hazırlanmalıdır.

c) Yüklenici/alt yüklenici, kullandığı kimyasalların çevre ile temasını önleyecek şekilde önlemler almak zorundadır. Ayrıca kullanılan iş makinelerinden yağın ve yakıtın çevreye sızmasına karşı önlemler alınmasını sağlamalı ve sızması ihtimaline karşı sızdırmaz tava, yağ emici kit ve yağ emici sosis vb. malzemeleri hazır bulundurmalıdır. Çevre kirliliği halinde tüm düzeltme/temizleme/eski haline getirme işlemleri yüklenici/alt yüklenici sorumluluğundadır.

d) Yüklenici/alt yüklenici, bentonit kullanıyorsa bentonit atıklarını ve diğer hafriyat atıklarını, atık taşıma izni olan araçlarla sadece ruhsatlı döküm alanlarına dökülmesini sağlayacaktır.

e) Yüklenici/alt yüklenici, kendi çalışma kapsamında, yasal gerekliliklere uygun olarak gerekli izleme ve ölçümleri (toz, gaz, aydınlatma, kimyasal madde, gürültü, titreşim, radyasyon vb.) yapacaktır. Bu ölçümler neticesinde gerekli iyileştirmeleri yasal mevzuata uygun şekilde gerçekleştirecektir.

5.5. EĞİTİM VE İŞBAŞI KONUŞMALARI

a) Yüklenici/alt yüklenici, çalışanlarını karşı karşıya bulundukları mesleki riskler, alınması gerekli tedbirler, yasal hak ve sorumlulukları konusunda bilgilendirme yapmalı, gerekli iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini, Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkındaki Yönetmelik hükümlerine uygun bir şekilde vermelidir.

b) Yüklenici/alt yüklenici, yapmayı taahhüt ettiği derin kazıları kapsayan faaliyetlerin (kazı kademeleri, hafriyatın uzaklaştılması, yapılan günlük ölçümler) vb. her biri için ayrı ayrı talimatlar (fore kazık, diyafram duvar, hafriyat vb.) için çevre sağlık güvenlik talimatı oluşturarak çalışanlarına tebliğ etmeli, bu faaliyetler ve çevrenin korunması konularında da çalışanlarına eğitim vererek kayıt altına almalıdır.

5.6. KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM (KKD)

a) Yüklenici/alt yüklenici, işyerinde kullanılmak üzere, yürütülen risk değerlendirmesi sonuçları da dikkate alınarak belirlenen kişisel koruyucuları, Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik kapsamında ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak çalışanlarına temin etmeli, çalışanlarına kişisel koruyucuların kullanımı konusunda eğitim vererek, KKD kullanımını denetlemelidir.

b) İşin yürütüldüğü yere göre kullanılması zorunlu olan baret, emniyet ayakkabısı, reflektifli yelek, koruyucu gözlük, v.b. gibi kişisel koruyucu donanımlar temin edilecek ve çalışanlar tarafından kullanılması sağlanacaktır. Örneğin, yüksekte çalışmalarda şok emicili çift kollu bağlantı halatı ile tam vücut emniyet kemeri, gürültülü ortamlarda kulak tıkacı/kulaklık, zararlı gazların açığa çıkma ihtimali olan yerlerde filtreli yarım/tam yüz gaz maskeleri kullanılacaktır.

5.7. ALTYAPI VE ÜSTYAPI TESİSLERİ

a) Yüklenici/alt yüklenici, yapacağı kazı çalışmaları sırasında planlanmış imalat alanının altyapı/üstyapı tesisleri (içme suyu, yağmur suyu, atık su, elektrik, doğalgaz ve telekomünikasyon hattı vb.) hakkında bilgi sahibi olmalı, imalatlara başlanılmadan önce EK-2A (Uygulama Eki)'da verilen *Yapı Durum Tespiti Teknik Raporu* Geoteknik Sorumludan temin edilmelidir. Yapılacak imalatların projesinde öngörülen şekilde mevcut tesislere/yapılara zarar vermeyecek şekilde yapılması sağlanmalıdır.

b) Planlanan kazı alanında, yapılacak imalatlar ile mevcut tesis/altyapı ile kesişen ve yapılması zorunlu olan işler, ilgili tesis/altyapı hizmet sunucusunun/kuruluşun/mal sahibinin bilgisi ve izni dahilinde gerçekleştirilmelidir.

c) Yüklenici/alt yüklenici, ağır iş makinelerinin güvenli çalışabilmesini için uygun çalışma platformu sağlamalı, zeminin taşıma kapasitesi, şeve yakınlık vb. kriterler göz önüde bulundurlarak gerekli önlemleri almalıdır.

d) Şiddetli yağmur suyunu ve/veya kazı sonrası birikecek yer altı suyunu tahliye etmek için gerekli önlemler alınmalıdır.

5.8. KAZI VE İMALATLAR ESNASINDA DİKKAT EDİLECEK DİĞER HUSUSLAR

Bu Uygulama Esasları kapsamında yer alan kazılara başlamadan önce muhtemel kazı çukuru çevresinde, Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde belirtilen hususlara ek olarak, aşağıda belirtilenlerle sınırlı olmamak üzere, gerek kazı çukuru içinde çalışan ekipler, gerekse çevre yapılarda bulunan şahıslar açısından gerekli iş güvenliği tedbirlerinin alınması zorunludur. Bu kapsamda:

a) Kazı çukurunun çevresi üçüncü şahısların girmesini engellemek amacıyla en az 2.0 m yüksekliğinde uygun malzeme ile çevrilmeli ve gerekli iş güvenliği uyarı yazıları bu panolara asılmalıdır. Panolar, kazı aynasının başladığı noktadan sonra en az 2.0 m. güvenlik mesafesi bırakıldıktan sonra yerleştirilmeli, gerekli durumlarda ilgili kurum ya da ilgili idareden izin alınmalıdır.

b) Çevre panolarına gece de yeteri kadar uzaktan görülebilmeleri amacıyla ışıklı uyarı tabelaları asılmalıdır.

c) Kazı ve imalat alanı ile kazı yan yüzlerinin her vardiyadan önce, çalışma koşullarının uygunluğu (şiddetli yağış, don ve kar gibi hava koşulları, yüzeyel akışlar, drenaj durum, kabarma, çökme, oturma, varsa günlük ölçümler vb.) açısından, patlatma yapılıyorsa her patlatmadan sonra, beklenmedik parça düşmelerinden sonra, desteklerdeki önemli bir zarardan sonra, kontrol edilmelidir.

d) Kazı destek yapısının başlık kirişi üzerinde ilgili iş güvenliği ve çevre sağlığı mevzuatına uygun şekilde TS EN 13374 standardına uygunluk belgesi olan geçici kenar koruma sistemi kullanılması sağlanır.

e) Destek yapısı ile ilgili aletsel ölçümler sırasında okumalar düzenli olarak yapılmalı, kayıtları alınmalı ve raporlanmalıdır.

f) Kazı çalışmaları ve destek yapısı imalatlarının gündüz yapılması esastır. Gece çalışılmasının gerekli veya zorunlu olduğu durumlarda veya gün ışığının yetersiz olduğu durumlarda uygun ve yeterli suni aydınlatma sağlanmalı, gerekli hallerde darbeye karşı korumalı taşınabilir aydınlatma araçları tercih edilmelidir.

g) Yağış sonrasında; yağış nedeni ile kazı yüzeyleri ve çevresinde çalışmaya engel bir durum olmadığı (Zemin koşulları, drenaj durumu, şev akmaları, tansiyon çatlakları vb.) tespit edildikten sonra çalışmalara devam edilmelidir.

h) Kazı destek yapısına ait drenaj sisteminin çalışması, kazı aynalarından ve destek yapısı içinden drene olan yeraltı veya yüzeyel suların seyiri, mevcut yeraltı suyu seviyesindeki değişmeler, varsa susuzlaştırma ve uzaklaştırma nedeni ile çevre yapılar ile inşaat bölgesindeki deformasyonlar her gün takip edilmeli, gerekli kayıtlar alınmalı ve önlem alınması gereken durumlar tespit edilmelidir.

i) Anormal deplasmanların gözlenmesi durumunda hemen Geoteknik Sorumlu ile yüklenici/altyükleniciye haber verilerek gerekli önlemlerin ivedi alınması sağlanmalıdır.

j) Kazıdan çıkan malzemenin depolandığı bölgelerde, gerek kazı alanı içerisinde, gerekse de kazı üst kotunda gerekli önlemler alınmalı (dolgu malzemesinin yağışla birlikte kazı alanı/yaya yolu içerisine akması, insan yada malzeme düşmesine karşı vb. alınacak önlemler gibi), mevcut kazı stabilitesinin tehlikeye atacak şekilde depolama yapılmamalıdır.

k) Kazı alanı içerisinde ayrı ayrı belirlenen ulaşım güzegahlarının (merdiven, rampa, asansör vb. gibi) ilgili ekip/ekipman dışında kullanılması engellenmeli, ulaşım için başka güzergah kullanılmamalıdır.

l) Araç yolları açıkça belirlenmeli, rampalarda zemin koşulları başka bir eğim faktörüne izin vermiyorsa, rampa eğimi 30°'den fazla olmamalıdır.

m) Kazı içerisine dolgu malzemesi boşaltılan durumlarda, araç tekerlerinin arkasına uygun yükseklikte set oluşturulmalıdır.

n) Kazı işlerinde ortaya çıkan tozların çalışanların sağlığına zarar vermemesi için gerekli tedbirler alınır.

EKLER: EK 1A, EK 2A, EK 2B, EK 4A, EK4B

EK 1A (BİLGİLENDİRME EKİ): KAZI DESTEK YAPISI SİSTEMİ TİPLERİ

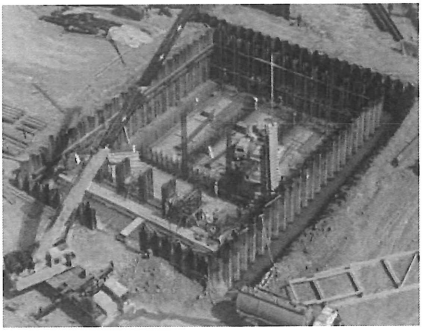
Kazı destek yapıları taşıyıcı olarak düşey ve yatay elemanlar ile bunların birbirleriyle yük aktarımını sağlayan birleştirme elemanlarından oluşur. Bu elemanların tümü bir arada "Kazı Destek Yapısı Sistemi" olarak da adlandırılır. Ülkemizde ve dünyada en yaygın olarak kullanılan kazı destek sistemi tipleri aşağıda tanımlanmıştır.

1A.1. Palplanşlı Duvar

Palplanş duvar, çakarak, titreşim veya statik baskı ile sürülerek tatbik edilen, birbirine geçen çelik veya beton palplanş elemanlarından oluşur. Zemin içindeki ankastrelik boyu, zeminin pasif direnci ve palplanş kesitinin eğilme mukavemeti ile palplanş arkasındaki zemin ve su etkisini karşılayacak şekilde belirlenir. Palplanş duvarlar, ankrajlı, çelik boru destekli olarak da yapılabilir. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.1 ve Resim 1A.2'de verilmiştir.



Resim 1A.1. Palplanş çakımı



Resim 1A.2. Palplanş Uygulaması

1A.1.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

Palplanşlı duvarlar konsol durumda 5.0 m, yatay destek kullanılırsa 12.0 m kazı derinliğine kadar kullanılabilir ve 10.0 m ye kadar su etkisi palplanşlı destek yapıları ile karşılanabilmektedir.

1A.1.2. İmalat Metodolojisi:

Projesine göre seçilmiş çelik (üretici kataloglarında tipleri belirtilen) veya prekast betonarme elemanlar çakılır, titreşimle veya statik baskı ile proje boyuna kadar sürülür. Bu işlem esnasında düşeylik (düşeyle yaptığı açı) kontrolü çok önemlidir. Zira bir sonraki palplanş elemanı ilk sürülen palplanş elemanı ile kilitlenerek bir hat üzerinde sürülecektir. Köşe veya açılı palplanş elemanları ile planda istenen şekil verilerek ilerlenebilir. Palplanşlar ile belirli boyda bir kanal veya tamamen çevrili alan oluşturulduktan sonra kazı yapılabilir. Kazı çukuru içindeki yapı, altyapı vs. yerleştirildikten ve geri dolgu yapıldıktan sonra genelde palplanş elemanları yine çakımda kullanılan yöntem ile geri çekilir. Kalıcı palplanş uygulamaları da vardır (örneğin

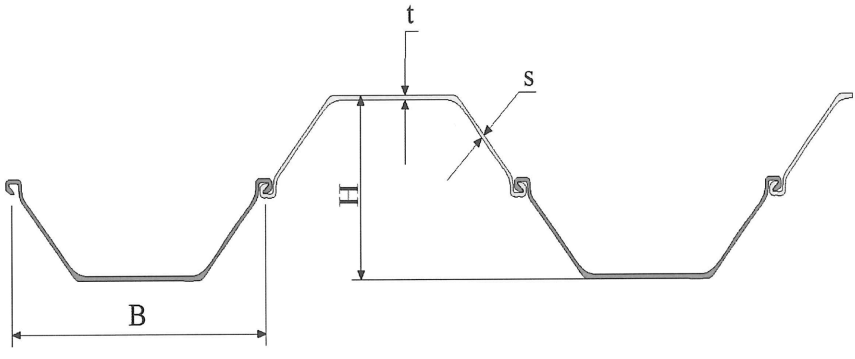
liman yapılarında) bu durumda uygulama toleranslarına özen gösterilmelidir, korozyona karşı önlemler alınmalıdır. Şekil 1A.1'de tipik uygulama şekli verilmiştir.

1A.1.3. Avantajları:

a) Proje ve uygulaması bilinen klasik ve denenmiş bir destek yapısıdır.
b) Yeraltı suyu olan bölgelerde kullanılabilir.
c) Geçici destek yapılarında, tekrarlı kullanıma uygun olduğundan ekonomik ve hızlı bir yöntemdir.
d) Uygulama ve kullanılan palplanşların kilit kalitesine bağlı olmak şartıyla yeraltı suyu altında yapılan kazılarda kuruya yakın çalışma ortamı temin edilebilmektedir.
e) Kanal şeklindeki uzun ve dar kazılarda çok etkili bir destek yapısı yöntemidir.

1A.1.4. Dezavantajları:

a) Uygulaması özel ekipman gerektirir.
b) Palplanşların çakım ve çekimi gürültülüdür ve yakın yapılarda titreşime (ve dolayısıyla deformasyonlara) yol açabilir.
c) Palplanş elemanları tekrarlı kullanımlarda zaman içerisinde deforme olabilir, özellikle kilitleri, kilit contaları hasar görebilir.
d) Sert ve çok sıkı zeminlerde sürülmesi zordur.
e) Destek yapısı ile desteklenebilecek kazı derinliği sınırlıdır. Palplanş elemanları eklenerek kazı taban kotu altında (kazı çukuru içine su gelişini azaltmak amacıyla) boyu uzatmak uygun zemin koşullarında mümkün olabilmektedir.



Şekil 1A.1. Palplanşlı duvar tipik sistem kesiti

1A.2. Berlin Duvarı (Soldier Pile Wall)

Berlin Duvarı olarak bilinen kazı destek yapısı, kapasitesini düşey aralıklı tekil elemanların (genelde çelik putrel) kazı taban kotu altındaki soket boyu ile temin eder. Bu düşey elemanların arasındaki zemin, düşey elemanlara mesnetlenen kazıya paralel aşağı kaydırılarak yerleştirilen ahşap veya betonarme plakalar ile tutulur. Düşey elemanlar çakma veya delme yöntemi ile yerleştirilebilir. Düşey elemanlar arasındaki mesafe 1.5 – 3.0 m aralığında değişebilir. Bu tür destek sistemleri yeraltı suyu olmayan veya su seviyesi düşürülmüş kuru ortamda (Tablo 3.24) kullanılır. Kazı yüksekliği fazla ise ankraj destekli olarak da yapılabilir.

1A.2.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

Konsol olarak 4.0 m, ankrajlı olarak 15.0 m kazı derinliğine kadar uygulanabilir.

1A.2.2. İmalat Metodolojisi:

Projesine göre seçilmiş çelik putrel (H, I veya 2U, vb.) elemanlar çakılarak veya bir delgi içerisine yerleştirilerek (delgi durumunda kazı taban kotu altındaki kısımda çimento enjeksiyonu veya betonlama yapılır) kazı öncesinde oluşturulur. Çelik elemanların düşeylikleri korunarak ve tam projesindeki ara mesafeye uyularak yerleştirilmesi ileriki kazı aşamasında plakaların yerleştirilmesi ve iş kalitesi ve sıhhati bakımından önemlidir. Daha sonra kademeli kazı aşamasına geçilir. Kullanılan betonarme veya ahşap plakaların düşey yöndeki boyutu kadar kademeler ile kazı yapılır ve ilk sıra plakalar yerleştirilir. Daha sonra ikinci kademe kazıya geçilir, bu kazı kademesinde ilk sıradaki plakalar aşağı doğru kaydırılır ve yukarıdan bir sıra daha plaka yerleştirilir. Bu sıralama takip edilerek kademeli kazılar ile kazı taban kotuna ulaşılır. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.3 ve Resim 1A.4'de verilmiştir. Şekil 1A.2'de tipik uygulama şekli verilmiştir.



Resim 1A.3. Berlin Duvarı İmalatı



Resim 1A.4. Berlin Duvarı

1A.2.3. Avantajları:

a) Aralıklı düşey elemanlar ve ince betonarme veya ahşap plakalar kullanıldığı için ekonomiktir.

b) Destek yapısı içindeki bodrum duvarı tamamlandıktan ve bina ile destek yapısı arasındaki boşluk doldurulduktan sonra çelik düşey elemanlar geri çekilerek tekrarlı olarak kullanılabilir.

c) Bu destek yapısının kalınlığı 30-45 cm aralığında olduğundan yer kaybı azdır.

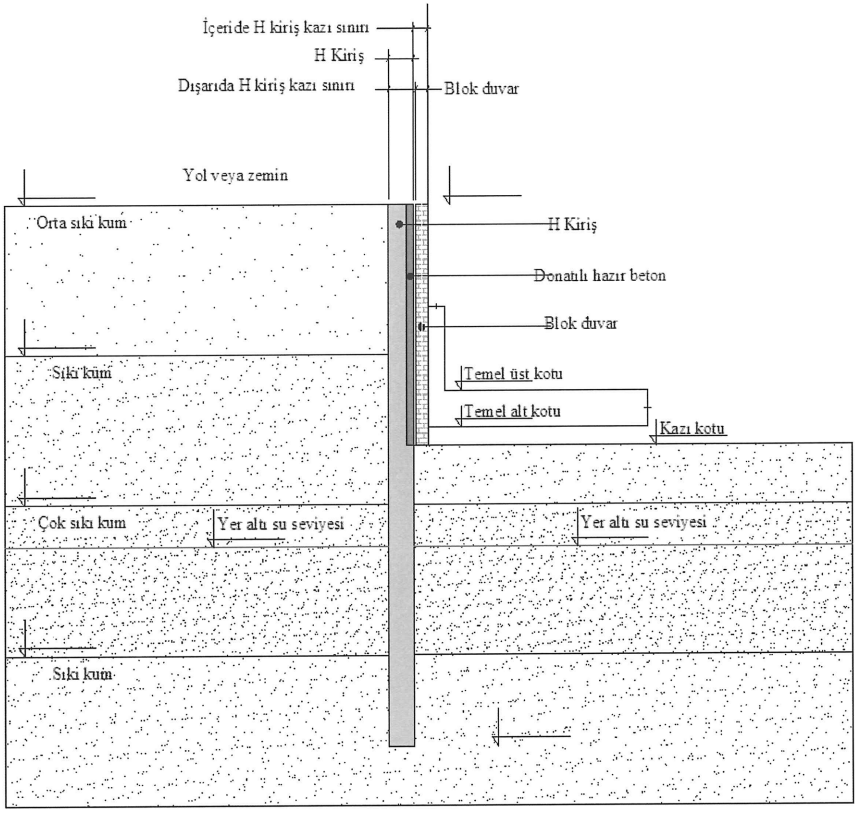
d) Büyük makine, ekipman gerektirmez.

1A.2.4. Dezavantajları:

a) Bu uygulama çok iyi işçilik ve özen gerektirir.

b) Çakım yöntemi kullanılıyorsa ses ve titreşim oluşur. Sert veya sıkı zemin tabakalarında çakım mümkün olmayabilir ve ön delgi gerekebilir.

c) Kademe kazıları esnasında arkadaki zeminde hareketlere / boşalmalara neden olunacağı için oturma ve deplasmanlar oluşur. Bu nedenle etki mesafesi içinde yapı/altyapı olması durumda uygulanmamalıdır.



Şekil 1A.2. Berlin Duvarı tipik sistem kesiti

1A.3. Zemin Karıştırma Duvarı (Soil Mixed Wall)

Jetgrout yöntemi veya tek/çok eksenli bıçaklar ile dairesel kolonlar veya yatay eksende dönen kesici tamburlar/paneller ile zeminin kesilmesi ve eş zamanlı olarak çimento ile karıştırılması ile elde edilir. Jetgrout - mekanik karıştırma, derin zemin karıştırması olarak bilinen bu yöntemler ile elde edilen zemin-çimento elemanlarının planda bir hat üzerinde kesiştirilerek yapılması ile zemin karıştırma duvarı elde edilir. Yatay yük ve eğilmeye karşı çalışacağı destek yapısı olarak kullanım durumunda düşey muhtelif (inşaat demiri, boru, putrel) çelik elemanlar ile donatılandırılır. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.5 ve Resim 1A.6'de verilmiştir. Şekil 1A.3'de tipik uygulama şekli verilmiştir.

1A.3.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

Zemin karıştırma duvarlar donatılı olarak inşa edildiğinde konsol durumda 4.0 m, yatay destek kullanılırsa 10.0 m kazı derinliğine kadar kullanılabilir. 5.0 m ye kadar su yükü karşılanabilmektedir.

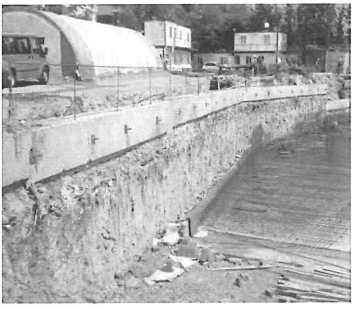
1A.3.2. İmalat Metodolojisi:

Kolon elemanlar, jetgrout veya derin zemin karıştırma (DSM) yöntemi kullanılarak oluşturulur. Jetgrout uygulamasında çap kontrolü daha zor olduğundan daha çok DSM yöntemi tercih edilmektedir. Bu uygulamada tek eksenli veya çoklu (2-3) eksenli senkronize çalışan bıçak

setleri kullanılmaktadır. Zemin ile çimentonun tam karışımını sağlamak için belirli bir karıştırma oranının sağlanması önem taşımaktadır. Panel elemanlar ise Freze (Hyromill/cutter) uygulamasına benzer makinalar ve kesici / karıştırıcı yatay eksende dönen tamburlar ile zeminin yerinde çimento ile karıştırılması ile elde edilir.



Resim. 1A.5. DSM Elemanları ile Duvar



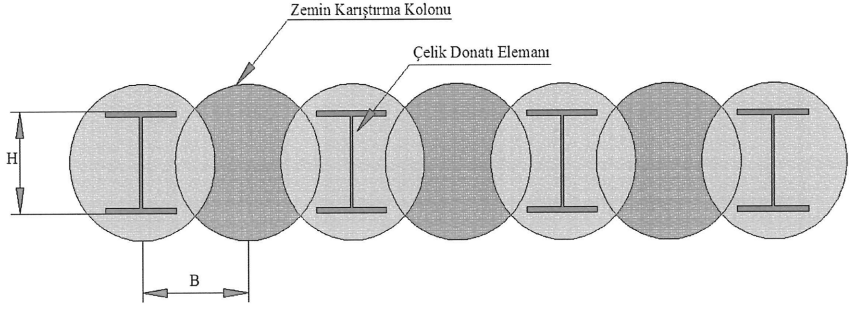
Resim. 1A.6. Jetgrout Elemanları ile Duvar

1A.3.3. Avantajları:

a) Diyafram ve kesişen kazık yöntemine göre daha az kazılan ve uzaklaştırılması gereken zemin bulamacı oluşur.
b) Zemin agrega olarak kullanıldığından beton gerektiren destek yapılarına göre daha ekonomiktir.
c) Planda küçük, kısa mesafelerde girintili çıkıntılı destek yapıları teşkil edilebilir.

1A.3.4. Dezavantajları:

a) Projelendirme ve kalite kontrol esasları tam olarak oluşturulmamıştır.
b) Özel ekipman ve tecrübeli / bilgili personel/yüklenici gerektirir.
c) Tekrarlı donma / çözülme olan bölgelerde yüzey malzemesi dökülecği için kullanılmamalıdır.
d) Ankrajlar ile beraber uygulanması özel detaylar gerektirir.
e) Yüzey kalitesi (özellikle jetgrout uygulamasında) ve düzgünlüğü düşüktür.
f) Su geçirimsizliği amaçlandığı için hedef çap/boyutların ve tam zemin-çimento karıştırmasının elde edilmesi çok önemlidir. Temel amaçlı jetgrout uygulamalarında yaygın parametreler ile çalışılması mümkün değildir.
g) İmalat başlamadan önce seçilen Jetgrout/DSM/CSM uygulama parametrelerinin uygun olduğunun denemeler/testler ile kesinleştirilmesi şarttır.



Şekil 1A.3. Zemin karıştırma duvarı tipik sistem kesiti

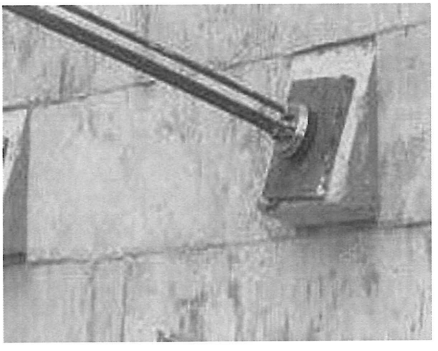
1A.4. Ankrajlı Betonarme Perde

Ankrajlı Betonarme Perde sistemi, düşey olarak imal edilen bir betonarme perde ile perde yüzeyinden arkaya zeminin içine doğru yataya yakın eğimde imal edilen öngermeli geçici ve/veya kalıcı ankrajlardan oluşan bir kazı destek yapısıdır (Resim 1A.7). Betonarme perde arka yüzeyine etkiyen yatay toprak itkileri perde ve ankrajlar tarafından birlikte karşılanır. Perdenin ön yüzüne kilitlenmiş olan ankrajlar kendi üzerlerine gelen toprak yükünü aktif kayma kamasının gerisindeki pasif bölgeye aktararak sistemin kendi içinde dengelenmesini sağlar. Ankrajlar betonarme perde yüzeyine çelik plaka ve kafalar vasıtasıyla bağlanır (Resim 1A.8).

Ankraj yatay ve düşey aralıkları karşılanması gereken toprak yükü mertebesine bağlı olarak genellikle 4 – 9 m^2 perde cephe alanına bir adet ankraj gelecek şekilde uygulanır. Betonarme perde kalınlığı ise genellikle 25 – 40 cm arasında uygulanmaktadır. Ancak bu değerler yapılan tasarıma göre bu aralıkların dışına da çıkabilir. Sistemin tipik çizimi aşağıda Şekil 1A.4'de verilmiştir.



Resim 1A.7. Ankrajlı betonarme perde



Resim 1A.8. Ankraj kafa ve plakası

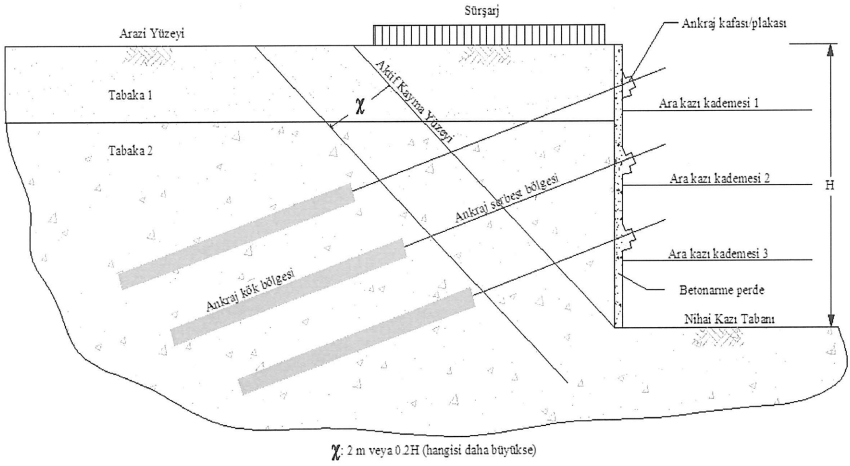
1A.4.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

5 - 20 m arası yükseklikler için uygulanabilir.

1A.4.2. İmalat Metodolojisi:

Öncelikle ilk sıra ankraj kotunun 50 – 100 cm altına kadar kazı yapılır. Daha sonra projesinde gösterilen eğimde ankraj delgileri yapılarak önceden hazırlanmış çelik halat demetleri ve enjeksiyon hortumu delgi kuyusuna yerleştirilir. Delgi sırasında zeminin kendini tutma durumuna göre kılıf borusu kullanılması gerekebilir. Halatlar yerleştirildikten hemen sonra kuyu dipten yukarıya doğru su-çimento karışımından oluşan "enjeksiyon şerbeti" ile doldurulur. Enjeksiyon şerbetinin içine ankraj kök kapasitesini arttırmak veya priz süresini kısaltmak gibi amaçlarla çeşitli katkı maddeleri de katılabilmektedir. Enjeksiyon şerbetinin kuyu ağzından aktığı (Resim 1A.9) görüldükten 1 ila 4 saat sonra ikinci bir hortumdan ikincil enjeksiyon (patlatma enjeksiyonu) yapılır ve ankraj imalatı tamamlanmış olur. Zemin koşulları, yeraltı suyu durumu ve delgi makinesinin özelliklerine göre delgi ve enjeksiyon teknikleri değişkenlik gösterebilmekte olup bu konuda yüklenicinin deneyimleri büyük önem taşımaktadır. Ankraj imalatları tamamlandıktan sonra perde donatıları bağlanır ve tek yüz kalıp kurularak perde betonu dökülür. Genellikle perde betonu 4 (dört) günlük, enjeksiyon şerbeti ise 7 (yedi) günlük olduktan sonra ankraj germe testleri yapılır (Resim 1A.10). Ancak bu süreler mukavemet şartlarının sağlanmasına göre belirlenir. Ankraj uygulamaları ve germe testleri ile

ilgili esaslar madde 4.2.4'de verilmiştir. Ankraj germe testleri başarıyla tamamlandıktan sonra bir alt kademenin kazısına geçilir ve aynı işlemler kazı tabanına ulaşılana dek tekrarlanır.



Şekil 1A.4. Ankrajlı betonarme perde tipik sistem kesiti



Resim 1A.9. Kuyu ağzından şerbet akışı



Resim 1A.10. Ankraj germe testi

1A.4.3. Avantajları:

a) Tasarım yöntemleri yeterince gelişmiş ve standartları mevcuttur.
b) Ankrajlar sayesinde duvar kalınlığı az tutulabilir ve az yer kaplar.
c) Her ankraj ayrı ayrı test edilip yetersiz kalanların yerine yenisi yapılabildiğinden kalite/kontrol şartları yüksek verimlilikte sağlanabilir.
d) Farklı teknikler uygulayarak kötü zeminlerde dahi yüksek ankraj kök kapasitesi sağlanabilir.
e) Geçici uygulamalar için pratiktir.

1A.4.4. Dezavantajları:

a) Ankraj uygulaması için eğitimli ve deneyimli personel gerektirir.
b) Duvar arkasında altyapı hatları veya diğer yapıların temelleri ve/veya bodrum katları bulunduğu durumlarda ankrajlar yeterli sayı veya boyda yapılamayabilir.
c) Yeraltı su seviyesi altında uygulanmaz.

d) Killi zeminlerdeki yüksek ankraj öngerme yükleri zaman içinde sünmeye neden olabilmektedir. Bunu takip etmek için yük hücreleri ile enstrümantasyon yapılmalıdır.

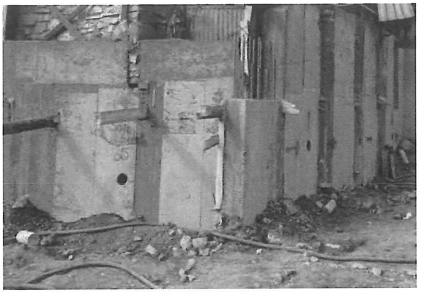
1A.5. Kuyu Perde (Düşey Şaft Kazısı Tekniği)

Kuyu Perde sistemi, düşey şaft kazısı tekniğine göre ahşap destekli olarak elle kazılan bir kuyunun içinde tek yüz kalıpla aşağıdan yukarıya doğru imal edilen bir betonarme perdeden oluşan kazı destek yapısıdır (Resim 1A.11 - Resim 1A.12). Kuyunun plan boyutları genellikle 1.50 m x 3.0 m olarak uygulanmaktadır, ancak proje ihtiyaçlarına göre daha farklı boyutlar da uygulanabilir. Perde kalınlığı, yatay toprak itkisi değişimine uygun olarak yukarıdan aşağıya doğru kademeli olarak arttırılabilmektedir. Gerekli olan durumlarda ankraj, çivi veya boru gibi yatay elemanlarla ilave destek de sağlanabilmektedir.

Perde kalınlığı genellikle 30 – 80 cm arasında seçilmektedir. Kalıp kurma işlemi kuyu içinde çalışılarak yapıldığından daha kalın perde yapılması için kuyu genişliğinin arttırılması gerekir. Kuyu perdeler kazı tabanı altına soket yapılabilecek şekilde derinleştirilebilir. Sistemin tipik çizimi aşağıda Şekil 1A.5'de verilmiştir.



Resim 1A.11. Kuyu Geçici Ahşap Destek



Resim 1A.12. Kuyu Perde Duvar

1A.5.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

20 m' ye kadar uygulanabilir.

1A.5.2. İmalat Metodolojisi:

Kuyu perde imalatından önce projeye uygun şekilde sahaya aplikasyonu yapılır. Kazı atlamalı yapılacağı için uygulama öncesinde imalat sıralaması planlanmalı projesi buna göre hazırlanmalıdır. Ağız yapısı iyi teşkil edilmeli, vinç konumu, pasa döküm planlaması ve malzeme stok alanı planlanmalıdır.

Yumuşak toprak kazısı kazma ve küskülerle yapılır. Sert kaya kazısı ise havalı kırıcılar ile yapılabilir. Kazı – destekleme adımları, zemin koşullarına göre yerinde tespit edilir. Sağlam zeminde boyuna destek aralıkları 120 cm ye kadar ulaşabilirse de zayıf zeminlerde 50 cm ye kadar düşebilir. Kazı profili düzgün yapılmalıdır. Böylece destekleme elemanları görevini daha doğru bir şekilde yerine getirir.

Su gelişi olan durumlarda, çalışma alanı içinde bir su çukuru bulundurulmalı ve çukur sürekli derin tutulmalıdır. Böylece suyun yayılması engellenerek zemini zayıflatıcı etkileri en aza

indirilecek ve kuru ortamda çalışma daha verimli olacaktır. Tehlikeli zayıf zeminler içinde sert kaya yumrusu ile karşılaşılması halinde, zayıf zemin kısmının desteksiz bırakılmaması için sert kaya önce kazılır. Çıkan malzeme pasa gırgır tabir edilen ankastre vinçler ile yukarı alınır. Pasa kovası düşme tehlikesi yaratmayacak kadar doldurulur, altına taş yapışıp yapışmadığı kontrol edilir. Vinç pasa alırken, kuyudaki işçiler koruyucu sundurma altında bekler. Vinç halatının kontrolü çok önemlidir, arızalı halatla çalışılmamalıdır. Derin kuyularda, halat dönmesini engellemek için kova kayıt sistemi kullanılabilir.

Kazı – destekleme adımlarına dikkat edilmelidir. Desteksiz derin kazı güvenlik zaafı, fazla kısa adımlar ise verimsiz çalışmaya sebep olur. Destekleme için kullanılan ahşap malzeme doğru seçilmelidir. Destekleme elemanı ile zemin arasında boşluk bırakılmamalıdır. Boşluk olması akmalara, desteğin boşa çıkmasına ve yıkıma sebep olabilir. Burada düzgün kazı ve destekleme ustalığı önemlidir. Beton arkasında kalacak ahşap destekleme elemanları özellikle temiz ve düzgün olmalıdır. Destekleme elemanları birbirine sıkı bir şekilde geçmelidir. Destekleme mimarisi verimli çalışmaya engel olmamalıdır.

Projedeki derinliğe ulaşılınca kuyunun dip kotu ölçülerek teslimi yapılır. Donatı; projesine uygun ve beton dökümü sırasında düzgün kalacak sağlamlıkta bağlanır. Arka kısımdaki donatı, ahşap destek önüne yerleştirilir. Bu kısım pas payı olarak kullanılır.

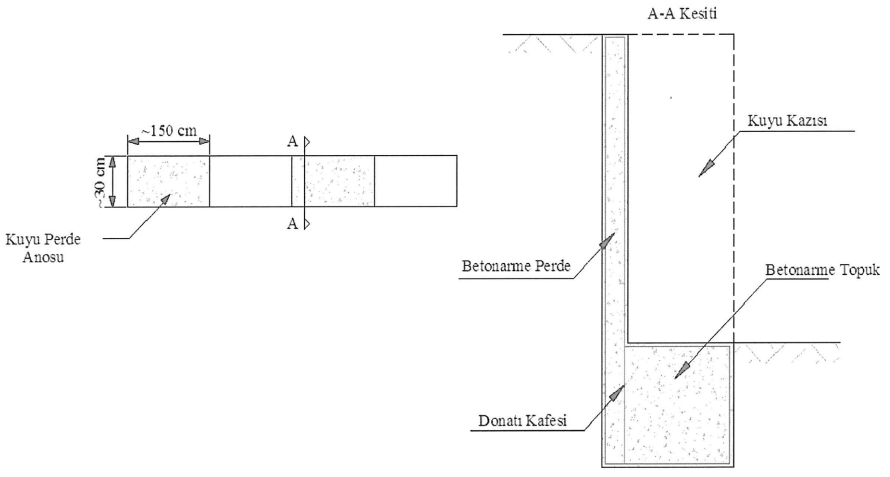
Birincil kuyulardaki etriye aralıklarına uygun olacak şekilde, ikincil kuyulardaki donatılarla ankrajın sağlanabilmesi için filiz donatısı katlanarak bağlanır. İkincil kuyu kazılarında bu filizler temizlenir ve açılarak, ikincil kuyuların etriye demirleri ile birleştirilir. Donatı her tür yağ, pas, çamur gibi kirlerden temizlenmelidir. Donatı ile kalıp arasında uygun pas payı bırakılır. Kalıp bağlanır ve yaş betonu taşıyacak sağlamlıkta desteklenir. Kalıp yüzeyleri kaliteli bir beton yüzeyi verecek şekilde düzeltilir. Kalıp içinde yabancı madde bırakılmamalıdır. Beton, herhangi bir segregasyona sebep olmayacak yükseklikten dökülür, gerekirse beton pompası hortumu ya da boru kullanılır. Öncelikle kuyunun pabuç kısmının betonu dökülür. Ertesi gün perde betonu, düzgün hatlar halinde dökülür ve iyi bir yerleştirme için vibratör kullanılır. Döküm sonrası beton koruma için sulama yapılır.

1A.5.3. Avantajları:

Makine girmesi mümkün olmayan dar alanlarda uygulanabilmektedir.

1A.5.4. Dezavantajları:

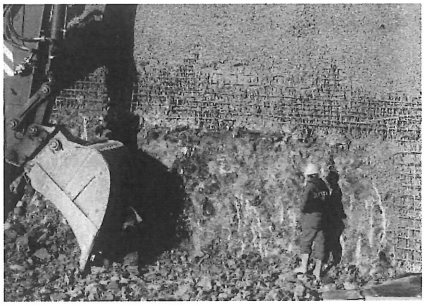
a) Makine ile yapılan imalatlara göre daha yavaş bir uygulamadır.
b) Geçici destek elemanları (genellikle ahşap) betonarme yapı içinde kalmaktadır.
c) Kazı çalışması kuyu içinde yapılmaktadır, iş güvenliği açısından makineli kazı imalatlarına göre daha yüksek risk içermektedir.
d) Su seviyesi altında ve geçirgen zemin koşullarında kuyu perde imalatı yapılamamaktadır.



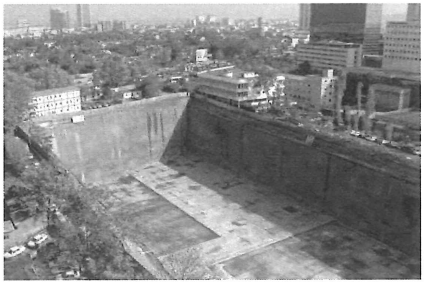
Şekil 1A.5. Kuyu perde tipik sistem kesiti

1A.6. Zemin Çivili Duvar

Zemin çivisi toprak veya kaya zeminde kazı nedeniyle zeminde oluşan yatay yükleri olası kayma şevine göre daha arkadaki hareketsiz sağlam zemine aktaran bir ankrajlı destek yapısı tipidir. Zemin çivisi, ön germeye tabi tutulmayarak yatay itki oluştukça bunu transfer eden, kendiliğinden (pasif olarak) gerilen bir malzemedir. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.13 ve Resim 1A.14'de verilmiştir. Şekil 1A.6'de tipik uygulama şekli verilmiştir.



Resim 1A.13. Açılan Kazı Aynası



Resim 1A.14. Zemin Çivili Duvar

1A.6.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

5-30 m arası yükseklikte uygulanabilir.

1A.6.2. İmalat Metodolojisi:

Projesine uygun olacak şekilde sahada aplikasyon yapılır. Zeminde büyük miktarda dökülme beklenmesi halinde kılavuz delgileri yapılarak düşey kılavuz donatıları yerleştirilir. Kazılar, zeminin geçici olarak kendini tutma kabiliyetine göre 1.20-1.80 m'lik kademeler halinde yapılır. Açılan yüzeyin döküntü yapmayacak şekilde sağlam olduğuna kanaat getirilirse delgiye başlanır.

Yüzeysel döküntü tespit edilirse, bir sıra hasır çelikle 5-10cm kalınlıkta püskürtme beton tatbik edildikten sonra delgi bu tabaka üzerinden yapılır. Yüzeyde döküntü olmaması halinde kazı iki sıra ankraj delgisi yapılacak şekilde bir seferde 2.5 m'yi aşmayacak şekilde yapılabilir. Delgi zemin cinsine göre kanatlı kesici (auger) takımı ya da havalı tabanca kullanılarak yapılabilir. Delgi en az 100 mm çapta ve projede belirtilen boy, ara mesafe ve açıda yapılır. Açılan deliğin içi malzeme/döküntü kalmayacak şekilde zeminin cinsine uygun olarak basınçlı hava ya da sirkülasyon suyu ile temizlenir. Temizlenen kuyu/delik içerisine daha önceden hazırlanan kalıcı ya da geçici tipte zemin çivisi yerleştirilir. Kuyu dipten yukarıya doğru su-çimento karışımından oluşan "enjeksiyon şerbeti" ile doldurulur. Çimentonun prizini alması için somun sıkılmadan en az 24 saat beklenir.

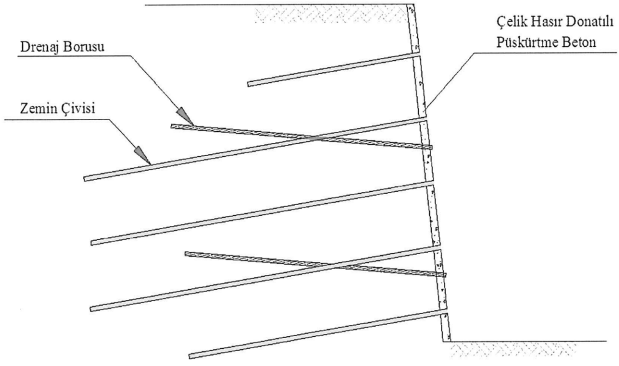
Zemin çivisi yerleştirme ve enjeksiyon işlemi tamamlanmış yüzeye hasır çelik yerleştirilerek, hasır çeliğin üzerinden saplamaya plaka geçirilir. Plaka üzerinden takılan somunun boşluğu alınana kadar sıkılır. Hasır çelik yerleştirilirken ek yerlerinde en az iki göz bindirme yapılmasına dikkat edilir. Püskürtme betonu tamamlanmış yüzey üzerinden, projede belirtilen mesafe, açı ve boylarda drenaj delikleri açılarak, drenaj boruları bu deliklere yerleştirilir. Yukarıda belirtilen tüm imalat aşamaları tamamlanmadan bir sonraki kazı kademesine başlanmaz. Püskürtme beton tamamlandıktan sonra bir alt kademe imalatına geçilmeden önce en az 8 saat beklenir.

1A.6.3. Avantajları:

a) Kendini tutabilen zeminlerde hızlı ve düşük maliyetli imalat yapmak mümkündür.
b) Korozyona karşı önlem alınması halinde kalıcı destek sistemi olarak uygulanabilir.
c) Çalışma platformu oluşturulması zor olan şevlerde imalatı kolaylaştırır.

1A.6.4. Dezavantajları:

a) Pasif ankraj elemanları deplasman ile yük alır bu nedenle diğer yöntemlere nazaran daha yüksek deplasman görülebilir.
b) Su seviyesinin altında ve geçici olarak kendini tutamayan zeminlerde uygulanamaz.



Şekil 1A.6. Zemin çivili duvar tipik sistem kesiti

1A.7. Mini Kazıklı Duvar

Zemin itkisinin veya kazı derinliğinin az olduğu kuru veya geçirimsiz ortamlarda diğer yapısal elemanlara göre nispeten daha narin olan mini kazıklarla da kazı destek sistemi teşkil edilebilir. Mini kazık delgisi teğet veya belirli bir aralıkla uygulanabilmektedir. Kuşak kirişi veya betonarme perdeye mesnetlenen öngermeli ankraj veya iç destekler ile birlikte uygulanabilirler. Proje gereksinimine göre donatı kafesi veya çelik boru ile teşkil edilebilmektedir. Kesit çapının

küçük olmasından dolayı özel tremi yöntemi ile projesine uygun olarak seçilen azami agrega çapında beton kullanılmalıdır. Betonun ayrışma ve yerleşememe riskleri nedeni ile çakıl ve enjeksiyon yöntemi de seçilebilir. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.15 ve Resim 1A.16'da verilmiştir. Şekil 1A.7'de tipik uygulama şekli verilmiştir.



Resim 1A.15. Mini Kazık Makinesi



Resim 1A.16. Mini Kazıklı Duvar

1A.7.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

5-20 m arası yüksekliklerde uygulanabilir.

1A.7.2. İmalat Metodolojisi:

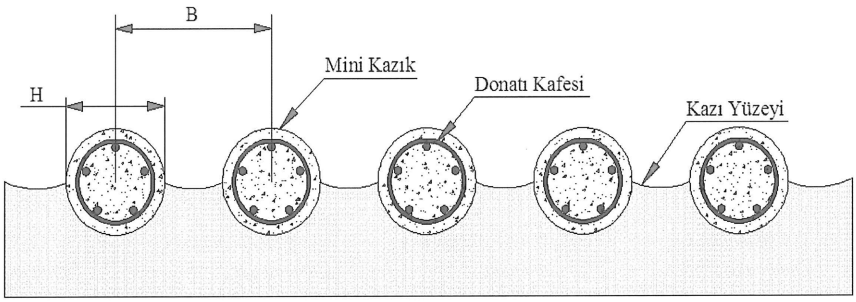
Mini kazık; delgisi havalı-rotary, down-the-hole tabanca, su sirkülasyonlu rotary, rock-bit veya kanatlı kesici (auger) yöntemlerinden zemin şartlarına bağlı olmak üzere uygun olanı ile yapılır ve delginin çeper stabilitesi gerekmesi halinde muhafaza borusu sürülerek sağlanır. Delgiyi müteakip donatı proje derinliğine kadar indirilecek ve askıda tutulur. Beton dökümü segregasyona müsaade edilmemesi için tremi borusu ile yapılır. Tremi borusu ucu kuyu dibinden 20-30 cm kadar yukarıda olacak şekilde aşağıya indirilir. Agrega çapı projeye uygun şekilde seçilmiş uygun mukavemette hazır beton karışımı tremi borusu kovasından mini kazık delgisi içinde aşağıdan yukarıya doğru yükselecek şekilde dökülür. Beton dökümü sırasında tremi borusu betonun içerisinden çıkarılmamalıdır. İlk başta dökülen ve kuyu içindeki örselenmiş malzeme ile karışan beton taşırılarak kuyu içinde temiz bir beton elde edilmesi sağlanır.

1A.7.3. Avantajları:

a) Hızlı ve düşük maliyetli imalat mümkün olabilmektedir.
b) Fore kazık makinesi için yeterli çalışma platformu oluşturulamayan şevlerde imalat kolaylığı sağlar.
c) Çalışma yüksekliğinin sınırlı olduğu alanlarda küçük delgi makineleri ile imalat mümkün olabilmektedir.

1A.7.4. Dezavantajları:

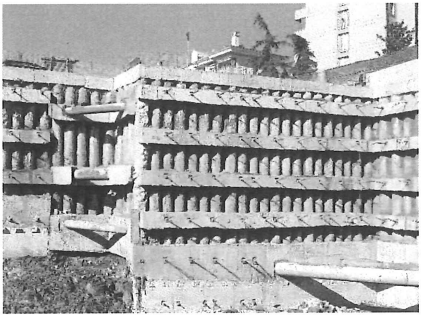
a) Kesitin küçük olmasından dolayı yeterli kalitede betonlama yapılamayabilir.
b) Moment ve kesme kuvveti taşıma kapasitesi düşüktür.
c) Düşeyden sapma riski fazladır.
d) Zayıf veya su altında geçirimli zemin koşullarında uygulanamamaktadır.



Şekil 1A.7. Mini kazıklı duvar tipik sistem kesiti

1A.8. Aralıklı Kazıklı Duvar

Yerinde dökme kazıklar ile imal edilen dayanma duvarları pratikte en çok uygulanan imalat türüdür. Bu tür dayanma yapıları zemin cinsine ve yer altı su seviyesinin durumuna bağlı olarak aralıklı kazık, teğet kazık ve kesişen kazık olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Aralıklı kazık duvarlar, duvar hattı üzerinde birbirlerini kesmeden imal edilen yan yana fore kazıklardan oluşur. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.17 ve Resim 1A.18'da verilmiştir. Şekil 1A.8'de tipik uygulama şekli verilmiştir.



Resim 1A.17. Aralıklı Kazıklı Duvar



Resim 1A.18. Aralıklı Kazıklı Duvar

1A.8.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

Aralıklı kazıklar ile imal edilebilen maksimum duvar derinlikleri; zemin tipine, kullanılacak makine gücüne, delgi ekipmanının tipine ve sahip olduğu delginin uzunluğa bağlı olarak değişmektedir. Kazıklı duvarlar için pratikte tercih edilen maksimum kazık boyu 25 m'dir

1A.8.2. İmalat Metodolojisi:

Aralıklı kazıklı bir sistemde, kazıklar arasındaki mesafe zemin sınıfına, tasarım yüklerine ve dolayısıyla kazık çapına bağlı olarak değişmektedir. Kazıklar arasındaki mesafe genellikle 150 mm olmakla birlikte zemin cinsine bağlı olarak değişebilir. Kazık aralıkları ve kazık boyları belirlenirken kazıkların birbirini kesmemesi dikkate alınmalıdır. Kazık imalatları TS EN 1536+A1'e uygun olarak yapılır.

Aralıklı kazıklar sürekli burgu (CFA: continuous flight auger) yöntemi ile veya rotary delgi yöntemi ile imal edilebilmektedir. CFA kazıklarla yapılan aralıklı kazık duvarlarda kazık derinliğini, kazık içerisine yerleştirilebilen donatı boyu belirler. Yıkıntı yapan veya yeraltı suyu bulunan zeminlerde delgisi yapılan kuyunun içinde herhangi bir çökme meydana gelmemesi için geçici kılıf (muhafaza) boruları veya destek sıvısı (bentonit, su, polimer) kullanarak delgi yapılır. Yıkıntı yapmayan zeminlerde ise kısa bir ön boru ile delgi yapılır. Demirler kazık lokasyonlarına yakın bölgede gerekli şablonlar kullanılarak kafes haline getirilir ve hazırlanan donatı kafesi servis vinci kullanılarak kuyulara indirilir. Betonlama sırasında batmaması için donatı kafesi üstten askıya alınır. Betonlama tremi borusu yardımı ile segregasyonu önleyecek şekilde, kuyu ağzından temiz beton gelene kadar gerçekleştirilir.

1A.8.3. Avantajları:

a) İmalatı hızlıdır ve diğer yöntemlere göre daha pratiktir.

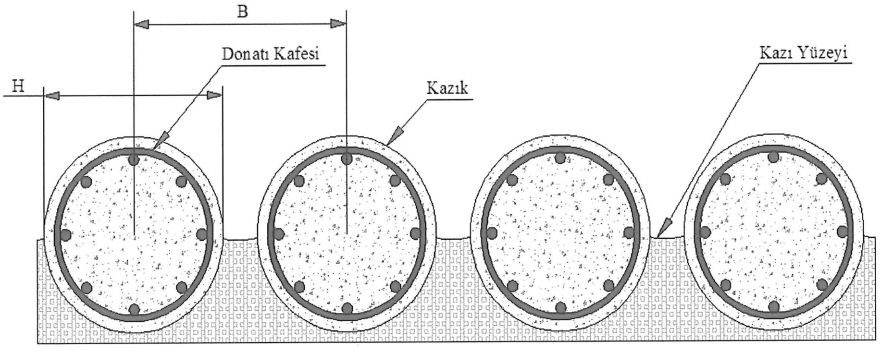
b) Bu tip bir kazı destek yapısı sistemi her türlü geometriye göre uyarlanabilir.

1A.8.4. Dezavantajları:

a) Kazık aralığı tasarlanırken, kazıklar arasında kalan zeminin dökülme potansiyeli nedeniyle özellikle kohezyonsuz zeminlerde aralığın çok fazla olmamasına dikkat edilmelidir.

b) Aralıklı kazıklı duvar sistemi, yer altı su seviyesi yüksek olan iri taneli zeminlerde genellikle tek başına yeterli olamamakla birlikte geçici kazı destek yapısı sistemi olarak kullanılmaktadırlar.

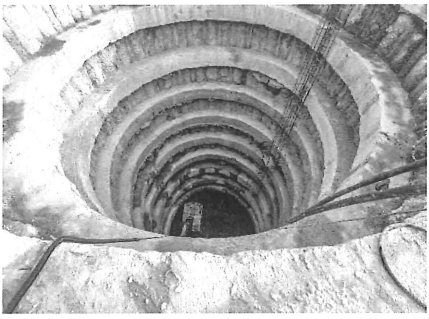
c) Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zemin şartlarında uygulanması önerilmez.



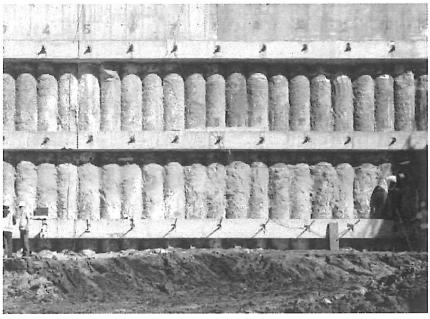
Şekil 1A.8. Aralıklı kazıklı duvar tipik sistem kesiti

1A.9. Kesişen Kazıklı Duvar

Bu imalat türünde merkezden merkeze kazık aralığı kazık çapından daha küçük olarak seçilir. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zeminlerde yapılacak çok derin olmayan kazıların desteklenmesi amacıyla tercih edilir. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.19 ve Resim 1A.20'de verilmiştir. Şekil 1A.9'da tipik uygulama şekli verilmiştir.



Resim 1A.19. Kesişen Kazıklı Duvar



Resim 1A.20. Kesişen Kazıklı Duvar

1A.9.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

Birincil kazıkların imalatı tamamlandıktan sonra ikincil kazıklar kılıf borusu sürerek imal edilir. Kazıkların düşeyden sapma toleransı nedeniyle kazık boyu genellikle 25 m ile sınırlandırılır. Bu tür kesişen kazık imalatları ankrajlı, yatay destekli veya dairesel şaftlarda ankraj ve destek kullanılmadan imal edilebilir.

1A.9.2. İmalat Metodolojisi:

İkincil kazık imalatı; daha düşük dayanımlı beton ile imal edilen birincil kazıkları keserek oluşturulan duvar tipidir. Kazık yöntemi bütün kazıklı duvar tiplerinde olduğu gibi genellikle rotary delgi yöntemi, nadiren CFA sürekli burgu (continuous flight auger) yöntemi ile imal edilebilmektedir. Yıkıntı yapan veya su seviyesi yüksek zeminlerde delgisi yapılan kuyunun içinde herhangi bir çökme yaşanmaması için geçici kılıf boruları kullanılarak delgi TS EN 1536+A1'e uygun olarak yapılmalıdır. Kesişen kazıklar, birincil kazığın tipine göre üç gruba ayrılmaktadır. Bu ayrım kesişen kazıklar ile imal edilen duvarın tasarım ömrüne ve yapısal kapasite gereksinimine göre yapılmaktadır. İlk grup, betonarme kazık /düşük dayanımlı çimento-bentonit veya çimento-kum-bentonit karışımı kolonlardan oluşmaktadır. Bu kolonların basınç dayanımları 1-3 MPa arasında değişebilir. Diğer gruplarda ise her iki kazığın da yüksek dayanımlı beton ile imal edildiği türdür. Bu tip imalatta birincil kazık donatılı veya donatısız olabilir.

Önerilen kesişim miktarı 125~225 mm arasında değişmekte olup, kazık çapının büyümesi ile bu değer artabilmektedir; ancak kesişim miktarının kazık çapının yarısını geçmemesi önerilir. Birincil kazık çapı ve boyu, ikincil kazık çapı ve boyundan farklı olabilir. Bu tür kesişen kazık imalatları kuşak kirişi kullanılmayan dairesel şaftlarda çoklukla tercih edilmektedir.

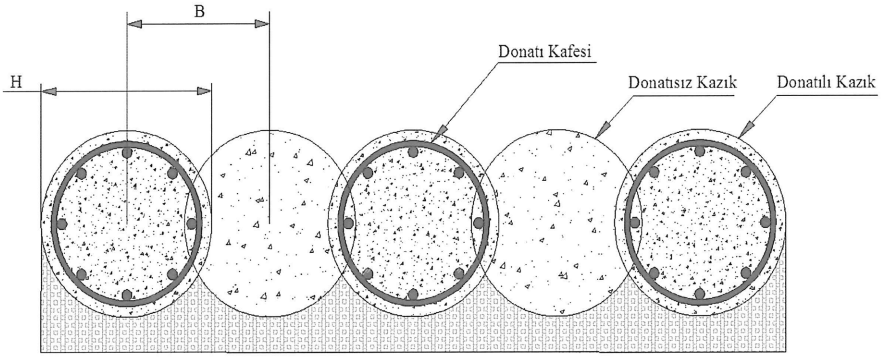
1A.9.3. Avantajları:

a) Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zeminlerde tercih edilir.
b) Diğer esnek duvar tiplerine göre yatay deplasmanları daha azdır.
c) Duvar sistemi her türlü geometriye göre uyarlanabilir ve ayrıca önemli yatay eğrilere sahip şaft gibi yapılarda kullanımı uygundur.

1A.9.4. Dezavantajları:

a) İmalat süresi ayrık kazığa göre daha uzundur.
b) Düşeyden sapma çok önemli problemlere neden olabilmektedir.
c) Kazıkların kesişimi geçirimsizlik ve süreklilik açısından kontrol edilmelidir.

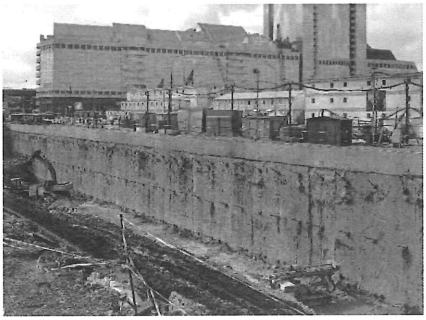
d) Yeraltı su seviyesinin basıncına göre su geçirimsizliğinde problemler yaşanabilmektedir.



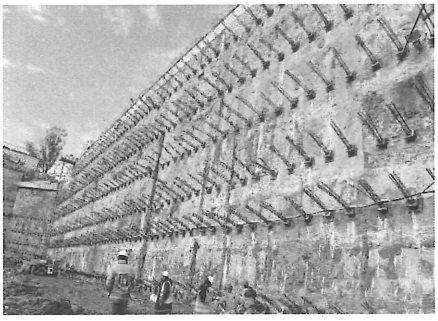
Şekil 1A.9. Kesişen kazıklı duvar tipik sistem kesiti

1A.10. Diyafram Duvar

Diyafram duvarlar yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu zeminlerde su geçirimsizliği ile birlikte kazı stabilitesini sağlamak amacıyla imal edilen sürekli betonarme elemanlardır. Zemin tipine ve kazı derinliğine bağlı olarak hidrolik freze (cutter), hidrolik ve mekanik kaşık olmak üzere üç farklı makine- ekipmanla imal edilebilmektedirler. Kullanılan makine ekipmanına bağlı olarak panel genişlikleri; 600, 800, 100, 1200, 1500 mm'nin katları olarak tasarlanabilmektedir. Tek seferde açılabilen panel genişlikleri 2.2 m ile 3.0 m arasında değişmekte olup; en çok tercih edilen genişlik 2.8 m'dir. Panel genişliği çalışma planına ve ekipman özelliklerine bağlı olarak 10 m'ye kadar yapılabilir. Panel boyutları dikdörtgen kesitten farklı olarak H, L, T, Y veya + şeklinde de olabilir. Örnek uygulama resimleri Resim 1A.21 ve Resim 1A.22'da verilmiştir. Şekil 1A.10'de tipik uygulama şekli verilmiştir.



Resim 1A.21. Diyafram Duvar



Resim 1A.22. Diyafram Duvar

1A.10.1. Tipik Uygulama Yüksekliği:

Diyafram duvar derinlikleri kullanılan makinenin kapasitesine bağlı olup, ihtiyaca bağlı olarak panel derinliği 100 m'yi aşan derinliklerde imalat yapılabilmektedir.

1A.10.2. İmalat Metodolojisi:

Diyafram duvar imalatından önce projeye uygun olarak kılavuz duvar imalatının yapılması gerekir. Panellerin imalatı, diyafram duvar makinesiyle kısım kısım gerçekleştirilir. Projeye başlamadan önce her farklı tipteki panel için kuyu stabilite analizleri yapılarak, destek sıvısının yoğunluğuna ve tipine karar verilir. Panelin kazılması sırasında kuyu stabilitesinin sağlanması amacıyla devamlı olarak destek sıvısı (bentonit ve/veya polimer) ilave edilir. Stabil bir kuyuda destek sıvısı hacmi çıkarılan zeminin hacmine eşit olmalıdır. Panel kazısı sırasında kullanılan destek sıvısı içeriği ve özellikleri panelin kazılması ve beton dökülmesi dönemi içinde ilgili standart kriterlerini sağlamalıdır.

Panel kazısı bitirildikten sonra kazı makinesinin pompası kuyunun en dibinden kirli destek sıvısını çeker, betonlama öncesi üstten temiz bentonit verilir ve kuyudaki bentonit değiştirilir. Diyafram duvar imalatı TS EN 1538+A1'e göre gerçekleştirilir.

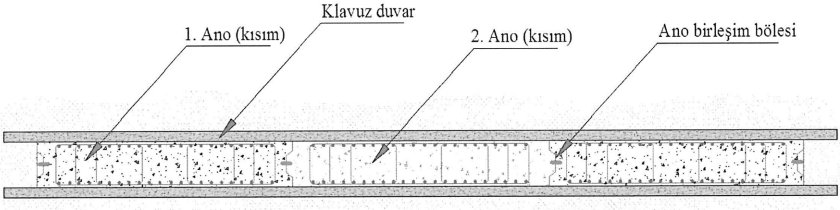
Kazısı tamamlanan panele, daha önce sahada hazırlanmış kafes sistemdeki demir donatı servis vinci yardımıyla indirilir ve askılı kancalar vasıtasıyla askıya alınır. Beton dökümü sırasında kullanılacak olan tremi borusunun serbest hareketine mani olmamak için kafesin üstünde yeterli büyüklükte çalışma boşlukları bırakılır. Diyafram duvar beton döküm işlemi, bentonit test sonuçlarının olumlu çıkmasından sonra tremi boruları kullanılarak yapılır.

1A.10.3. Avantajları:

a) Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zemin türlerinde tercih edilir.
b) Kesişen kazıklara göre daha derin imalatlar gerçekleştirilebilmektedir.
c) Hidrofreze ekipmanı sayesinde kayada kazı işlemi, her türlü zemin koşulunda imalat toleranslarını sağlayarak gerçekleştirilebilmektedir.
d) İmalat yöntemi diğer yöntemlere göre daha az gürültü ve daha az vibrasyon meydana getirmektedir.
e) Kalıcı olarak tasarlanabilmektedir.
f) Yeraltı suyu altında yapılan kazılarda, kazı sonrası kuruya yakın çalışma ortamı temin edilebilmektedir.
g) Diğer esnek duvar tiplerine göre yatay deplasmanları daha azdır.

1A.10.4. Dezavantajları:

a) Bentonit veya polimer gibi destek sıvısına ve dolayısıyla bir tesis ihtiyacı mevcuttur.
b) Çevresel etkileri nedeniyle atık destek sıvısının bertaraf edilmesi masraflı olabilmektedir.
c) Dar sahalarda uygulanması zordur.
d) İmalat için alanında uzman bir firma ve özel makine ekipman gereklidir.



Şekil 1A.10. Diyafram duvar tipik sistem kesiti

EK 2A (UYGULAMA EKİ): YAPI DURUM TESPİTİ TEKNİK RAPORU ÖRNEĞİ

Rapor Konusu:	.... Ada parselde yapılması planlanan ABC binası için kazı alanı incelemesi
İnceleme Tarihi:	.../.../...
Rapor Tarihi:	.../.../...
Raporu Hazırlayanlar :	....

YAPI DURUM TESPİTİ TEKNİK RAPORU

.... Ada /parselde yapılması planlanan ABC binası için yapılacak kazı kapsamında, kazıdan etkilenebilecek çevre ve civar yapılar/şev durumu... ile ilgili olarak .../.../... tarihinde/tarihlerinde ..... firmamızın teknik elemanlarınca yapılan incelemeler sonucu tespit edilen hususlar ve bu hususlara ilişkin görüşler aşağıda sunulmuştur.

1. GENEL BİLGİLER:

1.1. İncelemenin Amacı ve Kapsamı:

.... Ada /parsel içerisinde kalan ve yapılacak ABC binası için inşaat sahasında planlanan kazının mevcut yapılaşmaya etkilerini tespit etmek ve alınması gereken tedbirlerin tespitine yönelik gerekli incelemeleri yapmak, ...

1.2. ABC binası bilgileri:

Projelendirme çalışmaları doğrultusunda yapılması planlanan yapının temel alt kotları, bodrum kat adedi, taşıyıcı sistem türü, temel sistemi, temel oturum alanı vb. hususlar ve ilave edilmesi gerekli görülen hususlar belirtilmelidir.

Toplam Kat Adedi	9 kat (2B+Z+6)
Bodrum Kat Sayısı	2
Temel Alt Kotu (Plankoteye göre)	-10.5 m
Taşıyıcı Sistem Tipi	Betonarme Çerçeve + Perde
Temel Sistemi	Radye plak
Yapı Önem Katsayısı (I)	1.5
Temel Oturum Alanı	10,000 m2
Projelendirme Yılı	2021
Planlanan Yapım Yılı	2022
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	1.5 metre
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	3 metre
.....	.....
Notlar: Kazı destek yapısını etkileyebilecek diğer konular hakkında notlar.	

1.3. Planlanan kazı bilgileri:

Planlanan kazı şekli, derinliği, her cephede (hatta) ayrı ayrı olmak üzere, etki alanı genişliği ile birlikte, varsa imalat kısıtları, çevre yapılara izin verilen yaklaşma mesafeleri,

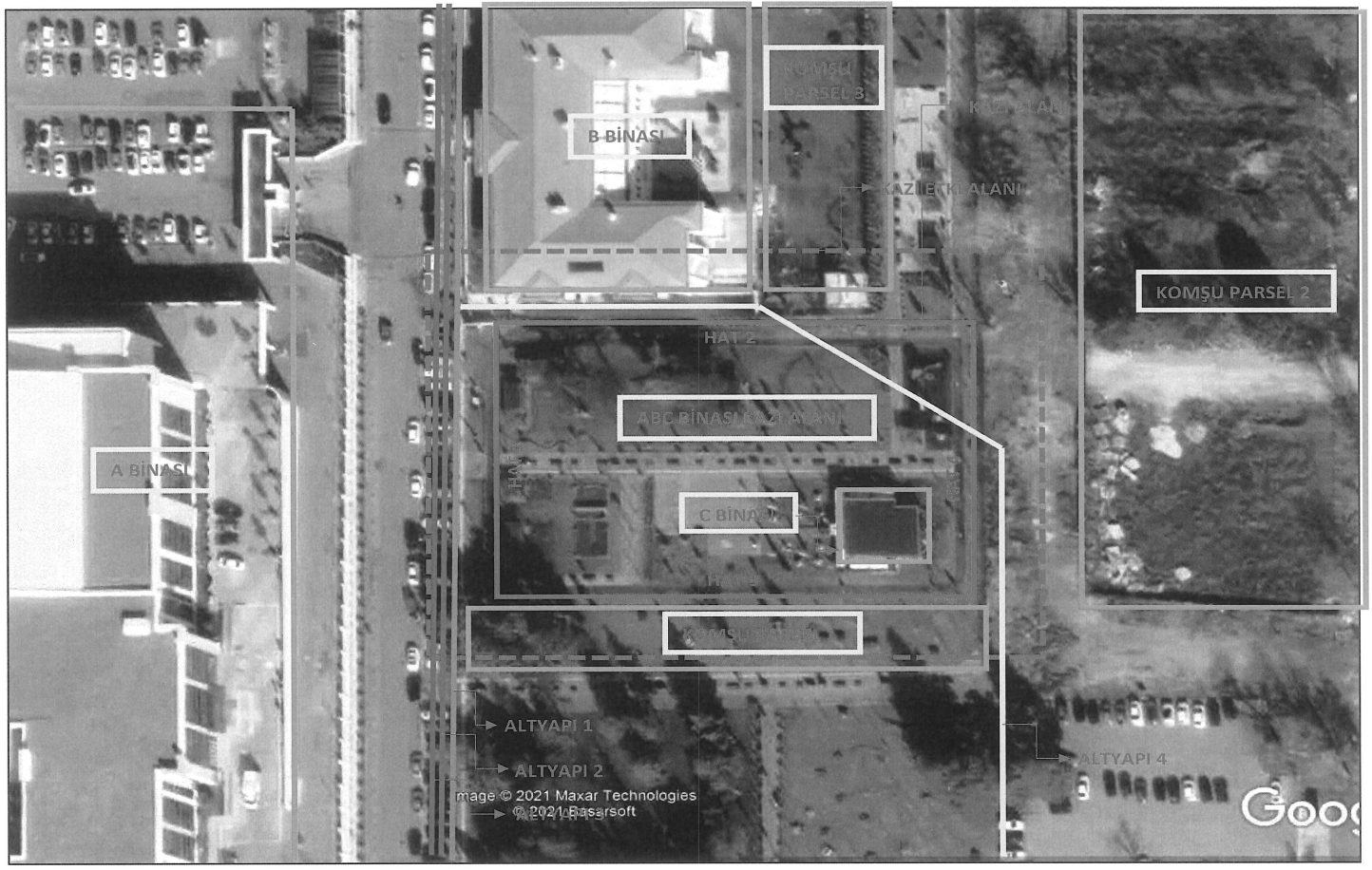
yeraltı suyu durumu, yapılması planlanan binaya mesafeleri varsa ilave notları/açıklamaları ile birlikte belirtilmelidir.

Kazı Alanına Yapılacak İşin İsmi:	ABC binası yapım işi							
Ada/Parsel:	100001 ada / 1001 Parsel							
Arsa alanı: (Yaklaşık)	15,000 m^2							
Kazı destek yapısı hattı uzunlukları (Yaklaşık)	Hat 1:	80m	Hat 2:	105m	Hat 3:	105m	Hat 4:	80m
Kazı destek yapısı hattı yükseklikleri (Yaklaşık)	Hat 1:	11m	Hat 2:	11m	Hat 3:	11m	Hat 4:	11m
Kazı destek yapısı hattı eğim (Yaklaşık)	Hat 1:	1/100	Hat 2:	1/100	Hat 3:	1/100	Hat 4:	1/100
Yapılması düşünülen kazı destek yapısı çeşidi	Ankrajlı betonarme konsol kazık vb.							
Kazı destek yapısı etki alanı mesafesi (Yaklaşık) (L)	22 metre ($L > 2xH_{max}$)							
.....	.....							
Kazı alanı ve çevresini gösteren plan referans alınmıştır.								

2. SAHA GÖZLEMLERİ:

2.1. Kazı alanı ve çevresini gösteren plan:

Kazı alanını ve çevresini gösteren plan; ölçeksiz/ölçekli, uydu görüntüsü üzerinde veya CAD çizimi üzerinde gösterilmelidir. İhtiyaç duyulması halinde topoğrafyayı tarifleyecek kesit ve görünüşler eklenebilir. Plan üzerinde kazı alanı gösterilmeli, maksimum kazı derinliğinin en az iki katı mesafedeki, kazı destek yapısı etki alanı ayrıca belirtilmelidir. Plan üzerinde, mevcut yapı/komşu binalar/yapımı devam eden inşaatlar/mevcut kazı destek yapıları ve varsa bunların ankraj hatları/altyapı-üst yapı güzergahları/eğimi yüksek olan bölgeler/kazı alanı içerisinde kalan ve deplasesi gereken altyapı-üstyapı hatları/yol/su kaynakları/özel yapılar gösterilmelidir.


B BİNASI
KOMŞU PARSEL 3
KOMŞU PARSEL 2
HAT 2
A BİNASI
C BİNASI
ALTYAPI 1
ALTYAPI 2
ALTYAPI 4
mage © 2021 Maxar Technologies
© 2021 Basarsoft

2.2. Mahallinde Yapılan İncelemeler ve Tespitler:

2.2.1. Mevcut bina bilgileri:

Kazı alanı ve çevresini gösteren plan üzerinde belirtilmiş olan mevcut yapıların ayrı ayrı olmak üzere, kazı alanına mesafeleri, toplam kat adedi, bodrum kat adedi, mevcut hasar durumu, temel derinliği, temel sistemi, temel oturum alanı, projelendirme yılı, yapım yılı ve taşıyıcı sistem tipi varsa projeleri de referans verilerek belirtilmelidir.

a) A binası:

Toplam Kat Adedi	23 kat (3B+Z+19)
Bodrum Kat Sayısı	3
Temel Alt Kotu (Plankoteye göre)	-18 m
Binanın yapısal tarifi	Bina baza ve kule bölümlerinden oluşmaktadır. Dilatasyon hattı ile ayrılmış 18 blok mevcuttur.
Taşıyıcı Sistem Tipi	Betonarme Çerçeve + Perdeli sistem
Temel Sistemi	Radye plak, kule kısmının altında kademeli oturma kazıkları mevcut
Yapı Önem Katsayısı (I)	1.5
Temel Oturum Alanı	25,600 m2
Hasar Durumu	Hasarsız
Projelendirme Yılı	2012
Yapı Yılı	2017
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 1
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	60 metre (Kazı etki alanı dışında kalmaktadır.)
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	60 metre (Kazı etki alanı dışında kalmaktadır.)
Betonarme Projesi (Var/Yok)	Var
Mimari Projesi (Var/Yok)	Var
.....	.....
A binası fotoğrafları (İhtiyaç duyulduğu kadar, kazı destek hattına en yakın cephe fotoğrafları)	
Fotoğraf -1	Fotoğraf -2
A binası hasar fotoğrafları (İhtiyaç duyulduğu kadar)	
-	-
Notlar: Kazı destek yapısını veya A binasını etkileyebilecek diğer konular hakkında notlar.	

b) **B binası:**

Toplam Kat Adedi	3 kat (B+Z+1)
Bodrum Kat Sayısı	1
Temel Alt Kotu (Plankoteye göre)	-4 m
Binanın yapısal tarifi	Bina U formunda dilatasyon ile ayrılmış 3 bloktan oluşmaktadır.
Taşıyıcı Sistem Tipi	Betonarme Çerçeve + Perdeli sistem
Temel Sistemi	Radye plak
Yapı Önem Katsayısı (I)	1.5
Temel Oturum Alanı	2,385 m2
Hasar Durumu	Binada zeminde meydana gelen oturmalara bağlı olarak duvar çatlakları gözlenmiştir. Çatlaklar taşıyıcı sisteme sirayet etmemiştir.
Projelendirme Yılı	1986
Yapı Yılı	1990
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 2
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	10 metre (Kazı etki alanı içinde kalmaktadır.)
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	10 metre (Kazı etki alanı içinde kalmaktadır.)
Betonarme Projesi (Var/Yok)	Yok
Mimari Projesi (Var/Yok)	Yok
.....	.....
B binası fotoğrafları (İhtiyaç duyulduğu kadar, kazı destek hattına en yakın cephe fotoğrafları)	
Fotoğraf -1	Fotoğraf -2
B binası hasar fotoğrafları (İhtiyaç duyulduğu kadar)	
Fotoğraf -3	Fotoğraf -4
Notlar: Kazı destek yapısını veya B binasını etkileyebilecek diğer konular hakkında notlar.	

c) **C binası:**

Toplam Kat Adedi	1 kat (Z)
Bodrum Kat Sayısı	0
Temel Alt Kotu (Plankoteye göre)	-1 m
Binanın yapısal tarifi	Bina dikdörtgen formda tek bloktan oluşmaktadır.
Taşıyıcı Sistem Tipi	Betonarme prefabrik
Temel Sistemi	Radye plak
Yapı Önem Katsayısı (I)	1
Temel Oturum Alanı	175 m2
Hasar Durumu	Hasarsız
Projelendirme Yılı	1998
Yapı Yılı	1999
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 4
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	Kazı alanı içerisinde kalmaktadır. Bina yıkılacaktır.
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	Kazı alanı içerisinde kalmaktadır. Bina yıkılacaktır.
Betonarme Projesi (Var/Yok)	Yok
Mimari Projesi (Var/Yok)	Yok
.....	.....
C binası fotoğrafları (İhtiyaç duyulduğu kadar, kazı destek hattına en yakın cephe fotoğrafları)	
Fotoğraf -1	Fotoğraf -2
C binası hasar fotoğrafları (İhtiyaç duyulduğu kadar)	
-	-
Notlar: Kazı destek yapısını veya A binasının etkileyebilecek diğer konular hakkında notlar.	

2.2.2. Altyapı-Üstyapı (elektrik-telefon vb.) bilgileri:

Kazı alanı ve çevresini gösteren plan üzerinde belirtilmiş olan bütün hatların ayrı ayrı olmak üzere açıklamaları, alt-üst yapı ile ilgili kurum isimleri, kazı alanına olan mesafeleri (yatay-düşey), varsa altgeçit, menfez gibi yapılara ait bilgiler, çap bilgileri ve ihtiyaç duyulacağı öngörülen hususlar belirtilmelidir.

a) **Alt yapı 1:**

Altyapı 1 hattı kazı alanının kuzey cephesinde yer alan ... cad. kaldırımı altından geçmektedir.

Altyapı türü	Doğalgaz hattı
İlgili kurumu	Başkent Doğalgaz
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 1
Altyapı alt kotu (Plankoteye göre)	Hat alt kotu (-1.00 m)
Altyapı eğimi	1/100
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	10 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	10 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
.....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	

b) **Alt yapı 2:**

Altyapı 2 hattı kazı alanının kuzey cephesinde yer alan ... cad. kaldırımı altından geçmektedir.

Altyapı türü	İçme suyu hattı
İlgili kurumu	ASKİ
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 1
Altyapı eğimi	1/1000
Altyapı alt kotu (Plankoteye göre)	Hat alt kotu (-1.00 m)
Altyapı çapı	ϕ100
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	11 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	11 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	

c) **Alt yapı 3:**

Altyapı 3 hattı kazı alanının kuzey cephesinde yer alan ... Cad. üzerinde, kaldırımın yanından geçmektedir.

Altyapı türü	Kanalizasyon hattı
İlgili kurumu	ASKİ
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 1
Altyapı eğimi	1/100
Altyapı alt kotu (Plankoteye göre)	Hat alt kotu (-4.00 m)
Altyapı çapı	ϕ600
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	13 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	13 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	

d) Alt yapı 4:

Altyapı 4 hattı kazı alanının güney cephesinde yer alan henüz yol imalatı yapılmamış olan imar yolundan geçmektedir.

Altyapı türü	Doğalgaz hattı	
İlgili kurumu	Başkent Doğalgaz	
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 4 – HAT 2	
Altyapı alt kotu (Plankoteye göre)	HAT 4	Hat alt kotu (-1.00 m)
	HAT 2	Hat alt kotu (-1.00 m)
Altyapı eğimi	HAT 4	1/100
	HAT 2	1/100
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	HAT 4	5 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
	HAT 2	5 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	HAT 4	5 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
	HAT 2	5 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
.....	.....	
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	Altyapı hattının 30 m'lik kısmı kazı alanı içerisinde kalmaktadır. Hattın deplase edilmesi gerekmektedir.	

2.2.3. Yol bilgileri:

Kazı alanı ve çevresini gösteren plan üzerinde görülen yolların genişlikleri, eğimi, kotları, kazı çalışmaları sırasında öngörülen kısıtlar her yol güzergâhı için ayrı ayrı belirtilmelidir.

a) ... Cad. :

... Cad. 'si kazı alanının kuzey cephesinde yer almaktadır.

Yol üst yapısı malzemesi	Asfalt
Yol genişliği	20 m. (çift yön)
Trafik durumu	Yol aktif olarak kullanılmaktadır. Yolun bir kısmı park için kullanılmaktadır.
Yol eğimi	1/1000
Yol aydınlatması	Aydınlatma bulunmamaktadır.
Üst geçit-Alt geçit	Yok
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 1
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	6 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	6 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır.
....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	.....

b) **İmar yolu:**

Henüz imalatı yapılmamış olan imar yolu kazı alanının kuzey cephesinde yer almaktadır.

Yol üst yapısı malzemesi	Toprak
Yol genişliği	20 m.
Trafik durumu	Kullanılmıyor
Yol eğimi	-
Yol aydınlatması	-
Üst geçit-Alt geçit	-
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 4
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	0 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	0 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır.
....	.....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	.....

2.2.4. Komşu parsel bilgileri:

Kazı alanı ve çevresini gösteren plan üzerinde görülen komşu parsellerin alanları, eğimi, kullanım durumu, mal sahibine ilişkin bilgiler, kazı çalışmaları sırasında öngörülen kısıtlar her parsel ayrı ayrı belirtilmelidir.

a) **Komşu Parsel 1 :**

Ada/parsel	...../....
Parsel alanı	1,000 m^2
Kullanım durumu	Boş
Mülk sahibi	.....
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 4
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	0 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	0 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır.
....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	.....

b) **Komşu Parsel 2 :**

Ada/parsel	...../....
Parsel alanı	10,000 m^2
Kullanım durumu	Boş
Mülk sahibi	.....
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 4
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	27 m- Kazı etki alanı dışında kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	27 m- Kazı etki alanı dışında kalmaktadır
....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	.....

c) **Komşu Parsel 3 :**

Ada/parsel	...../....
Parsel alanı	2,000 m^2
Kullanım durumu	Tarla
Mülk sahibi	.....
Yakın olduğu kazı destek hattı	HAT 2
Kazı Destek Hattına En Yakın Mesafe	6 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır
Kazı Destek Hattına En Uzak Mesafe	6 m- Kazı etki alanı içerisinde kalmaktadır.
....	....
Notlar: Kazı destek çalışmalarını etkileyebilecek hususlara ilişkin notlar.	.....

hususları tespit edilmiştir.

3. TESPİT VE DEĞERLENDİRMELER:

İncelemenin yapıldığı tarih, özel önlem alınması gerekip gerekmediği, projelendirme aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar, kazı derinliği, şeklinde ve geometrisinde yapılması önerilen değişiklikler varsa diğer değerlendirmeler ile birlikte belirtilmelidir.

.....

Görüş ve kanaatine varılmıştır. .../.../...

İmza	İmza	İmza
Ad-Soyad	.....	.....
Unvan	.....	.....

EK 2B (BİLGİLENDİRME EKİ): GEOTEKNİK SORUMLU DENEYİM KOŞULLARI

2B.1. Kazı destek yapılarına ilişkin olarak geoteknik tasarım hesap raporu ve projesini hazırlayacak veya uygulamasını yapacak/kontrol edecek olan inşaat mühendislerinin, kazı destek yapısı kategorisine göre sağlaması önerilen deneyim/yeterlilik kriterleri Tablo 2B.1'de belirtilmiştir.

Tablo 2B.1. Geoteknik Sorumlu Yeterlilik Kriterleri

<table>
<tr><th colspan="4">GEOTEKNİK UZMANLIĞI YETERLİLİK KRİTERLERİ</th></tr>
<tr><td>Kazı Destek Yapısı Kategorisi</td><td>Kategori 1</td><td>Kategori 2</td><td>Kategori 3</td></tr>
<tr><td>Yüksek Lisans veya Doktora</td><td>-</td><td>Geoteknik</td><td>Geoteknik</td></tr>
<tr><td>Toplam iş deneyimi [1]</td><td>>3 yıl</td><td>> 5 yıl</td><td>> 10 yıl</td></tr>
<tr><td>Kategori-1 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi [2]</td><td>-</td><td>> 10,000 m^2 görünen yüzey cephe alanı projelendirilmesi veya 6 ayrı geoteknik proje hazırlanması ya da danışmanlığının yapılmış olması.</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Kategori-2 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi [2]</td><td>-</td><td rowspan="2">> 5,000 m^2 görünen yüzey cephe alanı veya 3 proje / proje danışmanlığı</td><td>> 20,000 m^2 görünen yüzey cephe alanı veya 6 proje / proje danışmanlığı</td></tr>
<tr><td>Kategori-3 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi [2]</td><td>-</td><td>> 10,000 m^2 görünen yüzey cephe alanı veya 3 proje / proje danışmanlığı</td></tr>
<tr><td colspan="4">Notlar:
(1) İş deneyiminin, Kategori 1 kapsamındaki yapılar için geoteknik veya üstyapı (statik) alanında, Kategori 2 ve 3 kapsamındaki yapılar için ise geoteknik alanında proje ve rapor üreten bir kuruluşta tamamlanmış olması önerilir.
(2) İş deneyimi için belirtilen cephe alanları arasında "veya" ilişkisi vardır. Örneğin, Kategori 2 kapsamına giren bir destek yapısının projelendirilebilmesi için ya Kategori-1 sınıfı yapılardan en az 10,000 m^2, ya da Kategori-2 sınıfı veya Kategori-3 sınıfı yapılardan en az 10,000 m^2 uygulama projesi yapmış olması önerilir.</td></tr>
</table>

2B.2. Uygulama Esaslarının 2.13.1 maddesinde bahsedilen, geçici olarak planlanmış bir kazı çukurunun herhangi bir cephesi iki yıldan daha uzun süre açık kalan veya kalacağı anlaşılan kazı destek yapılarının kategorisinin, Kategori-3'e yükseltilmesi durumunda,

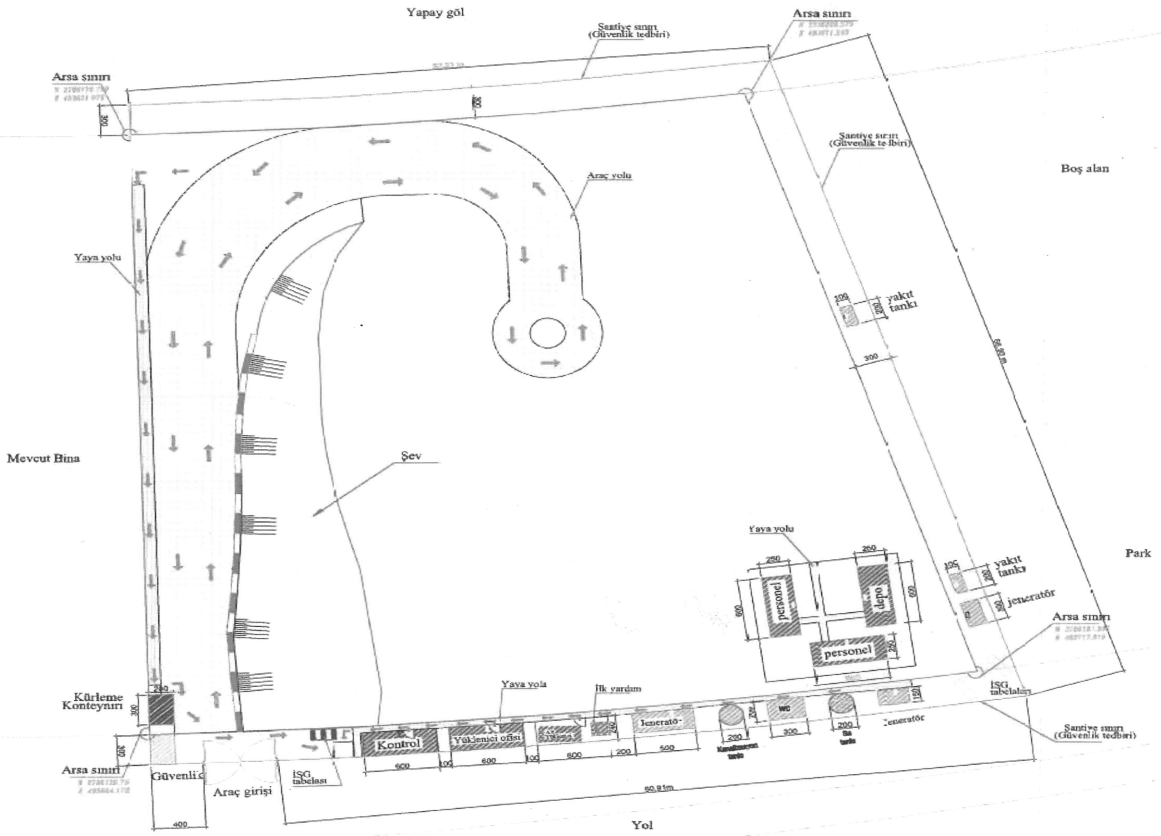
Kategori-3 için önerilen mesleki deneyim kriterlerini sağlayan bir geoteknik sorumlu tarafından, yine aynı maddede belirtilen gerekli çalışmalar yürütülmelidir.

2B.3. Uygulama Esaslarının 2.13.2 maddesinde belirtilen süre uzatımı ve gerekli ilave tedbirler, ölçüm sıklığı/yeri, gözlemlerin, Kategori-3 için önerilen mesleki deneyim kriterlerini sağlayan bir geoteknik sorumlu tarafından belirlenmelidir.

2B.4. Uygulama Esaslarının 2.13.3 ve 2.13.6 maddelerinde bahsi geçen testler sırasında, yük kaybı meydana geldiği görülen ankrajlarla ilgili olarak nasıl bir tedbir alınacağı hususunda, Kategori-3 için önerilen mesleki deneyim kriterlerini sağlayan bir geoteknik sorumlu tarafından değerlendirme yapılmalıdır.

2B.5. Uygulama Esaslarının 2.13.7 maddesinde yer alan takviye yönteminin tercih edilmesi halinde bu işlemle ilgili uygulama projeleri, Kategori-3 için önerilen mesleki deneyim kriterlerini sağlayan bir geoteknik sorumlu tarafından hazırlanmalıdır.

EK 4A (BİLGİLENDİRME EKİ): ÖRNEK ŞANTİYE PLANI



EK 4B (BİLGİLENDİRME EKİ): GEOTEKNİK UYGULAMA YAPAN KURULUŞLARIN DENEYİM KOŞULLARI

Kazı destek yapısı uygulaması yapan kuruluşların, uygulanacak olan kazı destek yapısının kategorisine uygun makine ve ekipman ile imalat yapmaları esastır. Kazı destek yapılarının kategorisine göre ihtiyaç duyulabilecek personel sayısı, makine ekipmanı çeşitleri ve adetleri geoteknik projenin büyüklüğüne ve imalat süresine göre belirlenir. Zorunluluk arz etmemek kaydıyla, konuya yönelik yol göstermesi amacıyla hazırlanan öneri personel sayısı ve makine parkı ihtiyacı ile kazı destek yapısının kategorisine göre önerilen iş deneyimi miktarı Tablo 4B.1'de belirtilmiştir.

Tablo.4B.1. Kazı Destek Yapısı Kategorisine Göre İhtiyaç Duyulan Makina ve Ekipman Parkı Tablosu

Kazı Destek Yapısı Kategorisine Göre İhtiyaç Duyulan Makina ve Ekipman				
		Kategori-1	Kategori-2	Kategori-3
Makine Parkı [1]	Mini Kazık / Ankraj: W<12 ton	1 adet [a]	2 adet	5 adet
	Mini Kazık / Ankraj: W>12 ton	-	-	2 adet
	Fore Kazık: T<28 tm	1 adet [a]	1 adet [b]	2 adet
	Fore Kazık: T>28 tm	-	-	2 adet [c]
	Diyafram Duvar - Grab	-	1 adet [b]	2 adet [c]
	Diyafram Duvar - Freze	-	1 adet [b]	1 adet [c]
	Bentonit Tesisi (>250 m3)	-	-	1 adet
	Servis Vinci (paletli): W<50 ton	-	1 adet	1 adet
	Servis Vinci (paletli): W>50 ton	-	-	1 adet
	Enjeksiyon Mikser/Pompa	1 adet	2 adet	3 adet
	Vibro Çekiç	-	-	1 adet
	Püskürtme Beton Pompası	1 adet	1 adet	2 adet
Teknik Personel	İnşaat Mühendisi (+10 yıl)	-	-	1 kişi
	Mühendis (+5 yıl) [3]	-	1 kişi	2 kişi
	Mühendis (<5 yıl) [3]	1 kişi	1 kişi	3 kişi
	Makine Mühendisi	-	-	1 kişi
	İş güvenliği uzmanı	-	-	1 kişi
	Kalifiye Saha Personeli [4]	-	4 kişi	8 kişi
Tesisler	Ofis	> 75 m^2	> 120 m^2	> 200 m^2
	Atölye	> 150 m^2	> 200 m^2	> 500 m^2
	Depo	> 150 m^2	> 200 m^2	> 500 m^2
İş Deneyimi [2]	Kategori-1 sınıfı KDY görünen yüzey cephe alanı [2]	-	> 15,000 m^2	-
	Kategori-2 sınıfı KDY görünen yüzey cephe alanı [2]	-	> 10,000 m^2	> 60,000 m^2
	Kategori-3 sınıfı KDY görünen yüzey cephe alanı [2]	-		> 30,000 m^2
	Son 5 yılda tamamlanan işlerin toplam metrekaresi [2]	-	> 5,000 m^2	> 15,000 m^2

(1) Her sütunun kendi içinde aynı harfle (a, b, c, ...) işaretlenmiş olan hücreler arasında "veya" ilişkisi vardır. (2) İş deneyimi için belirtilen cephe alanları arasında "veya" ilişkisi vardır. Kategori-1 sınıfı yapılardan en az 15,000 m2, ya da Kategori-2 sınıfı veya Kategori-3 sınıfı yapılardan en az 10,000 m2 uygulaması yapılmış olması önerilir. (3) Mühendis olarak inşaat, jeoloji veya jeofizik mühendisi bulundurulabilir. (4) Kalifiye saha personeli olarak tekniker, teknisyen, kaynakçı, elektrikçi, motor ustası vb. gibi diploma veya mesleki yeterlilik belgesine sahip personel kastedilmektedir. Makine operatörleri ve yardımcı ekibi bu sayıya dâhil edilmez.