

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ALTYAPI İŞLERİNDE KULLANILAN İKSA TÜRLERİNİN
PERFORMANS VE YAKLAŞIK MALİYET AÇILARINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Mehmet Can ETİZ

UZMANLIK TEZİ

NİSAN 2017



İLBANK
TÜRKİYE’NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ALTYAPI İŞLERİNDE KULLANILAN İKSA TÜRLERİNİN
PERFORMANS VE YAKLAŞIK MALİYET AÇILARINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Mehmet Can ETİZ

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı (Kurum)
Adnan YIKILMAZ

Tez Danışmanı (Üniversite)
Doç. Dr. Asu İNAN

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mehmet Can ETİZ
03 Nisan 2017

Altyapı İşlerinde Kullanılan İksa Türlerinin Performans ve Yaklaşık Maliyet Açılarından Karşılaştırılması

(Uzmanlık Tezi)

Mehmet Can ETİZ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Nisan 2017

ÖZET

İksa sistemleri toprak/zemin kütlelerinin yanal yönde hareketlerini sınırlayarak onları tutmaya yarayan mühendislik yapılarıdır. Altyapılarda kullanılan iksa türleri zemin ve çalışma şartlarına bağlı olarak değişir. Pratikte görece iyi zeminler için ahşap iksa, orta derecede zeminler için çelik pano ve zayıf zeminler için palplanş sistemleri kullanılmaktadır. Palplanş sistemine seçenek olarak Wellpoint sistemi mevcuttur. En yaygın kullanılan iksa tipi olan palplanşlarda Coulomb ve Rankine teorileri temel alınarak hesaplanan yanal basınçlar sonucu elde edilen çakma derinliklerinde Rankine Teorisi daha güvenli tarafta kalmaktadır. Ayrıca Coulomb Teorisi' ne göre yapılan hesaplamalara güvenlik katsayısı uygulandığında sonuç Rankine Teorisi' ne yaklaşmaktadır. Hendek kazılarında iş sağlığı ve güvenliği açısından Türkiye' de yapılan en kapsamlı çalışma Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'dir. Kanada'daki ilgili iş sağlığı ve güvenliği düzenlemelerine bakıldığında, yeterli önlemler alınırsa kötü topraklar için görece dik şevlerde çalışma imkânı doğmaktadır. İngiltere' de uygulanan iksa gözlem raporu Türkiye' ye adapte edilebilir. Hong Kong'ta var olan geçmiş şev kaymalarına ait veritabanı benzeri bir sistem İller Bankası'na oluşturulabilir. Maliyet açısından iksa yapımını düzenli takip etmek, hem gerekli iş sağlığı ve güvenliğini sağlayacak hem de doğru maliyeti elde etmeye katkıda bulunacaktır. Şev ve iksa karşılaştırmasında, iki seçenekten biri zemin tipine ve çalışma ortamına göre daha cazip hale gelmektedir. Gerekli iksanın uygulanmaması işverene ve şirket yöneticilerine ciddi miktarda mali külfet getirmektedir. İş kazası maliyetlerinin görünen ve görünmeyen tarafları vardır, görünmeyen tarafları çok ciddi maliyetlere varabilir. Mali açıdan en uygun seçim gerekli iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini almaktır.

Anahtar Kelimeler : İksa, Şev, Palplanş, Wellpoint, İş Güvenliği, İksa Maliyeti, İlbank A.Ş.

Sayfa Adedi : 90

Tez Danışmanı : Adnan YIKILMAZ (Kurum)
Doç. Dr. Asu İNAN (Üniversite)

Comparison of Shoring Structure Types Used in Infrastructure Works from the Performance and Approximate Cost View

(Expertise Thesis)

Mehmet Can ETİZ

İLBANK A.Ş.

April 2017

ABSTRACT

Shoring systems are the engineering structures which restrains lateral movements of soil. Shoring system types which are used in infrastructures depend on ground and working conditions. In practice, for relatively strong soils wooden shoring is used, trench boxes are used for relatively moderate soils and for weak soils sheet piles are used. There is also Wellpoint system alternative for weak soils. Sheet piles have widespread usage. In calculations of lateral earth pressure for obtaining sheetpile driving depth, Rankine Theory is safer when compared to Coulomb Theory. When a safety factor applied to Coulomb Theory based calculations, results get closer to Rankine Theory based calculations. In Turkey, from the health and safety view the most comprehensive study is the Health and Safety Code for Construction Works. When Canadian Standards examined, if proper health and safety measures taken, excavation works may be performed in relatively steep slopes for bad soils. Trench observation reports, which are used in England, may be adapted to Turkey. A system like slope failure database which is used in Hong-Kong can be formed by İlbank A.Ş. Regular observations on trenches are important for health and safety and cost points of views. In slope and shore comparison, the decisive points are the ground and working conditions. Avoiding from shoring leads to high costs to both employer and executives. Work accident costs have apparent and invisible sides; the invisible sides of the work accident costs may have serious amounts. From the cost view the most suitable selection is taking proper health and safety measures.

Key Words : Shoring, Slope, Sheet Piles, Wellpoint, Health and Safety, Shoring Cost, İlbank A.Ş.

Page Number : 90

Supervisor : Adnan YIKILMAZ (Corporate)
Assoc. Prof. Dr. Asu İNAN (University)

TEŞEKKÜR

Tezle ilgili verilere ve kaynaklara ulaşmamda yardımcı olan, tez sürecindeki desteği ve yapıcı geri dönüşleri için “İller Bankası A.Ş.” Yatırım Koordinasyon Dairesi Üstyapı Grup Yetkilisi İnş. Yük. Müh. Sayın Adnan YIKILMAZ’a, olumlu geri dönüşleri için “Gazi Üniversitesi”nden akademik tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Asu İNAN’a, lisans ve yüksek lisans eğitiminde aldığım bilgiler için “Orta Doğu Teknik Üniversitesi”nden tüm hocalarıma olmakla beraber öncelikle Sayın Prof. Dr. Bahadır Sadık BAKIR’a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nejan HUVAJ SARIHAN’a, sağladıkları destek için “İller Bankası A.Ş.”den müdürüm Sayın Nuray BERBERER’e ve grup yetkilim Sayın Çağlayan ÇAKAN’a, ilgili kaynakları edinmemi sağlayan “Altyapı Uygulama Dairesi” müdürlerinden Sayın Hasan BOYALI ’ya ve aynı daireden Teknik Uzman Sayın Halil DANACI’ya, ayrıca İller Bankası ile ilgili geoteknik ve yaklaşık maliyet konularındaki nazik yardımları için “İller Bankası A.Ş.”den Sayın Özlem BALCIOĞLU GÜNER’e, tez sürecimde bana destek sağlayan “İller Bankası A.Ş.”den değerli arkadaşlarım Samet Serkan ÖZEK, Emre AYTAÇ, Erdem GÖK, Esra HELVACI, Murat CENGİZ, Filiz GÜL, Pınar LİVAOĞLU ‘na ve ilgili birim fiyatlara ulaşmamda yardımcı olan Veli ZENGİN abime, son olarak bu süreçte varlıklarıyla güçlü olduğum, her zaman ve her yerde desteklerini benden esirgemeyen sevgili eşime, anneme ve kardeşime teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vii
RESİMLERİN LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
GİRİŞ.....	1
1. ALTYAPI İŞLERİNDE ZEMİN VE KAZILAR	3
1.1. Altyapı İşlerindeki Zeminlere Yönelik Genel Bilgiler.....	3
1.2. Altyapı İşlerindeki Kazılar ve Kazı Türleri	5
1.2.1. Kazının boyutlarına göre sınıflandırılması	5
1.2.2. Altyapı işlerindeki iş ve işçi güvenliği bakımından kazı türleri	6
2. ALTYAPI İŞLERİNDE İKSALAR VE İKSA TÜRLERİ	9
2.1. İksa Çeşitleri.....	9
2.1.1. Ahşap iksalar	9
2.1.2. Çelik panolarla yapılan iksa	10
2.1.3. Çelik palplanş iksa	10
2.1.4. Wellpoint sistemi	12
2.2. İksa Uygulamalarında Uygulanan Zemin İyileştirme ve Malzeme Özellikleri ..	13
2.3. Palplanş İksa Tasarım Kıstaslarının Örneklemeler Üzerinden İrdelenmesi.....	15
2.3.1. İller Bankası'na hazırlanmış örnek palplanş raporu	15
2.3.2. Coulomb ve Rankine katsayıları kullanarak çakma derinliği hesabı	17
2.3.3. Ulaştırma Bakanlığı geoteknik tasarım hesaplarına göre çakma derinliği bulma	25
3. İKSALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	32
3.1. Türkiye' de İş Sağlığı ve Güvenliği	33
3.2. Altyapı Kazıları	34
3.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Düzenlemelerinde Kazı Çalışmaları	35
3.3.1. Tanım ve terimler.....	36
3.3.2. Tehlike ve riskler.....	36
3.3.3. Göçük riski	37
3.4. Altyapı Kazılarındaki İş Sağlığı ve Güvenliği ile İlgili Dünya'daki Çalışmalardan Örnekler	38
3.4.1. Kanada.....	38
3.4.2. Amerika.....	42
3.4.3. İngiltere	42
3.4.4. Hong Kong	45
4. İKSALARDA YAKLAŞIK MALİYET	47
4.1. İller Bankası'ndaki Kazı Uygulamalarına Yönelik Tavsiyeler	47
4.2. Şev Kazısı ve İksa Tipleri İçin Örnek Yaklaşık Maliyetler	48
4.2.1. Şev - iksa mukayesesi	48

4.2.2. Palplanş ve Wellpoint maliyet mukayesesi.....	51
4.3. İksa Uygulamalarından Kaçınmanın Maliyeti	59
4.4. İş Kazalarının Maliyeti.....	59
SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	67
ÖZGEÇMİŞ	90

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 2m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı	18
Çizelge 2.2. 2m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla moment hesabı	19
Çizelge 2.3. 3m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı.....	21
Çizelge 2.4. 3m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla moment hesabı	21
Çizelge 2.5. 2m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı	23
Çizelge 2.6. 2m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla moment hesabı	23
Çizelge 2.7. 3m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı	24
Çizelge 2.8. 3m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla moment hesabı	25
Çizelge 2.9. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 2m hendek için kuvvet ve kuvvet kolu hesabı.....	28
Çizelge 2.10. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 2m hendek için moment hesabı.....	28
Çizelge 2.11. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 3m hendek için kuvvet ve kuvvet kolu hesabı	29
Çizelge 2.12. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 3m hendek için moment hesabı.....	29
Çizelge 2.13. Larssen profillerin özellikleri	31
Çizelge 3.1 İş kazası ve meslek hastalıkları istatistikleri.....	33
Çizelge 4.1. İller Bankası ahşap iksa analizi.....	50
Çizelge 4.2. İller Bankası çelik palplanş çakma analizi.....	52
Çizelge 4.3. İller Bankası çelik palplanş sökme analizi.....	53
Çizelge 4.4. Larssen 20'ye ait malzeme fiyat analizi	54
Çizelge 4.5. Zigana Zemin'den elde edilen teklif.....	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dik kenarlı kazıya karşı şevli kazı, iksalı kazı ayırımına ait şekil.....	7
Şekil 2.1. Wellpoint sistemi uygulaması.....	13
Şekil 2.2. Zemin ıslah deneyinin uygulanışını gösterir şematik en ve boy kesitler.....	14
Şekil 2.3. İdealize zemin profili.....	15
Şekil 2.4. Zemin profilinde kuvvet dağılımı.....	18
Şekil 2.5. NAVFAC standartlarına göre sızma derinliği.....	20
Şekil 2.6. Ankrajlı duvarlarda moment azaltma katsayısı.....	30
Şekil 3.1. Kazı ve hendek arasındaki fark.....	38
Şekil 3.2. İyi toprak için önerilen şevlendirme oranı.....	40
Şekil 3.3. Orta halli toprak için önerilen şevlendirme oranı.....	40
Şekil 3.4. Kötü durumdaki toprak için önerilen şevlendirme oranı.....	41
Şekil 3.5. İksa gözlem raporu.....	44

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tam kaplamalı ahşap iksa uygulaması	9
Resim 2.2. Çelik pano iksa uygulaması	10
Resim 2.3. Önkazı ve palplanş çakım hattının belirlenmesi	11
Resim 2.4. Palplanş içinde hat ve tabakalar halinde sıkıştırma işlemi	12
Resim 3.1. Hendek kazısı örnekleri	35
Resim 3.2. Hong Kong şev güvenliği internet sitesi ekran görüntüsü.....	45
Resim 4.1. Benda Endüstriyel Pompa Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nden edinilen teklif	56
Resim 4.2. Yetersiz iksa uygulaması ve sonucunda oluşan hasar	59

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
£	İngiliz Sterlini (Pound Sterling) para birimi
€	Euro para birimi
c	Kohezyon
c_w	Duvar Tutunması, adhezyon
d	Çakma uzunluğu
D	Sızma uzunluğu
E	Elastik modülü
GPa	Gigapascal
G_s	Güvenlik sayısı
H	Hendek derinliği
H_w	Su tablası derinliği
I_p	Etki faktörü
K_A	Aktif yanal basınç katsayısı
kN	Kilonewton
K_p	Pasif yanal basınç katsayısı
kPa	Kilopascal
MPa	Megapascal
P_A	Bileşke aktif kuvvet
P_p	Bileşke pasif kuvvet
q	Sürşarj yükü
r	Yatay uzaklık
R, A_p	Destek/ankraj kuvveti
u	Boşluk suyu basıncı
w	Hendek genişliğinin yarı uzunluğu
z	Toprak derinliği
α	Toprak yüzeyinin yatay eksenle pozitif yönde yaptığı açı
β	Duvar yüzeyinin yatay eksenle pozitif yönde yaptığı açı
γ	Özgül ağırlık
δ	Duvarla toprak arasındaki sürtünme açısı

π	Pi sayısı
ρ	Esneklik katsayısı
Φ	İçsel sürtünme açısı
ϕ	Milimetre cinsinden boru çapı

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AWWA	Amerikan Su İşleri Birliği
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DLH	Demiryolları, Limanlar, Havayolları
HES	Hidroelektrik Santrali
IHSA	Altyapı İş Sağlığı ve Güvenliği Kuruluşu
İMO	İnşaat Mühendisleri Odası
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
KDV	Katma Değer Vergisi
NAVFAC	Amerikan Donanma Tesisleri Mühendislik Komutanlığı
OSHA	Mesleki Sağlık ve Güvenlik İdaresi
RG	Resmi Gazete
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TL	Türk Lirası
TMMOB	Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YASS	Yeraltı suyu seviyesi
YİİSGY	Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği

GİRİŞ

İnşaat mühendisliği uygulamaları için yapılan derin kazı çalışmaları esnasında zemin kütlelerinin yanal yönde hareketini sınırlayan ve onları tutmaya yarayan yapılara iksa sistemleri denir. Bu sistemlerdeki ana amaçlar, kazı içinde çalışan işçilerin can güvenliğini sağlamak ve inşa edilecek olan derin kazının etrafında bulunan bina, yol ve altyapı tesisleri gibi çeşitli yapıların emniyetini sağlamaktır.

Altyapı inşaat çalışmalarında yapılan kazılar genelde hat şeklinde olup, boyu eni ve derinliğine nazaran oldukça uzun olan bu kazılar hendek kazısı olarak adlandırılmaktadır. Hendek kazılarına örnek olarak kanalizasyon, yağmursuyu, içmesuyu ve doğalgaz şebeke hatları kazıları örnek verilebilir. Hendek kazısı çalışmaları sırasında zemin kütlelerinin duraylılığı (stabilitesi) ile ilgili sorunlar yaşanabilmektedir. Bu sorunlara çözüm olarak ise çalışma ortamının şartlarına ve toprak yapısına bağlı olarak şevli kazılar veya iksa sistemleri kullanılmaktadır.

Altyapı uygulamalarında kullanılan iksalar görece güçlü zeminler için ahşap, orta güçte zeminler için çelik pano, zayıf ve genelde sulu zeminler için ise palplanş¹ ve Wellpoint² sistemleri olarak sınıflandırılabilir.

Bu çalışmada amaçlanan ilk olarak, iksa ile ilgili altyapı oluşturacak bilgileri sunduktan sonra altyapı işlerinde kullanılan iksa çeşitlerini tanıtmak, sonrasında zemindeki yanal basınç teorilerinden yola çıkılarak örnek bir palplanş hesabının, farklı yöntemlerle çakma derinliğini bulmaktır. Daha sonrasında ise, iş güvenliği konusuna giriş yapmak, altyapı kazıları ve bu kazıların iş güvenliği açısından irdelemek ve dünyada yapılan altyapı kazı çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) ile ilgili çalışmalardan örnekleri incelemek gelmektedir. Son olarak ise, altyapı kazı uygulamalarına dair tavsiyeler ve uyulmaması halinde doğabilecek örnek maliyet, birbirlerinin muadili olabilecek şevli kazı veya iksa sistemlerinin maliyet mukayesesini yapmak, iksa uygulamalarından kaçınmanın maliyeti ve iş kazalarının genel anlamda maliyetini irdelemek amaçlanmaktadır.

¹ Çok akıcı ve su çıkma ihtimali olan ya da su içindeki zeminleri desteklemek için uygulanan tahkimat (çökmeyi önlemek amacıyla kurulan destek) çeşididir.

² Düşey kuyuların zemine çakılmasıyla (Wellpoint), vakum pompalarıyla emilen yeraltı suyunun, yatay kolektörlere bağlanarak tahliye edildiği drenaj (su tahliyesi) sistemidir.

Bu alışmada İller Bankası'ndan Cemal GENÇ' in 1997 yılında ve Halil DANACI'nın 2009 yılında sunum yaptıkları seminer notlarından, İller Bankası'na hazırlanan örnek palplanş hesaplama raporundan, iksalarla ilgili Türk Standardından (TS 2519), Ulaştırma Bakanlığı Geoteknik Tasarım Esaslarından, iksalarda İSG ile ilgili Türkiye'den ve Dünya'dan standartlardan, İller Bankası'nın ve evre ve şehircilik Bakanlığının 2016 yılı birim fiyatlarından yararlanılmıştır.

1. ALTYAPI İŞLERİNDE ZEMİN VE KAZILAR

Bu bölümde öncelikle kazılar, kazı sonrasındaki oluşacak göçmeler ve bu göçmeleri önlemek için yapılan iksalardan bahsedilecektir. Sonrasında ise iksa sistemi tanımlanacak ve hangi durumda hangi iksanın tercih edilmesi gerektiğine dair bilgiler yer almaktadır.

1.1. Altyapı İşlerindeki Zeminlere Yönelik Genel Bilgiler

Kazı çalışmaları, inşaat sektöründeki iş kazalarının sıklıkla görüldüğü alanların başında gelmektedir. Buna sebep olarak da dikkatsizlik örneği verilebileceği gibi, uygulanması gereken tedbirlerin yeterince anlaşılamaması veya uygulanmaması da verilebilir. Bu durum kazı alanında çalışan işçiler için tehlike arz etmekte ve can kaybı veya sakatlanmalara yol açabilmektedir.

İksa sistemleri toprak/zemin kütlelerinin yanal yönde hareketlerini sınırlandırarak onları tutmaya yarayan mühendislik yapılarıdır. İksa çeşitlerini irdelemek için gerekli topraktaki basınç dağılımları, toprağın/zeminin kayma mukavemeti ve yanal toprak basıncı gibi teorik konular Ek-1’ de anlatılmaktadır.

Günümüz modern şehirciliğinin önemli bir parçası da derin kazılardır. İnşa edilecek yapılara tahsis edilen arsalar, hem çok sınırlı hem de çok değerli olduğu için tahsis edilen alanın en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir (Danacı, 2009: 2).

Derin kazı tasarımı, konuya ilişkin mühendisleri bu alanda ciddi çalışmalara yöneltmiş ve bu konuda oldukça başarılı uygulamalara imza atılmıştır. Ankara Metrosu 3. Aşama Kızılay makas yapısı buna verilebilecek bir örnektir. Bu çalışmalarda, gerekli olan güvenlik koşullarının sağlamanın yanı sıra ortaya çıkan maliyetler de mühendislik açısından son derece önemlidir.

Kazı derinliği boyunca oluşacak basınç dağılımının tespiti, derin kazılarda en önemli noktalardan bir tanesidir. Bu dağılım birçok faktöre bağlıdır: Zeminin cinsi, su durumu, yakın çevredeki bina, yol gibi dış etkenlerden gelen yükler (örneğin iş makinesi ve titreşim yaratabilecek el aletlerinden kaynaklanan titreşim vs.).

İksa sisteminin seçiminde iksanın hangi zemin cinsinde yapıldığı büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında, tasarımın güvenliği kadar maliyeti de tasarımı yapacak mühendis için ayrıca üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu nedenle söz konusu unsurlar gözetilerek çalışılan zemine ve uygulanan projeye en uygun iksa sisteminin seçilmesi gereklidir.

Geoteknik mühendisliğinin gözettiği en önemli hususların başında güvenlik ve maliyet vardır. Gereğinden fazla güvenli bir yapı ekonomik olmayacak, teknik standartları sağlamayan ekonomik bir yapı da güvenli olmayacaktır.

Göçme çeşitleri

Kazı çalışmaları sırasında oluşabilecek zemin hareketleri ve bunların sebeplerinin tespiti, sorunların çözümüne katkıda bulunabilecek önemli hususlardan biridir. Kazı çalışmaları esnasında oluşabilecek zemin hareketleri zemin yapısına bağlı olarak değişmektedir. Alüvyon zeminleri kohezyonlu¹ ve kohezyonsuz olarak ayrıldığında; kanalizasyon inşaatlarına yönelik kazı çalışmalarında karşılaşılan zemin stabilite özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Danacı, 2009: 2-3):

Kohezyonsuz zeminlerin özellikleri,

- Bölgesel (lokal) dökülmeler, bölgesel (lokal) kopmalar,
- Bölgesel kütleli kaymalar ve yıkılmalar,
- Büyük ölçekli kütleli kayma ve kütleli göçme,
- Devamlı malzeme akması ve kütleli kayma sonucu yan duvarların kapanmasıdır.

Kohezyonlu zeminlerin özellikleri,

- Lokal kütleli kopmalar,
- Kütleli kopma ve kaymalar,
- Büyük ölçekli kütleli kopma ve göçme,
- Devamlı kütleli kopma sonucu yan duvarların kapanmasıdır.

¹ Kohezyon: Latince cohaerere (bir arada bulunma) sözünden gelen molekül çekim kuvveti anlamındadır. Zemin mekaniğinde, zemin daneleri arasındaki elektriksel çekim kuvvetine ve bundan kaynaklı mukavemete verilen addır.

1.2. Altyapı İşlerindeki Kazılar ve Kazı Türleri

Bu kısımda, altyapı uygulamalarındaki kazılar, boyutlarına ve iş güvenliğine göre sınıflandırılmış olup aşağıda incelenmektedir.

1.2.1. Kazının boyutlarına göre sınıflandırılması

Kazı çeşitleri, “Ahşap İksa Hesap, Yapım, Bakım Söküm ve Dolgulama Kuralları” başlıklı TS 2519’da (8 Nisan 1989) aşağıdaki şekilde ele alınmıştır (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 1989: 3-7).

Kazının boyutuna göre kazı çeşitleri, hendek kazısı, sığ hendek kazısı, normal hendek kazısı, derin hendek kazısı, temel kazısı olarak ayrılırken; kazı derinliklerine göre kazı çeşitleri serbest kazı, derin kazı, geniş derin kazı, dar derin kazı ve özel kazı olarak ayrılır.

Hendek kazısı, çeşitli amaçlarla, her türlü zeminde yapılan ve boyu eninden önemli ölçüde uzun kazıdır (örneğin şebeke hatlarında yapılan kazılar). Sığ hendek kazısı, Derinliği 1,25m’ye kadar olan hendek kazısıdır. Normal hendek kazısı, derinliği 1,25m-4,50m arasında olan hendek kazısıdır. Derin hendek kazısı, derinliği 4,50m’den fazla olan hendek kazısıdır. Temel kazısı, çeşitli araçlarla, her türlü zeminde yapılan ve boyu ile eni arasında önemli ölçüde fark olmayan kazılardır (örneğin muayene bacalarında, terfi merkezlerinde yapılan kazılar).

Serbest kazı, bina inşaatlarında; temelin tabii zeminle kesiştiği en alçak noktadan geçen sıfır düzleminin üstünde kalan kazılardır. Derin kazılar, serbest ve özel kazılar haricindeki ve makine veya elle aşağıdan yukarı atılarak veya çıkarılarak yapılan kazılardır. Geniş derin kazılar, taban genişliği 1,00m ve daha fazla olan kazılardır. Dar derin kazılar, taban genişliği 1,00m ve daha az olan kazılardır. Özel kazılar, tünel, galeri, su altında hava basınçlı keson, 8,00m’den derin kuyu ve benzeri kazılardır.

1.2.2. Altyapı işlerindeki iş ve işçi güvenliği bakımından kazı türleri

Kazılar iş ve işçi güvenliği bakımından yapılış şekillerine göre, şevli kazılar ve iksalı kazılar olarak ayrılırlar.

Şevli kazılar

Şev, zeminin kendini tutabileceği bir açıda eğimli olarak kazı yüzeylerinin oluşturulmasıdır. Bu çalışma eğimli kazı çalışması olarak da adlandırılabilir. Toprak ve kayadaki kazı çalışmalarında yan yüzeylerin 1,50 m'den yüksek olması durumunda, inşaat temelindeki zemin ve yeraltı su durumuyla gelen yükler göz önünde bulundurularak iksa sistemlerine seçenек olarak kendini tutabilecek biçimde şev açısı verilerek kazı yapılabilir. Şev eğimi ise, zeminin özelliği, inşaat çukuru ve hendeklerin açık bırakılacağı sürenin, kazı içinde ve yakınındaki yüklerin, sarsıntıların da göz önünde tutularak belirlenmelidir. Buna örnek verilebilecek bir standart ikinci bölümde verilmektedir. Zemin yapısının veya fiziki şartların, çevresel faktörlerin şev için uygun olmaması halinde, şevli kazı yapma olanağı bulunmamakta ve iksa sistemleri tercih edilmektedir (Danacı, 2009: 3).

İksalı kazılar

İksa, iş ve işçi güvenliği için kazı yüzeylerini tutmakta kullanılan sistemin tümüdür. İnşaat kazıları ve hendekler için genellikle 1,50 m derinliğe kadar herhangi bir emniyet önlemi almadan (şev veya iksa) düşey olarak kazı yapılabilir. Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'ne (YİİSGY) göre 1,50 m'yi geçen kazılarda özel emniyet önlemleri alınmalıdır. İller Bankası'ndaki genel uygulamalar bu derinliğe göre olmakla beraber, bazı hallerde daha sığ derinliklerde de iksa uygulaması gerekebilmektedir. İksalı kazılarda genel kural olarak, hendek yan yüzeyleri düşey olmalı ve yapılan iksa kaplamaları ile hendek yan yüzeyleri arasında boşluk bulunmamalıdır. Aksi halde çöküntüler ve şevlenmeler büyüyebilir. Bu durumu görsel olarak özetleyen akış şeması Şekil 1.1 'de gösterilmektedir (Danacı, 2009: 3).

İksa tipi seçimini etkileyen faktörler: Kazının boyutları, zemin yapısı ve yeraltı suyu, kazının açıkta kaldığı süre uygulanacak iksa seçimini etkileyen faktörler şeklinde sıralanabilir. Bunlar kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir (Danacı, 2009: 4).



Şekil 1.1. Dik kenarlı kazıya karşı şevli kazı, iksalı kazı ayırımına ait şekil (Danacı, 2009:4)

Zemin yapısı ve yeraltı suyu faktörü: Kohezyonsuz zeminlerde, çakıl ve kum oranı yüksek ve denge esas olarak malzemenin sürtünme yeteneğine bağlıdır. Bu zeminlerde yeraltı suyu seviyesindeki (YASS) değişimler zemin dengesinde bozulmalara yol açar.

Hava koşulları faktörü: Yoğun yağış düşen süreler içerisinde yeraltı su seviyesindeki ve topraktaki su oranındaki değişimler zemin dengesini bozar. Bu duruma örnek olarak kuruma çatlakları oluşmuş bir kilde, yağışlara bağlı olarak çatlakların suyla dolması zemin duraylılığında (stabilitesinde) değişimlere neden olması verilebilir. Kumlu zeminlerdeki su oranı artışı ise zeminin daha fazla akıcı olmasına yol açar. Daha çok mevsimsel nedenlere bağlı olan bu durum uygulanacak iksa çeşidini etkileyebilmektedir.

Kazı Genişliği Faktörü: Yüzeyler arasında bulunan göğüsleme/karşılama kirişlerinin durumu kazı genişliğinin artmasından etkilenmektedir. Kazı yüzeylerinin karşıdan karşıya söz konusu kirişler ile desteklenmesinin ekonomik olmadığı genişliklerde; kazı, şevli olarak ya da değişik iksa tasarımları uygulanacak şekilde projelendirilebilir (Örneğin ankraj uygulamaları vs.).

2. ALTYAPI İŞLERİNDE İKSALAR VE İKSA TÜRLERİ

Bu bölümde altyapı uygulamalarında kullanılan iksa türleri irdelenecek ve İller Bankasında hâlihazırda kullanılan veya kullanılabilecek iksa türleri anlatılacaktır.

2.1. İksa Çeşitleri

İller Bankasınca yapılan kanalizasyon inşaatlarında iki tür iksa uygulaması mevcut olup bunlar ahşap iksalar ve çelik iksalar şeklindedir, ayrıca palplanş sistemine seçenek olabilecek Wellpoint sistemi de banka uygulamalarına ek olarak aşağıda açıklanmaktadır.

2.1.1. Ahşap iksalar

Ahşap iksalar kendi içerisinde üçe ayrılır. Bunlar, aralıklı ahşap iksa, sık aralıklı ahşap iksa ve tam kaplama şeklindedir. Aralıklı ahşap iksa uygulamasında hendek yan yüzeyleri %40 oranında ahşapla kaplanır. Bu oran sık aralıklı ahşap iksada hendek yan yüzeylerinin %70'i olacak şekilde uygulanır. Tam kaplamalı iksada ise yan yüzeylerin tamamı iksa elemanları ile kaplanır (İller Bankası 6. Bölge Müdürlüğü, 2007: 1). Bu tip iksalar kazı yapıldıktan sonra kendini bir süre tutan zeminlerde yapılır. Tam kaplamalı ahşap iksa uygulaması Resim 2.1'de gösterilmektedir.



Resim 2.1. Tam kaplamalı ahşap iksa uygulaması (Bancker Corporation:2016)

TS 2519’ da herhangi bir statik hesaba gerek duyulmaksızın uygulanabilecek ahşap iksa tipleri şekil olarak gösterilmiş ve iksa elemanlarının boyutları ile karşılayabilecekleri kuvvetler tablo halinde verilmiştir (Danacı, 2009: 5).

2.1.2. Çelik panolarla yapılan iksa

Çelik panolarla yapılan iksa sisteminde belirli ebattaki çelik panolar çelik rayların ortasında yer alan kanala indirilir. Bu sistemde iksa ve kazı çalışmaları paralel bir şekilde ilerler. Çelik pano iksa kullanılmasına karar verilen hatlarda çelik pano iksanın mutlaka iki baca arasını kaplayacak şekilde uygulanması temin edilmelidir. Bu tip iksalar ahşap iksalara göre biraz daha zayıf zeminlerde kullanılır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Çelik pano iksa uygulaması (Danacı, 2009: 5) ve (Aşçı, 2012: 18)

2.1.3. Çelik palplanş iksa

Çelik palplanş iksa sisteminde birbirine geçmeli çelik levhalar, gücünü bağlı bulunduğu ekskavatörden alan hidrolik bir çakıcı tarafından zemine çakılır. Çelik palplanş iksa sistemlerinde önce iksa uygulanır, sonra ise kazı yapılır. Hendekte inşa edilecek kanalizasyon şebeke hattının taşıdığı atıksu yerçekimi (cazibe) etkisiyle en düşük kotta

toplanır. Bu kot seviyesinde yeraltı suyu ile karşılaşma olasılığı yüksektir. Çelik palplanş iksa sistemi daha çok akıcı bir davranış gösteren ve yeraltı su seviyesi yüksek dolayısıyla oldukça zayıf zeminlerde uygulanmaktadır.

Palplanşlar birbirine geçmeli olarak çakılır. Eğer zemin çoğunlukla siltli ve ince kum içeriyorsa hendeğin bitiş bacası tarafına alın palplanşı da çakılmalıdır. Sonrasında palplanşların iki baca arasında çakılmasını müteakip kazı işlemine geçilir (Resim 2.3). Genellikle kazı derinliğinin 1/3'üne ulaşıldığında göğüsleme ve destekleme profil kirişleri yerleştirilir. Kazı tamamlanırken, boru et kalınlığı, yataklama ve ıslah kalınlıkları dikkate alınır. Yeraltı su seviyesi kazı taban kotuna indirilir. Bunun için kazının yapılması ile paralel olarak motopomp¹çukuru da oluşturulur. Varsa zemin iyileştirme (ıslah) ve yataklamanın² tabakalar halinde serilip sıkıştırılmasını müteakip ferşiyat³ işlemine geçilir. Resim 2.4'te palplanş içinde hat ve tabakalar halinde sıkıştırma işlemi gösterilmektedir (Danacı, 2009: 6).



Resim 2.3. Önkazı ve palplanş çakım hattının belirlenmesi (Danacı, 2009: 6)

Kolektör hatlarındaki sıkıştırma işlemlerinde hendek genişlikleri titreşimli silindirlerin kullanılmasına yetecek boyuttadır. Şebeke hatlarında ise bu yeterli genişlik

¹ Motorlu tulumbadır.

² Altta temel teşkil edecek toprak tabakasını oluşturmaktır.

³ Döşemek kelime anlamına sahip, spesifik olarak boru döşemek anlamında kullanılmaktadır.

bulunmamaktadır. Ancak günümüzde bu genişlikte çalışabilecek mini silindir ve kompaktörler de mevcuttur.

Ferşiyat (boru döşemesi) işleminden sonra önceden belirlenmiş uygun malzeme ile sıkıştırılarak boru etrafı ve üstüne gömlekleme¹ yapılır. Bu aşamadan sonra ise hendek yüzeyine kadar dolgu işlemi gerçekleştirilir. Dolgunun her etabında tabakalar halinde sıkıştırma işlemi yapılmalıdır (Danacı, 2009: 6).

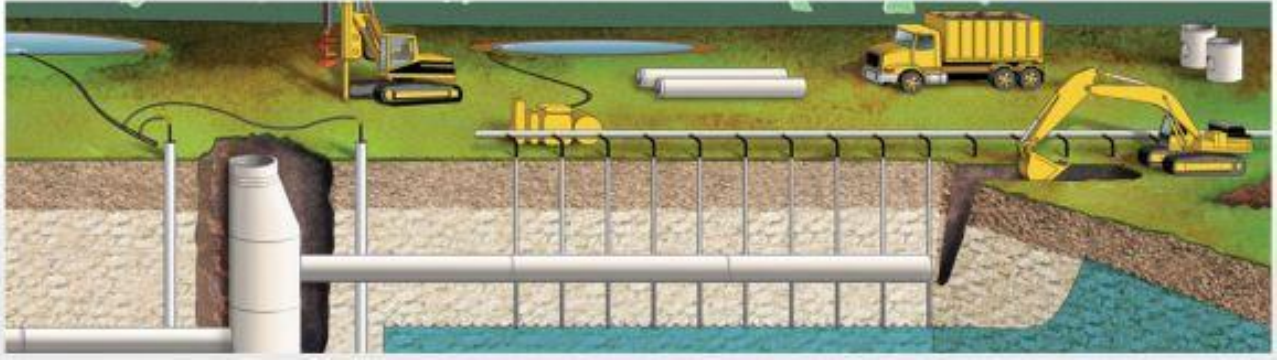


Resim 2.4. Palplanş içinde hat ve tabakalar halinde sıkıştırma işlemi (Danacı, 2009: 7)

2.1.4. Wellpoint sistemi

Türkçe karşılığı nokta kuyu olarak önerilebilecek Wellpoint sisteminde zemine düşey olarak çakılan vakum pompaları vasıtasıyla yeraltı suyu emilir ve yine vakum pompaları yardımıyla yatay bir hattan tahliye edilir. Wellpoint sisteminde amaç kazı, hendek vs. yapılacak yerde yeraltı su seviyesini düşürmek suretiyle susuzluğu sağlamaktır. Şekil 2.1 ‘de Wellpoint sistemi gösterilmektedir (Zigana, 2016).

¹ Bir malzemenin üzerini, dış etkenlerden korumak amacıyla başka bir malzeme ile kaplanması.



Şekil 2.1. Wellpoint sistemi uygulaması (Zigana, 2016)

Bu sistemde yeraltı su seviyesinin tabii zemin kotundan indirilme uzunluğu 6-7 m kadardır. Wellpoint sistemi isale hatları ve kanalizasyon şebeke hatları gibi projelerde kullanılmaktadır. Palplanş kullanılan kumlu, su seviyesi ve muhtevası yüksek zeminlerde Wellpoint sistemi palplanş sistemine seçenек olabilir. Wellpoint sisteminin tercih sebeplerinden en önemlileri zaman ve maliyetten tasarruftur (Zigana, 2016).

2.2. İksa Uygulamalarında Uygulanan Zemin İyileştirme ve Malzeme Özellikleri

Altyapı şebekelerine ait hendek kazılarında zemin iyileştirmesi gereken hatlarda aynı zamanda palplanş uygulanmaktadır. Zemine serilecek iyileştirme malzemesinin kalınlığını ve içeriğini belirlemek için sahadaki gerekli şartların tümünü sağlamak gerekir.

Zemin iyileştirme gereken hatlarda, iyileştirme kalınlığını belirlemek için daha önce benzer yapılmış işler de göz önünde bulundurularak malzeme tipi seçilir, en az üç değişik malzeme kalınlığı uygulanarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilerek zemin ıslah deneyi yapıldıktan sonra (Şekil 2.2) sırasıyla yataklama, ferşiyat, gömlekleme, dolgu ve palplanş çakılması işlemleri yapılır.

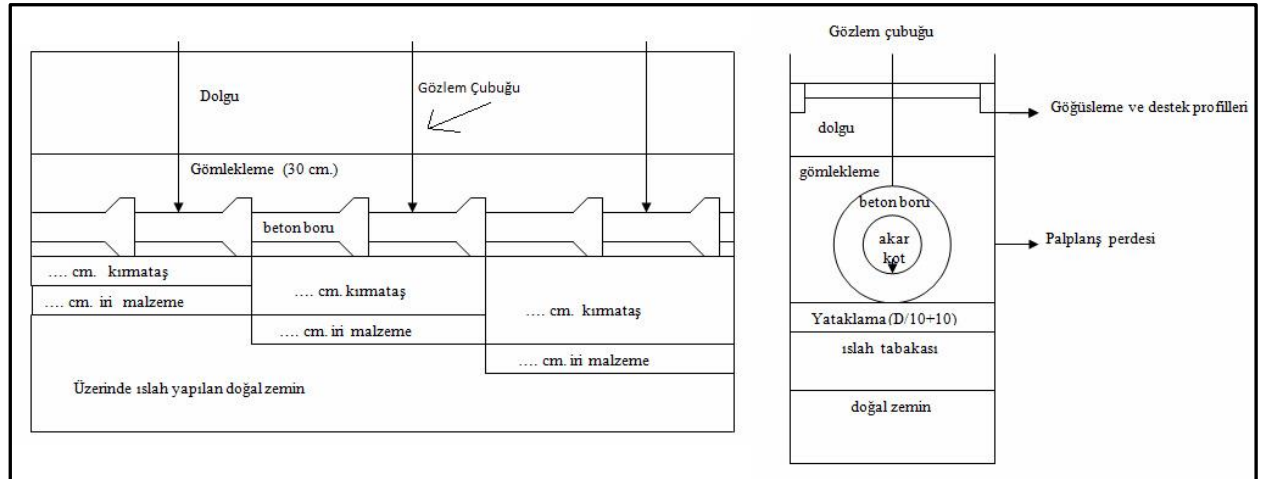
Uygun zemin iyileştirme kalınlıklarının belirlenmesi için farklı çaplar ve farklı kalınlıklar için oturma deneyi yapılır.

Danacı (2009)'da belirtilen bir başka husus ise, yeraltı suyu seviyesi yüksek ve gevşek-çok gevşek siltli, yumuşak killi zeminlerde tabana bir miktar kırmataş serilmesi (30-150 mm tane çapı), üstüne ise sıfırdan 70 mm'ye kadar (0mm-70mm) tane çapında kırmataş malzeme kullanılmasının verimli (efektif) sonuçlar verdiğidir.

Ayrıca Danacı (2009), Amerikan Su İşleri Birliği¹ (AWWA) M45 nolu yönetmeliğe atıf yaparak, silt-kil oranı düşük iri taneli malzemelerin kolay yerleşebilen, hafif sıkıştırma ile yüksek direnç kazanan malzemeler olduğuna değinmiş ve yine ilgili yönetmelikte aşağıdaki malzeme çapı dağılımına sahip malzemelerin kazandığı direnci belirtmiştir. Buna göre (Aktaran: Danacı 2009: 8):

- %5 civarı ince malzeme (silt-kil) + %15 civarında kum içeren kırmataş malzeme, hendeğe döküldüğünde 7MPa, hafif sıkıştırıldığında 20MPa seviyelerinde pasif dirence ulaşmakta,
- %12 civarı ince malzemeli kum karışımı hendeğe döküldüğünde 1,4MPa, hafif sıkıştırma ile 7MPa, orta dereceli sıkıştırma ile (%80-%85 Standart Proctor) ile 14MPa, yüksek dereceli sıkıştırma ile 20MPa dirence ulaşmaktadır.

Ayrıca, söz konusu zemin iyileştirme işlemleri yapılırken YASS kesinlikle hendek seviyesinin alt tabanına düşürülmeli ve bunun için hendek uç kısmında pompa çukuru açılmalı, son olarak su se seviyesi ve akışının yüksek olduğu yerlerde hendek uç kısmına alın palplanşı uygulanmalıdır.



Şekil 2.2. Zemin ıslah deneyinin uygulanışını gösterir şematik en ve boy kesitler (Danacı, 2009: 9)

¹ American Water Works Association

2.3. Palplanş İksa Tasarım Kıstaslarının Örneklemeler Üzerinden İrdelenmesi

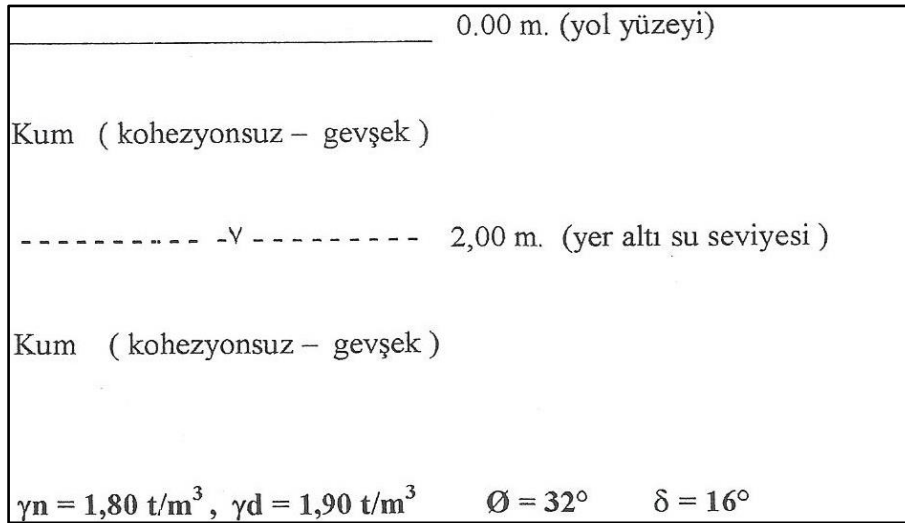
Altyapı uygulamalarında iksalara en çok ihtiyaç duyulan zeminler aynı zamanda en zayıf zeminlerdir. Bu zeminler ise genelde YASS yüksek ve deniz kıyısındaki kumlu zeminlerdir. Söz konusu zeminlerde palplanş sistemi sıklıkla kullanılmakta olup İller Bankasınca hazırlanan örnek palplanş raporu incelenecek ve bu örnek üzerinden tasarım kıstasları irdelenecektir.

2.3.1. İller Bankasınca hazırlanmış örnek palplanş raporu

İller Bankasınca hazırlanmış örnek Çelik Palplanş İksa Hesap Raporu'na ait bilgiler aşağıda verilmektedir.

“.....” Atıksu Arıtma Tesisi ve Kanalizasyon İnşaatı Çelik Palplanş İksa Hesap Raporu; “.....” tarihlerinde mahallinde açılan araştırma çukur çalışmaları neticesinde düzenlenmiş olan, “.....” Atıksu Arıtma Tesisi ve Kanalizasyon inşaatı Özel İksa Cinsi Tespit Tutanağı" nda yer alan veriler doğrultusunda hazırlanmıştır. Tutanakta yer alan boru çapı $\phi 800$ mmlik betonarme borulu kolektör hattından oluşmaktadır (İller Bankası, 2014: 1).

“.....” Kanalizasyon İnşaatı İksa Cinsi Tespit Tutanağı' nda bulunan bilgilerden faydalanılarak aşağıdaki zemin profili çıkarılmıştır (Şekil 1.4).



Hesaplarda yukarıdaki şekilde idealize edilen zemin parametreleri kullanılmıştır. Kazı derinlikleri 2,0 m. ile 6,0 m. arasında değişmekte olup, kazı genişlikleri için aşağıdaki bilgilerden yararlanılmıştır. Boru çaplarına bağlı çalışma payları (cm) aşağıdaki gibidir (İller Bankası, 2014: 2).

A. $\phi_d < 40$ cm ise

$$\phi_d + 2 \times 20 + 2 \times 5 \text{ (cm)}$$

B. $40 \text{ cm} \leq \phi_d < 70$ cm ise

$$\phi_d + 2 \times 35 + 2 \times 5 \text{ (cm)}$$

C. $\phi_d \geq 70$ cm ise

$$\phi_d + 2 \times 60 + 2 \times 5 \text{ (cm)}$$

Zemin yüzeyinde ve hendek kazı kenarında trafik, iş makineleri, imalat için gerekli malzeme ve hafriyattan çıkan geçici olarak depolanacak zemin olmak üzere ilave yükler söz konusudur. Bu etkiler için hesaplarda, $q = 1,5 \text{ ton/m}^2$ sürşarj yükü¹ alınmıştır (İller Bankası, 2014: 2).

Kohezyonsuz zeminlerde toprak basınç katsayıları verilen Eş. 1.1 ve Eş. 1.2' de verilen Coulomb formüllerine göre hesaplanmıştır (ilgili teorik kısımlar Ek-1'de verilmektedir).

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha * \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) * \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.1)$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha * \sin(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha + \delta) * \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.2)$$

Aktif (K_a) ve pasif (K_p) toprak basınç katsayılarının hesaplanmasında zeminin içsel sürtünme açısı $\phi: 32^\circ$, iksa perdesi ile zemin arasındaki sürtünme dikkate alınarak ($\delta=16^\circ$),

¹ Sürşarj Yükü: Taşıyıcı bir yapının üzerine gelen yüküdür.

palplanş perdesinin düşey ($\alpha = 90^\circ$) olarak çakılacağı ve perde arkasındaki dolgu üst yüzeyinin yatay ($\beta = 0^\circ$) olacağı kabul edilmiştir (İller Bankası, 2014: 2).

Palplanş, profilleri için St Sp S malzemesinden ($\sigma_{emn}=21 \text{ kN/m}^2$), göğüsleme ve destek profilleri için St 37 malzemesinden ($\sigma_{emn}=14 \text{ kN/m}^2$) yapılmış çelikler kullanılacaktır. İksa elemanları olarak daha fazla tanınan ve katalogları mevcut Larssen Palplanşları, göğüsleme ve destek için sırası ile I ve U profilleri seçilmiştir. Tüm hesaplamalarda destek kiriş derinliği (ankraj derinliği), yüzeyden itibaren kazı derinliğinin 1/3 'ü alınmıştır. Yapım sırasında çalışmanın kolay yapılabilmesi için destek aralıkları 3,0 m olarak seçilmiştir. Hesaplarda bulunan çakma derinlikleri, emniyetli tarafta kalmak amacı ile %20 oranında artırılarak önerilen emniyetli çakma derinlikleri hesaplanmıştır (İller Bankası, 2014: 3).

2.3.2. Coulomb ve Rankine katsayıları kullanarak çakma derinliği hesabı

2m hendek derinliği için çakma derinliği hesabı

Coulomb formülleriyle hesaplanan yanal toprak basıncı katsayıları, hendek yüksekliği ve yeraltı su seviyesi, suya doymuş (ıslak) ve doğal (kuru) toprak birim ağırlıkları aşağıda verilmektedir ve ilgili Şekil 2.4'te kuvvet dağılımı gösterilmektedir.

$$K_a = 0.278$$

$$K_p = 5,775$$

$$\text{Hendek derinliği } H_{\text{hendek}} = H_{\text{max}} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Su tablası derinliği } H_{\text{su}} = H_w = 2,00 \text{ m}$$

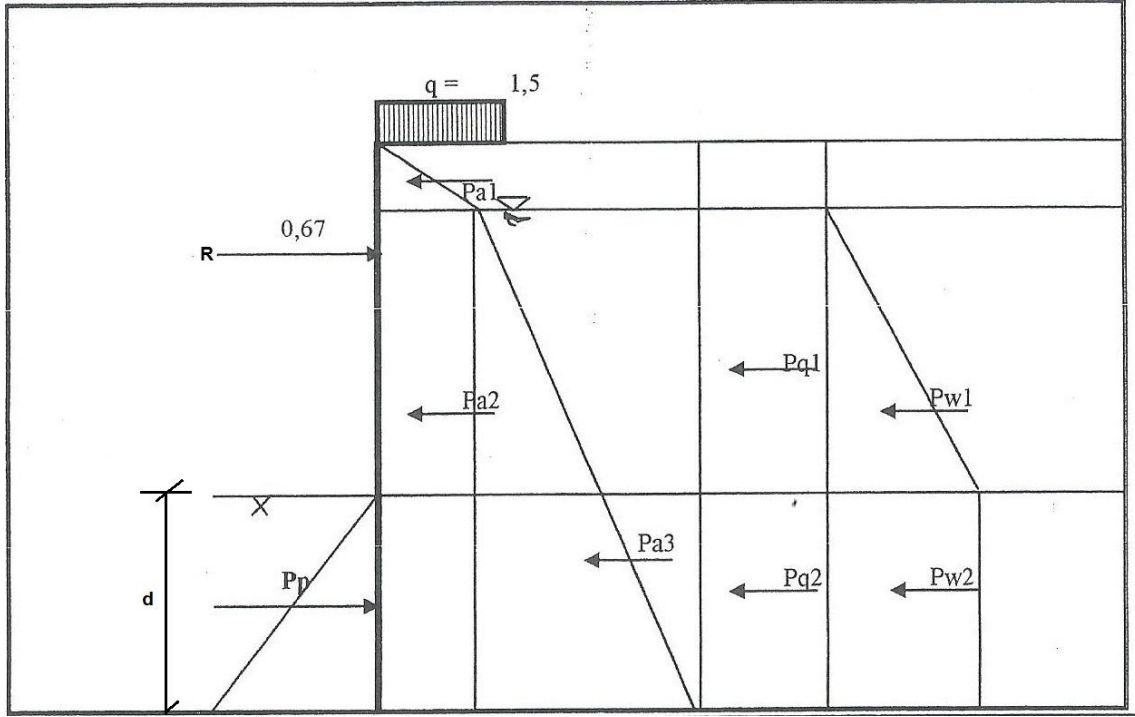
$$\text{Destek kiriş derinliği} = 0,67 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{doymuş}} = \gamma_{\text{ıslak}} = \gamma_{\text{is}} = 1,90 \text{ ton/m}^3, \gamma_{\text{su}} = \gamma_w = 1,00 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_{\text{natural}} = \gamma_{\text{doğal}} = \gamma_{\text{kuru}} = \gamma_n = 1,80 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Hesaplanacak çakma derinliği} = d, \text{ Sürşarj} = q$$

Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2 ' de destek (ankraj) kirişinin palplanşa etkidiği kuvvet R' nin bulunduğu yere göre alınan moment ve kuvvet hesapları verilmektedir.



Şekil 2.4. Zemin profilinde kuvvet dağılımı (İller Bankası, 2014: 5)

Çizelge 2.1. 2m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı

KUVVET	FORMÜL	KUVVET	KUVVET KOLU
P_p	$Kp * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * d^2 / 2$	$5,775 * 0,9 * d^2 / 2$	$-0,67 * d - 1,33$
P_{q1}	$q * K_a * H_{max}$	$1,5 * 0,278 * 2$	$0,33$
P_{q2}	$q * K_a * d$	$1,5 * 0,278 * d$	$0,5 * d + 1,33$
P_{W1}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w)^2 / 2$	$(2 - 2)^2 / 2$	$1,33$
P_{W2}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w) * d$	$d * (2 - 2)$	$0,5 * d + 1,33$
P_{a1}	$K_a * \gamma_n * (H_{max})^2 / 2$	$0,278 * 1,8 * 2^2 / 2$	$0,663$
P_{a2}	$K_a * \gamma_n * (H_{max} - H_w + d) * H_w / 2$	$0,278 * 2 * (2 - 2 + d) * 1,8$	$0,5 * d + 1,33$
P_{a3}	$K_a * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * H_{max}^2 / 2$	$0,278 * 0,9 * (2 + d - 2)^2 / 2$	$0,67 * d + 1,33$

Çizelge 2.2. 2m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla moment hesabı

KUVVET	KUVVET	KUVVET KOLU	MOMENT
P_p	$-2,599 * d^2$	$-0,67 * d - 1,33$	$-1,741d^3 - 3,457 * d^2$
P_{q1}	0,834	0,33	0,275
P_{q2}	$0,417 * d$	$0,5 * d + 1,33$	$0,209 * d^2 + 0,555 * d$
P_{W1}	0	1,33	0
P_{W2}	0	$0,5 * d + 1,33$	0
P_{a1}	1,001	0,663	0,664
P_{a2}	$1,001 * d$	$0,5 * d + 1,33$	$0,501 * d^2 + 1,331 * d$
P_{a3}	$0,125 * d^2$	$0,67 * d + 1,33$	$0,08375d^3 + 0,166d^2$

$$\text{Toplam Moment} = -1,657*d^3 - 2,581*d^2 + 1,886*d + 0,939$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = -2,474*d^2 + 1,418*d + 1,835$$

Destek noktasında momentlerin toplamının 0 olması için çözüm yapılır.

$$d = 0,790 \text{ m}$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = R = 1,411 \text{ ton}$$

$$\text{Çakma Boyu } (d*1,2) = 0,95 \text{ m}$$

Sızma tahkiki hesabı

$$H_{\text{hendek}} = 2,00 \text{ m}$$

$$Y_{\text{ASS}} = 2,00 \text{ m}$$

$$H_w = 0,00 \text{ m}$$

$$\text{Hendek Genişliği} = 2,16 \text{ m}$$

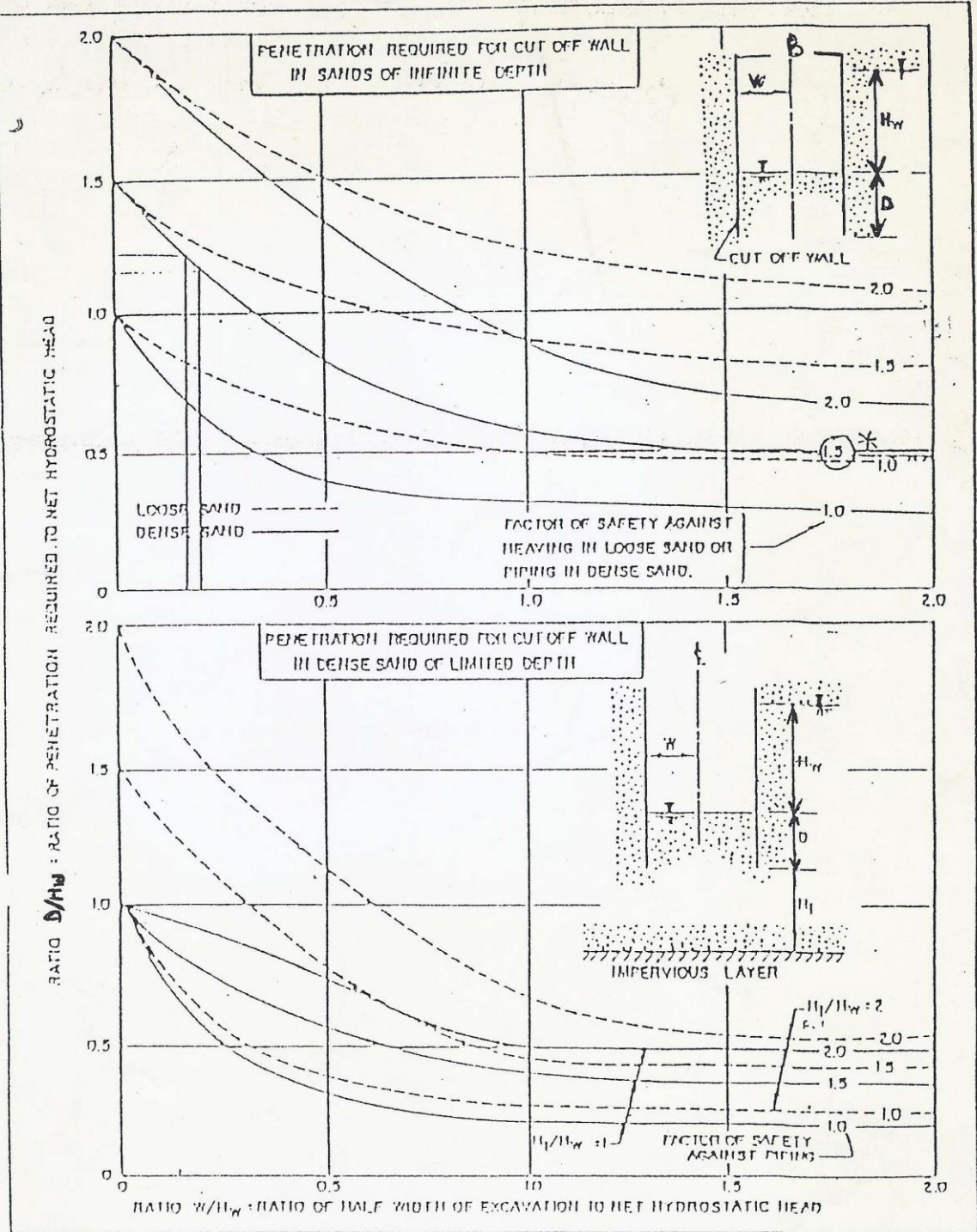
$$w = 1,08 \text{ m}$$

$$w/H_w = \text{Sonsuz}$$

$$D/H_w = \text{Yok (Şekil 2.5)}$$

$$D_{\text{sızma}} = \text{Yok}$$

$$\text{Uygulanacak Çakma Boyu} = 0,95 + 2,00 = 2,95 \text{ m}$$



¹ Kumlu zeminlerde kaynamaya karşı gerekli penetrasyon derinliği

Şekil 2.5. NAVFAC¹ standartlarına göre sızma derinliği (Örnek İller Bankası Hesap Raporu, 2014: 15)

¹ United States-Naval Facilities Engineering Command (Amerikan Donanma Tesisleri Mühendislik Komutanlığı).

3m hendek derinliği için çakma derinliği hesabı

Şekil 1.5’de gösterilen kuvvet dağılımları geçerli olup, sadece Hendek Derinliği $H_{\text{hendek}} = H_{\text{max}} = 3,00$ m olarak değişmiştir ve hesaplamalar Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4.’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. 3m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı

KUVVET	FORMÜL	KUVVET	KUVVET KOLU
P_p	$Kp * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * d^2 / 2$	$5,775 * 0,9 * d^2 / 2$	$-0,67 * d - 2$
P_{q1}	$q * K_a * H_{\text{max}}$	$1,5 * 0,278 * 3$	0,5
P_{q2}	$q * K_a * d$	$1,5 * 0,278 * d$	$0,5 * d + 2$
P_{W1}	$\gamma_w * (H_{\text{max}} - H_w)^2 / 2$	$(3 - 2)^2 / 2$	1,67
P_{W2}	$\gamma_w * (H_{\text{max}} - H_w) * d$	$d * (3 - 2)$	$0,5 * d + 2$
P_{a1}	$K_a * \gamma_n * (H_{\text{max}})^2 / 2$	$0,278 * 2 * 2 / 2 * 1,8$	0,333
P_{a2}	$K_a * \gamma_n * (H_{\text{max}} - H_w + d) * H_w / 2$	$0,278 * 2 * (3 - 2 + d) * 1,8$	$0,5 * d + 1,50$
P_{a3}	$K_a * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * H_{\text{max}}^2 / 2$	$0,278 * 0,9 * (3 + d - 2)^2 / 2$	$0,67 * d + 1,67$

Çizelge 2.4. 3m hendek derinliği için Coulomb katsayılarıyla moment hesabı

KUVVET	KUVVET	KUVVET KOLU	MOMENT
P_p	$-2,599 * d^2$	$+0,67 * d + 2$	$-1,741d^3 - 5,198 * d^2$
P_{q1}	1,251	0,5	0,626
P_{q2}	$0,417 * d$	$0,5 * d + 2$	$0,209 * d^2 + 0,834 * d$
P_{W1}	0,500	1,67	0,835
P_{W2}	d	$0,5 * d + 2$	$0,5d^2 + 2 * d$
P_{a1}	1,001	0,333	0,334
P_{a2}	$1,001 * d + 1,001$	$0,5 * d + 1,50$	$0,501 * d^2 + 2,002 * d + 1,502$
P_{a3}	$0,125 * d^2 + 0,25 * d + 0,125$	$0,67 * d + 1,67$	$0,084 * d^3 + 0,376 * d^2 + 0,501 * d + 0,209$

$$\text{Toplam Moment} = -1,657 * d^3 - 3,612 * d^2 + 5,337 * d + 3,505$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = -2,474 * d^2 + 2,668 * d + 3,878$$

Destek noktasında momentlerin toplamının 0 olması için çözüm yapılır.

$$d= 1,354 \text{ m}$$

$$\text{Toplam Kuvvet}=R=2,955 \text{ ton}$$

$$\text{Çakma Boyu } (d*1,2)= 1,62 \text{ m}$$

Sızma tahkiki hesabı

$$H_{\text{hendek}}= 3,00 \text{ m}$$

$$Y_{\text{ASS}}=2,00 \text{ m}$$

$$H_w= 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Hendek Genişliği}= 2,16 \text{ m}$$

$$w= 1,08 \text{ m}$$

$$w/H_w= 1,08$$

$$D/H_w= 0,58 \text{ (Şekil 1.6.)}$$

$$D_{\text{sızma}}= 0,58 \text{ m}$$

$$\text{Uygulanacak Çakma Boyu}= 1,354+3,00= 4,354 \text{ m}$$

Rankine teorisi kullanılarak 2m hendek derinliği için çakma derinliği hesabı

Rankine Teorisi katsayıları $K_a=\frac{1-\sin \Phi}{1+\sin \Phi}$ ve $K_p=\frac{1+\sin \Phi}{1-\sin \Phi}$ ‘dir (ilgili teorik kısımlar Ek-1’de verilmektedir). Bu formüllere göre $K_a=0,307$ ve $K_p=3,255$ olmaktadır. Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6’da bu katsayılar göre yapılan hesaplamalar görölmektedir.

Çizelge 2.5. 2m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı

KUVVET	FORMÜL	KUVVET	KUVVET KOLU
P_p	$Kp * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * d^2 / 2$	$3,255 * 0,9 * d^2 / 2$	$-0,67 * d - 1,33$
P_{q1}	$q * K_a * H_{max}$	$1,5 * 0,307 * 2$	$0,33$
P_{q2}	$q * K_a * d$	$1,5 * 0,307 * d$	$0,5 * d + 1,33$
P_{W1}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w)^2 / 2$	$(2 - 2)^2 / 2$	$1,33$
P_{W2}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w) * d$	$d * (2 - 2)$	$0,5 * d + 1,33$
P_{a1}	$K_a * \gamma_n * (H_{max})^2 / 2$	$0,307 * 2 * 2 / 2 * 1,8$	$0,663$
P_{a2}	$K_a * \gamma_n * (H_{max} - H_w + d) * H_w / 2$	$0,307 * 2 * (2 - 2 + d) * 1,8$	$0,5 * d + 1,33$
P_{a3}	$K_a * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * H_{max}^2 / 2$	$0,307 * 0,9 * (2 + d - 2)^2 / 2$	$0,67 * d + 1,33$

Çizelge 2.6. 2m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla moment hesabı

KUVVET	KUVVET	KUVVET KOLU	MOMENT
P_p	$-1,465 * d^2$	$+0,67 * d + 1,33$	$-0,982d^3 - 1,949 * d^2$
P_{q1}	$0,921$	$0,33$	$0,304$
P_{q2}	$0,461 * d$	$0,5 * d + 1,33$	$0,231 * d^2 + 0,613 * d$
P_{W1}	0	$1,33$	0
P_{W2}	0	$0,5 * d + 1,33$	0
P_{a1}	$1,105$	$0,663$	$0,732$
P_{a2}	$1,105 * d$	$0,5 * d + 1,33$	$0,5525 * d^2 + 1,470 * d$
P_{a3}	$0,138 * d^2$	$0,67 * d + 1,33$	$0,093d^3 + 0,184 d^2$

$$\text{Toplam Moment} = -0,889 * d^3 - 0,981 * d^2 + 2,083 * d + 1,036$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = -1,327 * d^2 + 1,566 * d + 2,026$$

Destek noktasında momentlerin toplamının 0 olması için çözüm yapılır.

$$d = 1,326 \text{ m}$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = R = 1,769 \text{ ton}$$

Sızma tahkiki hesabı

$$H_{\text{hendek}} = 2,00 \text{ m}$$

$$Y_{\text{ASS}} = 2,00 \text{ m}$$

$$H_w = 0,00 \text{ m}$$

Hendek Genişliği= 2,16 m

w= 1,08 m

w/H_w= Sonsuz

D/H_w= Yok (şekil 1.6.)

D_{sızma}= Yok

Uygulanacak akma Boyu= 1,326+2,00= 3,326 m

Rankine Teorisi kullanılarak 3m hendek derinliği için çakma derinliği hesabı

Çizelge 2.7 ve izelge 2.8’ te Rankine aktif ve pasif yanal basınç katsayılarına göre yapılan hesaplamalar grlmektedir.

Çizelge 2.7. 3m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla kuvvet ve kuvvet kolu hesabı

KUVVET	FORMÜL	KUVVET	KUVVET KOLU
P_p	$Kp * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * d^2 / 2$	$3,255 * 0,9 * d^2 / 2$	$-0,67 * d - 2$
P_{q1}	$q * K_a * H_{max}$	$1,5 * 0,307 * 3$	0,5
P_{q2}	$q * K_a * d$	$1,5 * 0,307 * d$	$0,5 * d + 2$
P_{W1}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w)^2 / 2$	$(3 - 2)^2 / 2$	1,67
P_{W2}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w) * d$	$d * (3 - 2)$	$0,5 * d + 2$
P_{a1}	$K_a * \gamma_n * (H_{max})^2 / 2$	$0,307 * 2 * 2 / 2 * 1,8$	0,333
P_{a2}	$K_a * \gamma_n * (H_{max} - H_w + d) * H_w / 2$	$0,307 * 2 * (3 - 2 + d) * 1,8$	$0,5 * d + 1,50$
P_{a3}	$K_a * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * H_{max}^2 / 2$	$0,307 * 0,9 * (3 + d - 2)^2 / 2$	$0,67 * d + 1,67$

Çizelge 2.8. 3m hendek derinliği için Rankine katsayılarıyla moment hesabı

KUVVET	KUVVET	KUVVET KOLU	MOMENT
P_p	$-1,465 * d^2$	$-0,67 * d - 2$	$-0,982 * d^3 - 2,93 * d^2$
P_{q1}	1,382	0,5	0,691
P_{q2}	$0,461 * d$	$0,5 * d + 2$	$0,231 * d^2 + 0,922 * d$
P_{W1}	0,500	1,67	0,835
P_{W2}	d	$0,5 * d + 2$	$0,5 * d^2 + 2 * d$
P_{a1}	1,105	0,333	0,368
P_{a2}	$1,105 * d + 1,105$	$0,5 * d + 1,50$	$0,5525 * d^2 + 2,21 * d + 1,658$
P_{a3}	$0,138 * d^2 + 0,276 * d + 0,138$	$0,67 * d + 1,67$	$0,093d^3 + 0,415 d^2 + 0,553 * d + 0,231$

$$\text{Toplam Moment} = -0,889*d^3 - 1,231*d^2 + 5,685*d + 3,783$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = -1,328*d^2 + 2,842*d + 4,23$$

Destek noktasında momentlerin toplamının 0 olması için çözüm yapılır.

$$d = 2,266 \text{ m}$$

$$\text{Toplam Kuvvet} = R = 3,856 \text{ ton}$$

Sızma tahkiki hesabı

$$H_{\text{hendek}} = 3,00 \text{ m}$$

$$Y_{\text{ASS}} = 2,00 \text{ m}$$

$$H_w = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Hendek Genişliği} = 2,16 \text{ m}$$

$$w = 1,08 \text{ m}$$

$$w/H_w = 1,08$$

$$D/H_w = 0,58$$

$$D_{\text{sızma}} = 0,58 \text{ m}$$

$$\text{Uygulanacak Çakma Boyu} = 2,266 + 3,00 = 5,266 \text{ m}$$

2.3.3. Ulaştırma Bakanlığı geoteknik tasarım hesaplarına göre çakma derinliği bulma

Yüksel Proje'nin 2007 yılında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Demiryolları, Limanlar, Hava Meydanları (DLH) İnşaatı Genel Müdürlüğü (01.11.2011

tarikh ve 28102 nolu Resmi Gazete’de yayınlanan “Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname” ile Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü unvanını almıştır) için hazırladığı Geoteknik Tasarım Esasları adlı kılavuzun 6. Bölümünde İstinat duvarları’ na ait bilgiler bulunmaktadır.

Bu kılavuzda istinat duvarlarına etkiyen yanal zemin basınçları, “Canadian Foundation Engineering Manual, 1992” ve “NAVFAC Design Manual 7.2., Foundations and Earth structures, 1986” kaynaklarındaki yöntemler temel alınarak hesaplanmıştır (Ulaştırma Bakanlığı, 2007: 117).

Kılavuzdaki altıncı bölümün pasif zemin basıncı adlı alt başlığında, bir yapının zemine doğru göreceli hareketi sonucu oluşabilecek maksimum zemin basıncı, pasif basınç (pasif toprak basıncı) olarak tanımlanmış ve bu durumda yanal yönde göçmeye ulaşılan ve kayma mukavemetinin tamamen mobilize olduğu duruma gelindiği ifade edilmektedir. Bu mukavemet değerine ulaşmak için gerekli sıkışma (deformasyon) oldukça büyük olabilir ve istinat yapısının bu deformasyonu yapıp yapamayacağı kontrol edilmelidir (Ulaştırma Bakanlığı, 2007: 119).

Kılavuzda palplanş duvarlarının dâhil olduğu esnek istinat duvarları için üç tane ana tasarım kriteri sunulmaktadır (Ulaştırma Bakanlığı, 2007: 126-127).

- Genel durum
- Çok iri taneli zeminlere soketli
- Kaya ve benzeri zeminlere soketli durumlardır.

Genel durum aşağıdaki gibidir ve ilgili denklemler Eş 2.1 ve Eş 2.2’de verilmiştir:

- Aktif ve pasif yanal toprak basınçları hesaplanır. Duvar sürtünmesi sadece kaba ve temiz çakıllarda dikkate alınır, diğer zeminlerde ihmal edilir.
- Gerekli derinlik (d) için, destek kirişinin dayandığı noktaya göre moment alınır ve d için çözülür.

$$P_{A1} * L_1 + P_{A2} * L_2 = P_p * L_3 / G_s \quad (2.1)$$

- $G_s = 2-3$ Kaba Taneli zeminlerde
- $G_s = 1.5 - 2$ İnce taneli zeminlerde

- $P_{A1}, P_{A2}, P_{A3} \dots$: Topraktaki tabakalardan etkiyen aktif basınç
 P_p = Pasif toprak Basıncı
- Ankraj/Destek Kirişi Kuvveti: A_p
- $A_p = (P_{A1} + P_{A2} - P_p/G_s)$ (2.2)
- Maksimum eğilme momenti (M_{maks})
- $P_{A1}, P_{A2}, P_p/G_s$ kullanılarak hesaplanır. Kumlu zeminlerde Eş. 1.3 ile esneklik katsayısı hesaplanarak moment azaltma faktörü kullanılır.
- Uygulamada hesaplanan d değeri olası kazı ve oyulmalara karşı %20 artırılır.

Aşağıdaki bölümde İller Bankası örnek palplanş hesabı verileri alınarak ve sürtünmenin olduğu varsayılarak çakma derinliği hesabı yapılacaktır. Dolayısıyla Coulomb formülleri kullanılmış olacaktır (ilgili teorik kısımlar Ek-1’de verilmektedir). Ayrıca Rankine teorisi ile karşılaştırma amaçlı %20 derinlik artırma yapılmayacaktır.

2m hendek derinliği için çakma derinliği hesabı

$G_s = 2$ olarak seçilmiştir.

2m hendek derinliği kazısı için yapılan hesaplamalar Çizelge 2.9 ve Çizelge 2.10’da sunulmaktadır.

Çizelge 2.9. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 2m hendek için kuvvet ve kuvvet kolu hesabı

KUVVET	FORMÜL	KUVVET	KUVVET KOLU
P_p	$1/G_s * K_p * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * d^2/2$	$\frac{1}{2} * 5,775 * 0,9 * d^2/2$	$-0,67 * d - 1,33$
P_{q1}	$q * K_a * H_{max}$	$1,5 * 0,278 * 2$	$0,33$
P_{q2}	$q * K_a * d$	$1,5 * 0,278 * d$	$0,5 * d + 1,33$
P_{W1}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w)^2/2$	$(2 - 2)^2/2$	$1,33$
P_{W2}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w) * d$	$d * (2 - 2)$	$0,5 * d + 1,33$
P_{a1}	$K_a * \gamma_n * (H_{max})^2/2$	$0,278 * 2 * 2/2 * 1,8$	$0,663$
P_{a2}	$K_a * \gamma_n * (H_{max} - H_w + d) * H_w/2$	$0,278 * 2 * (2 - 2 + d) * 1,8$	$0,5 * d + 1,33$
P_{a3}	$K_a * (\gamma_{ts} - \gamma_w) * H_{max}^2/2$	$0,278 * 0,9 * (2 + d - 2)^2/2$	$0,67 * d + 1,33$

Çizelge 2.10. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 2m hendek için moment hesabı

KUVVET	KUVVET	KUVVET KOLU	MOMENT
P_p	$-1,300 * d^2$	$-0,67 * d - 1,33$	$-0,871d^3 - 1,729d^2$
P_{q1}	$0,834$	$0,33$	$0,275$
P_{q2}	$0,417 * d$	$0,5 * d + 1,33$	$0,209 * d^2 + 0,555 * d$
P_{W1}	0	$1,33$	0
P_{W2}	0	$0,5 * d + 1,33$	0
P_{a1}	$1,001$	$0,663$	$0,664$
P_{a2}	$1,001 * d$	$0,5 * d + 1,33$	$0,501 * d^2 + 1,331 * d$
P_{a3}	$0,125 * d^2$	$0,67 * d + 1,33$	$0,08375d^3 + 0,166d^2$

Toplam Moment= $-0,785*d^3 - 0,853*d^2 + 1,886*d + 1,0939$

Toplam Kuvvet= $-1,175*d^2 + 1,418*d + 1,835$

Destek noktasında momentlerin toplamının 0 olması için çözüm yapılır.

$d=1,35$ m

Toplam Kuvvet=R=1,607 ton

Sızma Tahkiki Hesabı önceki 2 m derinlikli hendek hesaplarıyla aynıdır.

Uygulanacak Çakma Boyu= 1,35+2,00= 3,35 m

3m hendek derinliği için çakma derinliği hesabı

$G_s = 2$ olarak seçilmiştir.

3m hendek derinliği kazısı için yapılan hesaplamalar Çizelge 2.11 ve Çizelge 2.12’de sunulmaktadır.

Çizelge 2.11. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 3m hendek için kuvvet ve kuvvet kolu hesabı

KUVVET	FORMÜL	KUVVET	KUVVET KOLU
P_p	$1/G_s * K_p * (\gamma_{is} - \gamma_w) * d^2/2$	$\frac{1}{2} * 5,775 * 0,9 * d^2/2$	$-0,67 * d - 2$
P_{q1}	$q * K_a * H_{max}$	$1,5 * 0,278 * 3$	0,5
P_{q2}	$q * K_a * d$	$1,5 * 0,278 * d$	$0,5 * d + 2$
P_{W1}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w)^2/2$	$(3 - 2)^2/2$	1,67
P_{W2}	$\gamma_w * (H_{max} - H_w) * d$	$d * (3 - 2)$	$0,5 * d + 2$
P_{a1}	$K_a * \gamma_n * (H_{max})^2/2$	$0,278 * 2 * 2/2 * 1,8$	0,333
P_{a2}	$K_a * \gamma_n * (H_{max} - H_w + d) * H_w/2$	$0,278 * 2 * (3 - 2 + d) * 1,8$	$0,5 * d + 1,50$
P_{a3}	$K_a * (\gamma_{is} - \gamma_w) * H_{max}^2/2$	$0,278 * 0,9 * (3 + d - 2)^2/2$	$0,67 * d + 1,67$

Çizelge 2.12. Duvar sürtünmesi ve güvenlik katsayısı kullanılarak 3m hendek için moment hesabı

KUVVET	KUVVET	KUVVET KOLU	MOMENT
P_p	$-1,300 * d^2$	$+0,67 * d + 2$	$-0,871d^3 - 2,6 * d^2$
P_{q1}	1,251	0,5	0,626
P_{q2}	$0,417 * d$	$0,5 * d + 2$	$0,209 * d^2 + 0,834 * d$
P_{W1}	0,500	1,67	0,835
P_{W2}	d	$0,5 * d + 2$	$0,5d^2 + 2 * d$
P_{a1}	1,001	0,333	0,334
P_{a2}	$1,001 * d + 1,001$	$0,5 * d + 1,50$	$0,501 * d^2 + 2,002 * d + 1,502$
P_{a3}	$0,125 * d^2 + 0,25 * d + 0,125$	$0,67 * d + 1,67$	$-0,787d^3 - 1,013d^2 + 5,337d + 3,506$

Toplam Moment= $-1,658*d^3 - 2,403*d^2 + 10,173*d + 6,803$

Toplam Kuvvet= $-1,175*d^2 + 2,668*d + 3,878$

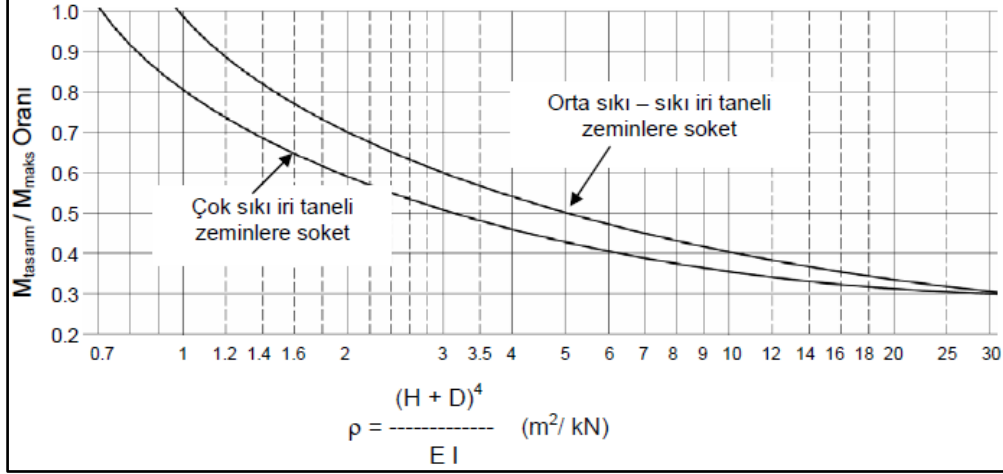
Destek noktasında momentlerin toplamının 0 olması için çözüm yapılır.

Toplam Kuvvet=R=4,06 ton

d=2,37 m

Moment Azaltma Katsayısı şekli aşağıda verilmektedir (Şekil 2.6).

Sızma Tahkiki Hesabı önceki 3 m derinlikli hendek hesaplarıyla aynıdır.



Şekil 2.6. Ankrajlı duvarlarda moment azaltma katsayısı (Ulaştırma Bakanlığı, 2007: 127)

M_{maks} = Hesaplanan maksimum moment

$M_{tasarım}$ = Maksimum tasarım momenti

E= Palplanşa ait elastisite modülü (kN/m^2)

I= Palplanşa ait birim uzunluk için atalet momenti (m^4)

H= Kazı derinliği (m)

D= Soket derinliği (m)

ρ = esneklik katsayısı (m^2/kN)

E= 200 GPa= $200 \cdot 10^6$ kPa

I= $6600 \text{ cm}^4/m = 6600 \cdot 10^{-8} m^4/m$ (Çizelge 2.13)

H_{hendek} = 3m

D= 2.37 m

$$\rho = \frac{(H + D)^4}{E * I} \quad (1.3)$$

$$\rho = \frac{(2,37 + 3)^4}{6600 * 2}$$

$$\rho = 0,06$$

Moment Azaltma yok (Bkz. Şekil 2.6)

Uygulanacak Çakma Boyu= 3+2,37= 5,37 m

Çizelge 2.13. Larssen profillerin özellikleri (Woud, 2016)

U-Profil	Kesit modülü	Eylemsizlik momenti	Genişlik	Yükseklik	Kalınlık	Kalınlık	Ağırlık	Ağırlık
Larssen	cm ³ /m	cm ⁴ /m	mm				Sadece	Duvar
	W	I	B	h	e	alfa	kg/m	kg/m ²
L20	600	6600	500	220	7,00	6,00	39,50	79,00
L21	700	7700	500	220	8,20	8,00	47,50	95,00
L22	1250	21250	500	340	10,00	9,00	61,00	122,00
L31	460	3450	450	150	9,50	9,50	45,00	100,00
L23	2000	42000	500	420	11,50	10,00	77,50	155,00
L24	2500	52500	500	420	15,60	10,00	87,50	175,00
L25	3040	63840	500	420	20,00	11,50	103,00	206,00
L43	1660	34900	500	420	12,00	12,00	83,00	166,00

3. İKSALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Bu bölümde iksaların asıl amacı olan İSG konusu irdelenecektir. Türkiye’ den ve Dünya’ dan altyapı iksa uygulamalarının iş güvenliği yönüne dair hususlar sıralanacaktır.

3.1. Türkiye’ de İş Sağlığı ve Güvenliği

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2014 yılı İş Kazası ve Meslek Hastalıkları istatistiklerine göre iş kazası sonucu meydana gelen ölümlerde inşaat sektörü %30,8 ‘lık bir oranla ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 3.1), (Aktaran: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı [ÇSGB], 2014: 10).

Çizelge 3.1 İş kazası ve meslek hastalıkları istatistikleri (SGK, 2014)

İŞ KAZASI VERİLERİ				ÖLÜM VERİLERİ		
Tüm sektörler		İnşaat sektörü		Tüm sektörler	İnşaat sektörü	
Yıllar	Adet	Adet	Oran (%)	Adet	Adet	Oran (%)
1997	98 318	14 703	15,0	1 473	437	29,7
1998	91 895	12 355	13,4	1 252	380	30,4
1999	77 955	10 278	13,2	1 333	407	30,5
2000	74 847	7 845	10,5	1 173	379	32,3
2001	72 367	8 459	11,7	1 008	341	33,8
2002	72 344	7 982	11,0	878	319	36,3
2003	76 668	8 198	10,7	811	274	33,8
2004	83 830	8 106	9,7	843	263	31,2
2005	73 923	6 480	8,8	1 096	290	26,5
2006	79 027	7 143	9,0	1 601	397	24,8
2007	80 602	7 615	9,4	1 044	359	34,4
2008	72 963	5 574	7,6	866	297	34,3
2009	64 316	7 303	11,4	1 171	156	13,3
2010	62 903	6 437	10,2	1 454	475	32,6
2011	69 227	7 749	11,1	1 710	570	33,3
2012	74 871	9 209	12,2	745	256	34,3
2013	191 389	26 967	14,1	1 360	521	38,3
2014	221 366	29 699	13,4	1 626	501	30,8

İnşaat sektörü iş kazası sayısı ve de sonucunda oluşan kayıplarda maden ve metal sektörleri ile birlikte ön sıralarda bulunmaktadır. İnşaat sektörünün kendisine ait özelliklere ve değişken çalışma koşullarına sahip olması, sektörü iş güvenliği konusunda en hassas sektörlerden biri haline getirmektedir. Dolayısıyla, farklı ve kontrolü zor hususlar neticesinde iş kazaları sıkça yaşanmakta ve işçinin, işverenin maddi-manevi bedeller

ödemesi sonucunu ortaya çıkarmaktadır. İnşaat sektörünün kendine has ve değişken çalışma koşulları aşağıda listelenmiştir (ÇSGB, 2016: 4):

- İklim koşulları altında çalışma
- Çalışan sirkülasyonu
- Çalışma ortamındaki seviye farkları
- Sürekli hareketlilik
- Geniş ve dağınık çalışma alanı
- Alt işveren çokluğu
- Kendine özgü çalışma koşulları
- Doğa koşullarıyla mücadele
- Düşük eğitim seviyesi

İnşaat sektörü incelendiğinde, su, gaz ve kanalizasyon gibi altyapı imalat çalışmaları sırasında çalışanların İSG açılarından çeşitli risklere maruz kaldıkları görülmektedir.

Altyapı işlerinin kazı işlerini içermesi, kazılarda çevre ve zemin koşullarının başlı başına İSG açısından potansiyel risk ihtiva etmesi nedeniyle, yapılacak imalat öncesi mutlaka önlem almayı gerektirmektedir.

3.2. Altyapı Kazıları

İnşaat sektörünün esasını oluşturan faaliyetlerden biri kazılardır. Zemin ortamı ve işin türüne bağlı olarak birçok kazı türü bulunmaktadır. Bu kazı türlerine örnek vermek gerekirse, baraj ve Hidroelektrik Santral (HES) kazıları açıkta yapılan serbest kazılar, yol kazıları, tünel kazıları, temizlik kazıları, şekil verme kazıları ve kanal (hendek) kazıları düşünülebilir. Kazılar genel manada benzer riskler ihtiva etmesine karşın, kazının türüne bağlı olarak da tehlike türleri değişim gösterebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen kazı türlerinden biri olan altyapı kanal kazıları, atıksu, içmesuyu, yağmursuyu, doğalgaz ve drenaj hatları için dar olarak yapılan kazılardır. Aşağıda yer alan Resim 3.1’de boyu eninden fazla olan ve ayrıca derinliğin genişlikten fazla olduğu kanal kazılarının diğer kazılardan farkı gösterilmiştir (ÇSGB, 2016: 12).



Resim 3.1. Hendek kazısı örnekleri (ÇSGB, 2016: 12)

3.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Düzenlemelerinde Kazı Çalışmaları

Ülkemizdeki yapım işlerinin İSG konusunda dikkat edilecek hususlarını ortaya koyan en önemli düzenleme YİİSGY' dir. Yönetmelik kapsamında, kazı işlerinin de sağlık ve güvenli şekilde devam edebilmesi için gerekli olan hususlar vardır. Bunun dışında kazı işleri hakkında hükümler içeren yönetmelikler aşağıda verilmiştir (ÇSGB, 2016: 13).

- Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği-(Resmi Gazete [RG], 19/09/2013 tarih ve 28770 sayılı)
- Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Yönetmeliği-(RG, 15/06/2006 tarih 26199 sayılı)
- Altyapılar İçin Afet Yönetmeliği-(RG,15/02/2007 tarih ve 26435 sayılı)

YİİSGY kazı işlerinin en kapsamlı şekilde ele alındığı yönetmeliktir. Bu yönetmelikte kazı öncesi ve esnasında yapılması gereken hususlar anlatılmıştır. Yönetmelikte geçen bazı önemli hükümler arasında, toprak/zemin yapısı, kazının çevre yapı veya tesislere etkisi, zemin ortamı (örneğin nem), zemine etkiyen kuvvetler (örneğin sürşarj yükü) dikkate alınarak uygun şev veya iksa seçilmesi, iksalarda uygun desteklerin (göğüslemelerin) kullanılması hususları bulunmaktadır.

3.3.1. Tanım ve terimler

Türk Standartlarına göre kanal kazısı çalışmalarında bilinmesi gereken terim ve tanımlar aşağıda verilmektedir:

“ Kazı: Çeşitli amaçlarla her türlü zeminde yapılan, toprağın bulunduğu yerden elle veya makine ile kaldırılmasıyla oluşan insan yapımı oyuk, çukur veya boşluk.

Hendek Kazısı: Çeşitli amaçlarla her türlü zeminde yapılan ve boyu eninden önemli ölçüde uzun olan kazı türü.

Dar Hendek Kazısı: Genişliği 0,60 metreden az olan hendek kazısı.

Sığ Hendek Kazısı: Derinliği 1,25 metreye kadar olan hendek kazısı.

Derin Hendek Kazısı: Derinliği 4,50 metreden fazla olan hendek kazısı.

Göçük: Kazı yapılan alanının kenarında, toprağın belirli sebeplerden dolayı çözülüp gevşemesi sonucu aniden kazı yapılan yere doğru ayrılıp kayması veya düşmesi.

Lem: Kil, kum ve silt karışımı.

İksa: Kazı yüzlerini tutup, desteklemek ve dolayısıyla toprak kaymasını önlemek amacıyla kullanılan sistem.

Palplanş: Elverişsiz zemin şartlarında yapılan kazılarda, kazı yüzünü desteklemek ve kazı sırasında ortaya çıkan yeraltı suyunun boşaltılmasında yardımcı olmak üzere kazı hattı boyunca kurulup çakılan ahşap, betonarme ya da çelikten yapılmış düşey ele-man.

Hendek Kaplama Sistemi: Hendeklerin düşey yüzlerinin desteklenmesi için tasarlanan prefabrik bileşenlerin montajı.

Kohezyon: Zemin yapısı içerisinde benzer parçacıkları bir arada tutan kuvvet.

Perde: Kazı yüzlerini tutmak üzere bağlantı ve takviye kirişleri veya göğüsleme kirişleri ile desteklenen ve zemin ile temas halindeki iksa bölümü” (ÇSGB: 2016, 14-15).

3.3.2. Tehlike ve riskler

Hendek kazısı çalışmalarının içerdiği riskler aşağıda sıralanmaktadır (ÇSGB, 2016: 15):

- Göçük
- Çalışanların kazıya düşmesi
- Çalışanların üzerine düşen yükler
- Tehlikeli atmosfer (Duman, oksijen yetersizliği, zehirli, yanıcı ve patlayıcı gazlar)
- Yeraltı hizmetleri ve üstten geçen enerji hatları ile temas
- Araçlar, ağır ve mobil ekipmanlar
- Dar alan
- Kazıya giriş ve çıkışlar
- Su birikmesi
- Malzemelerin yanlış ve uygunsuz kullanımı
- Yığın ve atık malzemelere olan uzaklık
- Zemindeki kablolar ve kesici, ağır, körelmiş nesneler

3.3.3. Göçük riski

Toprağın çeşitli sebeplerden ötürü çözülüp gevşemesi sonucu kazı yapılan yere çökmesi olarak tanımlanan göçük oluşumunda birçok faktör vardır. Göçük oluşmasında en önemli faktör olan zemin mukavemeti birinci bölümde ele alındığından bu bölümde daha çok kalan faktörler irdelenmektedir. Bu faktörler ise aşağıda listelenmektedir (ÇSGB, 2016: 17-21).

- Topraktaki nem durumu
- Çeşitli kaynaklardan sebepli titreşim
- Ağır sürşarj yükleri
- Yakındaki yapılar
- Çevre Koşulları ve hava durumu
- Kazının açık havaya ve güneş ışığına maruz kalma süresi

Göçme riskine karşı kazı öncesi aşağıdaki soruların sorulması önem arz etmektedir(ÇSGB, 2016: 22):

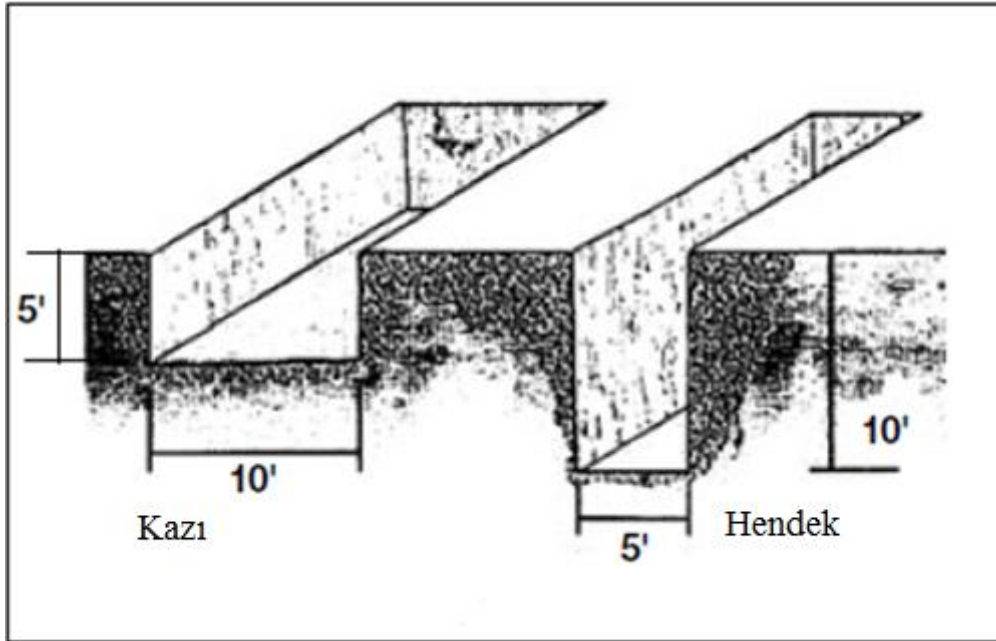
- Çalışılacak zemin tipi nedir ve ne tür özellikler göstermektedir?
- Zemindeki su durumu nedir?
- Zeminde dolgu var mıdır?
- Kazının büyüklüğü ne kadardır ve diğer altyapı elemanlarına yakınlığı nedir?
- Kazının açık kalma süresi nedir?
- Hava durumu kazı yapılacağı zaman nasıldır?
- Kazı çalışmalarında hangi tip ekipmanlar kullanılacaktır? (Titreşimli vs.)

3.4. Altyapı Kazılarındaki İş Sağlığı ve Güvenliği ile İlgili Dünya'daki Çalışmalardan Örnekler

3.4.1. Kanada

Ontario (Kanada) Altyapı İş Sağlığı ve Güvenliği Kuruluşu¹ (IHSA) tarafından yayınlanan Hendek Güvenliği- Hendek Kazılarına Giriş kılavuzunda (IHSA, 2010) konuyla ilgili arka plan bilgilendirmesi ile giriş yapılmış, bu bölümde altyapı kazılarıyla ilgili ölümler, yaralanmalar ve ilgili mevzuat hükümleri belirtilmiştir.

Bu bölümden sonra kazı ve hendek ayırımı yapılmış, hendek kazıları derinliğin genişlikten daha uzun olduğu kazılar olarak ve kazı ise genişliğin derinlikten daha uzun olduğu kazılar olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.1' de bu husus gösterilmektedir (IHSA, 2010: 4).



Şekil 3.1. Kazı ve hendek arasındaki fark (IHSA, 2010: 4)

Devam eden bölümde kılavuzda toprak sınıflandırması yapılarak 4 çeşit toprak belirtilmiştir (IHSA,2010: 5).

¹ Infrastructure Health and Safety Association

- Tip-1 Toprak “Kazmak İçin Sert Zemin” olarak nitelendirilmektedir. Bu tip topraklar, kazıldığında parlak görünüm verir. Tip-1 toprak güneş ışığı ve açık havaya maruz kaldığında birkaç gün içinde parlaklığını yitirir. Ayrıca nemli hava veya yağmur suyuna maruz kaldığında toprağın göçme riski ortaya çıkar. Bu tip topraklara konsolidasyon geçirmiş kil örnek verilebilir.

- Tip-2 Toprak kazmanın Tip-1’e nazaran daha rahat girebildiği, yine de elle kazmanın kolay olmadığı ancak makineyle rahatça kazılabilen türdür. Bu tip toprak kazıldığında çekme çatlakları göstermeden birkaç saat durabilmekte lakin bu süreyle beraber devam eden sürede güneş ışığı ve açık havaya maruz kalırsa kurumaya başlayıp, çekme çatlakları göstermekte ve dökülmeye başlamaktadır. Bu toprak türüne örnek olarak siltli killer verilebilir.

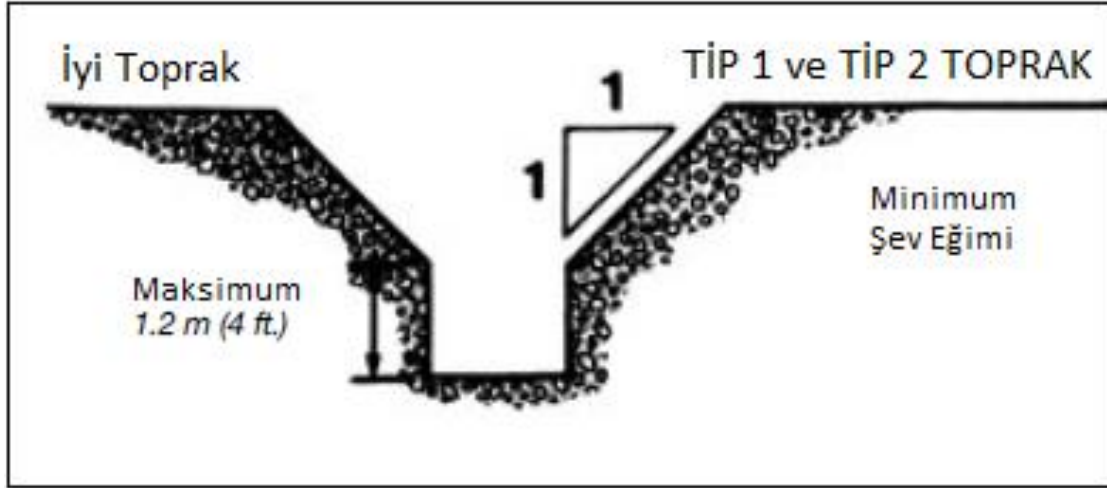
- Tip-3 toprak ise kuru halde dik durumda bulunmayan, yaş halde ise kısa süreli olarak dik durabilen toprak tipidir. Hidrolik kazıcılarla kolayca kazılabilir. Bu tip topraklar dolgu ve önceden kazılmış topraklar olarak düşünülebilir ve örnek olarak kum ve iri taneli toprak türleri verilebilir.

- Tip-4 topraklar hassas topraklar olup, kazı yapılırken kesinlikle desteklenmesi gereken toprak tipidir. Bu toprak türü, yüksek nem oranında, titreşimlere karşı büyük hassasiyet göstermektedir. Tip-4 toprak tipine örnek olarak organik topraklar, yüksek nem oranına sahip nemli siltli killer ve “hızlı killer” verilebilir.

Söz konusu kılavuzda ayrıca göçme nedenleri sıralanmış, göçmeyi önleme yöntemi olarak da (IHSA, 2010: 8).

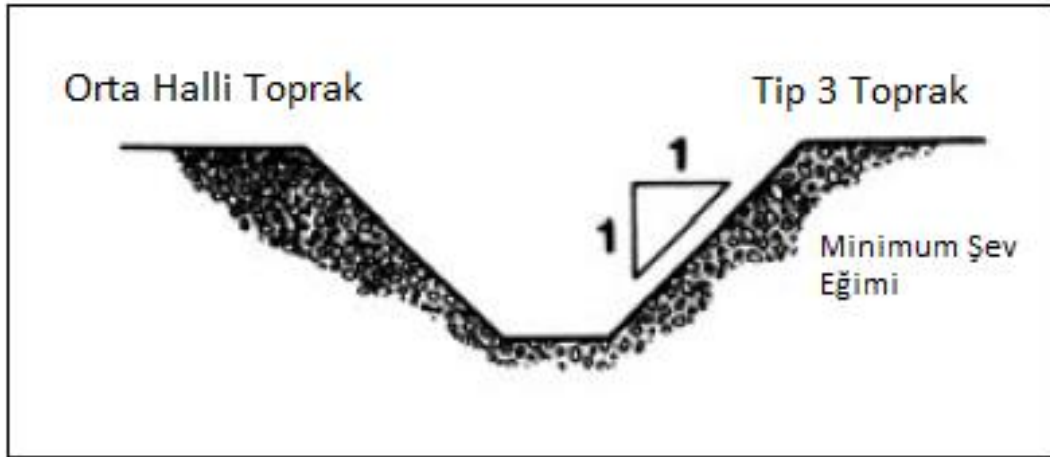
- Şevlendirme
- Hendek kutuları
- İksa destek çözümleri önerilmiştir.

Tip-1 ve Tip-2 topraktaki hendek kazısı için, kazı tabanından en az 1,2 m yukarıda olacak şekilde 1:1 eğimi kullanılarak şevlendirme önerilmiş ve söz konusu eğim Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



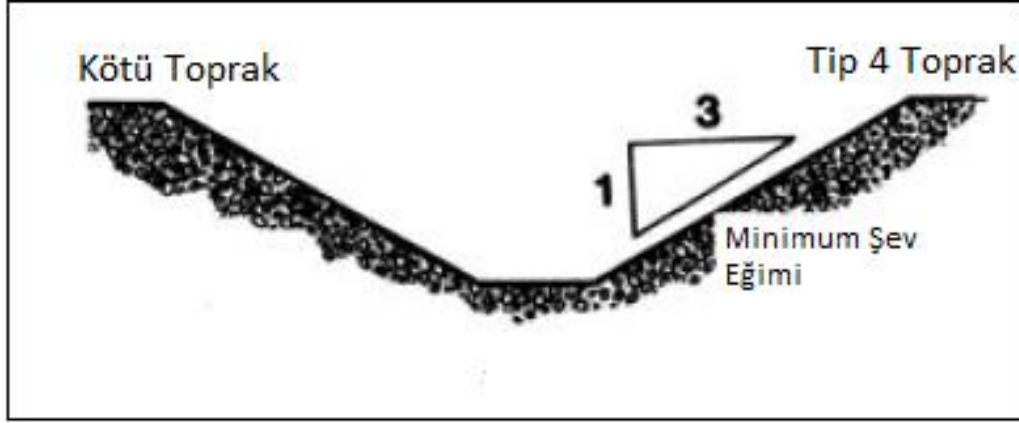
Şekil 3.2. İyi toprak için önerilen şevlendirme oranı (IHSA, 2010: 8)

Tip-3 topraktaki hendek kazısı için bütün kazı derinliği boyunca 1:1 eğimi kullanılarak şevlendirme önerilmiş ve söz konusu eğim Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Orta halli toprak için önerilen şevlendirme oranı (IHSA, 2010: 8)

Tip-4 toprakta ise hendek kazısı için bütün kazı derinliği boyunca 1:3 eğimi kullanılarak şevlendirme önerilmiş ve söz konusu eğim Şekil 3.4 de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Kötü durumdaki toprak için önerilen şevlendirme oranı (IHSA,2010: 8)

Göçme önlemeye yönelik bir diğer çözüm yöntemi olan hendek kutusu yöntemi, deformasyon yapmasına belli ölçüde izin verilen, öncelik olarak can güvenliğini sağlamaya yönelik olarak kullanılan sistemlerdir. En son yöntem iksalar ise, deformasyona izin verilmeyen, çevredeki yapıların/temellerin deformasyona maruz kalmaması amacıyla tasarlanan sistemler olarak geçmektedir. Söz konusu iksa yöntemlerinin içinde, baştan yanal yükleme yapabilen hidrolik sistemler de mevcuttur (IHSA, 2010: 9).

Kılavuzda hendek kazıları güvenliği için ek olarak tavsiye edilen hususlar arasında, hendeklerde belli aralıklarla merdiven bulundurulmalı, kazı sahası şantiyedeki herkes tarafından sürekli gözlenmelidir. Gözetlenecek konular arasında, kazı desteklerinde bir hasarın olup olmadığı, çekme çatlaklarının varlığı, toprağa su sızması gibi hususlar bulunmaktadır (IHSA, 2010: 8).

Hendeklerde ayrıca göçme riskinden ayrı olarak aşağıdaki temel unsurlardan kaynaklanan kazalar yaşanmaktadır (IHSA, 2010: 12):

- Kişisel koruyucu ekipman kullanmama
- Yeraltı ve üstü tesis hatları (örneğin elektrik hatları)
- Ağır ekipmanlar
- Trafik kontrolü
- Toksik ve patlayıcı bölgeler

Son olarak kılavuzda acil bir durumda yapılması gerekenler aşağıda sıralanmaktadır (IHSA, 2010: 22):

- Ek kaza yaratabilecek durumların engellenebilmesi için gerekli tedbirleri almak
- İlkyardım uygulaması yapmak
- Ambulans veya kurtarma ekibi çağırarak
- Ambulans veya kurtarma ekibini kaza yerine getirecek birini görevlendirmek

3.4.2. Amerika

Amerikan Çalışma Bakanlığı¹'na bağlı Mesleki Sağlık ve Güvenlik İdaresi'nin² (OSHA) yayınladığı Hendek ve Kazılarda Güvenlik adlı kılavuzda işverenlerin sahadaki herkese İSG konusunda rol vermesi, bu konuda personelin oynadığı kritik rolün özellikle üstünde durulması, kazılardaki İSG hususunda büyük önem arz etmektedir. Ayrıca aşağıdaki önlemlerin alınması da kaza riskini düşürecektir (OSHA, 2015: 13):

- Kazı yapılmadan önce sahadaki geçmiş altyapı çalışmalarını bilmek,
- Kazılan toprağı ve diğer malzemeleri hendek kenarından en az 2 feet (61cm) uzakta tutmak,
- Ağır ekipmanları hendekten uzakta bulundurmak,
- Hendek stabilitesini etkileyecek ekipman veya aktiviteleri belirlemek,
- Yaklaşık 1,5 m' den derin kazılar için ortamın oksijen bakımından yeterli olup olmadığı ve toprağın toksik gazlara sahip olup olmadığını test etmek
- Her vardiyada hendekleri güvenlik açısından gözlemlemek,
- Hendek üstünde asılı malzeme, yük vs. varsa bu durumda çalışmaya izin vermemek,
- Hendekleri su basması veya fırtına olasılığına karşı gözlemlemek,
- Kazı trafik yakınında yapılıyorsa, personelin gözle rahatça görülebilen giysiler giymesini sağlamak gerekir.

3.4.3. İngiltere

İngiliz hükümetine bağlı Sağlık ve Güvenlik İdaresi³ (HSE) 2005 yılında yayınladığı örnek bilgi dokümanında kazılarda (dolayısıyla altyapı kazılarında) aşağıdaki

¹ United States Department of Labor

² Occupational Safety and Health Administration

³ Health and Safety Executive

örnekte olduğu gibi bir gözlem tutanağı hazırlamıştır. Ayrıca söz konusu bilgi dokümanında, iksa ile desteklenmesi gereken ve içindeki insanların zarar görme riskini bünyesinden barındıran kazılarda, her vardiya başlangıcı, stabilite ve mukavemetin etkilendiği düşünölen zamanlarda ve kazara kazıya malzeme, toprak, ekipman vs. düşmesi durumunda Şekil 3.5'teki raporun hazırlanması tavsiye edilmektedir (İngilizce orijinalinden tercüme edilmiştir). Ancak sahanın durumuna göre her vardiya başlangıcı yapılan gözlem haftada bire çekilmesinde sakınca bulunmamaktadır (HSE, 2005: 3).

GÖZLEM RAPORU

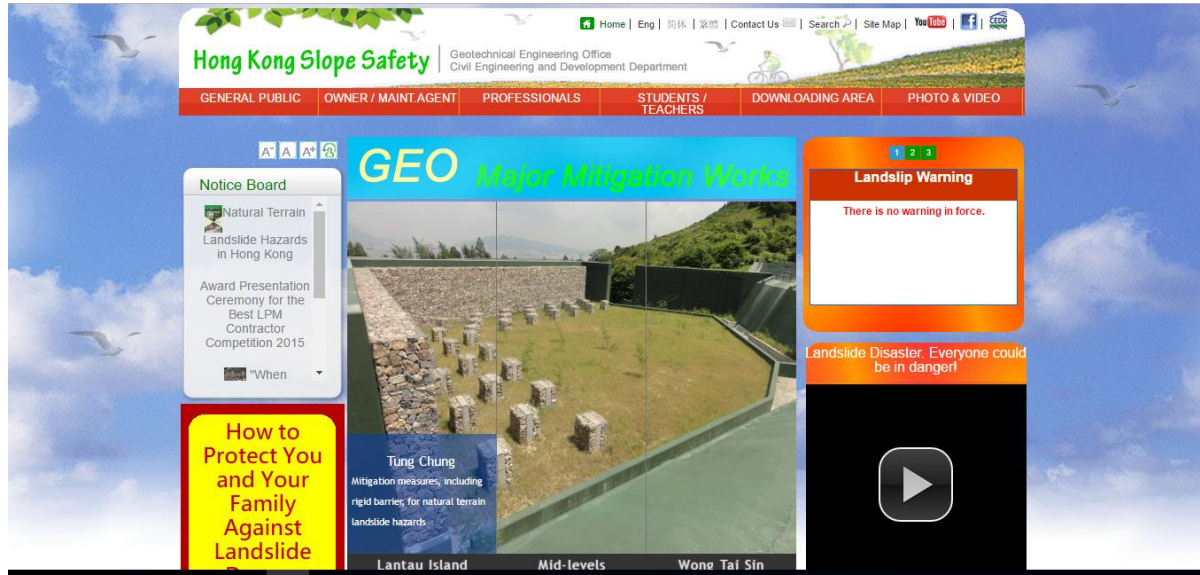
1.	Gözlemi yapan kişinin adı ve adresi.	
2.	Şantiye adresi.	3. Gözlemin yapıldığı tarih ve saat.
4.	Gözlemlenen yerin ya da ekipmanların yeri ve betimlenmesi.	
5.	İş sağlığı ve güvenliğine risk oluşturabilecek durumlar.	
6.	İş güvenli bir şekilde devam ettirilebilir mi?	E / H
7.	Bir önceki soruya cevap hayır ise, bilgilendirilen personelin ismi.	
8.	5. Maddedeki riskler için alınmış önlemler.	
9.	Gerekli herhangi ek tedbirlerin detayları.	
10.	Raporu hazırlayan kişinin ismi ve unvanı.	
11.	Raporun teslim edildiği tarih ve saat.	
12.	Raporu alan kişinin isim ve unvanı.	

Şekil 3.5. İksa gözlem raporu (HSE, 2005: 2)

3.4.4. Hong Kong

Hong Kong Hükümeti' ne bağlı Karayolları Departmanı Kamu Teknik İrtibat Komitesince¹ ve İnşaat Mühendisliği Departmanı Geoteknik Mühendislik Ofisince² hazırlanan Hendek Kazıları Rehberi- İksa ve Drenaj Önlemleri' nde kazıların planlama aşamasında tezin daha önceki kısımlarında bahsedilen hususlara ek olarak aşağıdaki bilgiler sunulmaktadır.

Eğer hendek kazısı bir şevin yakınında planlanmışsa etrafta basınçlı su hattı bulunup bulunmadığı konusuna özel özen gösterilmelidir, aksi halde söz konusu su hattına gelebilecek bir zarar şevin kaymasına sebebiyet verebilir. Ayrıca Hong Kong' ta yapılacak kazılarda Hong Kong Şev Güvenliği İnternet Sitesi'nden³ Şev Bilgi Sistemi'ne erişilip, geçmiş şev kaymalarına ait veri tabanı incelenebilir (Teknik Komite, 2003: 8). Söz konusu internet sitesine ait ekran görüntüsü Resim 3.2'te verilmektedir.



Resim 3.2. Hong Kong şev güvenliği internet sitesi ekran görüntüsü (Teknik Komite, 2016)

¹Utilities Technical Liaison Committee, The Government Of The Hong Kong Special Administrative Region

² Highways Department And Geotechnical Engineering Office Civil Engineering Department, The Government Of The Hong Kong Special Administrative Region

³ <http://hkss.cedd.gov.hk/hkss/eng/index.aspx>

4. İKSALARDA YAKLAŞIK MALİYET

Bu bölümde ilk olarak İller Bankası A.Ş. şev ve iksa uygulamalarında somut olarak ne yapılmalı, nasıl hareket edilmeli konusu kısaca ele alınarak, bu hususlara uyulmamasının bankaya olan örnek bir yaklaşık maliyeti irdelenecektir. Bölümün ikinci kısmında birbirinin muadili olabilecek şev ve iksa sistemlerinin yaklaşık maliyetleri hesaplanacaktır. Son kısımda ise İSG'nin göz ardı edilerek iksa yapılması gereken yerlerde iksa uygulamalarından kaçınılması sonucu oluşabilecek iş kazalarının maliyeti ve İller Bankası için bilgi amaçlı genel manada iş kazalarının maliyetleri irdelenecektir.

4.1. İller Bankası'ndaki Kazı Uygulamalarına Yönelik Tavsiyeler

17.02.1997 ve 22.02.1997 tarihleri arasında İller Bankası Genel Müdürlüğünce düzenlenen Kontrollük Hizmetlerinin Etkinleştirilmesi Semineri' ne ait Bildiriler Kitabı'nın "İksa Uygulamaları ve Kontrollük Hizmetlerinin Önemi" başlıklı bölümünün alt başlığı olan "Uygulamada Somut olarak Ne Yapılmalı, Nasıl Hareket Edilmeli?" kısmında aşağıdaki hususlar sıralanmaktadır (Genç, 1997: 144):

- Kazıda şev ya da iksa seçeneklerinden hangisinin kullanılacağına karar verilmelidir.
- Eğer zemin türü şev yapmaya müsaitse şev açısı bulunur, sonra aynı zemine uygun iksa türü (ahşap) tespit edilmelidir. Bunlardan sonra ekonomik olarak 2 alternatif mukayese edilir (Şev- İksa Mukayesesi), sonuç olarak bu iki alternatiften ekonomik olanı seçilir.
- Eğer zemin türü şevli kazıya uygun değilse, yapılacak ahşap iksa türü belirlenmelidir.
- Şayet ahşap iksa türü uygun bulunursa düzenlenecek tutanakla, bölge müdürünün onayının müteakibinde uygulamaya geçilmelidir.
- Eğer zemin durumu ahşap iksaya da imkân tanımıyorsa, özel iksa tespiti için merkeze talepte bulunulmalıdır.
- Merkezin görevlendirdiği heyetin tutanakla belirlediği iksa türü, onaylandıktan sonra, tespit tutanağına uygun şekilde uygulamalar yürütülmelidir.
- Eğer yüklenici iksa yapılması gereken yerleri iksa yapılmadan geçiyorsa mutlaka ödemeler iksasız fiyatlar üzerinden yapılmalıdır.

- İmalat bitirilip, dolgusu belli bir seviyeye getirilmeden iksaların sökülmesine izin verilmemelidir.
- Uygulanan iksa türü bütün detaylarıyla rölöve defterine kaydedilmeli ve karşılıklı olarak imzalanmalıdır.

Söz konusu bildiri bölümünün yazarı bu hususlara uyulmamasının İller Bankası' na yüklenecek maliyetini aşağıdaki gibi örneklemiştir (Genç, 1997: 144-145):

“Bütün bu hususlara uyulmazsa ne olur? Şöyle bir örnek vermek mümkündür. Bir şantiyede farz edelim ki, bir inşaat sezonunda 20 km hat döşenmektedir. Ortalama hat derinliğini 2.5 mt kabul edersek

$$\text{İksa miktarı} = 2 * 20\ 000 * 2.5 = 100\ 000\ \text{m}^2$$

Kullanılan kereste miktarı ise, aralıklı ahşap iksa olarak kabul edersek,

$$100\ 000 * 0,0125 = 1\ 250\ \text{m}^3$$

Yani yukarıda uygulama esaslarına uyulmazsa, veya iksanın mutlaka yapılması gerektiği şartına riayet edilmezse, yüklenici yukarıda miktarı hesaplanan 1250 m³ kereste bedelini ve bunun iksa haline dönüştürülmesi için gerekli olan ve ilgili analizinde belirtilmiş olan işçilik bedellerini karlı fiyat üzerinden ve her sene almaya devam eder. Üstelik de hem kazı için gerekli olan emniyet tedbirini almamış olur hem de işi tekniği ve fen ve sanat kaidelerine uygun olarak yapmamış olur”

İller Bankasınca yayınlanan 2016 birim fiyatları kullanılarak, yukarıda hesaplanan 100 000 m² iksanın maliyet hesabı:

Birim fiyat olarak 14.023/İB-1- 20 x 20 cm kesitli kuşak ve 14 cm çapında payandalarla düşey kaplama standart iksa yapılması sık aralıklı varsayımı yapılırsa, Çizelge 4.1 ‘de verilen tam kaplamalı m² fiyatı olan 100,94 TL(Türk Lirası)’ nin %70’i alınmalıdır.

$$0,7 * 100\ 000\ \text{m}^2 * 100,94\ \text{TL}/\ \text{m}^2 = 7\ 065\ 800\ \text{TL}\ \text{olarak}\ \text{hesaplanmıştır}.$$

4.2. Şev Kazısı ve İksa Tipleri İçin Örnek Yaklaşık Maliyetler

4.2.1. Şev - iksa mukayesesi

Bir önceki bölümde bahsedilen şev-iksas mukayesesinde ekonomik olan alternatifin seçilmesi hususunu somutlaştırmak amacıyla aşağıda örnek bir şev-iksas mukayesesi yapılacaktır. Bu mukayesede varsayılan hendek uzunluğu 40m’ dir. Hendek derinliği ise 3 m’ dir. Çoğu İller Bankası uygulamasında şev oranı 1:3 şeklinde belirlenmektedir. Daha az sıklıkta 1:2 ve 1:4 oranları mevcuttur. Dolayısıyla bu mukayesede söz konusu oran 1:3

kabul edilmiştir. Hesaplanacak hendek kazısında varsayılan toprak tipi ise kil, siltli, kumlu ve gevşek kil, killi kum ve çakıl, kürekle atılabilen taşlı toprak ve benzeri zeminler olarak kabul edilmiştir. Kazı sahası olarak makine ile kazı yapılmasının mümkün olmadığı (makinenin giremediği, girmesine müsaade edilmeyen veya ulaşımın sağlanamadığı) iş mahalleri veya makineli kazı yapılması halinde telafisi mümkün olmayan zararlar oluşabilecek alanlar (koruma ve SİT alanları vb.) seçilmiştir. Bu tanıma uygun fiyat pozu Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 14.002 numaralı poz birim fiyat tarifine aittir.

Şev maliyeti

$$\text{Şev Alanı} = 3 \text{ m (derinlik)} * 9 \text{ m (şev genişliği)} / 2 = 13,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Şev Hacmi} = 2 * 40 \text{ m (Şev Uzunluğu)} * 13,5 \text{ m}^2 = 1 080 \text{ m}^3$$

Kazı Birim Fiyatı: ÇŞB (2016) 14.002 pozu (El ile sert toprak kazılması (kil, siltli, kumlu ve gevşek kil, killi kum ve çakıl, kürekle atılabilen taşlı toprak ve benzeri zeminler) 24,05 TL/ m³

$$\text{Şev Maliyeti} = \text{Birim Fiyat} * \text{Miktar} = 1 080 \text{ m}^3 * 24,05 \text{ TL/ m}^3 = 25 974 \text{ TL}$$

İksa tipinde yapılan kabul ise tam aralıklı ahşap iksa türüdür. İksa birim fiyatı olarak 14.023/İB-1 20 x 20 cm kesitli kuşak ve 14 cm çapında payandalarla düşey kaplama standart iksa yapılması olarak seçilmiştir. Söz konusu poz numarasına ait İller Bankası' nın 2016 yılına ait analiz Çizelge 4.1 'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. İller Bankası ahşap iksa analizi (İller Bankası, 2016: 200)

Poz No:	ANALİZİN ADI: İMALAT İŞLERİ					Ölçü Birimi:
Alt Poz No	Malzeme ve İşçilik Poz No	İşin Adı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
14.023/İB-1		20 x 20 cm kesitli kuşak ve 14 cm çapında payandalarla düşey kaplama standart iksa yapılması				
	04.152	Çam kerestesi (2. Sınıf)	m ³	0,055	730,00	40,15
	04.270	Çivi (TS 155)	kg	0,850	1,95	1,66
	04.702	Maden kömürü	kg	0,250	0,38	0,10
	01.017	Dölger (Kalasların çakılması ve desteklenmesi)	sa.	1,250	10,10	12,63
	01.501	Düz İşçi (Kalasların çakılması ve desteklenmesi)	sa.	1,250	7,40	9,25
	01.017	Dölger (İksanın sökölmesi)	sa.	0,350	10,10	3,54
	01.501	Düz İşçi (İksanın sökölmesi)	sa.	0,350	7,40	2,59
	01.018	Demirci Ustası (Kalas başlarına çember geçirilmesi)	sa.	0,300	10,10	3,03
	01.501	Düz İşçi (Kalas başlarına çember geçirilmesi)	sa.	0,300	7,40	2,22
	01.017	Dölger (Şahmerdan masraflı karşılığı)	sa.	0,320	10,10	3,23
	01.501	Düz İşçi (Şahmerdan masraflı karşılığı)	sa.	0,320	7,40	2,37
		Toplam				80,75
		Yüklenici karı ve genel giderler (%25)				20,19
Standart iksa yapılması						100,94

İksa maliyeti

$$\text{İksa Alanı} = 2 \text{ Yüzey} * \text{Derinlik} * \text{Uzunluk} = 2 * 3\text{m} * 40\text{m} = 240 \text{ m}^2$$

İksa Birim Fiyatı: İller Bankası 14.023/İB-1 20 x 20 cm kesitli kuşak ve 14 cm çapında payandalarla düşey kaplama standart iksa yapılması 100,94 TL/m²

$$\text{İksa Maliyeti} = \text{Birim Fiyat} * \text{Miktar} = 240 * 100,94 = 24 225,6 \text{ TL}$$

Yapılan hesaplamalar neticesinde ekonomik açıdan uygun olan yöntem iksa yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Şayet söz konusu şev kazısı makine ile yapılabilecek bir ortamda olursa aşağıdaki yaklaşık maliyet hesaplanmıştır:

Şev Maliyeti

$$\text{Şev Hacmi} = 1 080 \text{ m}^3$$

Kazı Birim Fiyatı: ÇŞB Y.15.001/1A pozu- Makine ile yumuşak ve sert toprak kazılması (Serbest kazı) 2,89 TL/ m³

$$\text{Şev Maliyeti} = \text{Birim Fiyat} * \text{Miktar} = 1080 \text{ m}^3 * 2,89 \text{ TL/ m}^3 = 3 121, 2 \text{ TL}$$

Bu durumda ise ekonomik açıdan avantajlı olan çözüm şevli kazıdır.

4.2.2. Palplanş ve Wellpoint maliyet mukayesesi

Birinci bölümde bahsedildiği üzere Palplanş ve Wellpoint sistemleri birbirlerini ikame edebilmektedir. Dolayısıyla iki sistem arasında maliyet mukayesesi yapılabilir.

Bu mukayesede varsayılan toprak türü kumlu ve doymuş toprak türüdür. Bu toprak türüne ait bulunduğu yerlere örnek olarak ise deniz kenarı verilebilir. Hendek boyu 40 m, palplanş çakma ve Wellpoint etki derinliği olarak ortalama 5 m olarak seçilmiştir.

Palplanş maliyeti

Seçilen toprak tipi ve çakma derinliğine bağlı olarak İller Bankası'nın 2016 yılına ait analiz çizelgeleri aşağıda sunulmaktadır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, ve Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. İller Bankası çelik palplanş çakma analizi (İller Bankası, 2016: 239)

Poz No:	ANALİZİN ADI : İMALAT İŞLERİ Çelik palplanş iksa işleri (10.03.1997 tarihinden sonra ihale edilmiş olan işler için uygulanacak çelik palplanş profillerinin çakılması ve sökülmesine ait birim fiyatlar)					Ölçü Birimi: m ²
Alt Poz No	Malzeme ve İşçilik Poz No	İşin Adı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
20.011/İB-1	-	L < 9 m boyunda çelik palplanş iksa profilinin kohezyonsuz gevşek ve kohezyonlu yumuşak zeminlere, L < 6 m boyunda çelik palplanş iksa profilinin kohezyonsuz orta sıkı ve kohezyonlu plastik zeminlere çakılması	-			
	03.505	260 HP Ekskavatörün 1 saatlik ücreti	sa.	0,120	179,94	21,59
	03.527/İB-1	46.4 ton santrifüj kuvvetinde hidrolik vibro çakıcı	sa.	0,120	46,56	5,59
	01.409	Formen	sa.	0,120	14,85	1,78
	01.502	Erbab İşçi	sa.	0,360	7,85	2,83
		Toplam				31,79
		Yüklenici karı ve genel giderler (%25)				7,95
		Çelik palplanş profilinin çakılması işçiliği	m			39,74

Çizelge 4.3. İller Bankası çelik palplanş sökme analizi (İller Bankası, 2016: 240)

20.012/İB-1	03.505	Kohezyonsuz gevşek ve kohezyonlu yumuşak zeminlere çakılmış L < 9 m boyunda çelik palplanş ıksa profilleri ile kohezyonsuz orta sıkı ve kohezyonlu plastik zeminlere çakılmış L < 6 m boyunda çelik palplanş ıksa profillerinin sökölmesi	sa.	0,050	179,94	9,00
	03.521	260 HP Ekskavatörün 1 saatlik ücreti Lastik tekerlekli yükleyici: İmalat yerinde ve tüm iş sahasında çelik palplanş ıksa profilleri ve makine ekipmanlarının her türlü yatay ve düşey taşıması ile söz konusu taşımalara ait yükleme boşaltma karşılığı	sa.	0,060	72,33	4,34
	03.527/İB-1	46.4 ton santrifuj kuvvetinde hidrolik vibro çakıcının 1 saatlik ücreti	sa.	0,050	46,56	2,33
	01.409	Formen	sa.	0,050	14,85	0,74
	01.502	Erbab işçi	sa.	0,150	7,85	1,18
	01.501	Düz işçi (İnşaat işçisi)	sa.	0,060	7,40	0,44
		Toplam				18,03
		Yüklenici karı ve genel giderler (%25)				4,51
		Çelik palplanş profilinin sökölmesi işçiliği	m			22,54

Çizelge 4.4. Larssen 20'ye ait malzeme fiyat analizi (İller Bankası,2016: 270)

Poz No:	İLLER BANKASI ÖZEL RAYIÇ ANALİZLERİ					Ölçü Birimi: m ²
Alt Poz No	Malzeme ve İşçilik Poz No	İşin Adı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
	-	Çelik palplanş iksalarda kullanılan malzemenin uygulama yılı rayiç bedelinin tespiti: $A = (1 / n) \times 2 \times G \times F$ n : Çelik palplanş elemanının kullanma sayısı F : Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Birim Fiyat Kitabında yer alan 23.051 poz nolu imalatın uygulama yılı karsız bedeli	TL/m ²	-	-	-
	-	23.051 poz nolu imalatın uygulama yılı karsız bedeli	-	-	-	20,00
04.256 04.256 01.019 01.501 01.501	04.256 04.256 01.019 01.501 01.501	23.051 poz nolu imalatın uygulama yılı karsız bedeli fiyatının hesabı: Profil demiri (I-U-T Omega) Profil demiri (I-U-T Omega) Soğuk Demirci Ustası Düz İşçi (İnşaat İşçisi) Düz İşçi (İnşaat İşçisi) Toplam :	ton ton sa. sa. sa.	1.020 0,051 40,000 140,000 15,000	1.310,00 1.310,00 10,10 7,40 7,40	1.336,20 66,81 404,00 1.036,00 111,00 2.954,01
		$A = (1 / n) \times 2 \times G \times F$				
		Çelik palplanş malzemesinin uygulama yılı rayiç bedeli:				
23.051/İB-1	23.051/İB-1	Larssen 20 için				23,34

Palplanş profillerinin Larssen 20 Profil tipinden kullanılacağı ve destek profili için İller Bankası 23.245/İB-1 pozundan alınan, örnek Yatırım Koordinasyon Dairesi analizlerinden m² için 2,85 TL' lik çelik profil olacağı varsayılmıştır. Buna göre:

1m² Larssen 20 Profilli Palplanş = Çakılma Birim Fiyatı + Sökülme Birim Fiyatı + Malzeme(Larssen Profili+ Destek Profili) Birim Fiyatı

$$1\text{m}^2 \text{ Larssen 20 Profilli Palplanş} = 39,74 + 22,54 + 23,34 + 2,85 = 88,47 \text{ TL/ m}^2$$

$$\text{Palplanş yapılacak Yüzey Alanı} = 2 \text{ Adet} * \text{Derinlik} * \text{Boy} = 2 * 5\text{m} * 40\text{m} = 400 \text{ m}^2$$

$$\text{Toplam Palplanş Maliyeti} = 400 \text{ m}^2 * 85,62 \text{ TL/ m}^2 = 35\,388 \text{ TL olmaktadır.}$$

Wellpoint maliyeti

Wellpoint maliyet hesabında bir çok mekanik ekipman bulunması, İller Bankası pratiğinde herhangi bir birim fiyat bulunmaması ve Türkiye' de bu sistemin yaygın olmamasından ötürü 31 Ağustos 2016 tarihinde Benda Endüstriyel Pompa Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi' nden 40m uzunlukta ve 5m derinlik tesirli hendek kazısı için teklif istenmiştir ve Resim 4.1 'de teklif gösterilmektedir.

Şekil 3.1. ' de gösterildiği üzere 40 m' lik hendek kazısı için Wellpoint sisteminin maliyeti 47 600 €' dur. 31 Ağustos 2016 tarihli Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) döviz kurları temel alınarak yapılan hesaplamalar neticesinde:

$$31 \text{ Ağustos 2016 Tarihli Euro Satış Kuru} = 3,2970 \text{ TL}$$

$$47\,600 \text{ €} = 47\,600 * 3,2970 = 156\,937, 20 \text{ TL}$$

Yukarıdaki fiyata ek olarak Wellpoint uygulamaları ile ilgili rayiç fiyatı elde edebilmek amacıyla 19 Eylül 2016 tarihinde Zigana Zemin-Temel Turan firmasından 40 m uzunluk ve 6 m teorik etki alanı (şirket yetkilisi bu derinliğin pratikte 4 m kadar olduğunu aktarmıştır) için teklif alınmıştır (Çizelge 4.5).

PROCESS PUMPS SPECIALIST

Benda Endüstriyel Pompa Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi

Yeni Yalova Yolu Buttim İş Merkezi E4 Blok No:1314 Bursa

ULUDAĞ V.D V.N. 163 041 2424

TEL : 224 212 00 51

FAKS : 224 212 00 61

TARIH : 01.09.2016

HAZIRLAYAN : VEDAT ALTINTAŞ

E- POSTA : info@benda.com.tr

TEKLİF NO : V01092016



Talebiniz doğrultusunda hazırladığımız **teklifimiz** aşağıda bilgilerinize sunulmuştur. Teklifimizin tarafınızca uygun bulunması umidi ile iyi çalışmalar dileriz.

FİRMA : İLLER BANKASI A.Ş.

KİME : VELİ ZENGİN

DIKKATINE

TEL : 312 508 78 50

FAKS : 312 508 77 99

NO:	SAP CODE	MODEL	MARKA	MIKTAR	FİYAT €	TUTAR €
1	10055147	ECOMATIC JD 6-250 G10 FVM06 V04		1 Ad.	15.000,00 €	15.000,00 €
2	10048395	JETTING JD 2-215 G10 MLD30 TROLLEY		1 Pcs	12.000,00 €	12.000,00 €
3	10013658	Header pipe complete with cock assemblies		10 Ad.	400,00 €	4.000,00 €
4	10017024	Riser pipe + wellpoint spear		60 Ad.	150,00 €	9.000,00 €
5	10013666	Female/female Trasflex hose coupling		60 Ad.	80,00 €	4.800,00 €
6	10013452	Female/female/male "T" fitting		2 Ad.	150,00 €	300,00 €
7	10013410	90° elbow		4 Ad.	100,00 €	400,00 €
8	10013575	Flexible hose (Rubber / canvas with steel spiral) B150X4S		1 Ad.	500,00 €	500,00 €
9	10013648	Flat discharge hose with male / female coupling		2 Ad.	450,00 €	900,00 €
10	10013459	Female cap		1 Ad.	50,00 €	50,00 €
11	10018699	Jetting hose with male / female couplings T50X10S 10 BAR		1 Ad.	350,00 €	350,00 €
12	10013540	Flexible hose (PVC with steel spiral)		1 Ad.	300,00 €	300,00 €
Yazı ile					TOPLAM :	47.600,00 €

TİCARİ ŞARTLAR :

TESLİM SURESİ : 5-6 Hafta.

TESLİM YERİ : Bursa Depomuz. Nakliye Hariçtir

ODEME ŞEKLİ : Siparişte %50 avans, mal tesliminde Peşin

TEKLİF GEÇERLİLİK SÜRESİ: 1 AY

FİYATLARIMIZA KDV DAHİL DEĞİLDİR. FATURA TARİHİNDEKİ MERKEZ BANKASI DÖVİZ EFEKTİF SATIŞ KURU BAZ ALINIR.

İHTİLAFA DURUMLARINDA :

- İş bu sözleşmeden doğan ihtilaflarda **Bursa Adliyesi ve İcra Daireleri** yetkilidir.
- Vadesinde ödenmeyen Fatura bedellerine **Aylık % 4 gecikme faizi** tahakkuk edilir.
- Alıcı siparişinden vazgeçmesi halinde, siparişe konu **mal bedelinin % 25 sini vazgeçme bedeli** olarak öder.

BANKA HESAP NUMARALARI :

Garanti Bankası Merinos Şubesi / Şube Kodu : 1544

TL IBAN : TR02 0006 2001 5440 0006 2999 05

€ IBAN : TR16 0006 2001 5440 0009 0999 46

\$ IBAN : TR33 0006 2001 5440 0009 0999 31

Hesap No: 6299905

Hesap No: 9099946

Hesap No: 9099931

01.09.2016

HAZIRLAYAN

VEDAT ALTINTAŞ

MÜŞTERİ

- *Teknik Bilgi katologları maildeki eklerde mevcuttur.*

Benda Endüstriyel Pompa San. Tic. Ltd. Şti.

Resim 4.1. Benda Endüstriyel Pompa Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nden edinilen teklif

İller Bankası için Wellpoint uygulamalarına ilişkin uygulama ve maliyet açılarından bilgi içermesinden dolayı Zigana Zemin fiyat teklifine ait detaylar aşağıda verilmektedir:

Yüklenici (Wellpoint) tarafından işin kapsamına ait bilgiler aşağıda verilmektedir:

- Wellpoint yapılacak kanal uzunluğu yaklaşık 40 metre olarak kabul edilmiştir.
- Wellpoint çakımı 2 taraflı olarak kabul edilmiştir.
- Su seviyesinin işverene sözlü olarak tek kademe Wellpoint ile yaklaşık 4,00 metre düşürülebileceği bildirilmiştir
- Wellpoint çakımı yeraltı su seviyesine kadar kazı yapıp kanal kazıları yapıldıktan sonra yapılacaktır.

Yükleniciye (Wellpoint) ait sorumluluklar aşağıda sıralanmaktadır:

- Gerekli tüm makine, ekipmanların ve yeterli kalifiye elemanların temini,
- Mobilizasyon / Demobilizasyon yapılması.
- Projeye uygun Wellpoint uygulaması yapmak.
- 24 saat süreyle pompaların çalıştırılması ve uzman ekip bulundurulması.

İşverene (İller Bankası veya Ana Yüklenici) ait sorumluluklar:

- Wellpoint yapılacak kanalların kazılması, vakum pompalarının kurulumu için gerek hafriyat işlerinin yapılması, kolektör borularının yerleştirilmesi için gerekli paletli iş makinesinin temini işverence sağlanacaktır.
- Kazı, dolgu işlerinin yapılması varsa yeraltı ve yerüstü engellerin tespit edilmesi, eski temellerin sökülmesi kaldırılması İşveren sorumluluğundadır. Bu sorumluluğunu yerine getirilmemesi ile oluşan riskler Yükleniciyi (Wellpoint) sorumluluk altına almaz.
- Elektrik enerjisinin (30 kW(Kilowatt) /pompa) bilabedel sağlanması. Enerji sahada kurulacak olan vakum pompalarının yanında pano ile teslim edilecektir.
- Su tahliyesi için max. 50 m mesafede yer gösterilmesi. Ara mesafe de yol vs. olması durumunda tahliye hattının güvenliği işveren sorumluluğunda olacaktır.
- 24 saat sahanın aydınlatılması ve güvenliğin sağlanması

Fiyat ve ödeme detayları:

- Fiyatlara Katma Değer Vergisi (KDV) ve damga vergisi dâhil değildir.

- Teklifin kabulü halinde sözleşme imzası ile keşif bedelinin %25'i avans olarak ödenecektir. Diğer ödemeler sözleşme aşamasında belirlenmelidir.
- Yüklenici tarafından kaynaklanmayan beklemler sonucunda iş makinalarımızın 15 günden daha fazla atıl kalması durumunda stand/bye bedeli olarak 750,00 TL/gün talep edilecektir.
- Aylık dilimler halinde hakediş yapılacaktır. İşletme süresinin 1 aydan az olması durumunda 1 aylık işletme bedeli alınacaktır.
- Yüklenicinin teklifi 30 gün süreyle geçerlidir.
- Anlaşma sağlanması halinde Wellpoint kurulumuna başlanmadan 15 gün öncesinde yükleniciye bilgi verilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.5. Zigana Zemin'den elde edilen teklif

SIRA NO	İŞİN TANIMI	BİRİM	MİKTAR	FİYAT,TL	TUTAR,TL
01	Mobilizasyon / Demobilizasyon	Adet	1,00	İşin yapılacağı mahale göre değişkenlik sunacaktır.	
02	WELLPOINT KURULUMU	Adet	1	60000,00	55.000,00
03	WELLPOINT İŞLETMESİ	Ay	1	40.000,00	40.000,00
TOPLAM TUTAR					95.000,00

Rayiç fiyatı elde etmek amacıyla Benda ve Zigana Zemin firmalarının tekliflerinin ortalaması alındığında 125 968,60 TL maliyet ortaya çıkmıştır.

Yapılan yaklaşık maliyet hesaplaması neticesinde Wellpoint maliyeti palplanş maliyetinden oldukça yüksek çıkmaktadır. Ancak, bu fiyatlarda Wellpoint malzemelerinin yerli olmaması etkili olabilir. Her iki şirketin yetkilisi de Wellpoint sisteminin daha hızlı olduğunu aktarmışlardır. Zaman hususu da göz önüne alınarak ayrıca bir maliyet karşılaştırılması yapılabilir.

4.3. İksa Uygulamalarından Kaçınmanın Maliyeti

İngiliz hükümetine bağlı Sağlık ve Güvenlik İdaresinin (HSE) yayınladığı “Kazı: Meşgul bir şantiyeci olarak neleri bilmeniz gerekir” isimli dokümanda kötü ve yetersiz bir temel iksalandırması sonucu sahanın yanındaki 3 katlı binanın çökmesi anlatılmış, herhangi bir can kaybı yaşanmayan kazada, inşaat şirketi ve yöneticisi 90 000 £ ‘er para cezası, devlete olan maliyetin 14 444 £’ lik kısmı ve 3 dairenin sakinlerinin kayıplarının telafisi için her bir daire başına 3 000 £ ekstra para cezasına çarptırılmışlardır. Konuyla ilgili Resim 4.2’de verilmektedir (HSE, 2012: 1).



Resim 4.2. Yetersiz iksa uygulaması ve sonucunda oluşan hasar (HSE, 2012: 1)

Buna göre şirket ve şirket yöneticisinin her biri 101 722 £ para cezasına çarptırılmıştır. Bu meblağın 2012 Mart ayı için, yaklaşık 285 086 TL karşılığı vardır.

4.4. İş Kazalarının Maliyeti

Tan (2016), iş kazalarının maliyetini doğrudan ve dolaylı maliyetler olmak üzere ikiye ayırmıştır. Doğrudan maliyeti ise buzdağının görünen yüzüne, dolaylı maliyeti ise buzdağının görünmeyen yüzüne benzetmiştir. Doğrudan maliyet kalemleri (Tan, 2016: 11):

- Tedavi için yapılan harcamalar

- Kaza sonucu hayatını kaybeden işçinin yakınlarına ödenen ya da sakatlanan işçinin kendisine ödenen tazminat
- Açılan davalar sonucu karşılanması gereken avukat ücretleri ve mahkeme giderleri
- All-Risk sigorta primleri+ SGK’ ya iş kazaları ve meslek hastalıkları için ödenen primler ve mali mesuliyet sigortaları maliyetleri

Dolaylı maliyetler ise aşağıda sıralanmaktadır (Tan, 2016: 11):

- İşçinin yaralanmasından doğan iş kaybı maliyeti
- Yaralanan işçinin beraberinde ve civarında çalışan işçilerin, yönetici işçilerin (formen, ustabaşı) iş kaybının maliyeti
- Yaralanan işçi yerine istihdam edilen işçinin eğitim maliyeti
- Hasar gören ekipman varsa onarım maliyeti
- Kaza gününe ait iş kaybının maliyeti
- Tesislerde iş kazasından kaynaklı meydana gelebilecek hasar maliyeti (örneğin yangın)
- İş akışının bozulmasından kaynaklı maliyet
- Meydana gelen iş kazasının neden olduğu “fazla mesai” maliyeti
- Sigortalanmamış tedavi giderlerine ait maliyet
- Devletin iş kazası prosedürleri (soruşturma, tazminat davası) ile ilgilenen üst düzey yöneticilerin harcadıkları mesailerin maliyeti
- Yukarıda sayılmayan diğer maliyetler

Tan (2016)’ya göre ortalama doğrudan ve dolaylı maliyet oranı 1/4, yoğun emek gerektiren endüstrilerde 1/5-1/10, yoğun sermaye ve emek gerektiren endüstrilerde ise 1/5-1/20 oranlarında değişmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Altyapı işlerinde kullanılan iksa türlerinin performans ve yaklaşık maliyet açılarından irdelendiği ve karşılaştırıldığı bu çalışmada iksalar hakkında gerekli bilgi ve örneklemeler verilmiş, örnek bir palplanş çakma derinliği hesabı Rankine Teorisi ve DLH Geoteknik Esasları'na dayanılarak tekrar hesaplanmıştır. Bundan sonra, iksalarda İSG konusu ele alınarak dünyadaki örnek çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, son bölümde ise iksalar ve iksalarda iş güvenliği konularına maliyet açısından değinilmiş, şev-iksas mukayesesi, muadil iksalar arsında maliyet mukayesesi ve iksalarda iş güvenliği kurallarına riayet etmemenin doğuracağı mali sonuçlar ve genel olarak iş kazalarının maliyetleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuç ve çözüm önerilerine ulaşılmıştır.

Altyapı uygulamalarında kullanılan iksa tiplerini belirleyen öncelikli faktör zemin dayanımıdır. Ahşap iksa sistemiyle çelik iksa sistemleri (çelik pano+palplanş) incelendiğinde, ahşap iksalar kazı yapıldıktan sonra kendini bir süre tutan zeminlerde yapılır. Çelik panolu iksalar ahşap iksalara göre daha zayıf zeminlerde kullanılır. Çelik palplanş iksa sistemi daha çok akıcı bir davranış gösteren ve YASS yüksek dolayısıyla oldukça zayıf zeminlerde uygulanmaktadır. Çelik palplanşa seçenек olabilecek bir sistem de Wellpoint sistemidir.

Toprakla duvar arasındaki sürtünmeyi dikkate almayan Rankine Yanal Basınç Teorisi'nin Coulomb Teorisi'ne nazaran daha güvenli tarafta kaldığı Ek 1'de belirtilmektedir. İller Bankası'nca hazırlanan örnek palplanş hesabına ait çakma derinlikleri Rankine Teorisi kullanılarak hendek yüksekliği $H=2,00$ m ve $H=3,00$ m için tekrar hesaplanmıştır. İller Bankası hesap raporunda, Coulomb Teorisi'ne göre hesaplanan çakma derinliği %20 artırılarak güvenli tarafta kalmak amaçlanmıştır. Ancak Rankine Teorisi ile bulunan çakma derinlikleri %20 oranını geçmiştir ve sızma tahkiki hesapları sonucu bulunan sızma derinlikleri, hesaplamalar sonucu çıkan çakma derinliklerinden daha az çıkmıştır. Ayrıca, DLH Geoteknik Tasarım Esasları'ndan yola çıkarak sürtünme varsayılıp, oluşan pasif kuvvetlere güvenlik katsayısı konulup, derinlik %20 oranında artırılmadığında Rankine Teorisi'ne yakın çakma derinlikleri bulunmuştur.

İnşaat sektörü en çok iş kazası yaşanan sektördür, bunun nedenleri arasında farklı ve kontrolü zor çalışma koşulları yer almaktadır. İSG kıstasları maliyet kıstaslarından önce gelmektedir. Altyapı kazılarındaki İSG ile ilgili ülkemizde yapılan en önemli düzenleme Yapı İşleri'nde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'dir.

Kanada standartlarına göre hazırlanan Hendek Kazılarına Giriş Rehberi'ne göre en kötü tip (Tip-4) toprak için 1:3 eğimi kullanılarak toprak şevlendirmesi önerilmiştir. İller Bankası uygulamalarında eğim kazı derinliğiyle bağlantılıdır ve 1:2, 1:3, 1:4, 2:3 şevlendirme eğimleri vardır. Genelde projelerden 1:3 eğimi çıkmaktadır.

Altyapı kazılarındaki İSG ile ilgili İngiltere Standartları incelendiğinde "İksa Gözlem Raporu" olarak adlandırılan bir dokümanın belirli aralıklarla tutanak halinde hazırlandığı görülmüştür.

Hong Kong'daki altyapı kazılarıyla ilgili İSG standartları incelendiğinde, kazı projesi şev yakınından geçiyor ve etrafta ana su hattı bulunuyorsa, su sızıntısından kaynaklı şev kayması yaşanmaması için çok dikkatli olunması önerilmiştir.

İksa yaptırılan işin kontrollük aşamasında iksa imalatları yapılıp yapılmadığı ciddi ve düzenli bir şekilde kontrol edilmezse ve iksa yapılmadığı halde iksa ödemesi yapılırsa, bu durum İller Bankası A.Ş.'ye ciddi bir mali yük getirmektedir. İller Bankası kontrollük teşkilatı yukarıda anlatılan iksa gözlem tutanağını uygular, haftalık şantiye raporuna iksa gözlem raporunu ekler ve emir defterine iksalarla ilgili eksiklikleri kaydederse bu maliyet riski ciddi oranda azaltılabilir.

Şev-İksa mukayesesinde işin yapılacağı yer, zemin durumu, kazının yapılma şekli (elle yahut makineli) şev ya da iksa seçeneklerinden birisini diğerine göre ekonomik anlamda daha avantajlı kılabilir.

Birbirlerini ikame edebilen iksa sistemleri olan palplanş ve Wellpoint sistemlerinin maliyetleri mukayese edildiğinde Wellpoint sisteminin maliyeti oldukça yüksek çıkmaktadır.

İksa uygulamalarından kaçınmak sorumlu işveren/şirket ve yöneticilerine ciddi anlamda cezai sorumluluk ve daha fazla mali külfet getirmektedir. İngiltere’de yaşanan bir örnekte, düzgün iksa yapmaktan kaçınan bir şirket ve yöneticisine sadece cezai anlamda yaklaşık 570 000 TL’lik mali külfet gelmiştir.

İş kazalarının maliyetleri doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılmakta ve bu iki maliyet sırasıyla buzdağının görünen ve görünmeyen yüzüne benzemektedir. Doğrudan ve dolaylı maliyetler 1/4 oranından işin çapına göre 1/20 oranına kadar değişmektedir. Bu gibi belirli ve belirsiz maliyetleri önlemenin yolu ise İSG kurallarına titizlikle riayet etmekten geçmektedir.

İller Bankası uygulamalarında önerilen hususlar şunlardır, proje çalışmaları esnasında güvenli tarafta kalmak ve pratiklik amacıyla, çakma derinlikleri hesabında Rankine Teorisi kullanılması göz önünde bulundurulabilir. Ayrıca, hesaplandığı üzere çakma derinliklerinin artması sonucu oluşan destek kirişi kuvvet ve momentlerinin artması normaldir. Bu durum ise seçilen palplanş ve destek kirişi boyutlarının değişebilme ihtimalini doğurmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda ikinci bölümde anılan yanal toprak teorileri kullanılarak tasarlanan palplanş elamanlarının sahada deneysel olarak performansları (kuvvet, deplasman vs.) ölçülerek mukayese edilebilir. Bu çalışmalar sonucu ampirik (deneysel) veya formüsel bilgiler elde edilebilir.

Şayet tüm gerekli İSG önlemleri alınırsa Kanada Standartları’nda belirtilen iyi ya da orta sınıf topraklar için 1:1, kötü sınıf topraklar için 1:3 şevlendirme eğimi denenebilir.

İngiltere’de yapılan iksa gözlem raporu belli aralıklarla tutanak tutma amaçlı orijinal dilinden Türkçe’ye çevrilmiş olup bu haliyle İller Bankası’nda kullanılabilir.

Hong Kong’ ta yapıldığı gibi İller Bankası’na da Şev Bilgi Sistemi adı altında bir veri tabanı oluşturulabilir. Bu da gelecekteki kazı çalışmaları için oldukça yararlıdır.

İller Bankası’na standart Wellpoint maliyet hesaplamaları yapılabilir. Ayrıca Wellpoint sisteminin yerli pompa ekipmanları vs. kullanımı, mukayese edilen bu iki sistemin iş hızı ve bunun maliyete olan yansımaları da araştırılabilir.

Kazılarda bulunan çalışanların can güvenliği her şeyden önce gelmektedir ve yaşanan bir iş kazası işin sahibi kuruma ve yetkililerine itibar kaybı yaşatmaktadır. İller Bankası' nın bu istenmeyen durumlar için bilgi sahibi olması amaçlı olası bir iş kazası durumunda işçiye ödenecek tazminat, itibar kaybı vs. ile ilgili doğacak ekstra maliyetler araştırılabilir.

KAYNAKLAR

Aşçı, G. (2012), *Bankamızda Uygulanan İksa Sistemleri Palplanş İksa Uygulanırken Karşılaşılan Problemler (Seminer)*, Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) İnşaat Mühendisleri Odası (İMO), İzmir, 18.

İnternet: Bancker Corporation (2016). URL: <http://www.webcitation.org/6m1Twk1lM>, Son Erişim Tarihi: 14/11/2016

Binal, A. (2015), *JEO 358 Soil Mechanics Ders Notları*, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, 4.

Craig, R.F. (2004), *Craig's Soil Mechanics* (Seventh edition). London: Spon Press, 161-162,164.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2014), *Kanal Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi*, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 10,12,13,14,15,17,21,22.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016), *2016 Yılı İnşaat Ve Tesisat Birim Fiyatları*, Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları, 154,157.

Danacı, H. (2009), *Kanalizasyon İnşaatlarında İksa Sistemleri, Çelik Palplanş İksa Uygulamaları*, İller Bankası Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı Zemin Mekaniği Uygulamaları Eğitim Seminerinde sunuldu, Ankara, 2-9.

İnternet: DLH Geoteknik Tasarım Esasları (2007), T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü. URL: <http://www.webcitation.org/6m1YMJf3b>, Son Erişim Tarihi: 14/11/2016

Doğu Akdeniz Üniversitesi (2015), *INSA 354- Zemin Mekaniği Ders Notları*, Doğu Akdeniz Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gazimağusa, 7,8,10,11,12,14,15,18,19,21.

Genç, C. (1997), *Kontrollük Hizmetlerinin Etkinleştirilmesi Semineri Bildiriler Kitabı* (Birinci Baskı). Ankara: İller Bankası Genel Müdürlüğü Matbaası, 144,145.

Gündüz Z. (2015), *INM 305 Zemin Mekaniği Ders Notları*, Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, 7.

Health and Safety Executive (HSE) (2005), *Construction Information Sheet No.47 (rev1)*, Liverpool: Health and Safety Executive Head Office, 2,3.

Health and Safety Executive (HSE) (2012), *Excavation: What you need to know as a busy builder*, Construction Information Sheet. Liverpool: Health and Safety Executive Head Office, 1.

Infrastructure Health and Safety Association (IHSA) (2010), *Trenching Safety-Introduction to Trenching Hazards*, Ontario: Infrastructure Health and Safety Association Head Office. 4,5,8,9,12,22.

İkizler S.B. (2014), Dayanma (İstinat) Yapıları, İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) Seminerinde sunuldu, Ankara, 30,41.

İller Bankası 6. Bölge Müdürlüğü (2009), *Ahşap İksa Uygulamaları*, İller Bankası 6. Bölge Müdürlüğü, Konya, 1

İller Bankası Anonim Şirketi (2014), *Örnek Palplanş Hesap Raporu*, Ankara: İller Bankası Genel Müdürlüğü Matbaası, 1-3.

İller Bankası Anonim Şirketi (2016), *İller Bankası Birim Fiyat Analizleri*, Ankara: İller Bankası Genel Müdürlüğü Matbaası, 200,239,240,270

İnternet: Zigana Zemin İnternet Sitesi (2016), *Wellpoint Sistemi Nedir?* <http://www.webcitation.org/6m1VVgFsA>. Son Erişim Tarihi: 14/11/16

Keskin İ. (2015), *INM 308 Zemin Mekaniği II Ders Notları*, Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük, 6,13,15,16,24,26.

Middle East Technical University (2011), *CE 366 Foundation Engineering Lecture Notes*, Middle East Technical University Civil Engineering Department, Ankara, 9-10.

NPTEL (2016), *National Programme on Technology Enhanced Learning Lecture Notes*, Indian Institutes Of Technology And Science, New Delhi, 22

Occupational Safety and Health Administration OSHA (2015), *Trenching and Excavation Safety*, U.S. Department of Labor, Washington,13.

İnternet: Tan O. (2016), İş Kazalarının Maliyeti, URL: <http://www.webcitation.org/6m2ABRma>, Son Erişim Tarihi: 14/11/2016

Türk Standartları Enstitüsü (1989), *Türk Standardı TS-2519 Ahşap İksa Hesap, Yapım, Bakım Söküm Ve Dolgulama Kuralları*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Matbaası, 3-7

Utilities Technical Liaison Committee Highways Department and Geotechnical Engineering Office Civil Engineering Department (2003), *Guide to Trench Excavations (Shoring Support and Drainage Measures)*, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong, 8

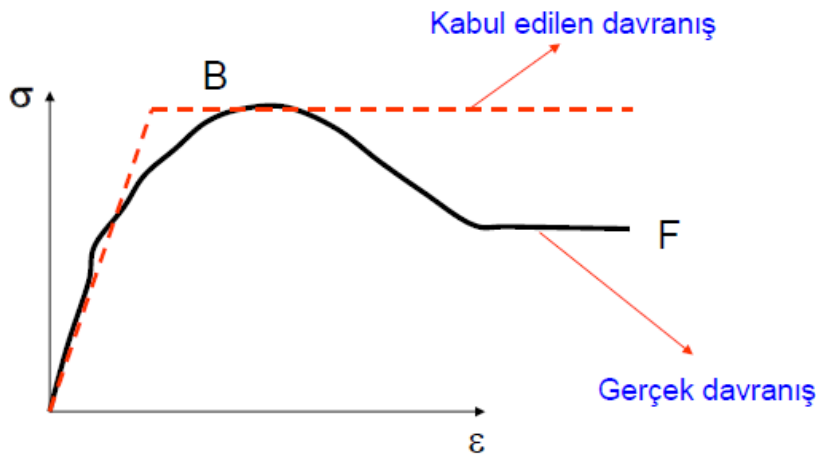
İnternet: Wood Verhaur (2016), Larsen Profile Specifications, URL: <http://www.webcitation.org/6m1ZfCxIK>, Son Erişim Tarihi: 14/11/16

EKLER

EK-1. Elastik teoriden gelen toprakta gerilme dağılımı

İnşaat mühendisliği yapılarının tasarım aşamasında, yapıların toprağa aktardığı yük ve bunun sonucunda oluşan deformasyonların belirlenmesi gereklidir. Uygulanan yüklerin altındaki toprağın/zeminin fiziksel davranışı, yenilme anından hemen önceki ve daha düşük gerilmeler altında doğrusal (lineer) ve elastik davranış¹ göstermektedir. Yenilme anında ise toprak doğrusal olmayan ve plastik davranış sergilemektedir. Bu durum Şekil Ek.1.1 ‘ de gösterilmektedir (Gündüz;2016: 7).

Hâlihazırdaki uygulamalarda pratikliğin sağlanması ve karmaşıklığın azaltılması amacıyla toprak homojen ve izotropik² kabul edilmektedir. İleri düzey sonlu elemanlar yöntemiyle, topraktaki doğrusal olmayan, plastik ve heterojen durum ve bunun sonucundaki gerilme ve deformasyon ilişkileri modellenenilmektedir. Söz konusu yöntemin Türkiye’ de yaygınlaşarak artacağı tahmin edilmektedir.



Şekil Ek.1.1 Yenilme Kavramı (Gündüz;2016,7)

¹ Cisim, yapı ve zeminlerin dış yüklerin etkisi altında kalıcı bir yer değiştirme, çatlama ve kırılma olmadan göstermiş olduğu davranış biçimine verilen addır.

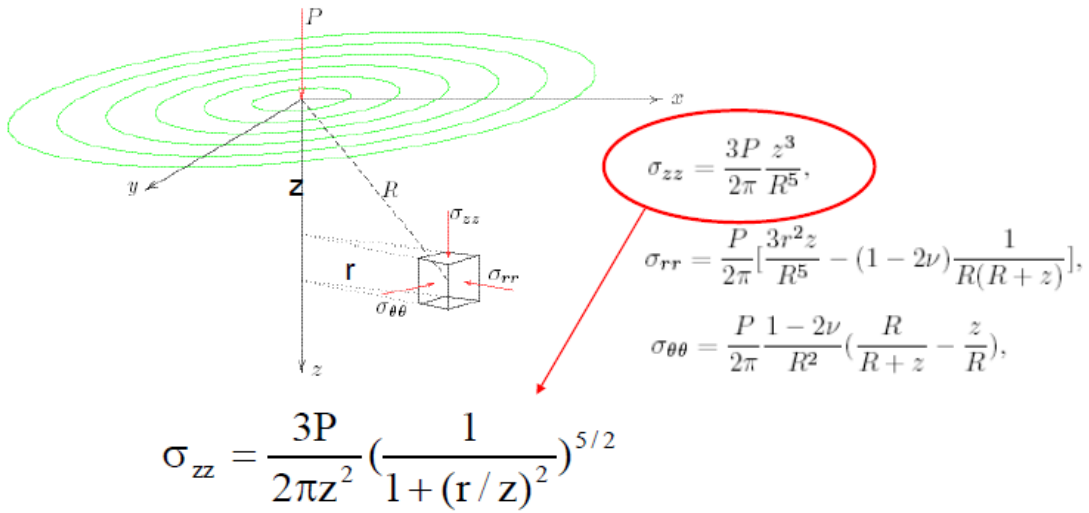
² Isıl veya mekanik yüklemelere karşı her doğrultu ve yönde aynı tepkiyi veren malzemelerin özelliğidir.

EK-1. (devam) Farklı yükler altındaki davranış

Farklı yükler altındaki davranış

1885 yılında Fransız matematikçi Boussinesq tarafından ortaya konulan tekil yük (P) altında, belirli bir yatay uzaklıkta (r) ve belirli bir derinlikte (z) düşey gerilme aşağıda Eş Ek.1.1 ve Eş Ek.1.2. 'deki bağıntılar ve Şekil Ek.1.2' de gösterilmektedir (Binal,2015: 4).

$$\sigma_{zz} = \frac{3P}{2\pi z^2} * \left(\frac{1}{(1+r/z)^2}\right)^{5/2} \quad (1.1)$$



Şekil Ek.1.2 Boussinesq Eşitliği (Binal, 2015: 4)

Formüldeki,

$$\frac{3}{2\pi} * \left(\frac{1}{1 + (r/z)^2}\right)^{5/2}$$

kısmı etki faktörü (I_p) olarak tanımlanmıştır ve formül aşağıdaki şekline dönüşmüştür.

$$\sigma_{zz} = \frac{P}{z^2} * I_p \quad (1.2)$$

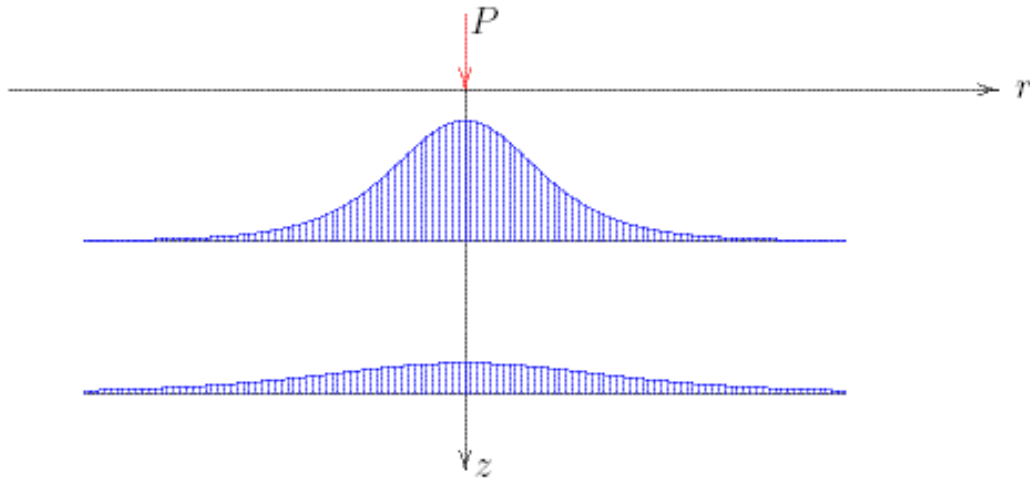
Pratikte kullanılan (I_p) çizelgesi aşağıda Çizelge Ek.1.1.'de verilmektedir.

EK-1. (devam) Farklı yükler altındaki davranış

Çizelge Ek.1.1. Boussinesq Eşitliği'ne ait etki faktörü (Binal, 2015: 5)

r/z	I_p	r/z	I_p	r/z	I_p
0,00	0,478	0,80	0,139	1,60	0,021
0,10	0,466	0,90	0,108	1,70	0,016
0,20	0,433	1,00	0,084	1,80	0,013
0,30	0,385	1,10	0,066	1,90	0,011
0,40	0,329	1,20	0,051	2,00	0,009
0,50	0,273	1,30	0,040	2,20	0,006
0,60	0,221	1,40	0,032	2,40	0,004
0,70	0,176	1,50	0,025	2,60	0,003

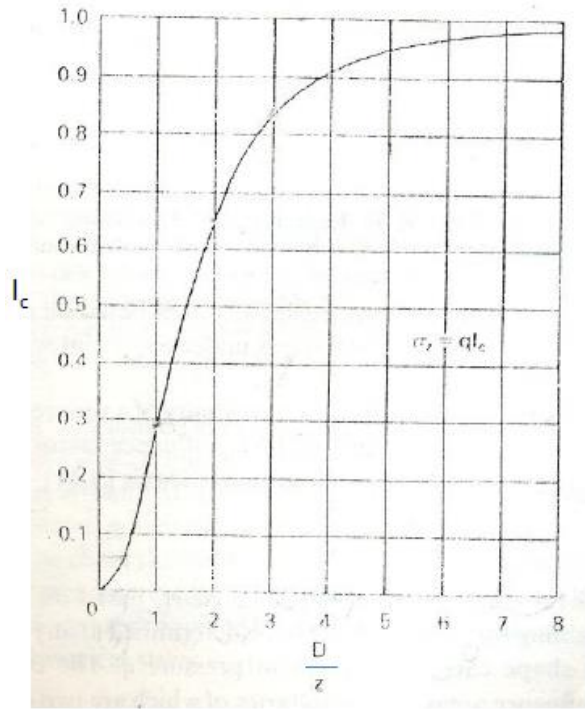
Bu denkleme P yükü altındaki topraktaki gerilmenin derinlikle (z) olan değişimi şekil Ek.1.3'te gösterilmektedir.



Şekil Ek.1.3 Boussinesq Eşitliği'ne göre düşey basınç dağılımı (Binal, 2015: 5)

Dairesel alana etkiyen üniform gerilmeye ilgili etki faktörünün dairesel etki alanı/ derinlik oranına bağlı değişimi aşağıda Şekil Ek.1.4' te gösterilmektedir ve ilgili eşitlik Eş. Ek.1.3' tür.

EK-1. (devam) Farklı yükler altındaki davranış



Şekil Ek.1.4 Dairesel alana etkiyen üniform gerilme (ODTÜ, 2011: 9)

$$\sigma_z = q * \left[1 - \left\{ \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2} \right\}^{\frac{3}{2}} \right] = q * I_c \quad (1.3)$$

q= Dairesel alana etkiyen üniform yük

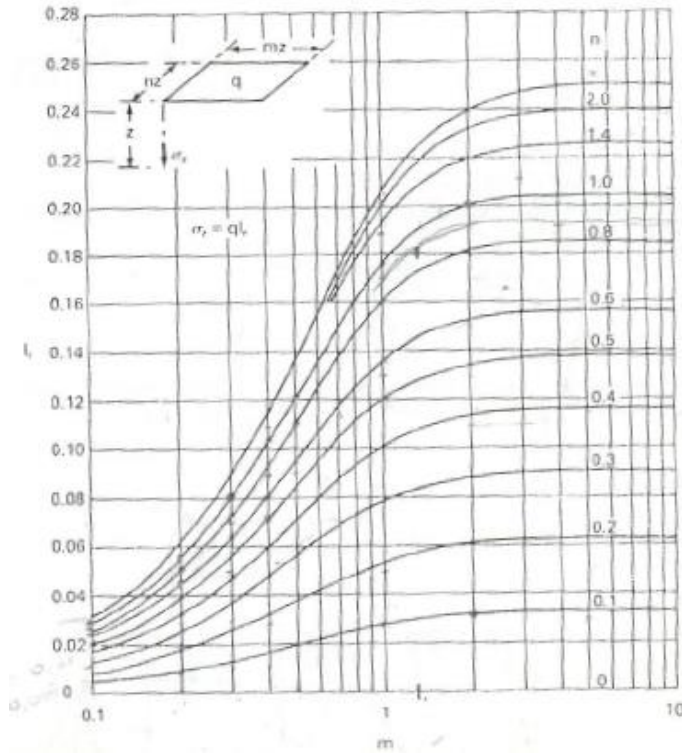
r=dairesel alanın yarıçapı

z=derinlik

Karesel alana etkiyen üniform gerilme aşağıda Şekil Ek.1.5' te gösterilmektedir ve ilgili gerilme eşitliği Eş Ek.1.4'tür.

$$\sigma_z = q * I_r \quad (1.4)$$

EK-1. (devam) Zeminlerde kesme dayanımı



Şekil Ek.1.5 Karesel Alana Etkiyen Üniform Gerilme (ODTÜ,2011: 10)

Zeminlerde Kesme Dayanımı

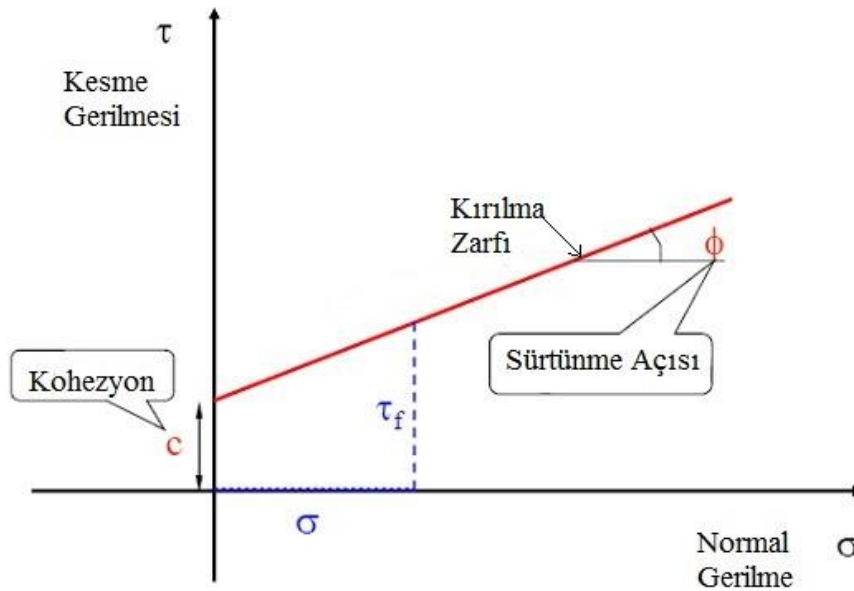
Geoteknik mühendisliğinin temel araştırma konularından biri olan zeminlerde kesme dayanımı (kayma/göçme dayanımı), zeminin kaymaya/göçmeye karşı koyabileceği maksimum gerilmedir. Zemindeki kesme gerilmeleri kesme dayanımı değerine ulaştığı sınır anında kayma yüzeylerinde kırılmalar meydana gelir.

Toprakla ilgili ilk kırılma teorisi 1776 yılında Coulomb tarafından ortaya konulan Coulomb Teorisi' dir. Karl von Terzaghi' nin ortaya koyduğu boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme (efektif stres) kavramları Coulomb teorisine adapte edilerek, Geliştirilmiş Coulomb Teorisi kullanılmaya başlanmıştır (INSA 354 Ders Notları, 2015: 7).

EK-1. (devam) Zeminlerde kesme dayanımı

Gerilmeye uğrayan bir malzemenin (örneğin toprak/zemin) üstündeki küçük bir elemanın tüm açılardaki düzlemlerinde normal ve kayma gerilmelerini çizmeye yarayan yöntem, Mohr Teorisi'nden türetilmiş Mohr daireleridir.

Zeminlerdeki gerilmeleri modellemek için Coulomb Teorisi ile Mohr Teorisi'nin beraber kullanımı Mohr-Coulomb Kırılma Teorisi'ni ortaya çıkarmıştır. Başta bahsedildiği üzere zeminlerin çökmeye/kırılmaya/göçmeye karşı 1776 yılında ortaya konulan Coulomb Teorisi'ne ait kırılma zarfı doğrusal (lineer) bir denklemle Şekil Ek.1.6' da ve Mohr-Coulomb modelinin toprak elemanı üzerinden normal ve kayma gerilmelerini gösteren şekilsel açıklaması Şekil Ek.1.7' de verilmektedir.



Şekil Ek.1.6. Coulomb Teorisi'ne ait kırılma zarfı (INSA 354 Ders Notları, 2015:8)

Zeminlerde kayma mukavemetini kontrol eden iki parametre vardır:

1. İçsel sürtünme açısı (Φ): Topraktaki taneciklerin birbirini ile kilitlenmeleri ve sürtünmelerinden meydana gelen dayanımdır.
2. Kohezyon Katsayısı (c): Topraktaki taneciklerin elektriksel etkileşiminden meydana gelen dayanımdır.
3. Coulomb Teorisi'ne göre zeminlerde kayma mukavemeti (Eş. Ek.1.5):

$$\tau_f = c + \sigma_f \cdot \tan \Phi \quad (1.5)$$

τ_f : Kayma mukavemeti,

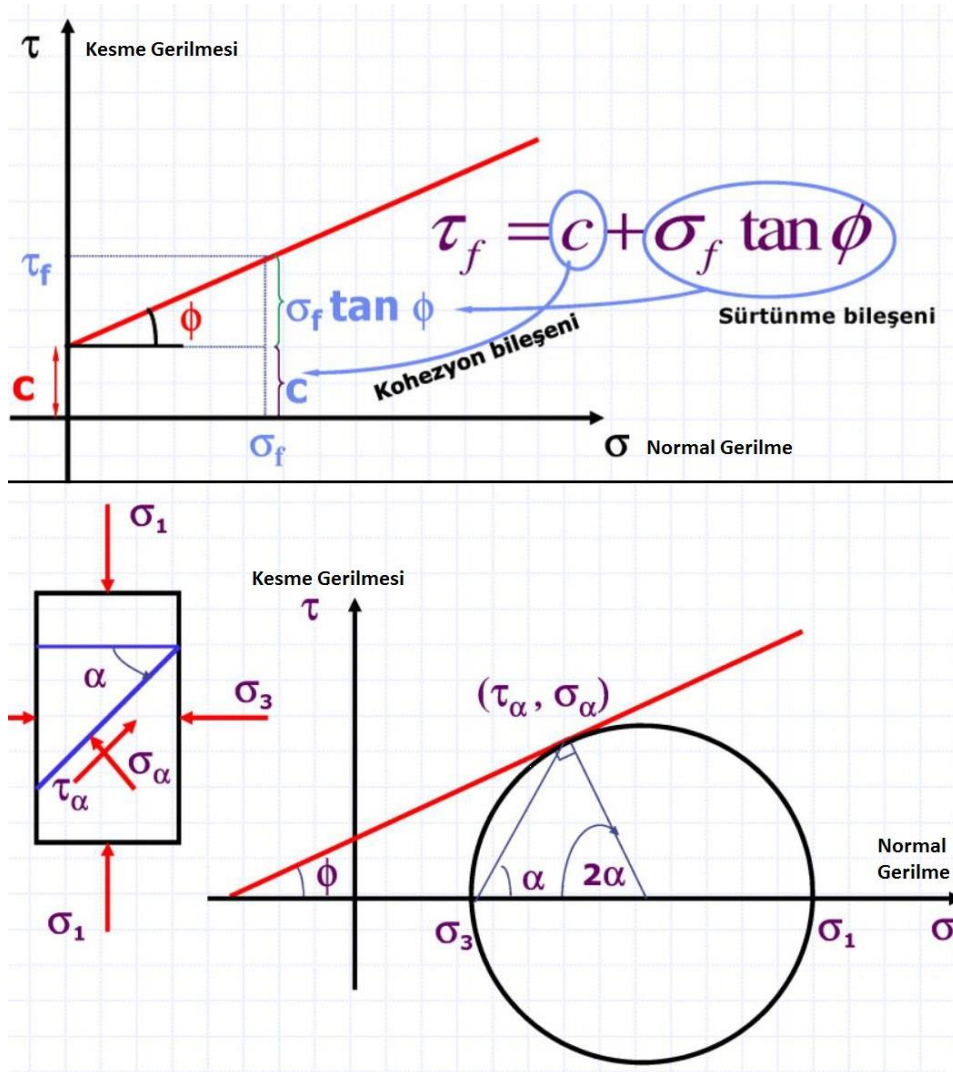
EK-1. (devam) Zeminlerde kesme dayanımı

c : Kohezyon katsayısı,

Φ : İçsel sürtünme açısı,

σ_f : Normal gerilme

Bu teoriye göre, zeminin kayma mukavemeti kohezyon ve sürtünmenin bileşkesi olarak ifade edilir. Aşağıdaki görselde bu durum gözlemlenebilir (Şekil Ek.1.7).

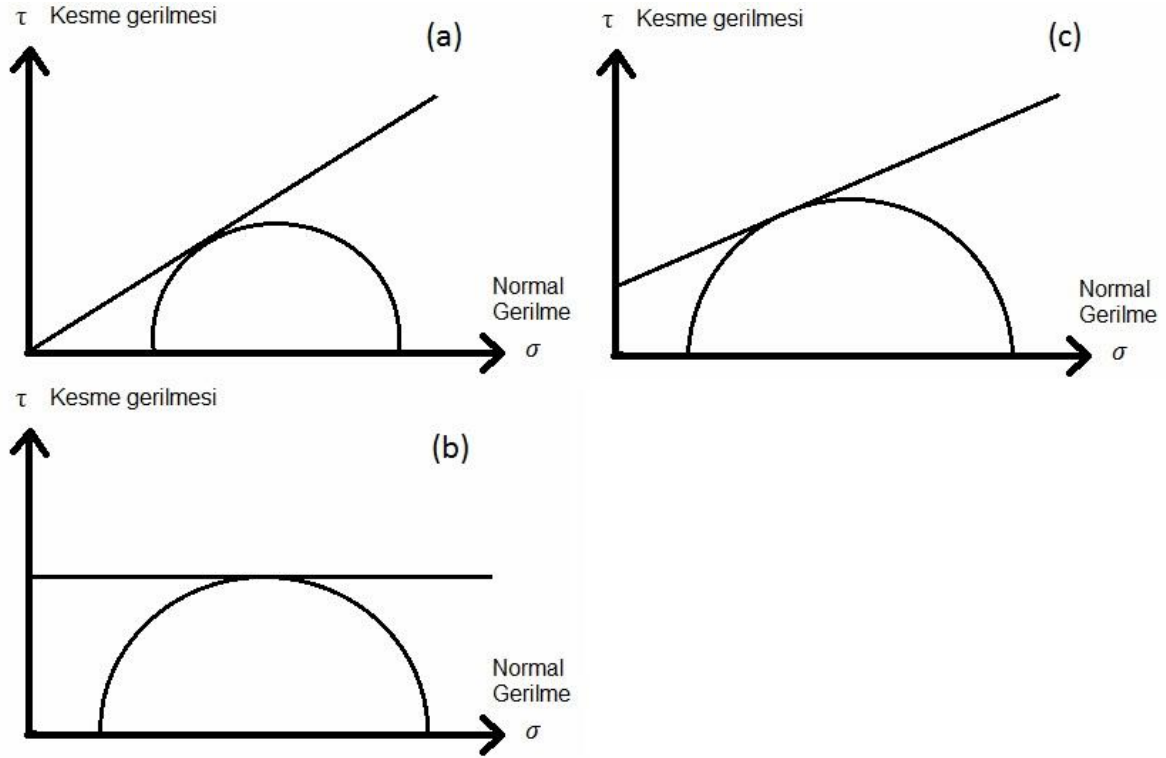


Şekil Ek.1.7 Mohr-Coulomb modelinin toprak elemanı üzerinden grafiksel açıklaması.
(INSA 354 Ders Notları, 2015: 12-15)

Zeminlerde genelde göçme şekli kaymadır. Göçme anında, göçme yüzeyinde oluşan kayma gerilmeleri kayma dayanımına ulaşır. Kayma dayanımı parametreleri olan içsel sürtünme açısı (Φ) ve kohezyon katsayısı (c) göz önünde bulundurularak zeminler üç

EK-1. (devam) Zeminlerde kesme dayanımı

ana grupta sınıflandırılabilir. Bunlar büyük taneli, sürtünmesiz ve kohezyonsuz; ince taneli ve kohezyonlu ($\Phi=0$) ve sürtünlü ve kohezyonlu (c, Φ)' dan oluşmaktadır. Şekil Ek.1.8' de bu durum gösterilmektedir (INSA 354 Ders Notları, 2015: 10).



Şekil Ek.1.8. Büyük taneli, sürtünmesiz ve kohezyonsuz (a), ince taneli ve kohezyonlu “killi zemin” (b), ve sürtünlü ve kohezyonlu (c)

Coulomb denklemine göre, zeminlerde kayma dayanımını toplam gerilmelerin kontrol ettiği kabul edilmekteydi. Karl von Terzaghi' nin ortaya koyduğu efektif gerilme prensibine göre, toplam gerilme boşluk suyu basıncı ve efektif gerilmenin toplamına eşittir (Eş Ek.1.6).

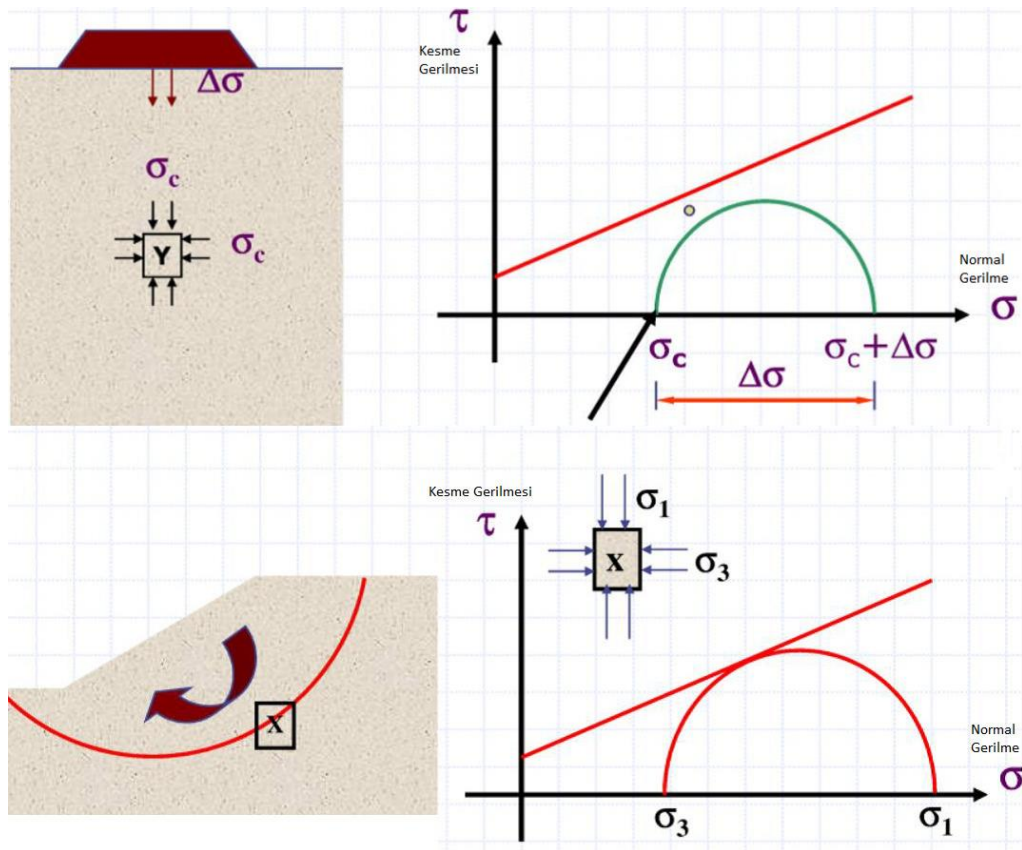
- $\sigma = \sigma' + u$ (1.6)
- σ : Toplam Gerilme
- σ' : Efektif Gerilme
- u = Boşluk Suyu Basıncı

EK-1. (devam) Zeminlerde kesme dayanımı

Zemine gerilme uygulanmasıyla, boşluk suyu basıncı geçici olarak artar, bununla beraber asıl olarak dayanımı belirleyen faktör efektif gerilmedir. Bu durum Coulomb Teorisi' ne yansıtılmış ve zeminlerin kayma mukavemeti için geliştirilmiş Coulomb denklemi kullanılmaya başlanmıştır. Pratik uygulamalarda Eş Ek.1.7'de gösterildiği gibi efektif parametreler kullanılmalıdır (INSA 354 Ders Notları, 2015: 14).

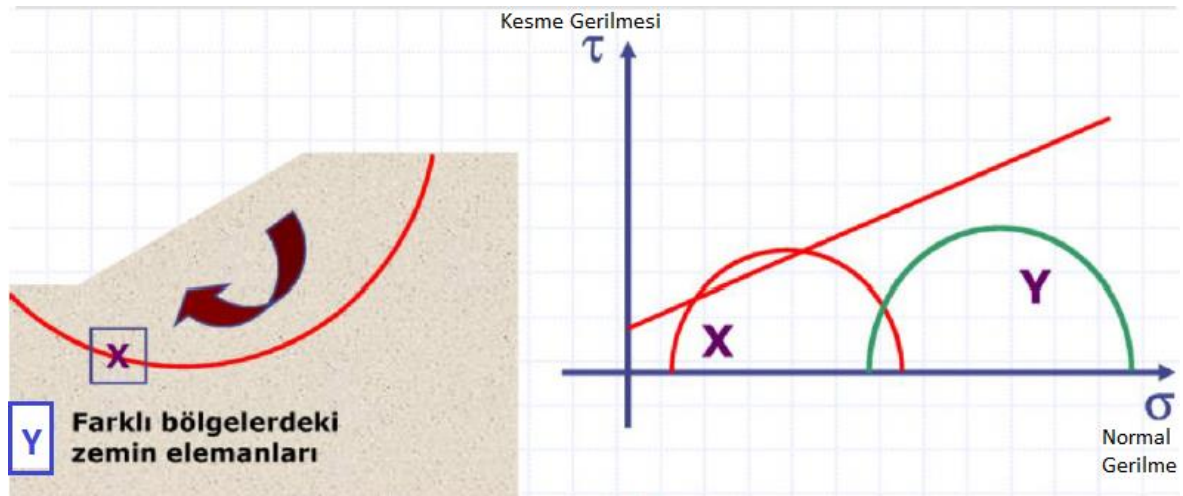
$$\tau'_f = c' + (\sigma_f - u) \cdot \tan \Phi' = c' + \sigma'_f \cdot \tan \Phi' \quad (1.7)$$

Göçmeye yol açacak normal ve kayma gerilmesi bileşenlerini konumu yaklaşık olarak bir doğru ile gösterilebilir. Göçme durumunu gösteren Mohr Gerilme Daireleri çizilerek ortak teğet göçme zarfı olarak nitelendirilmektedir. Şayet gerilmeler kırılma zarfının altında bir durum oluşturuyorsa zemin elemanı göçmez. Toprağın sükûnet ve yüklenmeye başladığında ve tam göçme anındaki Mohr Dairesi şekilleri Şekil Ek.1.9'da ve farklı bölgelerdeki toprak elemanları şekil Ek.1.10'da sunulmaktadır.



Şekil Ek.1.9. Coulomb Göçme Durumunu Gösteren Zarf ve İlgili Şekiller (INSA 354 Ders Notları, 2015: 19-21)

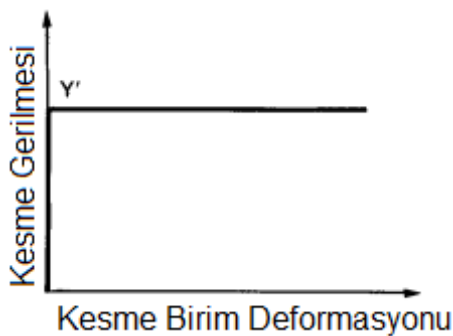
EK-1. (devam) Yanal toprak basıncı



Şekil Ek.1.10. Toprak elemanına ait kayma mekanizması - göçme anında σ_1 ve σ_3 ilişkisi (INSA 354 Ders Notları, 2015: 18)

Yanal toprak basıncı

Bu başlıkta, toprak kütlesi ve yaslandığı dayanma (istinat) yapısı arasında oluşan gerilmelerin büyüklüğü ve dağılımı irdelenecektir. Bunun için, topraktaki gerilme (stress)-birim şekil değiştirme (birim deformasyon/ birim deplasman [strain]) bağıntılarını içeren denklemler hakkında fikir sahibi olmak gerekmektedir. Yanal toprak basıncı konusunun birincil odak noktası göçme durumu ve yer değiştirmelerin bu bağlamda irdelenmesi gerekmeyeceği düşünülürse yanal toprak basıncı problemleri plastik göçme problemleri olarak düşünülebilir. Söz konusu göçme problemlerindeki toprak modellemesi şekil Ek.1.11’de gösterildiği gibidir (Craig, 2008: 161).

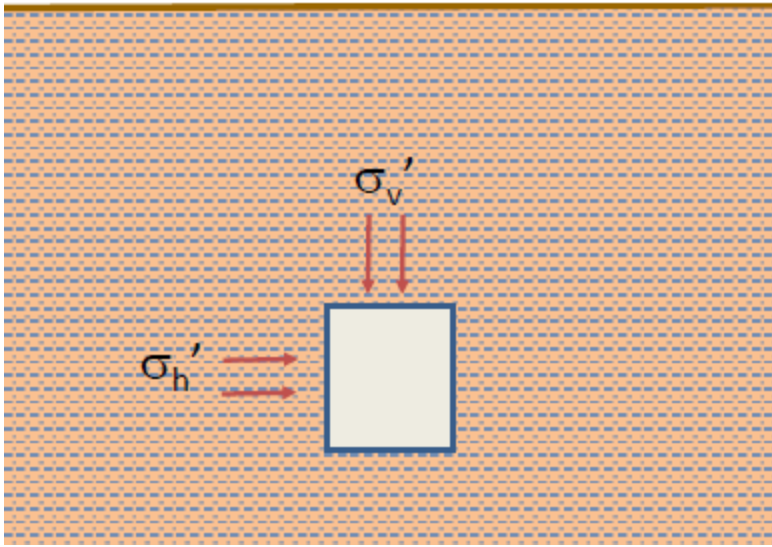


Şekil Ek.1.11 İdealize plastik durum gerilme birim deformasyon bağıntısı (Craig,2008: 161)

EK-1. (devam) Yanal toprak basıncı

Yanal toprak basıncı hesaplamalarının dayandırıldığı teoriler Rankine (1857) ve Coulomb (1776)' un klasik teorileridir. Bu teorilerle Plastisite Teorisi arasında bağlantı vardır (Konunun daha ayrıntılı teorik altyapısı için Bkz. Craig,2008: 162).

Rankine ve Coulomb Teorileri' ni incelemeden önce topraktaki sükûnet durumundaki basınç durumunu incelemekte fayda vardır. Şekil Ek.1.12'de sükûnetteki toprak elemanı ve etkiyen düşey ve yanal basınçlar gösterilmektedir.



Şekil Ek.1.12 Sükûnet Durumunda Toprak (Keskin, 2015: 6)

Sükûnet Durumu İçin Yanal Toprak Basıncı Katsayısı

$$K = K_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} \quad (1.8)$$

Bu durumda yatay ve düşey gerilmenin ortaya çıkardığı Mohr Dairesi, kırılma zarfına değmez. Yanal toprak basıncı teorik olarak hesaplanamaz. K_0 üç eksenli deney yapılarak bulunur. Normal konsolide killer ve kohezyonsuz zeminler için Eş Ek.1.9 geçerlidir (INSA 354 Ders Notları,2015).

$$K_0 = 1 - \sin(\Phi') \quad (1.9)$$

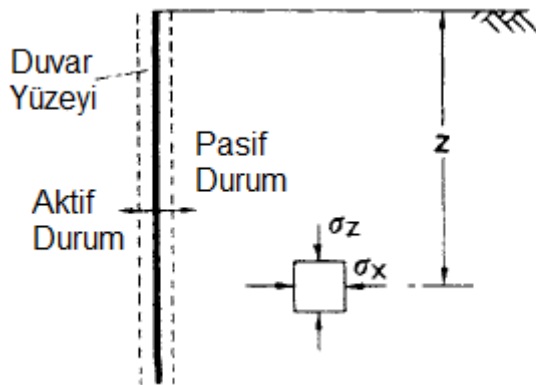
EK-1. (devam) Yanal toprak basıncı

Tipik K_0 değerleri Kum: 0,35, Gevşek Kum: 0,50, Normal Konsolide Kil: 0,50-0,60, Aşırı Konsolide Kil: 1,00-2,50

Yanal toprak basıncı hesabında aşağıdaki kabuller yapılmaktadır:

- Hesaplamalar iki boyutlu problem olarak ele alınmaktadır.
- Yanal toprak basıncı, toprağın yanal yönde hareketinden kaynaklanan birim şekil değiştirmelere bağlıdır.
- Yanal şekil birim değiştirmeler sıfır iken toprak sükûnettedir.

Yanal toprak basıncı konseptini modellemek için rijit kaygan bir duvarın toprağın içine konularak yatay deplasman uygulandığı hayal edilmeli ve aşağıdaki şekilde gösterilen toprak elemanının üstündeki gerilmeler düşünülmelidir (Craig,2008;164).



Şekil Ek.1.13. Aktif ve pasif durumdaki toprak elemanı (Craig, 2008: 164)

Eğer toprak yatay olarak bastırılırsa (duvar toprağı sıkıştıracak yönde hareket ederse) yanal toprak basıncı göçmeye kadar göçmeye kadar artar. Göçmeden hemen önceki ana plastik denge durumu denir. Bu durumdaki maksimum toprak basıncı pasif toprak basıncı (P_p) olarak adlandırılır.

Eğer toprağın yanal olarak genişlemesine izin verilirse (duvar toprağı gevşetecek yönde hareket ederse) yanal toprak basıncı azalmaya başlar, bu basıncın ulaşabileceği minimum değere aktif toprak basıncı (P_A) denir.

EK-1. (devam) Rankine yanal toprak basıncı teorisi

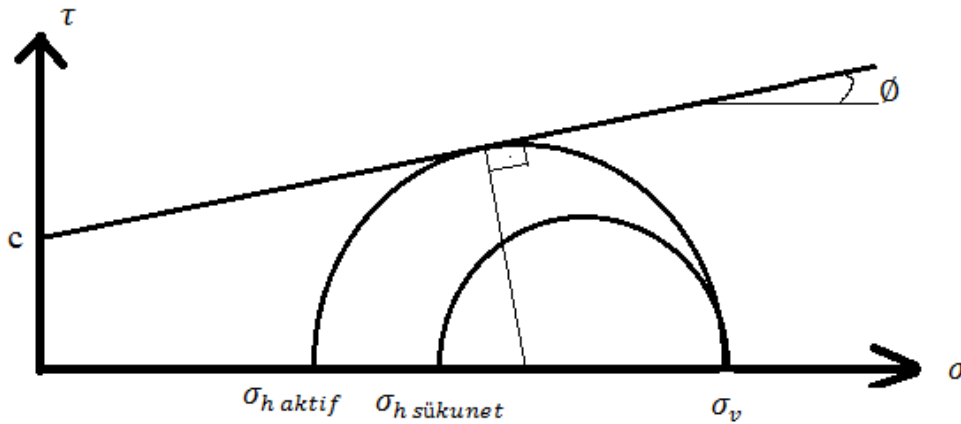
Rankine yanal toprak basıncı teorisi

Rankine Teorisi (1857) destek yapısına etkiyen toprağın plastik denge durumuna ulaştığı zamandaki gerilmeleri dikkate alır. Rankine Teorisi' nin varsayımları aşağıda sıralanmaktadır:

- Duvar ile zemin arasında sürtünme yoktur.
- Duvarın üst kısmında kalan toprak düşeydir.
- İtici zemin yüzeyine paralel olarak kabul edilmektedir.
- Duvarın arkasında kalan zemin (toprak) homojen ve izotropdur.
- Zeminin kırılması üçgen kama şeklindedir.
- Kırılma iki boyutlu problem olarak ele alınmaktadır.

Rankine Aktif Durum

Aktif durumdaki toprakta yanal basınç düşey basınçlardan daha azdır. Aşağıdaki şekilde bu duruma ait Mohr Daireleri gösterilmekte ve yanal basınç elde etmek için kullanılan bağıntılar Eş. Ek.1.10, Eş. Ek.1.11, Eş. Ek.1.13 ve Eş. Ek.1.14 şeklindedir.



Şekil Ek.1. 14 Yanal aktif durum ve sükûnet durumuna ait Mohr Daireleri

EK-1. (devam) Rankine yanal toprak basıncı teorisi

$$\sin \Phi = \frac{\frac{\sigma_v - \sigma_h}{2}}{\frac{\sigma_v - \sigma_h}{2} + \frac{c}{\tan \Phi}} \quad (1.10)$$

$$\sigma_h = \sigma_v * \left(\frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} - 2 * c * \frac{\cos \Phi}{1 + \sin \Phi} \right) \quad (1.11)$$

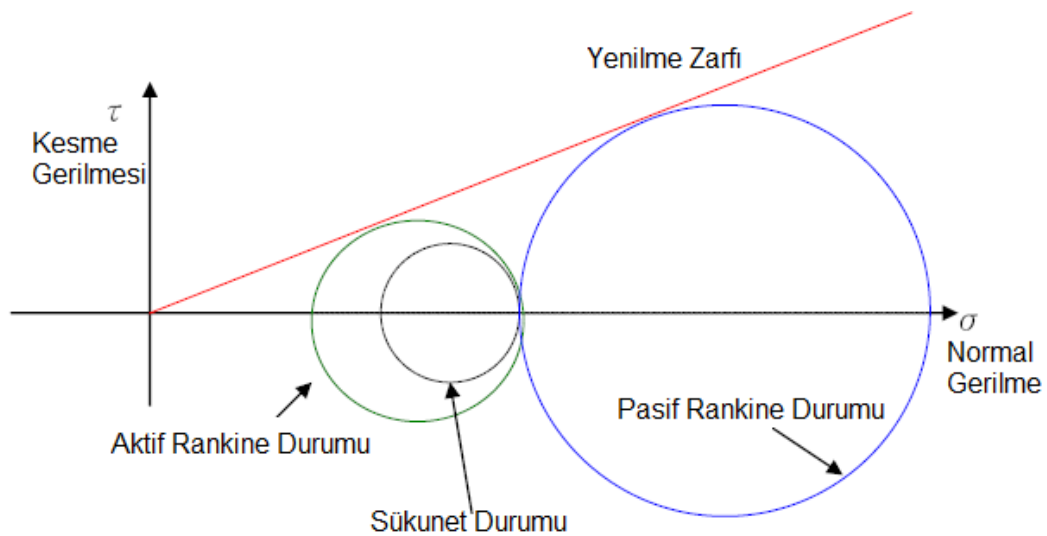
$$K_a = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} \quad (1.12)$$

$$K_a = \tan^2(45 - \Phi/2) \quad (1.13)$$

$$\sigma_h = \sigma_v * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a} \quad (1.14)$$

Rankine pasif durum

Pasif durumdaki toprakta yanal basınç düşey basınçlardan daha fazladır. Şekil Ek.1.15'te bu duruma ait Mohr Daireleri gösterilmekte ve yanal basınç elde etmek için kullanılan bağıntılar Eş. Ek.1.15, Eş. Ek.1.16 ve Eş. Ek.1.17 şeklindedir.



Şekil 1. 15 Yanal aktif, pasif durum ve sükûnet durumuna ait Mohr Daireleri

EK-1. (devam) Rankine yanal toprak basıncı teorisi

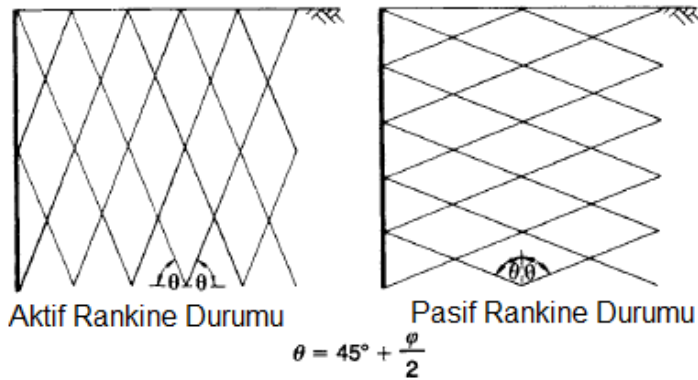
$$\sigma_h = \sigma_v * \left(\frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi} - 2 * c * \frac{\cos \Phi}{1 - \sin \Phi} \right) \quad (1.15)$$

$$\frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi} = \frac{1}{K_a} \quad (1.16)$$

$$\sigma_h = \sigma_v * K_p + 2 * c * \sqrt{K_p} \quad (1.17)$$

Kesme gerilmesine bağlı göçme yüzeyi $\theta = 45 + \Phi/2$ derecesindedir. Şekil

Ek.1.16'da bu durum gösterilmektedir.



Şekil Ek.1.16 Aktif ve pasif Rankine durumuna ait göçme yüzeyleri (Craig, 2008: 164)

Kohezyonsuz kuru kumlar için ($c=0$) Rankine Teorisi kullanılarak elde edilen toprak itkileri (kuvvetleri) Şekil 1.17'de gösterilmektedir.

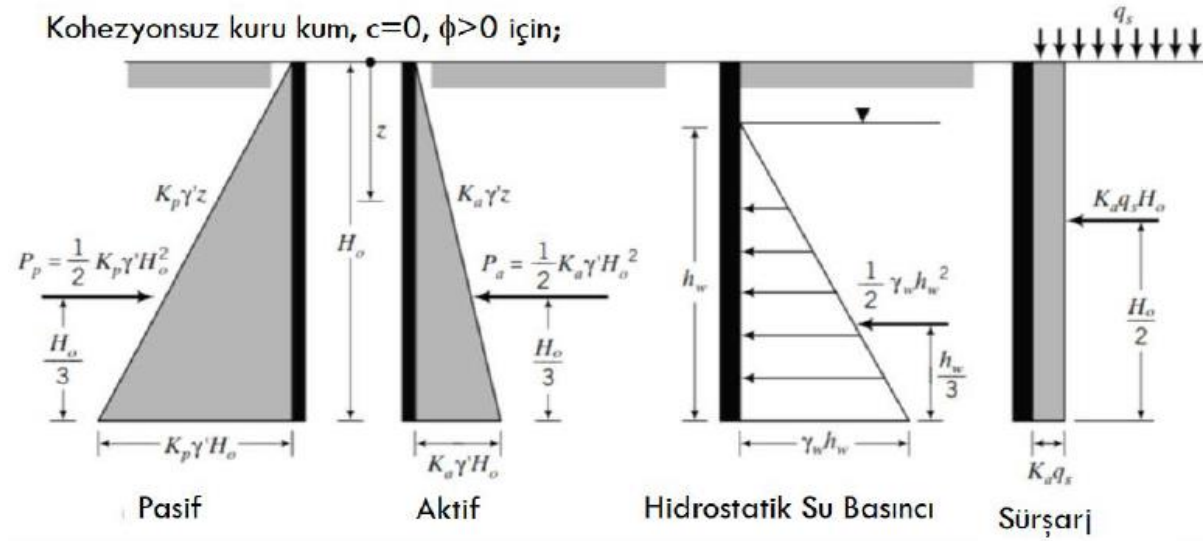
$$P_A = \frac{1}{2} * K_A * \gamma' * H_0^2 \quad (1.18)$$

$$P_P = \frac{1}{2} * K_P * \gamma' * H_0^2 \quad (1.19)$$

$$P_W = \frac{1}{2} * \gamma_w * h_w^2 \quad (1.20)$$

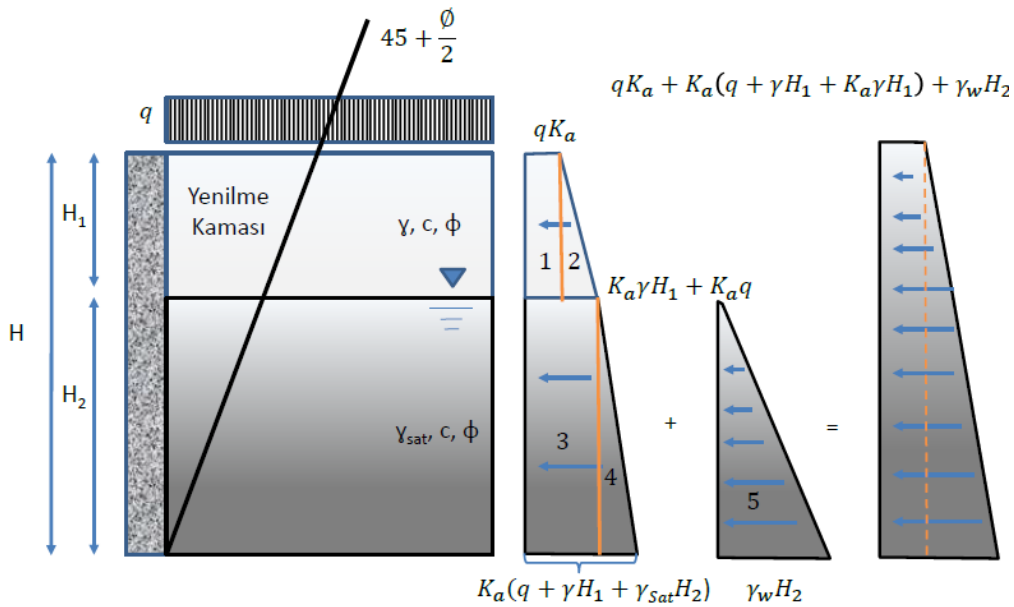
$$P_q = K_A * q_s * H_0 \quad (1.21)$$

EK-1. (devam) Rankine yanal toprak basıncı teorisi



Şekil Ek.1.17. Rankine Teorisi kullanılarak elde edilen toprak itkileri (İkizler, 2014: 30)

Tabakalı zemin durumunda toprak itkileri (kuvvetleri) Şekil Ek.1.18'de gösterilmektedir.



Şekil Ek.1.18. Tabakalı Zemin Durumu- Yatay Toprak Basıncı= Tabakalı Zemin+ Duvar Arkası Yatay Su Basıncı+ Sürşarj Toprak (Keskin, 2015: 15)

Kohezyonlu toprak/zeminler için ($c \neq 0$) P_A belirli bir seviyede sıfıra eşittir (Eş Ek.1.22).

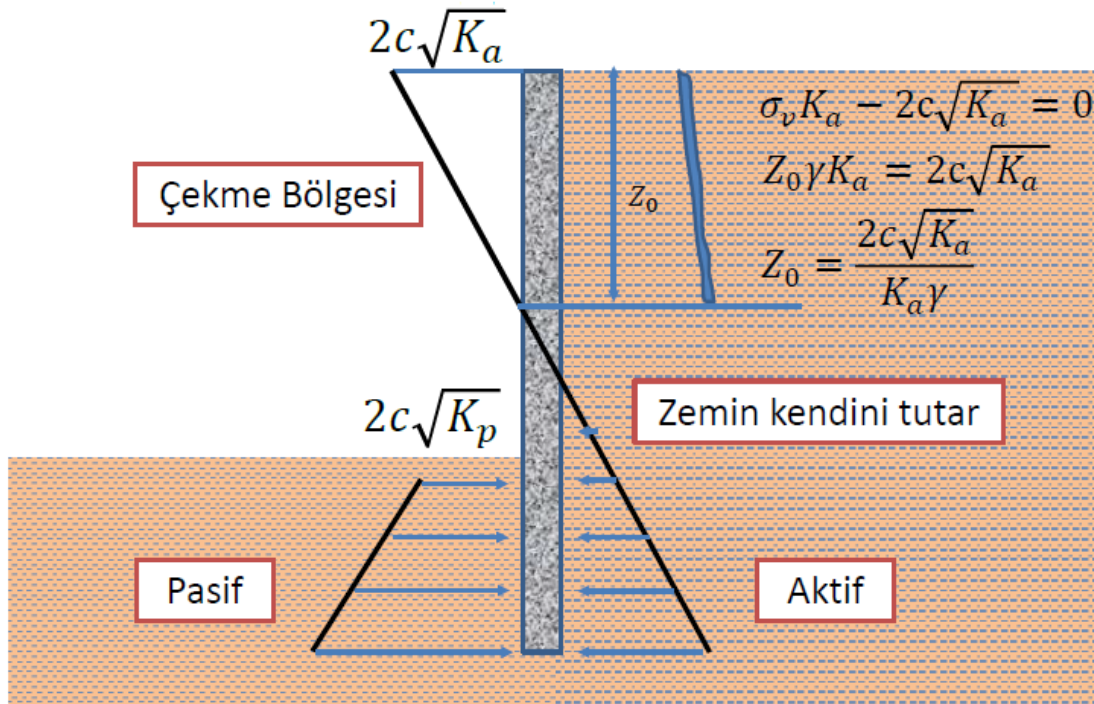
EK-1. (devam) Rankine yanal toprak basıncı teorisi

$$\sigma_v * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a} = 0 \quad (1.22)$$

Çekme Çatlağı Derinliği (Eş Ek.1.23)

$$z_0 = \frac{2c}{\gamma * \sqrt{K_a}} \quad (1.23)$$

Çekme çatlağı olan yerde yanal basınç göz ardı edilmektedir. Şekil Ek.1.19'de bu durum gösterilmektedir ve şekilde yazan aktif basınç Eş. Ek.1.25, pasif basınçsa Eş. Ek.1.26 şeklindedir.



Şekil Ek.1.19. Rankine Aktif Toprak Basıncı- Çekme Çatlakları (Keskin, 2015:16)

Eğer zeminde su tablası varsa ve altındaki toprak tamamıyla drenajlı koşula sahipse, yanal toprak basıncı toprağın efektif ağırlığı cinsinden ifade edilmelidir ve efektif gerilme parametreleri kullanılmalıdır (c' , Φ), (Eş Ek.1.24).

$$\gamma' = \gamma_{toplam} - \gamma_{su} \quad (1.24)$$

$$\sigma_a = \sigma_v * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a} \quad \text{Aktif Basınç} \quad (1.25)$$

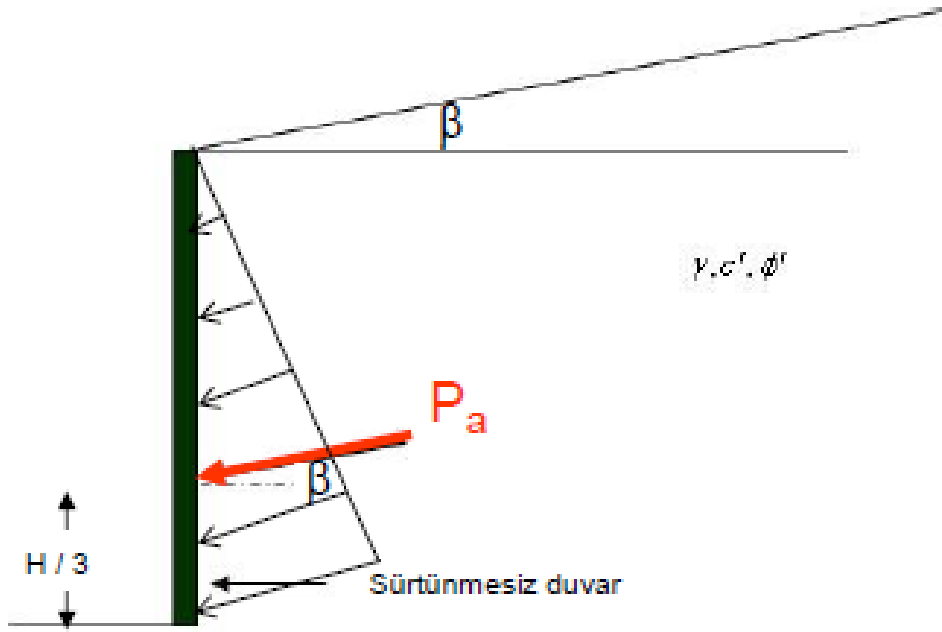
EK-1. (devam) Rankine yanal toprak basıncı teorisi

$$\sigma_p = \sigma_v * K_p - 2 * c * \sqrt{K_p} \quad \text{Pasif Basınc} \quad (1.26)$$

Eğer toprak için drenajlı koşullar geçerli değilse (örneğin düşük geçirimli kil) yukarıda zikredilen c , Φ ve γ parametreleri toplam cinsinden ifade edilmelidir.

Eğimli yüzeylerde Rankine yanal basınç teorisi

Rankine teorisi eğimli yüzeylerde Aktif ve Pasif Toprak basınçlarının toprak eğimine paralel olarak etki ettiğini varsaymaktadır. Şekil Ek.1.20' de bu durum gösterilmektedir. İlgili bağıntılar Eş. Ek.1.27, Eş. Ek.1.28 ve Eş. Ek.1.29'dur.



Şekil Ek.1.20 Eğimli yüzeylerde Rankine yanal basınçları ve itkiler (Keskin, 2015:13)

$$K_A = \cos \beta * \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos \Phi'}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos \Phi'}} \quad (1.27)$$

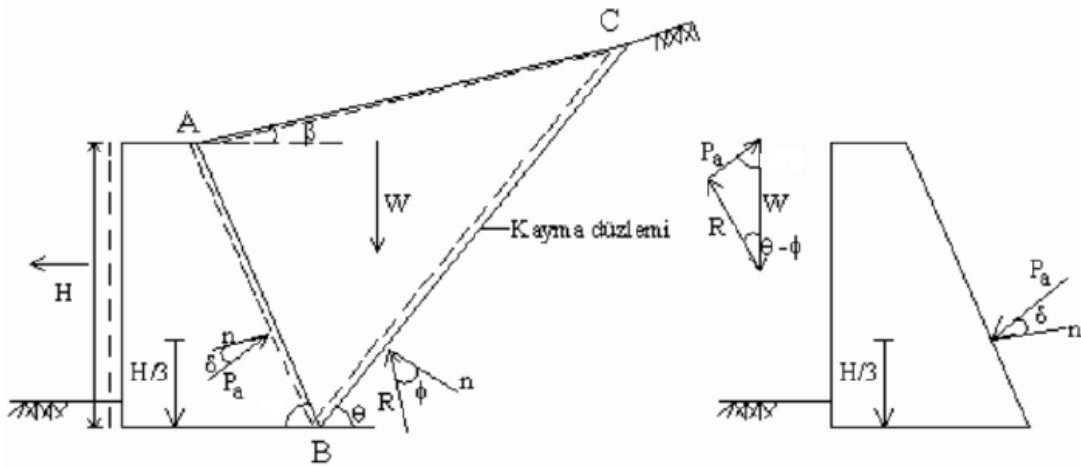
$$K_P = \cos \beta * \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos \Phi'}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos \Phi'}} \quad (1.28)$$

EK-1. (devam) Coulomb Teorisi

$$P_A = \frac{1}{2} * P_A * \gamma * H^2 \quad (1.29)$$

Coulomb Teorisi

Coulomb Teorisi toprak ile zemin arasında bir kama olduğunu varsayarak kamanın içindeki duvara ve çökme sınırına etki eden kuvvetleri inceler. Buradaki amaç duvara etkiyen kuvveti bulmaktır. Şekil Ek.1.21' de Coulomb Teorisi görseli bulunmaktadır.



Şekil Ek.1.21 Coulomb Teorisi kuvvet dağılımları (İkizler, 2014: 41)

Coulomb Teorisi' nin özellikleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Duvar ve toprak arasında sürtünme olduğu (δ) varsayıldığından ötürü toprağın aktif ve pasif yanal itkileri (aktif bileşke kuvvet ve pasif bileşke kuvvet) zemin yüzeyine paralel değildir.
- Duvar tutunması/sürtünmesi (adhesion- c_w) kohezyonlu topraklar için düşünülebilir.
- **Duvarın arkasındaki toprak/zemin düşey olduğu ve duvarla toprak arasında sürtünme sıfır olduğu zaman Coulomb Teorisi Rankine Teorisi ile özdeş sonuçlar verir.**

Rankine Teorisi' nin varsayımları:

- Dikey istinat duvarı olduğu,
- Yanal toprak kuvvetlerinin zemine paralel olduğu,
- Duvar ile zemin arasında sürtünme olmadığı üzerine kuruludur.

EK-1. (devam) Coulomb Teorisi

Bu varsayımlardan dolayı Rankine Teorisi güvenli tarafta kalmaktadır.

Rankine Teorisi kırılma/göçme yüzeyini düz bir çizgi olarak tanımlar. Ancak gerçekte kırılma yüzeyi eğriseldir.

Coulomb' un kırılma kıstası aşağıdaki durumlarda kabul edilebilirdir:

- Aktif göçme durumunda (çünkü gerçek göçme yüzeyi ile Coulomb teorisine ait düz yüzey arasındaki fark azdır).
- Duvarla zemin arasındaki sürtünme açısının küçük olduğu pasif göçme durumunda (δ)

Pasif göçme durumu incelendiği ve $\delta \geq \Phi/3$ olduğu zaman çizgisel kırılma yüzeyi, pasif itkiyi olması gerektiğinden fazla kabul etmekte ve çözüm güvensiz tarafta kalmaktadır. (NPTEL¹, 2016: 22)

Coulomb aktif toprak basıncı durumu şekil Ek.1.22'de gösterilmektedir. İlgili eşitlikler Eş. Ek.1.30 ve Eş. Ek.1.31'dir.

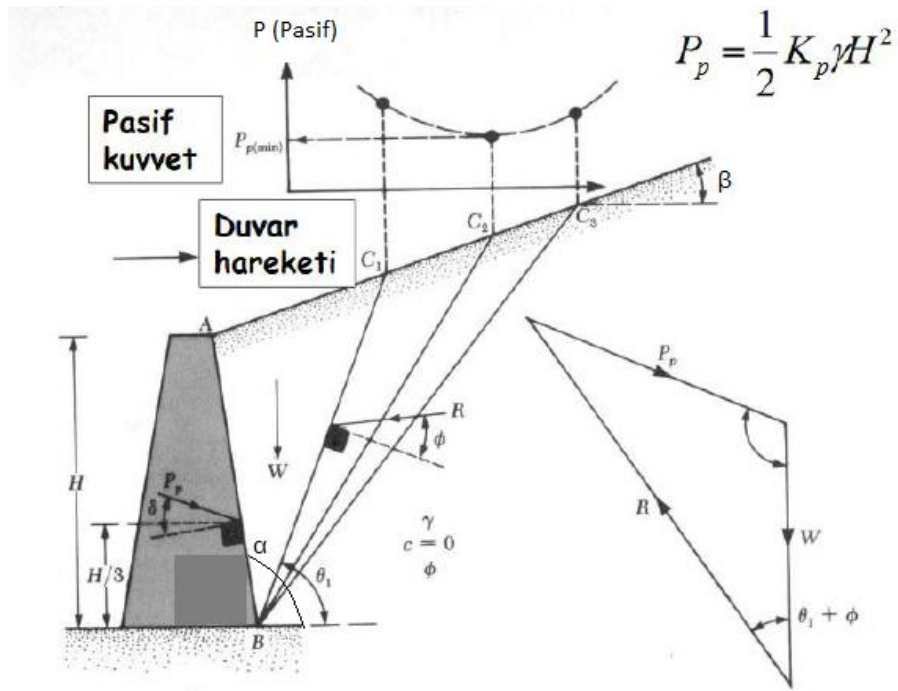
¹ National Programme on Technology Enhanced Learning- Teknoloji Destekli öğrenim Ulusal programı, Indian Institutes Of Technology And Science- Hindistan Teknoloji ve Bilim Enstitüsü

$$P_A = \frac{1}{2} * K_A * \gamma * H^2 \quad (1.30)$$

$$Ka = \frac{\sin^2(\alpha + \emptyset)}{\sin^2 \alpha * \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta) \cdot \sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.31)$$

88

EK-1. (devam) Coulomb Teorisi



Şekil Ek.1.23 Coulomb aktif toprak basıncı (Keskin, 2015: 24)

$$Kp = \frac{\sin^2(\alpha - \emptyset)}{\sin^2 \alpha * \sin(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta) \cdot \sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.32)$$

$$P_P = \frac{1}{2} * K_P * \gamma * H^2 \quad (1.33)$$

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ETİZ, Mehmet CAN
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve Yeri : 16.06.1989 Ankara
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 (312) 508 78 85
Faks : 0 (312) 508 77 99
E-mail : mcedenizli@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Geoteknik Anabilim Dalı	-
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği	2011
Lise	Ankara Atatürk Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-	İller Bankası A.Ş.	Teknik Uzman Yardımcısı
2011-2013	YDA İnşaat A.Ş.	Saha- Teknik Ofis Mühendisliği

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Müzik, Gezi, Basketbol, Masa Tenisi, Tarih, Felsefe, Sosyoloji



İLBANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ