

DAR KESİTLİ KAZILARDA (TRENCHING)

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ



Nurullah TAŞ^a ; Dr. Fatma İŞİK COŞKUNSES^b

^a: İSG Uzm. Yrd.-İnşaat Müh. ; ^b: İSG Uzm.-Kimya Müh.

İş sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü

ANKARA, 2012

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. Özet	3
2. Dar kesitli kazılar ile ilgili tanımlar	4
3. Tehlikeler	5
3.1 Göçük.....	6
3.1.1 Göçük sebepleri	8
3.1.2 Göçüğe karşı alınan önlemler.....	17
3.2 Diğer tehlikeler ve tedbirler.....	27
4. Sonuç	36
5. Kaynaklar	37

DAR KESİTLİ KAZILARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

1. Özet

Yapı sektörü iş kazalarının en çok yaşandığı, ölüm ve yaralanma vakalarının en çok görüldüğü sektörlerin başında gelmektedir. Birçok alt dalının olması, yapılan işlerin çoğunlukla ağır ve geçici işler olması, çalışma saatlerinin düzensiz olması, çalışanların genellikle eğitimsiz ve vasıfsız olması ve çalışma alanının geniş ve dağınık olması bu sonucun ortaya çıkma sebeplerinden sadece bazılarıdır. Gerek maddi gerekse manevi kayıpların en aza indirilmesi için bu işlerle ilgili tehlike ve risklerin belirlenmesi ve buna bağlı olarak gerekli önlemlerin en kısa sürede alınması şarttır.

Bu çalışma, yapı işlerinden birisi olan kazıların spesifik bir türü olup İngilizcede ‘Trenching’ olarak adlandırılan ‘Dar kesitli kazılar’ı konu edinecektir. Bu tür kazılar altyapıların yapım ve onarımlarında önemli rol oynarlar. Yeri tam olarak bilinmeyen su boru hatlarının ve benzeri tesisatların bulunması, tamiri ve değiştirilmesinde, kolayca zarar görebilen ana gaz boruları, telefon hatları, elektrik kabloları ve kanalizasyon tespit ve onarımında kullanılırlar. Derinliğin genişlikten daha fazla olduğu bu tür kazılarda birçok tehlike söz konusudur fakat gerekli güvenlik önlemleri gözetildiğinde bu tehlikeler ve bu tehlikelerin ortaya çıkardığı riskler minimize edilecektir.

2. Dar Kesitli Kazılar İle İlgili Tanımlar

Kazı : Toprağın bulunduğu yerden kaldırılmasıyla oluşan insan yapımı oyuk, çukur veya delik.

Dar kesitli kazı : Genişliğin 4.5 metreyi geçmediği ve derinliğin genişlikten daha fazla olduğu boyuna kıyasla dar olan kazı.



Şekil 1: Dar kesitli kazı ve kazı örnekleri^{2,3,4}

Hafriyat yığı : Kazılan alandan çıkarılan çakıl, taş ve toprak gibi materyaller.

Göçük : Toprağın kazı yapılan alanının kenarında çözülüp gevşemesi sonucu aniden kazı yapılan yere doğru ayrılıp kayması veya düşmesi.

Dar alan : Giriş ve çıkış için sınırlı sayıda açıklığın olduğu, havalandırmanın elverişsiz ve yetersiz olduğu ve de sürekli bir iş için tasarlanmamış alan.

Toprak numunesi : Gerekli koruyucu sistemin tasarlanmasında kullanılmak üzere örnek olarak alınmış toprak parçası.

3. Tehlikeler

Dar kesitli kazılar, birçoğu ani ölümle sonuçlanan kazalara, ağır yaralanmalara sebep olmakta ve içinde birçok tehlike barındırmaktadır. Ölümle sonuçlanan kazalarda ölüm, göçen toprağın ağırlığı nedeniyle oksijen yokluğundan meydana gelen boğulmayla oluşmaktadır; bir metre küp zemin ağırlığı yaklaşık olarak bir-bir buçuk ton civarındadır ki bu da yaklaşık bir araba ağırlığı kadardır. Bu nedenle şu esastır ki; kazı ve yer altı çalışmalarında tehlike ve riskler tanınıp değerlendirilmeli ve gerekli güvenlik sağlanmalıdır.



Şekil 2: 1 m³ toprak ve V.beetle⁵

Amerika İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (Occupational Safety&Health Administration,(OSHA)) istatistiklerine göre, ölümle sonuçlanan kazaların %70'i meydana gelen 'Göçük'lerden kaynaklanmaktadır. Meydana gelen kazalar incelendiğinde, göçükler %38'lik bir oranla yine en yüksek payı oluşturmaktadır. Dolayısıyla göçükler, en çok korkulan

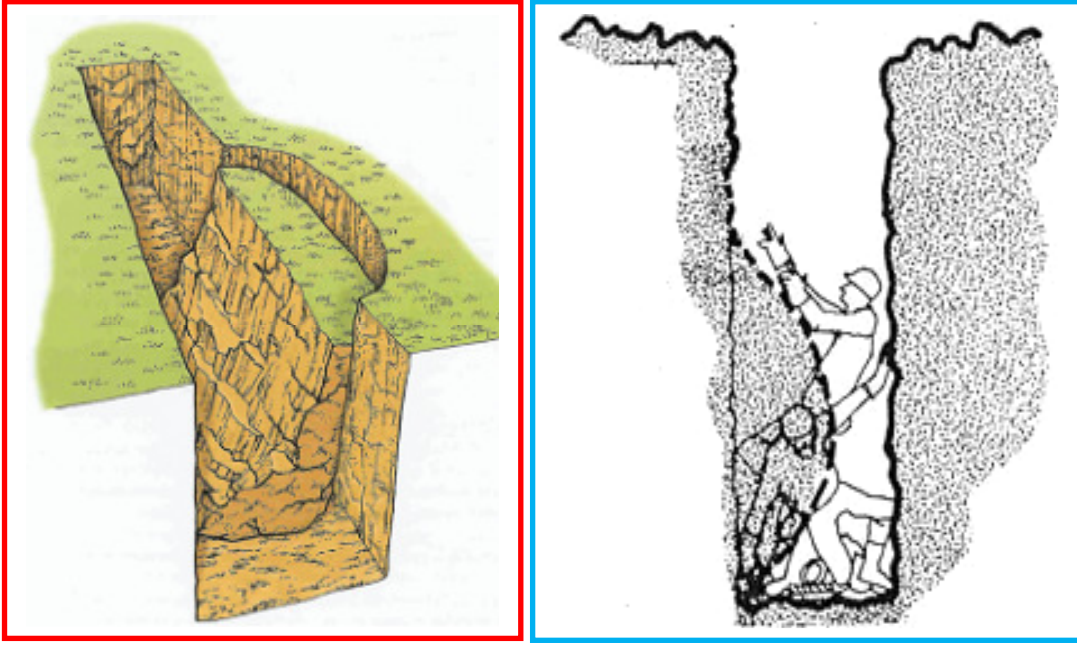
ve de en büyük ölüm riskini oluşturan tehlikelerin başındadır. Göçüklerin dışında ayrıca çeşitli yapılardan kazıya düşme, düşen yükler, oksijensiz kalma, zehirli gazların solunması, elektrik akımına kapılma, patlama, dar alan, su birikmesi ve ağır/mobil ekipmanlardan kaynaklanan çeşitli tehlikeler de mevcuttur. Koruyucu sistemlerin kullanılmaması, bunların yeteri kadar denetlenmemesi ve kazıya iniş-çıkış yollarının güvenli olmaması, yeraltı hizmetleri ile temas ve yakındaki yapılar gibi etmenler de bu tehlikeleri tetiklemektedir.

Bu tehlikelerin genel anlamda ortadan kaldırılması için, uygun iksa sistemlerinin kullanılması, gerekli atmosfer gözetiminin yapılması, eğitilmiş ve tecrübeli kişilerin bilgisine başvurulması, işçilerin yeterli derecede eğitilmesi ve kazı yapılacak alanla ilgili teknik bilgilerin ilgili kişi ve kuruluşlardan temin edilmesi gerekmektedir.

3.1 Göçük

Dar kesitli kazılarda göçükler en büyük riski oluşturmakta ve işçi ölümlerine sebep olan kazaların çoğu göçüklerden kaynaklanmaktadır. Göçüklerin bir anda çok kısa bir sürede belirti göstermeksizin meydana gelmesi, işçilerin hazırlıksız yakalanmasına ve de kazıyı terk edebilecek yeterli zamanı bulamamalarına sebep olmakta bu da göçük kazalarının çoğu zaman ölümle sonuçlanmasına yol açmaktadır. OSHA istatistikleri de bu bilgiyi doğrulamakta ve genel yapı işleriyle karşılaştırıldığında, kazılardaki ölüm oranının %112 oranında daha yüksek olduğunu göstermektedir⁶.

Toprak altında kalan bir işçi üç dakikadan daha az bir sürede boğulmakta hayatta kalsa bile iç organlarında ciddi kırılma ve ezilmeler meydana gelmektedir.⁷Ölümlerle sonuçlanan bu göçüklerin çoğu önlem alınmaksızın yapılan su, gaz, elektrik ve kanalizasyon bağlantıları ile ilgili küçük ve kısa süreli işlerde görülmektedir.



Şekil 3: Dar kesitli kazı göçükleri^{8,9}



Göçükten önce



Kısa bir süre sonra

Şekil 4: Göçük öncesi ve sonrası¹⁰

3.1.1 Göçük Sebepleri

Dar kesitli kazılarda meydana gelen göçüklerin en büyük sebebi yapılan bu kazıların dayanıksız ve dengesiz olmasıdır. Oysaki dar kesitli kazılarda göçükleri engellemek için dayanıklılığın öncelikli olarak aranması gerekir. Bu yüzden bu tür kazıların dayanıklılığı etkileyen faktörler incelenmelidir.

Bu faktörlerden bazıları şunlardır:

- ❖ Toprak türü
- ❖ Nem miktarı
- ❖ Titreşimler
 - ❖ Ağır yükler (Hafriyat yığını)
 - ❖ Yakındaki mevcut yapılar
 - ❖ Önceki kazılar
 - ❖ Hava koşulları

A. Toprak türü

Toprağın türü, dar kesitli kazı duvarlarının mukavemet ve dayanıklılığının belirlenmesi ve buna bağlı olarak göçüklere karşı gerekli güvenlik önlemlerinin alınması açısından bilinmesi gereken en önemli faktördür.

OSHA, toprak türlerini toprakların çeşitli özellik ve performans analizlerini ve de çevresel maruziyet şartlarını göz önünde bulundurarak azalan bir dayanıklılığa göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmaya geçmeden önce American Society for Testing Materials (ASTM), standartlarından D653-85 ve D2488'de bulunan bazı tanımların bilinmesi gerekmektedir. Bu tanımlar¹¹ :

Kohezif (yapışkan) toprak : Bu tür topraklar killi toprakları(ince taneli toprak) ya da içerisinde kil oranı yüksek olan ve de yapışkan dayanımına sahip olan toprakları ifade eder. Kohezif topraklarda ufalanma söz konusu değildir ve kazılar dikey bir şekilde yapılabilir. Nemli iken plastik özellik gösterirler. Kuru iken ise kırılmaları zordur. Bu tür topraklar killi silt, kumlu kil, siltli kil, kil ve organik kili içerirler.

Plastik : Toprağın deforme edilmesine ,çatlamaksızın şekil verilmesine ya da kayda değer hacim değişikliğine izin veren özelliği.

Çimentolaşmış toprak : Toprakta bulunan parçacıkların kalsiyum karbonat gibi kimyasal bir etmen vasıtasıyla bir arada tutulduğu ve el boyutundaki bir örneğin parmaklardan uygulanan basınçla toz haline ya da bireysel toprak parçacıklarına dönüştürülemediği topraktır.

Fisürlü (çatlaklı) : Toprağın görünen yüzeyde açık çatlaklar içerdiği, düşük dirence sahip belirli kırılma düzlemleri boyunca kırılmaya yatkınlığı olan toprak materyali.

Taneli toprak : Bu tür topraklar çakıl, kum , silt gibi kaba(iri) taneli toprakları ya da içerisinde kilin olmadığı toprakları ifade eder. Bu tür topraklarda yapışkan dayanımı yoktur ve kuru olduklarında kolayca ufalanabilirler. Bazı nemli taneli topraklar ise kohezyon özelliği gösterebilirler.



Şekil 5: Fisürlü toprak¹²

Örselenmiş toprak : Kazıyla ya da diğer yollarla doğal koşulları değiştirilmiş olan toprak.

Kuru toprak : İçerisinde nem içermeyen toprak.

Sert kaya : Kazı sırasında kazıya maruz kalan yüzeylerin şeklinin bozulmadan kaldığı, dikey olarak kazılabilen doğal, katı mineral maddeyi ifade etmektedir.

Serbest basınç mukavemeti : Toprak numunelerinin yada kayaların yanıl bir engel olmadan tek eksenli bir basınç sonucu kırılması sırasındaki mukavemet. Laboratuvar ortamında ya da arazi üzerinde yapılan çeşitli deneylerle tespit edilir.



Şekil 6:Serbest basınç test cihazı¹³

Batık toprak : Su altında bulunan toprağı ya da serbestçe sızan toprağı ifade eder.

Katmanlı sistem : Tabakalar şeklinde sıralanmış birbirinden belirgin bir şekilde farklı olan iki ya da daha fazla toprak veya kayaç tiplerinin olduğu sistemdir.

OSHA tarafından kullanılan ve azalan dayanıklılığa göre sınıflandırılan toprak türleri¹¹:

- ❖ **Sert kaya**
- ❖ **A tipi**
- ❖ **B tipi**
- ❖ **C tipi**

Sert kaya: Kazı sırasında kazıya maruz kalan yüzeylerin şeklinin bozulmadan kaldığı, dikey olarak kazılabilen doğal, katı mineral maddeyi ifade etmektedir.

A tipi : Serbest basınç mukavemetinin 144 kPa ($1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$) ya da daha fazla olduğu kohezif topraklardır. Bu tür topraklara kil, siltli kil, kumlu kil, kil balçığı bazı durumlarda ise siltli kil balçığı ve kumlu kil balçığı örnek olarak verilebilir. Sert tabakalar ve kaliş gibi çimentolaşmış topraklar da A tipinde yer alırlar. Fakat eğer topraklar:

- (i) Fisürlü ise,
- (ii) Toprak, yoğun trafik, kazık çakma ya da benzer etkilerden doğan titreşimlere maruz kalmış ise,
- (iii) Önceden örselenmiş ise,
- (iv) Toprak, tabakaların kazıya dört yatay bir dikey (4H-1V) oranında ya da daha az eğimde olduğu eğimli, katmanlı bir sistemin parçasıysa,
- (v) Toprak materyali, daha az dayanıklı bir materyal olarak sınıflandırılmasını gerektirecek diğer etmenlere maruz kalıyorsa,

bu durumda toprak A tipi olarak değerlendirilemez.

B tipi : Serbest basınç mukavemetinin 48 kPa' dan yüksek ve 144 kPa'dan ise daha düşük olduğu kohezif topraklardır. Taneli kohezyonsuz topraklar: köşeli çakıllar(kırma taş benzeyen),silt, silt balçığı, kumlu balçık bazı durumlarda ise siltli kil balçığı ve kumlu kil balçığı B tipidir. C tipi toprak sınıfının dışında kalan daha önceden örselenmiş topraklar, A tipindeki serbest basınç mukavemeti değerlerini karşılayan fakat titreşime maruz kalmış veya fisürlü veya dayanıklı olmayan kuru kayaçlar da B tipi toprak olarak değerlendirilirler. Ayrıca bazı eğimli katmanlı sistemler de bu tür içindedirler.

C tipi : Serbest basınç mukavemetinin 48 kPA ya da daha düşük olduğu kohezif topraklardır.

Ayrıca :

- (i) Çakıl, kum ve balçıklı kumu içeren taneli topraklar,
- (ii) Batık topraklar ya da suyun serbestçe sızdığı topraklar,
- (iii) Dayanıklılığı olmayan batık kayalar,
- (iv) Tabakaların kazıya dört yatay bir dikey (4H-1V) oranında ya da daha dik olduğu eğimli, katmanlı bir sistemdeki materyaller de C tipi toprak olarak kabul edilir.

Toprak ve kayaç türlerinin tespiti uzman bir kişi tarafından yukarıda bahsedilen özellikler dikkate alınarak sert kaya, A tipi, B tipi veya C tipi toprak türlerinden birisi olacak şekilde sınıflandırılmalıdır. Bu sınıflandırmanın yapılabilmesi için uzman kişi tarafından yapılmış en az bir görsel ve yine en az bir manuel analizin sonuçları gerekmektedir. Katmanlı sistemler söz konusu olduğunda ise en zayıf tabaka göz önüne alınmalıdır. Sınıflandırılmış olan bir toprak veya kayacın sınıflandırılmasını etkileyen özellikler, etmenler ve şartlar herhangi bir şekilde değişiyorsa, sınıflandırma uzman tarafından tekrar yapılmalıdır.

Görsel ve Manuel Testler

1) Görsel Testler

Görsel analizler genel itibarıyla kazı alanından, kazının yanındaki topraktan, açık kazının kenarlarını oluşturan topraktan ve kazılmış topraktan alınan numunelerden niteliksel bilgilerin toplanması şeklinde yapılır. Bu analizde dikkat edilenler şunlardır¹¹:

---Kazılan toprak ve kazı kenarlarındaki toprak incelenirken toprak parçacıklarının boyutları ve birbirlerine göre miktarları değerlendirilir. Eğer toprak esas itibarıyla ince taneli malzemedir oluşuyorsa, malzeme koheziftir. Kaba taneli kum veya çakıldan oluşuyorsa taneli topraktır.

---Toprak kazılırken incelenir. Eğer toprak bir yığın şeklinde birarada kalıyorsa bu kohezif olduğuna işarettir, fakat toprak kolayca parçalara ayrılıyor ve de bir yığın oluşmuyorsa bu taneli toprak olduğunu gösterir.

---Açılmış kazının kenarları ve kazının yanındaki toprağın yüzey alanı incelenir. Gerilme çatlakları gibi çatlak benzeri açılmalar fisürlü malzemeye işaret edebilir. Toprak parçaları dikey kenardan parçalanırsa, toprak fisürlü olabilir. Küçük parçalanmalar hareket eden bir zeminin kanıtı ve muhtemel bir tehlikeli durumun belirtisidir.

---Kazının yanındaki alanı ve kazının kendisini yeraltı hizmetleri veya diğer yeraltı yapılarına dair bir iz olup olmadığını görmek ve de önceden örselenmiş bir toprağı tespit etmek için incelenmelidir.

---Katmanlı sistemleri belirlemek amacıyla kazının açılmış kenarını incelenmeli, katmanlı sistemlerde katman eğimlerinin kazıya doğru olup olmadığını kontrol edilmeli ve eğimin derecesini tahmin edilmelidir.

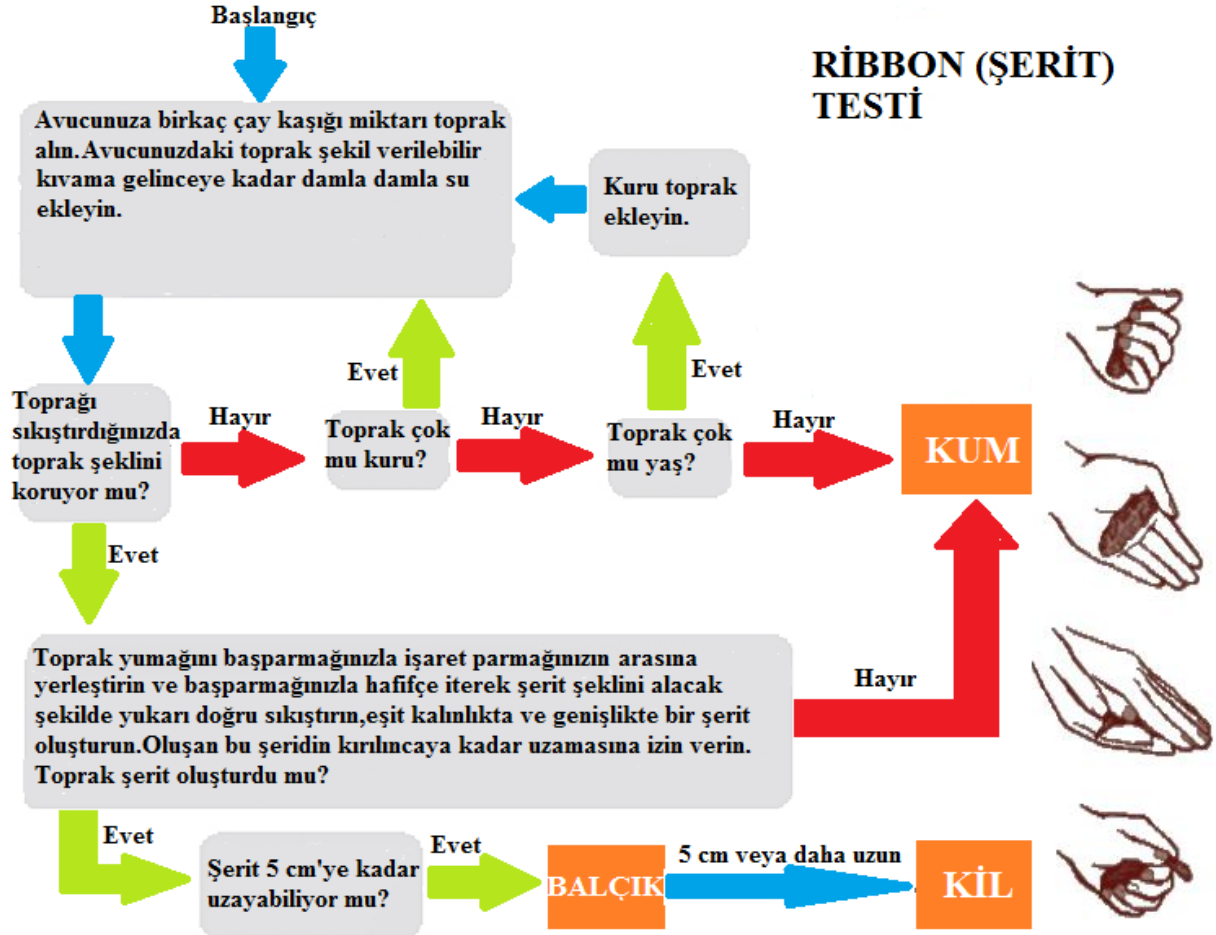
---Yerüstü sularıyla, kazının kenarlarından sızan sularla ya da yeraltı su tablasının seviyesiyle ilgili bulgu bulmak için kazının kenarındaki alan ve açılmış kazının kenarlarını incelenmelidir.

---Kazının yanındaki alan ve içindeki alan kazı yüzünün dayanıklılığını etkileyebilecek titreşim kaynaklarını bulmak için incelenmelidir.

2) Manuel Testler

Toprak numunelerinin manuel analizi toprağın niteliksel özelliklerinin yanı sıra niceliksel özelliklerinin belirlenmesi ve toprağın uygun bir biçimde sınıflandırılması amacıyla daha fazla bilgi temin edilmesi için kullanılır.

---**Plastiklik (veya ribbon testi)** : Nemli veya yaş bir toprak örneği yuvarlak bir top haline getirilir ve daha sonra yuvarlanarak mümkün olabildiğince ince(~3mm) bir iplik haline dönüştürülür. Kohezif olan malzemeler ufalanma olmaksızın başarıyla iplik haline getirilebilirler. Örneğin,50 mm uzunluğunda ve 3mm kalınlığında bir ip bir elde yırtılmadan tutulabiliyorsa, toprak kohezif demektir.



Şekil 7: Ribbon testi¹⁴

---Kuru Mukavemet

- Eğer toprak kuruyorsa ve kendiliğinden ya da orta dereceli bir basınçta bireysel taneciklere veya ince tozlara ufalanıyorsa, toprak tanelidir (çakıl, kum veya siltin herhangi bir birleşimi).
- Eğer toprak kuruyorsa ve yığınlara bölünebiliyor ve o yığınlarda daha küçük yığınlara ayrılıyor fakat bu küçük yığınlar zorlukla kırılıyorsa, toprak çakıl, kum veya siltin herhangi bir birleşiminden oluşan kil olabilir.
- Eğer kuru toprak daha küçük yığınlara ayrılmayan yığınlara bölünebiliyor ve bu yığınlar da zorlukla kırılıyorsa ve de toprağın fisürlü olduğuna dair görsel bir belirti yoksa, toprak fisürsüz olarak düşünülebilir.

---Başparmak Basma

Bu test, kohezif toprakların serbest basınç mukavemetini tahmin etmek için kullanılır. 144 kPa serbest basınç mukavemetine sahip A tipi topraklar başparmak tarafından çabucak çöktürülebilirler fakat sadece çok yüksek bir kuvvet uygulanırsa bu durum gerçekleşir.

B tipi topraklarda sadece başparmak tırnağı içeri girebilir.

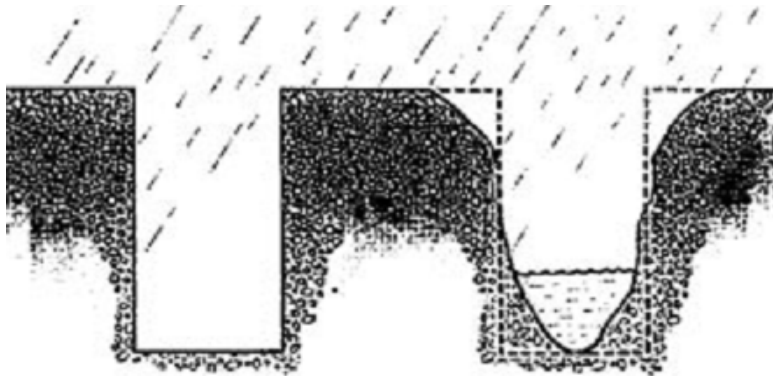
48 kPa serbest basınç mukavemetine sahip C tipi topraklar ise başparmak tarafından kolaylıkla 3-4 cm çöktürülebilirler. Hafif bir parmak basıncıyla şekil verilebilirler. Bu test örselenmemiş toprak türlerinde uygulanmalıdır.

---Diğer mukavemet testleri

Serbest basınç mukavemet değerlerinin tahmini cep penetrometresi (pocket penetrometer) kullanılarak ya da aynı zamanda toprak kohezyonunun belirlenmesinde kullanılan elle çalıştırılan kesme vanası (Shearvane) testi kullanılarak da yapılabilir.

B. Nem miktarı

Topraktaki nem miktarının toprağın mukavemeti üzerinde büyük bir etkisi vardır. Dar kesitli bir kazı kazıldığında, açılan bu kazının kenarları havaya maruz kalır. Toprağın nem miktarı çok hızlı bir şekilde değişmeye başlar ve de duvarların mukavemeti etkilenebilir. Bir kazı ne kadar uzun süre havaya açık kalırsa, göçük riski de o kadar artar.



Şekil 8: Nem miktarı dayanıklılığı etkiler, özellikle de ağır bir yağış olursa^{2,15}.

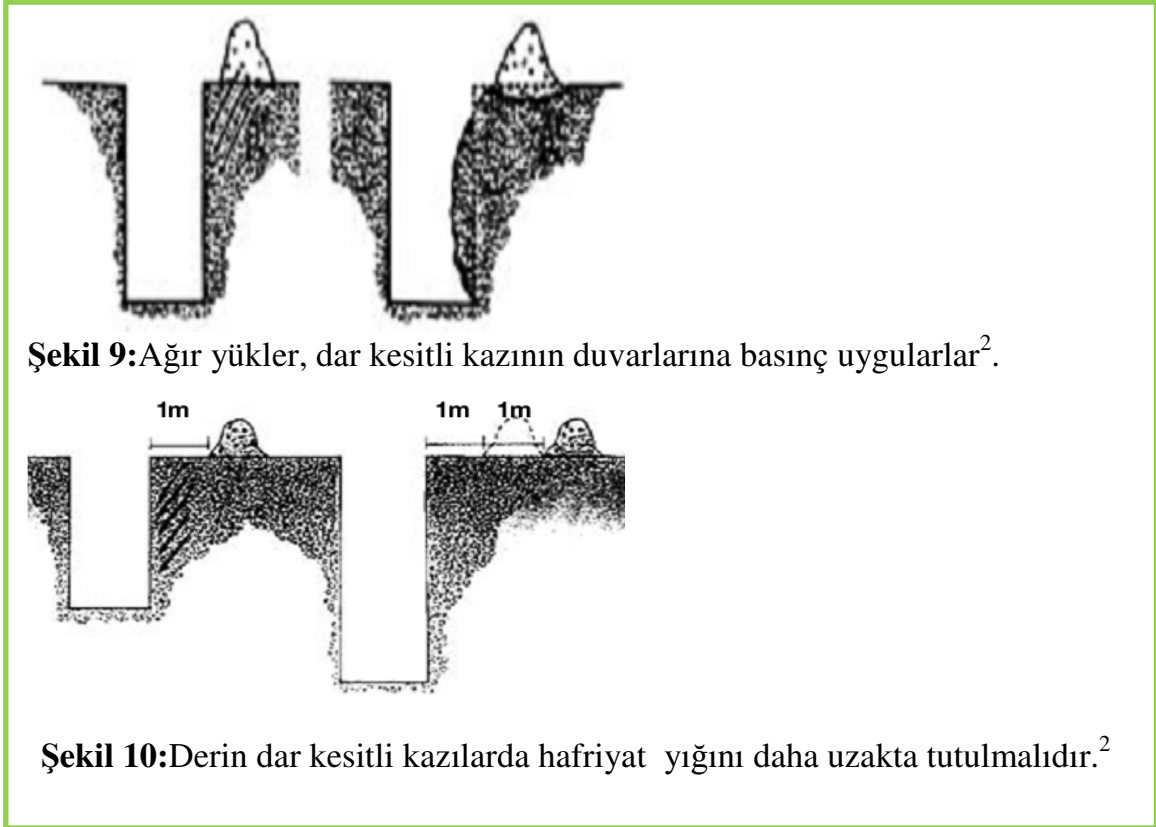
C. Titreşimler

Çeşitli kaynaklardan gelen titreşimler dar kesitli kazının dayanıklılığını etkileyebilir. Dar kesitli kazıların duvarları genellikle araç trafiği veya hafriyat, sıkıştırma, kazık çakma ve patlatma gibi inşaat işlerinden kaynaklanan titreşimlere maruz kalmakta ve bu titreşimler de dar kesitli kazının duvarlarının yıkılmasına yol açmaktadır.

D.Ağır Y¼kler

Ağır y¼k, dar kesitli kazının dayanıklılığını etkileyebilen aşırı y¼k yada ağırlıktır. Örneğin, dar kesitli kazının yanına yığılan kazılmış toprak kazı duvarlarına basınç uygulayabilir. Bu yüzden hafriyat yığınlarının yerleştirilmesi önemlidir. Hafriyat yığınlarının mümkün olduğunca dar kesitli kazının kenarından uzak tutulması gerekir.

Ayrıca dar kesitli kazının yanında tutulan mobil ekipman ve diğer malzemeler de kazının dayanıklılığı etkileyecek miktarda ağır y¼k oluşturur.





Şekil 11,12: Yığınlar kazıdan uzakta olmalıdır^{16,17}.

E. Yakındaki mevcut yapılar

Kazıların ve dar kesitli kazıların çoğunda ağır yüklerin, toprak koşullarındaki değişikliklerin ve diğer bozulmaların çökmelere sebep olabileceği kırılma bölgesi bulunmaktadır. Kazı veya dar kesitli kazıya bitişik olan bir binanın temeli eğer bu kırılma bölgesine uzanıyorsa, sonuçta göçükle karşılaşılabilir.



Şekil 13: Temeller dolguyla kaplıdır ve dar kesitli kazı duvarına ağır yük basıncı uygularlar².

F. Önceki kazılar

Yeraltı hizmetlerine ait olan ve yeni dar kesitli kazıyı kesen ya da paralel olan eski dar kesitli kazılar dayanıklılığı ve mukavemeti etkilerler. Eski dar kesitli kazıların etrafındaki topraklar dayanıksızdır bu da göçüklere sebep olabilir.



Şekil 14: Yeraltı hizmetlerine ait eski dar kesitli kazılar dolgu toprağı ile kaplıdır fakat bu dolgu örselenmemiş toprağı göre daha az dayanıklıdır².

G. Hava koşulları

Yağmur, eriyen karlar, toprağın çözülmesi, nehirlerden, rögardan ve kanalizasyondan taşan sular toprak koşullarının değışmesine neden olur. Koşulları değışmiş olan topraklar da göçük oluşturabilmektedir.

3.1.2 Göçüğe Karşı Alınan Önlemler

OSHA standartlarına göre her bir işçi göçük tehlikesine karşı uygun koruyucu sistemlerle korunmalıdır. Koruyucu sistemlerin gerekli olmadığı iki tane istisna vardır¹¹:

- ❖ Dar kesitli kazı tamamen sert kaya üzerinde yapılıyorsa,
- ❖ Dar kesitli kazının derinliğı 1,5 metreden az ve uzman bir kişi muhtemel bir göçük tehlikesine dair iz olmadığını belirtiyorsa.

OSHA tarafından kabul edilen 3 farklı koruyucu sistem türü bulunmaktadır:

- Eğimli ya da kademeli sistem
- İksa (destekli) sistem
- Kalkanlı sistem

Eğimli sistem: Bu sistem, işçilerin korunması amacıyla kazı kenarlarının kazıdan uzağa doğru şevlendirildiği sistemdir. Göçüğün engellenmesi için gerekli olan eğim toprak türü, çevre şartları ve ek yükler gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

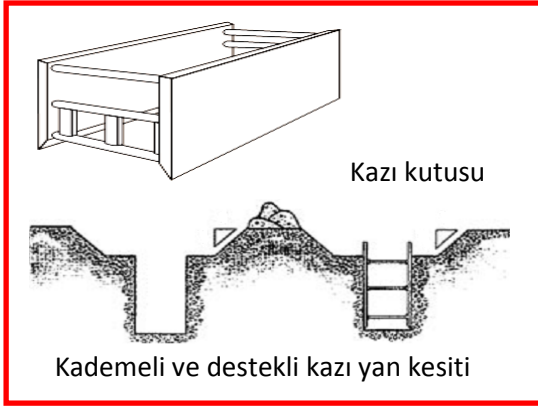
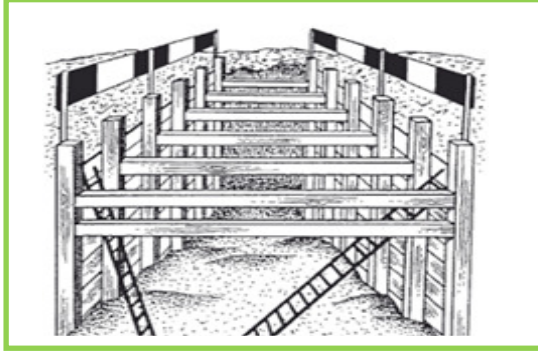


Şekil 15:Eğimli sistem¹⁸

Kademeli sistem: İşçilerin korunması amacıyla kazı kenarlarının bir veya birden fazla seviye veya basamaklara ayrıldığı ve bu basamaklar arasındaki yüzlerin genelde dik veya dike yakın olduğu sistemdir. Bu sistem C tipi topraklarda kullanılmamaktadır.

İksa (destekli) sistem: Kazı kenarlarının desteklendiği hidrolik, mekanik metal veya ahşap yapılardan oluşan sistemdir.

Kalkanlı sistem: Göçük tarafından uygulanan kuvvetleri tutacak şekilde profesyonel mühendisler tarafından dizayn edilmiş ve içinde bulunan işçiyi koruyan kazı kutusu gibi yapıların kullanıldığı sistemdir. Bu kalkanlar yerleşik ya da kazı kutusu gibi taşınabilir olabilirler.

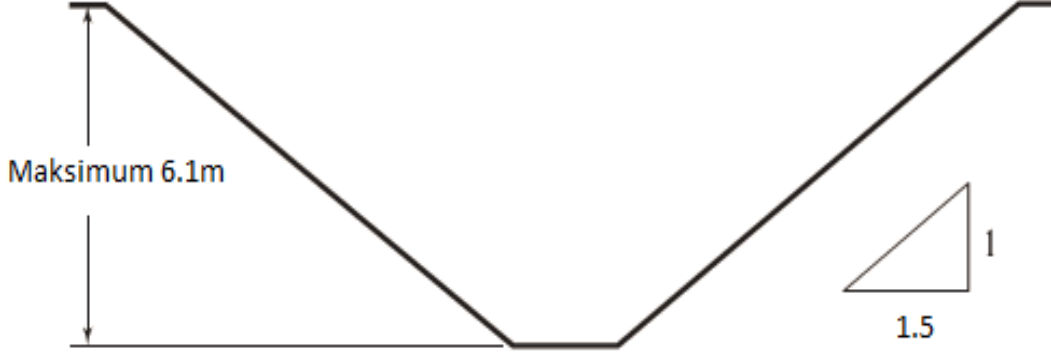


Şekil 16 : Destekli ve kalkanlı kazı örnekleri^{19,20,21}

Koruyucu sistemlerin dizaynı içerisinde dikkate alınması gereken toprak türü, kazı derinliği, topraktaki su miktarı, hava ve iklim değişiklikleri, ek yükler, titreşimler ve kazı alanındaki diğer işler gibi birçok faktörü içinde barındırmaktadır. Dar kesitli kazı derinliğinin 6,1 metreyi geçtiği kazılar profesyonel mühendisler tarafından ya da bu mühendisler tarafından hazırlanmış veya onaylanmış tablo halindeki verilere dayanılarak dizayn edilmelidir.

OSHA standardı koruyucu sistem dizaynında aşağıdaki metot ve yaklaşımları benimsemektedir:

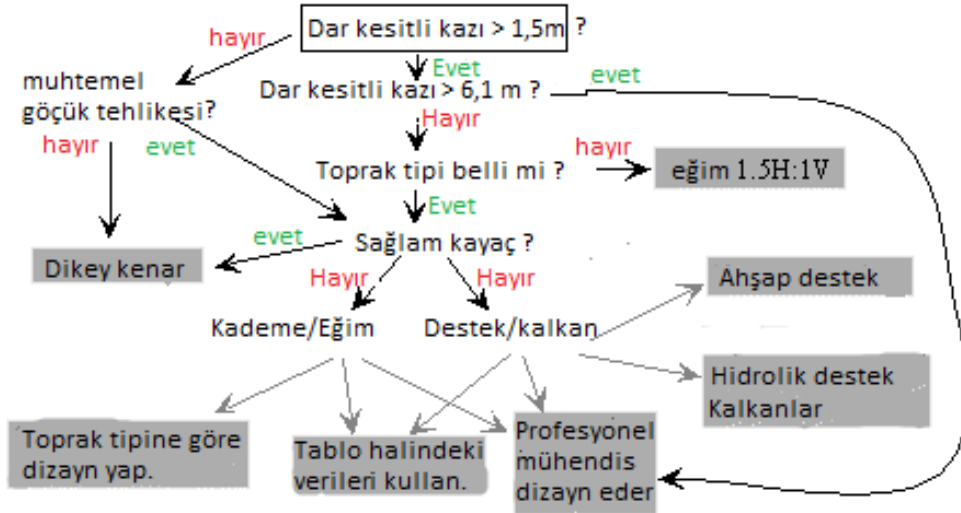
Metot 1: Kazı kenarlarına 1,5H:1V oranından daha dik olmayacak şekilde eğim ver. Örneğin, her 1 metre derinlikte kazı için, 1,5 metrelik bir kazıdan uzaklaşma olması gibi. 20 fit (6.1m) ve daha az derinlikteki kazı eğimlerinde maksimum kabul edilebilir eğim 1,5H:1V olmalıdır. Bu eğim OSHA standardında belirtilen C tipi topraklarla ilgili eğimlerde de kullanılmalıdır. Bu eğim ve bundan daha az orandaki eğimler her tip toprak için güvenlidir.



Şekil 17:C tipi topraklarda yapılan kazılar²¹

Metot 2: Profesyonel mühendisler tarafından onaylanmış çizelge ve grafiklerde oluşan tablolar halindeki verileri kazıyı dizayn etmek için kullan. Bu veriler yazılı biçimde olmalı ve içerisinde gerekli açıklamaları, tercih sebeplerini ve de verilerin kullanımındaki sınırlamaları içermelidir.

Metot 3 : Profesyonel mühendisler tarafından onaylanmış ya da bu mühendisler tarafından hazırlanmış veya onaylanmış tablo halindeki verilere dayanan kazı kutusu ya da kazı kalkanı kullan. Ahşap, alüminyum ya da diğer malzemeler kullanılabilir.



Şekil 18 : Karar verme şeması²²

OSHA standartlarına göre maksimum kabul edilebilir eğimler ve farklı toprak tipleri için uygulanan kazı eğimleri aşağıdaki gibidir¹¹:

Tablo 1:Farklı toprak tipleri için maksimum kabul edilebilir eğimler

Kaya veya toprak türü	6.1 metreden ¹ daha az derinlikteki kazılarda maksimum kabul edilebilir eğimler (H:V)
Sert kaya	Dikey(90 derece)
A tipi ²	3/4:1(53 derece)
B tipi	1:1(45 derece)
C tipi	1,5:1(34 derece)

¹ 6.1 metreden daha derin eğimli veya kademeli kazılar profesyonel mühendisler tarafından dizayn edilecektir.

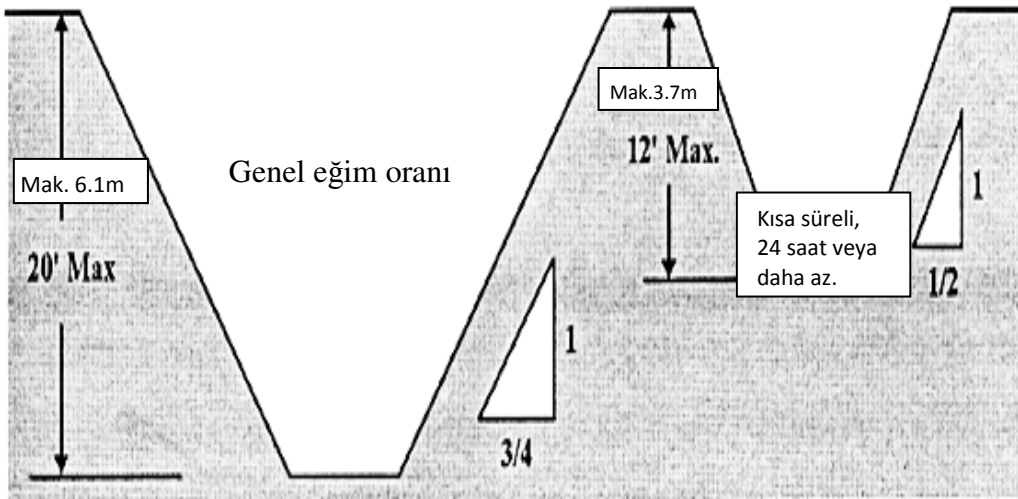
² 12 fit (3.7m) ve daha az derinlikteki A tipi topraktaki kısa süreli kazılar için maksimum kabul edilebilir eğim 1/2H:1V oranındadır.

3.7 metreden daha derin kazılarda ise maksimum kabul edilebilir eğim ise 3/4:1(53 derece) oranındadır.

A tipi topraklarda kazılar

Eğimli

6,1 metre veya daha az derinlikteki tüm eğimli kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 3/4:1 olacaktır.

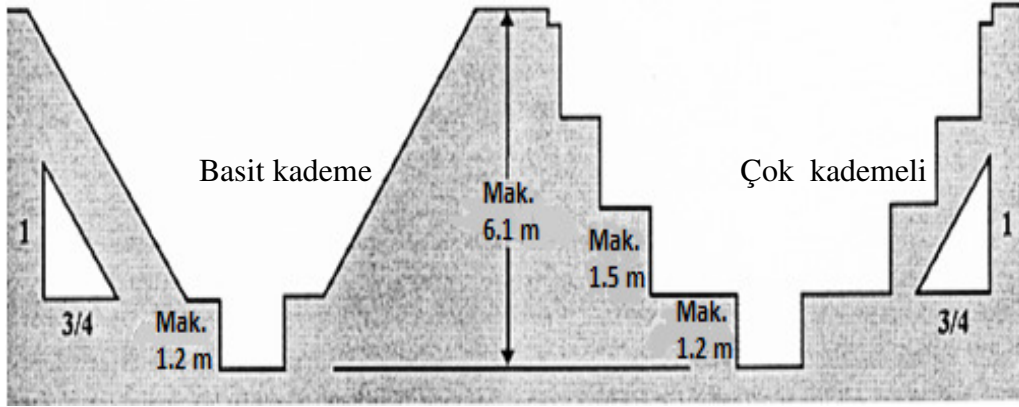




Şekil 20,21:Eğimli dar kesitli kazı^{23,24}

Kademeli

6,1 metre veya daha az derinlikteki tüm kademeli kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 3/4:1 oranındadır ve kademe boyutları aşağıdaki gibidir:



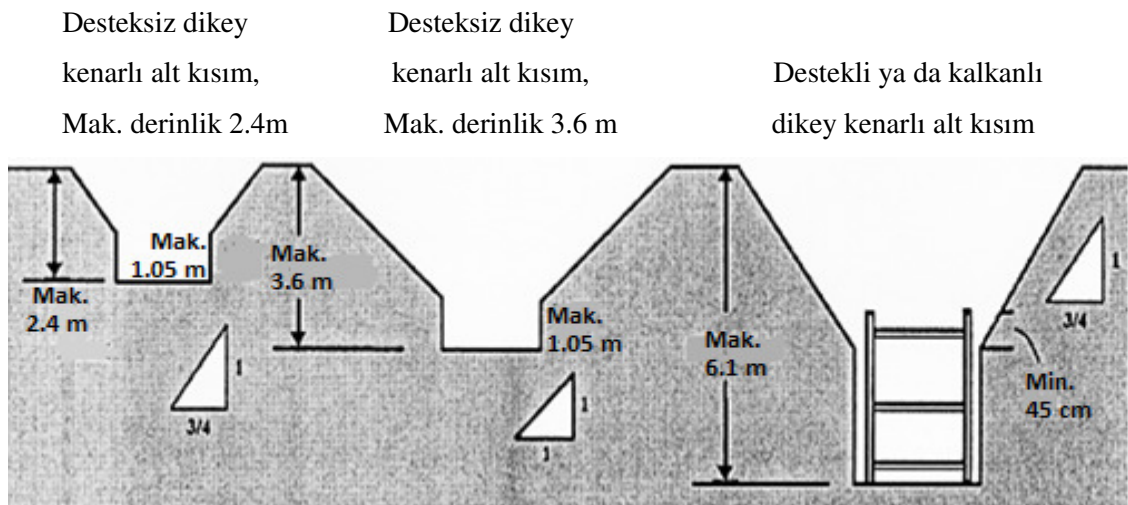
Şekil 22 : A tipi topraklarda kademeli kazı



Şekil 23: Kademeli kazı²⁵

Desteksiz dikey kenarlara sahip 2,4 metre veya daha az derinlikteki tüm dar kesitli kazılarda alt kısımdaki kenarların dikey uzunluğu maksimum 3,5 fit (1,05 m) olacaktır.

6.1 metre veya 6.1 metreden daha az derinlikteki dikey kenarlı alt kısımları destekli veya kalkanlı olan tüm dar kesitli kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 3/4: 1 oranındadır ve bu destek veya kalkan dikey kenarın üstünden en az 45 cm yukarıya uzanmalıdır.



Şekil 24: A tipi topraklarda destekli/desteksiz veya kalkanlı kazı

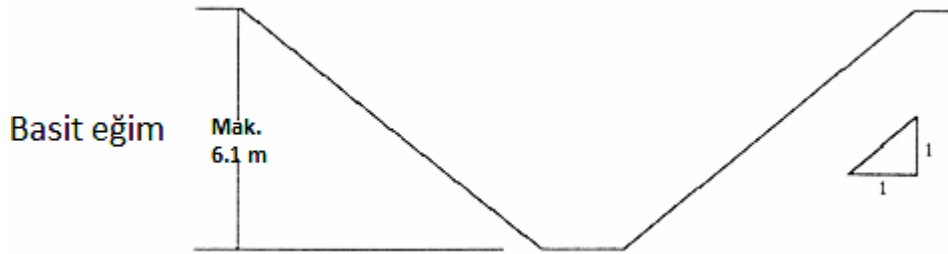


Şekil 25: Kalkalı dar kesitli kazı²⁶

B tipi topraklarda kazılar

Eğimli

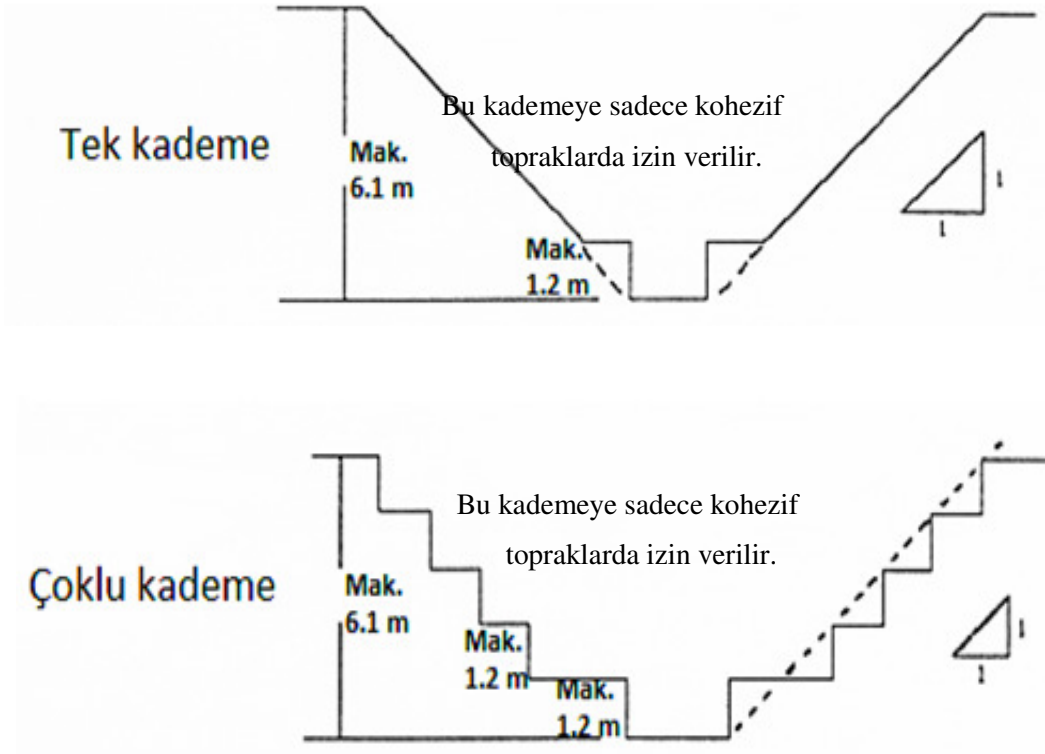
6,1 metre veya daha az derinlikteki tüm eğimli kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 1:1 olacaktır.



Şekil 26: B tipi topraklarda eğimli kazı

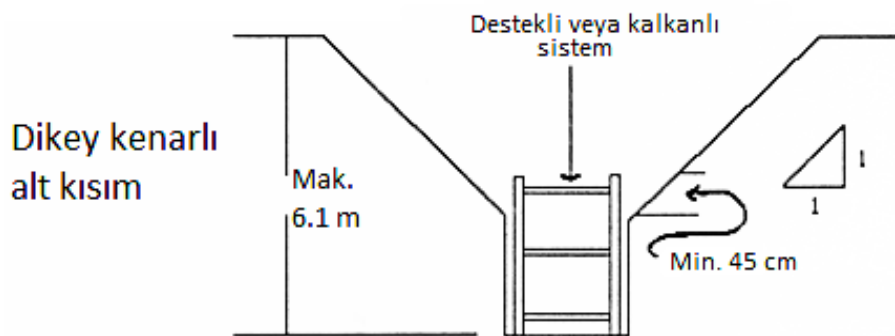
Kademeli

6,1 metre veya daha az derinlikteki tüm kademeli kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 1:1 oranındadır ve kademe boyutları aşağıdaki gibidir:



Şekil 27 : B tipi topraklarda kademeli kazı

6.1 metre veya 6.1 metreden daha az derinlikteki dikey kenarlı alt kısımlara sahip tüm dar kesitli kazılar dikey kenarın üstünden en az 45 cm yukarıya uzanacak şekilde desteklenecek veya kalkanlanacak ve bu kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 1:1 olacaktır.

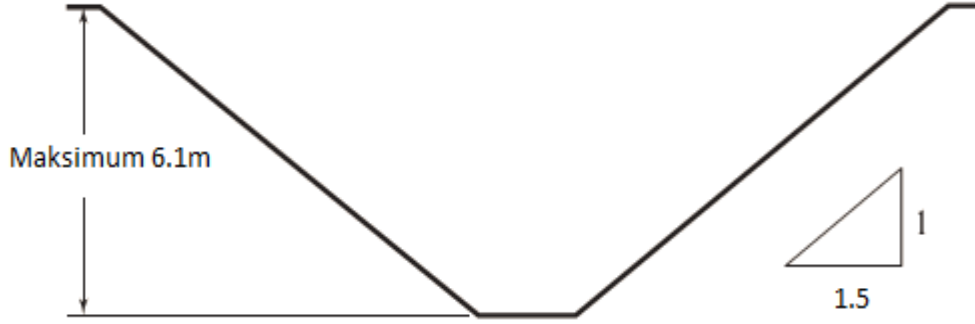


Şekil 28: Dikey kenarlı alt kısımlara sahip dar kesitli kazılar

C tipi topraklarda kazılar

Eğimli

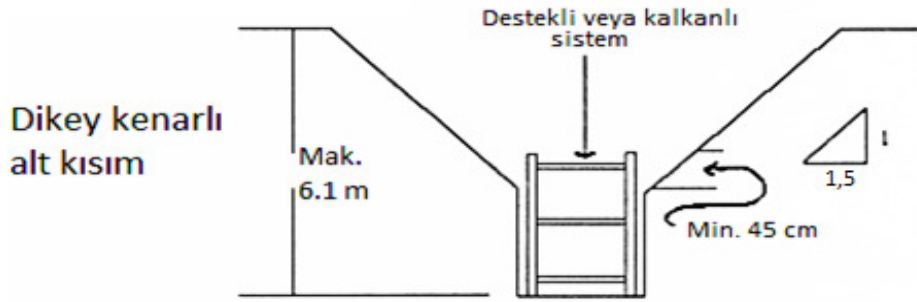
6,1 metre veya daha az derinlikteki tüm eğimli kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 1,5:1 olacaktır.



Şekil 29 : C tipi topraklarda eğimli kazı

Kademeli sistem C tipi topraklarda uygulanmamaktadır.

6.1 metre veya 6.1 metreden daha az derinlikteki dikey kenarlı alt kısımlara sahip tüm dar kesitli kazılar dikey kenarın üstünden en az 45 cm yukarıya uzanacak şekilde desteklenecek veya kalkanlanacak ve bu kazılarda maksimum kabul edilebilir eğim 1,5:1 olacak.



Şekil 30: Dikey kenarlı alt kısımlara sahip dar kesitli kazılar

3.2 Diğer Tehlikeler ve Tedbirler

Dar kesitli kazılarda en büyük tehlikeyi gckler oluşturmaktadır. Gcklerin dışında ise ciddi yaralanmalara ve ölümlere neden olabilecek daha birçok tehlike mevcuttur. Bu tehlikelerden bazıları şunlardır:

- ❖ İşçilerin kazıya düşmesi
- ❖ İşçilerin zerine 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 ıkışlar
- ❖ Su birikmesi
- ❖ Malzemelerin yanlış ve uygunsuz kullanımı
- ❖ Yığın ve atık malzemelere olan uzaklık
- ❖ Zemindeki kablolar ve kesici, ağır, körelmiş nesnelere

Görüldüğü üzere dar kesitli kazıların ierdii tehlikeler bir hayli fazladır. Bu yüzden, güvenli bir kazı çalışması yapmak için öncelikle dar kesitli kazının her bir aşamasının uzman bir kişi tarafından gözetlenip denetlenmesi ve uzman kişinin işçilerle işbirliği içinde onlara gerekli güvenlik talimatlarını vermesi gerekmektedir.

İki metreden daha derin olan dar kesitli kazılarda işçilerin düşmelerini engellemek için çalışılan alanın etrafının çevrelendiği, ara ve üst korkuluklardan oluşan yeterince sağlam bariyerler kullanılmalıdır. İnsanların kalabalık olduğu umuma açık yerlerde ise bu işlem derinlik gözetilmeksizin yapılmalıdır. Daha dikkat çekici olması için parlak renkteki bariyerler, çeşitli işaretler kullanılmakta, işaretlerin yeterli olmadığı durumlarda işaretçiler de yerleştirilebilmektedir.

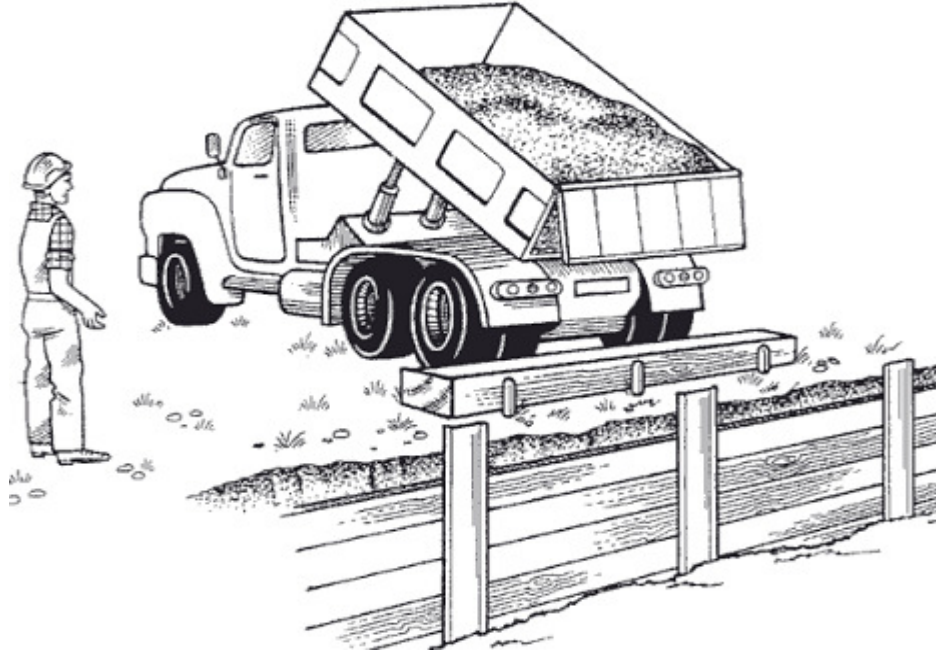


Şekil 31: Dar kesitli kazı kenarlarına korkuluklar yerleştirilmelidir²⁷.

Kazıya yuvarlanma ya da düşme riski olan malzeme ve ekipmanlar kazı kenarlarından en az 0,6 metre uzaklıkta bulundurulmalı veya gerekli desteklerle tutulmalı ya da her ikisi birlikte yapılmalıdır. Araç ve damperli kamyonlar ise bariyerler, uyarı işaret ve sinyalleri kullanılarak çok daha uzakta tutulmalıdır. Araçların kazıya toprak boşalttığı durumlarda, araç tekerleklerinin arkasına takoz yerleştirilmelidir.



Şekil 32: Hafriyat yığını dar kesitli kazıdan yeterli uzaklıkta tutulmalıdır²⁸.



Şekil 33: Araç boşaltılırken takoz kullanılmalıdır²⁹.

Düşen cisimlere dikkat edilmeli ve bu amaçla baret ve koruyucu ayakkabı gibi uygun kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır. Eldiven, kulak koruyucu ve yüksek görünürlüğe sahip elbiselerin kullanımına da dikkat edilmelidir. Ayrıca işçiler kazı makinesinin yanında çalışmamalı ve kaldırma makinesinin kaldırdığı yükler ve asılı yükler altında durmamalıdır.

Uzman bir kişi derinliği 1,2 metreyi geçen veya oksijen yetersizliği olan veya tehlikeli atmosferin olduğu veya olması beklenen her kazıyı işçi kazıyı girmeden önce test etmelidir. Tehlikeli atmosferler kazı yakınında çöp sahası bulunması ve tehlikeli maddelerin kazıya yakın bir yerde depolanmasından dolayı oluşabilir. Ayrıca oksijenin %19,5'tan az ve %23,5'tan fazla olduğu ortamlar, yanıcı gaz konsantrasyonunun alt tutuşma limitinin %20'sinden fazla olduğu durumlar ve konsantrasyonları limit değeri geçen tehlikeli maddeler de tehlikeli atmosfer kapsamındadır. Tehlikeli bir ortamla karşılaşılması durumunda işçinin buraya girmesine izin verilmemeli, uygun havalandırma sağlanmalı ve işçi gerekli solunum koruyucu ekipmanlarını aldıktan sonra kazıya girmelidir. Ayrıca bu kazılardaki ortam düzenli bir şekilde test ve kontrol edilmelidir. Bu testler eğer dar kesitli kazının içinde çalışan bir araç varsa ve kaynak, kesme, yakma gibi işlemler yapılıyorsa sıklaştırılmalı, acil duruma karşı her türlü sağlık ve güvenlik araçları bulundurulmalıdır.

Yeraltı hizmetleri ve üstten geçen enerji hatları da işçiler için büyük tehlike oluşturmaktadır. Gerek elle gerekse kazı makineleriyle yapılacak her türlü kazıdan önce kazı yapılan yerde elektrik kabloları, su boruları, gaz boruları, telefon hatları ve kanalizasyon hattı olabileceği düşünülmelidir.

Kazıya başlamadan önce, yeraltı hizmetleriyle ilgili kurum ve kuruluşları başvurulmalı ve bu hizmetlerin yerleriyle ilgili tüm bilgi ve çizimler işe başlanmadan önce alınmalı, ayrıca kazı yapılacak yer yeraltı hizmetlerine dair bir iz olup olmadığını anlamak için görsel olarak da incelenmelidir. Fakat alınan bu veriler, aradan uzun yıllar geçmesi, kazı yerinde çok çalışma yapılmış olması gibi nedenler dolayı muhtemelen tam bir kesinlik içermeyeceğinden yeraltı hizmetlerinin yerlerinin tespitinde uygun yer bulucu cihazlar kullanılmalı ve bu cihazların kullanımını gerekli eğitimi almış kişiler tarafından olmalıdır.

Yerleri tespit edilen bu hizmetler hatları boyunca uygun şekilde işaretlenmiş etiketli kazıklar, bayraklar veya boya işaretleriyle gösterilmelidir. Ayrıca bu hizmetlerin sınırları içinde kalan kazı yerlerinde kazı makineleri kullanılmamalı, yalıtımlı aletler kullanılarak elle kazı yapılmalıdır.



Şekil 34:Kazıdan önce yeraltı hizmetlerinin yerleri tespit edilmelidir²⁹.

Bir işçi tarafından kazara vurulan elektrik kablosu, tüm işçilerin elektrik şokuna maruz kalmasına, yakındaki gaz hatlarında bir hasar olması durumunda ciddi yangın ve patlamalara

sebeptir. Bu yüzden bu kablolar kablo bulucu cihazlar kullanılarak tespit edilmeli, yeri bulunan kablolar uygun bir şekilde hatları boyunca gösterilmelidir. Ayrıca gömülü kabloların yerleri hakkında ipucu bulmak amacıyla çevrede bulunan trafik işaretlerine, sokak lambalarına da dikkat edilmelidir.

Elektrik kabloları gibi gaz hatları da ciddi yangınlara ve büyük patlamalara sebep olmaktadır. Bu yüzden bu hatlara dikkat edilmeli, gaz borularına yarım metreden daha az yakınlıkta kazı makineleri kullanılmamalıdır. Gaz sızıntısı duyulması halinde hemen ilgili kurum aranmalı, işçilerin hızlı bir şekilde dar kesitli kazıyı gazın birikmesi ihtimaline karşı boşaltması sağlanmalıdır. Ayrıca ateşlemeye sebep verebilecek çalışan araç motorları gibi cihazlar da hemen durdurulmalıdır³⁰.

Su hatlarında meydana gelen bir hasar yarılan borudan su jetinin çıkmasına, dar kesitli kazının suyla dolmasına dolayısıyla işçilerin boğulmasına, diğer yeraltı hizmetlerinin zarar görmesine ve zayıflayan kazı kenarlarından dolayı göçükler oluşmasına neden olmaktadır. Kanalizasyonlarda ise basınçlı bir akıştan ziyade yerçekiminden doğan bir akış söz konusu olduğu için bu hizmetlere vurulması durumunda karşılaşılabilecek ana tehlike kirlilik olmaktadır.

Elektrik, gaz, su ve kanalizasyondan kaynaklanan tehlikelerin dışında ayrıca nitrojen, argon gibi çeşitli gazların, zehirli ve yanıcı sıvıların taşındığı borular ve de yaralanma riski düşük olsa da telekomünikasyon hatlarının oluşturduğu tehlikeler de mevcuttur.

Üstten geçen enerji hatları vinç ve diğer uzun ekipmanlar için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Eğer mümkünse bu hatların altında çalışmaktan kaçınılmalı veya hatlardan geçen akım durdurulmalıdır. Bunlar da mümkün değilse operatör, ekipmanlarla enerji hatları arasında olması gereken minimum uzaklıklara dikkat etmelidir. Altyapı işlerinde sağlık ve güvenlik birliği (Infrastructure Health & Safety Association (IHSA)) minimum uzaklıkları enerji hatlarında bulunan voltaj değerlerine göre sınıflandırmıştır².

Bu uzunluklar:

Tablo 2: İş ekipmanlarıyla hatlar arasında olması gereken minimum uzaklıklar

Enerji hattı voltaj değeri	Minimum Uzaklık
750 volttan fazla, 150 000'den az	3 metre
150000 volttan fazla, 250000'den az	4.5 metre
250000 volttan fazla	6 metre

Önlemlere rağmen, ekipman enerji hattıyla temasa geçmişse, operatör şu önlemleri almalıdır¹⁸:

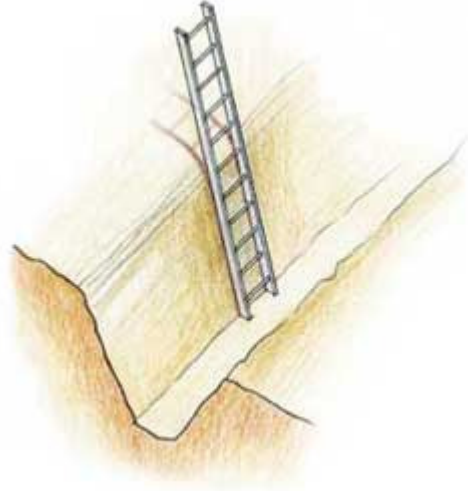
- ✓ Ekipmanda kalmalı, ekipmana ve zemine aynı anda dokunmamalıdır. Zeminle temas halindeki herhangi bir şeye dokunmak ölümcül olabilir.
- ✓ Yardımcı ekipmanları kullanan işçiler de o ekipmanda kalmalı, onlar da zemin ve ekipmana aynı anda temastan kaçınmalıdırlar.
- ✓ Diğer kişileri ekipmandan uzak tutmalı onları ekipmanın herhangi bir parçasına dokunmamaları konusunda uyarmalıdır.
- ✓ Enerji hattının durdurulması için ilgili kuruma birisinin telefon etmesini sağlamalıdır.
- ✓ Mümkünse, makinede kalmak suretiyle makineyi hareket ettirerek teması kesmeyi deneyebilir.
- ✓ Eğer teması kesmek mümkün değilse, enerji hattı kapatılana kadar (makine üstünde kalarak) makineyi hareket ettirmemelidir.
- ✓ Eğer yangın gibi acil bir durum makineyi terk etmeye zorlarsa, ayakları bitişik bir şekilde açıkça atlamalıdır. Eğer aynı anda, vücudun bir kısmı zeminle diğer kısmı da ekipmanla temas halinde olursa, akım vücut üzerinden geçer.
- ✓ Asla yerde adım atmamalı ve küçük adımlarla ayaklarını sürüyerek uzaklaşmalıdır. Büyük adımlar atmamalıdır. Zemindeki voltaj farkından dolayı, bir ayak diğerine kıyasla daha yüksek bir voltaj alanında olabilir ve bu fark kişiyi öldürebilir.

Ayrıca bir kaza olunca, kazazedeye ve kazazedeyle temas halinde olan herhangi bir şeye asla dokunulmamalıdır. Mümkünse temas kesilmeli, kuru bir tahta, lastik hortum yada kuru bir polipropilen ip vasıtasıyla yaralı veya hat çekilmelidir. Hemen acil servisler aranmalı, kazazedenin teması kesilmişse ilk yardım uygulanmalıdır.



Şekil 35:Üstten geçen enerji hatları kazı araçları için tehlike oluşturmaktadır³¹.

Dar kesitli kazıların giriş ve çıkışları, özellikle acil bir durum olduğunda işçilerin güvenli bir şekilde kaçmalarını sağlamalıdır. OSHA standartlarına göre 1.2 metre ya da daha derin dar kesitli kazılarda çalışılan yerlerde güvenli giriş ve çıkışı sağlayan merdivenler, basamaklar, rampalar veya diğer ekipmanlar bulundurulmalı, bunların işçilere en fazla 7.6 metrelik bir yakınlık içerisinde olması sağlanmalıdır. Ayrıca kazıda bulunan merdivenler kazının 90 cm üzerine uzanmalıdır. Güvenli giriş ve çıkışta kullanılan bu ekipmanlar sağlam bir şekilde monte edilmeli ve işçi için yeni bir tehlike oluşturmamalıdır.



Şekil 36:Merdivenler kazının üzerine uzanmalıdır³².

Ekskavatörler, arka kepçeli kazıcılar gibi ağır ve mobil ekipmanlar operatörlerin ve zemindeki insanların yaralanmasına ve ölümüne sebep olmaktadır. Bu makinelerle çalışma sırasında uygun el işaretleri kullanılmalı, bu makinelere binilip inilirken 3 nokta teması kuralına dikkat edilmelidir. Ayrıca bu araçların sesli uyarı sistemleri bulunmalı ve yakınına görevli olanlar dışındakiler asla yaklaşmamalıdır. Görevliler ise operatör tarafından görülebilecekleri, makineye uygun bir uzaklıkta bulunmalıdırlar.



Şekil 37: Araçlara binilip inilirken 3 nokta temas kuralına dikkat edilmelidir^{33,34}.

Kazıya su birikmesi ve kazıdaki durgun su kazı kenarlarını zayıflatmakta ve tehlikeli bir durum olduğunda işçilerin kaçmasını zorlaştırmaktadır. OSHA standartları dar kesitli kazılarda su

birikmesinin ya da birikintisinin görüldüğü durumlarda eğer yeterli koruma yoksa, işçilerin bu kazılarda çalışmasını yasaklamaktadır. Ayrıca OSHA standartları kazıya su girişini engellemek için çeşitli engellerin ve su yollarının açılmasını gerektirmektedir. Eğer işçiler kazıda çalışacaklarsa, ek yükler için özel destek ve kalkan sistemleri dizayn edilmeli, uzman gözetiminde su boşaltma ekipmanı kullanılmalı, yüzey sularının yönleri kazıya su girişini engelleyecek şekilde başka yönlere çevrilmeli, her yağıştan sonra ve işçiler kazıya tekrar girmeden önce kazı uzman tarafından kontrol edilmelidir.

Kazı yapılan yerin temiz olması kaza oluşmasını engellemede önemlidir. Kazı zemininde bulunan kullanılmayan araç ve gereçler, tahta parçaları, her türlü çöpler ortalıktan kaldırılmalı, kayıp düşmeleri engellemek amacıyla kazı zemini gerekirse pompalar vasıtasıyla kuru tutulmalıdır.

4. Sonuç

Kazı işlerinin ölüm ve yaralanmaların çok görüldüğü yapı sektörünün en tehlikeli alt kollarından birisi olduğu araştırmalarda ve istatistiklerde açıkça görülmektedir. Kazılar çeşitli birçok tehlikeyi barındırmakta, işçilerin güvenliği açısından gerekli hassasiyet gösterilmemesi durumunda trajik sonuçlar doğurmaktadır.

Bu çalışmada spesifik olarak dar kesitli kazılardan, bu kazılarda oluşabilecek tehlikelerden ve alınması gereken önlemlerden bahsedilmiştir. Dar kesitli kazılarda en büyük ve en temel tehlike göçüktür. Toprağın ağırlığını göz önüne aldığımızda göçük altında kalan işçi/işçilerin hayatta kalma şansı çok düşük olup maalesef çalıştıkları yer kendileri için bir mezar olabilmektedir. Dolayısıyla bu tehlike karşısında önceden önlem alınmaması durumunda, verilecek kayıpların küçük olmayacağı son derece aşikârdır. Bu nedenle göçüklere sebep olabilecek etmenler uzman kişiler tarafından titizlikler incelenmeli ve bahsedilen koruyucu sistemler çalışmaya başlamadan önce gerekli standartlar çerçevesinde uzman veya profesyonel mühendisler tarafından uygun şekilde dizayn edilmelidir.

Göçüğün dışındaki tehlikeler, göçük tehlikesi kadar sık karşılaşılmamaktadır fakat bu tehlikeler de göçük gibi ağır sonuçlar doğurmakta, ölüm ve ciddi yaralanmalar vuku bulmaktadır. Ayrıca bu tehlikelerden bazılarının meydana gelmesi göçük olayını tetikleyerek kazı alanında birden çok tehlikenin aynı anda yaşanmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak içerisinde bu kadar tehlikeyi ve riski barındıran bu çalışmalar, uzman gözetiminde risk değerlendirilmesi yapılarak planlı bir şekilde yürütülmeli, çalışma sırasında münferit hareketlerden kaçınılmalı, gerekli kurum ve mercilerle işbirliği yapılarak bilgi alış veriş sağlanmalıdır. Ayrıca işçilerle de sürekli iletişim halinde olunmalı ve kontrol listeleri vasıtasıyla bu işçiler denetlenmeli, iş güvenliği öncelikli olarak temin edilmelidir.

5. Kaynaklar

1. Trenching and Excavation, 24.09.2012 tarihinde <http://www.dietrichgeologicaldrilling.com/services.html> adresinden alınmıştır.
2. Trenching Safety, Introduction to Trenching Hazards, Infrastructure Health & Safety Association,(IHSA).
3. Excavation,27.09.2012 tarihinde <http://jbinksandsons.co.uk/images/excavation/excavation-9.jpg> adresinden alınmıştır.
4. Trench,27.09.2012 tarihinde <http://myconstructionphotos.smugmug.com/Construction-Galleries/Construction-Safety-trench/i-4sqhsJN/4/L/trench9937-L.jpg> adresinden alınmıştır.
5. Boom, J. (1999).Trenching is a dirty business,24.09.2012 tarihinde <http://www.elcosh.org/record/document/161/d000168.pdf> adresinden alınmıştır.
6. Excavation safety manual,Introduction to excavation safety,Occupational Safety and Health Administration(OSHA).
7. Safe construction trenches and excavations, fact sheet #11,Ministry of Labour, Ontario.
8. Trench Cave-in, OSHA Construction Fatality Fact #41
9. H.Phil, F.Ed, Introduction to Health and Safety in Construction,2nd edition.
10. Trench cave-in, 27.09.2012 tarihinde <http://www.nsc.org/NSC%20Picture%20Library/shportal/features/aug11/trench.jpg> adresinden alınmıştır.
11. Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Construction regulations 29 CFR 1926 (1997),Subpart P, Excavations.
12. Fissured soil, 27.09.2012 tarihinde <http://www.colourbox.com/preview/1709557-576977-dried-climate-fissured-cracked-earth-and-sand.jpg> adresinden alınmıştır.
13. Unconfined compression tester,27.09.2012 tarihinde http://www.hoskin.ca/catalog/images/ELE_Unconfined%20Compression%20Tester-Hand%20Op.jpg adresinden alınmıştır
14. Ribbon Test, 27.09.2012 tarihinde http://www.pubs.ext.vt.edu/452/452-129/L_IMG_appendix.jpg adresinden alınmıştır.
15. Trench Safety,27.09.2012 tarihinde http://trenchsafety.com//images/Things_Wrong.jpg adresinden alınmıştır.
16. 27.09.2012 tarihinde http://huckbody.com/?attachment_id=442 adresinden alınmıştır.

17. 27.09.2012 tarihinde <http://bokkers-excavating.ca/wp-content/gallery/trench-work/bokkers-excavating-trench-work-2.jpg> adresinden alınmıştır.
18. Trench Slope,27.09.2012 tarihinde http://www.jetocconstruction.com/_Media/100_1548-2.jpeg adresinden alınmıştır.
19. Safety,Health and Welfare on Construction Sites, International Labor Office (ILO).
20. Excavation trench shield, 27.09.2012 tarihinde http://myconstructionphotos.smugmug.com/Construction-Galleries/Construction-Excavation/trench-shieldP1000366/111358817_u3yE7-L-2.jpg adresinden alınmıştır.
21. Excavations(2002), Occupational Safety and Health Administration(OSHA).
22. Engineering Properties of Soils, Cave-Ins, Occupational Safety and Health Administration(OSHA) regulations for Excavations,24.09.2012 tarihinde <http://www.uwstout.edu/faculty/scotta/sect6.cfm> adresinden alınmıştır.
23. 27.09.2012 tarihinde http://www.nmggeotech.com/projects/p7lsm_img_12/fullsize/Pipelines_fs.jpg adresinden alınmıştır.
24. 27.09.2012 tarihinde <http://www.elcosh.org/record/images/97-72.jpg> adresinden alınmıştır.
25. Sloped trench, 27.09.2012 tarihinde http://www.moderncontractorsolutions.com/dbmedia/0310_SAF_Excavation.jpg adresinden alınmıştır.
26. Shielded trench, 27.09.2012 tarihinde http://www.cobletrenchsafety.com/webUploadImage/0309_0502.jpg adresinden alınmıştır.
27. 27.09.2012 tarihinde http://www.renthire.com/RHI/hirecompany_display/glen_iris/img218.jpg adresinden alınmıştır.
28. Excavation and trenching safety, NYC buildings.
29. Safety, health and welfare on construction sites, A training manual, ILO.
30. Avoiding Dangers from Underground Services,(2000),HSG 47,Health and Safety Execution (HSE).
31. 27.09.2012 tarihinde <http://www.flickr.com/photos/sacramentodistrict/7902577704/in/set-72157631341683456> adresinden alınmıştır.
32. Trenching and excavation safety, 27.09.2012 tarihinde <http://www.toolsofthetrade.net/industry-news.asp?sectionID=2123&articleID=500663> adresinden alınmıştır.
33. 27.09.2012 tarihinde <http://www.mysafetysign.com/three-point-contact-labels/tractor-label/sku-lb-0832.aspx> adresinden alınmıştır.
34. 27.09.2012 tarihinde <http://www.mysafetylebels.com/Safety-Stickers/Forklift-Labels.aspx> adresinden alınmıştır.