

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DUVAR ARKASI DOLGU MALZEMESİNİN KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ**  
**İMALAT MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEHMET MERCİMEK**

**EKİM 2019**

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DUVAR ARKASI DOLGU MALZEMESİNİN KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ**  
**İMALAT MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet MERCİMEK**

**DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR**

**ZONGULDAK**

**Ekim 2019**

**KABUL:**

Mehmet MERCİMEK tarafından hazırlanan “Duvar Arkası Dolgu Malzemesinin Konsol İstinat Duvarlarının İmalat Maliyetine Etkisinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.  
31/10/2019

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Üye** : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Üye** : Prof. Dr. Emrah DOĞAN

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım. ..../..../2019

  
Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mehmet MERCİMEK



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DUVAR ARKASI DOLGU MALZEMESİNİN KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ İMALAT MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet MERCİMEK

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR

Ekim 2019, 83 sayfa

İstinat duvarları, kot seviyesinin farklı olduğu arazilerde, zemin stabilitesini sağlamak amacıyla yapılan yapılardır. İstinat duvarları yanal toprak basıncını karşılayacak şekilde tasarlanırlar. Yanal toprak basıncını etkileyen en önemli faktör de duvar arkasındaki ve önündeki zeminin türüdür. Zeminin yoğunluğuna ve mukavemet özelliklerine ve yeraltı suyu durumuna bağlı olarak yanal toprak basıncı değerleri değişmektedir. Yanal toprak basınçları arttıkça istinat duvarın boyutları ve maliyetleri gerilmeleri taşıyabilmesi için artar. Bundan dolayı özellikle arka dolgusu büyük miktarda olan istinat duvarlarının projelendirilmesinde arka dolgunun kalitesi de dikkate alınmalı ve projede kabul edilen zemin özellikleri arazide oluşturulmalıdır.

Bu çalışmada betonarme konsol duvarının arka dolgusuna, birbirinden farklı zemin sınıflarına ait (ML, SM, SP, SW, GP, GW) otuz adet zemin yerleştirilmiştir. Her bir zemin için İSTCAD v.6.6 yazılımı kullanılarak konsol istinat duvarı stabilite analizleri, 1. Ve 4. derece deprem bölgesi için ayrı ayrı yapılmıştır. analizler ile beraber betonarme konsol duvarların statik ve

## ÖZET (devam ediyor)

dinamik hesapları yapılarak projelendirilmiştir. Bu çözümler sonucunda beton, donatı, kalıp maliyet analizleri yapılmış ve duvarların boyutları ve maliyetlerinde özellikle gevşek zemin ve sıkı zemin durumuna göre %80'ne kadar farklar çıkmıştır. Ayrıca gevşek zemin durumunda duvar boyutları çok büyümüş inşaat sahasında büyük kayıplara sebep olmuştur. Hem birinci deprem bölgesinde hem de dördüncü deprem bölgesinde en uygun duvar boyutları, sıkı GW zeminler sayesinde elde edildiği gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İstinat duvarları, Yanal toprak basıncı, Statik ve dinamik stabilite analizleri

**Bilim Kodu:** 624.01.00.

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **EFFECT OF BACKFILL MATERIALS ON CONSTRUCTION COST OF CANTILEVER RETAINING WALLS**

**Mehmet MERCİMEK**

**Zonguldak Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Ömer Faruk ÇAPAR**

**October 2019, 83 pages**

Retaining walls were constructed to ensure stability of soil layers at different levels on the two sides. Retaining walls are designed to have enough resistance against lateral earth pressure. The most important factor affecting the lateral earth pressure is the type of soil behind and in front of the wall. Lateral earth pressure values change depending on the density, strength parameters of the soil and existence ground water table. As for growing lateral earth pressure, dimensions and costs of the wall increase in order to bear to the excessive stress. Therefore, especially in the design of retaining walls with a large amount of backfill, the quality of the backfill should also be taken into consideration and the ground characteristics accepted in the project should be established in the field.

In this study, thirty soils from various classes (ML, SM, SP, SW, GP, GW) different from each other were placed behind the wall as backfill. For each soil, ISTEAD v.6.6 software was used to analyze reinforced concrete cantilever retaining wall for first and fourth degree seismic zone conditions. After stability analyses, static and dynamic calculations were made for structural

## **ABSTRACT (continued)**

design of the walls. As a result of these solutions, cost analyses for concrete, reinforcing steel and formwork have been made. Approximately 80% the project cost difference between loose and dense soil conditions was calculated. It was observed that dense GW backfill soil gave the best suitable wall dimensions at both first and fourth seismic zones.

**Keywords:** Retaining walls, Lateral earth pressure, static and dynamic stability analysis

**Science Code:** 624.01.00.





## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin ve tez çalışmam süresince fikir ve deneyimleriyle bana her konuda yardımcı olan, karşılaştığım her zorlukta güler yüzü ve hoşgörüsüyle bana destek olan saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü zorluklarla mücadele ederek beni bugünlere getiren, sevgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, beni iyi bir birey olarak yetiştiren aileme ve hayatımın her döneminde yanımda olduğunu ve olacağını bildiğim benden sevgisini ve desteğini bu tez çalışması süresince ve hayatımın her alanında benden esirgemeyen eşime çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
1.1 TEZİN AMACI VE ADIMLARI .....	4
BÖLÜM 2 İSTİNAT DUVARLARI VE YANAL TOPRAK BASINÇLARI .....	5
2.1 RİJİT İSTİNAT DUVARLARI.....	5
2.1.1 Ağırlık Tipi Dayanma Duvarı.....	6
2.1.2 Yarı Ağırlık Dayanma Duvarı .....	6
2.1.3 Konsol İstinat Duvarı.....	7
2.1.4 Payandalı İstinat Duvarı .....	8
2.1.5 Ters Payandalı İstinat Duvarı .....	8
2.1.6 Eşikli Konsol İstinat Duvarı .....	9
2.2 YARI RİJİT DAYANMA YAPILARI.....	10
2.2.1 Kafes Tipi Dayanma Duvarı.....	11
2.2.2 Sandık (Gabion) Tipi Dayanma Duvarları .....	12
2.2.3 Kazıklı Perdeler .....	12
2.2.4 Diyafram Dayanma Duvarları .....	13

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.3 ESNEK DAYANMA YAPILARI.....	14
2.3.1 Palplanş Perdeleri .....	15
2.3.2 Donatılı Zemin.....	16
2.4 YANAL TOPRAK BASINÇLARI .....	17
2.4.1 Sükunetteki Yanal Toprak Basıncı .....	18
2.4.2 Rankine Aktif ve Pasif Basınç Teorisi .....	19
2.4.3 Coulomb Aktif ve Pasif Basınç .....	23
2.5 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIM ESASLARI .....	25
2.6 İSTİNAT DUVARLARININ BOYUTLANDIRILMASI .....	29
2.7 İSTİNAT DUVARLARINDA STABİLİTE KONTROLLERİ .....	31
2.7.1 Devrilme Analizi .....	32
2.7.2 Kayma Tahkiki .....	32
2.7.3 Taban Basıncı Analizi .....	33
2.8 GÜVENLİK SAYILARININ ARTIRMA YÖNTEMLERİ .....	34
BÖLÜM 3 MALZEME METOT.....	37
3.1 GİRİŞ.....	37
3.2 ARAŞTIRMADA KULLANILAN MALZEME ÖZELLİKLERİ .....	37
3.3 ARAŞTIRMADA KULLANILAN ISTEAD V.6.6 YAZILIMI .....	38
3.3.1 Stabilitate analizlerinde İşlem adımları .....	40
BÖLÜM 4 BULGULAR.....	43
4.1 ISTEAD V.6.0 YAZILIMI İLE YAPILAN DUVAR ANALİZİ SONUÇLARI.....	43
4.1.1 Duvar Ölçüleri .....	43
4.1.1.1 Deprem Bölgesi 1. Derece Durumu .....	43
4.1.1.2. Deprem Bölgesi 4. Derece Durumu .....	47
4.1.2 Maliyet Analizleri.....	49
4.1.3 İç Kuvvet ve Moment Analizleri .....	54

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
5.1 SONUÇLAR.....	61
5.2 ÖNERİLER .....	62
KAYNAKLAR.....	65
EK AÇIKLAMALAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ .....	83



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 İstinat duvarlarının kullanım alanlarına örnekler.....	1
Şekil 1.2 Ekim 2018’de Ordu'nun Altınordu ilçesinde bir liseye ait kapalı spor salonu arkasındaki yağmur sebebi ile çöken istinat duvarı.....	2
Şekil 2.1 Ağırlık istinat duvarı örneği ve etkiyen yükler .....	6
Şekil 2.2 Yarı ağırlık istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler .....	7
Şekil 2.3 Betonarme konsol istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler.....	8
Şekil 2.4 Payandalı betonarme konsol istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler.....	9
Şekil 2.5 Ters Payandalı betonarme konsol istinat duvar örneği (TSE 7994). .....	9
Şekil 2.6 Eşikli betonarme konsol istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler .....	10
Şekil 2.7 Kafes Tipi istinat duvar örneği (BS 8002 2015). .....	11
Şekil 2.8 Gabyon istinat duvar örneği (BS-8002 2015). .....	12
Şekil 2.9 Kazıklı perde duvar örnekleri (TS 7994 1990). .....	13
Şekil 2.10 Diyafram Duvar (TS 7994 1990). .....	14
Şekil 2.11 Palplanş duvar örneği ve üzerine etkiyen zemin kuvvetleri .....	15
Şekil 2.12 Ankrajlı palplanş duvar detayı .....	16
Şekil 2.13 Geogrid Duvar.....	17
Şekil 2.14 Sükunet durumunda zemin tabakasında oluşan düşey ve yatay gerilme ilişkisi.....	18
Şekil 2.15 Yanal toprak basınçlarının harekete başlama kriterleri.....	20
Şekil 2.16 Rankine aktif basınç durumunda düşey ve yatay gerilme ilişkisi.....	21
Şekil 2.17 Zemin aktif hareketlenmesi sonrası Mohr-Coulomb kırılma zarfı .....	22
Şekil 2.18 Pasif zemin kamasının hareketlenmesi sonrası .....	22
Şekil 2.19 Zemin pasif kamasının hareketlenmesi sonrası Mohr-Coulomb kırılma zarfı .....	23
Şekil 2.20 Coulomb aktif basıncı .....	24
Şekil 2.21 Coulomb pasif basıncı.....	25
Şekil 2.22 Depremlı durumda aktif duvar itkileri .....	26
Şekil 2.22 Depremlı durumda pasif duvar itkileri.....	26
Şekil 2.23 Konsol İstinat Duvarının Yüksekliğine bağlı Ön boyutlandırma değerleri .....	30
Şekil 2.24 Tipik Konsol İstinat duvarına etkiyen yükler. ....	30
Şekil 2.26 Konsol İstinat Duvarının devrilme analizi .....	33
Şekil 2.27 Duvar tabanındaki gerilmelerin dağılımı. ....	34
Şekil 2.28 Güvenlik artırıcı yöntemler .....	35
Şekil 3.1 Araştırmada kullanılan zemin özellikleri.....	37
Şekil 3.2 ISTCAD yazılımının data girdi ekranı.....	39
Şekil 3.3 Projelendirme sırasında dikkate alınan yükler.....	41

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.3 Projelendirme sırasında dikkate alınan yükler.....	41
Şekil 4.1 Deprem 1. bölgesindeki istinat duvar maliyetlerinin içsel sürtünme açısı ile değişimi .....	51
Şekil 4.2 Deprem 1. bölgesindeki yapı elemanlarının maliyetinin içsel sürtünme açısı ile değişimi. ....	51
Şekil 4.3 Deprem 4. Bölgesindeki İstinat Duvar Maliyetlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi. ....	54
Şekil 4.4 Deprem 4. Bölgesindeki Yapı Elemanlarının Maliyetinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi. ....	54
Şekil 4.5 Deprem 1. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Kesme kuvvetlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.....	56
Şekil 4.6 Deprem 1. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Moment Değerlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.....	56
Şekil 4.7 Deprem 1. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Kesme kuvvetlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.....	58
Şekil 4.8 Deprem 4. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Moment Değerlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.....	58



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 İstinat duvarı tipleri (TSE 7994). ....	5
Çizelge 2.1 Tipik Sükunetteki Yanal Toprak Basınç Katsayı( $K_0$ ) Değerleri.....	19
Çizelge 2.2 Zemin sınıflarına bağlı aktif ve Pasif toprak itkilerinin oluşabilmesi için minimum rotasyon değerleri.....	20
Çizelge 2.3 İstinat duvarlarında stabilite analizleri için önerilen güvenlik sayıları. ....	31
Çizelge 3.1 Analizlerde kullanılan zemin parametreleri. ....	38
Çizelge 4.1 1. Derece deprem bölgesinde ML-SM zeminlerine ait duvar boyutları. ....	44
Çizelge 4.2 1. Derece deprem bölgesinde SP-SW zeminlerine ait duvar boyutları.....	45
Çizelge 4.3 1. Derece deprem bölgesinde GP-GW zeminlerine ait duvar boyutları. ....	46
Çizelge 4.4 4. Derece deprem bölgesinde ML-SM zeminlerine ait duvar boyutları. ....	47
Çizelge 4.5 4. Derece deprem bölgesinde SP-SW zeminlerine ait duvar boyutları.....	48
Çizelge 4.6 4. Derece deprem bölgesinde GP-GW zeminlerine ait duvar boyutları. ....	48
Çizelge 4.7 1. Derece deprem bölgesinde zemin sınıflarına bağlı maliyet analizleri. ....	50
Çizelge 4.8 4. Derece deprem bölgesinde zemin sınıflarına bağlı maliyet analizleri. ....	52
Çizelge 4.9 1. Derece deprem bölgesinde Duvar Gövdesindeki Maksimum Kesme Kuvveti ve Momentleri.....	55
Çizelge 4.10 4. Derece deprem bölgesinde Duvar Gövdesindeki Maksimum Kesme Kuvveti ve Momentleri. ....	57



## EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

No

Sayfa

EK A: 1. Deprem Bölgesi Duvar arkası dolgusu iyi dercelenmiş (GW) sıkı çakıllı zemin durumu için konsol istinat duvarı ISTRCAD program çıktısı ..... 67

EK B: 1. Deprem Bölgesi Duvar Arkası Dalgusu İyi Dercelenmiş (GW) Gevşek Çakıllı Zemin Durumu İçin Konsol İstinat Duvarı ISTRCAD Program Çıktısı ..... 75





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- $\alpha$  : Duvar-zemin arakesitinin düşeyle aktif veya pasif basınç tarafına doğru yaptığı açı
- $\delta$  : Zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı
- $\phi$  : Zeminin içsel sürtünme açısı
- $\emptyset$  : Donatı çapı
- $\alpha$  : İstinat duvarının dolgu tarafındaki yüzeyinin yatayla yaptığı açı
- $\delta$  : Duvarla dolgu arasındaki sürtünme açısı
- $\beta$  : Arka dolgunun yatayla yaptığı açı
- $\gamma$  : Zeminin kuru birim hacim ağırlığı
- $\gamma_b$  : Zeminin su altındaki birim hacim ağırlığı
- $\gamma_s$  : Zeminin suya doymuş birim hacim ağırlığı
- $\lambda$  : Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında eşdeğer deprem katsayılarına bağlı olarak hesaplanan açı
- $\nu$  : Poisson 's oranı
- $\mu$  : Sürtünme Katsayısı
- $\rho_d$  : Kuru yoğunluk
- $\sigma_h$  : Sükûnetteki yatay toprak basıncı
- $\sigma_v$  : Düşey gerilme
- $\sigma_p$  : Pasif yanal zemin basıncı
- $\sigma_a$  : Aktif yanal zemin basıncı
- $A_o$  : Etkin Yer İvmesi Katsayısı
- $B$  : Temel genişliğidir
- $C_a$  : Adezyon kuvveti
- $C_h$  : Toprak basıncının hesabında kullanılan yatay eşdeğer deprem katsayısı
- $C_v$  : Toprak basıncının hesabında kullanılan düşey eşdeğer deprem katsayısı
- $D_r$  : Relatif sıkılık
- $e$  : Eksantrisite

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$G_s$	: Özgül Ağırlık
$H$	: Duvar Yüksekliği
$I$	: Bina Önem Katsayısı
$i$	: Aktif veya pasif basınç tarafındaki zemin yüzeyinin yatayla yukarıya doğru yaptığı şev açısı
$K_0$	: Sükunetteki toprak basınç katsayısı
$K_a$	: Aktif zemin basınç katsayısı
$K_{as}$	: Statik aktif basınç katsayısı
$K_{ad}$	: Dinamik aktif basınç katsayısı
$K_{at}$	: Toplam aktif basınç katsayısı
$K_p$	: Pasif zemin basınç katsayısı
$K_{ps}$	: Statik pasif basınç katsayısı
$K_{pd}$	: Dinamik pasif basınç katsayısı
$K_{pt}$	: Toplam pasif basınç katsayısı
$M_{kar}$	: Karşı koyan momentler
$M_{dev}$	: Devirici momentler
$M_K$	: Kaymaya karşı koyan kuvvetler
$M_D$	: Kaydırmaya çalışan kuvvetler
$P_{ad}$	: Zemin kütlelerinden oluşan dinamik aktif basınç kuvvetinin bileşkesi
$P_{pd}$	: Zemin kütlelerinden oluşan dinamik pasif basınç kuvvetinin bileşkesi
$p_{ad}(z)$	: Zemin kütlelerinden oluşan dinamik aktif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
$p_{pd}(z)$	: Zemin kütlelerinden oluşan dinamik pasif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
$p_v(z)$	: Düşey toprak basıncının derinliğe göre değişim fonksiyonu
$Q_{ad}$	: Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik aktif basınç kuvvetinin bileşkesi
$Q_{pd}$	: Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik pasif basınç kuvvetinin bileşkesi
$q_{ad}(z)$	: Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik aktif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
$q_{pd}(z)$	: Düzgün yayılı dış yükten oluşan dinamik pasif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu
$q_0$	: Düzgün yayılı dış yükün genliği
$R_{za}$	: Zemin dayanma (istinat) duvarlarında kesit hesabına esas dinamik iç kuvvetlerin elde edilmesi için kullanılan azaltma katsayısı

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- $z$  : Zemin serbest yüzeyinden itibaren aşağıya doğru ölçülen derinlik  
 $z_{cd}$  : Aktif veya pasif basınç kuvvetinin bileşkesinin zemin üst yüzeyinden itibaren aşağıya doğru ölçülen derinliği

### KISALTMALAR

- ACI** : American Concrete Institute  
**BSI** : British Standard Institute  
**DBYBHY** : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik  
**DR** : Rölatif Sıkılık  
**GP** : Kötü Derecelenmiş Çakıl  
**GW** : İyi Derecelenmiş Çakıl  
**ML** : Düşük Plastisiteli Silt  
**OCR** : Aşırı Konsolidasyon Oranı  
**SM** : Siltli Kum  
**SP** : Kötü Derecelenmiş Kum  
**SW** : İyi Derecelenmiş Kum  
**TSE** : Türk Standartları Enstitüsü

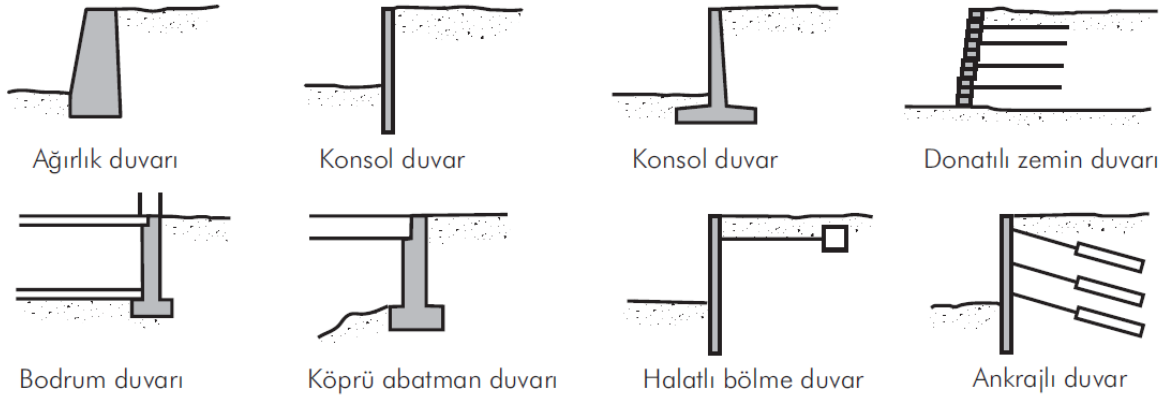




## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Dayanma yapıları özellikle eğimli inşaat sahalarında kazı yapılması sebebi ile oluşacak muhtemel bölgesel zemin göçmeleri veya kaymalarını önlemek için dizayn edilen yapı elemanlarıdır. Arazinin uygunluğuna ve taşınması gereken yüklere göre farklı şekillerde ve malzemeler kullanılarak imal edilirler (Şekil 1.1). Bununla beraber depolama alanlarında, karayollarında kot yükseltmek için, nehir sınır çizgilerinde taşkından korunma ve deniz kenarlarında dalga yüklerinden liman veya kıyıdaki yapı elemanlarını korumak için de kullanılmaktadır (Kramer 1996, Kayabalı 2003, Brooks 2010, Brooks and Nielsen 2013, Clayton et al. 1993 and 2013).



**Şekil 1.1** İstinat duvarlarının kullanım alanlarına örnekler (Kramer 1996, Kayabalı 2003).

İstinat duvarları genelde inşaat sahasında esas yapılar değildir. Diğer yapıların ve çevre bölgenin stabilitesini korumak için imal edilirler. Ancak duvarın yıkılması veya hasara uğraması gibi durumlarda, maddi zarara ve en önemlisi can kayıplarına yol açabilmektedir. Ülkemizde istinat duvarlarının tasarım ve uygulamasına gereken önem verilmemektedir. Bununla birlikte birçok yerde hesaba dayalı inşa edilmediği için oluşan kazalar sonucunda insanlar birtakım tedbirler almak zorunda kalmışlardır (Şekil 1.2). Özellikle Karadeniz bölgesinde imara açılmış arazilerin yüksek eğimlere sahip olmasından dolayı istinat duvar imal

edildikten sonra kot farklarını minimize edebilmek için duvar arkası uygun bir zemin ile doldurulmaktadır. Maalesef bu dolgu malzemesi seçilirken gerekli özen gösterilmemekte ve taşınması en uygun olan veya inşaat sahasında kazılarda ortaya çıkan atık zemin malzemesi ile doldurulmaktadır. Duvar arkası dolgu malzemesinin geoteknik parametreleri de duvara etki eden kuvvetlerinin büyüklüklerine etki etmektedir. Bu kuvvetler büyüdükçe duvarın iç stabilite problemlerini çözebilmek için daha dirençli ve pahalı istinat duvarları yapma zorunluluğu doğmaktadır.



**Şekil 1.2** Ekim 2018’de Ordu'nun Altınordu ilçesinde bir liseye ait kapalı spor salonu arkasındaki yağmur sebebi ile çöken istinat duvarı (URL-1).

Arazide yapı etrafında alan kazanmak için yapılan bu dolgu işleri kontrolsüz sıkıştırma ile yapılmaktadır. Hatta hiç sıkıştırma yapılmamakta ve yapılardan arta kalan inşaat atıkları ve en yakın yerden elde edilen zeminler ile bu alanlar doldurulmaktadır. Bilindiği üzere gevşek halde serilen dolgu zeminler zaman bağlı oturma yapmakta duvara haricinde duvar arkası bölgesinde oturmalara sebep olmakta ve duvara yakın yapıların temel sistemlerine de hasar vermektedir. Buna ilaveten, duvar arkasında bulunan zemin tabakaları su tutma özelliğinin zayıf olması ve ortamda su var ise rahatlıkla drenaja izin vererek duvar arkasında boşluk suyu basıncından dolayı ek yük artımlarına izin vermemesi de gerekmektedir. Kil miktarı yüksek zeminlerin duvar arkası dolgu olarak kullanıldığında hem sıkıştırılması hem de drenaj sistemlerini tıkaması dolayısı ile istinat duvarının servis ömrünü de azaltmaktadır.

Bir istinat duvarının dış ve iç stabilite analizlerinde bir çok bilinmeyene yol açan kontrolsüz dolgular duvarın güvenli bir şekilde projelendirilmesine izin vermemekte ve bundan dolayı ileri de ön görülemeyen duvarda deformasyonlara hatta yıkılmasına sebep olmaktadır.

Buna göre bir istinat duvarının tasarım kriterleri oluşturmadan önce, aşağıdaki kontrol listesi kullanılmalıdır (Brooks 2010, BSI 8002 2015).

- a) Tasarım için gerekli kullanılacak standartlar ve yönetmeliklerin seçimi
- b) Bütün duvar koşullarını sağlayacak duvar yüksekliğinin tespiti
- c) İstenen özel bir duvar istemi varsa buna göre gereken şartların tespiti
- d) Duvarın üstünde bir çit olup olmadığı ve varsa duvar yüksekliğinin ne kadar artacağı
- e) Temel Ayak tabanının altının don derinliğini de dikkate alarak tespit edilmesi
- f) Arka dolgunun drenaja uygun olup olmadığının tespiti veya buna uygun dolgu malzemesinin seçimi
- g) Duvarın üstünde herhangi bir aksenal yük olup olmayacağı varsa bunun meydana getirdiği yük ve eksantirisitenin hesaplanması
- h) Park, kamyon vb. gibi duvarın arkasındaki ek yüklerin hesaplanması
- i) Duvar üst kısmı bariyer olarak da kullanılacak ise özellikle park alanlarında çarpma yükünün dikkate alınarak hesaplara eklenmesi
- j) Dolgu eğiminin ve seviyesinin tespiti
- k) Yeraltı suyunun duvar arkasında devamlılığının araştırılması ve bundan dolayı oluşacak ek yüklerin dikkate alınması
- l) Sismik bir tasarımın gerekip gerekmediği eğer gerekiyorsa sismik etkilerin hesaplanması
- m) Tasarımı etkileyen bitişik temel yüklerin varlığının araştırılması var ise buna göre dizayn yapılması?
- n) Duvar gövdesinin beton mu, yığma mı yoksa her ikisinin kombinasyonu olup olmayacağına karar verilmesi
- o) Duvarın ayak kısmındaki zemin örtü kalınlığının tespiti
- p) Duvarın önünde kaymayı engelleyen bir döşeme var mı yok ise, toprağın erozyonunu önleyen bir projelendirmenin yapılması
- q) Duvarın tepesinde yanal bir engel olup olmadığının tespiti (eğer öyleyse, gerçekten konsoldan yapılmış bir duvar değildir ve farklı bir tasarım gerektirir)?
- r) Duvar inşaat bölgesine ait bir temel zemin etüt raporunun elde edilmesi ve bu rapordan elde edilen zemin tabakalarına ait yoğunluk ve kayma mukavemeti parametreleri gibi bilgiler ile

aktif, pasif toprak basınç katsayılarının, izin verilen taşıma gücünün, sürtünme katsayısının bulunmasıdır.

Yukarıda ki kriterler dikkate alınarak iç ve dış tahkiklerinin de doğru hesaplandığı düşünülürse istinat duvarlarını projelendirilmesi sonrası servis ömrünün uzun olacağı ve güvenliğinin artacağı aşikârdır.

## **1.1 TEZİN AMACI VE ADIMLARI**

Bu çalışmanın amacı, eğimi yüksek inşaat sahalarında duvar arkası dolgu malzemesinin konsol istinat duvarlarının imalat maliyetine etkisinin incelenmesidir. Bu tip arazilerde klasik istinat duvarı projelerini gerçekleştirebilmek için duvarın yapılacağı bölgede arazinin kot farkları ve ampatman genişlikleri dikkate alınarak güvenli bir eğimde kazılması gerekmektedir. Daha sonra projelendirilmiş duvarın imalatına başlanır. Daha sonrada duvar arkasında oluşan geniş boşluk bir zemin ile doldurulmaktadır. Eğime doğru temel ampatmanı genişlikleri fazla olan duvarların ayrıca duvar arkasında arazi kazanma düşüncesi ile büyük bir hacim doldurulmaktadır. Böylelikle büyük bir alan kazanılmış olmaktadır. Ancak elde edilen alana doldurulan zemin tabakası duvara etkileyen zemin itki kuvvetlerine büyük etkisi vardır. Fakat zemin dolgusu seçilirken gerekli özen gösterilmemekte ve taşınması en uygun olan veya inşaat sahasında kazılarda ortaya çıkan atık zemin malzemesi ile doldurulmaktadır. Duvar arkası dolgu malzemesi, gevşek ve gradasyonu uygun değilse duvara etki eden kuvvetleri oldukça yükseltmektedir. Bu kuvvetler büyüdükçe duvarın iç stabilite problemlerini çözebilmek için daha dirençli, büyük ve pahalı istinat duvarları yapma zorunluluğu doğmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, birinci bölümde istinat duvarları hakkında kısa tanımlamalar yapılmış ve statik ve dinamik stabilite analiz adımları hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, Araştırma için seçilen betonarme konsol istinat duvarı seçilmiş ve boyu 8m uzunluğu ise 10 m ile sabit tutularak duvar arkasına doldurulması düşünülen zemin tiplerine ait yoğunluk, içsel sürtünme açısı vb geoteknik parametreleri literatürde kabul gören aralıklarda seçilerek duvar arkasına yerleştirilmiş ve betonarme duvarın iç ve dış stabilitesi dikkate alarak ITCAD programı vasıtası ile projelendirilmesi yapılmıştır. Programdan elde edilen veriler vasıtası ile duvarın demir, beton, kalıp maliyetleri çıkartılmıştır. Son olarak, maliyet ve zemin parametreleri arasındaki ilişkiler bulunmuştur. Bu tez çalışmasında kesirli sayılar için nokta (.) kullanılmıştır.

## BÖLÜM 2

### İSTİNAT DUVARLARI VE YANAL TOPRAK BASINÇLARI

İstinat duvarlarının çeşitleri birçok yönetmelikte belirtildiği gibi, çevresel etkilere, istenilen duvar yüksekliğine, inşaat sahasında duvar için ayrılan alanın büyüklüğüne, kullanılacak yapı malzemesine, yer altı suyunun ortamda bulunmasına göre durumuna göre seçilirler (TSE 7994). Birçok istinat duvarı tiplerine bulunmasına rağmen temelde 3 başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar çizelge 2.1’de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.1** İstinat duvarı tipleri (TSE 7994).

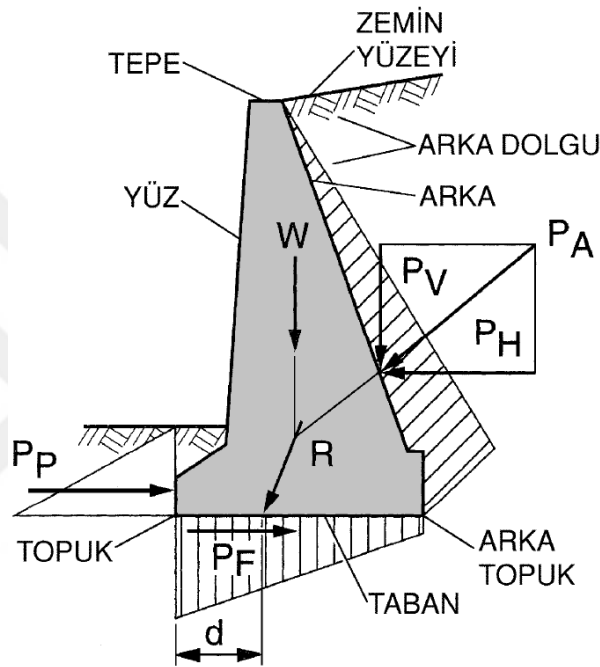
Rijit İstinat Duvarları	Yarı Rijit İstinat Duvarları	Esnek İstinat Duvarı
Ağırlık	Kafes Tipi	Palplanş Perdeler
Yarı Ağırlık	Sandık Tipi	Donatılı Zemin
Konsol	Kazıklı Perdeler	
Eşikli Konsol	Diyafram	
Payandalı		
Ters Payandalı		

#### 2.1 RİJİT İSTİNAT DUVARLARI

Kendi zati ağırlıkları ve temel bölgesindeki arka ampatman üzerindeki dolgu ağırlığı ile duvara gelen yanıl ve düşey yükleri taşırlar. Özellikle yol inşaatlarında ve düşük yükseklik ve fazla yanıl yüklere maruz kalmadıkları yapı inşaatlarında çok sıklıkta kullanılırlar. Bu tip duvarlarda zemin suyuna karşı drenaj sağlanmalıdır. Bu dayanma yapıları altı grupta sınıflandırılır.

### 2.1.1 Ağırlık Tipi Dayanma Duvarı

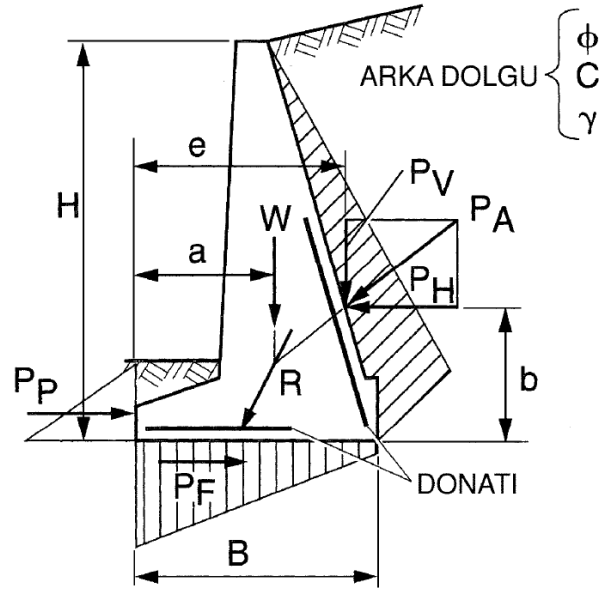
Ağırlık tipi istinat duvarları kendi zati ağırlıkları ile bütün etkiyen kuvvetleri karşılarlar. Çoğunlukla harçlı taş örgü veya betondan yapılıdır (TS-7994). Kesitlerde çekme gerilmeleri istenmez. Basınç gerilme değerleri de kullanılan malzemenin dayanım gerilmesini aşmaması sağlanarak boyutlandırılır (Celep ve Kumbasar, 1998). Bu tip yapılar 4m~5m yüksekliğine kadar kullanılması önerilir. Ağırlık tipi dayanma duvarına örnek Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Ağırlık istinat duvarı örneği ve etkiyen yükler (Day 2002, Mollamahmutoglu ve Kayabalı 2004).

### 2.1.2 Yarı Ağırlık Dayanma Duvarı

Ağırlık istinat duvarlarından farkı gelen yüklerin yüksekliği sebebi ile oluşan iç kuvvetleri yığma duvarın güvenle taşıyamamasıdır. Özellikle iç stabilite hesaplarında zımbalama riskine karşılık temel genişliğinin çok büyük çıkması halinde, duvarın tamamını inşa etmek için çok fazla malzeme kullanılması gerekir. Bundan dolayı temel ve gerekiyorsa ana gövde de betonarme imalatı yapılır Bu durumda gövde malzemesinden de tasarruf edilebilir (Şekil 2.2). Dolayısıyla az miktarda donatı çeliğine sahiptirler. Bunun amacı beton hacmini küçültmek ve büyük yükseklikli duvarlarda kapasiteyi artırmaktır.



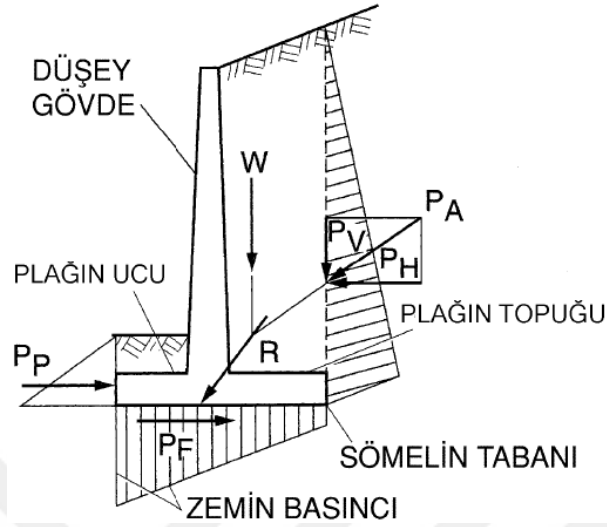
**Şekil 2.2** Yarı ağırlık istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler (Day 2001, Mollamahmutoğlu ve Kayabalı 2004).

### 2.1.3 Konsol İstinat Duvarı

İstinat duvarları yapılması gereken inşa sahası dar ve yetersiz olabilir. Bu durumlarda duvar kesitleri stabiliteyi sağlamak için yetersiz kalabilir. Böyle durumlarda stabiliteyi sağlamak amacıyla zemin dolgusundan da faydalanabilmek için duvarın arkasına ve/veya önüne ampatmanlar çıkılarak istinat duvarı, konsol olarak inşa edilirler. Duvar temeli öne doğru uzatılarak direnç kuvvetlerinin dönme merkezine uzaklığı artırılır ve devrilmeye karşı stabilitesi güçlendirilir. Duvar temeli arkaya uzatılarak da, arka temel üzerindeki dolgu yükleri büyütülebilir. Böylelikle duvarın devrilmeye ve kaymaya karşı direnci artırılır. Konsol istinat duvarlarına ait en kesit Şekil 2.3'te verilmiştir.

En çok kullanılan istinat duvarı türüdür. Betonarme olarak inşa edilirler. Ekonomik olarak 7.0-8.0m dolaylarında yüksekliğe sahiptirler (TSE 7994, Macnap 2002, Birand 2006, Gaba et al. 2017). Birbirine dik yatay ve düşey iki plaktan oluşurlar (Şekil 2.3). Bu duvarlar ince olduklarından dolayı hafiftirler. Konsol kiriş gibi davranırlar. Yatay olan plak mesnet görevindedir. Yatay olan plağa oturan toprak basıncı denge emniyetini sağlar. Yatay plak (temel plağı) uzun tutularak bunun üzerine binen duvar arkasındaki zeminin ağırlığı ile devrilmeyi engellemek mümkündür. Toprak itkisine direnen kuvvetler yetersiz kalınca, zeminin duvarı öne doğru kaydırmasını engellemek için temel plağının uç kısmına diş ve gövde

arkasına eşikler yapılabilir (Bowles 1996, Coduto 2001, Magar 2016) . Böylelikle duvarın direnci artırılır.



**Şekil 2.3** Betonarme konsol istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler (Day 2001, Mollamahmutoğlu ve Kayabalı 2004).

#### 2.1.4 Payandalı İstinat Duvarı

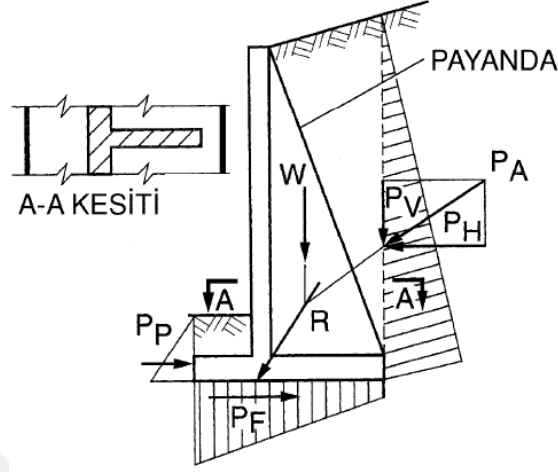
Konsol istinat duvarına etki eden yanal toprak basınçlarının fazla olması ve konsol duvar için yüksekliğin çok olması durumunda stabiliteyi sağlamak için payandalı istinat duvarı tercih edilir. Payandanın işlevi, konsol duvarlarda uzunlamasına momentleri azaltmaktır. Payandalı duvarda taban ve gövde elemanları konsol duvar ile aynıdır. Ancak iç stabiliteyi artırabilmek için duvarın arka tarafında gövdeyle temeli bağlayan kama şeklinde destek elemanları konur. (Şekil 2.4). Payandalar duvarın uzun eksenindeki momentleri azaltmaktadır. Yüksekliği 8 m'den az olan duvarlarda payanda gerekmez. Yüksekliği az olan dayanma duvarlarında payanda koymak yerine konsol duvar tipi tercih edilmelidir (TS 7994, Uzuner 2015, Yıldız 2015, Das 2016).

#### 2.1.5 Ters Payandalı İstinat Duvarı

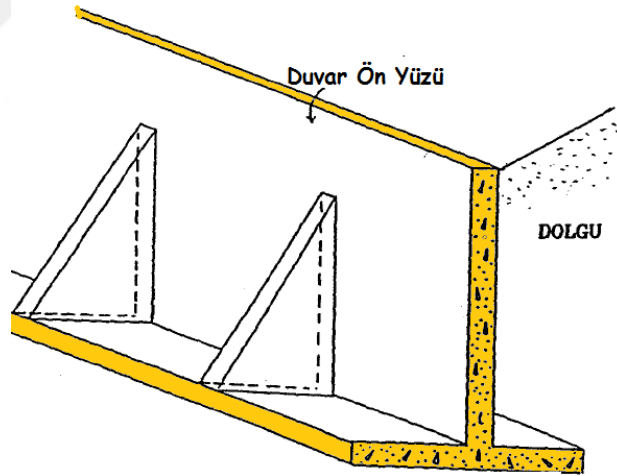
Payandalar duvarın arkasında değil ön yüzünde inşa edilir (Şekil 2.5). Payandaların önde bir engel yaratmayacağı durumlarda veya duvarın arka tarafında yeterli hacim bulunmadığında kullanılır. Payanda basınca çalıştığından dolayı konsol ve temeldeki beton miktarında önemli



azalmalar sağlanır. Buna karşın düşey toprak yükü kısa olan topuk üzerine etkiğinden duvar stabilitesine katkısı daha azdır (Yıldız 2015).



**Şekil 2.4** Payandalı betonarme konsol istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler (Day 2001, Mollamahmutoğlu ve Kayabalı 2004).

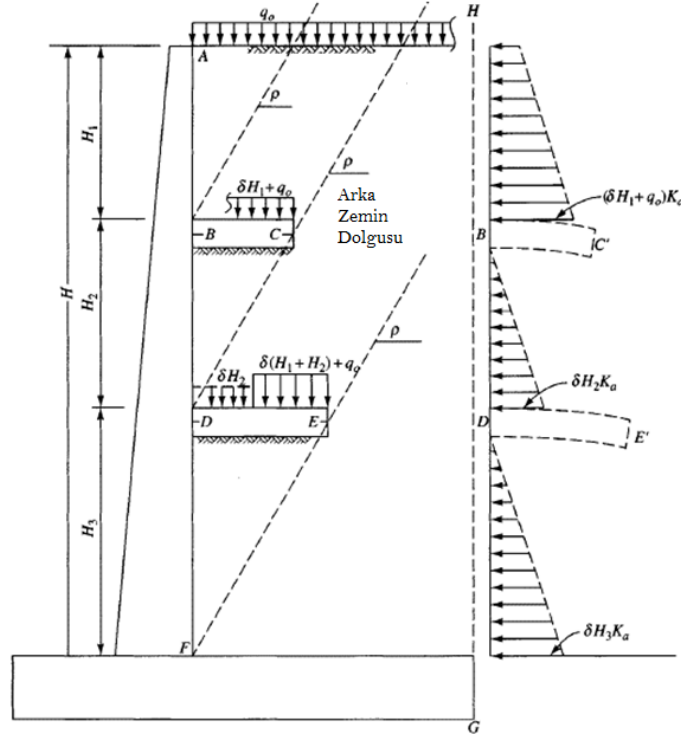


**Şekil 2.5** Ters Payandalı betonarme konsol istinat duvar örneği (TSE 7994).

### 2.1.6 Eşikli Konsol İstinat Duvarı

Yüksek değerlere sahip yanal zemin itkilerin etkilerini azaltarak duvarın direnci artırmak için yapırlar (Şekil 2.6). Teorik olarak, eşikteki düşey gerilme ve duvara etkiyen yanal basınçlar Şekil 2.6 gösterildiği şekildedir. Bu çözüm bazı zorluklara sahiptir. Örneğin, eşik altındaki zemin dolgusunun çok iyi sıkıştırılması gerekmektedir. Eğer sıkıştırma işlemleri çok dikkatli

yapılmaz ise eşiklerin altındaki zemin tabakaları altında ortaya çıkacak olan boşalmalar basınç profili diyagramında kesikli çizgilerle gösterilen eşikleri aşağıya doğru eğme eğilimindedir. Bu olduğunda, yeterli donatıya da sahip değiller ise eşiklerde kırılmalar görülür bununla beraber, üstündeki duvar geri dolguyu hareket ettirir ve pasif basınç geliştirir (Bowles 1996). Bu nedenle duvar, bu beklenmeyen kesme ve momenti taşımak için her iki yüze de iyi bir şekilde sağlamlaştırılmalıdır.



Şekil 2.6 Eşikli betonarme konsol istinat duvar örneği ve etkiyen kuvvetler (Bowles 1996).

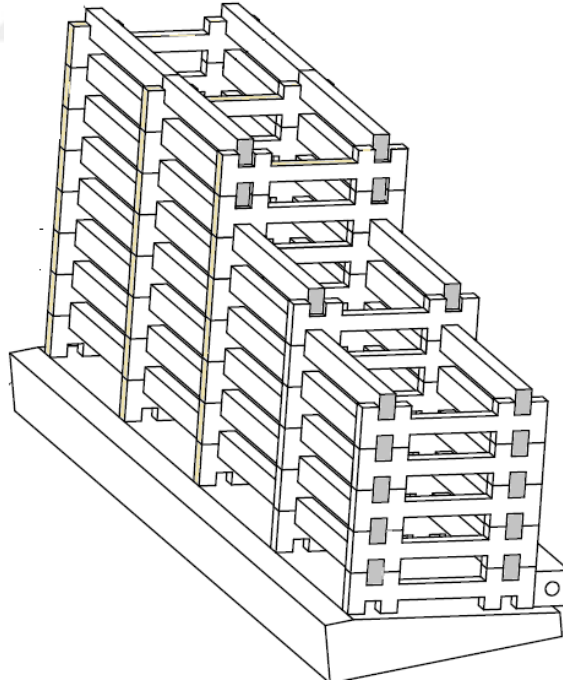
## 2.2 YARI RİJİT DAYANMA YAPILARI

Bu tür dayanma yapıları toprak itkisini karşılamamanın yanında, üzerlerine gelen basıncın önemli bir bölümünü zeminin kendisine aktararak stabiliteyi sağlarlar. Yarı rijit istinat duvarları; yanal toprak basıncını karşılamakla beraber belli sınırlarda hareket ederler veya yanal toprak basıncının büyük çoğunluğunu zemine iletirler. Temel türleri kafes ve sandık tipi olan, kazıklı perde duvar ve diyafram duvarlar da yarı rijit istinat duvarı örnekleridir.

## 2.2.1 Kafes Tipi Dayanma Duvarı

Betonarme veya metal malzemelerden istenilen uzunluk ve yükseklikte, hücreler şeklinde oluşturulan yapı elemanlarından meydana gelirler (Şekil 2.7). Bu yapı elemanları birbirine geçmeli mekanizma ile üretilir ve hücreler üst üste yerleştirilerek dayanma duvarı oluşturulur. Oluşturulan hücrelerin (kafeslerin) içi taşla ya da granüler malzemeye doldurulmaktadır. Yüksekliğin 6 m den fazla olması durumunda en kesitteki hücre sayısı iki katına çıkarılır. Kafes tipi dayanma duvarları, kafeslerin yapıldığı malzemeye göre beton, sınıflandırılır (Brooks 2010, Brooks and Nielsen 2013, Clayton et al. 2013, Yıldız 2015).

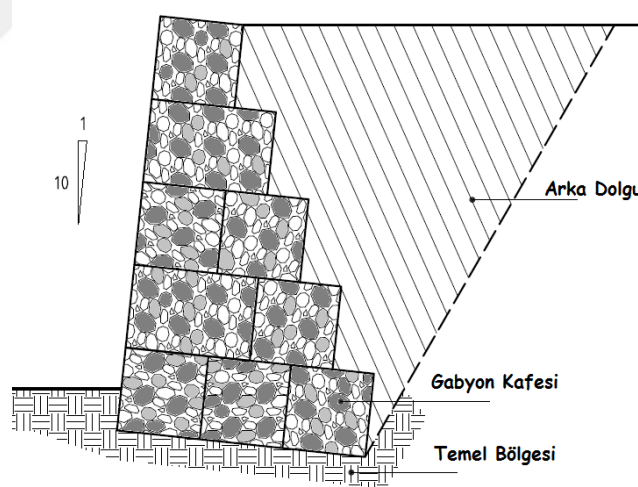
Şekil 2.7’da görülen kafes tipi istinat duvarı birbirine geçmeli kirişler ile birbirine bağlı hücreler oluşturularak; yanları kapalı üstü açık sandık şeklindeki bölmelere, içi taş veya toprak ile doldurularak inşa edilirler. Kendi içlerinde drenaj sağlamaları, sökülüp takılabilmeleri, inşaatları tamamlandığında yük taşıyabilir olmaları, düşük oturma değerlerinden etkilenmemeleri ve bakımlarının kolay olması gibi tercih edilen üstünlükleri vardır (BS 8002 2015, Yıldız 2015).



Şekil 2.7 Kafes Tipi istinat duvar örneği (BS 8002 2015).

## 2.2.2 Sandık (Gabion) Tipi Dayanma Duvarları

Kafes tipi dayanma duvarındakine benzer bir yöntem izlenerek oluşturulan bu tip dayanma duvarında, hücreler paslanmaz çelik tellerden yine dikdörtgenler prizması şeklinde imal edilirler (Şekil 2.8). Oluşturulan tel kafeslerin içerisi 150mm-250mm çapında kaya dolgu ya da granüler malzeme ile doldurulur. Oluşturulan her bir kafes sandık şeklinde olduğundan sandık adını almışlardır. Tipik kafes taban boyutları 1.0m x 1.0m, uzunluğu 2.0m-4.0m'dir. Kesitler büyütülecek ise kafes içlerinde çiroz bağlantı demirleri ile güçlendirilir ve çelik kafes bölmeler eklenir. Bu sandıklar birbirlerinin üzerine eklenerek duvar inşa edilir. Sandıkların içerisi kaya dolgu olması ve kafes sistemli yapısı sebebi ile drenaj sorunu çıkmaz. Bu tür duvar farklı oturmalar çok aşırı olmadıkça hasara da uğramaz. Sandık türü dayanma duvarı, deniz inşaatlarında, su kanalları şevlerinin korunmasında, erozyon önleme sistemleri olarak da hizmet verebilirler (TSE 7994 1990, BS 8002 2015, Yıldız 2015). Diğer dayanma yapılarındaki soğuk betonarme görünümünden uzaktırlar. Doğal yapı malzemesiyle imal edildiklerinden dolayı, estetik bir görünüme sahiptirler.

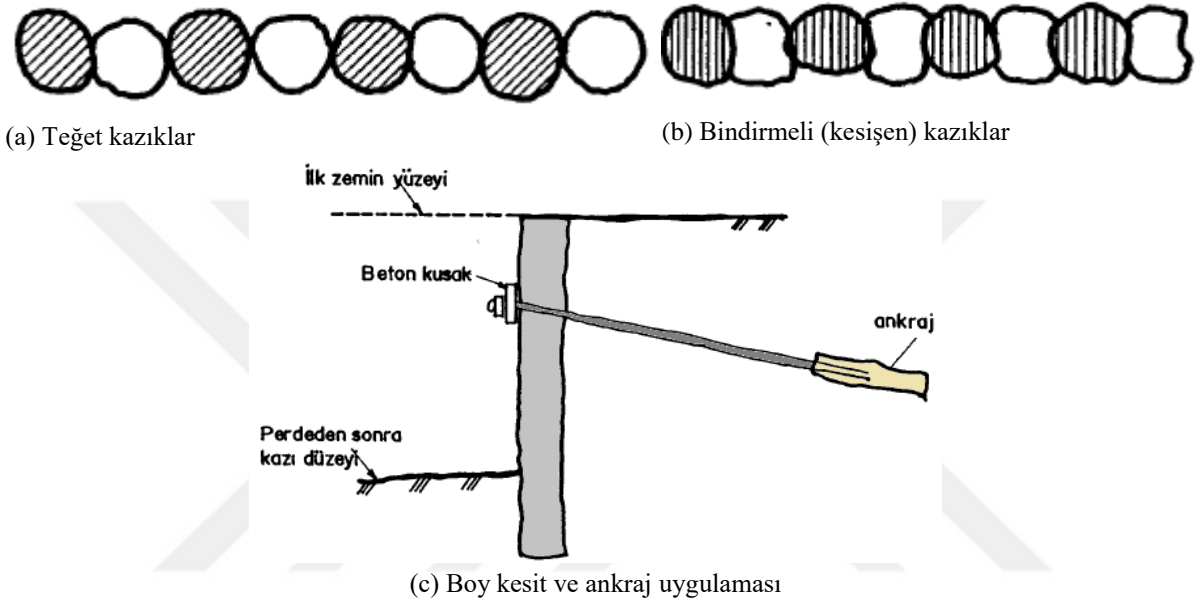


Şekil 2.8 Gabiyon istinat duvar örneği (BS-8002 2015).

## 2.2.3 Kazıklı Perdeler

Stabilitesi sağlanacak zemin yüksekliğinin büyük olması ve zemin özelliklerinin yetersiz kalması durumunda yerinde dökme betonarme kazıklardan perde duvarlar oluşturulur. Kazık çapları toprak basıncı mertebesine göre 45cm-80cm arasında bir ebat seçilir. Şekil 2.9a'da kazıklı perde sisteminin planı görülmektedir. Zeminin durumuna göre kazıklar birbirine teğet veya aralarında mesafeli olarak yerleştirilirler. Teğet yerleştirilmiş sistemde, zemin suyu

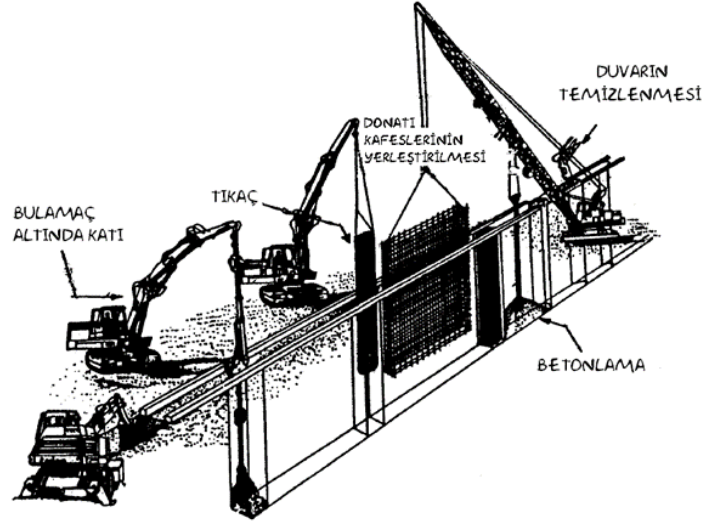
problem yaratacak boyutta ise kazıklar arası, sızmayı önlemek için enjeksiyon malzemesiyle doldurulur. Yapılan hesaplarda kazık boylarının ekonomik olmayacak derecede büyük çıkması durumunda, kazıklar, bir veya birkaç sıra ankrajla desteklenebilir (Şekil 2.9c). Bu tür kazıklı perde duvar uygulamalarında ekonomik kazı derinliği 5m'den fazladır. Alışlagelen dayanma yapılarına göre daha hızlı inşa edilebilmeleri ve inşa sırasında zemin tabakalarının ve inşaat sahasının stabilitesini bozmamalarından dolayı tercih edilirler.



Şekil 2.9 Kazıklı perde duvar örnekleri (TSE 7994 1990).

#### 2.2.4 Diyafram Dayanma Duvarları

25 metre derinliğe kadar zemin altında inşa edilen betonarme istinat duvar tipidir (Macnab 2002). Çok zayıf zeminlerde yapılması gereken derin kazılarda kullanılırlar. Diyafram duvarın inşa edileceği hendek kazılırken kendini tutamayacak kadar zayıf olduğu için kazı esnasında hendeğin stabilitesini sağlamak amacıyla hendeğin içerisi bentonit veya bentonit-çimento bulamacı ile doldurulur (Şekil 2.10). Kazı bittikten sonra duvar donatısı bu çamurun içine indirilir. Betonlama hendek tabanından yukarıya doğru yapılır. Diyafram duvarlar donatısız olarak da inşa edilebilirler. Diğer metotlara göre sessiz ve vibrasyonsuz olması dolayısıyla daha avantajlıdır. Diyafram duvarın amacı, yer altı suyunun hendeğe girmesine mani olmak ve/veya yüksek zemin basıncının karşılanmasıdır.



Şekil 2.10 Diyafram Duvar (TS 7994 1990).

### 2.3 ESNEK DAYANMA YAPILARI

Esnek dayanma yapıları, isminden de anlaşılacağı gibi esnek olmaları, göçmeden önce yüksek miktarda deformasyon sağlamaları ve sismik faaliyetler sırasında üzerlerine aktarılan enerjiyi daha iyi soğurmaları nedeniyle rijit dayanma yapılarına karşı daha yoğun olarak kullanım alanı bulmuşlardır.

Esnek dayanma yapıları genel olarak temel zemininin klasik duvarları taşıyamayacak kadar yetersiz olması ve su etkisinin büyük olduğu yerlerde rijit ve yarı rijit türlere karşı tercih edilir. Bu yapıların yeniden kullanıma uygun olması diğer tür dayanma yapılarına karşı bir başka avantajdır.

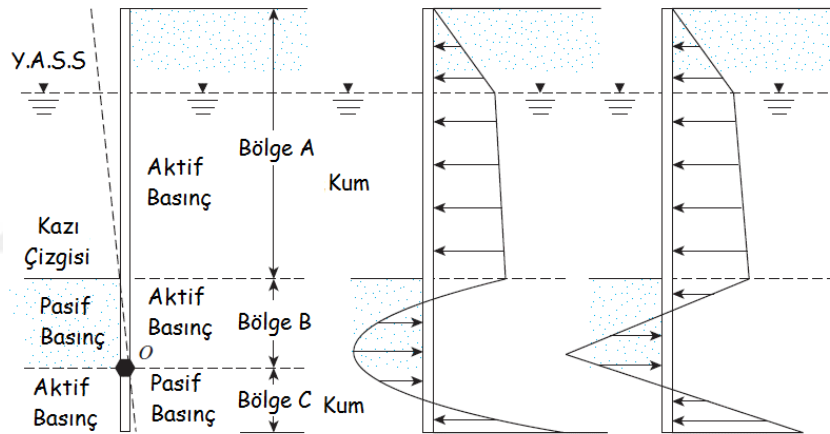
Esnek istinat duvarları, yanıl toprak basınçları etkisi altında zemine gömülü kısmı dönmeyen istinat duvarlarıdır. Statik denge hesapları yapılırken kendi ağırlıkları hesaba dâhil edilmez. Esnek istinat duvarları; imalat aşamasının kolay olması, geçici duvar oluşturma mecburiyetinin ortaya çıkması ve yeniden kullanılabilir olması sebebiyle ekonomik olmasından dolayı rijit ve yarı rijit istinat duvarına tercih edilir (Yıldız 2015).

Esnek istinat yapıları sınıfına giren diğer türler; palplanş perdeleri, ankastre palplanş ve mekanik olarak stabilize edilmiş olan donatılı zemin olarak TSE 7994'de gruplandırılmışlardır.

### 2.3.1 Palplanş Perdeleri

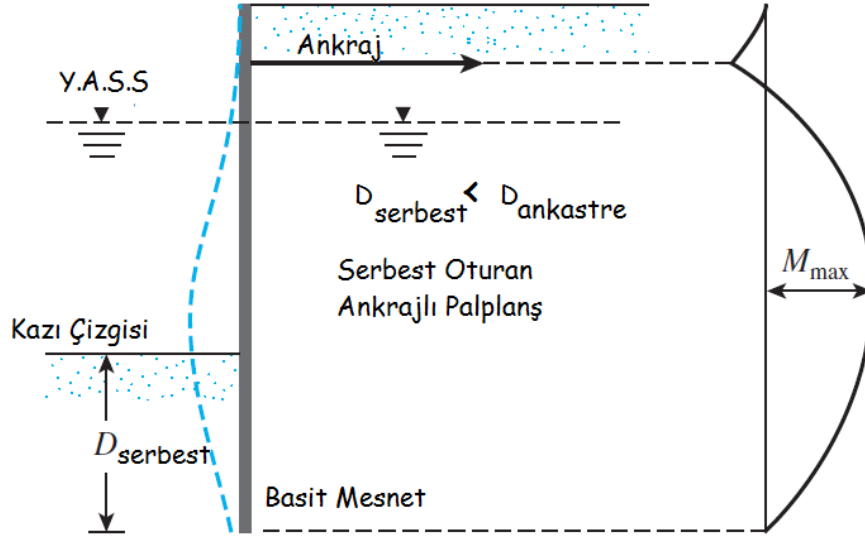
Ahşap, beton ve çelik olarak hazırlanabilen elemanların zemine yan yana çakılmasıyla oluşturulan dayanma yapılarıdır. Palplanş perdeler üzerine gelen duvar itkisini, zemine çakılan kısmının oluşturduğu ankastre ve ankraj kuvveti ile karşılarlar. Çelik palplanş perdeler, yeniden kullanılabilirler ve mukavemet/ağırlık oranının yüksek olması nedeniyle diğer palplanş perdelerine nazaran daha avantajlıdır (Das 2016).

Palplanş dayanma yapıları küçük serbest yükseklikler için (3m~5m) konsol olarak düzenlenirler. Daha büyük yüksekliklerde ise ancak ankrajlı olarak oluşturulurlar. Ahşap palplanş perdeler genellikle 3m'yi geçmeyecek derinliklerde, hendek kazılarında kullanılırlar. Tipik palplanş perde en kesitleri Şekil 2.11'de verilmiştir (Das 2016).



Şekil 2.11 Palplanş duvar örneği ve üzerine etkiyen zemin kuvvetleri (Das 2016).

Ankastre Palplanş Perdeler, alçak ve orta yükseklikteki uygulamalar için elverişlidirler. 5m~8m yüksekliğindeki çelik ya da betonarme elemanların zemine çakılmasıyla oluşturulurlar (Şekil 2.12). Bu tür palplanş perdelerin stabilitesi perdenin zemine çakılma derinliğine bağlıdır.



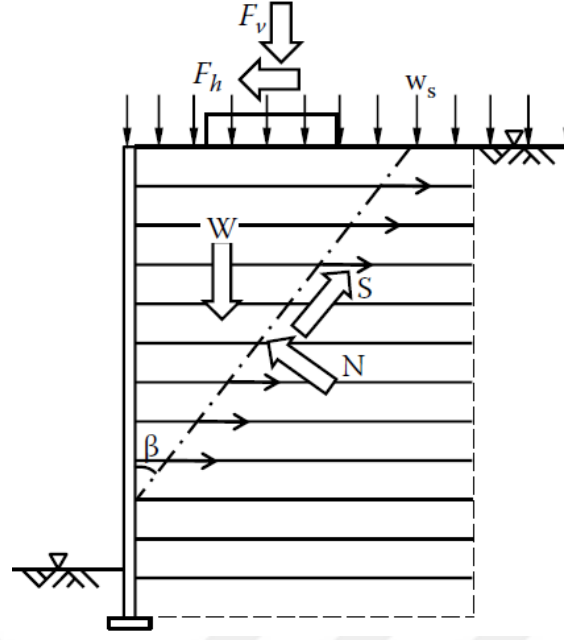
Şekil 2.12 Ankrajlı palplanş duvar detayı (Das 2016).

Ankrajlı Palplanş Perdeler: Perde yüksekliğinin 5m'den yüksek olması gereken yerlerde kullanılırlar. Perde boyu büyük olduğu için zemin itkisinden dolayı oluşacak eğilmeyi önlemek amacıyla belirli aralıklarla çelik halatlarla zemine mesnetlenirler (Şekil 2.12). Çelik halatların oluşturduğu bu mesnetlere ankraj denir. Çelik halatlar perde arkasında, perdeden belirli bir uzaklıkta bulunan ankraj plakasına bağlanırlar.

### 2.3.2 Donatılı Zemin

Özellikle karayolu projelerinde son yıllarda sıklıkla kullanılan duvar tipidir. Zemin dolgusu polimer bazlı elemanlar ile güçlendirilerek imal edilirler. Küçük ve orta büyüklükte duvarlardır. Geotekstil malzemesi kullanıldığında kompakte edilen zemin tabakaları boğçalama tekniği ile imal edilmelerine karşın geogridli olanlar ise duvar önünde panel bloklara bağlanarak imalat yapılmaktadır (Şekil 2.13).

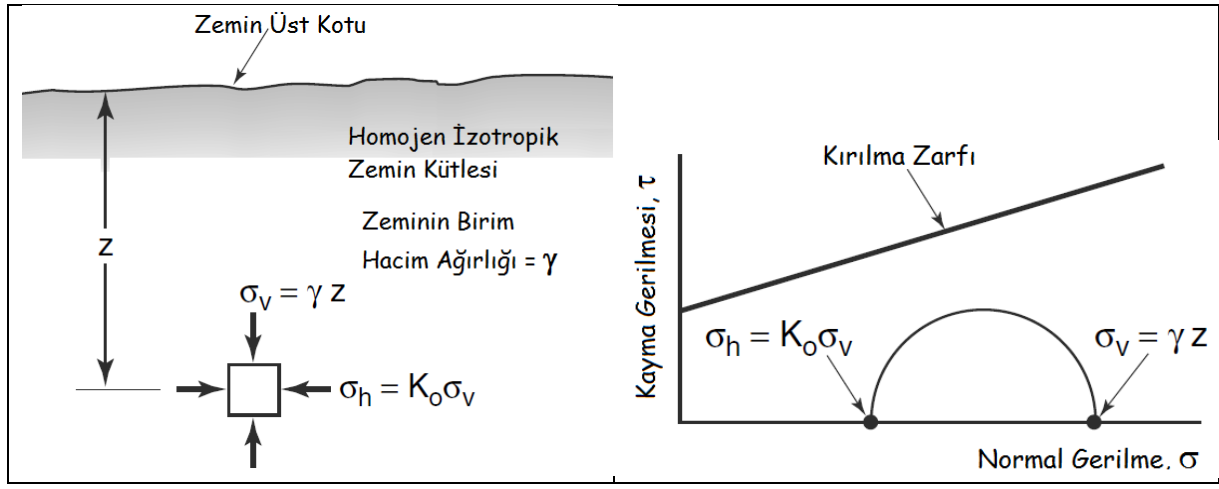




Şekil 2.13 Geogrid Duvar (Clayton et al. 2013).

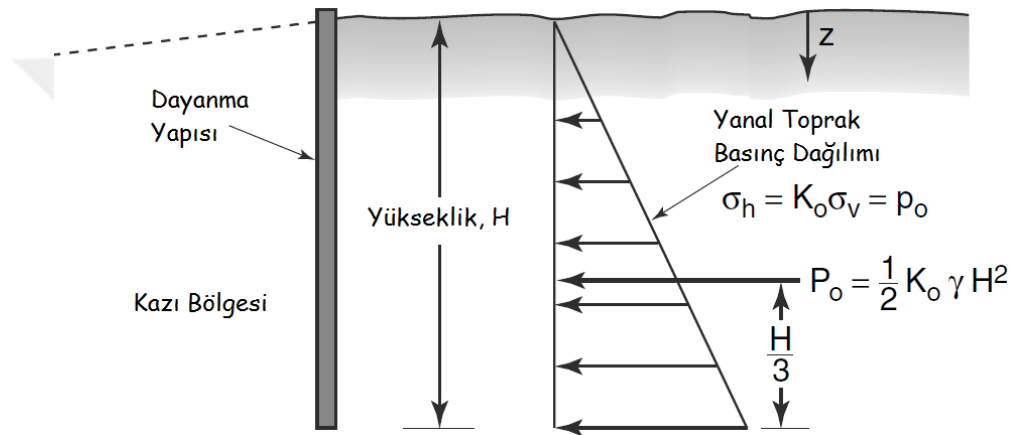
## 2.4 YANAL TOPRAK BASINÇLARI

Bir inşaat sahasında zemin yüzeyinde kazı yapıldığında, kazının yanal yüzeylerinde oluşan toprak basınçları sebebi ile zemin tabakaları hareketlenmek isteyecektir. Bu basınçları doğru bir şekilde hesaplayabilmek zeminin heterojen yapısından dolayı oldukça zordur. İstinat duvarlarının projelendirilmesinde bu basınç değerlerinin derinlikle değişiminin hesaplanması gerekmektedir. Yanal hareketlenmeler çok küçük ya da statik denge halindeyse genelde zemin tabakaları elastik rijit yapı olarak düşünülerek bu yanal gerilme artımları hesaplanır. Fakat hareketlenme geri dönüşü olmayan (plastik deformasyon) seviyelerine ulaştığında elasto-plastik malzeme davranışlarına benzetilerek çözümler geliştirilmiştir. Bu konuda bir çok teorik yaklaşımlar bulunmakla beraber, temel de yanal toprak basınçları sükunet, aktif ve pasif olarak sıralanabilirler.



a) Yarı sonsuz zemin tabakasında düşey ve yatay zemin gerilmeleri

b) Sükunet durumunda düşey ve yatay zemin gerilmelerinin Mohr Dairesinde gösterimi



c) Zemin bölgesinde herhangi bir hareket olmaksızın dayanma yapısına etkileyen yanal toprak basıncının dağılımı

Şekil 2.14 Sükunet durumunda zemin tabakasında oluşan düşey ve yatay gerilme ilişkisi (Mccarthy 2007).

### 2.4.1 Sükunetteki Yanal Toprak Basıncı

Zemin üzerine uygulanan dış yükler sebebi ile, zemin üzerinde gerilmeler ve bunun sonucunda da yanal hareket (deplasman) meydana getirecektir. Yer değiştirme olmaksızın temel çukuru veya şev yüzeyine etkileyen yanal gerilmelere sükunetteki yanal toprak basıncı denir (Şekil 2.14). Zemin üzerine etkileyen düşey gerilmeler ile bundan dolayı oluşan yatay gerilmeler arasındaki ilişkiyi aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

$$\sigma_h = \gamma z \text{ veya } \sigma'_h = \gamma_b z \quad (2.1)$$

$$\sigma_h = K_0 \sigma_v \text{ veya } \sigma'_h = K_0 \sigma'_v \quad (2.2)$$

Burada  $\sigma_h$ , yanal zemin gerilmesi,  $\sigma_v$ , düşey zemin gerilmesi,  $\sigma_h'$ , yanal efektif zemin gerilmesi,  $\sigma_v'$ , düşey efektif zemin gerilmesi,  $\gamma$ , zemine ait birim hacim ağırlık,  $\gamma_b$ , zemine ait batık birim hacim ağırlık ve  $K_0$  ise sükunetteki toprak basınç katsayısıdır. Genellikle  $K_0$  aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanabilir.

$$\sigma_h \cong \sigma_v \left( \frac{\nu}{1-\nu} \right) \cong \sigma_v (1 - \sin \phi') \quad (2.3)$$

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu} \cong 1 - \sin \phi' \quad (2.4)$$

Burada  $\nu$ , Poisson's oranı,  $\phi'$  ise zemine ait efektif içsel sürtünme açısıdır. Denklem 2.4 zemin tabakaları normal konsolide durumunda geçerlidir. Şayet hayatı boyunca maruz kaldığı düşey gerilme değeri hali hazırdaki değerden büyükse o zaman zemin aşırı konsolide olarak sınıflandırılır ve denklem 2.3 aşağıdaki denklem 2.6'daki gibi düzeltilmesi gerekmektedir. Çizelge 2.1'de Farklı zeminler için  $K_0$  değerleri verilmektedir.

$$OCR = \frac{\sigma_p'}{\sigma_v'} \quad (2.5)$$

$$\sigma_h \cong \sigma_v (1 - \sin \phi') OCR^{\sin \phi'} \quad (2.6)$$

**Çizelge 2.1** Tipik Sükunetteki Yanal Toprak Basınç Katsayısı( $K_0$ ) Değerleri.

Zemin Türü	$K_0$
Gevşek Kum	0.5
Sıkı Kum	0.35
Sıkıştırılmış Kum	1.00-1.50
Normal Konsolide Kil	0.50-0.70
Aşırı Konsolide Kil	1.00-4.00
Sert Kil	1.00-2.00

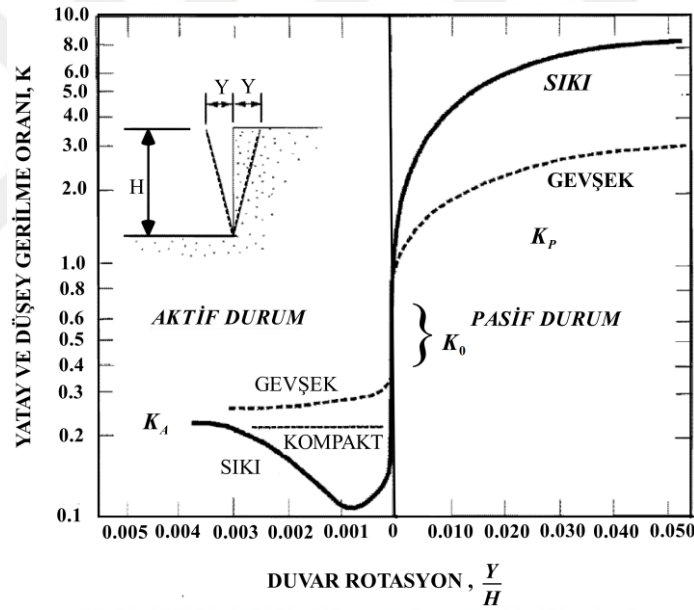
#### 2.4.2 Rankine Aktif ve Pasif Basınç Teorisi

Açılan temel çukuru yan yüzeylerinde oluşan hareketlenmeler aktif ve pasif yanal toprak basınçlarını oluştururlar. Şekil 2.15 ve Çizelge 2.2'de görüldüğü gibi kazı derinliği (H), zemin sınıfına bağlı olarak zemin tabakalarının kazı bölgesine doğru hareketlenmesi dolayısı ile aktif durum meydana gelmektedir. Aktif zonun oluşabilmesi için kazı derinliği(H), yanal hareketin

kazı üst kotunda meydana gelen maksimum değerinin oranı(Y) çakıl ve kum gibi kohezyonsuz granuler zeminlerde yaklaşık %0.1-%0.4 aralığında değişmektedir. Kohezyonlu zeminlerde ise bu oran(rotasyon) %1 ile %4 aralığındadır.

Kazı bölgesinde Şekil 2.15’de görüldüğü gibi zemin katmanına doğru duvar hareketlendiğinde ise pasif basınç oluşmaktadır. Pasif basıncın oluşabilmesi için rotasyon değerleri Çizelge 2.2’de verildiği gibi granüler kohezyonsuz zeminlerde %2 ile %6, kohezyonlu zeminlerde ise %2 ile %4 aralığındadır.

Aktif ve Pasif yanal basınç değerlerini hesaplayabilmek kesin bir hesap yöntemi bulunmamakla beraber bazı teorik ve grafiksel yaklaşımlar literatürde mevcuttur. En çok kullanılanlar Rankine ve Coulomb Teorileridir.



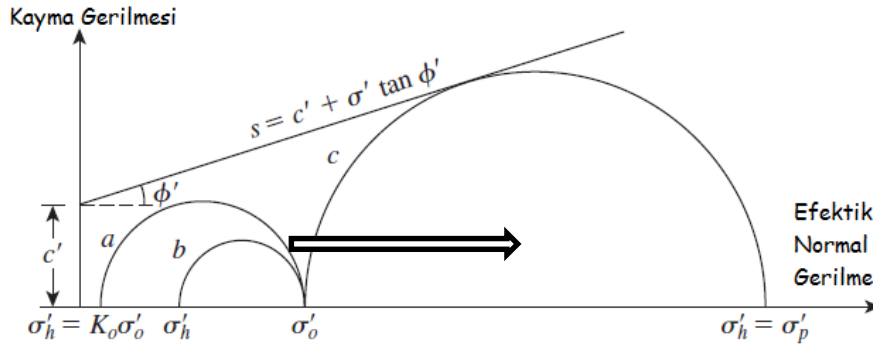
**Şekil 2.15** Yanal toprak basınçlarının harekete başlama kriterleri (Canadian Foundation Engineering Manual 2006).

**Çizelge 2.2** Zemin sınıflarına bağlı aktif ve Pasif toprak itkilerinin oluşabilmesi için minimum rotasyon değerleri.

Zemin Tipi Ve Durumu	Rotasyon, Y/H	
	Aktif	Pasif
Sıkı Kohezyonsuz	0.001	0.02
Gevşek Kohezyonsuz	0.004	0.06
Sert Kohezif	0.010	0.02
Yumuşak Kohezif	0.020	0.04







**Şekil 2.19** Zemin pasif kamasının hareketlenmesi sonrası Mohr-Coulomb kırılma zarfı (Das 2016).

Pasif yanal zemin basınç dağılışı da, derinlikle doğrusal olarak artar. Pasif basınç hesaplamalarında yatay ve düşey basınçlar hesaplanmasında Eşitlik 2.9 ve 2.10 kullanılır;

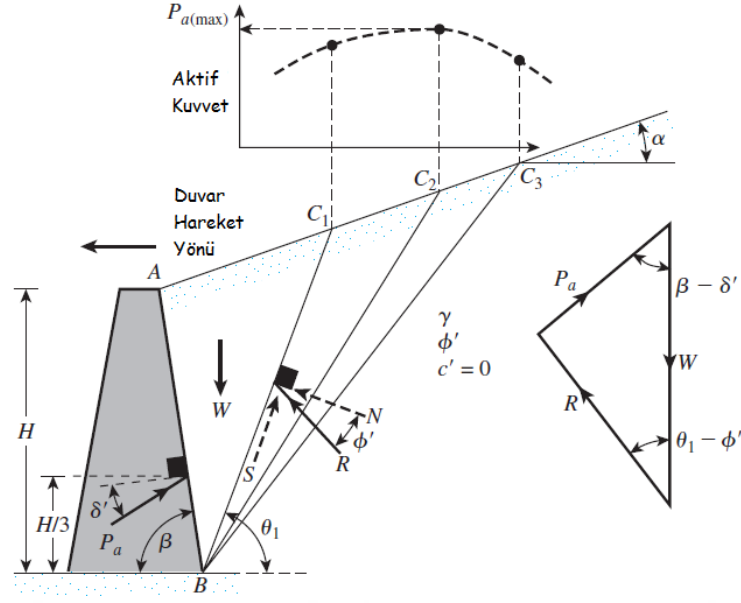
$$\sigma'_p = \sigma'_v \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) + c' \tan \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (2.9)$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (2.10)$$

Burada;  $K_p$ : pasif zemin basınç katsayısıdır.

### 2.4.3 Coulomb Aktif ve Pasif Basınç

Coulomb Teorisi'nde aktif ve pasif yanal toprak basıncı problemlerinde duvar arkasında rankine teorisine benzer bir rijit zemin kamasındaki kuvvet dengesini düzlem gerinim problemi olarak dikkate alınmaktadır (Şekil 2.20, 2.21). Coulomb teorisi Rankine'ne daha eski olup daha genel bir yaklaşıma sahiptir. Özellikle eğik duvar yüzeylerinde ve ağırlık istinat duvarlarında daha doğru sonuçlar vermektedir. Rankine teorisine göre en büyük fark duvar ile zemin kaması arasında sürtünme kuvvetlerinin varlığıdır. Bu yaklaşım özellikle granüler kohezyonsuz zeminlerde daha iyi sonuçlar vermektedir. Aktif ve Pasif basınç hareket düzlemlerin elde edilmesi zordur. Hesaplamaların yapılabilmesi için aktif durumda Şekil 2.20'de görüldüğü gibi olası rijit zemin kamalarının yatayla yaptığı açısı ( $\theta$ ) değiştirilerek en gayri müsait olan kama, yani maksimum duvara gelen itkinin oluştuğu bölge bulunur. Sistemin kuvvet dengesi vektörel büyüklükler toplanarak bulunur (Şekil 2.20). Kuvvetin etkime noktası Rankine teorisi ile aynıdır duvar boyunun  $1/3H$  noktasıdır.



Şekil 2.20 Coulomb aktif basıncı (Das 2016).

Şekil 2.20’de kohezyonsuz zeminde aktif durumda duvar arkasına etki eden aktif bileşkenin ( $P_a$ ) yönü ve etkime yeri görülmektedir. Burada;  $W$ : ABC kamasının ağırlığı,  $R$ : bileşke kuvvet,  $P_a$  : aktif bileşke kuvvettir. Ayrıca aktif basınç katsayısı ( $K_a$ ) Eşitlik 2.11’den elde edilir.

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2(\alpha) \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.11)$$

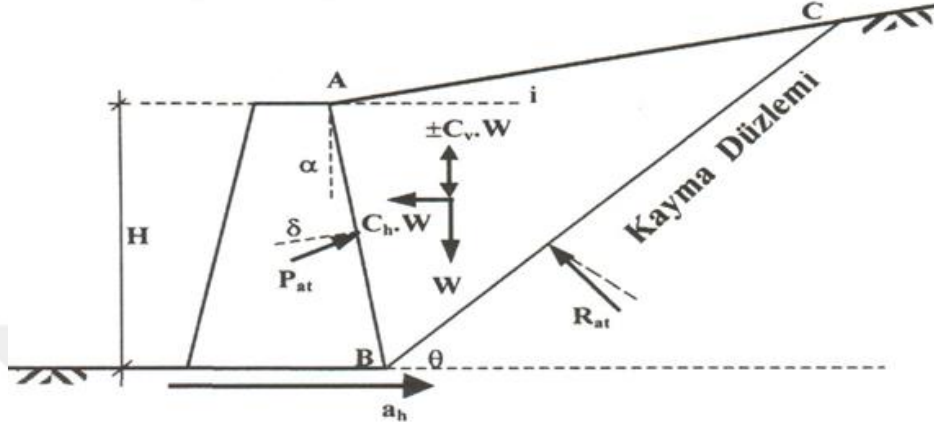
Burada;  $\phi$ , zeminin içsel sürtünme açısı,  $\alpha$ , istinat duvarının dolgu tarafındaki yüzeyinin yatayla yaptığı açı,  $\delta$ , duvarla dolgu arasındaki sürtünme açısı, ve  $\beta$  ise arka dolgunun yatayla yaptığı açı’dır.

Coulomb Teorisi’ne göre kohezyonsuz zeminde pasif durumda, dayanma duvarı arkaya doğru hareket ederken, duvar arkasında oluşan üçgen kama yukarı doğru hareket eder. Şekil 2.21’de, kohezyonsuz zeminde pasif durumda duvar arkasına etki eden aktif bileşkenin ( $P_p$ ) yönü ve etkime yeri görülmektedir. Hesaplamaların yapılabilmesi için aktif durumda Şekil 2.20’de görüldüğü gibi olası rijit zemin kamalarının yatayla yaptığı açısı ( $\theta$ ) değiştirilerek en gayri müsait olan kama, yani maksimum duvara gelen itkinin oluştuğu bölge bulunur. Sistemin kuvvet dengesi, vektörel büyüklükler toplanarak bulunur (Şekil 2.20). Kuvvetin etkime noktası Rankine teorisi ile aynıdır duvar boyunun  $1/3H$  noktasıdır.



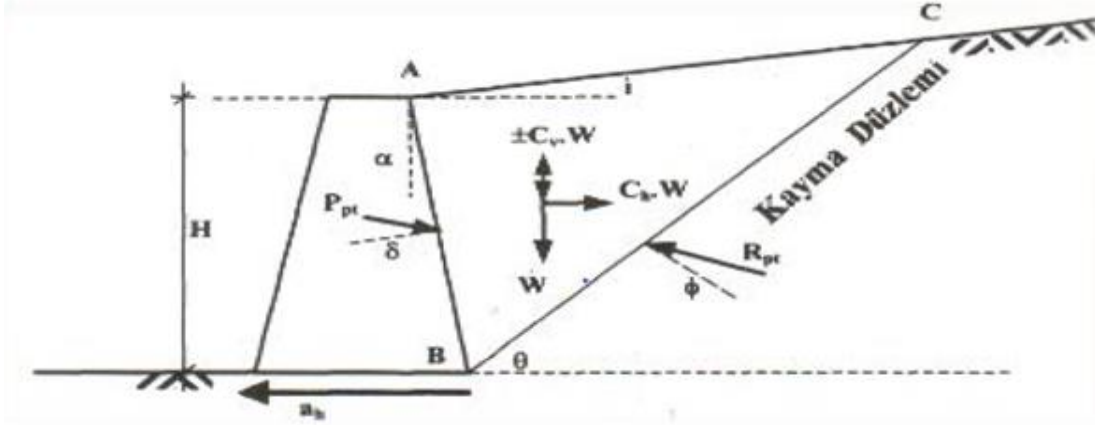


Statik toprak basıncı ile depremden oluşan ek dinamik toprak basıncının toplamını hesaplamak için kullanılacak Toplam Aktif Basınc Katsayısı,  $K_{at}$  ve Toplam Pasif Basınc Katsayısı,  $K_{pt}$ , emniyetli yönde kalmak üzere zeminin kohezyonu ihmal edilerek, denklem 2.13 ve 2.14’de verilmiştir. Şekil 2.22 ve 2.23 de deprem durumundaki aktif ve pasif itkilerin detayları gösterilmektedir.



Şekil 2.22 Depremlı durumda aktif duvar itkileri (Yıldırım 2009).

$$K_{at} = \frac{(1 \mp Cv) * \cos^2(\phi - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda * \cos^2 \alpha * \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \lambda - i)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) * \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2} \quad (2.13)$$



Şekil 2.22 Depremlı durumda pasif duvar itkileri (Yıldırım 2002).

$$K_{pt} = \frac{(1 \mp Cv) * \cos^2(\phi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda * \cos^2 \alpha * \cos(\delta - \alpha + \lambda)} \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \lambda - i)}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) * \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2} \quad (2.14)$$

Burada,  $K_{at}$ , toplam aktif basınç katsayısı,  $K_{pt}$ , toplam pasif basınç katsayısı,  $C_h$ , toprak basıncının hesabında kullanılan yatay eşdeğer deprem katsayısı,  $C_v$ , toprak basıncının hesabında kullanılan düşey eşdeğer deprem katsayısı,  $\alpha$ , duvar-zemin arakesitinin düşeyle yaptığı açı,  $\delta$ , zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı,  $\phi$ , zemine ait içsel sürtünme açısı,  $i$ , duvar arkası zemin dolgusunun yatayla yaptığı şev açısı ve  $\lambda$ , toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında eşdeğer deprem katsayılarına bağlı olarak hesaplanan açıdır.

$K_{at}$  ve  $K_{pt}$  denklemlerinin çözülebilmesi için  $\lambda$  aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanması gerekmektedir. Kuru zeminlerde ve su seviyesi altındaki zeminlerde değişiklik göstermektedir.

Kuru zeminlerde

$$\lambda = \arctan \left[ \frac{C_h}{1 \mp C_v} \right] \quad (2.15)$$

Su seviyesi altındaki zeminlerde ise

$$\lambda = \arctan \left[ \frac{\gamma_{doy} C_h}{\gamma_{batık} 1 \mp C_v} \right] \quad (2.16)$$

yardımları ile bulunur. Burada  $\gamma_{doy}$ , zemine ait doymuş birim hacim ağırlık,  $\gamma_{batık}$ , zemine ait batık birim hacim ağırlıktır.  $C_v$  ve  $C_h$  deprem katsayıları ise

$$C_h = 0.2 (I + 1) A_0 \quad (2.17)$$

$$C_h = 0.3 (I + 1) A_0 \quad (2.18)$$

Denklemlerinden bulunur. Burada  $I$ , bina önem katsayısı,  $A_0$  ise etkin yer ivmesi katsayısıdır. İstinat duvarlarında  $I$  katsayısı 1 olarak alınmaktadır.  $A_0$  değerleri deprem riskine göre değişmektedir. Bu tez çalışmasında istinat duvarları, yüksek deprem riski ( $A_0=0.4$ ) ve düşük deprem riskli ( $A_0=0.1g$ ) alanları da ayrı ayrı hesaplanmıştır. Denklem 2.17 düşeyde serbest konsol olarak çalışan zemin dayanma (istinat) yapılarında, denklem 2.18'de yatay doğrultuda bina döşemeleri veya ankrajlarla mesnetlenmiş zemin dayanma (istinat) yapı ve elemanlarında kullanılmaktadır.

Düşey eşdeğer deprem katsayısı  $C_v$ ,

$$C_v = \frac{2}{3} C_h \quad (2.19)$$

ile tanımlanmıştır.

Depremden dolayı oluşacak olan dinamik aktif basınç katsayısı  $K_{ad}$  ve dinamik pasif basınç katsayısı  $K_{pd}$  aşağıdaki denklemler ile belirlenir.

$$K_{ad} = K_{at} - K_{as} \quad (2.20)$$

$$K_{pd} = K_{pt} - K_{ps} \quad (2.21)$$

Burada  $K_{as}$  ve  $K_{ps}$  sırası ile statik durumda aktif ve pasif toprak basınç katsayılarıdır. Katsayılar denklem 12.13 ve 2.14 deprem parametreleri olan  $\lambda$  ve  $C_v$  sıfır olarak girilerek bulunmaktadır. Bu değerler de Coulomb aktif ve pasif toprak basınç katsayıları ile hemen hemen aynıdır.

Dinamik zemin itkisi ( $P_{ad}$ ) ve pasif itkisi ( $P_{pd}$ ),  $K_{ad}$  ve  $K_{pd}$  yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Bu kuvvetlerin etkiye noktası,  $z_{cd}$  is duvar yüksekliğinin yarısıdır.

$$P_{ad} = \frac{1}{2} \gamma K_{ad} H^2 \quad (2.22)$$

$$P_{pd} = \frac{1}{2} \gamma K_{pd} H^2 \quad (2.23)$$

$$z_{cd} = \frac{H}{2} \quad (2.24)$$

Burada  $\gamma$  zemine ait bir hacim ağırlığıdır. Zeminde su tablasının bulunmasında göre bu değer doymun kuru veya yarı doymun durumlar için farklı değerler alabilir. Bu çalışmada zeminin doymun olduğu fakat drenaj sisteminin bulunması sebebi ile yeraltı suyu etkisinin olmayacağı düşünülmüştür.

Statik toprak basıncına ek olarak deprem durumunda düzgün yayılı dış yükten oluşan aktif ve pasif toprak basıncının zemin yüksekliği boyunca değişimi denklem 2.25 ve 2.26 ile tanımlanmıştır.

$$q_{ad}(z) = 2 q K_{ad} \left(1 - \frac{z}{H}\right) \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - i)} \quad (2.25)$$

$$q_{pd}(z) = 2 q K_{pd} \left(1 - \frac{z}{H}\right) \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - i)} \quad (2.26)$$

Burada  $q$ , duvar arkası zemin dolgusu üzerindeki sürşarj yükü,  $\alpha$ , duvar-zemin arakesitinin düşeyle yaptığı açığı,  $i$  ise duvar arkası zemin dolgusunun yatayla yaptığı şev açısını göstermektedir. Denklem 2.25 ve 2.26 da bulunan duvar arkası derinlikle değişen gerilme değerleri entegre edildiğinde aktif ve pasif kuvvet bileşenleri sırası ile  $Q_{ad}$  ve  $Q_{pd}$  kuvvetler aşağıdaki denklemler yardımı ile bulunuz. Bu kuvvetlerin etkidiği lokasyonu gösteren  $z_{cd}$  değeri de duvar yüksekliğinin üçte biridir.

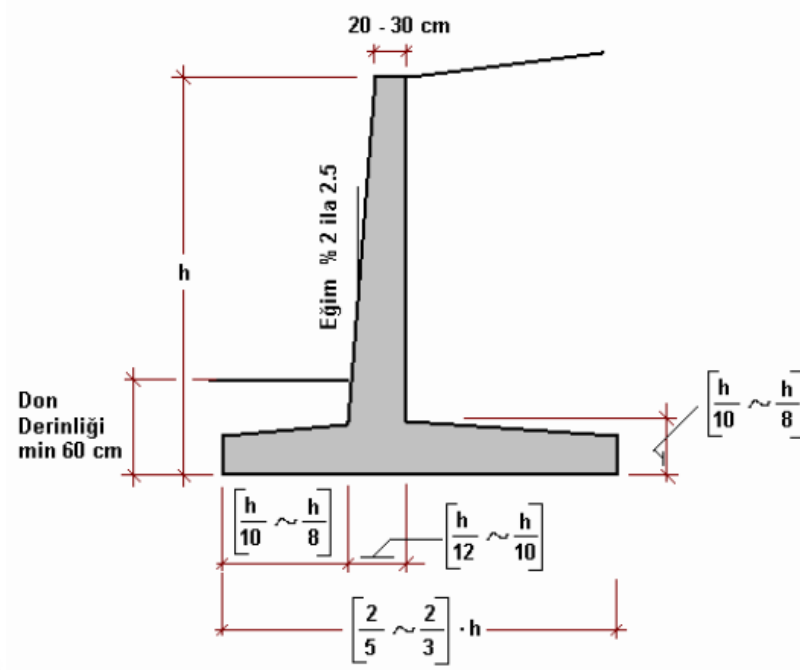
$$Q_{ad} = q K_{ad} H \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - i)} \quad (2.27)$$

$$Q_{pd} = q K_{pd} H \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - i)} \quad (2.28)$$

$$z_{cd} = \frac{H}{3} \quad (2.29)$$

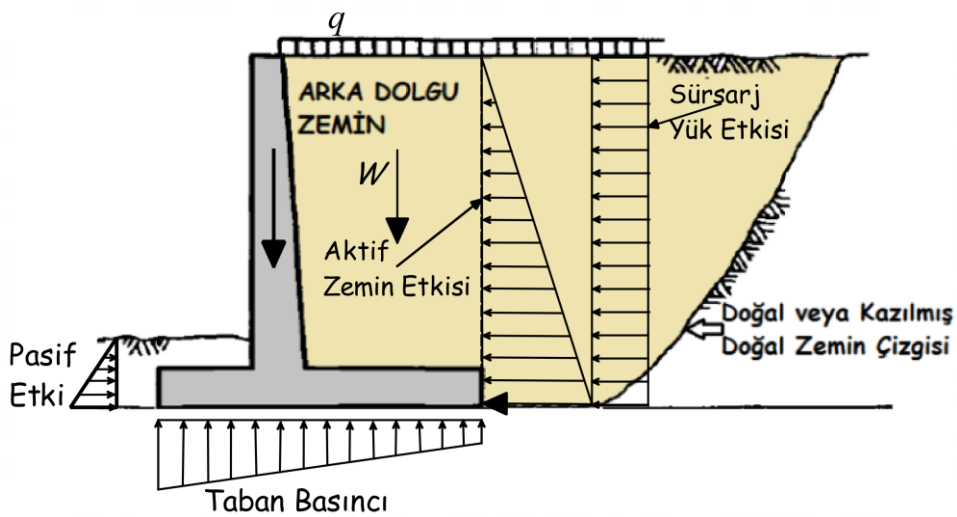
## 2.6 İSTİNAT DUVARLARININ BOYUTLANDIRILMASI

İnşa edilmesi düşünülen duvar tipinin ön boyutları, yapıya gelen yüklerin hesaplanmasından sonra, mühendislik tecrübelerinin yardımı ile seçilmektedir. Ancak duvarın ön boyutlandırılması, kullanılacak standardın minimum geometrik boyutlarından küçük olamaz. Bu çalışma da kullanılan TS 7994 standardında betonarme konsol istinat duvarının ön boyutlandırılması Şekil 2.23'de verilmiştir. Burada verilen boyut aralıkları başlangıç için kullanılmaktadır. Bu geometrik değerler, ileride anlatılacak stabilite analizlerinde güvenli bölgede kalana kadar büyütülerek statik ve betonarme projesinin hazırlanabilmesi için en son halini alır.



**Şekil 2.23** Konsol İstinat Duvarının Yüksekliğine bağlı Ön boyutlandırma değerleri (ISTCAD 2016).

Ayrıca, bu çalışma da ayrıca konsol istinat duvarına taban kısmına dış ve gövde arka kısmına da eşikler stabilite analizlerinin değerlerine göre eklenmişlerdir. Bu elemanların boyutlandırılması betonarme yapılarda olması gereken minimum boyutlar dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çalışma da konsol duvara etkiyen dış ve iç statik kuvvetler şekil 2.24’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



**Şekil 2.24** Tipik Konsol İstinat duvarına etkiyen yükler.

## 2.7 İSTİNAT DUVARLARINDA STABİLİTE KONTROLLERİ

İstinat duvarlarının emniyetli bir şekilde tasarımlarının yapılabilmesi için aşağıdaki stabilite (tahkik) analizlerinin yapılması gerekmektedir.

- a) Devrilme
- b) Kayma
- c) Taban basıncı
- d) Oturma
- e) Toptan göçme

Bu çalışmada duvar altı zemin tabakaları deprem yönetmeliğinde belirtilen sıkı kum veya çakıl (B tipi) olarak seçilmiştir. Bu zemin için izin verilen taşıma gücü değeri  $25 \text{ t/m}^2$  ( $\approx 250 \text{ kN/m}^2$ ) olarak kabul edilmiştir. Bu tip zeminlerin rölatif sıklıkları %75 'in üzerinde olup oldukça dayanıklı zeminlerdir. Böyle bir zeminin temel zemin olarak seçimi, temel zeminin özelliklerinin duvarın imalat maliyetlerine etkisinin minimum olmasını sağlamaktır. Ayrıca bu tip zeminde istinat duvarından, duvar arkası zemin dolgusundan ve dış yüklerden gelen gerilemelere karşı bir oturma problemi çıkarmaması ve toptan göçmeye karşı da dayanıklı olmasıdır. Bundan dolayı oturma ve toptan göçme analizleri bu çalışma da dikkate alınmamıştır. Sonuç olarak, bu tez çalışmasında, devrilme, kayma ve taban basıncı stabilite analizleri yapılmıştır. Bu analizler kullanılan güvenlik sayıları TS 7994'de belirtilen güvenlik sayılarını çizelge 2.3'den alınmıştır.

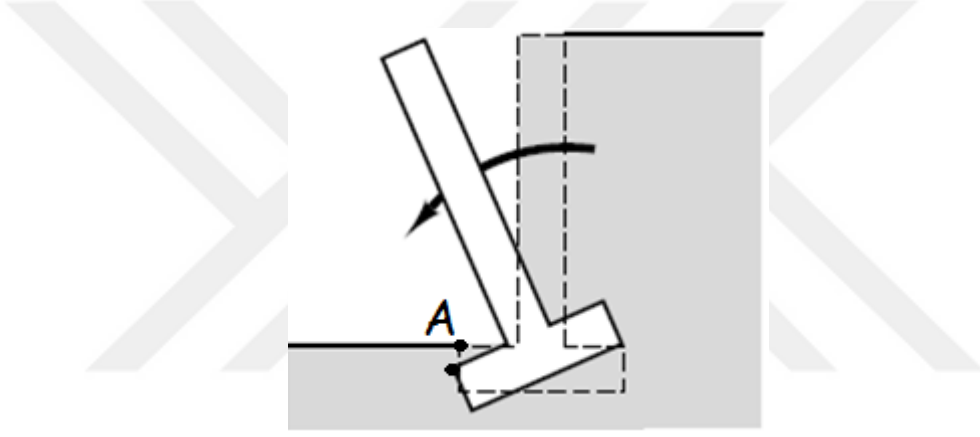
**Çizelge 2.3** İstinat duvarlarında stabilite analizleri için önerilen güvenlik sayıları (TSE 7994)

Tahkikler	Zemin Cinsi	Ağırlık	Konsol	Kafes	Donatılı
Kayma	Kil	1.60	2.00	1.50	1.50
	Kum	1.30	1.50	1.30	1.50
Devrilme		2.00	1.50	1.30	1.30
Toptan göçme		1.25	1.50	1.25	1.50
Taşıma Gücü	Kil	2.00	2.00	2.00	2.00
	Kum	3.00	3.00	3.00	3.00
Oturma		1.50	3.00	2.00	2.00

### 2.7.1 Devrilme Analizi

Arkasında oluşan yükler nedeni ile konsol istinat duvarları Şekil 2.25’de görüldüğü gibi duvar ön temel sisteminin uç noktası(A) göre devrilmeye eğilimlidir. Duvarı A noktasına göre devirmeye çalışan kuvvetlerin oluşturduğu momentlerin ( $M_{dev}$ ) toplamı ile devirmeye karşı gelen kuvvetlerin oluşturduğu momentlerin ( $M_{kar}$ ) toplamına oranı alınarak devrilme stabilite analizi yapılmaktadır. TS 7994’ e göre devrilmeye karşı güvenlik sayısı(GS) statik analizler için 1.5’den, deprem yönetmeliğinde de dinamik analizler için ise 1.0’den büyük olması istenir.

$$GS = \frac{\sum M_{kar}}{\sum M_{dev}} \quad (2.27)$$



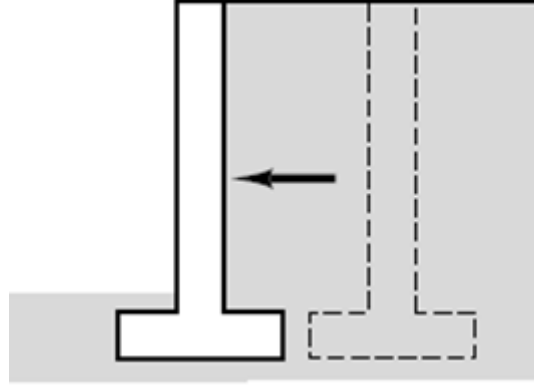
Şekil 2.25 Konsol İstinat Duvarının devrilme analizi (Coduto 1994).

### 2.7.2 Kayma Tahkiki

Dolgu zemini ve ek sürşaj yükünden dolayı gelen itki Şekil 2.26’de görülen istinat duvarının tabanını temel üzerinde kaymaya zorlar. Kayma kuvveti, taban ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetiyle, taban ile zemin arasındaki adezyon kuvvetiyle ve duvar önündeki zeminin pasif itkisiyle karşılanacaktır. İstinat duvarında kaymaya karşı güvenliğin kontrolü, kaymaya karşı koyan kuvvetlerin duvarın kaymasına neden olan kuvvetlere oranı olarak tanımlanmaktadır. Güvenlik sayısı granüler zeminlerde en az 1.5, depremlili durumda ise 1.0 olarak belirlenmiştir (Yıldırım 2009).

$$GS = \frac{\mu \sum N + P_p}{P_a} \quad (2.28)$$





**Şekil 2.26** Konsol İstinat Duvarının devrilme analizi (Coduto 1994).

Burada;  $\mu$ : sürtünme katsayısıdır.  $\mu$  katsayısı temel altı zeminin içsel sürtünme açısının fonksiyonudur. Temel betonu ile zemin arasındaki sürtünme derecesine bağlı olarak denklem 2.29 daki aralıklarda uygun olan seçilir. Bu çalışmada temel zemini kohezyonsuz zemin olarak seçilmesinden dolayı denklem 2.28’de adezyon kuvvetleri ihmal edilmiştir.

$$\mu = \tan\left(\frac{1}{2}\phi \sim \phi\right) \quad (2.29)$$

### 2.7.3 Taban Basıncı Analizi

İstinat yapılarında yanal yükler sebebi ile temel taban basıncında eksantrisite ( $e$ ) oluşturmaktadır. Temel taban genişliğinin orta noktasına göre alınan momentlerin ( $\Sigma M_0$ ) toplamının, düşey kuvvetlerin ( $\Sigma V$ ) toplamına oranı olarak hesaplanır.

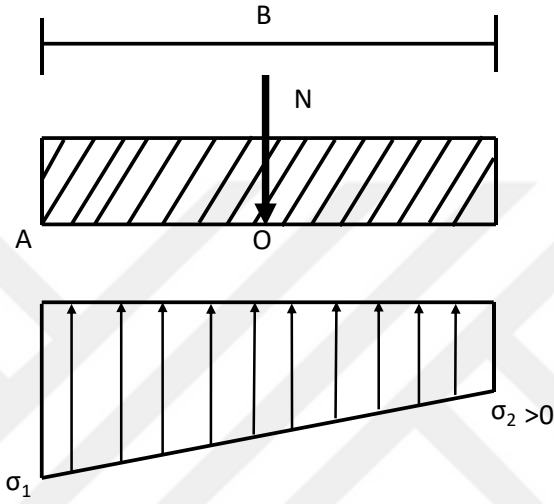
$$e = \frac{\Sigma M_0}{\Sigma V} \quad (2.30)$$

Bundan dolayı taban basıncı sabit ve üniform olmaz (Şekil 2.27). Taban basıncı temel bir ucunda en yüksek değeri alırken diğer yönde de minimum değeri alır. Maksimum taban basıncı, temel zemininin oturma ile düzeltilmiş izin verilen taşıma gücü ( $q_{izin}$ ) değerinin üstüne çıkarsa istenmeyen oturma problemlerine sebep olmaktadır. Eğer eksantrisite ( $e$ ) değeri temel genişliği ( $B$ ) değerinin  $1/6$ ’sından daha büyü olursa, minimum taban basıncı sıfırdan küçük olur.

$$\sigma_{1,maks} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \leq q_{izin} \quad (2.31)$$

$$\sigma_{2,min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \geq 0 \quad (2.32)$$

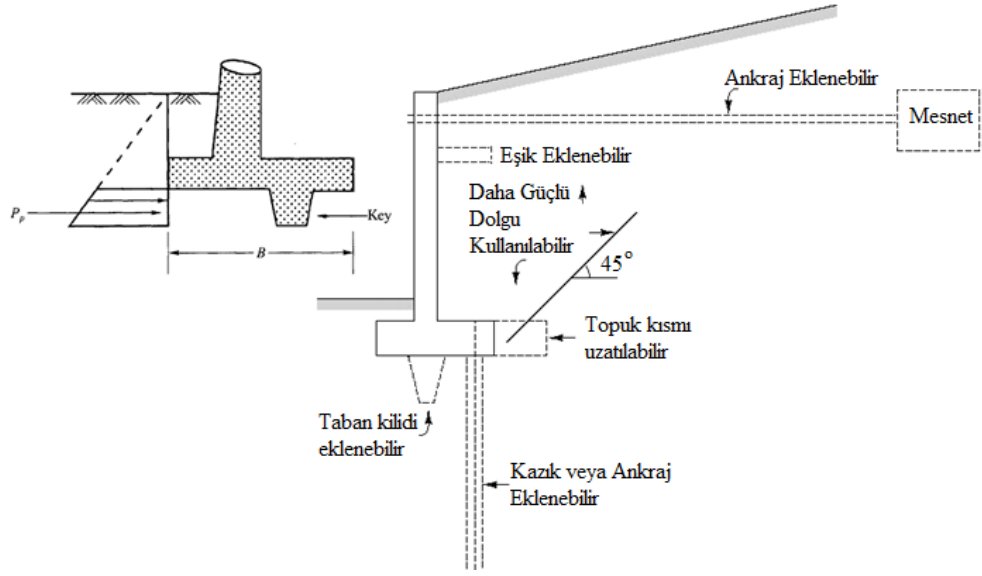
Bu durumda zemin çekme gerilme almamasından dolayı temel smeli ile zemin arasında temas oluşmamakta ve temel genişliği (B) gerçek değeri yansıtılmamaktadır. Yeni temel genişliği değeri  $B'=B-2e$  olarak düzeltilmesi ve buna göre de tekrar taşıma gücü hesapları yapılması gerekmektedir. Taban basıncı değerleri denklem 2.31 ile 2.32'den hesaplanır.



şekil 2.27 Duvar tabanındaki gerilmelerin dağılımı.

## 2.8 GÜVENLİK SAYILARININ ARTIRMA YÖNTEMLERİ

Yukarıda bahsi geçen stabilite analizlerinde gerekli güvenlik sayılarına ulaşamayınca duvarın boyutları ile duvar arkası zemin dolgusunun kalitesini değiştirmek gerekmektedir. şekil 2.28'de stabilite analizlerinin güvenli çıkabilmesi için olası yöntemleri göstermektedir. Bu tez çalışmasında duvar arkası dolgu malzemesinin konsol istinat duvarlarının imalat maliyetine etkisinin incelenmesinden dolayı bu yöntem kullanılmamıştır. Ancak taban genişliğini artırmak, taban kilidi, duvar n zemin kotunu yükseltmek, duvar gövdesi arkasında eşik imalatı kullanılmıştır.



Şekil 2.28 Güvenlik artırıcı yöntemler (Coduto 1994, Cernica 1995).





plastiteli silt (ML), siltli kum (SM), kötü derecelenmiş kum (SP), iyi derecelenmiş kum (SW), kötü derecelenmiş çakıl (GP), ve iyi derecelenmiş çakıl (GW) olarak düşünülerek farklı sıklıkta ( $D_r$ ), yoğunlukta ( $\rho$ ), ve içsel sürtünme açıları ( $\phi$ ), 30 değişik zemin örneği oluşturulmuştur. Bu zeminler ve malzeme özellikleri seçilirken Amerikan ordusu tarafından geliştirilen ve bir çok literatürde de kullanılan Şekil 3.1'deki grafikten yararlanılmıştır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi 5 değişik zemin tipinin, gevşek ve sıkıya doğru içsel sürtünme açısı, kuru yoğunluk ilişkisi görülmektedir. Bu doğrusal ilişkiler yanında ortalama bütün zemin örneklerinin dane birim hacim ağırlığı ( $\rho_s$ ) 2.68 ton/m<sup>3</sup> olarak sabit alınarak örneklerin boşluk oranları ve doymuş haldeki yoğunlukları ( $\rho_{doy}$ ) elde edilmiştir. Elde edilen zemin örneklerine ait indeks ve mukavemet parametreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

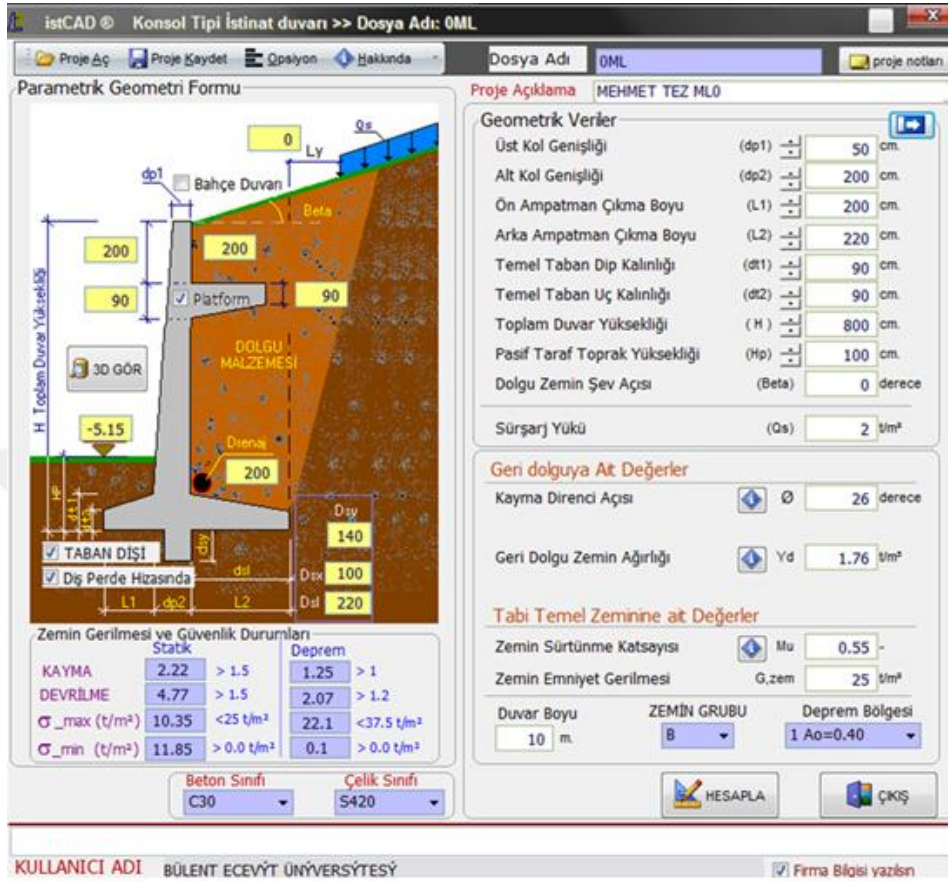
**Çizelge 3.1** Analizlerde kullanılan zemin parametreleri.

Zemin Sınıfı	$\phi$ °	$\rho_k$ t/m <sup>3</sup>	e	$\rho_{doy}$ t/m <sup>3</sup>	Zemin Sınıfı	$\phi$ °	$\rho_k$ t/m <sup>3</sup>	e	$\rho_{doy}$ t/m <sup>3</sup>
ML	26	1.21	1.21	1.76	SW	28	1.60	0.68	2.00
	27	1.31	1.05	1.82		30	1.65	0.62	2.03
	31	1.38	0.94	1.87		34	1.76	0.52	2.10
	33	1.43	0.87	1.90		37	1.83	0.46	2.15
	36	1.51	0.77	1.95		41	1.95	0.37	2.22
SM	27	1.36	0.97	1.85	GP	27	1.70	0.58	2.07
	29	1.43	0.87	1.90		31	1.78	0.51	2.12
	32	1.51	0.77	1.95		34	1.91	0.40	2.20
	35	1.60	0.68	2.00		38	2.00	0.34	2.25
	38	1.70	0.58	2.07		42	2.15	0.25	2.35
SP	27	1.48	0.81	1.93	GW	27	1.85	0.45	2.16
	30	1.55	0.73	1.97		32	1.93	0.39	2.21
	33	1.65	0.62	2.03		36	2.08	0.29	2.30
	36	1.73	0.55	2.08		39	2.18	0.23	2.37
	39	1.80	0.49	2.13		45	2.31	0.16	2.45

### 3.3 ARAŞTIRMADA KULLANILAN ISTCAD V.6.6 YAZILIMI

İstinat duvarlarının stabilite analizleri ve bunlara bağlı statik betonarme projeleri ISTCAD 6.6 yazılımı yardımı ile yapılmıştır. Yazılım “TS 7994/Şubat 1990 zemin dayanma yapıları” yönetmeliğine uygun olarak çözüm kullanmakta ve yapılması zorunlu olan, zemin taşıma gücü, kayma tahkiki, devrilme tahkiki ve toptan göçme analizlerini dikkate alarak statik ve betonarme

projelendirmesini yapmaktadır. Betonarme kesit hesaplarını da “TS 500Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları” dikkate alarak çözümler yapmaktadır.



Şekil 3.2 ISTEAD yazılımının data girdi ekranı.

Şekil 3.2’de yazılımın girdi ekranı görülmektedir. Program bir ekran üzerinden duvarın geometrik boyutları ve duvar arkası dolgu özellikleri, depremsel parametreler girilerek gerçek zamanlı stabilite analizleri hesaplayarak güvenlik sayıları yetersiz olduğunda uyarı veren kullanıcı dostu bir yazılımdır. Konsol tipi istinat duvarının üst kol genişliği ( $dp1$ ), alt kol genişliği ( $dp2$ ), ön ampatman çıkma boyu ( $L1$ ), arka ampatman çıkma boyu ( $L2$ ), temel taban dip kalınlığı ( $dt1$ ), temel taban uç kalınlığı ( $dt2$ ), duvar yüksekliği ( $H$ ), ve Pasif toprak yüksekliği ( $Hp$ ) cm boyutunda değiştirmek yolu ile analizlerin güvenlik katsayılarını gerçek zamanlı görmek mümkündür. Güvenlik değerleri yetersiz kaldığında ayrıca opsiyonel olarak seçilebilen duvar eşiği ve taban kilidi seçilip, boyutları girilerek değerlerin yeterli hale girmesini sağlayabilmektedir.

Analizler sonucunda sistemin güvenli olduğu görüldüğünde, stabilite analizleri, betonarme hesaplarına esas olacak iç moment ve kuvvet değerleri ve bunlara dayanarak betonarme proje detayları rapor halinde program sayesinde elde edilebilmektedir. Ek-A ve Ek-B’de program çıktı örnekleri sunulmuştur.

### **3.3.1 Stabilite analizlerinde İşlem adımları**

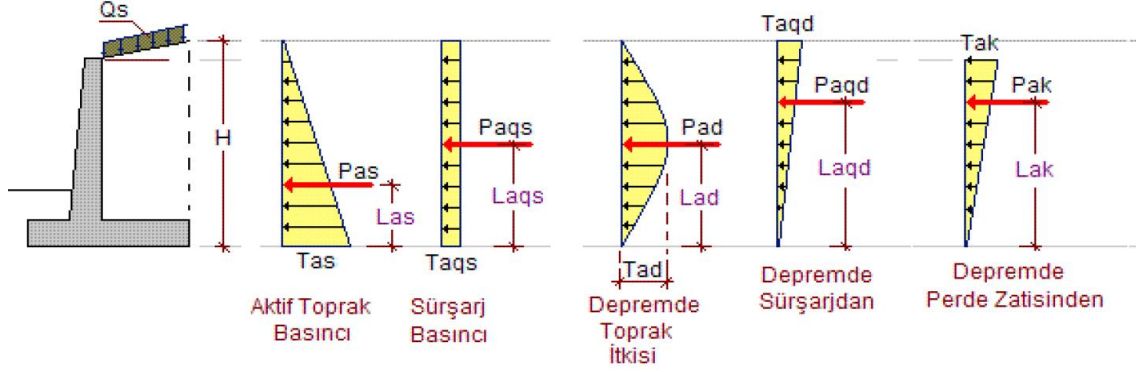
Öncelikle çizelge 3.1’de elde edilen her bir zemin örneği verileri programa girilmiş ve istinat duvar altı zemini sıkı kumlu çakıl zemini olarak sabit tutulmuştur. Bu zemine ait izin verilebilir taşıma gücü 25 ton/m<sup>3</sup> olarak girilmiştir. Bütün analizlerde bu değer sabit tutulmuştur. Sabit tutulan diğer bir parametre de duvarın toplam yüksekliği (H=8.0m)’dir. Bu tip duvarlar ekonomik olarak 8.0 m den yüksek yapılmaması tavsiye edildiğinden dolayı kabul edilebilir en büyük duvar yüksekliği seçilmiştir. Ancak duvar önü pasif toprak kalınlığı değiştirilmiştir. Duvar arkasına 2.0 t/m lik bir sürşarj yükü verilmiştir. Böylelikle duvar arkası ek yükler de dikkate alınmıştır.

Toplamda 30 adet farklı duvar arkası zemin örneği için ilk olarak duvarın 1. Deprem bölgesinde inşa edildiği düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonra deprem riski az olan 4. Deprem bölgesi için 30 farklı duvar arkası zemin için projeler tekrar çözülmüştür. Toplam olarak iki farklı bölge için toplam 60 defa analizler tekrarlanmıştır. Böylelikle hem statik durumun hem de dinamik etkilerinin duvar maliyetine etkisi incelenmiştir.

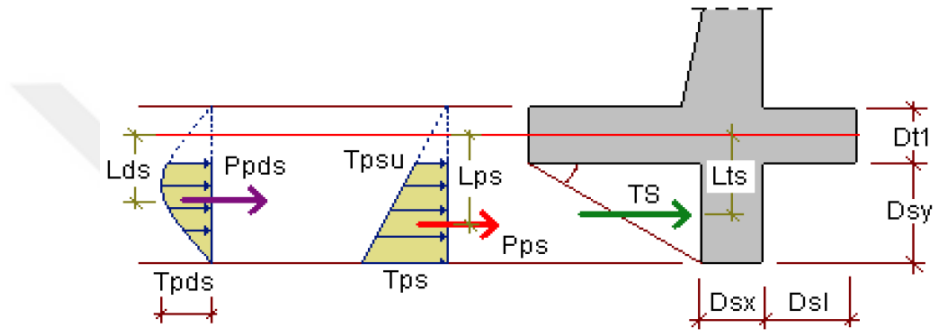
Şekil 3.3 ve 3.4’de bu çalışmada duvara etkiyen yanal itkiler görülmektedir. Bunlar sırası ile aktif toprak basıncı, sürşarj basıncı, deprem durumunda dolgudan dolayı oluşan toprak itkisi, sürşarj ve duvarın zati ağırlığı ve duvar önü pasif basınçtır. Duvar arkası zemin tabakası tek tabakalı alınmış, boşluk suyu basıncı oluşmadığı kabulü yapılmıştır.



## II - YATAY YUKLER



Şekil 3.3 Projelendirme sırasında dikkate alınan yükler.



Şekil 3.3 Projelendirme sırasında dikkate alınan yükler.

İstinat duvarları duvar uzunlukları yüksekliğine göre oldukça büyüktür. Bundan dolayı yapısal derzlerle duvarlar imal edilirler. Bu çalışmada duvarın 10 m de bir derzi olduğu düşünülmüş ve toplam uzunlukta 10 metre alınmıştır. Duvar sahada daha uzun olsa da duvarların devamında kesit değişmedikçe derzlerle ayrılmış birbirinin aynı modül duvarlar imal edilmektedir. Maliyeti uzunluklar modüllerle çarpılarak da bulunabilir. Çalışmanın bütün bulguları bölüm 4'de sunulmuştur.



## BÖLÜM 4

### BULGULAR

Bu çalışmada istinat duvarı arkasındaki zemin özellikleri değiştirilerek istinat duvarının analizleri yapılmıştır. Bu analizler yapılırken; duvar boyutları tahkikler güvenli çıkacak şekilde seçilmiştir. Duvar boyutlarına göre beton, demir ve kalıp metrajları ISTEAD yazılımından elde edilmiş ve her bir duvarın maliyetleri Çevre ve Şehircilik bakanlığı tarafından yayınlanan 2019 yılı birim fiyat listesine göre hesaplanmıştır. Yapılan maliyet hesaplamalarında yalnızca malzeme temininin maliyeti mevcuttur. Nakliye ve işçilik maliyet hesaplarına dâhil edilmemiştir.

#### 4.1 ISTEAD V.6.0 YAZILIMI İLE YAPILAN DUVAR ANALİZİ SONUÇLARI

Bu bölümde; Bölüm 3'te anlatılan ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilen duvar arkası dolgu zeminleri ile hesaplanmış istinat duvarı analizleri ve metrajlarına yer verilmiştir.

##### 4.1.1 Duvar Ölçüleri

Bu çalışmada otuz farklı zemine ait analiz sonuçları mevcuttur. Analiz sonuçları verilirken öncelikle düşük plastisiteli siltten (ML) başlanılmış ve iyi derecelenmiş çakıl (GW) ile bitirilmiştir. Deprem durumu ve zemin sınıflarına göre analizler sonucunda bulunan duvara ait geometrik değerler Çizelge 4.1-4.3'de verilmektedir.

##### 4.1.1.1 Deprem Bölgesi 1. Derece Durumu

Deprem bölgesi 1. Derece olması ( $A_0=0.4g$ ) dolayısı ile gelen deprem itkileri oldukça yüksektir.

**Çizelge 4.1** 1. Derece deprem bölgesinde ML-SM zeminlerine ait duvar boyutları.

Zemin Sınıfı	$\phi$ °	$\rho_{\text{doy}}$ t/m <sup>3</sup>	H m	dp <sub>1</sub> cm	dp <sub>2</sub> cm	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	dt <sub>1</sub> cm	dt <sub>2</sub> cm	H <sub>p</sub> cm	D <sub>sy</sub> cm	Eşik
ML	26	1.76	8.00	50	200	200	220	90	90	100	140	Var
	27	1.82	8.00	40	190	200	220	90	90	90	140	Var
	31	1.87	8.00	40	170	200	205	90	90	90	140	Var
	33	1.90	8.00	40	160	200	195	90	90	90	140	Var
	36	1.95	8.00	40	150	190	185	90	90	90	140	Var
SM	27	1.85	8.00	40	190	200	220	90	90	90	140	Var
	29	1.90	8.00	30	185	200	210	80	80	80	130	Var
	32	1.95	8.00	30	180	190	200	80	80	90	130	Var
	35	2.00	8.00	30	175	180	180	80	80	90	130	Var
	38	2.07	8.00	30	160	170	180	80	80	90	130	Var

Çizelge 4.1’de düşük plastisiteli silt (ML) ve siltli kum (SM) duvar arkası dolgu zeminlerden dolayı elde edilen duvar boyutları görülmektedir. ML zeminlerine ait içsel sürtünme açıları ve doymuş zemin yoğunlukları sırası ile 26° - 36° ve 1.76 - 1.95 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu değerlere bağlı olarak ampattan uzunlukları 200 ile 220 cm gibi oldukça yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Zayıf zemin özellikleri dolayısı ile istinat duvarları inşaat sahasında büyük alanlar kaplamaktadır.

SM zeminler de içsel sürtünme açıları ve doymuş zemin yoğunlukları sırası ile 27° - 38° ve 1.85 - 2,07 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu değerlerde duvar boyutlarını oldukça yükseltmiştir. ampattan uzunlukları zeminin gevşek halinde 200 ile 220 cm iken sıkı halinde 170 ile 180 cm bulunmuştur. Her iki zemin gurubuna ait gevşek ve sıkı hallerinde temel altı kilit boyları 1.0 metreden daha yüksek çıkmış ve bütün hepsinde eşiklerde kullanılmıştır.

**Çizelge 4.2** 1. Derece deprem bölgesinde SP-SW zeminlerine ait duvar boyutları.

Zemin	$\phi$	$\rho_{\text{doğ}}$	H	dp <sub>1</sub>	dp <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	dt <sub>1</sub>	dt <sub>2</sub>	H <sub>p</sub>	Dsy	Eşik
Sınıfı	°	t/m <sup>3</sup>	m	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
SP	27	1.93	8.00	40	190	200	220	90	90	90	130	Var
	30	1.97	8.00	40	180	190	215	80	80	90	130	Var
	33	2.03	8.00	30	180	185	195	80	80	90	130	Var
	36	2.08	8.00	30	170	180	170	70	70	70	130	Var
	39	2.13	8.00	30	160	170	170	60	60	60	110	Var
SW	28	2.00	8.00	40	180	200	220	80	80	80	130	Var
	30	2.03	8.00	30	180	190	215	70	70	70	110	Var
	34	2.10	8.00	30	175	190	200	70	70	70	120	Yok
	37	2.15	8.00	30	170	185	200	70	70	70	110	Yok
	41	2.22	8.00	30	160	170	190	70	70	70	110	Yok

Çizelge 4.2’de kötü derecelenmiş (SP) ve iyi derecelenmiş kum (SW) duvar arkası dolgu zeminlerden dolayı elde edilen duvar boyutları görülmektedir. SP zeminlerine ait içsel sürtünme açıları ve doymun zemin yoğunlukları sırası ile 27° - 39° ve 1.93 – 2.13 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu değerlere bağlı olarak ampatman uzunlukları gevşek durum için 200 ile 220 cm, sıkı durum içinde 170-170 cm gibi oldukça yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Zayıf zemin özellikleri dolayısı ile istinat duvarları inşaat sahasında büyük alanlar kaplamaktadır. Taban kilide ve eşik sistemleri bu duvarlarda kullanılmak zorunluluğu çıkmıştır.

İyi derecelenmiş kumlu (SW) zeminler de içsel sürtünme açıları ve doymun zemin yoğunlukları sırası ile 28° - 41° ve 2.0 – 2.22 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Ampatman uzunlukları zeminin gevşek halinde 200 ile 220 cm iken sıkı halinde 170 ile 190 cm bulunmuştur. Her iki zemin gurubuna ait gevşek ve sıkı hallerinde temel altı kilit boyları 1.0 metreden daha yüksek çıkmış ancak SW zeminin sıkı halleri hariç diğer bütün zemin örneklerinde eşiklerde kullanılmıştır.

**Çizelge 4.3** 1. Derece deprem bölgesinde GP-GW zeminlerine ait duvar boyutları.

Zemin Sınıfı	$\phi$	$\rho_{\text{doy}}$	H	dp <sub>1</sub>	dp <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	dt <sub>1</sub>	dt <sub>2</sub>	H <sub>p</sub>	Dsy	Eşik
	°	t/m <sup>3</sup>	m	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
GP	27	2.07	8.00	40	190	200	220	80	80	80	130	Var
	31	2.12	8.00	40	190	200	220	70	70	70	120	Yok
	34	2.20	8.00	30	180	190	210	70	70	70	120	Yok
	38	2.25	8.00	30	175	170	200	60	60	60	110	Yok
	42	2.35	8.00	30	160	160	190	60	60	60	110	Var
GW	27	2.16	8.00	40	190	200	220	80	80	80	130	Var
	32	2.21	8.00	30	180	200	220	70	70	70	110	Yok
	36	2.30	8.00	30	175	190	200	60	60	60	100	Yok
	39	2.37	8.00	30	160	180	195	60	60	60	100	Yok
	45	2.45	8.00	30	145	160	180	60	60	60	100	Yok

Çizelge 4.2’de kötü derecelenmiş (GP) ve iyi derecelenmiş çakıl (GW) duvar arkası dolgu zeminlerden dolayı elde edilen duvar boyutları görülmektedir. GP zeminlerine ait içsel sürtünme açıları ve doymun zemin yoğunlukları sırası ile 27° - 42° ve 2.07 – 2.35 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu değerlere bağlı olarak ampatman uzunlukları gevşek durum için 200 ile 220 cm, sıkı durum içinde 160-190 cm gibi oldukça yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Zayıf zemin özellikleri dolayısı ile istinat duvarları inşaat sahasında büyük alanlar kaplamaktadır. Taban kilidi bütün zemin tiplerinde kullanılmıştır. Fakat eşik sistemleri zemini sıkı durumlarında ihtiyaç duyulmamıştır.

İyi derecelenmiş çakıl (GW) zeminler de içsel sürtünme açıları ve doymun zemin yoğunlukları sırası ile 27° - 45° ve 2.16 – 2.45 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Ampatman uzunlukları zeminin gevşek halinde 200 ile 220 cm iken sıkı halinde 160 ile 180 cm bulunmuştur. Her iki zemin gurubuna ait gevşek ve sıkı hallerinde temel altı kilit boyları 1.0 metreden daha yüksek çıkmış ancak her iki zemin gurubunda da eşik imalatı gevşek durum hariç diğer zeminlerde ihtiyaç duyulmamıştır. Bu zemin en ideal zemin olduğu çizelgeden rahatlıkla görülebilmektedir.

#### 4.1.1.2. Deprem Bölgesi 4. Derece Durumu

Deprem bölgesi 4. Derece olması ( $A_0=0.1g$ ) dolayısı ile gelen deprem etkileri oldukça azalmaktadır. Bundan dolayı bütün zemin sınıfları için yapılan boyutlandırma analizlerinde duvar arkası eşik ihtiyacı kalkmıştır. Ampatman boyutlarında düşmüştür.

**Çizelge 4.4** 4. Derece deprem bölgesinde ML-SM zeminlerine ait duvar boyutları.

Zemin Sınıfı	$\phi$ °	$\rho_{\text{doy}}$ t/m <sup>3</sup>	H m	dp <sub>1</sub> cm	dp <sub>2</sub> cm	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	dt <sub>1</sub> cm	dt <sub>2</sub> cm	H <sub>p</sub> cm	Dsy cm
ML	26	1.76	8.00	50	160	160	200	90	90	100	120
	27	1.82	8.00	40	180	180	180	90	90	90	110
	31	1.87	8.00	40	160	160	160	70	70	70	100
	33	1.90	8.00	40	140	160	160	80	80	80	100
	36	1.95	8.00	40	150	140	145	80	80	80	100
SM	27	1.85	8.00	30	185	160	180	80	80	80	120
	29	1.90	8.00	30	160	160	180	90	90	90	100
	32	1.95	8.00	30	160	150	160	80	80	90	90
	35	2.00	8.00	30	150	145	150	80	80	80	100
	38	2.07	8.00	30	140	140	140	80	80	80	80

Çizelge 4.4’de düşük plastisiteli silt (ML) ve siltli kum (SM) duvar arkası dolgu zeminlerden dolayı elde edilen duvar boyutları görülmektedir. ML zemini en gevşek halinde Ampatman uzunlukları 160 ile 200 cm olduğu gözlenmektedir. Sıkı halinde boyutlar 140-145 cm boyutlarına kadar inmektedir. Ancak taban kilidi boyutları 1.0 m den fazladır.

SM gevşek halinde ampatman uzunlukları 160 ile 180 cm iken sıkı halinde 140 ile 140 cm olarak bulunmuştur. Her iki zemin gurubuna ait gevşek ve sıkı hallerinde temel altı kilit boyları sıkı hallerinde 0.8 metreye kadar indiği ve bütün hepsinde eşiklere gerek kalmadığı gözlenmiştir.

**Çizelge 4.5** 4. Derece deprem bölgesinde SP-SW zeminlerine ait duvar boyutları.

Zemin Sınıfı	$\phi$ °	$\rho_{\text{doğ}}$ t/m <sup>3</sup>	H m	dp <sub>1</sub> cm	dp <sub>2</sub> cm	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	dt <sub>1</sub> cm	dt <sub>2</sub> cm	H <sub>p</sub> cm	Dsy cm
SP	27	1.93	8.00	40	175	175	170	90	90	90	120
	30	1.97	8.00	40	165	160	160	80	80	80	100
	33	2.03	8.00	30	160	150	150	80	80	80	100
	36	2.08	8.00	30	140	145	150	70	70	70	90
	39	2.13	8.00	30	135	140	140	60	60	60	70
SW	28	2.00	8.00	40	170	175	190	80	80	80	100
	30	2.03	8.00	30	160	160	180	70	70	70	100
	34	2.10	8.00	30	150	155	150	70	70	70	90
	37	2.15	8.00	30	145	140	145	70	70	70	90
	41	2.22	8.00	30	130	130	140	70	70	70	50

Çizelge 4.5’de kötü derecelenmiş (SP) ve iyi derecelenmiş kum (SW) duvar arkası dolgu zeminlerden dolayı elde edilen duvar boyutları görülmektedir. SP zeminlerine ait ampatman uzunlukları gevşek durum için 175 ile 190 cm, sıkı durum içinde 130-140 cm gibi değerlere düşmektedir. Taban kilide ve eşik sistemleri bu duvarlarda kullanılmak zorunluluğu çıkmıştır.

İyi derecelenmiş kumlu (SW) zeminler de ampatman uzunlukları zeminin gevşek halinde 175 ile 190 cm iken sıkı halinde de SP zemini gibi 130 ile 140 cm değerlerine düşmektedirler. Her iki zemin gurubuna ait gevşek ve sıkı hallerinde temel altı kilit boyları 1.0 metrenin altına düşmektedir. Bu zeminlerde de artık eşik imalatına gerek kalmamıştır.

**Çizelge 4.6** 4. Derece deprem bölgesinde GP-GW zeminlerine ait duvar boyutları.

Zemin Sınıfı	$\phi$ °	$\rho_{\text{doğ}}$ t/m <sup>3</sup>	H m	dp <sub>1</sub> cm	dp <sub>2</sub> cm	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	dt <sub>1</sub> cm	dt <sub>2</sub> cm	H <sub>p</sub> cm	Dsy cm
GP	27	2.07	8.00	40	190	180	180	80	80	80	120
	31	2.12	8.00	40	155	160	160	80	80	80	100
	34	2.20	8.00	30	155	150	150	70	70	70	90
	38	2.25	8.00	30	140	140	140	60	60	60	90
	42	2.35	8.00	30	130	130	130	60	60	60	80
GW	27	2.16	8.00	40	195	190	200	80	80	80	100
	32	2.21	8.00	30	160	160	160	70	70	70	90
	36	2.30	8.00	30	140	145	150	60	60	60	90
	39	2.37	8.00	30	140	135	140	60	60	60	80
	45	2.45	8.00	30	120	120	130	60	60	60	80



Çizelge 4.6’da kötü derecelenmiş(GP) ve iyi derecelenmiş çakıl(GW) duvar arkası dolgu zeminlerden dolayı elde edilen duvar boyutları görülmektedir. GP zeminlerine ait değerlere bağlı olarak ampattan uzunlukları gevşek durum için 180-180 cm, sıkı durum içinde 130-130 cm değerlerine düşmektedir. Hem gevşek hem de sıkı zemin analizlerinde eşik imalatına gerek kalmamış ve hatta taban kilidi değerleri 80 cm kadar düşmüştür.

İyi derecelenmiş çakıl (GW) zeminler için yapılan analizlerde ampattan uzunlukları zeminin gevşek halinde 190 ile 200 cm iken sıkı halinde 120 ile 130 cm bulunmuştur. Sıkı zemin sınıflarında taban kilidi 80 cm’ye kadar düşmüştür. Hem birinci deprem bölgesinde hemde dördüncü deprem bölgesinde en uygun duvar boyutları sıkı GW zeminleri olduğu gözlenmektedir. Bu zeminin hem sıkıştırma için gerekli kompaksiyon enerjileri düşük ve drenaj bakımından da en avantajlı zeminlerdir. Suyu karşı hassasiyeti düşük olduğu içinde hem don olayına hem de ek boşluk basıncı problemlerine maruz kalmazlar.

#### **4.1.2 Maliyet Analizleri**

Bu çalışmada yapılan toplam altmış adet istinat duvarı analizi için ISTCAD v.6.6 yazılımının vermiş olduğu metraj değerleri göz önünde bulundurularak; yalnızca malzeme temini (işçilik ve nakliye hariç) için maliyet analizleri yapılmıştır. Çizelge 4.7 ve 4.8’de tüm zeminlerin deprem bölgelerine bağlı toplam maliyetleri verilmiştir.

Birinci deprem bölgesinde hesaplanan maliyetler incelendiğinde (Çizelge 4.7) zemin parametrelerinin duvarın imalat bedellerine etkisi rahatlıkla görülmektedir. Zemin sınıflarına bağlı incelendiğinde maksimum maliyet ML zemininde 78887.5 TL, Minimum maliyet ise GW zemininde 49096.3 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam maliyetler 10m uzunluğundaki duvar için hesaplanmıştır. Ortalama toplam maliyet %60 artmıştır.

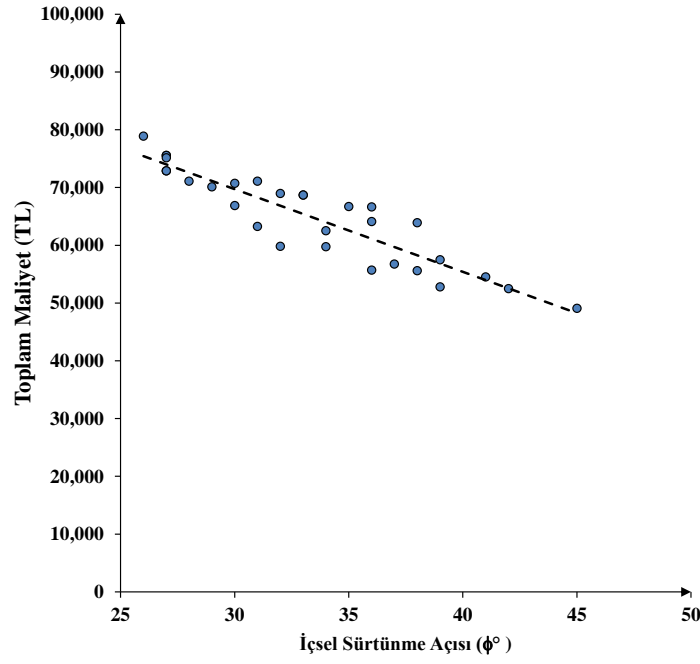
Maliyete etki eden birimler tek tek incelenecek olursa kalıp maliyetlerinde gözle görülür bir maliyet değişikliği görülmemektedir. Ortalama kalıp maliyetlerinde artış %5 civarındadır. Kalıp maliyetleri duvar boyutlarına bağlı olsa da duvar genişledikçe yapının boyu ve uzunluğu değişmediği için sadece kalıbın bir yönünde ufak artışlar olmaktadır. Kullanılan beton miktarları ve maliyetleri de zemin özelliklerine göre etkilendiği gözlenmektedir. Maksimum ve minimum maliyetler sırası ile 37428.6 TL ve 22016.2TL’dir. Artış miktarı %70’dir. Kullanılan

demir maliyetinin maksimum ve minimum değerleri 33938.9 ile 19880.1 TL'dir. Artış miktarı %70.7'dir.

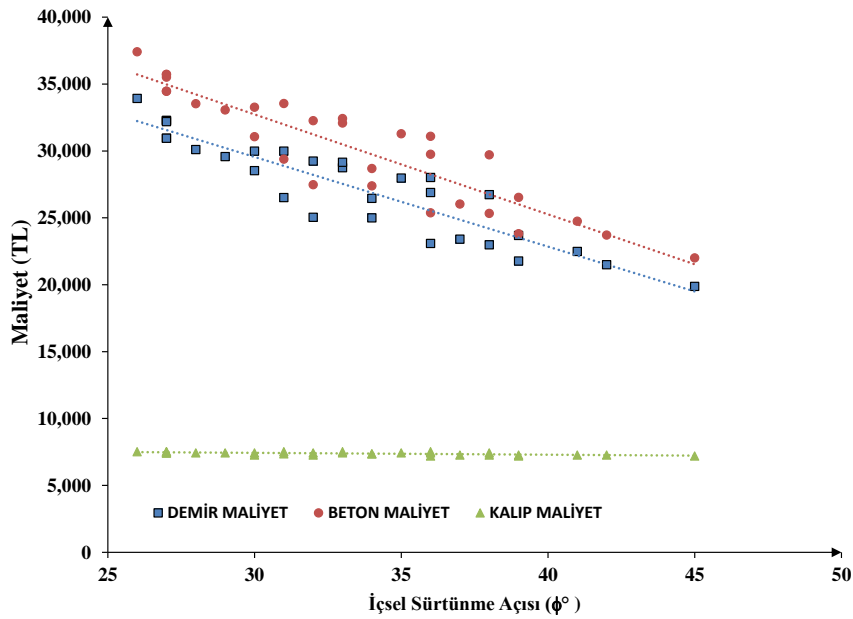
Sonuç olarak maliyetlerde ciddi artışlar söz konusudur. Duvar arkası seçilen zeminler kohezyonsuz olup drenaja yardımcı olmasına rağmen düşük yoğunlukta ve içsel sürtünme açılarına sahip zemin sınıfları maliyetleri %60-%70 arasında artışlara sebep olmuşlardır. Bütün maliyet hesapları Şekil 4.1 ile 4.2'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.7** 1. Derece deprem bölgesinde zemin sınıflarına bağlı maliyet analizleri.

ZEMİN SINIFI	φ	DEMİR	BETON	DEMİR/BETON	KALIP	DEMİR MALİYET	BETON MALİYET	KALIP MALİYET	TOPLAM MALİYET (10 m)
	°	kg	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	TL
ML	26	11313.0	176.6	64.1	188.0	<b>33938.9</b>	<b>37428.6</b>	7520.0	<b>78887.5</b>
	27	10762.1	168.6	63.9	188.0	32286.4	35732.6	7520.0	75539.0
	31	9999.7	158.3	63.2	188.0	29999.0	33559.6	7520.0	71078.6
	33	9586.5	153.0	62.7	188.0	28759.6	32425.4	7520.0	68705.0
	36	9340.1	146.7	63.7	188.0	28020.3	31100.4	7520.0	66640.7
SM	27	10762.1	168.6	63.9	188.0	32286.4	35732.6	7520.0	75539.0
	29	9863.3	156.0	63.2	186.0	29589.8	33072.0	7440.0	70101.8
	32	9748.6	152.2	64.1	186.0	29245.8	32266.4	7440.0	68952.2
	35	9327.4	147.6	63.2	186.0	27982.3	31291.2	7440.0	66713.5
	38	8916.0	140.2	63.6	186.0	26748.0	29722.4	7440.0	63910.4
SP	27	10733.4	167.6	64.1	186.0	32200.2	35520.6	7440.0	75160.8
	30	9997.5	157.0	63.7	186.0	29992.5	33284.0	7440.0	70716.5
	33	9720.5	151.4	64.2	186.0	29161.5	32096.8	7440.0	68698.3
	36	8966.9	140.4	63.9	186.0	26900.6	29764.8	7440.0	64105.4
	39	7896.5	125.2	63.1	182.0	23689.4	26536.0	7280.0	57505.4
SW	28	10037.7	158.2	63.4	186.0	30113.0	33538.4	7440.0	71091.4
	30	9510.2	146.6	64.9	182.0	28530.5	31079.2	7280.0	66889.7
	34	8820.5	135.4	65.2	184.0	26461.4	28698.4	7360.0	62519.9
	37	7806.0	122.9	63.5	182.0	23418.0	26044.2	7280.0	56742.2
	41	7498.8	116.8	64.2	182.0	22496.4	24751.0	7280.0	54527.4
GP	27	10319.4	162.6	63.5	186.0	30958.3	34471.2	7440.0	72869.5
	31	8838.7	138.7	63.7	184.0	26516.0	29393.8	7360.0	63269.8
	34	8332.7	129.3	64.5	184.0	24998.0	27401.0	7360.0	59759.0
	38	7662.6	119.6	64.1	182.0	22987.7	25344.6	7280.0	55612.3
	42	7167.4	111.9	64.1	182.0	21502.3	23722.8	7280.0	52505.1
GW	27	10319.4	162.6	63.5	186.0	30958.3	34471.2	7440.0	72869.5
	32	8351.8	129.7	64.4	182.0	25055.5	27485.8	7280.0	59821.3
	36	7699.2	119.8	64.3	180.0	23097.6	25391.2	7200.0	55688.8
	39	7257.8	112.4	64.6	180.0	21773.5	23828.8	7200.0	52802.3
	45	6626.71	103.9	63.8	180.0	<b>19880.1</b>	<b>22016.2</b>	7200.0	<b>49096.3</b>



Şekil 4.1 Deprem 1. bölgesindeki istinat duvar maliyetlerinin içsel sürtünme açısı ile değişimi.



Şekil 4.2 Deprem 1. bölgesindeki yapı elemanlarının maliyetinin içsel sürtünme açısı ile değişimi.

Dördüncü deprem bölgesinde hesaplanan maliyetler incelendiğinde (Çizelge 4.8) zemin parametrelerinin duvarın imalat bedellerine etkisi Çizelge 4.7'ye benzer özellikler göstermektedir. Zemin sınıflarına bağlı incelendiğinde maksimum maliyet GW zemininde

63999.5 TL, Minimum maliyet ise gene GW zemininde 37338.7 TL olarak hesaplanmıştır. ML sınıfı zeminler gevşekten sıkıya doğru maliyeti hepsinin oldukça yüksektir. Toplam maliyetler 10m uzunluğundaki duvar için hesaplanmıştır. Ortalama toplam maliyet %71 artmıştır.

Maliyete etki eden birimler tek tek incelenecek olursa kalıp maliyetlerinde gözle görülür bir maliyet değişikliği görülmemekle beraber ortalama kalıp maliyetlerinde artış %15 civarındadır. Kullanılan beton miktarları ve maliyetleri de zemin özelliklerine göre etkilendiği gözlenmektedir. Maksimum ve minimum maliyetler sırası ile 29976.8TL ve 16472.4TL'dir. Artış miktarı %82'dir. Kullanılan demir maliyetinin maksimum ve minimum değerleri 26962.6 ile 14466.3TL'dir. Artış miktarı %86.4'dir.

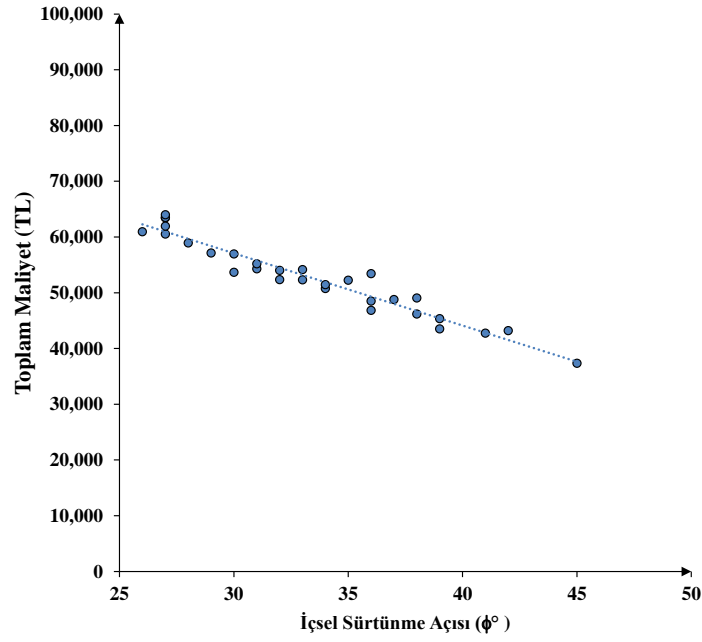
Sonuç olarak maliyetlerde ciddi artışlar 4. deprem bölgesinde de söz konusudur. Yapı elemanı maliyet artışları %71 ile %86 arasındadır. deprem yükleri oldukça azalmasından dolayı maliyetler gözle görünür düşme gözlenmesine rağmen yüzdesel artışlar bakımından 4. Derece deprem bölgesindeki maliyet artışları oranı 1. Derece Deprem bölgesine göre daha yüksek olmuştur. Bu veri ile de, statik yüklerin zemine bağlı maliyet etkisinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada 4. Derece deprem bölgesi için elde edilen bütün maliyet değerleri Şekil 4.3 ile 4.4'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4.8** 4. Derece deprem bölgesinde zemin sınıflarına bağlı maliyet analizleri.

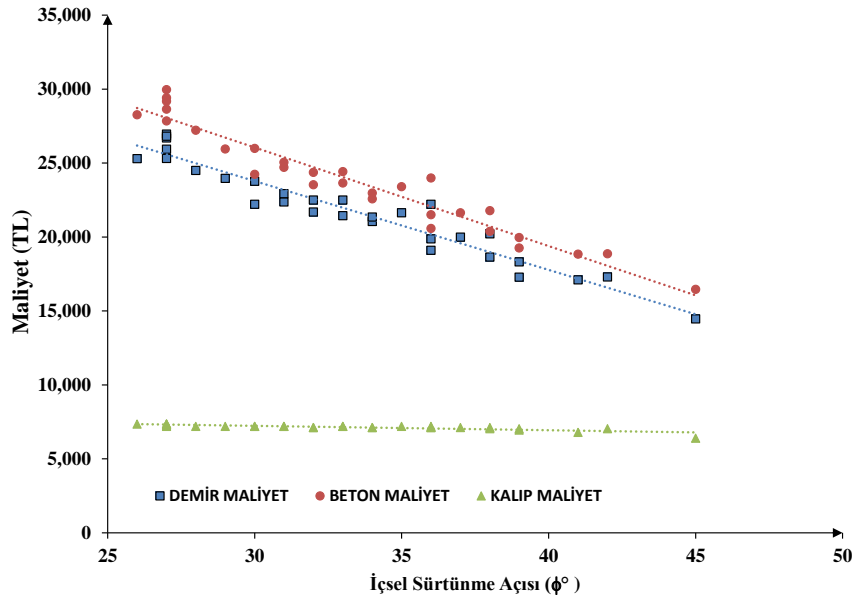
ZEMİN SINIFI	$\phi$	DEMİR	BETON	DEMİR/BETON	KALIP	DEMİR MALİYET	BETON MALİYET	KALIP MALİYET	TOPLAM MALİYET (10 m)
	°	kg	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	TL
ML	26	8987.5	137.7	65.3	182.0	<b>26962.6</b>	29192.4	7280.0	63435.0
	27	8435.7	133.4	63.3	184.0	25307.2	28270.2	7360.0	60937.4
	31	7460.2	116.6	64.0	180.0	22380.5	24719.2	7200.0	54299.7
	33	7151.2	111.6	64.1	180.0	21453.7	23659.2	7200.0	52312.9
	36	7406.8	113.2	65.4	180.0	22220.4	23998.4	7200.0	53418.8
SM	27	8437.6	131.4	64.2	184.0	25312.7	27856.8	7360.0	60529.5
	29	7992.1	122.5	65.3	180.0	23976.4	25959.4	7200.0	57135.8
	32	7501.8	115.0	65.2	178.0	22505.5	24380.0	7120.0	54005.5
	35	7215.2	110.4	65.4	180.0	21645.7	23404.8	7200.0	52250.5
	38	6738.5	102.8	65.5	176.0	20215.5	21793.6	7040.0	49049.1

**Çizelge 4.8** (devam ediyor)

ZEMİN SINIFI	φ	DEMİR	BETON	DEMİR/BETON	KALIP	DEMİR MALİYET	BETON MALİYET	KALIP MALİYET	TOPLAM MALİYET (10 m)
SP	27	8648.2	135.1	64.0	184.0	25944.7	28645.4	7360.0	61950.1
	30	7925.2	122.6	64.6	180.0	23775.7	25991.2	7200.0	56966.9
	33	7502.5	115.2	65.1	180.0	22507.5	24422.4	7200.0	54129.9
	36	6625.7	101.5	65.3	178.0	19877.2	21518.0	7120.0	48515.2
	39	5765.9	90.9	63.5	174.0	17297.7	19260.2	6960.0	43517.9
SW	28	8170.1	128.4	63.6	180.0	24510.4	27220.8	7200.0	58931.2
	30	7406.6	114.4	64.8	180.0	22219.7	24242.2	7200.0	53661.9
	34	7016.7	106.6	65.9	178.0	21050.2	22588.6	7120.0	50758.8
	37	6666.7	102.1	65.3	178.0	20000.1	21638.8	7120.0	48759.0
	41	5703.1	88.9	64.2	170.0	17109.2	18846.8	6800.0	42756.0
SP	27	8902.5	138.8	64.1	184.0	26707.4	29425.6	7360.0	63493.0
	31	7645.2	118.2	64.7	180.0	22935.6	25058.4	7200.0	55194.0
	34	7119.6	108.4	65.7	178.0	21358.9	22974.4	7120.0	51453.3
	38	6218.1	96.2	64.6	178.0	18654.2	20394.4	7120.0	46168.6
	42	5767.8	89.0	64.8	176.0	17303.4	18868.0	7040.0	43211.4
GW	27	8940.9	141.4	63.2	180.0	26822.7	<b>29976.8</b>	7200.0	<b>63999.5</b>
	32	7232.8	111.1	65.1	178.0	21698.4	23542.6	7120.0	52361.0
	36	6371.1	97.1	65.6	178.0	19113.4	20585.2	7120.0	46818.6
	39	6106.3	94.2	64.8	176.0	18318.9	19970.4	7040.0	45329.3
	45	4822.1	77.7	62.1	160.0	<b>14466.3</b>	<b>16472.4</b>	6400.0	<b>37338.7</b>



Şekil 4.3 Deprem 4. Bölgesindeki İstinat Duvar Maliyetlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.



Şekil 4.4 Deprem 4. Bölgesindeki Yapı Elemanlarının Maliyetinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.

#### 4.1.3 İç Kuvvet ve Moment Analizleri

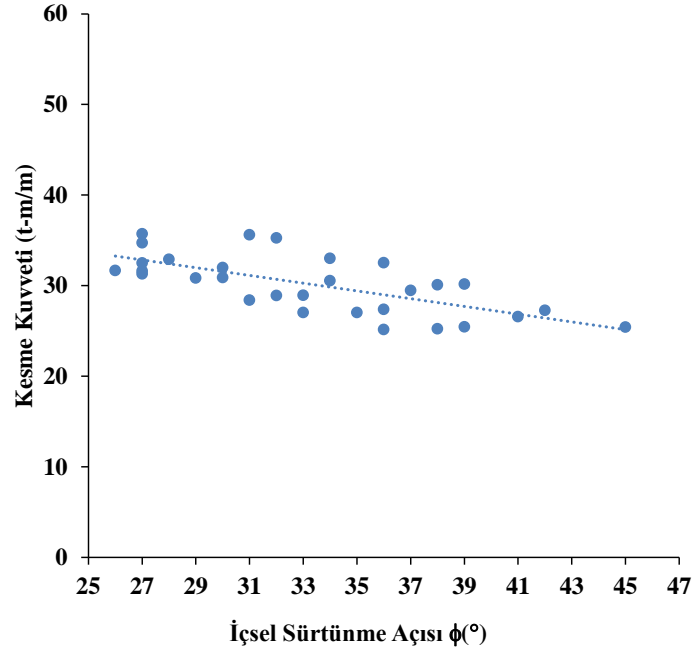
Betonarme konsol istinat duvarlarının statik ve betonarme projelendirilmesinde esas olan iç kuvvetler ve moment değerleri incelenmiştir. Betonarme hesaplarında ana gövde, temel

ampatmanların ön ve arka bölgesi, sistemde mevcut ise taban kilidi ve eşikler ayrı ayrı çözülmektedir. Çizelge 4.9 ve Şekil 4.5-6'da ana gövdeye etkiyen kesme kuvveti ve eğilme moment değerlerinin zemin sınıflarına göre değişimi özetlenmiştir.

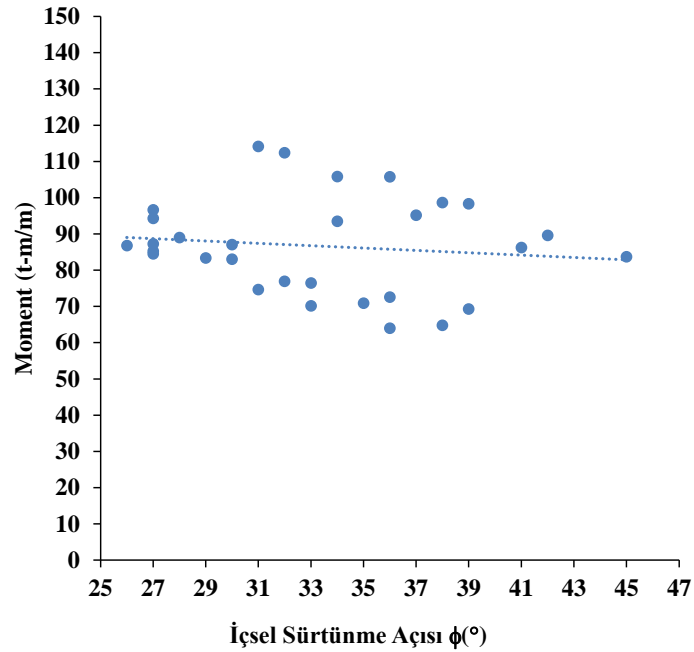
**Çizelge 4.9** 1. Derece deprem bölgesinde Duvar Gövdesindeki Maksimum Kesme Kuvveti ve Momentleri.

Zemin Sınıfı	φ	Maksimum Kesme Kuvveti	Maksimum Moment	Zemin Sınıfı	φ	Maksimum Kesme Kuvveti	Maksimum Moment
	°	t/m	t-m/m		°	t/m	t-m/m
ML	26	31.66	86.75	SW	28	32.91	89.02
	27	31.28	84.48		30	31.98	87.03
	31	28.39	74.66		34	30.54	93.51
	33	27.04	70.18		37	29.47	95.14
	36	25.16	64.02		41	26.58	86.27
SM	27	31.61	85.24	GP	27	34.72	94.3
	29	30.85	83.34		31	35.61	114.15
	32	28.92	76.95		34	33.01	105.79
	35	27.04	70.9		38	30.1	98.63
	38	25.24	64.76		42	27.26	89.63
SP	27	32.49	87.25	GW	27	35.73	96.67
	30	30.9	83.06		32	35.26	112.38
	33	28.93	76.44		36	32.52	105.76
	36	27.39	72.57		39	30.16	98.28
	39	25.45	69.3		45	25.43	83.72

Şekil 4.5 ve Çizelge 4.9 görüldüğü üzere Duvarın konsol gövde bölümünde dış kuvvetlerin etkisi ile oluşan kesme kuvvetinin değerleri 32.49 ile 25.43 t/m arasında değişmektedir. Zemin özellikleri kesme kuvvet değerlerin %28 artımına sebep olmaktadır. Zemin özellikleri iyileştikçe kesme kuvveti değerleri düşmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Deprem 1. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Kesme kuvvetlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.



Şekil 4.6 Deprem 1. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Moment Değerlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.

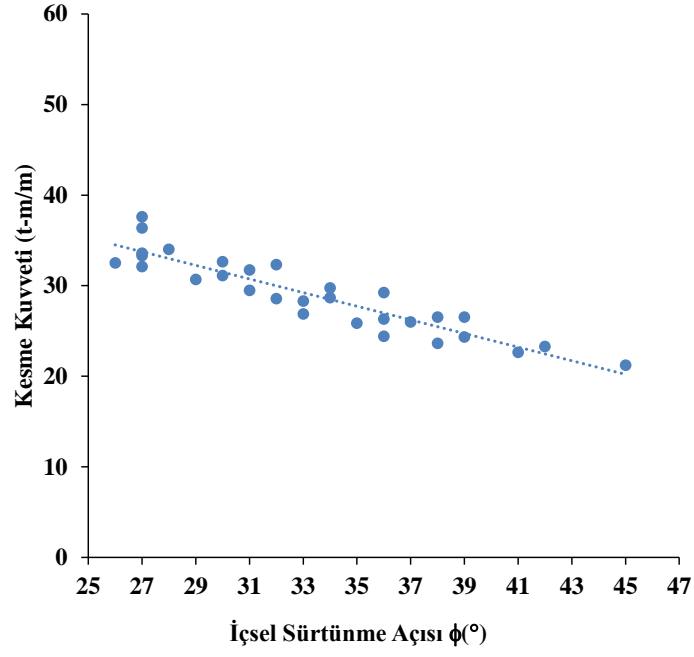
Şekil 4.6'da ki moment değerleri incelendiğinde değerlerin zemin özelliklerine bağlı bir azalma görülse de 1. Derece deprem bölgesi için inişli çıkışlı değerlere sahiptir. Bunun sebebi zayıf zeminlerde duvar arkası imalatı düşünülen ve analiz hesaplarında dikkate alınan duvar arkası eşik kirişleri yüzünden moment azalmaları oluşmuştur.



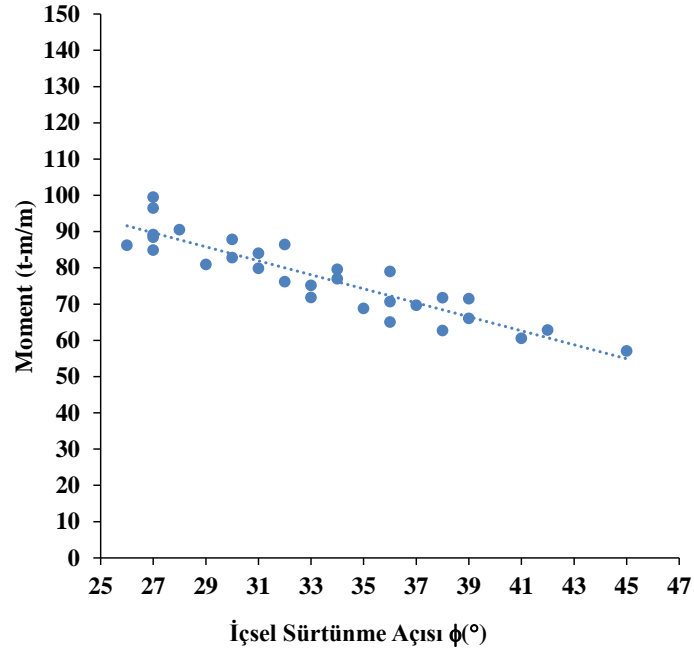
**Çizelge 4.10** 4. Derece deprem bölgesinde Duvar Gövdesindeki Maksimum Kesme Kuvveti ve Momentleri.

Zemin Sınıfı	$\phi$	Maksimum Kesme Kuvveti	Maksimum Moment	Zemin Sınıfı	$\phi$	Maksimum Kesme Kuvveti	Maksimum Moment
	°	t/m	t-m/m		°	t/m	t-m/m
ML	26	32.51	86.27	SW	28	34.02	90.52
	27	32.1	84.95		30	32.63	87.86
	31	29.48	79.87		34	28.67	76.98
	33	26.88	71.82		37	25.99	69.67
	36	24.41	65.1		41	22.65	60.58
SM	27	33.31	89.2	GP	27	36.36	96.51
	29	30.69	80.95		31	31.73	84.07
	32	28.57	76.18		34	29.75	79.62
	35	25.86	68.81		38	26.52	71.77
	38	23.63	62.71		42	23.29	62.84
SP	27	33.58	88.46	GW	27	37.61	99.51
	30	31.1	82.87		32	32.33	86.49
	33	28.3	75.23		36	29.24	78.99
	36	26.32	70.73		39	26.52	71.49
	39	24.33	66.09		45	21.22	57.07

Şekil 4.7 ve Çizelge 4.10 görüldüğü üzere 4. Derece deprem bölgesinde imal edilen duvarın konsol gövde bölümünde dış kuvvetlerin etkisi ile oluşan kesme kuvvetinin değerleri 37.61 ile 21.22 t/m arasında değişmektedir. Zemin özellikleri kesme kuvvet değerlerin %77 artımına sebep olmaktadır. Zemin özellikleri iyileştikçe kesme kuvveti değerleri düşmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Deprem 1. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Kesme kuvvetlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.



Şekil 4.8 Deprem 4. Bölgesindeki İstinat Duvar gövdelerinde oluşan Moment Değerlerinin İçsel sürtünme açısı ile değişimi.

Şekil 4.8’de ki moment değerleri incelendiğinde değerlerin zemin özelliklerine bağlı olarak ciddi bir azalma olduğu görülmektedir. 1. Derece deprem bölgesi sonuçları ile benzerlik göstermemektedir. Bunun sebebi duvar arkası eşik sistemine gerek kalmadığı için eşik kirişlerinin sebep olduğu yük azaltmaları bu duvarlarda görülmemektedir. Moment değerleri 99.51 ile 57.07 t-m/m arasında değişmektedir. Zemin özellikleri kesme kuvvet değerlerin %74 olduğu görülmüştür.





## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 5.1 SONUÇLAR

Bu çalışmada istinat duvarı arkasındaki dolgu zemininin analiz sonuçlarını ve istinat duvarının yapım maliyetlerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. İstinat duvarının yüksekliği (H=8.0 m) sabit tutularak dolgu arkası zemin tipleri içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) ve yoğunluklar değiştirilerek 30 adet zemin tipine göre konsol istinat duvarlarının stabilite analizleri ve betonarme 1. ve 4. derece deprem bölgesi için ayrı ayrı çözülmüş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Düşük plastisiteli silt (ML) ve siltli kum (SM) duvar arkası dolgu zeminlerine ait içsel sürtünme açıları ve doymuş zemin yoğunlukları sırası ile  $26^\circ - 38^\circ$  ve  $1.76 - 2.07 \text{ t/m}^3$  arasında değişmektedir. Zayıf zemin özellikleri dolayısıyla ile istinat duvarlarında hem taban kilidi hem de duvar arkası eşik kullanılmasına(4. derece deprem bölgesindekiler hariç) rağmen inşaat sahasında büyük alanlar kaplamaktadır.
- Kötü derecelenmiş(SP) ve iyi derecelenmiş kum(SW) zeminlerine ait içsel sürtünme açıları ve doymuş zemin yoğunlukları sırası ile  $27^\circ - 41^\circ$  ve  $1.93 - 2.22 \text{ t/m}^3$  arasında değişmektedir. Bu tip zeminlerde istinat duvarları projelendirilmesinde büyük kesitler çıkarmışlardır. Ayrıca Taban kilide ve eşik sistemler, 1. Derece deprem bölgesinde, SW zeminin sıkı halleri ( $\phi \geq 37^\circ$ ) dışında bu duvarlarda da kullanılmak zorunluluğu çıkmıştır.
- Kötü derecelenmiş(GP) ve iyi derecelenmiş çakıl(GW) zeminlerine ait içsel sürtünme açıları ve doymuş zemin yoğunlukları sırası ile  $27^\circ - 45^\circ$  ve  $2.07 - 2.45 \text{ t/m}^3$  arasında değişmektedir. 1. Ve 4. derece deprem bölgesinde taban kilidi bütün zemin tiplerinde kullanılmıştır. Fakat eşik sistemleri zemini sıkı durumlarında ihtiyaç duyulmamıştır.
- Hem birinci deprem bölgesinde hem de dördüncü deprem bölgesinde en uygun duvar boyutları sıkı GW zeminleri olduğu gözlenmektedir.
- Birinci deprem bölgesinde hesaplanan maliyetler maksimum maliyet ML zemininde 78887.5 TL, Minimum maliyet ise GW zemininde 49096.3 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam maliyetler 10m uzunluğundaki duvar için hesaplanmıştır. Ortalama toplam

maliyet %60 artmıştır. Ortalama kalıp maliyetlerinde artış %5 civarındadır. Kalıp maliyetleri duvar boyutlarına bağlı olsa da duvar genişledikçe yapının boyu ve uzunluğu değişmediği için sadece kalıbın bir yönünde ufak artışlar olmaktadır. Duvar imalatları için gerekli beton ve demir maliyetlerindeki yüzdesel artışlar ise sırası ile %70, ve %70.7'dir.

- Dördüncü deprem bölgesinde hesaplanan maliyetler incelendiğinde maksimum maliyet gevşek ( $\phi \leq 30^\circ$ ) GW zemininde 63999.5 TL, Minimum maliyet ise gene sıkı ( $\phi \geq 30^\circ$ ) GW zemininde 37338.7 TL olarak hesaplanmıştır. ML sınıfı zeminler gevşekten sıkıya doğru maliyeti hepsinin oldukça yüksektir. Toplam maliyetler 10m uzunluğundaki duvar için hesaplanmıştır. Ortalama toplam maliyet %71 artmıştır.
- Dördüncü deprem bölgesinde hesaplanan kalıp maliyetlerinde artış %15 civarındadır. Projelerde kullanılan beton maliyetlerindeki artış miktarı %82'dir. Kullanılan demir maliyetlerinde ise minimum ve maksimum değerler arasındaki artma oranları %86.4'dir.
- deprem bölgesinde deprem yükleri oldukça azalmasından dolayı maliyetler gözle görünür düşme gözlenmesine rağmen yüzdesel artışlar bakımından 4. Derece deprem bölgesindeki maliyet artışları oranı 1. Derece Deprem bölgesine göre daha yüksek olmuştur.
- Yüksek değerlere sahip dolgu zemini ile projelendirilen konsol istinat duvar arkasına ( $\phi=45^\circ$ ) imalat sırasında gevşek ( $\phi=26^\circ$ ) halde yerleştirilmesi dolayısı ile duvarın kesitlerinin yeterli olmadığı ve yıkıldığı tespit edilmiştir.

## 5.2 ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlar ışığında, istinat duvarlarının arka dolgu malzemesi gelişi güzel seçilmemesi ve sıkıştırma deneyleri yapılarak maksimum sıklıkta oluşturulması hem maliyeti hem de duvarın stabilitesi için büyük önem arz etmektedir. Yurt dışında Yönetmeliklerde dolgu kalitesi raporlanmaktadır. Ülkemizde ise duvar arkası dolgular için herhangi bir zorunluluk ve kontrol sistemi hala tam gelişmemiştir. Duvar arkası dolgu imalat kriterleri ve drenaj projeleri standartlarda bir başlık altında bulunması ve yapı denetim firmaları ve belediyeler proje denetiminde bunlara dikkat etmesi gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışma sadece betonarme konsol duvarlar için yapılmıştır. Diğer istinat duvar tipleri içinde bu benzer çalışmaların yapılması önerilmektedir.







## KAYNAKLAR

- Aytekin M** (2004) *Deneysel Zemin Mekaniği*. 2. Baskı, ISBN: 975-523-028-9, Teknik Yayınevi, Ankara, 624 s.
- Brooks H** (2010) *Basics of Retaining Wall Design*, 8th edition, ISBN 978-0-9768364-0-7 HBA Publications, California, 229 pp.
- Brooks H and Nielsen J P** (2013) *Basics of Retaining Wall Design*, 10th edition, HBA Publications, Stamford, 60 pp.
- Budhu M** (2007) *Foundations and Earth Retaining Structures*, 1<sup>st</sup> edition, John Wiley&sons, 978-0471-47012-0, New Jersey, 457 pp.
- BSI** (2015a) *Code of practice for earth retaining structures*. ISBN:978-0-580-86678 4, BSI Standards Limited.
- BSI** (2015b) *Code of practice for grouted anchors*. ISBN: 978 0 580 86838 2, BSI Standards Limited.
- Birand A** (2006) *Duvarlar*. 1. Baskı, ISBN: 975-523-030-6 Teknik Yayınevi Mühendislik ve Mimarlık Yayınları, Ankara, 192 s.
- Canadian Geotechnical Society** (2006) *Canadian Foundation Engineering Manual*, 4th edition, Publication of the NBCC, London, 471 pp.
- Clayton C R I, Woods R I and Milititsky J** (1993) *Earth Pressure And Earth-Retaining Structures*, 2nd edition, CRC Press, Boca Raton, 593 pp.
- Clayton C R I, Woods R I, Bond A J and Milititsky J** (2013) *Earth Pressure And Earth-Retaining Structures*, 3rd edition, Blackie academic & Professional, Glasgow, 410 pp.
- Celep Z ve Kumbasar N** (1998) *Betonarme Yapılar*. 2. Baskı, ISBN: 975-95405-3-3 Sema Matbaacılık, İstanbul, 897 s.
- Cernica J N** (1995) *Geotechnical Engineering: Foundation Design*. 2. Ed., ISBN: 0-471-30887-0, John Wiley&Sons, Toronto, 502 pp.
- Coduto D P** (2001) *Foundation Design: principles and practice*. 2. Ed., ISBN: 0-13-589706-8, Prentice Hall, New Jersey, 899 pp.
- Das B M** (2016) *Principles of Foundation Engineering*, 8<sup>th</sup> edition, ISBN: 978-1-305-08155-0, Cengage Learning, Boston, 946 pp.
- DBYBHY** (2007) "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. 159 s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Gaba A, Hardy S, Doughty L, Powrie W and Selemetas D** (2017) *Guidance on embedded retaining wall design*, Published by CIRIA, Canada, 503 pp.
- Holtz R D, Kovacs W D and Sheahan T C**(2011) *An Introduction to Geotechnical Engineering*. 2nd edition, ISBN: 978-0-13-249634-6, Pearson, New Jersey, 846 pp.
- Kayabalı, K** (2003) *Geoteknik Deprem Mühendisliği*, ISBN: 0-13-374943-6, Gazi Kitabevi, Ankara, 708 s.
- Kramer S L** (1996) *Geotechnical Earthquake Engineering*. 1<sup>st</sup> Ed., ISBN: 0-13-374943-6, Prentice Hall, New Jersey, 864 pp.
- Macnab A** (2002) *Earth Retention Systems Handbook*, 1st edition, McGraw-Hill, ISBN:0-07-137331-4 USA, 524 pp.
- Magar A T** (2016) *Earthquake Response of Different Types of Retaining Walls. Master of Science*, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, Norway, 154 pp.
- McCarthy D F** (2007) *Essential of Soil Mechanics and Foundations: Basic Geotechnics*. 7<sup>th</sup> Ed., ISBN: 978-0131145603, Prentice Hall, New Jersey, 864 pp.
- TSE 7994** (1990) *Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları*, Türk Standartları Enstitüsü, 67 s.
- TS 500** (2000) *Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, 75 s.
- URL1** <<http://www.hurriyet.com.tr/galeri-orduda-lisenin-istinat-duvari-coktu-40977415>>  
Ziyaret tarihi: 29.12.2018.
- Uzuner B A** (2005) *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği*, 6. Baskı, ISBN:605-534-725-3, Derya Kitabevi, Trabzon
- Yıldırım S** (2009) *Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı*, 3. Baskı, ISBN: 975-511-293-6, Birsen Yayınevi, İstanbul, 472 s.
- Yıldız M C** (2015) *İstinat Duvarına Etkiyen Dinamik Toprak Basınçları. Yüksek Lisans*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 231 s.

## EK AÇIKLAMALAR

**EK A: 1. Deprem Bölgesi Duvar arkası dolgu su iyi dercelenmiş (GW) sıkı çakıllı zemin durumu için konsol istinat duvarı ISTCAD program çıktısı**

### Konsol Tipi Betonarme İstinat Duvarı Hesap & Çizim Programı

Kullanıcı Firma : BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ

#### I - HESAP VERİLERİ

Üst Kol Genisliği	Dp1	: 0.30 m.
Alt Kol Genisliği	Dp2	: 1.60 m.
Ön Ampatman Çıkma Boyu	L1	: 1.80 m.
Arka Ampatman Çıkma Boyu	L2	: 1.95 m.
Temel Taban Dip Kalınlığı	dt1	: 0.60 m.
Temel Taban Uç Kalınlığı	dt2	: 0.60 m.
Toplam Duvar Yüksekliği	H	: 8.00 m.
Pasif Taraf Toprak Yüksek.	HP	: 0.60 m.
Dolgu Zemin Sev Acisi	$\beta$	: 0.00 °
Sursarj Yuku	Qs	: 2.00 t/m <sup>2</sup>
Sursarj Yuku Uzaklığı	Qs_L	: 0.00 m.
Zemin Kayma Direnc Acisi	$\phi$	: 39.00 °
Geri Dolgu Zemin Ağırlığı	$\delta d$	: 2.37 t/m <sup>3</sup>
Zemin Surtunme Katsayısı	$\mu$	: 0.55
Zemin Emniyet Gerilmesi	$\sigma_{em}$	: 25.00 t/m <sup>2</sup>
Zemin Gurubu (A/B/C/D)		: B GRUBU
Deprem Bölgesi		: 1
İstinat Duvarı Uzunluğu		: 10.00 m.
Etkin Yer İvmesi Kats.	Ao	: 0.40
Yapı Önem Katsayısı	I	: 1.00
Yapı Davranış Kats.	Ra	: 1.50
Beton Birim hacim Ağırlığı		: 2.50 t/m <sup>3</sup>

#### Yapı Malzemesi C30 - S420

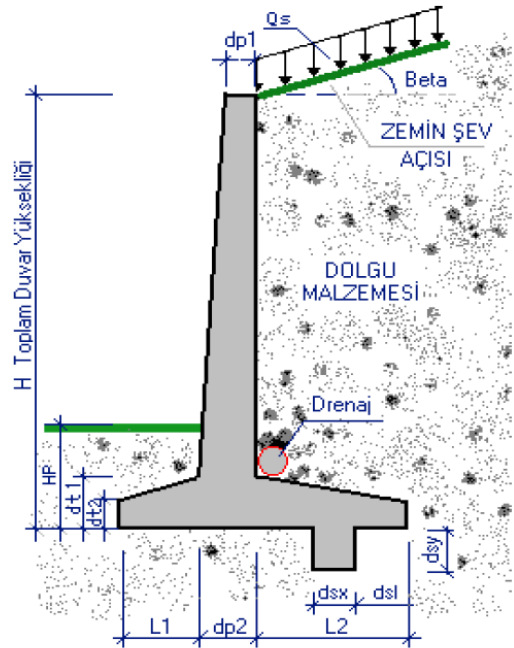
Fck	: 300.00 kg/cm <sup>2</sup>	Fcd	: 200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Fctk	: 19.17 kg/cm <sup>2</sup>	Fctd	: 12.78 kg/cm <sup>2</sup>
Fyk	: 4200.00 kg/cm <sup>2</sup>	Fyd	: 3652.17 kg/cm <sup>2</sup>

#### AGIRLIK BİLGİLERİ

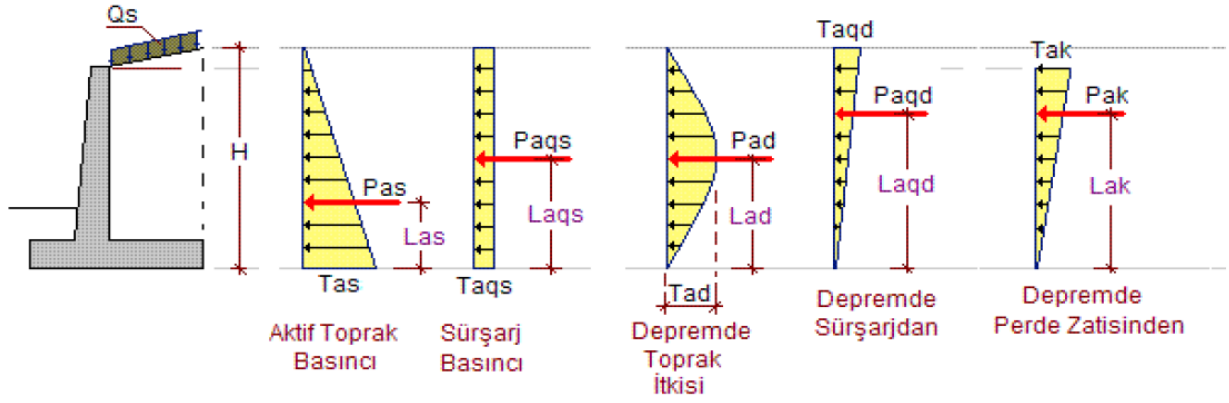
Perde Ağırlığı	: 17.57 t/m
Temel Plak Ağırlığı	: 8.02 t/m
Dolgu Ağırlığı	: 34.19 t/m
Sursarj Ağırlığı	: 3.90 t/m
Ön Toprak Ağırlığı	: 0.00 t/m

#### BASINC KATSAYILARI

Yatay Esdeğer Dep.Katsayısı (Ch)	: 0.160	
Düsey Esdeğer Dep.Katsayısı (Cv)	: 0.107	
h1 = Ch/(1+Cv)	: 0.144	==> 8.25 °
h2 = Ch/(1-Cv)	: 0.177	==> 10.14 °
pasif Toplam Basınc Katsayısı	: 4.519	
Pasif Statik Basınc Katsayısı	: 4.395	
Patif Dinamik Basınc Katsayısı	: 0.124	
Aktif Toplam Basınc Katsayısı	: 0.327	
Aktif Statik Basınc Katsayısı	: 0.208	
Aktif Dinamik Basınc Katsayısı	: 0.119	



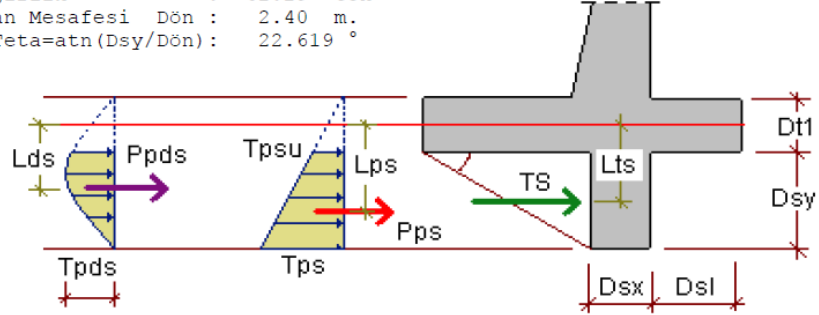
## II - YATAY YUKLER



YÜKÜN ADI	Tepe t/m	Kuvvet ton	Mesafe m	Moment tm	Yükün şekli
Pas Aktif Basıncı Kuvveti	3.944	15.78	2.67	42.13	Düz Üçgen
Statik Sürşarj Yükü	0.416	3.33	4.00	13.32	Dikdörtgen
Depremde Toprak Basıncı	1.692	9.02	4.00	36.08	Parabol
Depremde Sürşarj Basıncı	0.476	1.90	5.33	10.13	Ters Üçgen
Depremde Perde Zatisinden	0.760	2.81	5.53	15.55	Ters Üçgen

## TABAN DISI HESAPLARI

Dis Derinligi	Dsy :	1.00 m.
Dis Genisligi	Dsx :	1.00 m.
Disin Arka Uca Uzakligi	Dsl :	1.95 m.
Tabana Etkiyen Toplam Agirlik	:	62.29 ton
Taban Disinin Ön uca olan Mesafesi	Dön :	2.40 m.
Taban Disi Kama Açisi	Teta=atn(Dsy/Dön):	22.619 °



### DEPREMSİZ DURUM (Taban disı)

Temel Alt Seviye Yük Değeri	Tpsu	:	6.249 t/m <sup>2</sup>
Temel Disi Alt Seviye Yük Değeri	Tps	:	16.665 t/m <sup>2</sup>
Düsey Yükten Olusan Yatay Kuvvet	Ts	:	22.117 t/m <sup>2</sup>
Pasif Toprak İtkisi	Pps	:	11.457 t/m <sup>2</sup>

Ts kuvvetinin disin yarı yüksekligi hizasından etkidigi kabulü ile ;  
Pps için moment kol mesafesi eh\_Pas : 0.875 m  
Ts için moment kol mesafesi eh\_Ts : 0.800 m

Dis nedeniyle taban plagında olusacak çekme kuvveti ve moment ;

Md_Pps	:	16.054 tm/m
Md_Ts	:	24.772 tm/m
1.6 x Pps	:	18.332 t/m <sup>2</sup>
1.4 x Ts	:	30.965 t/m <sup>2</sup>
Hd_s = max(1.6xPps ; 1.4xTs)	:	30.965 ton
Md_s = max( Md_Pps ; Md_Ts )	:	24.772 ton

### DEPREMLİ DURUM (Taban disı)

Ppds pasif deprem parabol yük değeri taban plagi altında kalan kısmi elverişsiz durumu olusturacak isaretle alınmiştir.

Depremde Toprak Parabol itki genisligi	:	0.352 t/m <sup>2</sup>
Depremde Toprak Parabol itki Yük Değeri	:	0.376 t/m

Parabol + trapez yük toplami	Pps + Ppds	:	11.965 t/m
Düsey Yükten Olusan Yatay Kuvvet	Ts	:	22.117 t/m <sup>2</sup>
(Ts ya da (Pps+Ppds) den büyüğü)	Hd_d	:	22.117 t/m <sup>2</sup>
Dis Momenti	Md_d	:	17.694 t/m <sup>2</sup>

### TABAN DISİNDE Betonarme dizayn için kullanılacak iç kuvvetler :

Kesme Kuvveti	Q_dis	:	30.965 t/m
Moment	M_dis	:	24.772 tm/m

**Seçilen Etriye Donatısı : ø 16 / 11**      **Dagitma Donatısı : ø 8 / 13**

### Kesme Dayanımı Tahkiki

Vcr : Kesitin kesmede çatlama dayanımı TS500 8.1.3  
Vcr = 0.65 \* Fctd \* B \* D = 78.91 ton  
Vr = 0.80 \* Vcr = 63.13 ton > Vd = 30.96 ton

Taban Disi Kesitinde Beton ; Hesap Kesme kuvvetinin tamamını karsilamaktadır. ( Vr > Vd )

### III - ZEMİN GERİLMELERİ KONTROLLERİ

		DEPREMSİZ	DEPREMLİ
Toplam Düşey Yük	N	: 62.29 ton	62.29 ton
Taban Orta Nokta Momenti	M.o	: -6.48 tm.	55.28 tm.
Taban Ön Uç Gerilmesi	G1	: 10.28 t/m <sup>2</sup> < 25.00 t/m <sup>2</sup>	23.23 t/m <sup>2</sup> < 1.50x25.00 t/m <sup>2</sup>
Taban Arka Uç Gerilmesi	G2	: 13.00 t/m <sup>2</sup> > 0.000 t/m <sup>2</sup>	0.05 t/m <sup>2</sup> > 0.00 t/m <sup>2</sup>

### KAYMA GÜVENLİK KONTROLLERİ

		DEPREMSİZ	DEPREMLİ
Toplam Kaydırıcı Kuvvet	Fks	: 19.11 t/m	32.84 t/m
Toplam Karşı Koyan Kuvvet	Fkks	: 44.34 t/m	44.72 t/m
Kayma Güvenlik Kats. Gk=Fkk/Fkks		: 2.32 > 1.50	1.36 > 1.00

### DEVİRİME GÜVENLİK KONTROLLERİ

		DEPREMSİZ	DEPREMLİ
Devirmeye Çalışan Moment	Mdev	: 55.45 tm/m	117.21 tm/m
Karşı Koyan Moment	Mkar	: 228.66 tm/m	228.66 tm/m
Devrilme Güvenlik Kats.	Gdev	: 4.12 > 1.50	1.95 > 1.20

### IV - BETONARME HESABINDA KULLANILACAK İÇ KUVVETLER

Hesap Yukleri Altında Zeminde Olusan Gerilmeler

		DEPREMSİZ (1.4xG + 1.6xP)	DEPREMLİ (G + P)
Toplam Düşey Yük	N	: 85.94 tm/m	58.99 tm/m
Taban Orta Nokta Momenti	M.o	: -8.59 tm/m	-6.48 tm/m
	G1	: 14.26 t/m <sup>2</sup>	9.66 t/m <sup>2</sup>
	G2	: 17.86 t/m <sup>2</sup>	12.38 t/m <sup>2</sup>

### IV.1 - PERDE KONSOLUNDA (DIPTE) İÇ KUVVETLER

#### IV.1A - DEPREMSİZ DURUM

Üçgen Yuk Taban Değeri	:	3.64 t/m
Üçgen Yuk Basıncı Bileşkesi	:	13.49 ton
Sürsarj Yuku Taban Değeri	:	0.41 t/m
Sürsarj Yuku Basıncı Bileşkesi	:	3.07 t/m

Kesme Kuvveti V1 : 26.52 t/m Moment M1 : 71.49 t/m

#### IV.1B - DEPREMLİ DURUM

Parabol Yuk Max Değeri	:	1.69 t/m
Parabol Yuk Siddeti	:	9.02 ton
Sürsarjdan Olusan Ters Üçgen Tabanı	:	0.47 t/m
Temel Taban Üst Seviyesindeki Değeri	:	0.00 ton
Sürsarj Yuku Bileşkesi	:	1.89 t/m
Perde Zatisinden Gelen Yuk Tabanı	:	0.76 t/m
Perde zatisinin bileşkesi	:	2.81 t/m

Kesme Kuvveti V1.d : 30.16 t/m Moment M1.d : 98.28 t/m

## IV.2 - PERDE KONSOLU YARISINDA IC KUVVETLER

### IV.2A- DEPREMSIZ DURUM

Ucgen Yuk Konsol Yarisindaki Degeri	:	1.82	t/m		
Ucgen Yuk Basinc Bileskesi	:	3.37	ton		
Sursarj Yuku Taban Degeri	:	0.41	t/m		
Sursarj Yuku Basinc Bileskesi	:	1.53	t/m		
Kesme Kuvveti V2	:	7.86	t/m	Moment M2	: 11.21 t/m

### IV.2B - DEPREMLI DURUM

Parabol Üst Yari Max Degeri	:	1.68	t/m		
Yük Siddeti	:	4.00	t/m		
Sursarjdan Olusan Ters Ucgen Tabani	:	0.47	t/m		
Ters Ucgen Ortasi	:	0.25	t/m		
Yük Siddeti	:	1.35	t/m		
Perde Zatisinden Gelen Yuk Tabani	:	0.76	t/m		
Perde Yarisindaki Perde Zati Degeri	:	0.38	t/m		
Yük Siddeti	:	2.10	t/m		
Kesme Kuvveti V2.d	:	12.38	t/m	Moment M2.d	: 19.59 t/m

## IV.3 - ON AMPATMANDA IC KUVVETLER

Gtaban_Uç	:	1.50	t/m <sup>2</sup>	Gtaban_Dip	:	1.50	t/m <sup>2</sup>	Gtaban_ort	:	1.50	t/m <sup>2</sup>
-----------	---	------	------------------	------------	---	------	------------------	------------	---	------	------------------

### Betonarme hesaplara esas zemin Gerilmeleri

	DEPREMSIZ	DEPREMLI
G1	: 14.26 t/m <sup>2</sup>	9.66 t/m <sup>2</sup>
G2	: 17.86 t/m <sup>2</sup>	12.38 t/m <sup>2</sup>

### Ön Ampatmana Etkiyen Nihayi Gerilme Degerleri

	DEPREMSIZ	DEPREMLI
Uç Noktadaki Gerilme	: -12.16 t/m <sup>2</sup>	-8.16 t/m <sup>2</sup>
Dip Noktadaki Gerilme	: -13.37 t/m <sup>2</sup>	-9.08 t/m <sup>2</sup>

Kesme Kuvveti	v3 - v3.d	: -22.98	tm/m	-15.52	tm/m
Moment	M3 - m3.d	: -20.36	tm/m	-13.72	tm/m

## IV.4 - ARKA AMPATMANDA IC KUVVETLER

Gtaban	:	1.50	t/m <sup>2</sup>
Gek	:	0.00	t/m <sup>2</sup>
Gdolgu	:	34.19	t/m <sup>2</sup>

### Arka Ampatmana Etkiyen Nihayi Gerilme Degerleri

	DEPREMSIZ	DEPREMLI			
Dip Noktadaki Gerilme	: 13.30 t/m <sup>2</sup>	9.64 t/m <sup>2</sup>			
Uç Noktadaki Gerilme	: 11.98 t/m <sup>2</sup>	8.65 t/m <sup>2</sup>			
Kesme Kuvveti	v4 - v4.d	: 24.65	tm/m	17.83	tm/m
Moment	M4 - m4.d	: 23.62	tm/m	17.07	tm/m

## **V - BETON KESME DAYANIMLARI TAHKIKI**

Vcr : Kesitin kesmede çatlama dayanımı TS500 8.1.3  
Vcr = 0.65 \* Fctd \* B \* D \* (1 + 0.07 \* Nd / (B \* H))  
Vr = 0.80 \* Vcr olarak hesaplanır ve  
Vr > Vd olmalıdır.

Hesap Yeri	Vd ton	Vcr ton	Vr 0.8xVcr	Aciklama
Konsol Dip Noktasında	30.16	130.14	104.11	Vd < Vr Uygun
Konsol Yarisında	12.38	75.44	60.35	Vd < Vr Uygun
Ön Ampatmanda	22.98	45.68	36.55	Vd < Vr Uygun
Arka Ampatmanda	24.65	45.68	36.55	Vd < Vr Uygun
Taban Disinde	30.96	78.91	63.13	Vd < Vr Uygun

## **VI - DONATI HESAPLARI**

Donati Hesaplarına Esas Moment Değerleri

Konsol Dibinde : 98.28 tm/m Ön Ampatmanda : -20.36 tm/m  
Konsol Yarisında : 19.59 tm/m Arka Ampatmanda : 23.62 tm/m

### **VI.1 - RÖTRE VE SICAKLIK DONATILARI**

#### **A > YATAY ( Poz : 6 & Poz : 7 )**

Ash : Yatay Doğrultuda Rötire ve Sıcaklık Donatısı  
Bu Donatinin (2/3) ' ü Ön yüze - (1/3) ' ü ise  
Arka Yüze Dağıtma Donatısına İlave Olarak Konur.

$$d = (\text{Kesit\_BUst} + \text{Kesit\_BALT}) / 2$$
$$\text{Ash} = 0.0025 \times 100 \times d = 23.75 \text{ cm}^2/\text{m}.$$
$$\text{Ash.on} = (2/3) \times \text{Ash} = 15.83 \text{ cm}^2/\text{m}. \quad (\text{Ön yüze konacak})$$
$$\text{Ash.ar} = (1/3) \times \text{Ash} = 7.91 \text{ cm}^2/\text{m}. \quad (\text{Arka yüze konacak})$$

Bulunan Ash.ar donatısı - Arka Esas Dağıtma Donatısı ile Toplanarak Konur.

$$\text{Asd1} ==> \text{Asd1} + \text{Ash.ar} \quad \text{Asd2} ==> \text{Asd2} + \text{Ash.ar}$$

#### **B > DUSEY ( Poz : 5 )**

Asv : Dusey Doğrultuda Rötire ve Sıcaklık Donatısı  
Bu Donatinin Tamamı Perdenin Ön Yüzüne Konur.

$$d = (\text{Kesit\_BUst} + \text{Kesit\_BALT}) / 2$$
$$\text{Asv} = 0.0015 \times 100 \times d = 14.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### **C > KONSTRUKTIF DONATILAR**

ON AMPATMAN (Poz : 12) Asd12 = Asd3 x (2/3) = 1.46 cm<sup>2</sup>/m  
ARKA AMPATMAN (Poz : 11) Asd11 = Asd4 x (2/3) = 1.60 cm<sup>2</sup>/m

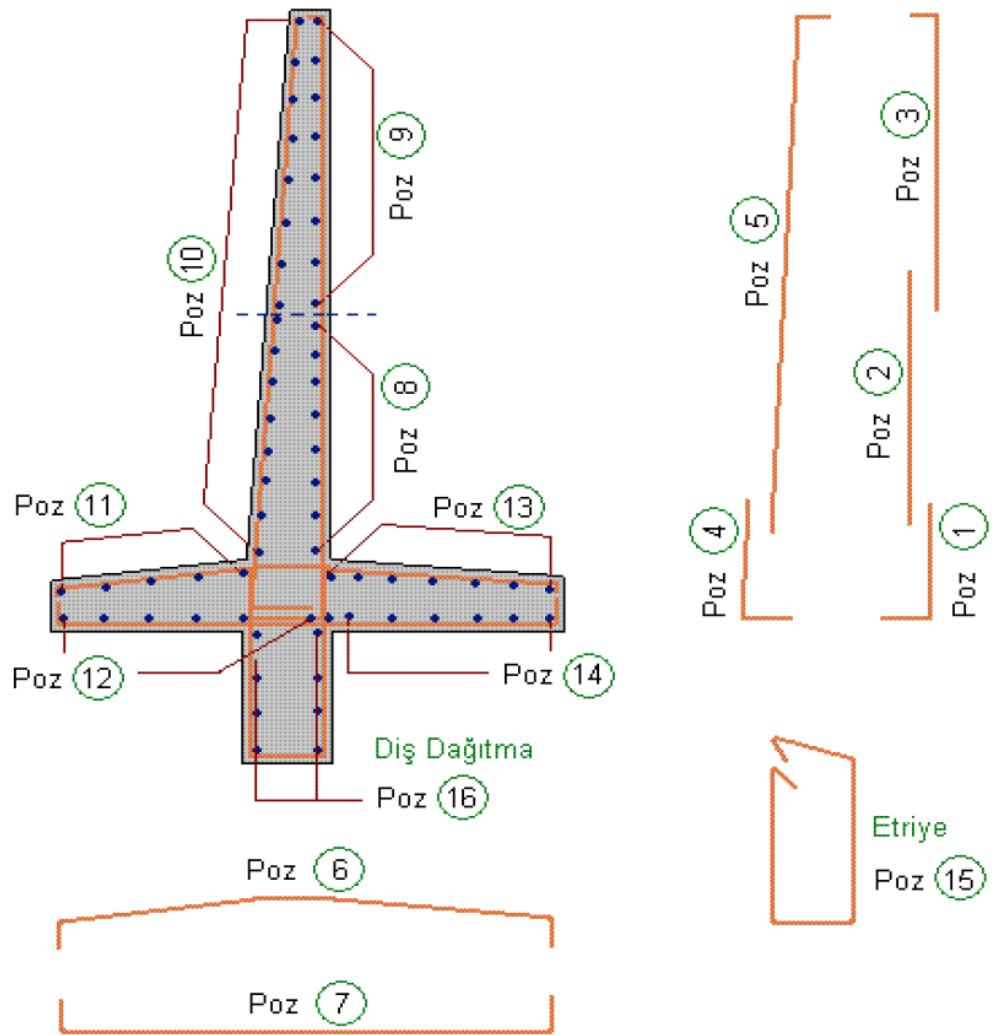


## **VII - DONATI TABLOSU**

Tek doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı oranı S220 için 0.003; S420 ve S500 için ise 0.002 den az olamaz. [TS 500 - (12.2.3)]

POZ NO	DONATININ YERİ	Moment tm/m.	b (cm)	d (cm)	As hes cm <sup>2</sup> /m	As min cm <sup>2</sup> /m	As seç cm <sup>2</sup> /m	DONATI
1-2	Konsol Dibinde	98.28	100	155.00	17.57	31.00	31.42	ø 20 / 10
3	Konsol Yarisında	19.59	100	90.00	6.00	18.00	18.28	ø 16 / 11
4-5	Ön Yüz Rötire ve Sicaklık	-	-	-	14.25	-	15.39	ø 14 / 10
6	Taban Plagi Üst Donatısı	23.62	100	55.00	12.04	11.00	12.83	ø 14 / 12
7	Taban Plagi Alt Donatısı	-20.36	100	55.00	10.34	11.00	11.31	ø 12 / 10
8	Konsol Arka Dagıtma I	-	-	-	6.20	-	15.39	ø 14 / 10
9	Konsol Arka Dagıtma II	-	-	-	8.80	-	9.42	ø 12 / 12
10	Konsol On Yuz Dagıtma	-	-	-	15.83	-	16.76	ø 16 / 12
11	Ön Çıkma Taban Üst Dag.	-	-	-	1.60	-	2.51	ø 8 / 20
12	Ön Ampatman Alt Dagıtma	-	-	-	2.20	-	2.51	ø 8 / 20
13	Arka Ampatman Üst Dagıtma	-	-	-	2.41	-	2.51	ø 8 / 20
14	Arka Ampatman Alt Dagıtma	-	-	-	1.46	-	2.51	ø 8 / 20
15	Dis Etriyesi	24.77	100	95.00	7.60	18.00	18.28	ø 16 / 11
16	Dis Dagıtma Donatısı	-	-	-	3.60	-	3.87	ø 8 / 13

## VIII - DONATI SEMASI



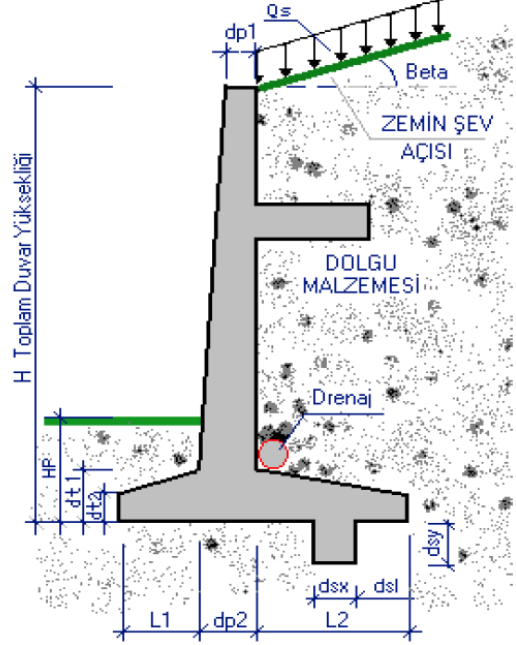
# EK B: 1. Deprem Bölgesi Duvar Arkası Dolgusu İyi Dercelemiş (GW) Gevşek Çakıllı Zemin Durumu İçin Konsol İstinat Duvarı ISTCAD Program Çıktısı

## Konsol Tipi Betonarme İstinat Duvarı Hesap & Çizim Programı

Kullanıcı Firma : BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ

### I - HESAP VERİLERİ

Üst Kol Genisliği	Dp1	: 0.40 m.
Alt Kol Genisliği	Dp2	: 1.90 m.
-----		
Platform Uzunluğu	Plat_L	: 2.00 m.
Platform Üst Mesafesi	Plat_Hz	: 2.00 m.
Platform Dip Kalınlığı	Plat_Dip	: 0.90 m.
Platform Dip Kalınlığı	Plat_Uc	: 0.90 m.
-----		
Ön Ampatman Çıkma Boyu	L1	: 2.00 m.
Arka Ampatman Çıkma Boyu	L2	: 2.20 m.
Temel Taban Dip Kalınlığı	dt1	: 0.80 m.
Temel Taban Uç Kalınlığı	dt2	: 0.80 m.
Toplam Duvar Yüksekliği	H	: 8.00 m.
Pasif Taraf Toprak Yüksek.	HP	: 0.80 m.
Dolgu Zemin Sev Acisi	$\beta$	: 0.00 °
Sursarj Yuku	Qs	: 2.00 t/m <sup>2</sup>
Sursarj Yuku Uzaklığı	Qs_L	: 0.00 m.
Zemin Kayma Direnc Acisi	$\phi$	: 27.00 °
Geri Dolgu Zemin Ağirliği	$\delta_d$	: 2.16 t/m <sup>3</sup>
Zemin Surtunme Katsayısı	$\mu$	: 0.55
Zemin Emniyet Gerilmesi	$\sigma_{em}$	: 25.00 t/m <sup>2</sup>
Zemin Gurubu (A/B/C/D)		: B GRUBU
Deprem Bölgesi		: 1
İstinat Duvarı Uzunluğu		: 10.00 m.
Etkin Yer İvmesi Kats.	Ao	: 0.40
Yapı Önem Katsayısı	I	: 1.00
Yapı Davranış Kats.	Ra	: 1.50
Beton Birim hacim Ağirliği		: 2.50 t/m <sup>3</sup>



### Yapı Malzemesi C30 - S420

Fck	: 300.00 kg/cm <sup>2</sup>	Fcd	: 200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Fctk	: 19.17 kg/cm <sup>2</sup>	Fctd	: 12.78 kg/cm <sup>2</sup>
Fyk	: 4200.00 kg/cm <sup>2</sup>	Fyd	: 3652.17 kg/cm <sup>2</sup>

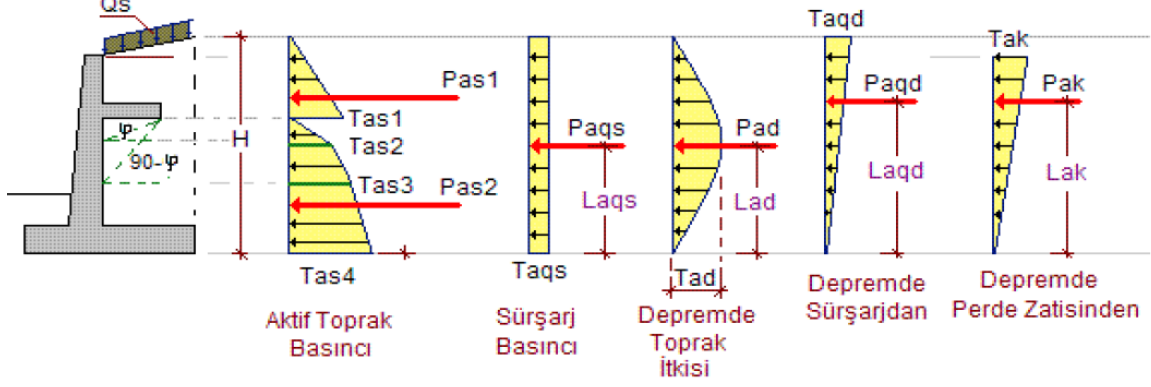
### AGIRLIK BİLGİLERİ

Perde Ağirliği	: 20.70 t/m
Temel Plak Ağirliği	: 12.20 t/m
Dolgu Ağirliği	: 30.32 t/m
Sursarj Ağirliği	: 4.40 t/m
On Toprak Ağirliği	: 0.00 t/m

### BASINÇ KATSAYILARI

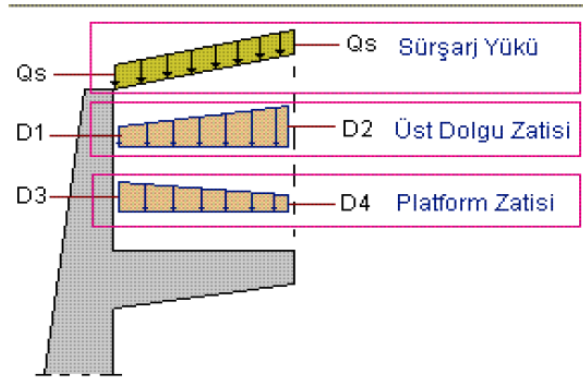
Yatay Esdeğer Dep.Katsayısı (Ch)	: 0.160		
Düsey Esdeğer Dep.Katsayısı (Cv)	: 0.107		
h1 = Ch/(1+Cv)	: 0.144	====>	8.25 °
h2 = Ch/(1-Cv)	: 0.177	====>	10.14 °
pasif Toplam Basınc Katsayısı	: 2.671		
Pasif Statik Basınc Katsayısı	: 2.663		
Patif Dinamik Basınc Katsayısı	: 0.008		
Aktif Toplam Basınc Katsayısı	: 0.495		
Aktif Statik Basınc Katsayısı	: 0.334		
Aktif Dinamik Basınc Katsayısı	: 0.161		

## II - YATAY YUKLER



YÜKÜN ADI	Tepe t/m	Kuvvet ton	Mesafe m	Moment tm	Yükün şekli
Pas Aktif Basınç Kuvveti	Parçalı	17.91	---	42.31	Değişken
Statik Sürşarj Yükü	0.668	5.34	4.00	21.36	Dikdörtgen
Depremde Toprak Basıncı	2.087	11.13	4.00	44.52	Parabol
Depremde Sürşarj Basıncı	0.644	2.58	5.33	13.75	Ters Üçgen
Depremde Perde Zatisinden	1.120	4.03	5.60	22.58	Ters Üçgen

## PLATFORM YÜKÜ VE BETONARME HESAPLARI



Dolgu Ağırlığı	D1	:	4.32	t/m <sup>2</sup>
	D2	:	4.32	t/m <sup>2</sup>
Platform Zati	D3	:	2.25	t/m <sup>2</sup>
	D4	:	2.25	t/m <sup>2</sup>

### Depremsiz Durumda

$$P_{dip} = 1.4 \times (D1+D3) + 1.6 \times Qs = 12.39 \text{ t/m}$$

$$P_{uç} = 1.4 \times (D2+D4) + 1.6 \times Qs = 12.39 \text{ t/m}$$

$$\text{Kesme Kuvveti} = 24.79 \text{ ton}$$

$$\text{Moment} = 24.79 \text{ tm.}$$

### Depremlı Durumda

$$P_{dip} = (D1+D3) + Qs = 8.57 \text{ t/m}$$

$$P_{uç} = (D2+D4) + Qs = 8.57 \text{ t/m}$$

$$\text{Kesme Kuvveti} = 17.13 \text{ ton}$$

$$\text{Moment} = 17.13 \text{ tm.}$$

### Platformda Betonarme dizay için kullanılacak iç kuvvetler :

Kesme Kuvveti	Vp	:	24.795	t/m
Moment	Mp	:	24.795	tm/m
Seçilen Platform Donatısı		:	ø 16 / 11	Dagıtma Donatısı : ø 8 / 14

### Kesme Dayanımı Tahkiki

$$V_{cr} : \text{Kesitin kesmede çatlama dayanımı TS500 8.1.3}$$

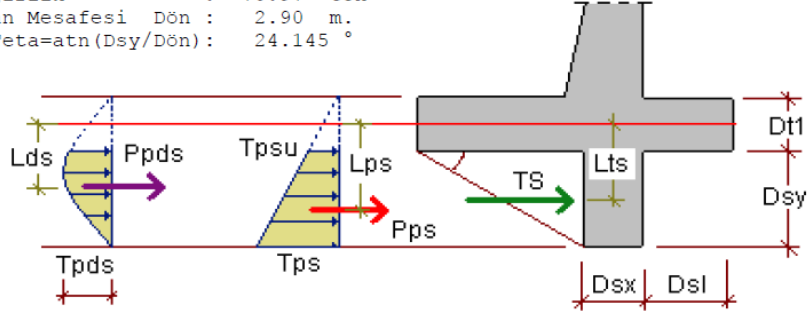
$$V_{cr} = 0.65 \times F_{ctd} \times B \times D = 70.60 \text{ ton}$$

$$V_r = 0.80 \times V_{cr} = 56.48 \text{ ton} > V_d = 24.79 \text{ ton}$$

Platform Kesitinde Beton ; Hesap Kesme kuvvetinin tamamını karşılamaktadır. (  $V_r > V_d$  )

## TABAN DISI HESAPLARI

Dis Derinligi	Dsy :	1.30 m.
Dis Genisligi	Dsx :	1.00 m.
Disin Arka Uca Uzakligi	Dsl :	2.20 m.
Tabana Etkiyen Toplam Agirlik	:	70.97 ton
Taban Disinin Ön uca olan Mesafesi	Dön :	2.90 m.
Taban Disi Kama Açisi	Teta=atn(Dsy/Dön):	24.145 °



### DEPREMSİZ DURUM (Taban disı)

Temel Alt Seviye Yük Değeri	Tpsu	:	4.601 t/m <sup>2</sup>
Temel Disi Alt Seviye Yük Değeri	Tps	:	12.079 t/m <sup>2</sup>
Düsey Yükten Olusan Yatay Kuvvet	Ts	:	26.493 t/m <sup>2</sup>
Pasif Toprak İtkisi	Pps	:	10.842 t/m <sup>2</sup>

Ts kuvvetinin disin yari yüksekligi hizasindan etkidigi kabulü ile ;  
Pps için moment kol mesafesi eh\_Pas : 1.147 m  
Ts için moment kol mesafesi eh\_Ts : 1.050 m

Dis nedeniyle taban plagında olusacak çekme kuvveti ve moment ;  
Md\_Pps : 19.900 tm/m  
Md\_Ts : 38.944 tm/m  
1.6 x Pps : 17.348 t/m<sup>2</sup>  
1.4 x Ts : 37.090 t/m<sup>2</sup>  
Hd\_s = max(1.6xPps ; 1.4xTs) : 37.090 ton  
Md\_s = max( Md\_Pps ; Md\_Ts ) : 38.944 ton

### DEPREMLİ DURUM (Taban disı)

Ppds pasif deprem parabol yük değeri taban plagi altında kalan kısmi elverişsiz durumu olusturacak isaretle alınmiştir.

Depremde Toprak Parabol itki genişlisi	:	0.027 t/m <sup>2</sup>	
Depremde Toprak Parabol itki Yük Değeri	:	0.038 t/m	
Parabol + trapez yük toplami	Pps + Ppds :	10.883 t/m	
Düsey Yükten Olusan Yatay Kuvvet	Ts	:	26.493 t/m <sup>2</sup>
(Ts ya da (Pps+Ppds) den büyüğü)	Hd_d :	26.493 t/m <sup>2</sup>	
Dis Momenti	Md_d :	27.817 t/m <sup>2</sup>	

### TABAN DISİNDE Betonarme dizayn için kullanılacak iç kuvvetler :

Kesme Kuvveti	Q_dis :	37.090 t/m	
Moment	M_dis :	38.944 tm/m	
<b>Seçilen Etriye Donatısı</b>	<b>:</b>	<b>ø 16 / 11</b>	<b>Dagitma Donatısı : ø 8 / 13</b>

### Kesme Dayanımı Tahkiki

Vcr : Kesitin kesmede çatlama dayanımı TS500 8.1.3  
Vcr = 0.65 \* Fctd \* B \* D = 78.91 ton  
Vr = 0.80 \* Vcr = 63.13 ton > Vd = 37.09 ton

Taban Disi Kesitinde Beton ; Hesap Kesme kuvvetinin tamamını karşılamaktadır. ( Vr > Vd )

### III - ZEMİN GERİLMELERİ KONTROLLERİ

		DEPREMSİZ	DEPREMLİ
Toplam Düşey Yük	N	: 70.97 ton	70.97 ton
Taban Orta Nokta Momenti	M.o	: -9.31 tm.	71.53 tm.
Taban Ön Uç Gerilmesi	G1	: 10.13 t/m <sup>2</sup> < 25.00 t/m <sup>2</sup>	23.17 t/m <sup>2</sup> < 1.50x25.00 t/m <sup>2</sup>
Taban Arka Uç Gerilmesi	G2	: 13.13 t/m <sup>2</sup> > 0.000 t/m <sup>2</sup>	0.10 t/m <sup>2</sup> > 0.00 t/m <sup>2</sup>

### KAYMA GÜVENLİK KONTROLLERİ

		DEPREMSİZ	DEPREMLİ
Toplam Kaydırıcı Kuvvet	Fks	: 23.25 t/m	40.99 t/m
Toplam Karsi Koyan Kuvvet	Fkks	: 48.09 t/m	48.13 t/m
Kayma Güvenlik Kats. Gk=Fkk/Fkks		: 2.06 > 1.50	1.17 > 1.00

### DEVİRİME GÜVENLİK KONTROLLERİ

		DEPREMSİZ	DEPREMLİ
Devirmeye Çalışan Moment	Mdev	: 63.67 tm/m	144.52 tm/m
Karsi Koyan Moment	Mkar	: 289.46 tm/m	289.46 tm/m
Devrilme Güvenlik Kats.	Gdev	: 4.54 > 1.50	2.00 > 1.20

### IV - BETONARME HESABINDA KULLANILACAK İÇ KUVVETLER

Hesap Yukleri Altinda Zeminde Olusan Gerilmeler

		DEPREMSİZ (1.4xG + 1.6xP)	DEPREMLİ (G + P)
Toplam Dusey Yuk	N	: 95.75 tm/m	66.50 tm/m
Taban Orta Nokta Momenti	M.o	: -14.03 tm/m	-9.31 tm/m
	G1	: 13.43 t/m <sup>2</sup>	9.40 t/m <sup>2</sup>
	G2	: 17.96 t/m <sup>2</sup>	12.40 t/m <sup>2</sup>

#### IV.1 - PERDE KONSOLUNDA (DIPTE) İÇ KUVVETLER

##### IV.1A - DEPREMSİZ DURUM

Ucgen Yuk Taban Degeri	:	5.19 t/m
Ucgen Yuk Basinc Bileskesi	:	13.52 ton
Sursarj Yuku Taban Degeri	:	0.66 t/m
Sursarj Yuku Basinc Bileskesi	:	4.80 t/m
Kesme Kuvveti V1	:	29.33 t/m
Moment M1	:	50.53 t/m

##### IV.1B - DEPREMLİ DURUM

Parabol Yuk Max Degeri	:	2.08 t/m
Parabol Yuk Siddeti	:	11.13 ton
Sursarjdan Olusan Ters Ucgen Tabani	:	0.64 t/m
Temel Taban Ust Seviyesindeki Deger	:	0.00 ton
Sursarj Yuku Bileskesi	:	2.55 t/m
Perde Zatisinden Gelen Yuk Tabani	:	1.12 t/m
Perde zatisinin bileskesi	:	4.03 t/m
Kesme Kuvveti V1.d	:	35.73 t/m
Moment M1.d	:	96.67 t/m

## IV.2 - PERDE KONSOLU YARISINDA IC KUVVETLER

### IV.2A- DEPREMSIZ DURUM

Ucgen Yuk Konsol Yarisindaki Degeri : 0.50 t/m  
Ucgen Yuk Basinc Bileskesi : 3.21 ton  
Sursarj Yuku Taban Degeri : 0.66 t/m  
Sursarj Yuku Basinc Bileskesi : 2.40 t/m

Kesme Kuvveti V2 : 8.98 t/m Moment M2 : -9.64 t/m

### IV.2B - DEPREMLI DURUM

Parabol Ust Yari Max Degeri : 2.06 t/m  
Yuk Siddeti : 4.73 t/m

Sursarjdan Olusan Ters Ucgen Tabani : 0.64 t/m  
Ters Ucgen Ortasi : 0.35 t/m  
Yuk Siddeti : 1.79 t/m

Perde Zatisinden Gelen Yuk Tabani : 1.12 t/m  
Perde Yarisindaki Perde Zati Degeri : 0.56 t/m  
Yuk Siddeti : 3.02 t/m

Kesme Kuvveti V2.d : 15.16 t/m Moment M2.d : 8.20 t/m

## IV.3 - ON AMPATMANDA IC KUVVETLER

Gtaban\_Uc : 2.00 t/m<sup>2</sup> Gtaban\_Dip : 2.00 t/m<sup>2</sup> Gtaban\_ort : 2.00 t/m<sup>2</sup>

### Betonarme hesaplara esas zemin Gerilmeleri

	DEPREMSIZ	DEPREMLI
G1	13.43 t/m <sup>2</sup>	9.40 t/m <sup>2</sup>
G2	17.96 t/m <sup>2</sup>	12.40 t/m <sup>2</sup>

### Ön Ampatmana Etkiyen Nihayi Gerilme Degerleri

	DEPREMSIZ	DEPREMLI
Uc Noktadaki Gerilme	-10.63 t/m <sup>2</sup>	-7.40 t/m <sup>2</sup>
Dip Noktadaki Gerilme	-12.11 t/m <sup>2</sup>	-8.38 t/m <sup>2</sup>

Kesme Kuvveti	v3 - v3.d	: -22.75 tm/m	-15.78 tm/m
Moment	M3 - m3.d	: -22.25 tm/m	-15.45 tm/m

## IV.4 - ARKA AMPATMANDA IC KUVVETLER

Gtaban : 2.00 t/m<sup>2</sup>  
Gek : 0.00 t/m<sup>2</sup>  
Gdolgu : 30.32 t/m<sup>2</sup>

### Arka Ampatmana Etkiyen Nihayi Gerilme Degerleri

	DEPREMSIZ	DEPREMLI
Dip Noktadaki Gerilme	12.39 t/m <sup>2</sup>	8.57 t/m <sup>2</sup>
Uc Noktadaki Gerilme	12.39 t/m <sup>2</sup>	8.57 t/m <sup>2</sup>

Kesme Kuvveti	v4 - v4.d	: 11.41 tm/m	7.93 tm/m
Moment	M4 - m4.d	: 17.08 tm/m	11.13 tm/m

## V - BETON KESME DAYANIMLARI TAHKIKI

Vcr : Kesitin kesmede çatlama dayanımı TS500 8.1.3  
Vcr = 0.65 \* Fctd \* B \* D \* (1 + 0.07 \* Nd / (B \* H))  
Vr = 0.80 \* Vcr olarak hesaplanır ve  
Vr > Vd olmalıdır.

Hesap Yeri	Vd ton	Vcr ton	Vr 0.8xVcr	Acıklama
Konsol Dip Noktasında	35.73	155.32	124.25	Vd < Vr Uygun
Konsol Yarisında	15.16	92.18	73.74	Vd < Vr Uygun
Ön Ampatmanda	22.75	62.30	49.84	Vd < Vr Uygun
Arka Ampatmanda	11.41	62.30	49.84	Vd < Vr Uygun
Taban Disinde	37.09	78.91	63.13	Vd < Vr Uygun
Platformda	24.79	70.60	56.48	Vd < Vr Uygun

## VI - DONATI HESAPLARI

Donati Hesaplarına Esas Moment Değerleri

Konsol Dibinde : 96.67 tm/m Ön Ampatmanda : -22.25 tm/m  
Konsol Yarisında : -9.64 tm/m Arka Ampatmanda : 17.08 tm/m

### VI.1 - RÖTRE VE SICAKLIK DONATILARI

#### A > YATAY ( Poz : 6 & Poz : 7 )

Ash : Yatay Doğrultuda Rötire ve Sıcaklık Donatısı  
Bu Donatinin (2/3) ' ü Ön yüze - (1/3) ' ü ise  
Arka Yüze Dağıtma Donatısına İlave Olarak Konur.

d = (Kesit\_BUst + Kesit\_BALT) / 2  
Ash = 0.0025 x 100 x d = 28.75 cm<sup>2</sup>/m.  
Ash.on = (2/3) x Ash = 19.16 cm<sup>2</sup>/m. ( Ön yüze konacak )  
Ash.ar = (1/3) x Ash = 9.58 cm<sup>2</sup>/m. ( Arka yüze konacak )

Bulunan Ash.ar donatısı - Arka Esas Dağıtma Donatısı ile Toplanarak Konur.

Asd1 ==> Asd1 + Ash.ar Asd2 ==> Asd2 + Ash.ar

#### B > DUSEY ( Poz : 5 )

Asv : Dusey Doğrultuda Rötire ve Sıcaklık Donatısı  
Bu Donatinin Tamamı Perdenin Ön Yüzüne Konur.

d = (Kesit\_BUst + Kesit\_BALT) / 2  
Asv = 0.0015 x 100 x d = 17.25 cm<sup>2</sup>/m

#### C > KONSTRUKTIF DONATILAR

ON AMPATMAN (Poz : 12) Asd12 = Asd3 x (2/3) = 2.00 cm<sup>2</sup>/m  
ARKA AMPATMAN (Poz : 11) Asd11 = Asd4 x (2/3) = 2.00 cm<sup>2</sup>/m

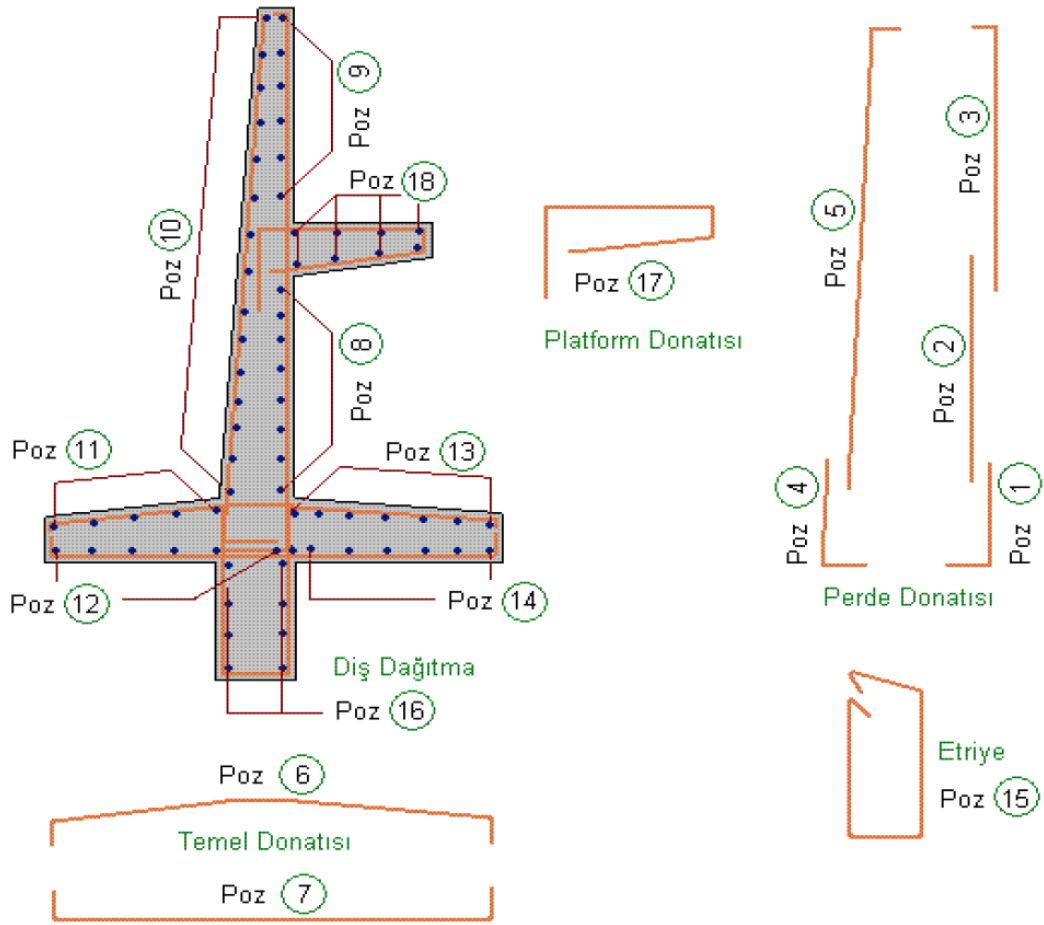


## VII - DONATI TABLOSU

Tek doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı oranı S220 için 0.003; S420 ve S500 için ise 0.002 den az olamaz. [TS 500 - (12.2.3)]

POZ NO	DONATININ YERİ	Moment tm/m.	b (cm)	d (cm)	As hes cm <sup>2</sup> /m	As min cm <sup>2</sup> /m	As seç cm <sup>2</sup> /m	DONATI
1-2	Konsol Dibinde	96.67	100	185.00	14.42	37.00	38.01	ø 22 / 10
3	Konsol Yarisında	-9.64	100	110.00	2.40	22.00	23.13	ø 18 / 11
4-5	Ön Yüz Rötire ve Sıcaklık	-	-	-	17.25	-	18.28	ø 16 / 11
6	Taban Plagi Üst Donatısı	17.08	100	75.00	6.29	15.00	15.39	ø 14 / 10
7	Taban Plagi Alt Donatısı	-22.25	100	75.00	8.22	15.00	15.39	ø 14 / 10
8	Konsol Arka Dağıtma I	-	-	-	7.40	-	18.28	ø 16 / 11
9	Konsol Arka Dağıtma II	-	-	-	10.85	-	11.31	ø 12 / 10
10	Konsol Ön Yüz Dağıtma	-	-	-	19.16	-	20.11	ø 16 / 10
11	Ön Çıkma Taban Üst Dag.	-	-	-	2.00	-	2.51	ø 8 / 20
12	Ön Ampatman Alt Dağıtma	-	-	-	3.00	-	3.14	ø 8 / 16
13	Arka Ampatman Üst Dağıtma	-	-	-	3.00	-	3.14	ø 8 / 16
14	Arka Ampatman Alt Dağıtma	-	-	-	2.00	-	2.51	ø 8 / 20
15	Dis Etriyesi	38.94	100	95.00	12.02	18.00	18.28	ø 16 / 11
16	Dis Dağıtma Donatısı	-	-	-	3.60	-	3.87	ø 8 / 13
17	Platform Esas Donatısı	24.79	100	85.00	8.06	17.00	18.28	ø 16 / 11
18	Platform Dağıtma Donatısı	-	-	-	3.40	-	3.59	ø 8 / 14

## VIII - DONATI SEMASI



## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet MERCİMEK 1980 yılında Zonguldak'da doğdu. İlköğretim ve Lise öğrenimini Zonguldak'ta tamamladı. 1999 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne başladı ve 2006 yılında mezun oldu. 2009 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği ABD (Geoteknik) yüksek lisans eğitimine başladı.

### **İLETİŞİM BİLGİLERİ:**

E-posta: mehmetmercimek@hotmail.com