

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ORTAK PROGRAMI

**KARAYOLU PROJELERİNDE İNŞA EDİLEN İSTİNAT DUVARLARIN VE  
DONATILI ZEMİN YAPILARIN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM KELEK

TEZ DANIŐMANI  
PROF. DR. AHMET TUNCAN

BİLECİK, 2021

10420689

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ORTAK PROGRAMI

**KARAYOLU PROJELERİNDE İNŞA EDİLEN İSTİNAT DUVARLARIN VE  
DONATILI ZEMİN YAPILARIN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM KELEK

TEZ DANIŐMANI  
PROF. DR. AHMET TUNCAN

BİLECİK, 2021

10420689

## BEYAN

Karayolu Projelerinde İnşa Edilen İstinat Duvarların ve Donatılı Zemin Yapıların İncelenmesi adlı yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezi/dönem projesinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.		
<b>DESTEK ALINMIŞTIR</b>		<b>DESTEK ALINMAMIŞTIR</b>
		X
<b>Destek alındı ise;</b>		
<b>Destekleyen kurum;</b>		
<b>Desteğin Türü</b>	<b>Proje Numarası</b>	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)		
2- TÜBİTAK		
Diğer;.....		
<b>ETİK KURUL onayı var ise;</b>		
<b>ETİK KURUL karar tarih/sayı:</b>	...../.....	

**İbrahim KELEK**

**Tarih**

.....

**İmza**

.....

## ÖN SÖZ

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım boyunca bilgisini, birikimini, tecrübelerini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve en karamsar, umutsuz olduğum zamanlarda dahi, beni yalnız bırakmayan, çok değerli Prof. Dr. Ahmet TUNCAN danışman hocama en kalbi duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmalarım sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Nazile URAL ve Dr. Öğr. Üyesi Burak EVİRGEN'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak tez yazım sürecinde bana destek olup beni hep motive eden iş arkadaşlarım İsmail Kaan HAÇAN'a, bu süreçte her zaman yanımda olup sabırlı bir şekilde bana manevi yardımlarını esirgemeyen anneme ve babama teşekkürü bir borç biliyorum.

**İbrahim KELEK**

**2021**

## ÖZET

### KARAYOLU PROJELERİNDE İNŞA EDİLEN İSTİNAT DUVARLARIN VE DONATILI ZEMİN YAPILARIN İNCELENMESİ

Bu çalışmada, karayollarında kullanılan konsol istinat duvarı ve donatılı zemin istinat duvarları gerçek proje verilerine göre incelenmiştir. Konsol istinat duvar tasarım sürecinde, duvar arkasındaki dolgunun içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ), duvar arkasındaki zeminin içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) ve kohezyon değeri ( $c$ ), tabii zemin eğimi ( $\alpha$ ), duvar yüksekliği ( $H$ ), sürşarj yükü ( $q$ ) ve yeraltı su seviyesi değişimleri göz önüne alınmıştır. Gerçek sınırları temsil etmek için istinat duvar yükseklikleri birer metre arayla 4 m'den 19 m'ye kadar değişirken, duvar arkası tabii zemin eğimi  $0^\circ$  ve  $18^\circ$  alınmıştır. Çeşitli don derinlikleri (0,5 m, 1,0 m, 1,5 m) kabulünün yanı sıra yüksüz duruma ek olarak  $5 \text{ kN/m}^2$ 'den  $20 \text{ kN/m}^2$ 'ye kadar sürşarj yükü uygulanmış.

Konsol istinat duvarının statik analizleri Rankine aktif ve pasif teorileri kullanılarak yapılmıştır. İstinat duvarlarının devrilmeye karşı, kaymaya karşı ve taşımaya karşı limit güvenlik katsayıları sırasıyla 2,0, 1,5 ve 3,0 alınmıştır. Tahkiklere göre sürşarj yükü, duvar arkası tabii zemin eğimi, duvar yüksekliği ve yeraltı su seviyesinin artmasıyla devrilme, kayma ve taşıma kapasitesine karşı güvenlik katsayılarının azaldığı belirlenmiştir. Don derinliğinin artışı taşıma kapasitesi ve kaymaya karşı güvenlik katsayıları üzerinde olumlu bir etki oluştururken, devrilmeye karşı herhangi bir etkisi olmamıştır.

Donatılı zemin istinat duvarlarında çelik şerit donatılar ve yukarıda belirtilen gerçek proje parametreleri kullanılmıştır. Benzer şekilde, 1 m'den 19 m'ye kadar birer metre aralıklarla değişen duvar yükseklikleri ile 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 metre çelik şeritler arası yatay uzaklık alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda, çelik şerit servis ömrünün artması şerit kalınlığını artırırken, şerit uzunluğuna etki etmediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konsol İstinat Duvarı, Donatılı Zemin Duvar, Duvar Yüksekliği, Sürşarj Yükü, Don Derinliği, Yeraltı Su Seviyesi.

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF RETAINING WALLS AND RETAINING EARTH WALLS CONSTRUCTED IN HIGHWAY PROJECTS

In this study, retaining wall and reinforced earth structures used at highways were investigated according to the real project values. The change in internal friction angle of backfill material behind the wall ( $\phi$ ), internal friction angle ( $\phi$ ) and cohesion ( $c$ ) of natural soil behind the wall, natural soil slope ( $\alpha$ ), height of wall ( $H$ ), surcharge load ( $q$ ), ground water level were considered during the design stage of cantilever wall. While the height of retaining wall changes between 4 m and 19 m with a one meter interval, natural soil slope behind the wall was taken as  $0^\circ$  and  $18^\circ$  to represent the real ranges. A surcharge load was applied from  $5 \text{ kN/m}^2$  to  $20 \text{ kN/m}^2$  in addition to the unloaded case as well as the assumption of various frost depth values (0.5 m, 1.0 m, 1.5 m).

Rankine active and passive earth pressure theories were used to make static analysis of cantilever walls. The limit factor of safety of retaining walls against overturning, sliding and bearing capacity were considered as 2.0, 1.5 and 3.0, respectively. Increasing of surcharge load, natural soil slope, wall height and ground water level decreases the factor of safety against overturning, sliding and bearing capacity of retaining wall. While frost depth increment increases factor of safety against sliding and bearing capacity, it does not affect that of overturning.

Steel strip reinforcements and real project parameters mentioned above were used to design of reinforced earth structures. Similarly, wall heights were taken from 1 m to 19 m with a one meter interval and horizontal distance of strips were taken as 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 meters. While increments of life span of strips increase the thickness of strips, it does not affect the length of strips.

**Key Words:** Cantilever Retaining Wall, Reinforced Earth Wall, Height of Wall, Surcharge Load, Frost Depth, Ground Water Level.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. YANAL TOPRAK BASINCI.....	2
2.1. Giriş.....	2
2.2. Rankine Aktif Basınç Teorisi.....	4
2.3. Rankine Pasif Yanal Toprak Basıncı.....	8
2.4. Duvar Üzerine Etkiyen Diğer Yükler.....	11
2.4.1. Sürşarj yükü.....	11
3. İSTİNAT DUVARI.....	15
3.1 Giriş.....	15
3.2. İstinat Duvarların Kullanıldığı Yerler.....	15
3.3. İstinat Duvar Çeşitleri.....	16
3.3.1 Ağırlıklı istinat duvarı.....	16
3.3.2. Yarı ağırlıklı istinat duvarı.....	23
3.3.3. Betonarme konsol istinat duvarı.....	23
3.3.4. Payandalı istinat duvarı.....	36
3.3.5. Ankrajlı istinat duvarları.....	37
4. DONATILI ZEMİN.....	39
4.1 Giriş.....	39
4.2. Donatılı Zeminde Kullanılan Malzemeler.....	42
4.2.1. Galvaniz kaplı çelik şerit.....	42
4.2.2. Geotekstil.....	43
4.2.3. Geogrid.....	44
4.3. Geosentetik Donatılı Zemin Duvarı.....	47

4.3.1. Giriş.....	47
4.3.2. Geosentetik donatılı zemin duvarların iç stabilitesi .....	48
4.3.3. Geosentetik donatılı zemin duvarların dış stabilitesi .....	51
4.4. Şerit Donatılı Zemin Duvar .....	53
4.5. Prekast Paneller İlgili Bazı Hususlar.....	53
<b>5. İSTİNAD DUVARINA AİT SONUÇLAR.....</b>	<b>55</b>
5.1 Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.)Mevcut değil ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=0^{\circ}$ .....	55
5.1.1 Don derinliği, $D_f=0,5$ m.....	55
5.1.2. Don derinliği, $D_f=1,00$ m.....	58
5.1.3. Don derinliği, $D_f=1,50$ m.....	61
5.2. Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.) Mevcut değil ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=18^{\circ}$ .....	63
5.2.1 Don derinliği, $D_f=0,5$ m.....	63
5.2.2. Don derinliği, $D_f=1,00$ m.....	67
5.2.3 Don derinliği, $D_f=1,50$ m.....	69
5.3. Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.) Zemin Seviyesinde ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=0^{\circ}$ ....	72
5.3.1 Don derinliği, $D_f=0,5$ m.....	72
5.3.2. Don derinliği, $D_f=1,00$ m.....	75
5.3.3 Don Derinliği, $D_f=1,50$ m.....	78
5.4. Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.) Zemin Seviyesinde ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=18^{\circ}$ ...	80
5.4.1. Don derinliği, $D_f=0,5$ m.....	80
5.4.2. Don Derinliği, $D_f=1,00$ m.....	84
5.4.3. Don derinliği, $D_f=1,50$ m.....	86
<b>6. DONATILI ZEMİNE AİT SONUÇLAR.....</b>	<b>89</b>
6.1. Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 0,25$ m.....	89
6.1.1. Şerit uzunlukları .....	89
6.1.2. Şerit kalınlıkları .....	90
6.2. Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 0,50$ m.....	91
6.2.1. Şerit uzunlukları .....	91
6.2.2. Şerit kalınlıkları .....	92
6.3 Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 0,75$ m.....	93
6.3.1 Şerit uzunlukları .....	93
6.3.2 Şerit kalınlıkları .....	94
6.4. Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 1,00$ m.....	95
6.4.1. Şerit uzunlukları .....	95

6.4.2. Şerit kalınlıkları .....	96
7. İSTİNAT DUVARINA AİT GENEL SONUÇLAR .....	97
8. DONATILI ZEMİNE AİT GENEL SONUÇLAR.....	101
KAYNAKÇA .....	103
EKLER.....	104

## TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
<b>Tablo 2. 1.</b> Bazı zeminlerin $\Delta a$ ve $\Delta p$ gösterimi .....	3
<b>Tablo 3. 1.</b> Duvar ve hamule yüksekliğine göre taş duvar kalınlıkları.....	19
<b>Tablo 3. 2.</b> Taşıma kapasite faktörleri .....	34
<b>Tablo 7. 1.</b> İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği .....	98
<b>Tablo 7. 2.</b> İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği .....	99
<b>Tablo 7. 3.</b> İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği .....	99
<b>Tablo 7. 4.</b> İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği .....	100
<b>Tablo 8. 1.</b> Donatılı zeminin sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği ( $S_h = 0,25$ m) .	101
<b>Tablo 8. 2.</b> Donatılı zeminin sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği ( $S_h = 0,50$ m)	102
<b>Tablo 10. 1.</b> Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil).....	104
<b>Tablo 10. 2.</b> Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil).....	106
<b>Tablo 10. 3.</b> Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil).....	108
<b>Tablo 10. 4.</b> Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil).....	109
<b>Tablo 10. 5.</b> Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut) .....	111
<b>Tablo 10. 6.</b> Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut).....	112
<b>Tablo 10. 7.</b> Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut) .....	114
<b>Tablo 10. 8.</b> Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut).....	115
<b>Tablo 10. 9.</b> Donatılı zemin hesaplarında uygulanacak zemin değerleri ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil, Bütün $S_h$ 'lar için).....	117
<b>Tablo 10. 10.</b> Donatılı zemin hesaplarında uygulanacak şerit değerleri ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil, bütün $S_h$ 'lar için).....	118
<b>Tablo 10. 11.</b> Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ ).....	119
<b>Tablo 10. 12.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 0,5 m) .....	119

<b>Tablo 10. 13.</b> Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 0,5 m).....	<b>120</b>
<b>Tablo 10. 14.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m) .....	<b>120</b>
<b>Tablo 10. 15.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m) .....	<b>121</b>
<b>Tablo 10. 16.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,50 m) .....	<b>121</b>
<b>Tablo 10. 17.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,50 m) .....	<b>122</b>
<b>Tablo 10. 18.</b> Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil $\alpha = 18^\circ$ ).....	<b>122</b>
<b>Tablo 10. 19.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 0,5 m) .....	<b>123</b>
<b>Tablo 10. 20.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 0,5 m) .....	<b>123</b>
<b>Tablo 10. 21.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1 m) .....	<b>124</b>
<b>Tablo 10. 22.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1 m) .....	<b>124</b>
<b>Tablo 10. 23.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1,50 m) .....	<b>125</b>
<b>Tablo 10. 24.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1,5 m) .....	<b>125</b>
<b>Tablo 10. 25.</b> Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 0^\circ$ ).....	<b>126</b>
<b>Tablo 10. 26.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. Mevcut, $\alpha = 0^\circ$ , Don Derinliği = 0,5 m) .....	<b>126</b>
<b>Tablo 10. 27.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 0,5 m) .....	<b>127</b>
<b>Tablo 10. 28.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. Mevcut, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m) .....	<b>127</b>
<b>Tablo 10. 29.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m) .....	<b>128</b>
<b>Tablo 10. 30.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 0^\circ$ , Don Derinliği = 1,50 m) .....	<b>128</b>

<b>Tablo 10. 31.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. Mevcut, $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,50 m) .....	<b>129</b>
<b>Tablo 10. 32.</b> Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ ).....	<b>129</b>
<b>Tablo 10. 33.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =0,50 m) .....	<b>130</b>
<b>Tablo 10. 34.</b> Taşımaya Karşı Güvenlik Sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =0,50 m) .....	<b>130</b>
<b>Tablo 10. 35.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =1,00 m) .....	<b>131</b>
<b>Tablo 10. 36.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ , Don derinliği =1,00 m) .....	<b>131</b>
<b>Tablo 10. 37.</b> Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =1,50 m) .....	<b>132</b>
<b>Tablo 10. 38.</b> Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut, $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =1,50 m) .....	<b>132</b>
<b>Tablo 10. 39.</b> Donatılı Zemin İstinat Duvar Şerit Uzunlukları ( $S_h = 0,25$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil) .....	<b>133</b>
<b>Tablo 10. 40.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,25$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>133</b>
<b>Tablo 10. 41.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit uzunlukları ( $S_h = 0,50$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>134</b>
<b>Tablo 10. 42.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,50$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>134</b>
<b>Tablo 10. 43.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit uzunlukları ( $S_h = 0,75$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>135</b>
<b>Tablo 10. 44.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,75$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>135</b>
<b>Tablo 10. 45.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit uzunlukları ( $S_h = 1,00$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>136</b>
<b>Tablo 10. 46.</b> Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 1,00$ m, $S_v = 0,75$ m, $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil).....	<b>136</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Yanal toprak basınç kategorileri .....	2
Şekil 2. 2. Rankine aktif yanal toprak basıncının şekil üzerinde gösterimi .....	5
Şekil 2. 3. Rankine aktif basıncın gösterimi .....	7
Şekil 2. 4. Rankine aktif yanal toprak basınç diyagramı .....	8
Şekil 2. 5. Rankine pasif yanal toprak basıncı .....	9
Şekil 2. 6. Rankine pasif basıncın mohr dairesi üzerinde gösterimi .....	10
Şekil 2. 7. Rankine pasif yanal toprak basınç diyagramı .....	11
Şekil 2. 8. Duvar arka kısmındaki sürşarj yükünün duvara yanal olarak etkimesi .....	12
Şekil 2. 9. Konsol istinat duvarında geotekstil uygulaması .....	13
Şekil 2. 10. Duvar arka kısmındaki suyun duvarı yanal olarak etkimesi .....	14
Şekil 3. 1. Taş duvarda barbakan yerleşimi .....	18
Şekil 3. 2. Taş duvarda barbakan ve damlalık yapımı .....	18
Şekil 3. 3. Tablo 3.1 'in Şekil Üzerinde Gösterimi .....	20
Şekil 3. 4. Harçlı taş istinat duvarının geometrik gösterimi .....	21
Şekil 3. 5. Tamamlanmış harçlı taş istinat duvar fotoğrafı .....	21
Şekil 3. 6. Yarı ağırlıklı istinat duvarı .....	23
Şekil 3. 7. Konsol istinat duvarının kısımları .....	24
Şekil 3. 8. Konsol istinat duvarının dış stabilitesi .....	26
Şekil 3. 9. Konsol istinat duvar kısımlarının oranlaması .....	27
Şekil 3. 10. Konsol istinat duvarında $B_4$ ve $\eta$ gösterimi .....	28
Şekil 3. 11. Konsol istinat duvarında kayma faktörünün irdelenmesi .....	30
Şekil 3. 12. Konsol istinat duvarında deviren ve direnen kuvvetlerin gösterimi .....	32
Şekil 3. 13. Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesiyle ilgili gösterimi .....	35
Şekil 3. 14. Konsol istinat duvarı genişleme derzi .....	36
Şekil 3. 15. Payandalı istinat duvarı .....	36
Şekil 3. 16. Ankrajlı istinat duvarı .....	38
Şekil 4. 1. Donatılı zeminin şematik görünümü .....	40
Şekil 4. 2. Donatılı zemin ve kısımları .....	41
Şekil 4. 3. Donatılı zemin fotoğrafı .....	41
Şekil 4. 4. a-) ve b-) Tek ve çift eksenli geogrid örneği .....	45
Şekil 4. 5. Geogridlerin aktif yanal toprak kuvvetine karşı sürtünme kuvveti ile karşı koyma durumu .....	46

<b>Şekil 4. 6.</b> Üçgen açıklığa sahip tensar geogridleri.....	<b>46</b>
<b>Şekil 4. 7.</b> Geosentetik donatılı zemin duvarın genel görünümü .....	<b>48</b>
<b>Şekil 4.8.</b> Geosentetik donatılı zemin duvarın kopma ve çekme durumları .....	<b>49</b>
<b>Şekil 4. 9.</b> Geosentetik donatılı zemin duvarın dış stabilitesi .....	<b>52</b>
<b>Şekil 10. 1.</b> Konsol istinat duvarı genel gösterim şeması ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)...	<b>104</b>
<b>Şekil 10. 2.</b> Konsol istinat duvarın genel gösterim şeması ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil) .....	<b>107</b>
<b>Şekil 10. 3.</b> Konsol istinat duvarı genel gösterim şeması ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut).....	<b>110</b>
<b>Şekil 10. 4.</b> Konsol istinat duvarı genel gösterim şeması ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut).....	<b>113</b>
<b>Şekil 10. 5.</b> Donatılı zemin duvarının genel gösterim şeması.....	<b>116</b>

## GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa
<b>Grafik 2. 1.</b> Yanal toprak basınçlarının grafik üzerindeki gösterimi .....	4
<b>Grafik 4. 1.</b> İstinat duvarlarının fiyat açısından karşılaştırılması.....	42
<b>Grafik 5. 1.</b> Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği .....	55
<b>Grafik 5. 2.</b> Konsol istinat duvarında kayma karşı güvenlik sayısı grafiği.....	57
<b>Grafik 5. 3.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	58
<b>Grafik 5. 4.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	59
<b>Grafik 5. 5.</b> Konsol istinat duvarında taşımaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	60
<b>Grafik 5. 6.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	61
<b>Grafik 5. 7.</b> Konsol istinat duvarında taşımaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	62
<b>Grafik 5. 8.</b> Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği .....	63
<b>Grafik 5. 9.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve $D_f=0,5$ m).....	65
<b>Grafik 5. 10.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil, $D_f = 0,50$ m).....	66
<b>Grafik 5. 11.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği.....	67
<b>Grafik 5. 12.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	68
<b>Grafik 5. 13.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği.....	70
<b>Grafik 5. 14.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı Grafiği ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil, $D_f = 1,50$ m) .....	71
<b>Grafik 5. 15.</b> Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği .....	72
<b>Grafik 5. 16.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	73
<b>Grafik 5. 17.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	74
<b>Grafik 5. 18.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	76
<b>Grafik 5. 19.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	77
<b>Grafik 5. 20.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	78
<b>Grafik 5. 21.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	79
<b>Grafik 5. 22.</b> Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği .....	80
<b>Grafik 5. 23.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	82
<b>Grafik 5. 24.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	83
<b>Grafik 5. 25.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	84
<b>Grafik 5. 26.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	85

<b>Grafik 5. 27.</b> Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği .....	<b>86</b>
<b>Grafik 5. 28.</b> Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği .....	<b>87</b>
<b>Grafik 6. 1.</b> Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 0,25$ m) .....	<b>89</b>
<b>Grafik 6. 2.</b> Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,25$ m) .....	<b>90</b>
<b>Grafik 6. 3.</b> Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 0,50$ m) .....	<b>91</b>
<b>Grafik 6. 4.</b> Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,50$ m) .....	<b>92</b>
<b>Grafik 6. 5.</b> Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 0,75$ m) .....	<b>93</b>
<b>Grafik 6. 6.</b> Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,75$ m) .....	<b>94</b>
<b>Grafik 6. 7.</b> Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 1,00$ m) .....	<b>95</b>
<b>Grafik 6. 8.</b> Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 1,00$ m) .....	<b>96</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

### Simgeler

- A** : Konsol İstinat Duvarı Gövde Tepe Genişliği
- B** : Betonarme Konsol İstinat Duvarında Temel Uzunluğu
- C** : Zemin kohezyon değereri
- D<sub>f</sub>** : Temel Don Derinliği
- e** : Eksantriste değereri
- F<sub>cd</sub>, F<sub>qd</sub>, F<sub>yd</sub>** : Yapıda Taşıma Kapasitesinde Kullanılan Derinlik Değerleri
- f<sub>y</sub>** : Donatılı Zemin Duvarında şeritin Kopma Veya Akma Dayanımı
- GS** : Güvenlik Sayısı
- GS<sub>DEVİRİLME</sub>** : Devrilme İçin Güvenlik Katsayısı
- GS<sub>KAYMA</sub>** : Kayma İçin Güvenlik Katsayısı
- GS<sub>TAŞIMA</sub>** : Taşıma İçin Güvenlik Katsayısı
- H** : Duvar Yüksekliği
- H<sub>1</sub>** : Betonarme Konsol İstinat Duvarında Temel Kalınlığı
- H<sub>2</sub>** : Betonarme Konsol İstinat Duvarında Konsol Yüksekliği
- q** : Sürşarj Yüğü
- q<sub>max</sub>** : İstinat Duvarı Ucundaki Maksimum Basınç
- q<sub>min</sub>** : İstinat Duvarı Ucundaki Minimum Basınç
- q<sub>u</sub>** : Temel Zeminin Nihai Taşıma Kapasitesi
- K** : Zemin Basıncı Katsayısı
- K<sub>0</sub>** : Sükunetteki Zemin Basıncı Katsayısı
- K<sub>a</sub>** : Rankine Aktif Basınç Katsayısı
- K<sub>p</sub>** : Rankine Pasif Basınç Katsayısı
- k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>** : Yapıda Kayma İçin Kullanılan Güvenlik Sayıları
- L** : Donatılı Zeminde Kullanılan Toplam şerit Uzunluğu
- L<sub>e</sub>** : Kama Yüzeyi Dışındaki Uzunluk
- L<sub>R</sub>** : Kama Göçme Yüzeyi İçindeki Uzunluk
- M** : Moment
- M<sub>a</sub>** : Statik Aktif Zemin Momenti
- M<sub>h</sub>** : Sürşarj Yüğünden Dolaylı Meydana Gelen Moment
- M<sub>p</sub>** : Statik Pasif Zemin Momenti
- M<sub>w</sub>** : Duvarın Arkasındaki Suyun Oluşturduğu Moment
- N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>y</sub>** : Taşıma Kapasitesinde Kullanılan Faktörleri

**$P_a$**  : Statik Aktif Zemin Basıncı  
 **$P_{a(düşey)}$**  : Statik Aktif Zemin Basıncının Düşey Bileşkesi  
 **$P_{a(yatay)}$**  : Statik Aktif Zemin Basıncının Yatay Bileşkesi  
 **$P_h$**  : Sürşarj Yükünden Dolayı Meydana Gelen Basıncı  
 **$P_p$**  : Statik Pasif Zemin Basıncı  
 **$P_w$**  : Duvarın Arkasındaki Suyun Oluşturduğu Basıncı  
 **$r$**  : Donatılı Zeminde Şeridin Korozyon Oranı  
 **$S$**  : İki Donatı Arası Uzaklık  
 **$S_h$**  : İki Donatı Arasındaki Yatay Uzaklık  
 **$S_v$**  : İki Donatı Arasındaki Düşey Uzaklık  
 **$t_c$**  : Donatı Şeritlerinin Gerçek Kalınlığı  
 **$t_{dizayn}$**  : Donatı Şeritlerinin Tasarım Kalınlığı  
 **$u$**  : Duvar Arkasındaki Suyun Basıncı Etkisi  
 **$w$**  : Donatılı Zemin Duvarında Şerit Genişliği  
 **$W_c$**  : Betonarme İstinat Duvarın Zati Ağırlığı  
 **$W_s$**  : Konsol Üzerindeki Dolgunun Ağırlığı  
**YASS**: Yeraltı Su Seviyesi  
 **$Z_c$**  : Zemin Gerilmesinin Sıfır Olduğu Derinlik  
 **$\alpha$**  : Duvar Arkası Tabii Zemin Eğimi  
 **$\gamma$**  : Birim Hacim Ağırlık  
 **$\gamma_{beton}$**  : Betonun Birim Hacim Ağırlığı  
 **$\gamma_{dolgu}$**  : Dolgunun Birim Hacim Ağırlığı  
 **$\gamma_w$**  : Suyun Birim Hacim Ağırlığı  
 **$\gamma_{zemin}$**  : Zeminin Birim Hacim Ağırlığı  
 **$\sigma_a$**  : Aktif Yanal Toprak Gerilmesi  
 **$\sigma_0$**  : Efektif Düşey Gerilme  
 **$\Phi$**  : Zemin İçsel Sürtünme Açısı

### **Kısaltmalar**

**MSE** : Donatılı Zemin Duvarı

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, konsol istinat duvarının, farklı duvar yükseklikleri ile duvara etki eden sürşarj yük değişimi, yeraltı su seviyesinin değişimi, don derinlik değişimi, duvar arkası tabii zeminin değişimi gibi parametrelerden nasıl etkilendiği gösterilmiştir. Donatılı zemin duvarlarında ise değişen duvar yükseklikleri ve donatı çelik şerit ömürleri göz önüne alınarak çelik şerit uzunlukları ve kalınlıkları belirlenmiştir. Çalışmada konsol istinat duvarının parametreleri genellikle karayollarında uygulanan verilerden alınmıştır. Duvar yükseklikleri 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m, 10 m, 11 m, 12 m, 13 m, 14 m, 15 m, 16 m, 17 m, 18 m ve 19 m alınmıştır. Duvar arkası sürşarj yükleri  $0 \text{ kN/m}^2$ ,  $5 \text{ kN/m}^2$ ,  $10 \text{ kN/m}^2$ ,  $15 \text{ kN/m}^2$  ve  $20 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır. Duvar arkası dolgusu içsel sürtünme açısı  $35^\circ$ , birim hacim ağırlık  $20 \text{ kN/m}^3$  alınmıştır. Duvar arkası tabii zeminin kohezyonu  $3 \text{ kN/m}^2$ , birim hacim ağırlığı  $21 \text{ kN/m}^3$ , içsel sürtünme açısı  $30^\circ$  olarak alınmıştır. Duvar temel altı zeminin kohezyonu  $5 \text{ kN/m}^2$ , birim hacim ağırlığı  $20,50 \text{ kN/m}^3$  ve içsel sürtünme açısı  $30^\circ$  olarak alınmıştır. Duvar arkası tabii zemin eğimi  $\alpha = 0^\circ$  ve ortalama  $\alpha = 18^\circ$  olarak alınmıştır. Yeraltı su seviyesi, tabii zemin üst seviyesi ve duvar yüksekliği boyunca alınmıştır.

Donatılı zemin istinat duvar parametreleri genellikle karayollarında uygulanan verilerden alınmıştır. Duvar yükseklikleri 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m, 10 m, 11 m, 12 m, 13 m, 14 m, 15 m, 16 m, 17 m, 18 m ve 19 m alınmıştır. Duvar yükü duvarı parametreleri ile aynıdır.

## 2. YANAL TOPRAK BASINCI

### 2.1. Giriş

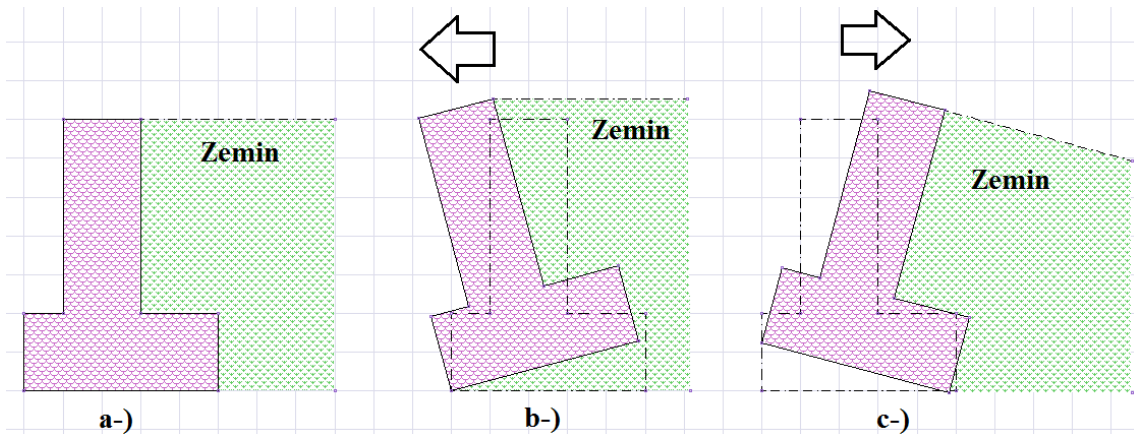
Yanal toprak basıncı temel mühendisliğinde önemli bir tasarım konusudur. Destekli/desteksiz kazılar, istinat duvarları, palplanşlar, zemin veya kayaya temas eden tünel duvarları ve diğer yeraltı yapıları bir tasarım veya stabilite analizi için yapısal bir eleman üzerindeki yanal basıncın tahminini gerektirmektedir.

Mohr göçme zarfı ile tanımlanan plastik denge metodu, zeminden gelen yanal basıncı tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu işlem sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılabilir. Ancak bu durumun rutin tasarım için dezavantajı bulunmaktadır. Aynı zamanda sonlu elemanlar metodu, tünel iç gömlekleri ve büyük gömülü kanallar üzerindeki basıncı tahmin etmek için birçok yanal basınç analizinden daha fazla uygulamaya sahiptir.

Zemin yer değiştirmeleri sırasında toprak basıncı artar, ancak Mohr göçme zarfında, zemin göçme durumuna gelinceye kadar gerilmeler belirsizdir. Her yerde, aynı anda zemin kütlelerinde plastik denge durumunu oluşturmak zor olduğu için, göçme sırasında da belirsizlik bulunmaktadır. Bu durum, ilerleyen süreçte gerçekleşir. Bununla birlikte, bu yaklaşım, hem kolaylık hem de gerekli zemin parametrelerini yüksek derecede güvenilirlikle elde etmek istenildiği için, göçme durumunu ideal olarak analiz etmek oldukça yaygın bir uygulamadır (Bowles vd., 1997:589).

Üç adet yanal toprak basıncı durumu bulunmaktadır. Bunlar:

- \* Sükunetteki toprak basıncı
- \* Aktif toprak basıncı
- \* Pasif toprak basıncı



Şekil 2. 1. Yanal toprak basınç kategorileri

Şekil 2.1. a: Sükunet haldeki toprak basıncını göstermektedir (duvar hareketsizdir).

Şekil 2.1. b: Aktif toprak basıncını göstermektedir (duvar zeminden uzaklaşmaktadır).

Şekil 2.1. c: Pasif toprak basıncını göstermektedir (duvar zemine yaklaşmaktadır).

(Weber, 2012:2-4)

Duvarın hareketsiz durumdan kademeli olarak yer değiştirme azalması veya artması Grafik 2.1.'de gösterildiği gibi verilebilir. Burada  $\Delta_a$  aktif yanal basınçta, duvardaki değişen birim yanal uzunluğunun duvar yüksekliğine oranı olarak verilebilir.

$$\Delta_a = \Delta L_a / H \quad (2.1)$$

$\Delta_p$  ise pasif yanal basınçta duvardaki değişen birim yanal uzunluğun duvar yüksekliğine oranı olarak verilebilir.

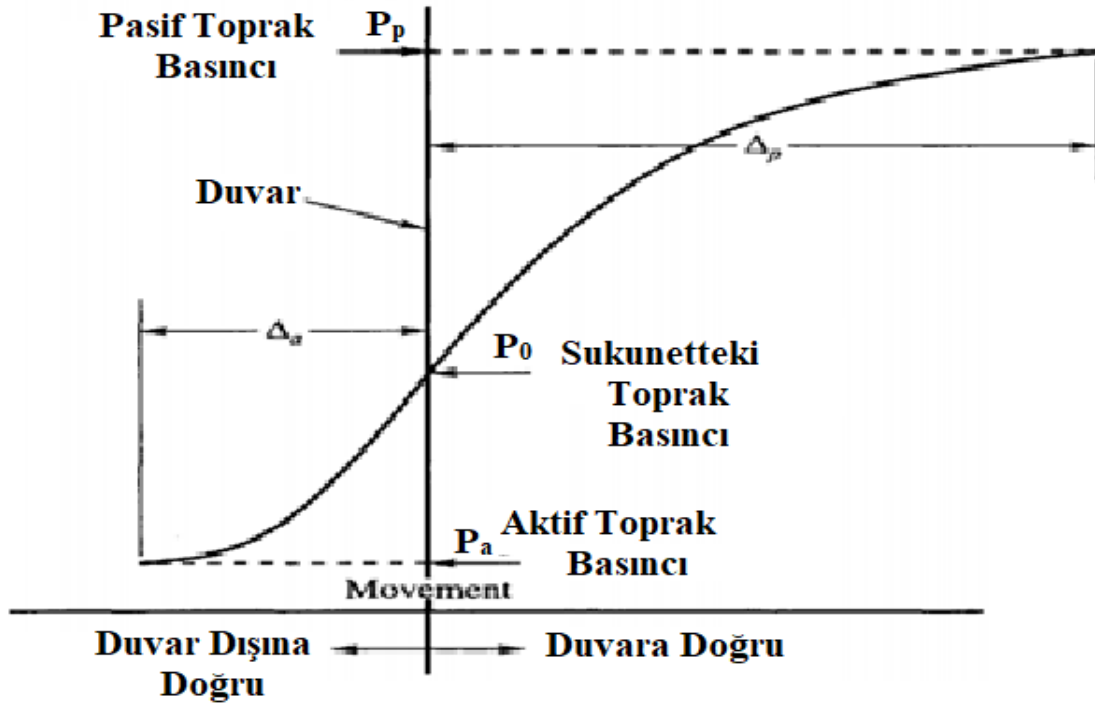
$$\Delta_p = \Delta L_p / H \quad (2.2)$$

Pasif durumu arttırmak için gereken  $\Delta_p$  hareketi, aktif durum için gereken  $\Delta_a$  'dan oldukça büyük olması gerekecektir. Bazı zeminlerde aktif ve pasif durumlardaki değerlere ulaşmak için genel koşullar Tablo 2.1'de verilmiştir (Das, 2002:366).

**Tablo 2. 1.** Bazı zeminlerin  $\Delta_a$  ve  $\Delta_p$  gösterimi

Zemin Tipi	$\Delta L_a / H$	$\Delta L_p / H$
Gevşek Kum	0,001-0,002	0,01
Sıkı Kum	0,0005-0,001	0,005
Yumuşak Kil	0,02	0,04
Sert Kil	0,01	0,02

**Kaynak:** (Das, 2002: 366)



**Grafik 2. 1.** Yanal toprak basınçlarının grafik üzerindeki gösterimi

**Kaynak:** (Murthy, 2016:423)

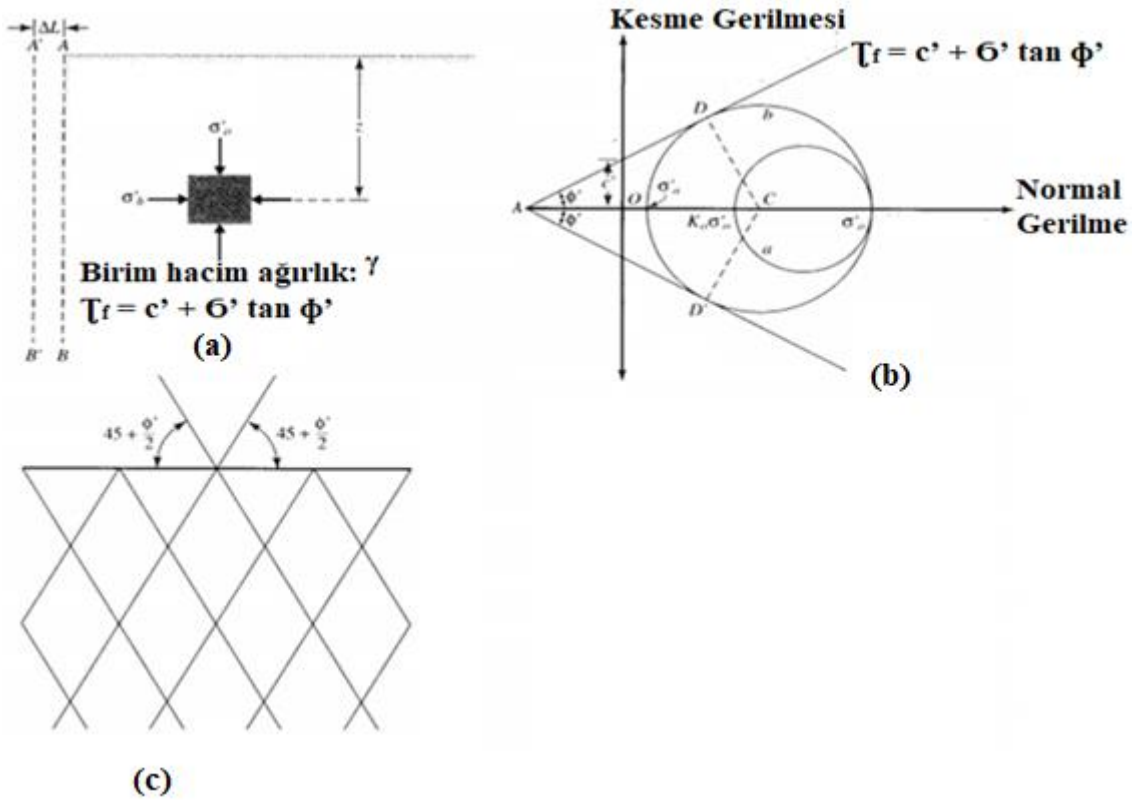
## 2.2. Rankine Aktif Basınç Teorisi

Rankine (1857) yanall toprak basıncı ile ilgili olarak aşağıdaki varsayımları yapmıştır:

- Zemin homojen ve izotropdur. Yani zeminin bünyesinde bulunan birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) her yerde aynı olup, herhangi bir doğrultuda değişim göstermemektedir.
- Kritik kayma bir düzlemden meydana gelmektedir. Kritik rijit üçgen, kama boyunca kırılır ve bu halde bükeylik durumu söz konusudur.
- Duvar ile dolgu zemini arasında sürtünme yok kabul edilmektedir ( $\delta = 0$ ).
- Kayma direnci parametresini uygularken  $\phi$  kullanılmaktadır.
- Kırılma iki boyutlu olarak düşünölmektedir.
- Duvar yüzeyi pürüzsüz düz olarak kabul edilir.
- Duvarın arka kısmına gelen normal kuvvet ve kesme kuvvetinin bileşkeleri zemin yüzeyine paralel olacak yani eğimli bir şekilde düşünölmüştür.

Zemindeki plastik denge ifadesi, zemin kütleindeki her noktanın göçme durumunda olduğu koşulunu ifade etmektedir. Rankine zemindeki gerilme koşullarını plastik denge durumları için araştırmıştır.

Şekil 2.2. a'da, sonsuz bir derinliğe uzanan sürtünmesiz bir duvar AB tarafından sınırlanan bir zemin kütlesi belirlenmiştir. Herhangi bir "z" derinliğindeki bir zemin elemanı üzerindeki düşey ve yatay etkili ana gerilmeler sırasıyla düşey,  $\sigma_v$ , ve yatay,  $\sigma_h$ , gerilmelerdir. Eğer duvarın, AB'nin, hareket etmesine izin verilmez ise,  $\sigma_h = K_0 \times \gamma \times H$  olacaktır. Buna sükûnetteki toprak basıncı denir. Şekil b'de görüldüğü üzere zemindeki gerilme durumu Mohr dairesi (a) ile belirlenebilir. Bununla birlikte, eğer AB duvarının yavaş yavaş zemin kütlesinden uzaklaşmasına izin verilirse, düşey gerilmeler sabit olup, yatay ana gerilme azalacaktır. Sonunda, zemindeki gerilme koşulunun Mohr dairesi (b) plastik dengenin durumu ve zeminin göçmesi ile temsil edilebildiği bir duruma ulaşılacaktır. Bu durum Rankine'nin aktif durumunu temsil etmektedir. Şekilde, burada düşey düzlemdeki  $\sigma_a$  basıncı, Rankine'nin aktif toprak basıncını ifade etmektedir. (Das, 2002: 374-396)



Şekil 2. 2. Rankine aktif yanal toprak basıncının şekil üzerinde gösterimi

**Kaynak:** (Das, 2002:375)

Şekil 2.2. b' de görüldüğü üzere (b) Mohr dairesinin yarıçapının uzunluğu  $(\sigma_0' - \sigma_a')/2$  olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda [CD] doğrusu [AD] doğrusuna dik olacaktır. Dolayısıyla;

$$\sin(\phi') = \frac{[CD]}{[AC]} = \frac{[AC]}{([AO] + [AC])} \quad (2.3)$$

$$[AO]=c' \times \cot (\phi') \quad (2.4)$$

$$[OC]=(\sigma_0'+\sigma_a') / 2 \quad (2.5)$$

$$\sin (\phi') = \frac{((\sigma_0'-\sigma_a') / 2)}{(\sigma_0'+\sigma_a') / 2 + (c' \times \cot (\phi'))} \quad (2.6)$$

2.6 formülünde içler dışlar çarpımı yapılırsa;

$$\frac{(\sigma_0' - \sigma_a')}{2} = c' \times \cos(\phi') + \sin (\phi') \times \frac{(\sigma_0' + \sigma_a')}{2} \quad (2.7)$$

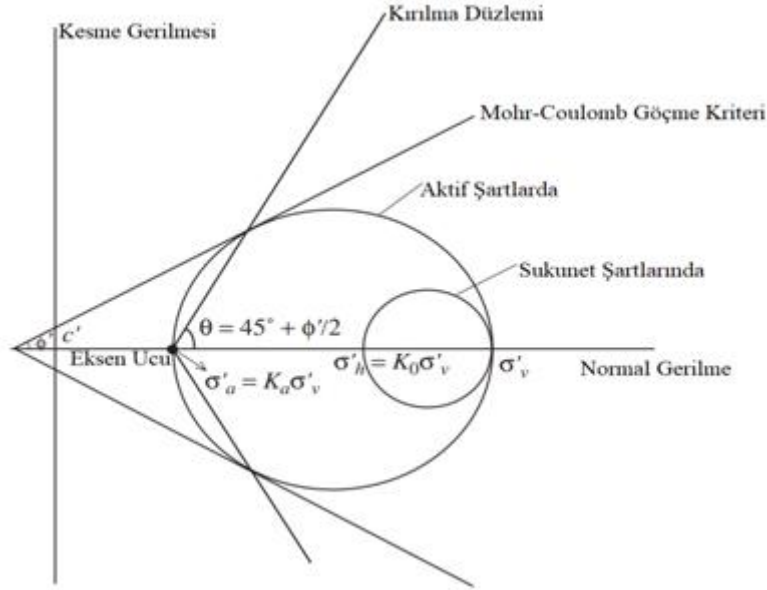
$\sigma_a$  yalnızlaştırılırsa;

$$\sigma_a = \sigma_0 \times \frac{(1 - \sin (\phi'))}{(1 + \sin (\phi'))} - 2 \times c' \times \frac{\cos (\phi')}{(1 + \sin (\phi'))} \quad (2.8)$$

$$\frac{(1 - \sin (\phi'))}{(1 + \sin (\phi'))} = \tan^2(45 - \phi'/2) = K_a \quad (2.9)$$

$$\frac{\cos (\phi')}{(1 + \sin (\phi'))} = \sqrt{K_a} \quad (2.10)$$

Şekil 2.2. b'de, zeminde göçme düzlemi olduğu görülmektedir. Göçme yüzeyi ile yatay olan ana düzlemin yönü ile yaptığı açı  $\pm(45+\phi'/2)$  şeklinde olacaktır. Şekil 2.2. c'de görüldüğü üzere bu duruma potansiyel kayma yüzeyi denilmektedir (Das, 2002: 375-377). Sonuç olarak, Rankine Aktif Toprak Basıncı Şekil 2.3' teki gibi özetlenebilir.



**Şekil 2. 3.** Rankine aktif basıncın gösterimi

**Kaynak:** (Helwany, 2007: 242)

Şekil 2.4.' te Rankine aktif basınç diyagramı gösterilmektedir. Burada üçgen olan zeminin kohezyonsuz kısmını, dikdörtgen olan ise kohezyonlu kısmını temsil etmektedir. Toplam aktif gerilme granüler zemin kısmından killi kısmın çıkartılması ile elde edilir.

$$\sigma_a = \gamma_{zemin} \times H \times K_a - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \quad (2.11)$$

Uygulanan yanıl basınç kuvvetini bulabilmek için burada bulunan şekillerin alanından faydalanılması gerekmektedir. Burada üçgen ve dikdörtgen alanları bulunmaktadır.

$$P_a = \frac{1}{2} \times \gamma_{zemin} \times H^2 \times K_a - 2 \times c \times H \times \sqrt{K_a} \quad (2.12)$$

Burada üçgen olan (granüler kısmı temsil eder) basınç diyagramı tabanının üzerinden H/3 yüksekliğinde etki edecektir. Dikdörtgen olan (killi kısmı temsil eder) basınç diyagramı tabanının üzerinden H/2 yüksekliğinde etki edecektir. Dolayısı ile  $M_a$ :

$$M_a = \frac{1}{6} \times \gamma_{zemin} \times H^3 \times K_a - c \times H^2 \times \sqrt{K_a} \quad (2.13)$$

Şekilde, toplam gerilmenin belirli derinlikte sıfır değerini aldığını görülmektedir. Gerilmenin sıfır olduğu yer  $z_c$  olarak gösterilmiştir. Dolayısı ile  $Z_c$ :

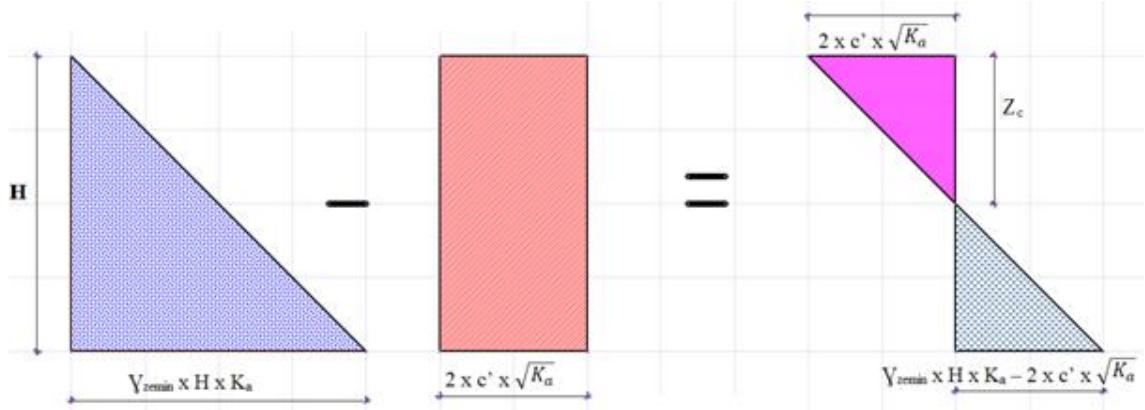
$$\gamma_{zemin} \times Z_c \times K_a - 2 \times c' \times \sqrt{K_a} = 0$$

$$\gamma_{zemin} \times Z_c \times K_a = 2 \times c' \times \sqrt{K_a}$$

$$Z_c = \frac{2 \times c' \times \sqrt{K_a}}{(K_a \times \gamma)}$$

$$Z_c = \frac{2 \times c'}{\gamma_{\text{zemin}} \times \sqrt{K_a}} \quad (2.14)$$

Eşitliğin sonundaki diyagrama bakıp, benzer üçgen uygulayarak aynı sonuca ulaşılabilir.  $Z_c$  ifadesi burada çekme çatlağının derinliği olarak adlandırılır, çünkü zemindeki çekme gerilmeleri sonunda zemin-duvar arayüzü boyunca bir çatlak oluşur. Eğer zemin kohezyonsuzsa, kil içeren dağılımı hesaba katmayarak diğer işlemler bilindiği üzere yapılabilir (Helwany, 2007: 242-244).

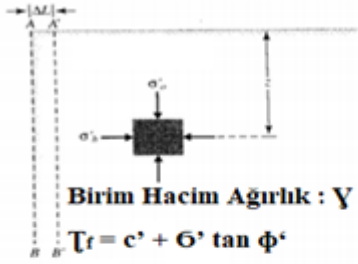


Şekil 2. 4. Rankine aktif yanal toprak basıncı diyagramı

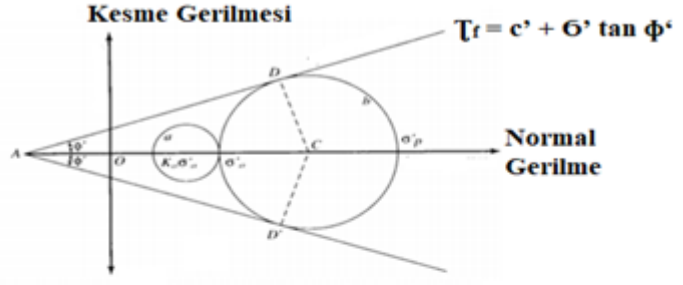
### 2.3. Rankine Pasif Yanal Toprak Basıncı

Şekil 2.5.' te Rankine Pasif Toprak Basıncı verilmiştir. AB'nin sonsuz derinliğe kadar uzanan sürtünmesiz bir duvar olduğunu varsayılır. Burada, bir zemin elemanı üzerindeki başlangıç gerilme koşulunu, Şekil 2.5. ' teki Mohr dairesi (a) temsil etmektedir. Eğer duvar yavaş yavaş zemin kütesine doğru itilirse, etkili ana gerilme  $\sigma_h$  artmış olacaktır. Sonuç olarak, duvar zemin elemanı için gerilme koşulu şekilde gösterildiği üzere Mohr dairesi (b) ile ifade edilebildiği bir duruma ulaşacaktır. Burada, ana gerilme olan yanal toprak basıncı  $\sigma_h'$ , Rankine pasif toprak basıncı olarak adlandırılır.

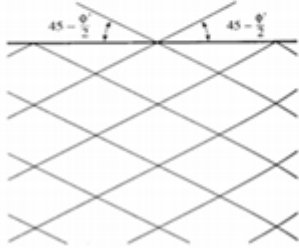
Şekil 2.5. b'de, göçme dairesindeki D ve D' noktaları zemindeki kayma düzlemine karşılık gelmektedir. Göçme yüzeyi ile yatay olan ana düzlemin yönü ile yaptığı açı  $\pm(45 - \phi'/2)$  şeklinde olacaktır. Şekil 2.5.c'de kayma düzlemlerinin zemin kütesi üzerindeki dağılımı görülmektedir (Das, 2002 :377-378).



(a)



(b)

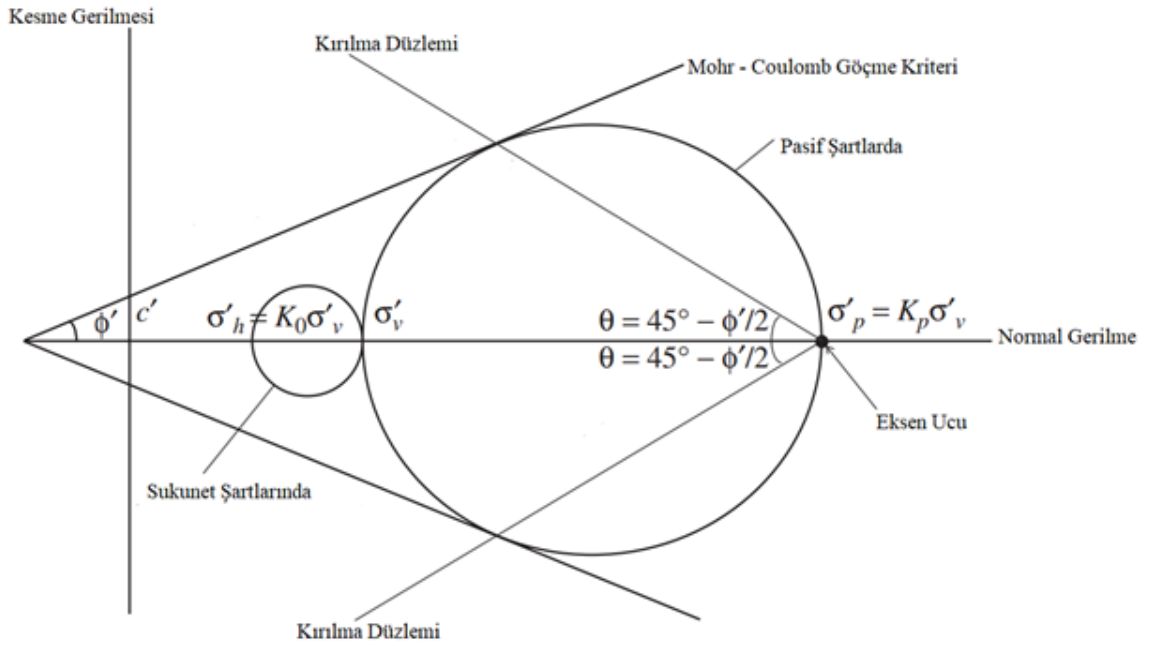


(c)

Şekil 2. 5. Rankine pasif yanal toprak basıncı

Kaynak: (Das, 2002: 375)

Yukarıda uygulanan Mohr daire işleminin özet durumu şekil 2.6' da gösterilmiştir.



**Şekil 2. 6.** Rankine pasif basıncın mohr dairesi üzerinde gösterimi

**Kaynak:** (Helwany, 2007: 250)

Şekil 2.7.' de Rankine pasif basınç diyagramını gösterilmektedir. Burada üçgen olan zeminin kohezyonsuz kısmını, dikdörtgen olan ise kohezyonlu kısmı temsil etmektedir. Toplam gerilme granüler zemin kısmı ile killi kısmı toplamaları ile bulunur.

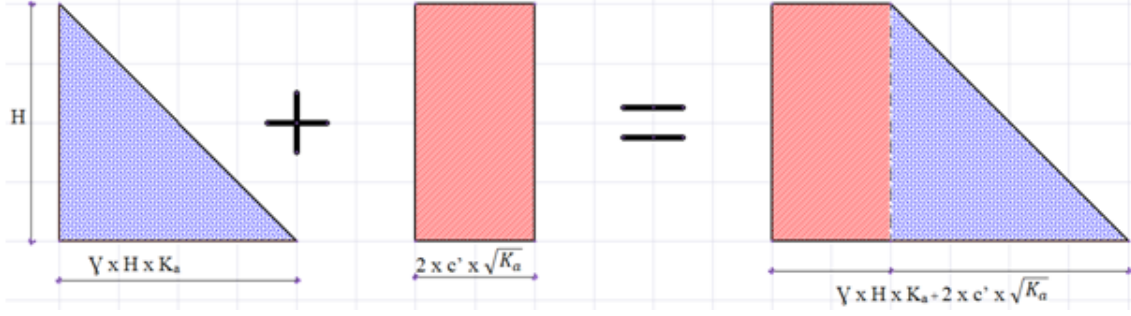
$$\sigma_p = \gamma \times H \times K_a + 2 \times c \times \sqrt{K_a} \quad (2.15)$$

Uygulanan yanal basınç kuvvetini bulabilmek için burada bulunan şekillerin alanından faydalanılması gerekmektedir. Burada üçgen ve dikdörtgen alanları bulunmaktadır.

$$P_p = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_a + 2 \times c' \times H \times \sqrt{K_a} \quad (2.16)$$

Şimdi, burada üçgen olan (granüllü kısmı temsil eder) basınç diyagramı tabanının üzerinden H/3 yüksekliğinde etki edecektir. Dikdörtgen olan (killi kısmı temsil eder) basınç diyagramı tabanının üzerinden H/2 yüksekliğinde etki edecektir. Dolayısı ile  $M_p$  (Helwany, 2007: 249-252),

$$M_p = \frac{1}{6} \times \gamma \times H^3 \times K_a + c' \times H^2 \times \sqrt{K_a} \quad (2.17)$$



Şekil 2. 7. Rankine pasif yanal toprak basınç diyagramı

## 2.4. Duvar Üzerine Etkiyen Diğer Yükler

Duvara etkiyen toprak basınçlarının yanı sıra diğer kuvvetler de etki ederler ve bunlar toprak basınç kuvvetinin üzerine yerleştirilirler. Duvar üzerine etkiyen diğer kuvvetler şunlardır:

Sürşarj Yükü

Su Basıncı

Buz formatının oluşturduğu etki

Şişme Basıncı

Sıcaklığa Bağlı İtme (Bowles vd., 1997: 614-622)

### 2.4.1. Sürşarj yükü

Sürşarj yükü duvarın arkasındaki dolgu yüzeyi boyunca uygulanan kuvvetlerden kaynaklanmaktadır. Bu kuvvetler duvarın arka kısmına ek bir yanal kuvvet uygular. Sürşarj yükleri çizgisel yük, şerit yükü, dolgu yükü, trafik (oto park hali gibi), bina yükü ile yapı trafiği istifleme gibi geçici yüklerden kaynaklanmaktadır. Genellikle sürşarj yükü nedeniyle yanal basıncı belirlemede elastik teori kullanılmaktadır (Bowles vd., 1997: 622). Duvarın arkasındaki geniş bir alandaki düzgün yayılı sürşarj yükü durumunda, sürşarj basıncı şu şekilde ifade edilebilir.

$$\sigma_h = K \times q \quad (2.18)$$

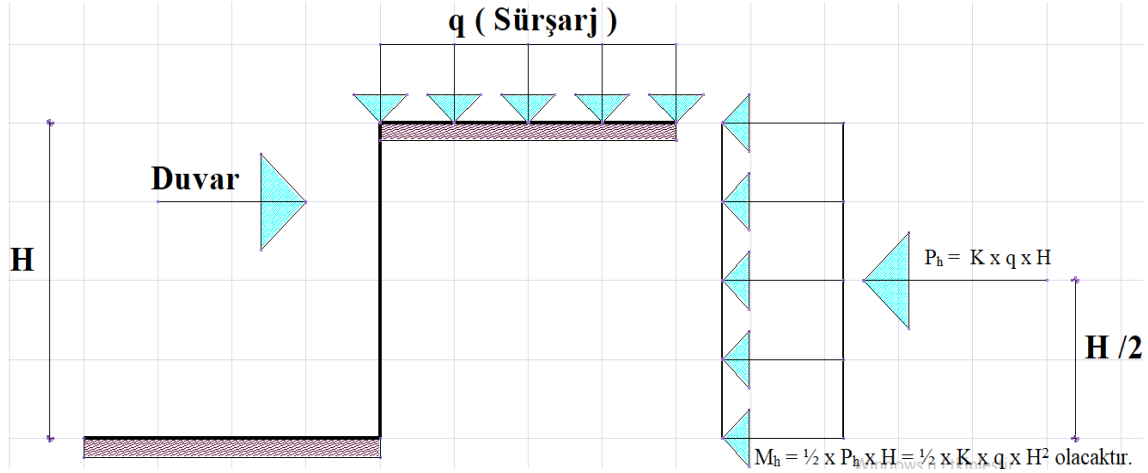
Burada "K" sükunet, aktif ve pasif durumlarda uygulanan bir katsayıdır. Duvarın arkasındaki düzgün yayılı bir sürşarj kuvvetinin basınç diyagramı dikdörtgendir ve duvar tabanının üzerinde H/2 yüksekliğinde etki eder. Bu nedenle düzgün yayılı bir sürşarj yükü nedeniyle duvarın arkasına etki eden yanal kuvvet  $P_h$  dikdörtgenin alanıdır.

$$P_h = K \times q \times H \quad (2.19)$$

H/2 yüksekliğinden etki eden  $P_h$  kuvvetinin oluşturduğu moment ise;

$$M_h = \frac{1}{2} \times H \times P_h = \frac{1}{2} \times K \times q \times H^2 \quad (2.20)$$

Toplam sürşarj yükü ister elastik teoriden isterse yukarıdaki formülde gösterildiği gibi hesaplınsın kuvvet yanal toprak basıncına ilave edilir (Das, 2002: 371-391).



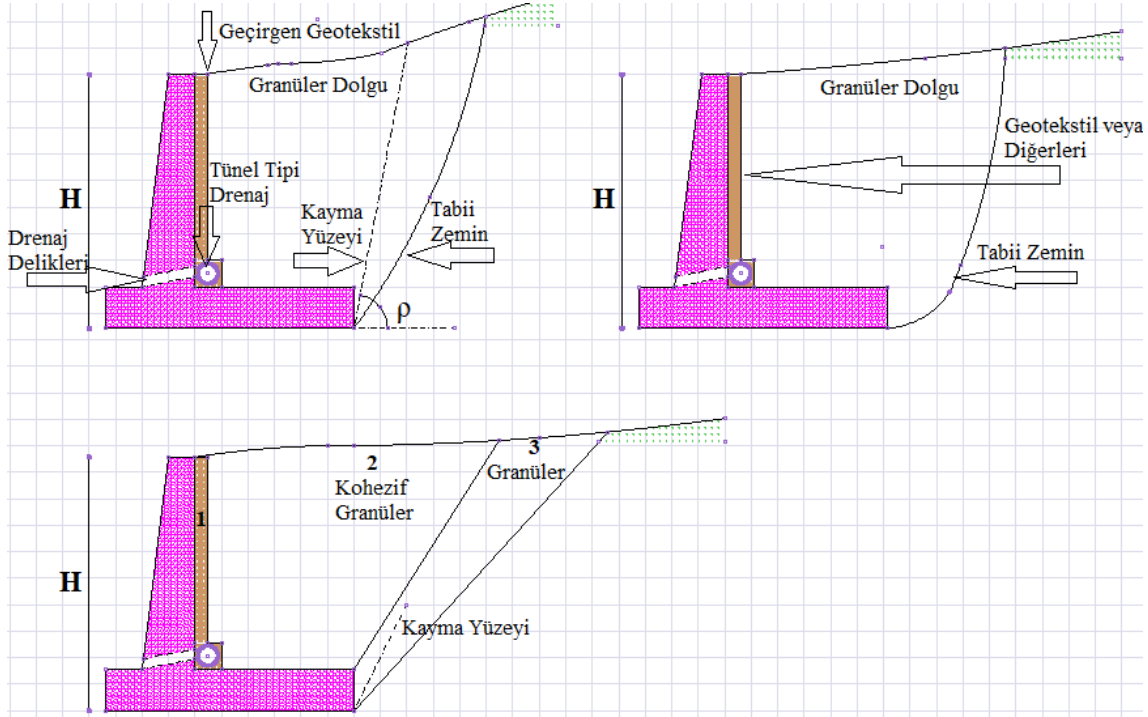
Şekil 2. 8. Duvar arka kısmındaki sürşarj yükünün duvara yanal olarak etkimesi

#### 2.4.2. Dolgudaki su basıncı etkisi

Duvarlar tipik olarak hidrostatik basıncın ve toprak basıncının arkasında gelişmesini önlemek için tasarlanırlar. Dolgu tabakasındaki su, zeminin birim ağırlığını ve yanal basıncı artırdığı için drenajsız durum istenilmemektedir. Hidrostatik su basıncının drenajsız bir duvarın arkasında gelişebileceği durumlarda su basıncından kaynaklanan ek kuvvet yanal toprak basıncına eklenmelidir. Dolgu üzerinde su seviyesi oluşuyorsa, burada su basıncı her yöne eşit olduğu için yani katsayı ( $K=1$ ) su basıncı dağılımı derinlikle doğrusal olarak artmaktadır ve  $\phi = 0$  olduğu için etki daha da fazladır. Soğuk iklimlerde istenmeyen bir başka yan etki, buradaki suyun donması ve yanal basıncı büyük ölçüde artırması duvarın ileriye doğru kaymasına neden olmaktadır. Bu yer değiştirme çözülme meydana geldiğinde bile genellikle tamamen düzleşme sağlanamaz.

Su probleminin büyük kısmı duvar tabanından deliklerin yapılması veya yanal drenaj boruları kullanılarak giderilebilir. Buradaki en büyük sorun dolgu malzemesinin drenaj boru ve deliklerinden geçmediğinden veya yanal tahliye kısmının tıkanmadığından emin olmaktır. Eğer, kum kullanılacak olursa drenaj boru ile temas edilecek kısma kaba malzeme üzerine ince malzeme ile düzgün yerleştirilmelidir. Daha güvenli yöntem, özellikle düşey drenajı temin etmek için imal edilen bir geotekstili hemen duvarın dolgu tarafına yerleştirmekten geçer. Drenaj işleminde geotekstile temas eden dolgu maddesinde malzemenin tahliye

borularına engellenmesi için iri-ince malzeme şeklinde derecelendirmeye ve yerleştirmeye gerek yoktur. Burada yapılan işlem, geotekstili düşey olarak yerleştirmek ve yanal drenajların üzerine dökülen tıkanmayı önlemektir.



Şekil 2. 9. Konsol istinat duvarında geotekstil uygulaması

Geotekstil malzeme drenaj için ideal olsa da, başlangıç itibariyle daha maliyetlidir ve yerleştirme doldurma sırasında özen gerektirir. Genellikle tahliye borularındaki aşındırılan malzemenin geri kazanılması ve başlangıç maliyetinin dengelenmesi tasarruf açısından önemlidir (Bowles vd., 1997: 618).

Duvarın arkasındaki duvar yüksekliğindeki su seviyesinin oluşturduğu su basınç etkisinin formülize edilmiş hali;

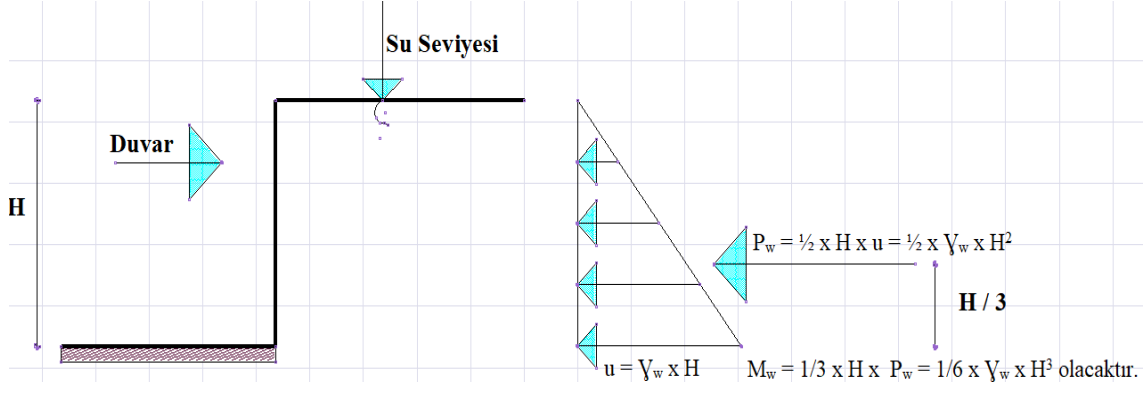
$$u = \gamma_w \times H \quad (2.21)$$

Bilindiği üzere, burada katsayı birdir ( $K=1$ ). Duvarın arkasındaki su yük kuvvetinin basınç diyagramı üçgendir. Bu nedenle, su basıncı nedeniyle duvarın arkasına etki eden yanal kuvvet  $P_w$  üçgenin alanıdır.  $P_w$ ;

$$P_w = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2 \quad (2.22)$$

Su kuvvetinin basınç diyagramı üçgen olduğuna göre ve duvar tabanının üzerinde  $H/3$  yüksekliğinde etki edecektir (Das, 2014: 636-637). Momenti ise;

$$M_w = 1/6 \times \gamma_w \times H^3 \quad (2.23)$$



**Şekil 2. 10.** Duvar arka kısmındaki suyun duvarı yanal olarak etkimesi

### 3. İSTİNAT DUVARI

#### 3.1 Giriş

İstinat duvarı, yükseklikte ani değişiklik olan yerlerde zemini veya diğer malzemeleri sınırlayan bir yapıdır. Dolayısıyla istinat duvarları, yanal toprak ve su basınçlarına, sürşarj yüklerin etkilerine, duvarın kendi ağırlığına ve deprem yüklerine dayanacak şekilde tasarlanmalıdır.

İstinat duvarlarının nasıl çalıştığını ve zeminin duvara karşı nasıl gerilme etki ettirdiğini belirlemedeki ana gelişmeler, 18. ve 19. yüzyıllarda, elektrikle ilgili çalışmaları ile tanınan Fransız mühendis Charles Coulomb'un 1776 yılında ve daha sonra 1857'de William Rankine' nin çalışmaları ile ortaya çıkmıştır. Bugün, onların denklemlerine çoğu inşaat mühendisi aşina olmuştur. 1920'lerde Karl Terzaghi' nin öncü çalışmaları ile zemin mekaniğinin bir bilim olarak tanıtılması bu bilimin önemli bir iskeletini oluşturmuştur. Nitekim, zemin mekaniği ve istinat yapılarının tasarımı son yıllarda önemli ölçüde ilerlemiş, bilime yeni tasarım kavramları, zemin davranışının daha iyi anlaşılması ve daha güvenli ve ekonomik tasarımlar sunmaya olanak sağlamıştır (Brook vd., 2013: 1).

İstinat duvarları için, kendini oluşturan malzemenin bozulma durumunu, duvarı oluşturan her bir malzeme bileşeni üzerindeki potansiyel uzun vadeli etkilerinin dikkate alındığı bir hizmet ömrü tasarlanır. Burada, kalıcı istinat duvarları en az 50 yıl geçici bir istinat duvarları ise en az 5 yıl hizmet verecek şekilde tasarlanmaktadır. Kalıcı istinat duvarlarının tasarımında hizmet içi performansın kalitesi önemli bir husus olmaktadır. Kalıcı duvarlar, estetik açıdan güzel bir görünüm elde etmek ve temel olarak tasarım ömrü boyunca bakım gerektirmemek için tasarlanmalıdır (<http://www.dot.ca.gov/des/techpubs/manuals/bridge-design-specifications/page/section5.pdf>, 05.08.2019).

#### 3.2. İstinat Duvarların Kullanıldığı Yerler

İstinat duvarlarının yaşantımızın çoğu alanında uygulandığını görmek mümkündür. İstinat duvarlarının kullanıldığı yerler aşağıda verilmiştir:

- Eğimli arazilerde alandan faydalanmak için mevcut zemini doğal şev açısından daha dik açı ile tutmayı sağlamada,
- Kayma, göçme ihtimaline karşı zemin yıkımını önlemede,
- Bir binanın etrafını çevreleyen bodrum duvarların yapımında,

- Hidrostatik basıncı karşılamaya yönelik kanal ve su deposu oluşturmak için,
- Yol dolgusunu tutma amacı ile köprü veya menfezlerde kenar ayaklarda, ricat duvarlarında, kanat duvarlarında,
- Yanal zemin basıncını önlemeye yönelik, derin çukur yan duvarlarında,
- Karayolu inşaatlarında şev düzenlemesinde,
- Depolarda, malzemenin oluşturacağı yanal basıncı karşılamak amacı ile duvar yapımında,
- Yüksek dolgu ve yarması bulunan karayolunda, yamaç yol kısımlarında kullanılabilir (Yavan. 2015: 17).

### 3.3. İstinat Duvar Çeşitleri

İstinat duvarları genellikle ağırlıklı, yarı ağırlıklı, konsol ve ankrajlı olarak sınıflandırılır. Ağırlıklı istinat duvarları, duvarın ölü ağırlığı ile yanal yüklere dayanma kapasitelerini üretir. Ağırlıklı duvarı tipi, rijit ağırlık duvarları, mekanik olarak dengelenmiş toprak duvarları ve önceden hazırlanmış modüler ağırlık duvarları içerir. Yarı ağırlıklı istinat duvarları, ağırlıklı istinat duvarlarına benzer, ancak yanal yüklere dayanma kapasitelerini elde etmek için dolgu malzemelerinin ölü ağırlığını harekete geçirmek için yapısal bileşenlerine güvenirlir. Konsol istinat duvarları, yanal yüklere karşı pasif direnci harekete geçirmek için temel malzemesine kısmen gömülmüş duvarın yapısal bileşenlerine dayanır. Ankrajlı duvarlar, yapısal bileşenlerinin ankrajlara bağlı germe elemanları tarafından tutturulması ve muhtemelen ayrıca yapısal bileşenlerinin temel malzemesine kısmen gömülmesiyle sınırlandırılması nedeniyle yanal yüklere dayanma kapasitelerini oluşturur. Ankrajlar, toprak ankrajları (geri bağlamalar), pasif beton ankrajları, pasif kazık ankrajları veya kazık grubu ankrajlarından oluşur. Zemin ankrajları doğrudan duvar yapısal bileşenlerine bağlanırken, diğer tip ankrajlar duvar yapısal bileşenlerine bağlantı çubukları vasıtasıyla bağlanmaktadır.

Uygun duvar tipinin seçimi, yapımı bakımı, maliyetinden sonra tasarım yüklemesinin değerlendirilmesine, yeterli temel desteğinin derinliğine, zararlı çevresel faktörlerin varlığına, çevrenin fiziksel kısıtlamalarına, çevrenin kesit geometrisinin hem mevcut hem de planlı oturma potansiyeline ve estetik temeline dayanmaktadır (<http://www.dot.ca.gov/des/techpubs/manuals/bridge-design-specifications/page/section5.pdf>, 05.08.2019).

#### 3.3.1 Ağırlıklı istinat duvarı

Ağırlıklı istinat duvarı yapıldığı malzemeye göre ikiye ayrılabilir. Bunlar;

Taş istinat duvarları

Beton istinat duvarları (Das, 2014: 650).

### **3.3.1.1. Taş istinat duvarları**

Taş duvarlar; doğal taşlar ile çıkarıldıkları yerden tamamen veya kısmen işlenerek belirli kurallar çerçevesinde, uygun bir şekilde dizilerek örülme sureti ile meydana gelmiş duvarlardır. Genel itibari ile bu taşlar örülürken, birbirine çeşitli bağlarla bağlanır ve harçlı duvar şeklinde adlandırılır. Eskiden şimdiye kadar kullanılagelen değişik örgü şekillerine sahip sınırlandırmalar mevcut bulunmaktadır (Tosun, 2005: 2 ). İstinat taş duvarında kullanılan taşları işçiliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

Moloz Taş

Çaplanmış Moloz Taş

Kaba Yonu Taş

Özel Kaba Yonu Taş

İnce Yonu Taş

Özel İnce Yonu Taş

Kesme Taş (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013: Kısım 307: 1-3).

İstinat duvarlarının arka kısmında granüler dolgu bulunmaktadır. Bu granüler dolgunun ihtiva ettiği su, nem ve rutubet istinat duvarına zarar vermektedir. Kar ve yağmur suyunun istinat duvarına sızıp zarar vermesini önlemek için istinat duvarının arka kısmına harçsız moloz taşlar ile istif yapılabilir. Burada aşağıya doğru sızan bu sular drenaj sistemi ile toplanabilir, duvarın alt kısmına bırakılan delikler ile tahliyesi sağlanabilir. Duvarın arka kısmında biriken suyun duvar dışına tahliyesi duvarın iç kısmında bulunan deliklerle (barbakan) yapılabilir.

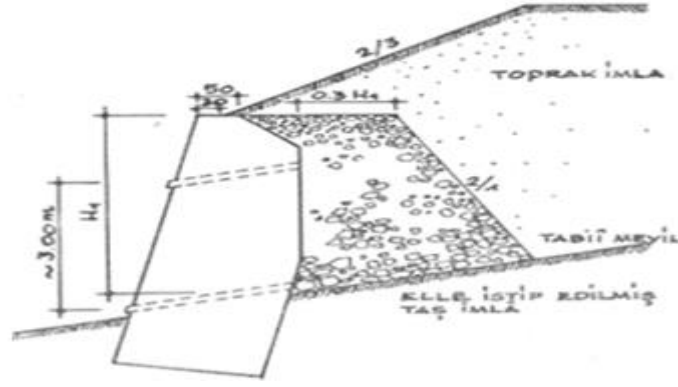
Duvar barbakanlarında dikkat edilecek bazı hususlar şunlardır:

Barbakan, duvar uzunluğu boyunca 3-4 metrede bir yerleştirilmelidir. Ayrıca barbakan doğal zeminden itibaren 10 cm yukarıda teşkili sağlanmalıdır.

Barbakanlar istinat duvarının arka kısmında olan bir drenaj sistemi ile ilişkilendirilmelidir.

Şekli 3.1.'de görüldüğü üzere, duvar yüksekliği 3-4 metrede bir barbakan yerleştirilmeli ve bunlar şaşırtmalı bir şekilde olmalıdır.

Şekil 3.2.'de görüldüğü üzere, barbakanların ağız kısmına damlama yapılarak, hem drenaj sistemi tamamlanmış, hem de estetik bir görünüm kazanmış olur (Tosun, 2005: 45).



**Şekil 3. 1.** Taş duvarda barbakan yerleşimi

**Kaynak:** (Tosun, 2005: 45)



**Şekil 3. 2.** Taş duvarda barbakan ve damlalık yapımı

(Tosun, 2005: 46)

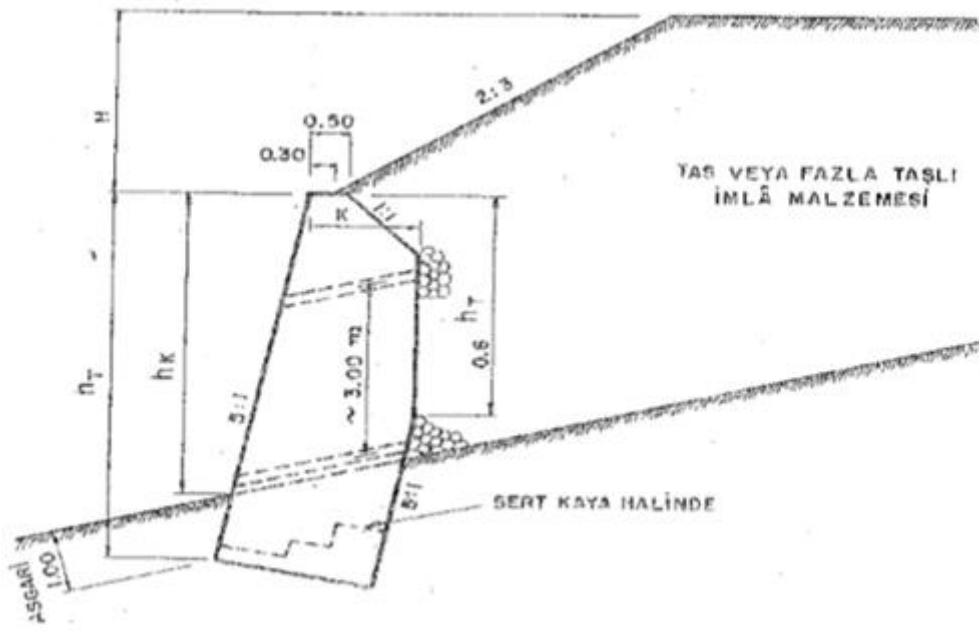
Karayolları Genel Müdürlüğü, denge, stabilite durumlarını, güvenlik katsayılarını, duvarın arka kısmına gelecek dolguyu, sürşarj yükünü de baz alacak şekilde abaklar hazırlamıştır. Bu abaklar günümüzde hala kullanılmaktadır. İstinat duvarının boyutlandırılmasında Tablo 3.1. kullanılabilir. Şekil 3.3.'te taş istinat duvarının genel olarak bir şematik hali verilmiştir.

**Tablo 3. 1.** Duvar ve hamule yüksekliğine göre taş duvar kalınlıkları

**Duvar Kalınlığı ( K ) cm**

HAMULE H (M)	$h_T$ ( veya $h_K$ ) İrtifai ( m )											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	50	55	70	90	110	125	145	165	180	200	220	240
1	50	60	80	100	120	135	155	175	190	210	230	250
2	50	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265
3	50	65	90	110	130	150	170	195	210	235	255	275
4	50	65	90	110	135	155	175	200	220	245	265	285
5	50	65	90	110	135	160	180	205	225	250	270	290
6	50	65	90	110	135	160	185	205	230	255	275	295
7	50	65	90	110	135	160	185	210	235	260	280	300
8	50	65	90	110	135	160	185	210	235	265	285	305
9	50	65	90	110	135	160	185	210	235	265	290	310
10	50	65	90	110	135	160	185	210	235	265	290	315

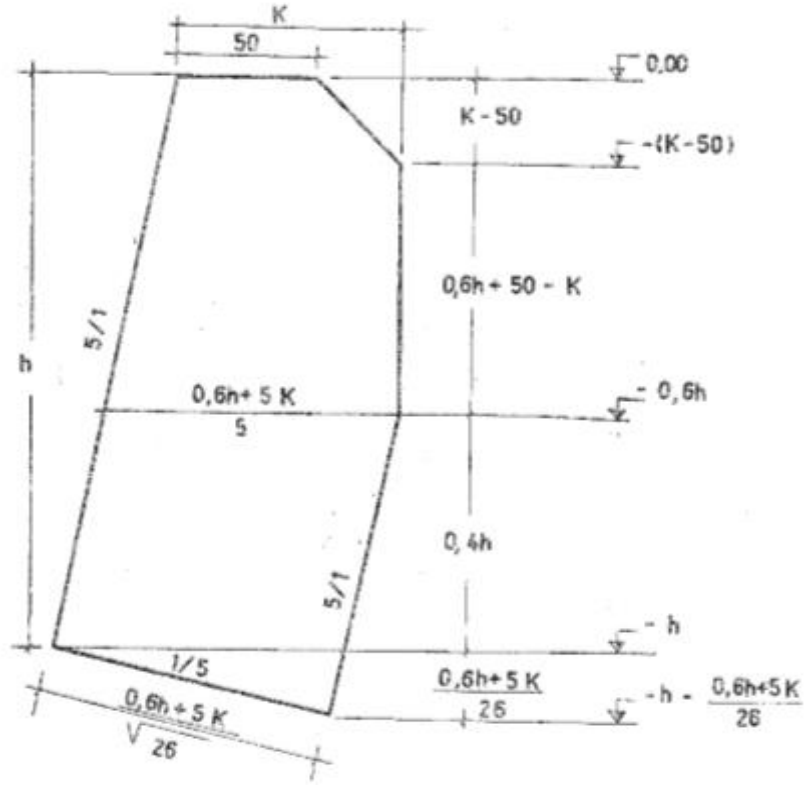
**Kaynak:** (Tosun, 2005:52)



Şekil 3. 3. Tablo 3.1 'in Şekil Üzerinde Gösterimi

**Kaynak:** (Tosun, 2005: 52)

Şekilde 3. 3.'te görüldüğü üzere  $h_T$  yapacağımız istinat duvarının yüksekliğini simgelemektedir.  $H$  ise hamule yüksekliğini yani harçlı istinat duvarının arka kısmındaki dolgu yüksekliğini göstermektedir. Burada, Tablo 3.1.'i  $H$  ile  $h_T$ 'yi yatay ve düşey düzlemde kesiştirildiği zaman,  $K$ 'yi, yani duvar kalınlığı cm cinsinden bulunmuş olacaktır.  $H$  ve  $h_T$ 'nin tamsayı olmaması halinde ise,  $H$  ve  $h_T$ 'yi bir sonraki tam sayıya yuvarlayarak, tablodaki  $K$  değerine bakarak, duvarın kalınlığını oradan bularak harçlı istinat duvarının güvenliği için sağlıklı bir işlem yapılmış olur ( Tosun, 2005: 50-52). Harçlı taş istinat duvarının olması gereken, tam olarak geometrik şekli Şekil 3.4.' te ve tamamlanmış harçlı taş istinat duvar fotoğrafı ise Şekil 3.5.' te verilmiştir.



Şekil 3. 4. Harçlı taş istinat duvarının geometrik gösterimi

**Kaynak:** (Tosun, 2005: 57)



Şekil 3. 5. Tamamlanmış harçlı taş istinat duvar fotoğrafı

**Kaynak:** (Tosun, 2005: 60)

### 3.3.1.2. Beton istinat duvarı

Karayollarında yarma ve dolgu yöntemi yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Burada amaç arazi üzerinde düz bir yüzey elde etmektir. Ancak bazı durumlarda yarma dolgu

yöntemi arazide düz bir yüzey elde etmede yeterli olmamaktadır. Ayrıca, yarmadaki malzemenin uygun olmadığı durumlarda, ocaklardan dolgu malzemesi gerekmektedir. Bu durumda yol maliyetini artırmaktadır. Uygun olmayan yarmadaki malzemenin uzaklaştırılıp atılması ise, başka bir maliyeti artıran unsurdur. Bütün bu yukarıda sayılanlar alternatif olarak betonarme istinat duvarını yapmayı mümkün kılmaktadır. Betonarme istinat duvarı, duvar arkası tabii zemini tutmak dışında hassas alanlarda heyelanı önlemeye yardımcı olma görevini de üstlenebilmektedir. Betonarme istinat duvarının işlevleri şunlardır:

- Yapısal stabilite
- Maruz kalan ortama karşı dayanıklılık
- Drenajın sağlanması
- Görünümü, estetiği

Beton istinat duvarları, zemin ile temas eden ve sürekli ıslanmaya ve kurumaya maruz kalan bir yapı için dayanıklı çözümler geliştirmektedir. Ayrıca, bu betonarme istinat duvarları çürümez ve termitlere, haşerelere karşı dayanıklıdır. Betonarme istinat duvarlarında geniş seçenekler mevcut olmakla birlikte, her durum için uygun bir çözüm bulunmaktadır (<http://www.retainingsolutions.com.au/downloads/concretewalls.pdf>, 05.08.2019).

Betonarme istinat duvarları kendi içinde farklılık göstermekle birlikte hükümler genellikle duvar yüksekliği ve drenaj ile ilgili olmaktadır. Drenaj yukarıda belirtildiği üzere, betonarme istinat duvarının önemli bir elemanıdır. Genel olarak, betonarme istinat duvarının arkasında su birikmesine izin verilmemelidir. Betonarme istinat duvarlarında genel olarak tasarım, yalnızca arka kısmında uygulanan dolgu toprağın oluşturduğu yanal basınca dayanacak şekilde yapılmıştır. Bu yanal toprak basıncı, istinat duvarının arkasında bulunan su (eğer var ise) tarafından uygulanan hidrostatik basınçtan çok daha az olacaktır.

Betonarme istinat duvarının tasarımını etkileyen faktörleri şu şekilde belirtilebilir:

- Duvar Yüksekliği
- Zemin Tipi
- İstinat duvarının altında ve/ veya üstünde eğimli alan
- İstinat duvarının üzerinde ve arkasında olan yükler, örneğin park edilmiş araçlar

(<http://www.retainingsolutions.com.au/downloads/concretewalls.pdf>, 05.08.2019).

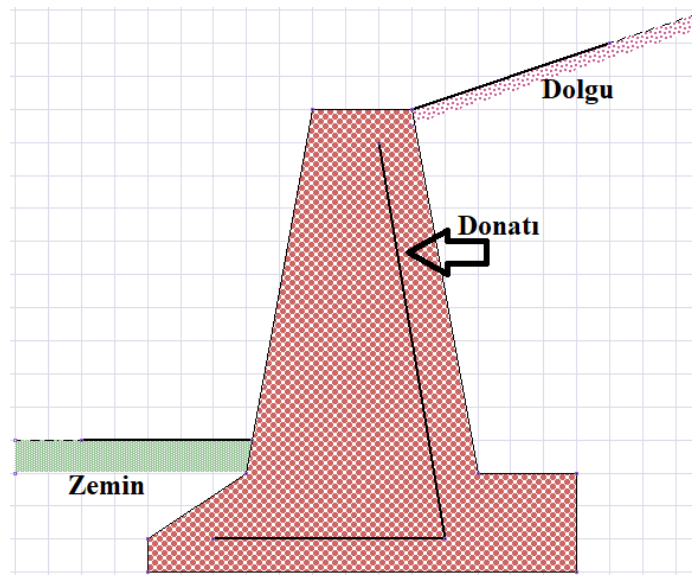
Bilindiği üzere, beton istinat duvarı tarafından tutulan zemin duvara karşı yanal toprak basıncı uygulamaktadır. Bu basıncın oluşturduğu kuvvet, betonarme istinat duvarında amaçlanan servis ömrü boyunca duvar kayma ve / veya dönme eğiliminde olacaktır. Bunun

için, beton istinat duvarının tasarımını tamamlarken, dönme ve kayma hususlarına dikkat göstermek gerekmektedir. Bir başka dikkat gösterilmesi gereken husus ise, beton istinat duvarının dayanımı ve drenajıdır.

(<http://www.retainingsolutions.com.au/downloads/concretewalls.pdf>, 05.08.2019)

### 3.3.2. Yarı ağırlıklı istinat duvarı

Birçok durumda, ağırlıklı duvarların yapımı için az miktarda donatı kullanılabilir, böylece duvar bölümlerinin boyutu en aza indirilebilir. Böylece, yarı ağırlıklı duvarlar oluşmuş olmaktadır (Das, 2014: 650). Şekil 3.6.' da yarı ağırlıklı istinat duvarı verilmiştir.



Şekil 3. 6. Yarı ağırlıklı istinat duvarı

### 3.3.3. Betonarme konsol istinat duvarı

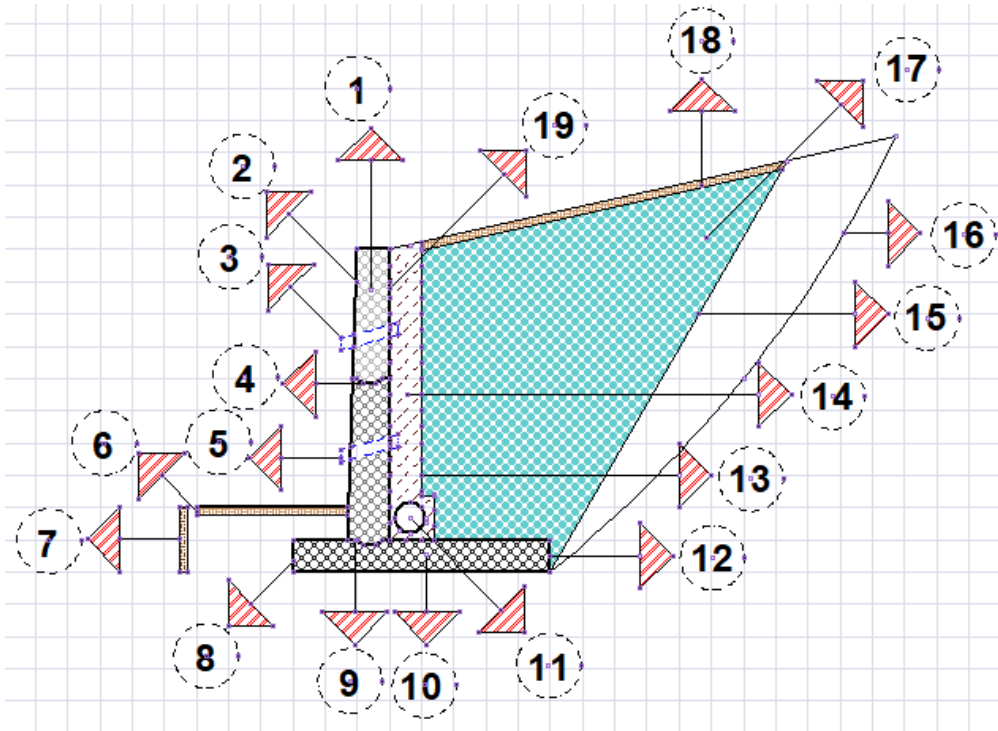
#### 3.3.3.1 Giriş

Şekil 3.7.' de, betonarme konsol istinat duvarının detaylı bir kesiti görülmektedir. Betonarme istinat duvarı bölümleri kısaca açıklanırsa;

- 1 nolu bölüm istinat duvarının gövdesini oluşturmaktadır. Betonarme istinat duvarında gövde konsol kiriş gibi çalışmakta olup tüm yanal basınçlara karşı dayanma zorunluluğu bulunmaktadır.
- 2 no lu kısım ise duvarının gövde yan kısmındaki ön yüzünü oluşturmakta olup, duvar yüksekliğinin büyük bir kısmına maruz kalmaktadır (Clayton, 2014: 3-4).
- 3, 5 ve 11 nolu bölümler duvardaki drenaj sistemini temsil etmektedir. 3 ve 5 no lu bölümler, genel itibarıyla barbakan olup yukarıdan gelen kar ve yağmur sularını kısmi

olarak tahliye etmektedir. Bu barbakanların tahliye edemediği yağmur ve kar suları 11 nolu kısımda görülen toplayıcı drenaj boruları vasıtası ile atılmaktadır. Bu kolektör drenaj borularının tünel tipi çeşitleri de mevcuttur. Drenaj sisteminde eğer şayet arıza olur ise, su dağılmaz, bu da duvara karşı ek bir yanal bir basınca yol açar.

- 4 ve 9 no lu kısım ise anahtar kesimini temsil etmektedir. Anahtar ise, art arda beton dökülenler kesimler arasında uygulanan bir yapı sistemidir. 4 no lu kısımda anahtar kullanımı duruma göre yüksek duvarlar yapımı için uygun olacaktır (Bowles vd., 1997: 683). Burada, genel itibariyle anahtar birleşme yerlerindeki kesme kuvvetini artırmak amacı ile kullanılmaktadır. Eğer anahtar kullanılmaz ise, ilk dökülen beton prizini aldıktan sonra yüzey temizlenip, pürüzlendirilip, nemlendirilerek ikinci beton döküm safhasına gidilir (Das, 2014: 671-673).
- Yere ve dolguya ait zemin yüzeylerini ise 6 ve 18 nolu taralı alanda görmek mümkündür.
- 7 nolu kısım don derinliğini temsil etmektedir.
- 8 nolu yüzey ise istinat duvarının temelini uç kısmını temsil etmektedir. Genel itibari ile moment bu noktaya göre alınmaktadır.
- 10 nolu kısım ise, istinat duvarının temelini yani pabucunu temsil etmektedir. Duvar yüksekliğinin az bir kısmı bu bölümün kalınlığına hitap etmektedir.



Şekil 3. 7. Konsol istinat duvarının kısımları

- 12 nolu yüzey ise, istinat duvarının temelinin topuk kısmını temsil etmektedir. Genel itibariyle moment bu noktada yüksek çıkmaktadır (Clayton, 2014: 3-4).
- 13 nolu kısım geotekstili simgelemektedir. Böylece dolgu bölgesinden gelen ince malzeme drenaj sistemini tıkamayacaktır.
- 14 nolu alan ise, dolgu iri malzemesi ile doldurulmuştur. Bunlar, drenaj sistemini tıkamazlar ve yukarıdan gelen kar ve yağmur suyu sızmasında büyük görev üstlenir.
- 15 nolu kısım ise, kayma yüzeyini temsil etmektedir. Burada kayma yüzeyinin açısı  $\rho$  olarak gösterilmektedir.
- 16 nolu kısım ise, tabi zemini temsil etmektedir.
- 17 nolu bölge ise, dolguyu temsil etmektedir. Duvardaki konsolun üzerine oturan bu malzeme duvarda kaymaya ve dönmeye karşı direnen kuvvetler oluşturur. Genel itibari ile dolgu malzemesi granüler malzemelerden oluşmaktadır (Bowles, 1997: 617).
- 19 no lu kısım ise, duvarın gövde yan kısmındaki arka yüzünü oluşturmakta olup, duvar yüksekliğinin çoğunluğu için dolgu ile temas eden alanıdır (Clayton, 2014: 3).

İstinat duvarı yapan tasarımcının, istinat duvarı arkasındaki dolgunun ve istinat duvarı altındaki temel zemininin özelliklerini tanımlaması gerekmektedir. Bu zemin özellikleri birim ağırlık ve kayma dayanımı parametreleri  $c$  ve  $\phi$  'yi içermektedir. Genel itibarıyla istinat duvarında  $H$  belirlenir. Tasarım yapan kişi ( $H$  yüksekliğini baz alarak) yaklaşık boyutları olarak belirler. Burada, betonarme istinat duvarı beş adet stabilite kriteri sağlaması gerekmektedir. Bunları, şu şekilde sıralanabilir:

Şekil 3.8. a' da görüldüğü üzere betonarme istinat duvarı tabanı boyunca kayabilir.

Şekil 3.8. b' de görüldüğü üzere, betonarme istinat duvarı uç kısmından devrilebilir.

Şekil 3.8. c' de ise taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu görülmektedir.

Şekil 3.8. d' de betonarme istinat duvarının oturduğu görülmektedir

(Helwany, 2007: 253-254).

Şekil 3.8. e' de ise betonarme istinat duvarının genel kayma hali görülmektedir (Das, 2014: 655-657).

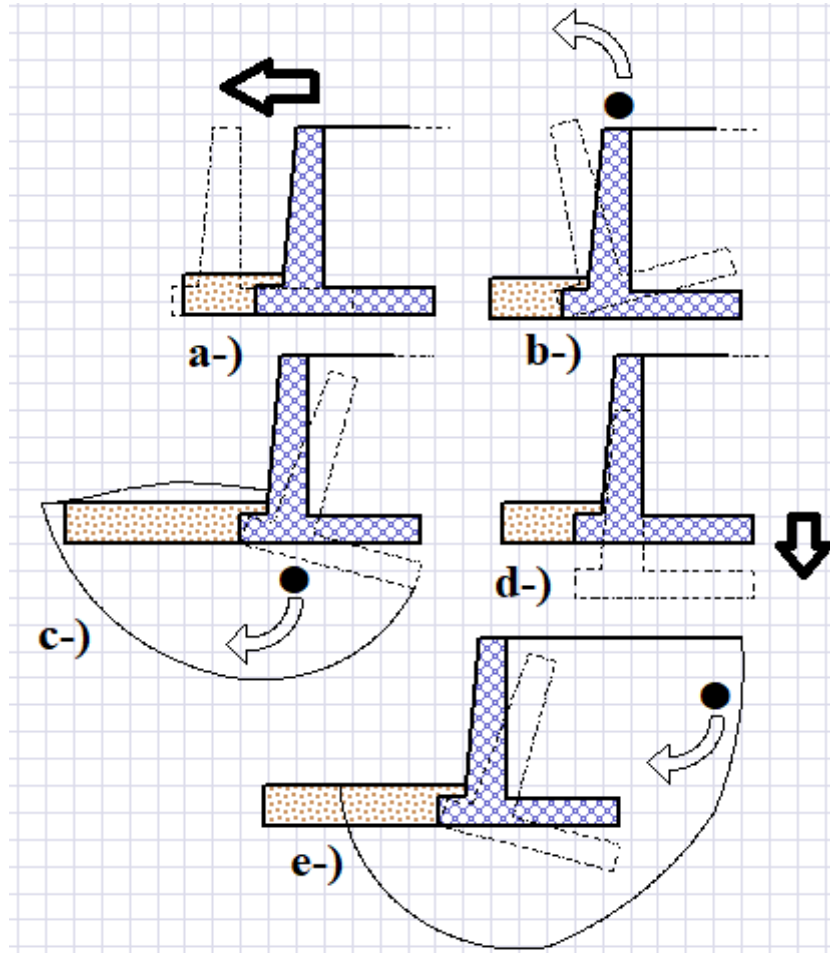
Burada, dış stabiliteye ek olarak iç stabilitenin de karşılanması gerekmektedir. Betonarme konsol istinat duvarı durumunda, örneğin duvarın boyutları ve çelik donatı miktarı, tabanın ve istinat duvarının gövdesinin yapısal arızasına karşı koymak için yeterli olması gerekmektedir. Konsol istinat duvarlarında, aktif toprak basıncını hesaplamak için genellikle Rankine teorisi kullanılmaktadır. Rankine aktif yanal toprak basınç teorisinin nasıl

hesaplanacağını daha önce verilmiştir. Ancak, eğimli bir yüzeye sahip, granül dolgu için  $K_a$  değeri aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$K_a = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi'}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi'}} \quad (3.1)$$

Burada,  $\alpha$  dolgu eğim açısını,  $\phi'$  ise mevcut dolgu zemininin sürtünme açısını vermektedir.

İstinat duvarı tasarım işi deneme yanılma işlemini içermektedir. Duvar orantılı olacak şekilde, ilk olarak duvar geometrisi belirlenir ve daha sonra duvarın ağırlığı, pasif kuvvet, aktif kuvvet gibi bu sisteme dahil olan kuvvetler hesaplanmaktadır. Daha sonra, buna uygun güvenlik faktörleri bulma sureti ile kontrol edilir, yeterli güvenlik faktörü elde edilinceye kadar duvarın geometrisi gözden geçirilir.



Şekil 3. 8. Konsol istinat duvarının dış stabilitesi

Betonarme istinat duvarının tasarımında kullanılan değerler Şekil 3.9.' da gösterilmiştir.

Şekildeki A değeri betonarme istinat duvar gövde tepe genişliğini simgelemektedir. Burada, betonun uygun bir şekilde yerleşebilmesi için minimum 0,3 m uzunluğunda olması gerekmektedir.



$B_4$  istinat duvarı konsol uzunluğunun bulunmasına yardımcı olacaktır. Dolgu gövdesi altında kalan  $B_4$  konsol uzunluğu ise, konsolu çalıştırmayı sağlayacaktır.  $\eta$  açısı aşağıdaki gibi verilir,

$$\eta = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\phi}{2} - \frac{1}{2} \arcsin \left( \frac{\sin \alpha}{\sin \phi} \right) \quad (3.2)$$

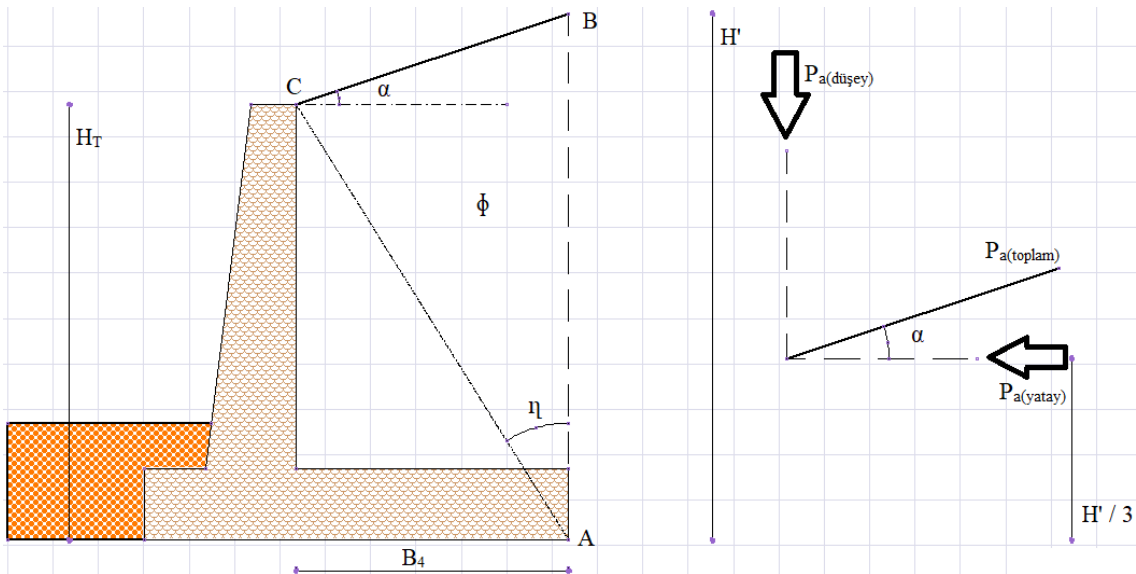
Eğer istinat duvarı üzerindeki dolgu eğimli ise, bu dolgu arkasındaki yanal toprak basıncı da aynı eğim ile istinat duvarına kuvvet uygulayacaktır. Bu kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri bulunacaktır. Eğer dolgu eğimi  $\alpha$  ise yatay kuvvet bileşeni:

$$P_{a(\text{yatay})} = P_a \times \cos(\alpha) \quad (3.3)$$

Düşey kuvvet bileşeni:

$$P_{a(\text{düşey})} = P_a \times \sin(\alpha) \quad (3.4)$$

Şekilde görüldüğü üzere, yanal toprak basıncın etki ettiği  $[AB]$  uzunluğu  $H'$  ile gösterilmiştir. Önceden bilindiği üzere, genel itibarıyla yanal toprak basınç diyagramı dik üçgenden oluşmaktadır. Dolayısıyla yanal toprak basıncın etki ettiği nokta temel zemininden itibaren  $H'/3$ 'tür (Das, 2014: 653-655).



Şekil 3. 10. Konsol istinat duvarında  $B_4$  ve  $\eta$  gösterimi

### 3.3.3.2. Kaymaya karşı güvenlik sayısı

Şekil 3.11.'de görüldüğü üzere, betonarme istinat duvarı toprağın uyguladığı aktif toprak basıncı nedeniyle, dolgu zeminden uzaklaşma – kayma eğilimi taşımaktadır. Bu durum kaydırma kuvveti şeklinde adlandırılır. Kaymaya karşı koyan kuvvet, duvar tabanı ile temel zemini arasında oluşan sürtünme ve adezyon kuvvetiyle, kaymaya karşı direnç gösterir. Bu

kuvvete direnen kuvvet denir. Bu sistemde bilindiği üzere, düşey kuvvetler barınmaktadır. Bu sistemde zemine düşey olarak etkiyen kuvvetler şunlardır:

Betonarme istinat duvarının zati ağırlığı,  $W_c$

Konsol üzerinde bulunan sıkıştırılmış dolgu ağırlığı,  $W_s$ ,

Önceden bilindiği üzere, eğimli bir yapıdaki dolgunun arkasında oluşturduğu yatay toprak basıncının düşey bileşeni  $P_{a(düşey)}$  'dir.

Bu kuvvetler genel itibarıyla istinat duvarının kaymasına karşı direnç göstermektedir. Bu sistemde, zemine yatay olarak etkiyen kuvvetler ise;

İstinat duvarı temel tabanı boyunca, kohezyonlu temel zeminin gösterdiği adezyon kuvveti,

Don derinliği yüksekliği boyunca oluşan pasif kuvvet,  $P_p$

Yanal toprak basıncının yatay bileşeni,  $P_{a(yatay)}$

Burada, genel itibarıyla  $P_{a(yatay)}$  istinat duvarını kaydırmaya çalışan kuvvet iken, adezyon kuvveti ile  $P_p$  kaymaya direnç göstermektedir. Genel itibari ile emniyet faktörü direnen kuvvetlerin kaydırıcı kuvvetlere oranı olarak tanımlanmaktadır. Burada güvenlik sayısının minimum değeri 1,5'tir. Bu durum formüle edilirse;

$$GS_{KAYMA} = \frac{\text{Direnen Kuvvetler}}{\text{Kaydırıcı Kuvvetler}} = \frac{(\sum V) \tan(k_1\phi') + Bk_2C + P_p}{P_{a(yatay)}} \quad (3.5)$$

Şekil 3.11. deki düşey kuvvetler  $V_1, V_2, V_3, V_4$  ve  $V_5$ 'tir. Burada betonun birim hacim ağırlığı  $\gamma_{beton}$ , dolgunun birim hacim ağırlığı  $\gamma_{dolgu}$  şeklinde alınacaktır. Hesapları ise;

$$V_1 = 0,45 \times \gamma_{beton} \times H_{(normal)} \times (0,1 \times H_{(normal)} - 0,3) \quad (3.6)$$

$$V_2 = 0,27 \times \gamma_{beton} \times H_{(normal)} \quad (3.7)$$

$$V_3 = 0,1 \times \gamma_{beton} \times H_{(normal)} \times B_T \quad (3.8)$$

$$V_4 = 0,9 \times \gamma_{dolgu} \times H_{(normal)} \times B \quad (3.9)$$

$$V_5 = \frac{1}{2} \times \gamma_{dolgu} \times B^2 \times \tan(\alpha) \quad (3.10)$$

Zemine etkiyen toplam düşey kuvvet ise;

$$\sum(V) = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + P_{a(düşey)} \quad (3.11)$$

Formül 3.5'te belirtilen  $k_1$  ve  $k_2$   $\frac{1}{2}$  ile  $\frac{2}{3}$  arasında değer almaktadır (Helwany, 2007: 257-258).



Burada  $X_2$ , duvarın  $V_2$  dik dikdörtgen kısmının ağırlık merkezinin moment alınacak O noktasına uzaklığını temsil etmektedir.  $X_2$  hesabı ise;

$$X_2 = 0,2 \times H - 0,15 \quad (3.16)$$

Betonarme istinat duvarının dikdörtgen  $V_3$  kısmının ağırlığını nasıl hesaplanacağı yukarıda belirtilmiştir.  $V_3$  dikdörtgen kısmın oluşturacağı moment;

$$M_3 = V_3 \times X_3 \quad (3.17)$$

Burada  $X_3$ , duvarın  $V_3$  dikdörtgen kısmının ağırlık merkezinin moment alınacak O noktasına uzaklığını temsil etmektedir.  $X_3$  hesabı ise;

$$X_3 = \frac{BT}{2} \quad (3.18)$$

Dolgunun  $V_4$  kısmını içeren dikdörtgen kısmın ağırlığını  $V_4$  olan dikdörtgenin kısmın nasıl hesaplanacağı yukarıda belirtilmiştir.  $V_4$  dikdörtgen kısmın oluşturacağı moment;

$$M_4 = V_4 \times X_4 \quad (3.19)$$

Burada  $X_4$ , duvarın  $V_4$  dikdörtgen kısmının ağırlık merkezinin moment alınacak O noktasına uzaklığını temsil etmektedir.  $X_4$  hesabı ise;

$$X_4 = 0,2 \times H_{(\text{normal})} + \frac{B_4}{2} \quad (3.20)$$

Dolgunun  $V_5$  kısmını içeren üçgen kısmın ağırlığını  $V_5$  olan dikdörtgenin kısmın nasıl hesaplanacağı yukarıda belirtilmiştir.  $V_5$  dikdörtgen kısmın oluşturacağı moment;

$$M_5 = V_5 \times X_5 \quad (3.21)$$

Burada  $X_5$ , duvarın  $V_5$  üçgen kısmının ağırlık merkezinin moment alınacak O noktasına uzaklığını temsil etmektedir.  $X_5$  hesabı ise;

$$X_5 = 0,2 \times H + \frac{2}{3} \times B_4 \quad (3.22)$$

Aktif yanal toprak basıncın düşey bileşeninin nasıl bulacağı yukarıda belirtilmiştir.  $P_{a(\text{dikey})}$  'in oluşturacağı moment;

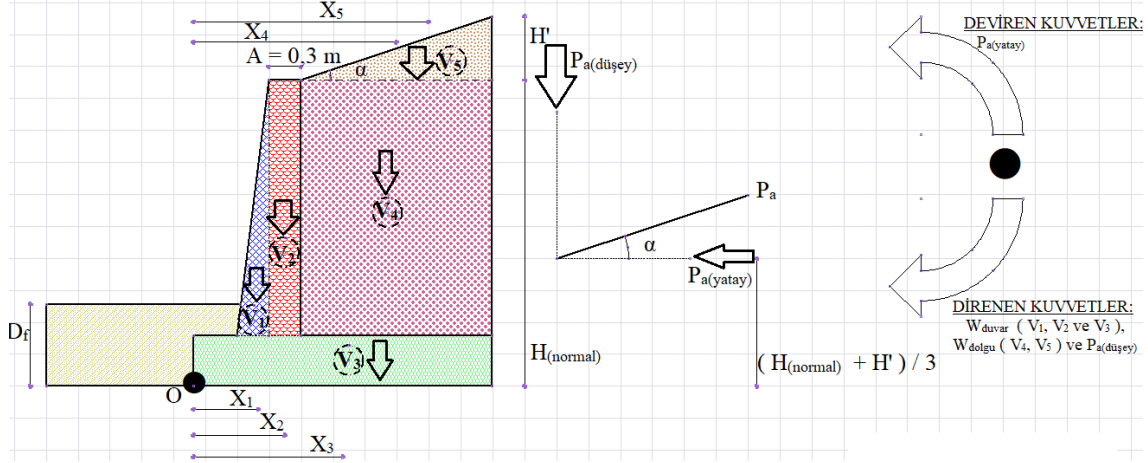
$$M_6 = P_{a(\text{düşey})} \times B_T \quad (3.23)$$

Aktif yanal toprak basıncın yatay bileşeninin de nasıl bulunacağı yukarıda belirtilmiştir. Önceden belirtildiği üzere, aktif yanal basınç genel itibariyle üçgen bir diyagram çizmektedir. Dolaysı ile şekilde görüldüğü üzere,  $P_{a(\text{yatay})}$  'in oluşturacağı moment;

$$M_7 = P_{a(\text{yatay})} \times (H + H') / 3 \quad (3.24)$$

Burada,  $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5$  ve  $M_6$  momentleri devrilmeye karşı direnirken,  $M_7$  momenti devirici bir etki oluşturmaktadır (Das, 2014: 657-658). Dolayısıyla;

$$GS_{\text{DEVRİLME}} = \frac{(M_1+M_2+M_3+ M_4+ M_5+M_6)}{M_7} \quad (3.25)$$



Şekil 3. 12. Konsol istinat duvarında deviren ve direnen kuvvetlerin gösterimi

### 3.3.3.4. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı

Temel zeminin taşıma kapasitesi, betonarme istinat duvarının tabanını taşımaya yeterli olmalıdır. Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesiyle ilgili gösteri Şekil 3.13.' de verilmiştir. Zeminin taşıma kapasitesi için, güvenlik sayısı kullanılmaktadır. Formülü ise;

$$GS_{\text{TAŞIMA KAPASİTESİ}} = \frac{q_u}{q_{max}} \quad (3.26)$$

Burada  $q_u$ , temel zeminin nihai taşıma kapasitesini simgelemektedir. Burada,  $q_{max}$  betonarme istinat duvar taban ucundaki maksimum basıncı simgelemektedir.  $q_u$  ve  $q_{max}$  'ın birimi  $\text{kN/m}^2$  dir.  $q_{max}$  'ı bulurken eksantristeden yararlanılır.

$$e = \frac{BT}{2} - \frac{\sum MR - \sum M_0}{\sum V} \quad (3.27)$$

$q_{max}$  ise;

$$q_{max} = \frac{\sum V}{BT} \times \left( 1 + \frac{6e}{BT} \right) \quad (3.28)$$

Burada, temel zeminin duvar tabanına karşı reaksiyonu, şekilde görüldüğü üzere uniform değildir.

Betonarme istinat duvar tabanının topuk kısmındaki minimum basınç  $q_{min}$  ise;

$$q_{min} = \frac{\sum V}{BT} \times \left( 1 - \frac{6e}{BT} \right) \quad (3.29)$$

Bu kısımda,  $q_u$ 'yu temel zeminin taşıma kapasitesini bulurken, Meyerhof' un genel taban basıncı denklemini kullanılır.

$$q_u = c_2' \times N_c \times F_{cd} \times F_{ci} + q \times N_q \times F_{qd} \times F_{qi} + \frac{1}{2} \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times F_{\gamma d} \times F_{\gamma i} \quad (3.30)$$

Burada, betonarme istinat duvarının ön kısmındaki D derinliğindeki dolgunun oluşturacağı efektif basınç;

$$q = \gamma_{\text{dolgu}} \times D \quad (3.31)$$

Burada kullanılan B' ifadesi efektif genişliği temsil etmektedir. B' formüle edilirse;

$$B' = B_T - 2 \times e \quad (3.32)$$

Burada  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  taşıma kapasitesi faktörleri olup, formülleri aşağıda verilmiştir. Ayrıca, zeminin içsel sürtünme açısı değerlerine göre Çizelge 3.3.' de ayrıntılı olarak verilmiştir (Helwany, 2007: 258-261).

$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi_f'}{2}\right) e^{\pi \tan \phi_f'} \quad (3.33)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi_f' \quad (3.34)$$

$$N_\gamma = 2 \times (N_q + 1) \tan \phi_f' \quad (3.35)$$

Burada  $F_{cd}$ ,  $F_{qd}$ ,  $F_{\gamma d}$  derinlik faktörleri olmak ile beraber şu şekilde formüle edilebilir:

$$F_{cd} = F_{qd} = \frac{1 - F_{qd}}{N_c \times \tan \phi_2'} \quad (3.36)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \times \tan \phi_2' \times (1 - \sin \phi_2') \times \frac{D}{B'} \quad (3.37)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (3.38)$$

$F_{ci}$ ,  $F_{qi}$ ,  $F_{\gamma i}$  eğim faktörlerini içermek ile beraber, ifadeleri şu şekildedir:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\Psi}{90}\right)^2 \quad (3.39)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\Psi}{\phi_2'}\right)^2 \quad (3.40)$$

Burada  $\Psi$ , R bileşke kuvvetin eğimini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, R bileşke kuvvetin eğimi;

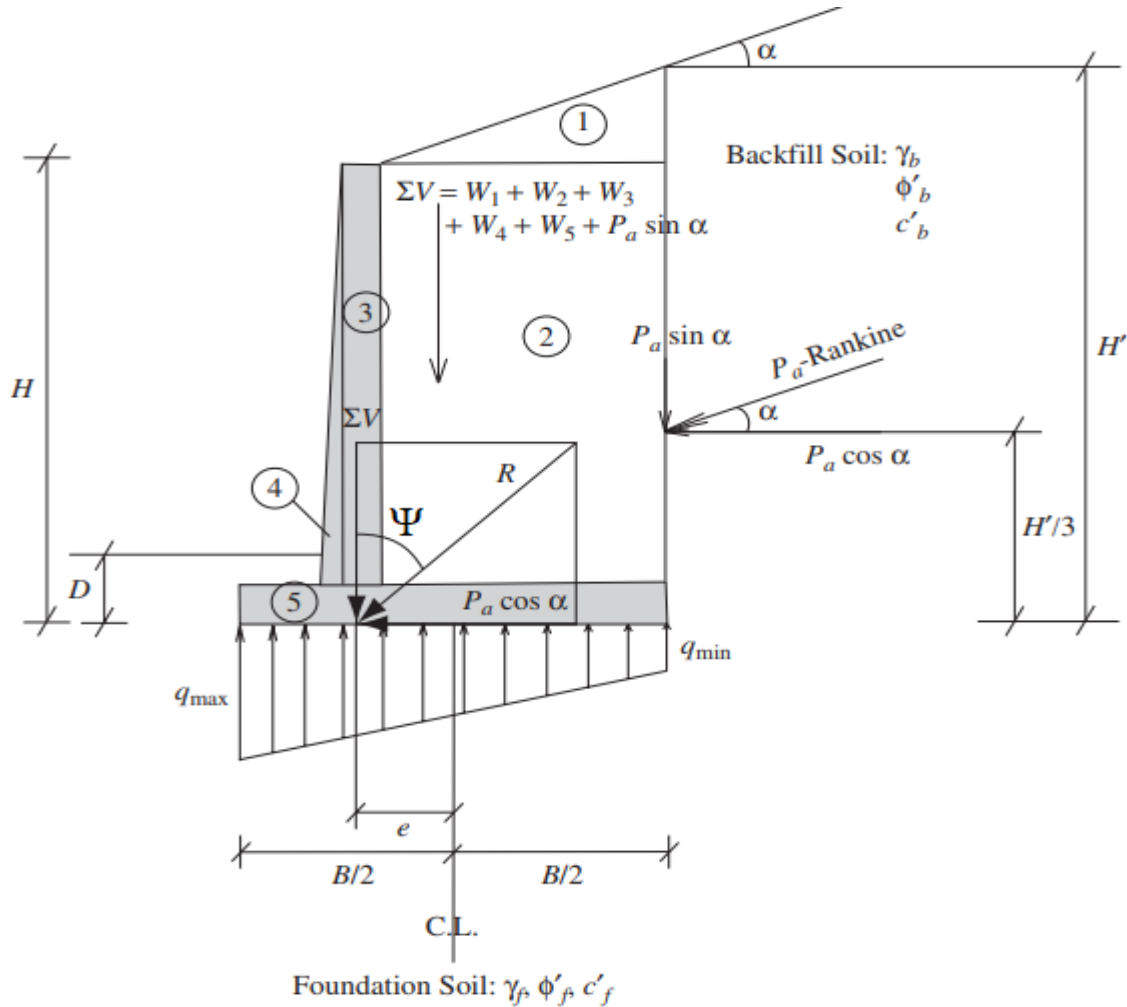
$$\Psi^o = \arctan\left(\frac{P_a \times \cos \alpha}{\Sigma V}\right) \quad (3.41)$$

**Tablo 3. 2.** Taşıma kapasite faktörleri

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5,14	1,00	0,00	26	22,25	11,85	12,54
1	5,38	1,09	0,07	27	23,94	13,20	14,47
2	5,63	1,20	0,15	28	25,80	14,72	16,72
3	5,90	1,31	0,24	29	27,86	16,44	19,34
4	6,19	1,43	0,34	30	30,14	18,40	22,40
5	6,49	1,57	0,45	31	32,67	20,63	25,99
6	6,81	1,72	0,57	32	35,49	23,18	30,22
7	7,16	1,88	0,71	33	38,64	26,09	35,19
8	7,53	2,06	0,86	34	42,16	29,44	41,06
9	7,92	2,25	1,03	35	46,12	33,30	48,03
10	8,35	2,47	1,22	36	50,59	37,75	56,31
11	8,80	2,71	1,44	37	55,63	42,92	66,19
12	9,28	2,97	1,69	38	61,35	48,93	78,03
13	9,81	3,26	1,97	39	67,87	55,96	92,25
14	10,37	3,59	2,29	40	75,31	64,20	109,41
15	10,98	3,94	2,65	41	83,86	73,90	130,22
16	11,63	4,34	3,06	42	93,71	85,38	155,55
17	12,34	4,77	3,53	43	105,11	99,02	186,54
18	13,10	5,26	4,07	44	118,37	115,31	224,64
19	13,93	5,80	4,68	45	133,88	134,88	271,76
20	14,83	6,40	5,39	46	152,10	158,51	330,35
21	15,82	7,07	6,20	47	173,64	187,21	403,67
22	16,88	7,82	7,13	48	199,26	222,31	496,01
23	18,05	8,66	8,20	49	229,93	265,51	613,16
24	19,32	9,60	9,44	50	266,89	319,07	762,89
25	20,72	10,66	10,88				

**Kaynak:** (Das, 2014:169-170)

Burada taşıma karşı güvenlik sayısı en az 3,00 olmalıdır. Eksantrisite ile ilgili olarak,  $e$  değeri,  $B/6$  'dan küçük veya eşit ise, betonarme istinat duvarının taban kısmının tamamı temel zemini ile temas halinde demektir. Eğer şayet eksantrisite değeri,  $B/6$ 'dan büyük ise,  $q_{\min}$  değeri negatif çıkacaktır. Bu nedenle, betonarme istinat duvarının temel kısmının topuk bölümünde çekme gerilmesi meydana gelecektir. Bu istenmeyen durumdur, çünkü zeminin çekme gerilmesi çok küçüktür (Das, 2014: 663-665). Böyle bir durumda, topuk kısmı temel zemininden ayrılmaktadır. Eğer şayet eksantrisite değeri  $B/6$  'dan büyük ise, oranlamalar ve hesaplamalar yeniden yapılmalıdır ( Helwany, 2007: 260).



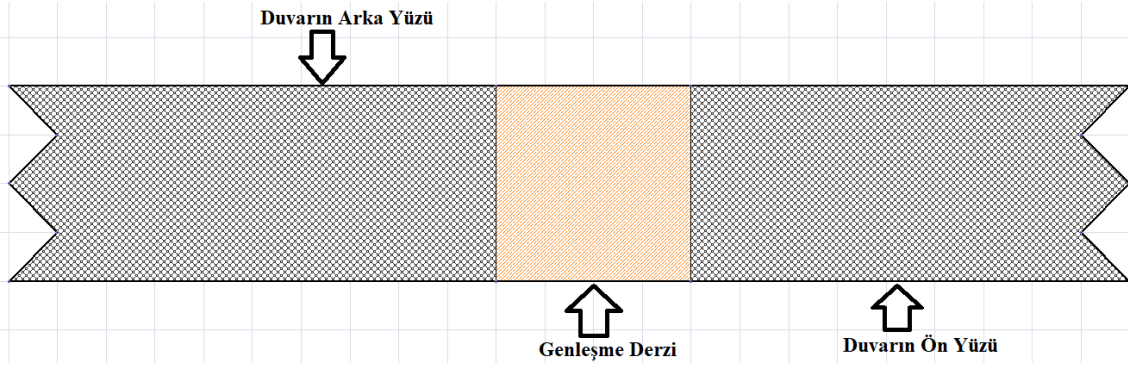
**Şekil 3. 13.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesiyle ilgili gösterimi

**Kaynak:** (Helwany,2007:260)

### 3.3.3.5. Duvar genişleme derzleri

Şekil 3.14.'te görüldüğü üzere genişleme derzlerini sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan betonun genişlemesine izin veren bir sistemdir. Tabandan yukarı doğru düşey

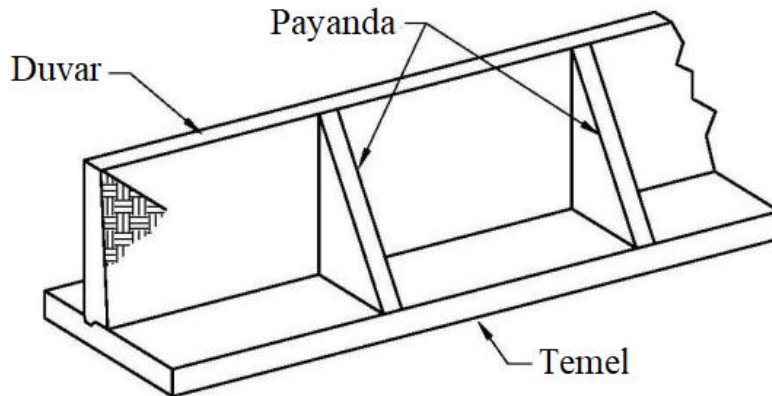
genleşme derzleri kullanılmaktadır. Bu derzler derz dolguları ile doldurulmaktadır (Das, 2014: 671-672).



Şekil 3. 14. Konsol istinat duvarı genleşme derzi

### 3.3.4. Payandalı istinat duvarı

Payandalı istinat duvarlarında, ayağın tabanından yukarı doğru çıkıntı yaparak birleştiren bir payanda duvarı bulunmaktadır (Şekil 3.15.). Payandalı istinat duvarında genel itibari ile konsol istinat duvarına göre gövde kalınlığı daha ince olmaktadır. Burada payandalar döşeme ile gövde kısmını birleştirmektedir. Bu payandanın şekli üçgendir. Payandalı istinat duvarında, payandalar daha geniş (daha derin) tabakaya, tabana yerleştirilir. Bu tabana yerleşiminden dolayı da payandalar konsol elemanlar olarak görev yapar ve bunlar yapısal olarak verimlidir. Payandalı istinat duvarında yüksek moment ise tabanda, topukta oluşmaktadır. Payandalı istinat duvarı, genellikle 5metreden daha az yüksekliklerde, payandaları oluşturmanın yüksek maliyeti ve dolgu gövde duvarlarından dolayı çok fazla uygulanmaz (Brook vd., 2013: 2).



Şekil 3. 15. Payandalı istinat duvarı

Kaynak: (Brook vd., 2013: 2)

### 3.3.5. Ankrajlı istinat duvarları

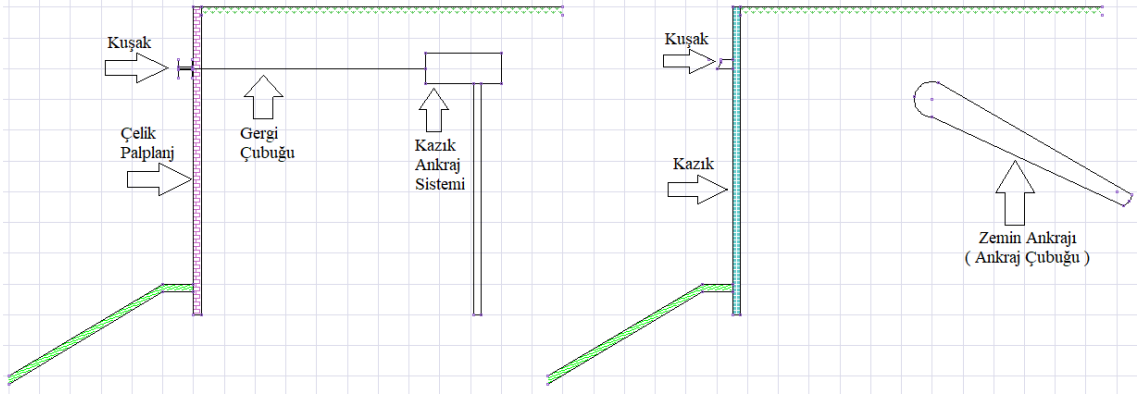
Ankrajlı duvarlar tipik olarak, yerçekimi olmayan konsol istinat duvarlar ile aynı elemanlardan oluşur, ancak bir veya daha fazla ankraj seviyesinden ek yanal direnç oluşturur (Şekil 3.16.). Ankrajlar, duvar yüzeyinden tutulan zemin veya kaya kütleindeki potansiyel göçme düzlemlerinin arkasında bulunan bir ankraj duvar yüzeyinden uzanan çelik ön germe kablosu ile doldurulmuş deliklerden oluşan zemin-ankrajları olabilmektedir. Bu ankrajlar tutulan zemindeki potansiyel göçme düzlemlerinin arkasında bulunur ve duvara yatay bağlantı çubukları ile bağlanır.

Zemin ankrajları, bir veya daha fazla ankraj seviyesi gerektiren durumlar için uygundur. Bağlantı çubukları kullanan ankrajlar ise tipik olarak, tek seviyeli ankraj gerektiren durumlar ile sınırlı olabilmektedir. Burada, zemin ankrajı öngerme kabloları ve bağlantı çubuğu korozyon koruması sağlanması gerekmektedir.

Yanal toprak basıncının ankrajlı duvarlar üzerindeki dağılım ifadesi; duvarın yapısı ankraj ön gerilimi yönteminden ve tarzından etkilenmektedir. Zemin ankrajları genellikle tasarım germe kuvvetlerinin yüksek bir yüzdesi ile gerilmektedir. Bağlantı çubukları olan ankrajlar ön germe kuvveti ise çok az veya hiç olmadan duvara sabitlenmektedir.

Ankrajlı duvarlar tipik olarak, inşaatın yukarıdan aşağıya doğru, duvarın tabanına doğru ilerlediği yarma durumlarında inşa edilir. Dolgunun duvarın arkasına yerleştirildiği durumlarda, zemin ankrajlarını veya bağlantı çubuklarını ‘‘dolgu yer değiştirme ve dolgu oturma’’ nedeni ile inşaat hasarlarından korumak için tasarım ve yapım konusuna özel dikkat gösterilmesi gerekmektedir.

Düşey duvar elemanları, tutulan zemin veya kaya kütlesi ile ilişkin olarak potansiyel göçme düzlemlerinin altına kadar uzanması gerekmektedir. Yeterli ve sağlam temel malzemenin duvar yüzünün tabanına yerleştirildiği durumlarda ise, duvarın sadece minimal bir şekilde gömülmesi gerekebilmektedir. Ankrajların uzun süreli sünme özelliklerini tasarım yaparken dikkate almak gerekir. Ankrajlar yumuşak kil veya silt içerisine yerleştirilmemesi gerekmektedir. Burada, kararsız olan bölgeleri stabilize etmek için ankrajlı duvarlar kullanılabilir. Ankrajlar için sahada yeterli temel malzemenin bulunması şartı ile 25 m' ye kadar ekonomik duvar yükseklikleri uygulanabilmektedir (<http://www.dot.ca.gov/des/techpubs/manuals/bridge-design-specifications/page/section5.pdf>, 05.08.2019).



Şekil 3. 16. Ankrajlı istinat duvarı

## 4. DONATILI ZEMİN

### 4.1 Giriş

Donatılı zemin sürtünme direnciyle etkileşime giren çubuklar, lifler veya ağlar ile kuvvetlendirilmiş, zemin dolgusundan oluşan yapı malzemesidir. Bu çubuklar veya lifler ile zemini kuvvetlendirme işi yeni bir durum değildir. Çağlar boyunca kerpice saman eklenerek kerpiç kalitesini yükseltmek için girişimlerde bulunulmuştur. Mevcut uygulamada donatılı zemin istinat duvarlarının yapımı için takviye malzemesi olarak metal şeritler, geotekstiller ve geogridler kullanılmaktadır. Yeni bir dönem olarak, 1969 yılında, Fransız mühendis Vidal tarafından donatılı istinat duvarına girilmiş oldu. Şekil 4.1.' de görüldüğü üzere, metal şeritler donatı malzemesi olarak kullanılmıştır. Burada metal şeritler panelden geri uzanmaktadır. Metal şeritler prekast panellere sabitlenmiş olup, dolgu toprakları arasında sürtünme ile hareket eder. Dolgu zemini, yanal toprak basıncı oluşturmaktadır ve buna karşı direnç göstermek için metal şeritler ile etkileşime girmektedir. Metal şerit donatılı zemin duvarını, ağırlıklı istinat duvarları ile karşılaştıracak olursak; metal şerit donatılı zemin duvar daha esnek bir yapıya sahiptir. Bu duvarlar esnek olmalarının yanı sıra, daha ekonomik bir yapıda olmaları gibi avantajları da bulunmaktadır. Vidal'in donatılı zemin girişiminden sonra, bu birimde farklı tiplerde donatılı zemin oluşturulmuştur. Halen kullanımda olan donatılı zeminin bir kaçı aşağıda sıralanmıştır:

Metal şerit donatılı prekast paneller

Çelik hasır donatılı prekast paneller

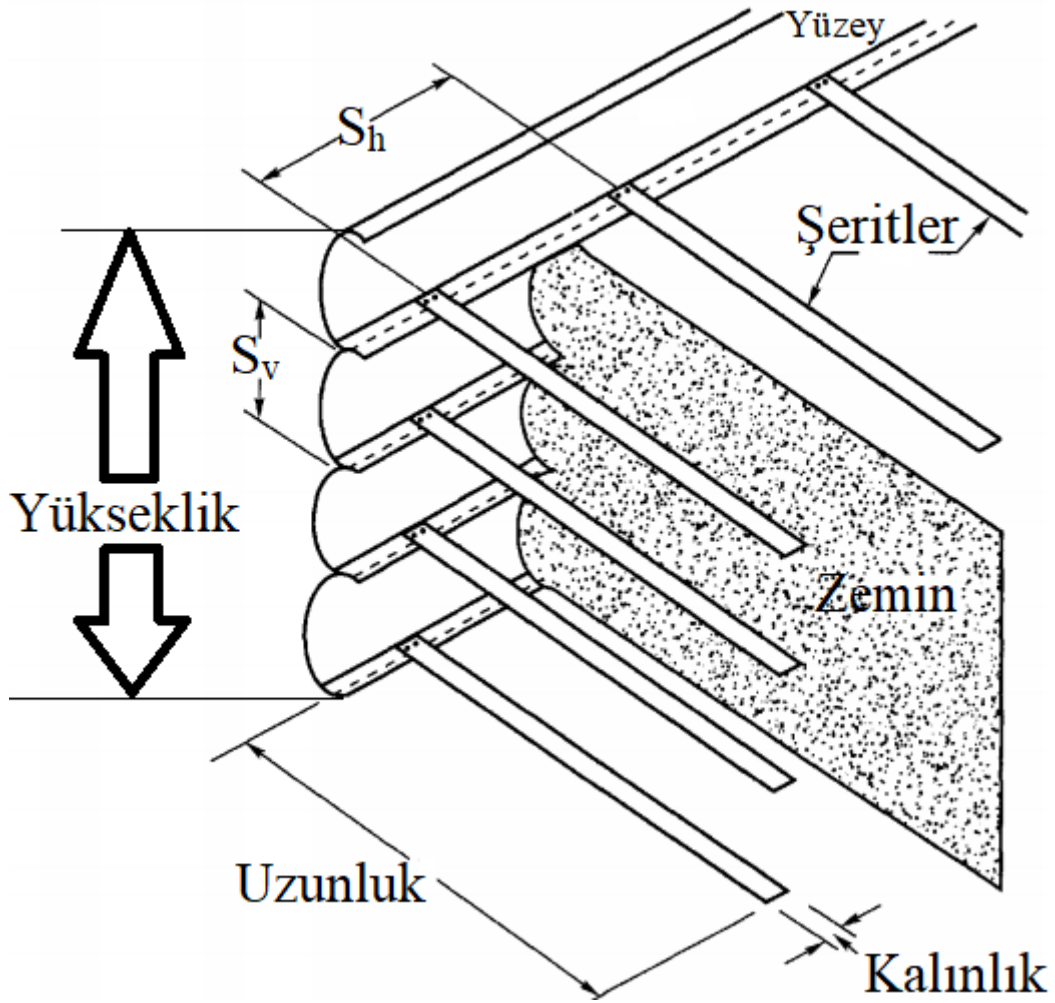
Ankraj çubuğu ile ankrajlanmış masif paneller

Ankrajlanmış gabion duvarlar

Ankrajlanmış kafes istinat duvarı

Geotekstil donatılı duvarlar

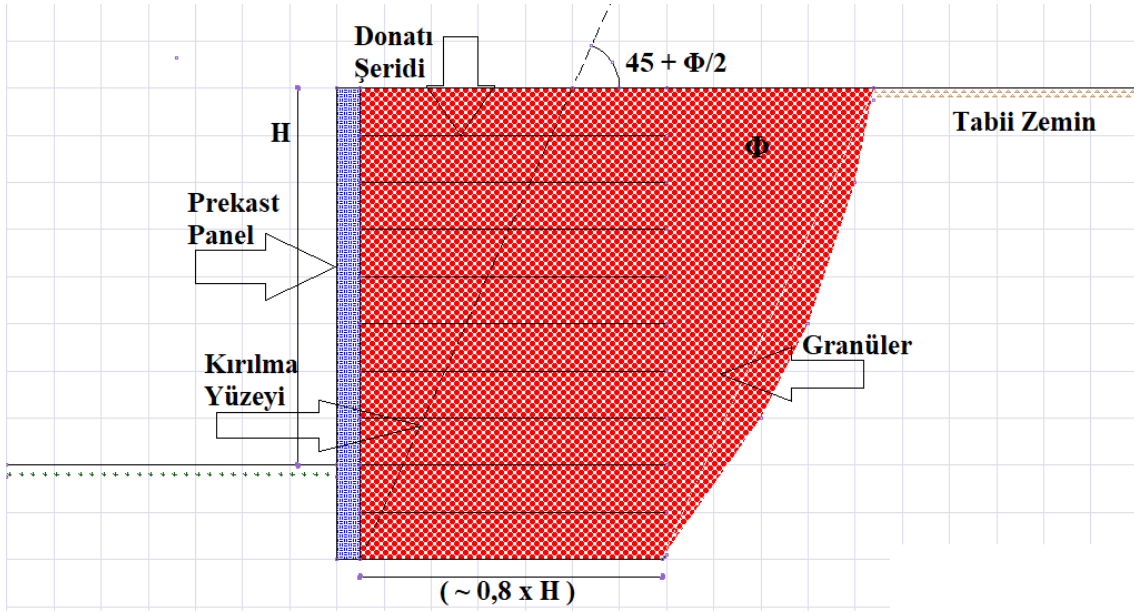
Geogrid donatılı duvarlar,



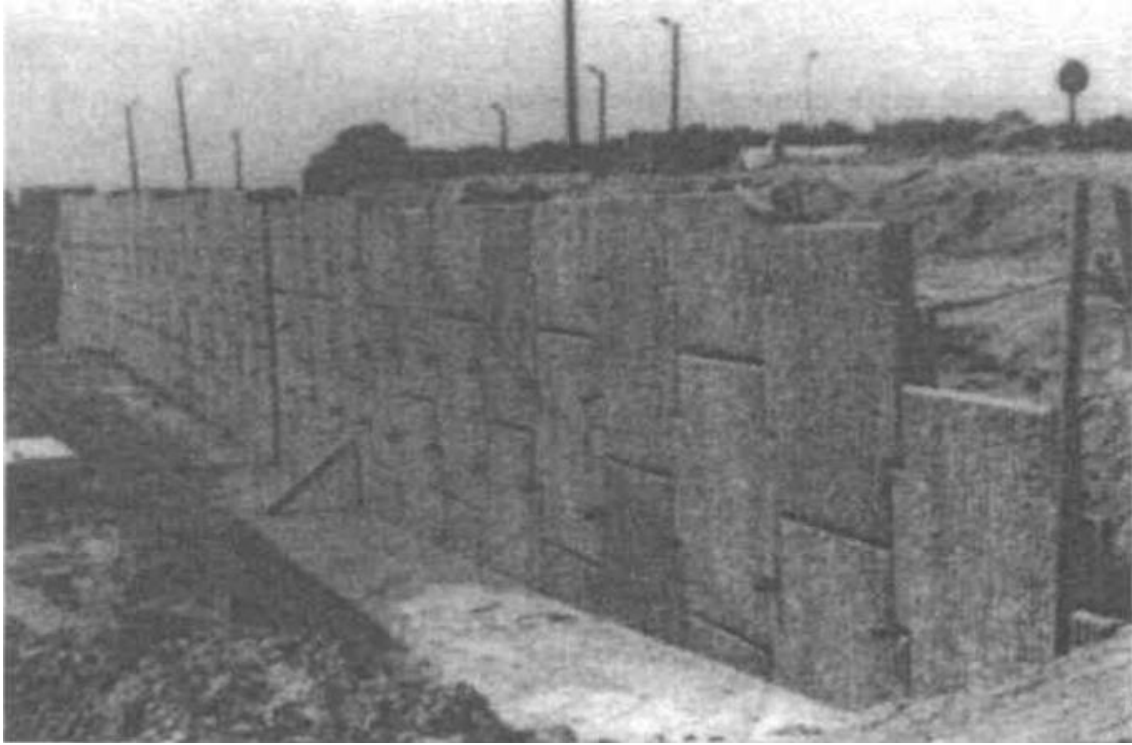
Şekil 4. 1. Donatılı zeminin şematik görünümü

Kaynak: (Bowles, 1997: 658)

Bu durumda, prekast panelin arka kısmındaki dolgu zemini stabilize edilmektedir ve duvar sistemine genel itibari ile, donatılı zemin duvarı (MSE) denmektedir. Donatılı zemin duvarının üç bileşeni bulunmaktadır. Bunlar, önyüzünü oluşturan prekast panel, dolgu malzemesi ve kullanılacak olan donatı malzemesidir (Murthy, 2016: 849-851). Şekil 4.2. ve 4.3.'te, metal şerit kullanılan duvarın yandan görünüşü ve yapım aşamasında olan bir duvarın ön yüzeyi görülmektedir.



Şekil 4. 2. Donatılı zemin ve kısımları

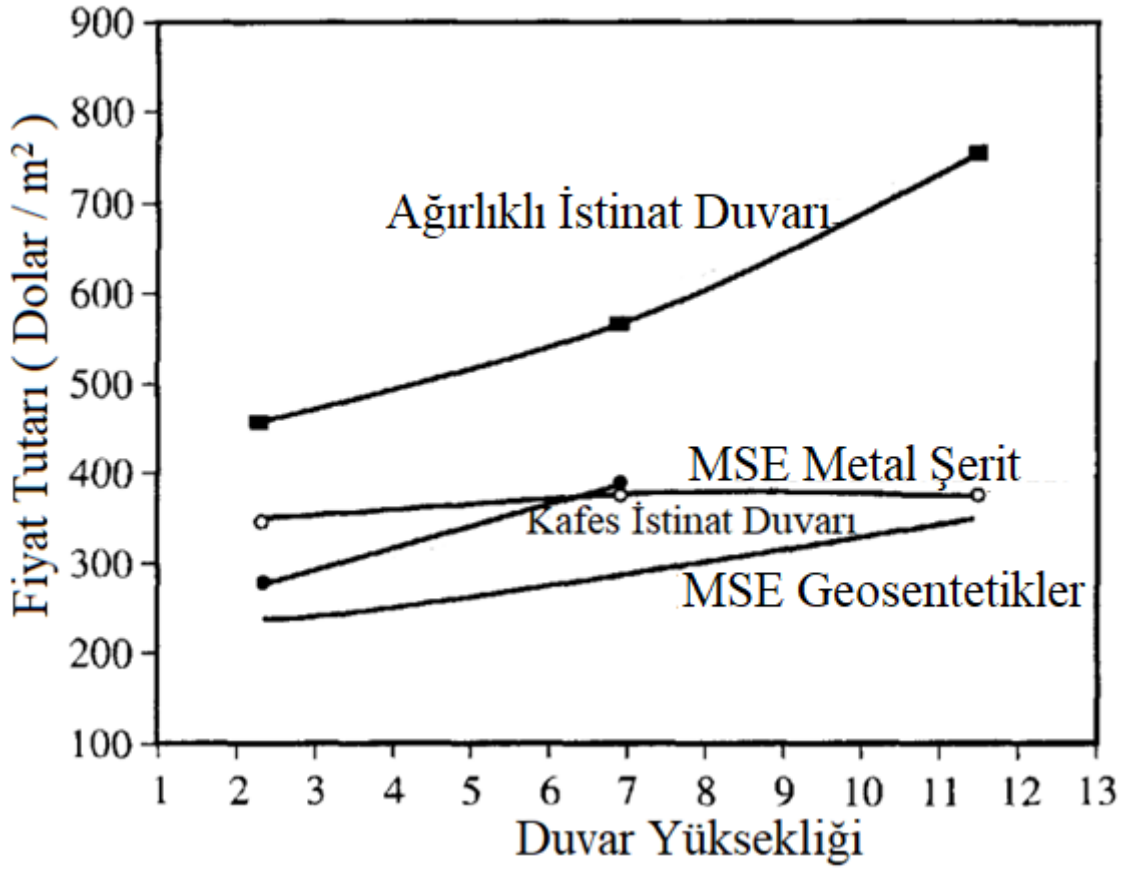


Şekil 4. 3. Donatılı zemin fotoğrafı

**Kaynak:** (Bowles, 1997: 659)

Şekil 4.4.'de duvarın, yüksekliğe bağlı olarak,  $m^2$  başına düşen tutarı - dolar miktarını görülmektedir. Burada geosentetik donatılı zemin duvarı, metal şerit donatılı zemin duvarını, kafes istinat duvarını ve ağırlıklı istinat duvarlarını verilmiştir. Bu gösterilen mevcut duvarların  $m^2$  başına fiyat miktarları belirlenebilir. En pahalıdan en ucuza kıyaslaması ise

genel itibari ile şu şekilde olacaktır: Ağırılık istinat duvarı – Metal Şeritli Donatılı Zemin Duvarı – Kafes İstinat Duvarı – Geosentetik Donatılı Zemin Duvar (Murthy, 2016: 852).



**Grafik 4. 1.** İstinat duvarlarının fiyat açısından karşılaştırılması

**Kaynak:** (Murthy, 2016: 852)

## 4.2. Donatılı Zeminde Kullanılan Malzemeler

### 4.2.1. Galvaniz kaplı çelik şerit

Çoğu zaman galvaniz kaplı çelik şeritler zeminde donatı vazifesini ifa etmektedir. Bununla birlikte, galvaniz kaplı çelik şeritler korozyona maruz kalmaktadır. Korozyon oranı ise, çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak gelişmektedir. Binquit ve Lee 1975 yılında galvaniz kaplı çelik şeritlerin yılda ortalama 0,025 ile 0,05 mm arasında korozyona uğradığını savunmuşlardır. Bu nedenle gerçek donatı tasarımında korozyon oranı hesaba katılmalıdır. Bunun için;

$$t_c = t_{dizayn} + r \times (\text{yapı ömrü}) \quad (4.1)$$

Burada,  $t_c$  yapıda kullanılan donatı şeritlerinin gerçek kalınlığını göstermektedir.  $t_{dizayn}$  ise, yapıda kullanılan donatı şeritlerinin tasarım kalınlığını göstermektedir.  $r$  ise, korozyon oranını göstermektedir. Ayrıca, bu konuda araştırmalar devam etmektedir (Das, 2014: 678).

Galvaniz kaplı çelik şeritlerin bir donatılı zeminde kullanıldığı yer, ön yüzdeki prekast panelin arka kısmına bağlanmak suretiyle duvar arkası dolgu arasında bulunacaktır. Galvaniz kaplı çelik şeritlerin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir:

Galvaniz kaplı çelik şeridin projesinde öngörülen gerilme deformasyonu alabilmelidir.

Kaplama kısmı ise yüksek aderanslı sıcak daldırma galvaniz içermelidir.

Kullanılacak olan çelik şeridin orta veya yüksek karbon çeliği özelliğine sahip, tasarımında çekme kuvveti minimum 510 kPa şeklinde olabilir.

Donatılı zeminde, donatı malzemesi olarak kullanılacak bu çelik şeritlerin yüzey kısımları  $m^2$ 'si başına en az 530 gram olacak şekilde sıcak daldırma galvaniz ile kaplanarak tasarlanmalıdır (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013: Kısım 252: 1).

#### **4.2.2. Geotekstil**

Geotekstillerin kullanımı, yapılarda, 1970 yılından beri, dünya çapında büyük ölçüde artarak günümüze kadar ulaşmıştır. Burada kullanılan kumaşlar genel itibari ile petrol ürününden üretilir. Bunlar polyester, polietilen olabileceği gibi polipropilen de olabilir. Ayrıca cam elyafından olanlarla da vardır. Geotekstilller, çok çabuk çürüdükleri için doğal kumaşlardan yapılmazlar. Geotekstilller dokuma, örme veyahut dokuma içermeyen bir yapıda olabilmektedir.

Dokuma sureti ile meydana getirilen geotekstillerde, düzlemsel bir yapı oluşturulmak için sistematik olarak yerleştirilmiş iki paralel filament veya iplik teli seti bulunmaktadır. Örme sureti ile meydana getirilen geotekstillerde ise, düzlemsel bir yapı oluşturulmak için, bir veya daha fazla filament veya iplik seti kullanılır. Bu filament ve iplik setleri bir dizi ilmek ile birleştirilerek uygulanır. Dokuma olmadan meydana getirilen geotekstilller ise, düzlemsel bir yapıda veya rastgele bir yapıda düzenlenmiş, filamentlerden veya kısa liflerden oluşur. Bu filamentler ve kısa lifler, başlangıç itibari ile gevşek bir ağ halinde düzenlenmiş olup, sonrasında aşağıda belirtilen işlemlerden biri veya kombinasyonu ile bağlanarak sağlanır.

**Kimyasal Bağ:** Bunlar, lateks, tutkal lastik, bir selüloz türevi veya benzeri olabilir.

**Termal Bağ:** Isı ile bağlanan bir bağlıdır.

**Mekanik Bağ:** Zımbalama gerektiren bir bağlıdır (Das, 2014:678).

Zımbalı dokuma olmadan yapılan geotekstiller kalın olup, düzlem içi geçirgenliği ise fazladır. Geotekstil kullanımının dört ana fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar:

**Drenaj:** Bu kumaşlar suyu mevcut olan zeminden çeşitli çıkışlara hızlı bir şekilde ileterek, yüksek bir kayma dayanımı ve dolayısı ile stabiliteyi sağlar.

**Filtrasyon:** Bir granüler veya diğer farklı taneli zemin tabakaları arasına yerleştirildiği zaman, bu kumaş bir tabakadan diğer bir tabakaya serbest bir şekilde su geçmesine izin vermektedir. Bununla birlikte kaba taneli zemin içindeki ince taneli parçacıkların aşınmasını önlemektedir.

**Ayırma:** Geotekstiller yapı sonrasında ve yapıda önceden öngörölmüş servis süresi boyunca çeşitli zemin tabakalarının ayrı tutulmasına yardımcı olur. Bu duruma örnek, karayolu yapımında, killi bir yol tabanı geotekstil kumaş yardımı ile granüler zeminden ayrılabilir.

**Donatı:** Geotekstilde bulunan mevcut çekme dayanımı yük taşıma kapasitesini artırmaktadır (Das, 2014: 678).

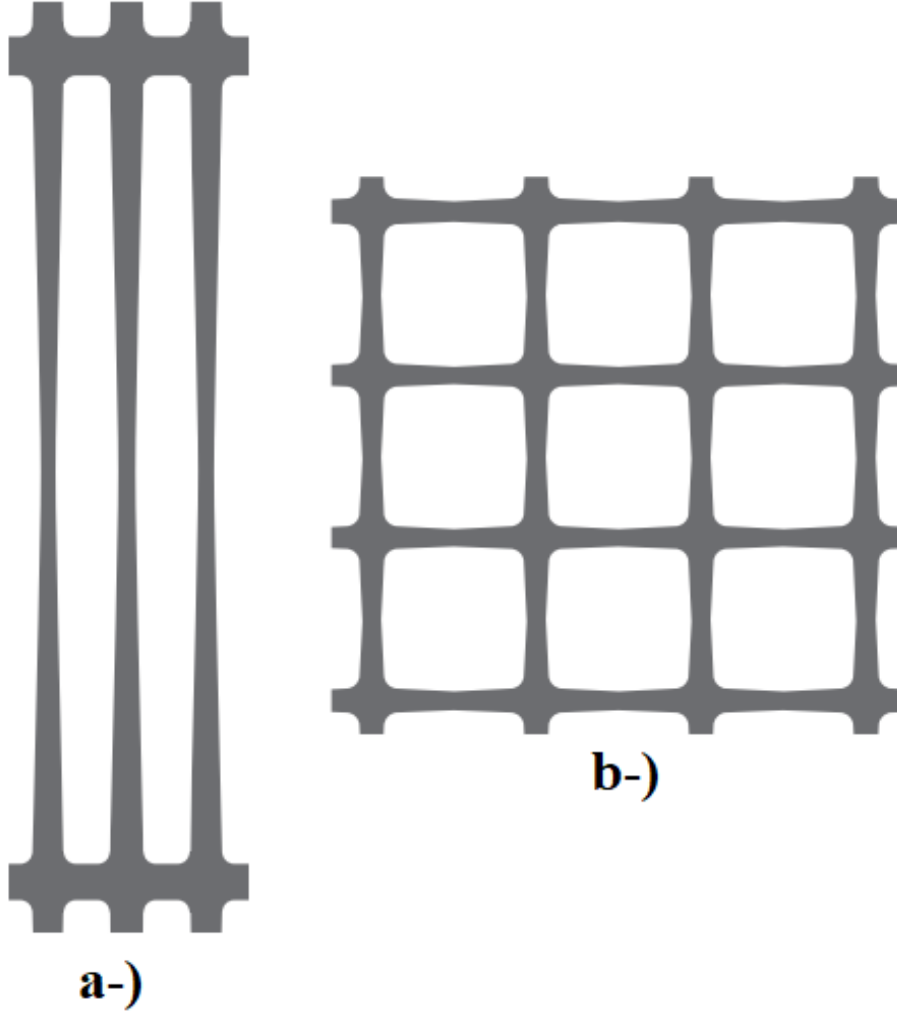
### **4.2.3. Geogrid**

Geogridler, polipropilen polietilen gibi yüksek modüllü malzemelerdir ve çekme çizimi sureti ile hazırlanır. Bu durum ile ilgili olarak İngiltere'deki Netlon Ltd adlı şirket ilk geogrid üreticisi olmuştur. Netlan Şirketi ileriki yıllarda Tensar adını almış, 1982 yılında ABD'ye geogridi tanıtmıştır (Das, 2014: 679).

Piyasada satılan bu geogridler temel olarak 3 imalat yöntemi ile elde edilebilmektedir. Geogrid ekstrüzyon, dokuma ve kaynaklı şeklindedir. Ekstrüde geogridler delikler oluşturmak sureti ile elde edilen kaburgaların ve düğümlerin mühendislik özelliklerini arttırmak için delinmiş veya çizilmiş kalın bir polietilen veya polipropilen tabakası kullanılarak meydana getirilmiştir. Dokuma geogridler ,polimerik, genel itibari ile polyester ve polipropilen gruplandırılarak ve daha sonrasında polimerik lake ile kaplanan bir ağ örgüsüne dokunularak meydana getirilir. Kaynaklanmış geogridler polimerik şeritlerin eklem yerlerinden eritilip birleştirilme suretiyle meydana gelir. Bu üç imalat yöntemini kendi içinde kıyaslanmasında ekstrüde geogridler kaplama donatı uygulamalarında daha iyi performans göstermiştir (Das, 2014: 679).

Geogridler genel itibari ile tek eksenli ve çift eksenli olarak iki tipte bulunmaktadır. Şekil 5.5 a ve b'de Tensar uluslararası şirketi tarafından üretilen iki ürün tipi verilmiştir. Tek eksenli Tensar Izgaraları delikli bir ekstrüde yüksek yoğunluklu polietilen tabakasını dikkatli ve kontrollü şekilde bir yönde gerdirilerek oluşur. İşlem polimerin uzun zincirli moleküllerini hizalayarak ve tek yönlü çekme dayanımını büyük ve yüksek modüllü bir ürün ile

sonuçlandırılır. Çift eksenli Tensar ızgaraları ise, delinmiş propilen tabakasının iki ortogonal yönde gerilmesi sureti ile üretilir. Bu işlem iki dik yönde çekme dayanımı ve yüksek modüllü bir ürün ile sonuçlanmaktadır (Das, 2014: 679).



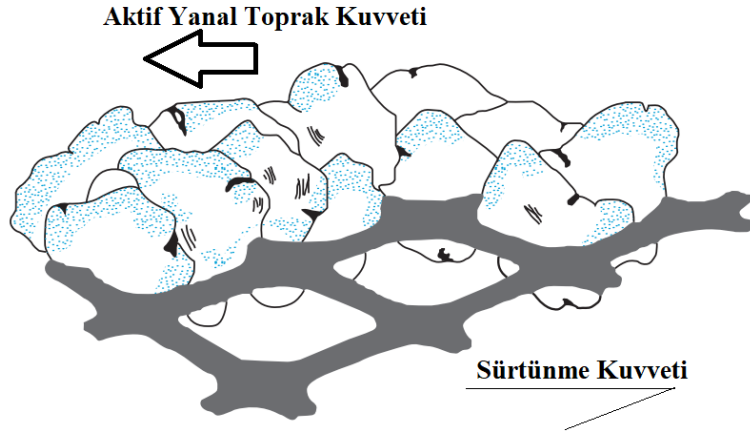
**Şekil 4.4. a-) ve b-) Tek ve çift eksenli geogrid örneği**

**Kaynak:** (Das, 2014: 679)

Donatılı zeminde, piyasada satılan geogridler yaklaşık 0,5 ile 1,5 mm arasında nominal olarak değişen kaburga kalınlığı ve yaklaşık eklem yerleri 2,5 ile 5 mm arasında bulunmaktadır. Burada donatılı zeminde kullanılan geogrid ızgaralar genel itibari ile dikdörtgen veya eliptik açıklıklara sahiptir. Burada kullanılan geogrid ızgaraların açıklık boyutları yaklaşık 25 mm ile 150 mm arasında değişmektedir. Geogridlerde bulunan açık alanlar, toplam alanın yarısından daha büyük olacak şekilde ayarlanmıştır. % 2 gibi düşük şekil değiştirme ile güçlendirme dayanımı geliştirir. Bu tek ve çift eksenli geogridler bazı farklı özellikler içermektedir (Das, 2014: 679).

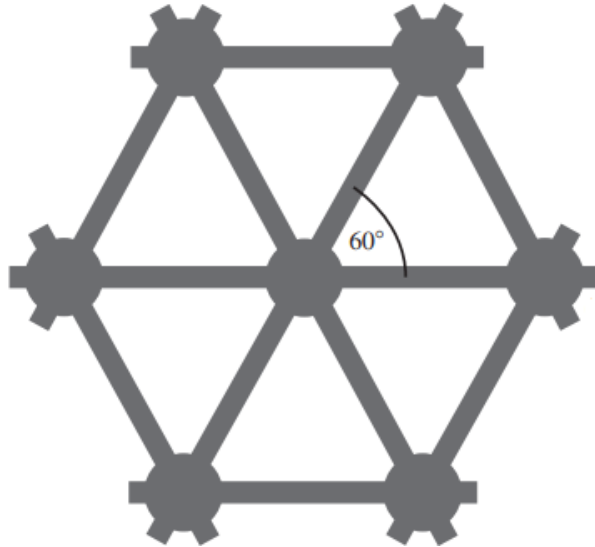
Bilindiği üzere, geogridlerin ana işlevi donatı görevini üstlenmesidir. Bunlar nispeten yoğun bir yapıya sahiptir. Açıklıklar, donatı- ayırma işlemi veya her iki işlevi de gösterebilmesi için; etrafta bulunan zemin veya kaya ile kenetlenmeye, aderans sağlamaya izin verecek kadar büyük bir yapıya sahip olması gerekmektedir (Şekil 4.6.). Sarsby 1985 yılı itibari ile maksimum sürtünme etkisini veya çekmeye karşı etkiyi bulabilmek için, açıklık boyutunun zemin danelerinin boyutuna etkisini araştırmıştır (Das, 2014: 679).

Şekil 4.7.' de görüldüğü üzere, yakın zamanlarda yapıda kullanım amaçlı üçgen delikler içeren geogridler imal edilmiştir. Üçgen açıklığa sahip Tensar geogridleri delikli bir levhadan imal edilmiş olup, daha sonra eşkenar bir yöne yönlendirilir, böylece elde edilen kaburgaların yüksek bir moleküler yönelime sahip olması beklenir (Das, 2014: 679).



**Şekil 4. 5.** Geogridlerin aktif yanal toprak kuvvetine karşı sürtünme kuvveti ile karşı koyma durumu

**Kaynak:** (Das, 2014: 680)



**Şekil 4. 6.** Üçgen açıklığa sahip tensar geogridleri

**Kaynak:** (Das, 2014: 679)

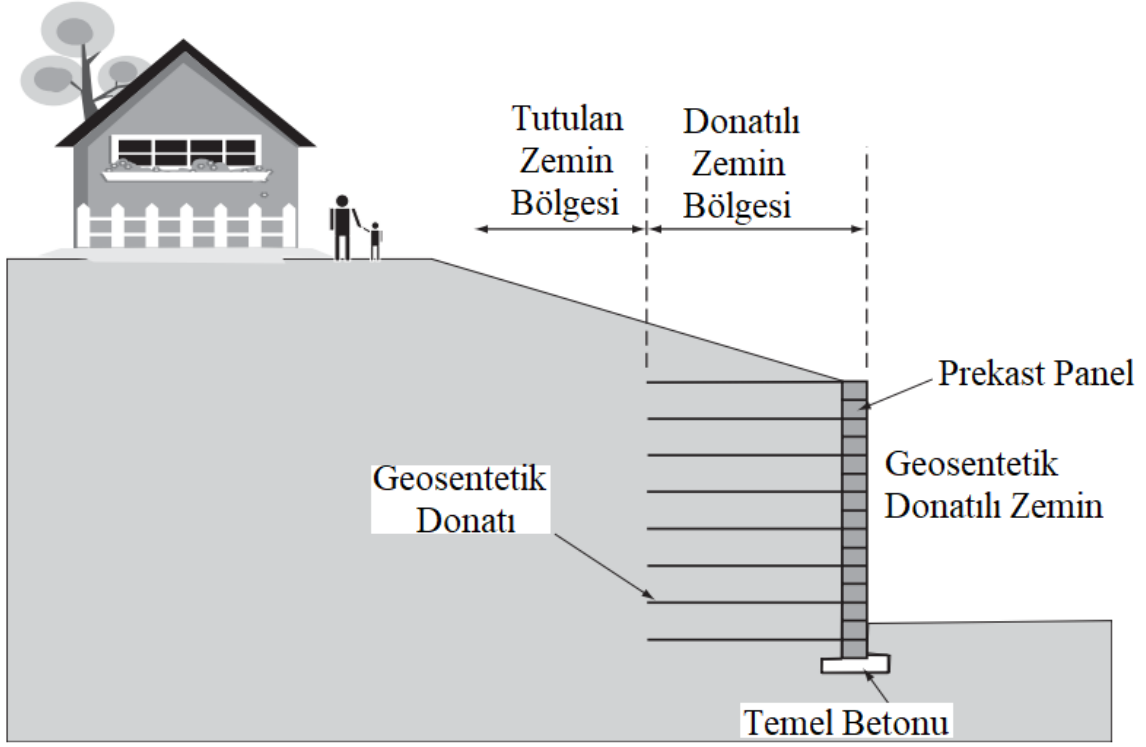
### **4.3. Geosentetik Donatılı Zemin Duvarı**

#### **4.3.1. Giriş**

Geleneksel istinat duvarlarında olduğu gibi, şekil 4.8.'de görüldüğü üzere, ani bir yükseklik değişikliği istendiğinde geosentetik donatılı zemin duvarları kullanılır. Bilindiği üzere bir geosentetik zemin duvarı üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar, prekast panel, geri dolgu toprağı, geosentetik donatıdır. Geosentetik malzemelerin polyester, polyester polietilen gibi petrol yan ürünlerinden oluşmuştur. Ayrıca, daha önce geotekstil ile geogrid malzemeler hakkında bilgi verilmiştir (Helwany, 2007: 271-272).

Şekilde görüldüğü üzere geosentetik donatılı zemin duvarda donatıyı, geosentetiğı içeren zemine donatılı zemin, bunun arka kısmında bulunan dolgunun bir kısmına ise tutulan zemin denmektedir. Ayrıca, prekast panel altına konulmuş temel betonu da belirtilmektedir. Dolgu toprağı, donatı, prekast panel birimlerini içeren tüm donatılı bölge şekilde görüldüğü üzere tutulan toprağın uyguladığı denge bozucu aktif yanal toprak basıncına karşı koyan bir monolit olarak görev yapar. Güçlendirilmiş bölgenin kendi ağırlığı bir geosentetik donatılı zeminde baskın bir yükü göstermektedir. Bilindiği üzere, geosentetikler zemin donatısı için kullanılan yüksek mukavemetli polimer tabakalardan oluşmaktadır. Bunlar korozyona dirençli olup, ancak ultraviyole ışınlarına karşı hassas bir yapıya sahiptirler. Dolayısıyla güneş ışığından korunmaları gerekmektedir.

Geosentetik donatılı zemin duvarların tasarımında iç ve dış stabilitenin sağlanması gerekir. Burada, dış stabilite donatılı zemin kütesinin bir bütün olarak bitişik zemine göre stabilitesini ifade etmektedir. Diğer taraftan, iç stabilite donatılı zemin kitlesindeki dengeyi ifade eder (Helwany, 2007: 271-272).

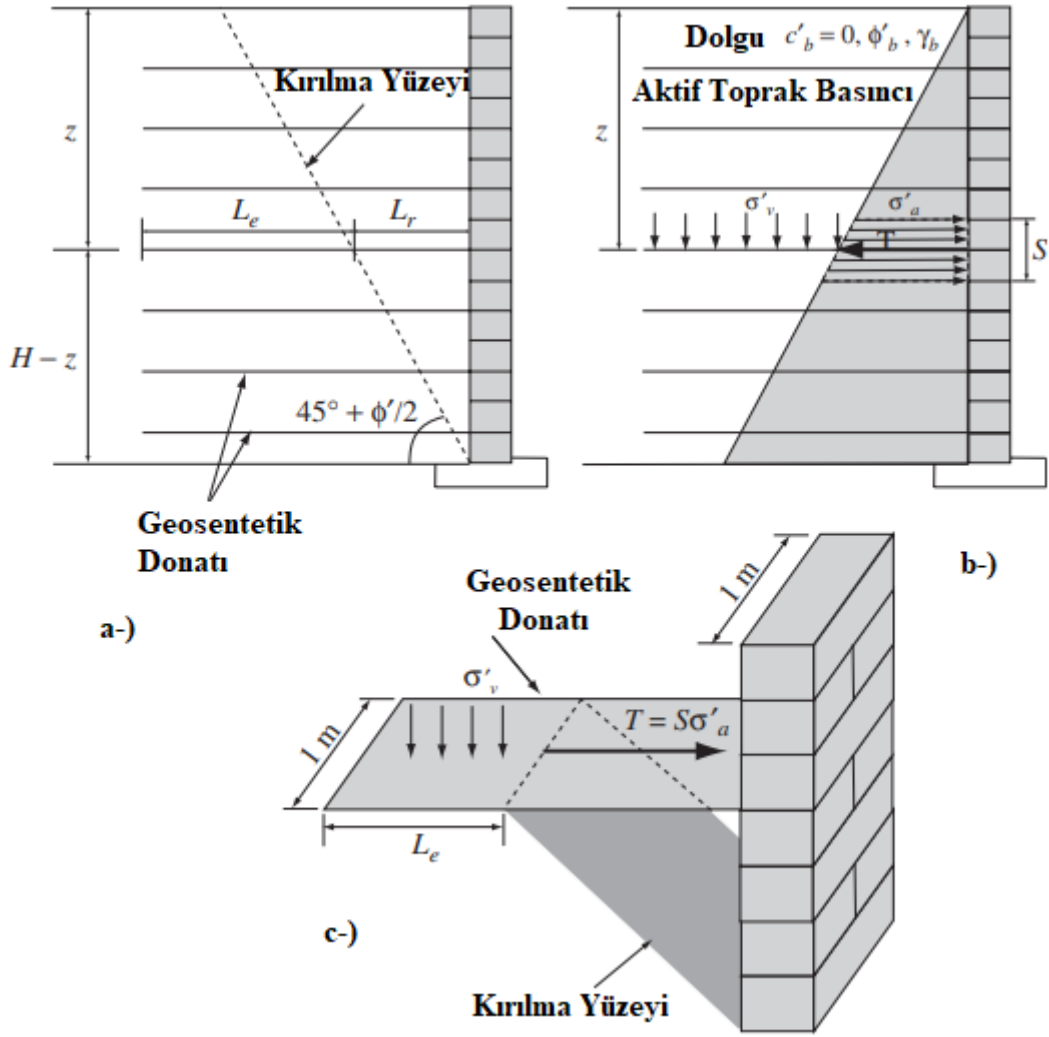


Şekil 4. 7. Geosentetik donatılı zemin duvarın genel görünümü

**Kaynak:** (Helwany, 2007: 272)

#### 4.3.2. Geosentetik donatılı zemin duvarların iç stabilitesi

Geosentetik donatılı zemin duvarların iç stabilitesi duvarın, donatılı zemin kütledeki göçmelere karşı yeterince kararlı olmasını ifade eder. İç göçme modları şunları donatının çekme ve kopma durumudur (Helwany, 2007: 272). Donatı uygulanmış bir zeminin arkasındaki varsayılan bir yanal toprak basıncından kaynaklanan yatay dengesizlik kuvvetleri şekil 4.8 a’da gösterildiği üzere donatı tarafından sağlanan yatay kuvvetlerin dengelenmesi ile karşı koymaktadır.



**Şekil 4.8.** Geosentetik donatılı zemin duvarın kopma ve çekme durumları

**Kaynak:** (Helwany,2007:272)

Burada, yeterli derecede güvenlik toleransını sağlamak önemlidir. Bunun için, limit denge analizi yaparken, yatay kuvvetleri güvenlik faktörü ile dengelenmesi sağlanmalıdır. Bu kısımda, her donatı tabakası için iki bağımsız güvenlik faktörü saptanması gereklidir. Donatı kopması için emniyet faktörü  $GS_R$  ile simgelenmiş olup, donatı dayanımının, tabaka için yanal toprak basıncı eksenine olan oranı bize  $GS_R$  'yi vermektedir. Çekme için emniyet faktörü,  $GS_P$  ile simgelenmiş olup, çekme dayanımının tabaka için yanal toprak basıncı itme oranı bize  $GS_P$  'yi verir. Burada bir donatı tabakası için yanal toprak basıncı itiş, kat seviyesinde yanal toprak basıncının ürünü ve "katkı" alanı  $S \times 1$  m şeklinde hesaplanabilir.  $S$  burada iki donatı tabakası arasındaki boşluğu göstermektedir (Helwany, 2007: 273).

Donatılı bir zeminde düzlemsel bir göçme yüzeyinin, şekilde gösterildiği gibi olduğu düşünülmektedir. Yatay bir zirvesi olan ve homojen bir düşey sürşarj yüküne maruz kalan bir duvar için, kırılma yüzeyi yataydan  $45 + \phi_b / 2$  açıyla yukarı doğru eğimlidir.  $\phi_b$  burada

duvarın içsel sürtünmesini simgelemektedir. Donatı, varsayılan göçme yüzeyinin ötesine uzanır ve varsayılan kırılma kaması için gerilime dirençli “duvar tutamağı” olarak kabul edilir. Sonuç olarak, bu analiz genel olarak tutucu kama analizi olarak isimlendirilir (Helwany, 2007: 273).

Burada, dolgu maddesinin üst kısmından ölçülen  $z$  mesafesindeki bir donatı tabakasının dengesinden bahsedilmektedir. Yukarıda aktif yanal toprak gerilmesi ( $6'_a$ ) ve aktif yanal toprak katsayısı ( $K_a'$ ) belirtilmiştir. Burada ek olarak  $T_R$  (kN / m) kopma dayanımlı bir geosentetik donatı tabakasını varsayılmaktadır. Donatı kırılması için güvenlik sayısı  $GS_R$  için ise formül:

$$GS_R = \frac{TR}{6a \times S} = \frac{TR}{Ka \times \gamma_b \times z \times S} \quad (4.2)$$

Şekil 5.9 b'de,  $S$  iki tabaka arasındaki boşluğu temsil etmektedir. Burada  $GS_R$  donatı kopma güvenlik sayısı genel itibari ile 1,3 ile 1,5 arasında değişmektedir. Yukarıdaki formülden  $S$  çekilirse formül:

$$S = \frac{TR}{Ka \times \gamma_b \times z \times GS_R} \quad (4.3)$$

Şimdi,  $z$  derinliğinde bulunan donatı katmanının gerekli uzunluğunu ( $L$ ) belirtilecek olursa,  $L = L_R + L_c$  şeklinde olacaktır. Burada  $L_R$  Rankine'nin kama göçme yüzeyi içindeki uzunluğunu temsil eder iken  $L_c$  Rankine kama yüzeyi dışındaki uzunluğunu temsil etmektedir. Yanal aktif toprak gerilme formülünden aşağıdaki ifade verilebilir:

$$\tan \left( 45 + \frac{\phi'_b}{2} \right) = \frac{H-z}{L_R} \quad (4.4)$$

Buradan  $L_R$  yalnız bırakılırsa;

$$L_R = \frac{H-z}{\tan \left( 45 + \frac{\phi'_b}{2} \right)} \quad (4.5)$$

4.9. c'de  $L_c$  uzunluğunu,  $GS_P$ , çekme güvenlik faktörünün tanımını kullanarak hesaplandığı görülmektedir. Bu  $GS_P$  çekme güvenlik sayısı, zemin tabakası için, çekme direncinin yanal toprak basınca oranıdır. Donatılı bölümünün Rankine' nin yetersizlik kaması dışındaki çekme direnci aşağıdaki gibidir:

$$2 \times A \times \gamma_b \times z \times \tan \left( \phi'_{int} \right) = 2 \times (L_c \times 1) \times \gamma_b \times z \times \tan \left( \phi'_{int} \right) \quad (4.6)$$

Burada,  $\tan \left( \phi'_{int} \right)$  dolgu zemini ile arayüz arasındaki sürtünme açısını temsil etmektedir. Eğer, laboratuvar ölçümü bulunmuyor ise,  $\phi'_{int}$  açısını  $2/3\phi'_b$  şeklinde kabul edilebilir.  $GS_P$  ise;

$$GSp = \frac{2 \times L_e \times \gamma b \times z \times \tan(\phi'_{int})}{Ka \times \gamma b \times z \times S} = \frac{2 \times L_e \times \tan(\phi'_{int})}{Ka \times S} \quad (4.7)$$

$L_e$  yalnızlaştırıldığında;

$$L_e = \frac{GSp \times S \times Ka}{2 \times \tan \phi'_{int}} \quad (4.8)$$

Toplanması durumunda;

$$L_T = L_e + L_r \quad (4.9)$$

Açılması durumunda;

$$L = \frac{H-z}{\tan(45+\frac{\phi'_2}{2})} + \frac{GSp \times S \times Ka}{2 \times \tan \phi'_{int}} \quad (4.10)$$

Burada, çekme için güvenlik sayısı 1,3 ile 1,5 arasında bir değişir.

H yüksekliğinde bir geosentetik donatılı zemin duvarında,  $T_R$  kopma dayanımlı geosentetik donatı ticari olarak S boşlukları duvarın belirli geometrisini de göz önüne alarak önceki formülde görüldüğü üzere buradan elde edilir. Bu duruma, önek olarak 0,4 m yüksekliğinde yüzeye bakan bloklara sahip bir bölümsel duvar tasarlandığı zaman, ayarlanan aralık, hesaplanan boşluktan daha küçük veya eşit olduğu sürece 0,4 m veya katlarından biri olabilir (Helwany, 2007: 273-275).

Bundan sonraki adım yukarıdaki formülde gösterilen L formülünü kullanarak, katmanlar için gerekli donatı uzunluğunu hesaplamak olacaktır. Burada, herhangi bir tabakadaki L, geosentetik donatı uzunluğu, H duvar yüksekliğinin yarısından fazla olması gerekmektedir. Ayrıca, yukarıdaki formül incelendiği zaman, düşük mukavemetli küçük aralıklar ile yerleştirilmiş geosentetik donatı, yüksek mukavemetli büyük aralıklar ile yerleştirilmiş geosentetik donatıya göre teorik hesap olarak aynı sayısal değeri taşıyabilir (Helwany, 2007: 275).

#### 4.3.3. Geosentetik donatılı zemin duvarların dış stabilitesi

Bir geosentetik donatılı zemin duvarın stabilitesi, genel olarak, donatılı zemin kütlelerinin, duvarın arkasına etki eden toprak basıncı ile sert bir yerçekimi tutma duvarı olarak göz önüne alınarak değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. Zemin tutucu yapıların geleneksel stabilite analizi için olanlara benzer yöntemler kullanılarak, duvar üç potansiyel yetersiz olma durumuna karşı kararlılık açısından kontrol edilmektedir. Bunlar devrilme, kayma ve taşıma kapasitesidir. Dolgunun eğimli olması durumu da aynı zamanda ele alınması gereken bir yetersizlik durumunu içerebilir. Şekil 5.10'da gösterilen basit bir geosentetik

donatılı zemin duvarında kayma için kullanılan güvenlik sayısı  $k_1$  ve  $k_2$  'nin  $\frac{1}{2}$  ile  $\frac{2}{3}$  arasında değişen azalma faktörleri olarak adlandırılır.

$$GS_{KAYMA} = \frac{\text{Dengeleyici Kuvvetler}}{\text{İtici Kuvvetler}} = \frac{W \times \tan(k_1 \times \phi') + L \times k_2 \times c_f}{P_a(\text{yatay})} \quad (4.11)$$

Devrilmeye güvenlik faktörü için ise şu şekilde hesap yapılabilir:

$$GS_{DEVRİLME} = \frac{\sum MR}{\sum M_0} = \frac{W \times (\frac{L}{2})}{P_a \times (\frac{H}{3})} \quad (4.12)$$

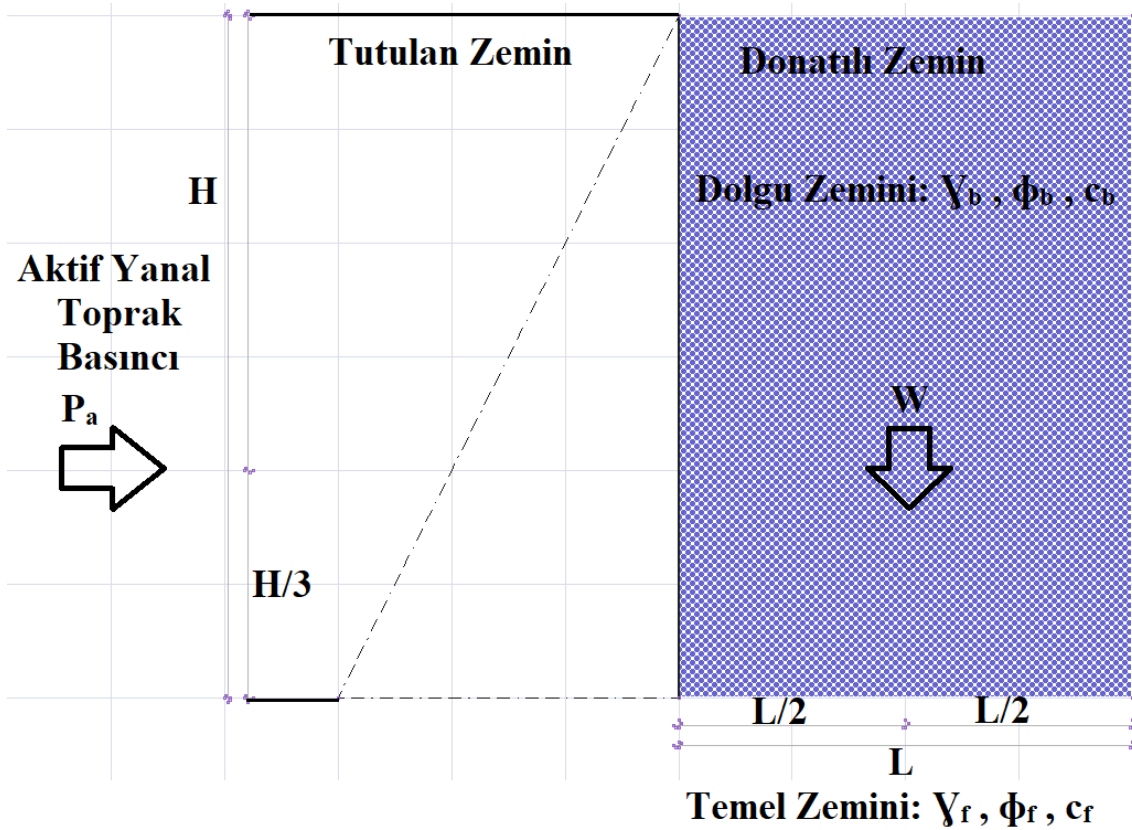
Taşıma kapasitesi için;

$$GS_{TAŞIMA} = \frac{q_u}{q} = \frac{q_u}{\gamma_{\text{zemin}} \times H + q(\text{sürşarj})} \quad (4.13)$$

$q_u$  ise;

$$q_u = c_T \times N_c + \frac{1}{2} \times \gamma_{\text{temel}} \times L \times N_\gamma \quad (4.14)$$

Burada, kayma, devrilme ve taşıma kapasiteleri için güvenlik sayılarının en az 3 sayısal değerine eşit olması gerekmektedir (Helwany, 2007: 275-276).



Şekil 4. 9. Geosentetik donatılı zemin duvarın dış stabilitesi

#### 4.4. Şerit Donatılı Zemin Duvar

Şerit donatılı zemin duvar prensip itibariyle geosentetik duvara benzemektedir. Eşitliği şu şekildedir:

$$L_c = \frac{GSp \times 6a' \times Sv \times Sh}{2 \times w \times 60' \times \tan(\phi u')} \quad (4.15)$$

Burada  $S_h$  şerit donatılar arası yatay mesafeyi temsil etmektedir.  $S_v$  ise şerit donatılar arası düşey mesafeyi temsil etmektedir.  $w$  ise; şerit donatının genişliğini belirtmektedir. Burada hesaplamalar metre ve kN üzerinden olmaktadır.  $\sigma_0'$  ise; efektif düşey gerilmenin sembolünü göstermektedir.  $\sigma_a'$  yanal aktif toprak gerilmesini simgelemektedir.  $GSp$  ise 3 değerine eşittir. Şerit donatılı zemin duvarda  $L_R$  'nin hesabı değişmemektedir. Dolayısıyla; toplam  $L$  uzunluğu;

$$L = \frac{H-z}{\tan(45 + \frac{\phi b}{2})} + \frac{GSp \times 6a' \times Sv \times Sh}{2 \times w \times 60' \times \tan(\phi u')} \quad (4.16)$$

Şerit donatı kalınlığı ise;

$$t = \frac{6a' \times Sv \times Sh \times GSB}{w \times fy} \quad (4.17)$$

Burada  $f_y$  materyalin kopma veya akma dayanımını temsil etmektedir.  $G_{SB}$  ise çubuğun kopmaya karşı dayanma güvenlik katsayısını göstermektedir. Bu değer 3 olarak alınmaktadır. Bu tasarlanmış kalınlık  $t$  değeri üzerine, materyalin korozyon yıllık oranı ile servis ömrü çarpılıp eklenerek gerçek şerit kalınlığı bulunacaktır.

Şerit donatılı zemin duvarın dış kararlılık formülleri ise geosentetik donatılı zemin duvar ile tıpatıp aynıdır. Devrilmeye, kaymaya, taşımaya karşı güvenlik sayıları ise en az sırasıyla 3, 3 ve 5 olması gerekmektedir (Das, 2014: 687-688).

#### 4.5. Prekast Paneller İlgili Bazı Hususlar

Prekast paneller donatılı zeminin ön yüzünde yer almaktadır. Prekast panelin imalatında, taşınmasında, yerleştirilmesinde, istiflenmesinde bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunlar şunlardır:

Prekast paneller, çelik kalıp kullanılması sureti ile hazırlanır. Bu kalıpların ebatları prekast panel ebatlarına göre en fazla  $\pm 5$  mm olarak düzenlenebilir.

Prekast panel betonunda kullanılacak çimento PÇ 42,5 MPa portland çimentosu olabilir.

Prekast panel betonuna 150 x 300 mm silindir numunesine göre karakteristik dayanımı test edildiği zaman beton sınıfı C30 ayarında olabilir.

Prekast panel betonunun C12 MPa mukavemetine ulaşımı sağladıktan sonra kalıbı içerisinden hiçbir zarara uğratılmadan sökülebilir.

Prekast Panel Betonunu istiflerken, ahşap takozlar üzerine konulup, 5 adet paneli geçmeyecek şekilde istiflenir.

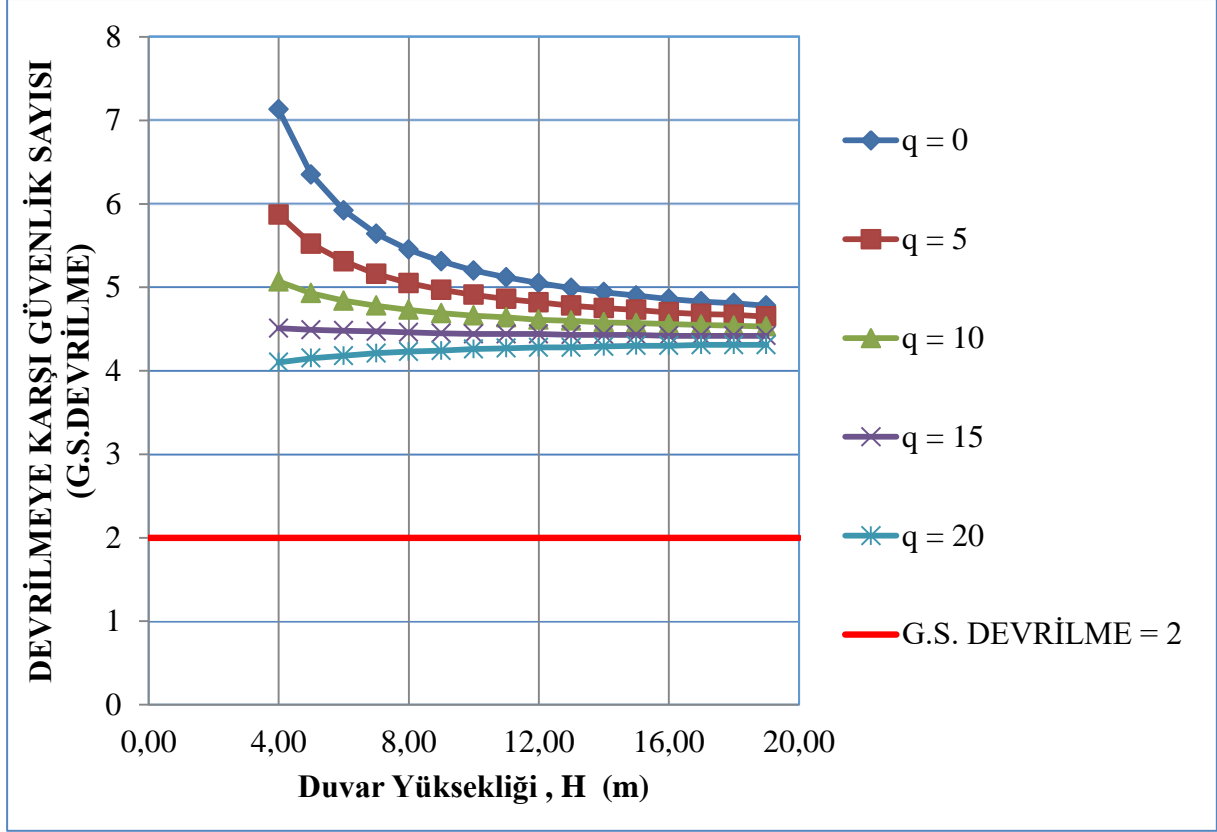
Prekast Panel betonunu üretirken, projesine göre ebatların değerlendirildiğinde, tolerans miktarı en fazla  $\pm 10$  mm şeklinde olabilir (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013: Kısım: 1-3).

## 5. İSTİNAD DUVARINA AİT SONUÇLAR

### 5.1 Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.)Mevcut değil ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=0^\circ$

#### 5.1.1 Don derinliği, $D_f=0,5$ m

##### 5.1.1.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)



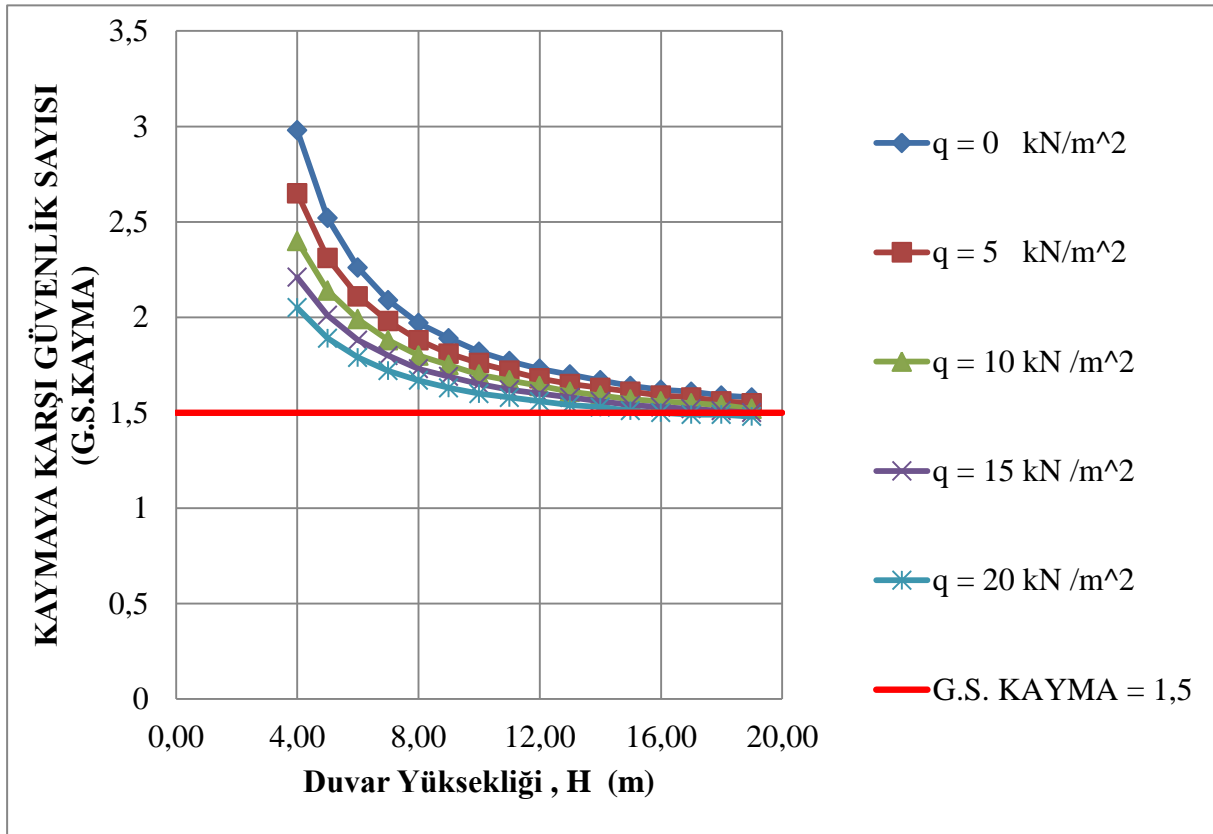
**Grafik 5. 1.** Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=0,5$  m)

- Tabandaki  $0,1H$  uzunluğu olması ve  $A_1$  uzunluğunun  $0,3$  metre olduğu için verilere göre  $H=1$  metre,  $H=2$  metre ve  $H=3$  metre için grafik çizilememektedir.
- Grafik 5.1.' de görüldüğü üzere devrilmeye karşı güvenlik sayıları  $4,10$  ve  $7,13$  değerleri arasında bulunmaktadır. En düşük güvenlik sayısı değeri ( $G.S.= 4,10$ )  $q=20$   $\text{kN/m}^2$  ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede elde edilmiştir. En büyük güvenlik sayısı değeri ( $G.S.= 7,13$ ) ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$  ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede elde edilmiştir.
- Devrilmeye karşı güvenlik sayılarında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır ( $G.S.=2$ ) (DAS, 2014: 659).
- Sürüş yükü  $q=15$   $\text{kN/m}^2$  olduğunda devrilmeye karşı güvenlik sayısı  $H=4$  metreden  $19$  metreye kadar çok fazla değişmemiştir. Bu kısımda en düşük güvenlik sayısı  $19$  metrede

olup (G.S.= 4.42), en yüksek değer ise  $H=4$  m' dedir (G.S.= 4.51). Aralarındaki fark 0,1 değerinden az olmaktadır. Bunun nedeni ise, bu zemin Şartları altında denge durumuna yakın olmasıdır.

- Sürşarj y¼k¼ 20 kN/m<sup>2</sup> olduğunda, duvar y¼kseklięi artışına g¼re devrilmeye karşı g¼venlik sayısının arttığı g¼zlemlenmiŐtir. Bunun nedeni ise, bu zemin Şartları altında denge durumunun aŐılmıŐ olunmasıdır. Yani, s¼rŐarj y¼k¼yle birlikte konsol uzunluğunun fazla olması (gran¼ler malzemenin artması) d¼Őey y¼ndeki momentin yatay y¼ndeki momente g¼re daha fazla olmasını sağlamaktadır.
- Bu zemin Şartlarında  $q=16,18$  kN/m<sup>2</sup>' de devrilmeye karşı g¼venlik sayısında her y¼kseklikte denge hali olduğu g¼r¼lmektedir. Bunun sebebi ise, her y¼kseklikte d¼Őey y¼ndeki momentlerin yatay y¼ndeki momente g¼re fazla değişmediği hemen hemen aynı olduğu g¼r¼lmektedir. Burada fazla değişmeyen sabit olan devrilmeye karşı g¼venlik sayısı değerleridir (G.S.= 4,40).
- Burada  $\tan(90-\eta)$  y¼kseklięe bağlı olarak form¼l gereği konsol uzunluğu artmaktadır.
- Devrilmeye karşı g¼venlik sayısı grafiğinde genel olarak g¼venlik sayısı s¼rŐarj ile y¼kseklik ters orantılı olup, devrilmede don derinliğinin form¼l özelliğinden dolayı bir etkisi bulunmamaktadır.

### 5.1.1.2. Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)

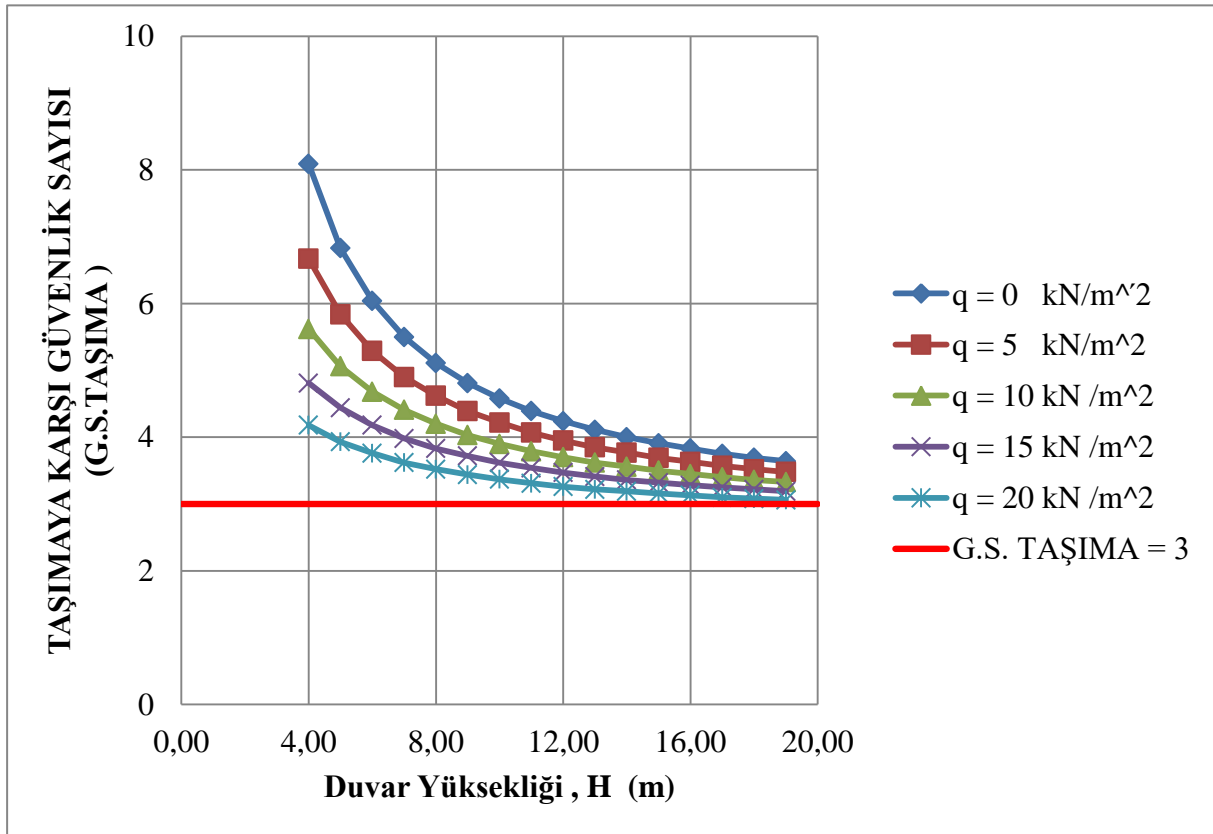


**Grafik 5. 2.** Konsol istinat duvarında kayma karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f = 0,5$  m)

- Grafik 5.2.'de kaymaya karşı güvenlik sayılarının 1,48 ile 2,98 arasında değiştiği görülmektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir.
- Konsol istinat duvarı sürşarj yükü  $q=20$  kN/m<sup>2</sup> 'de ve duvar yüksekliği  $H=17$  metre üzerinde kaymaya karşı güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660).

### 5.1.1.3. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.3.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 0,5$  m)

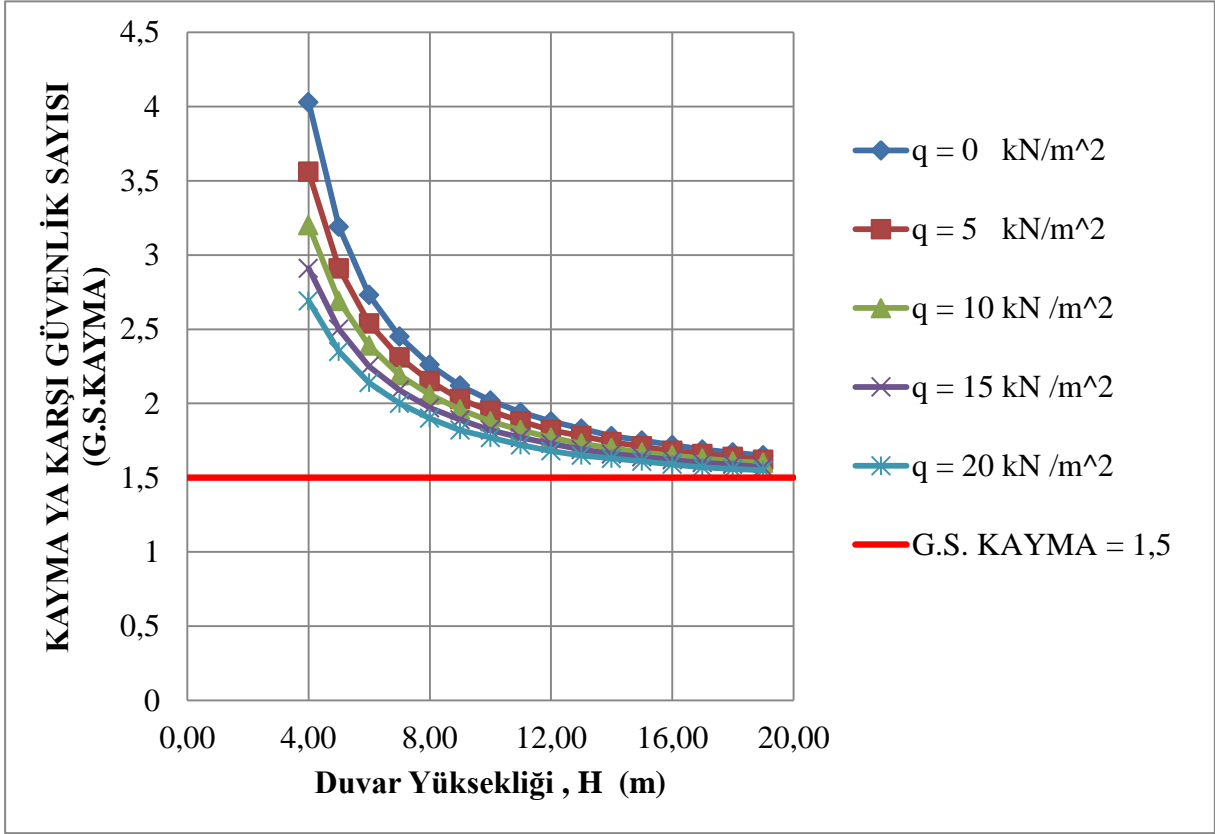
- Grafik 5.3. 'te görüldüğü üzere taşımaya karşı güvenlik sayıları 3,06 ile 8,09 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşımaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayıları güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=3) (DAS, 2014: 665).

### 5.1.2. Don derinliği, $D_f=1,00$ m

#### 5.1.2.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına bir etkisi bulunmamaktadır.

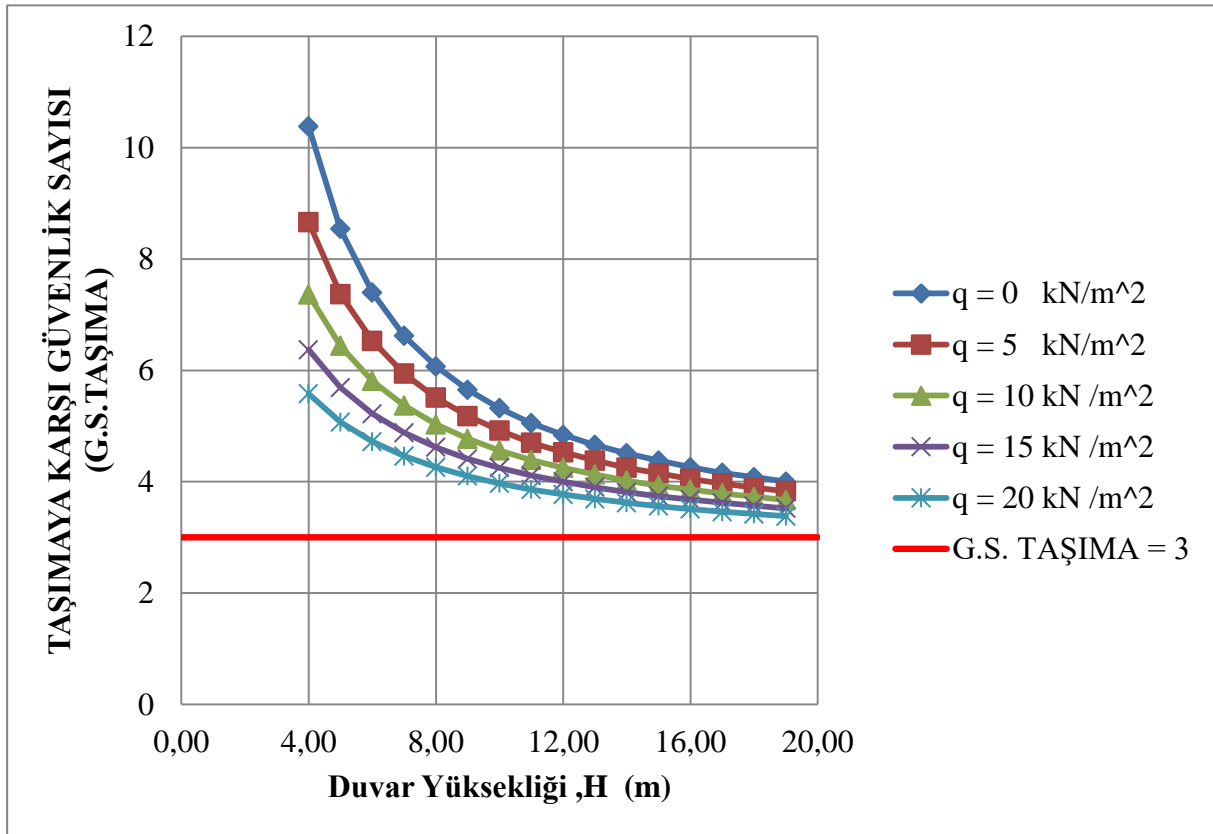
### 5.1.2.2 Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



**Grafik 5. 4.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 1,00$  m )

- Grafik 5.4.' te kaymaya karşı güvenlik sayıları 1,55 ile 4,03 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H= 19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H= 4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Don derinliği 1,00 metrede elde edilen güvenlik sayılarını don derinliği 0,5 metrede elde edilen güvenlik sayıları ile karşılaştırıldığında; temel derinliği 0.5 metrede elde edilen güvenlik sayılarının daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ayrıca, temel derinliği arttıkça sürşarj yüküne ve duvar yüksekliğine bağlı olarak güvenlik sayıları arasındaki farkların da arttığı görülmektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660).

### 5.1.2.3 Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5. 5.** Konsol istinat duvarında taşımaya karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 1,00$  m)

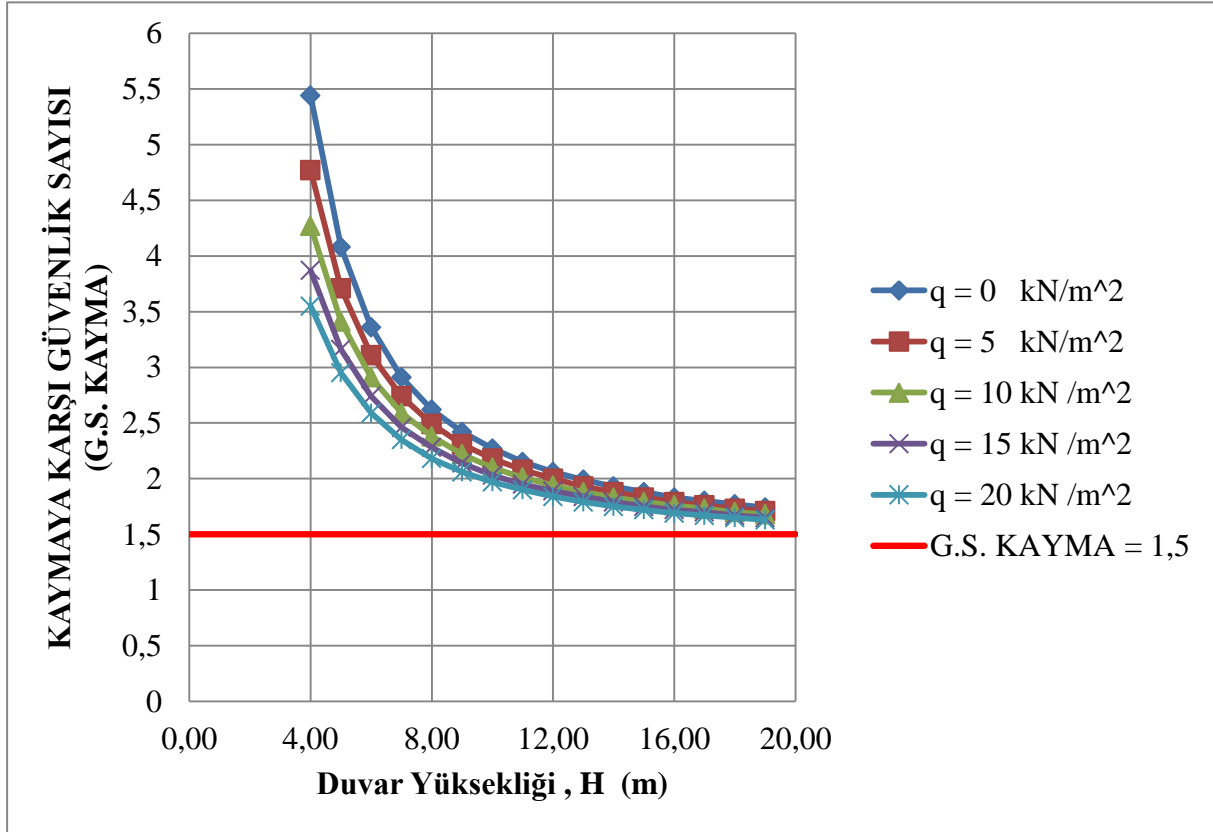
- Grafik 5.5.'te görüldüğü üzere taşımaya karşı güvenlik sayıları 3,06 ile 8,09 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşımaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise,  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği 4 metrede göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Mevcut güvenlik sayılarını temel derinliği 0,5 metrede elde edilen değerlerle karşılaştıracak olunursa; mevcut değerlerin daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ayrıca, don derinliği arttıkça sürşarj yüküne ve duvar yüksekliğine bağlı olarak güvenlik sayıları arasındaki farkların da arttığı görülmektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=3) (DAS, 2014: 665).

### 5.1.3. Don derinliği, $D_f=1,50$ m

#### 5.1.3.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına bir etkisi bulunmamaktadır.

#### 5.1.3.2 Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



**Grafik 5. 6.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği

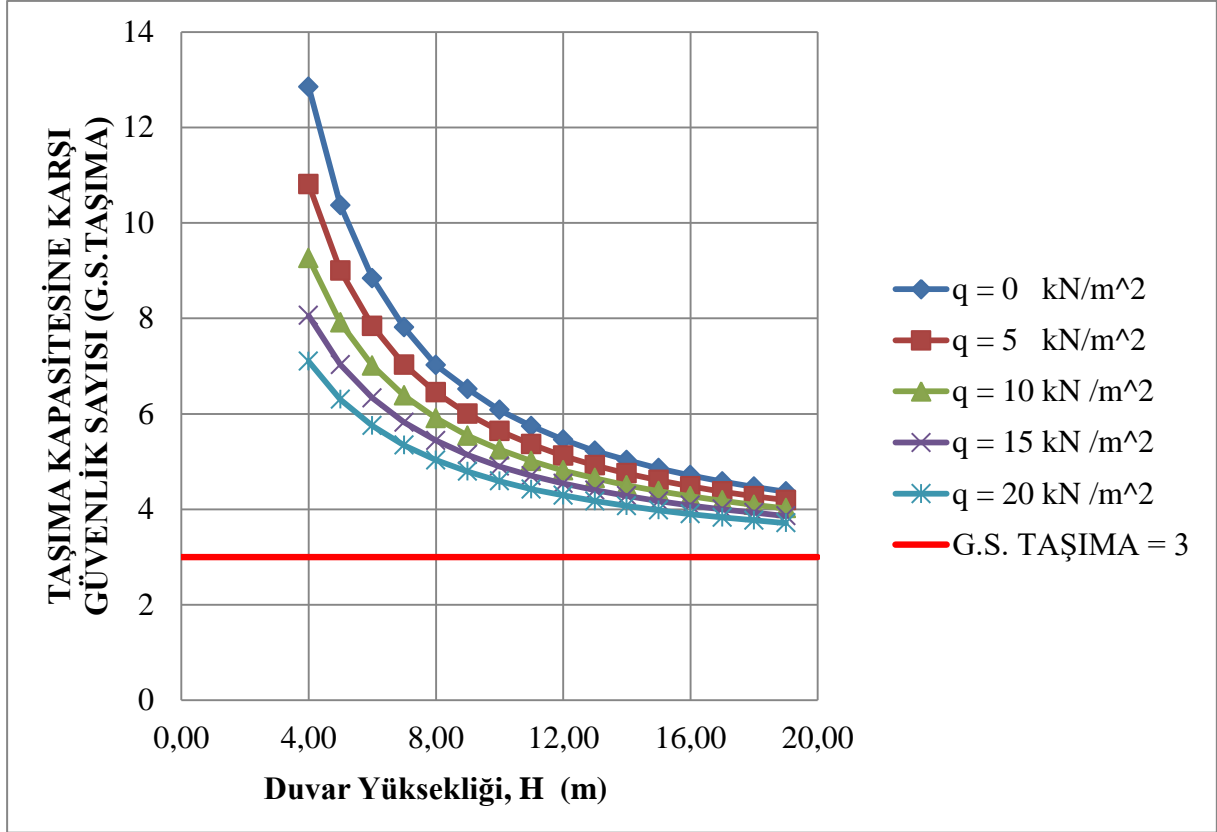
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 1,50$  m)

- Grafik 5.6.' da görüldüğü gibi kaymaya karşı güvenlik sayısı değerleri 1,63 ile 5,44 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise,  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>,de duvar yüksekliği  $H= 4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı temel derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını don derinliği 1,00 metrede elde edilen güvenlik sayıları ile karşılaştırılacak olunursa; buradaki değerlerin daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ayrıca, yine bu mevcut değerleri don derinliği 1,00 metrede elde edilen değerler ile

karşılaştırılacak olunursa; don derinliği arttıkça sürşarj yüküne ve duvar yüksekliğine bağlı olarak güvenlik sayıları arasındaki farkların da arttığı görülmektedir.

- Kaymaya karşı güvenlik sayılarında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660).

### 5.1.3.3. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5. 7.** Konsol istinat duvarında taşıma karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 1,50$  m)

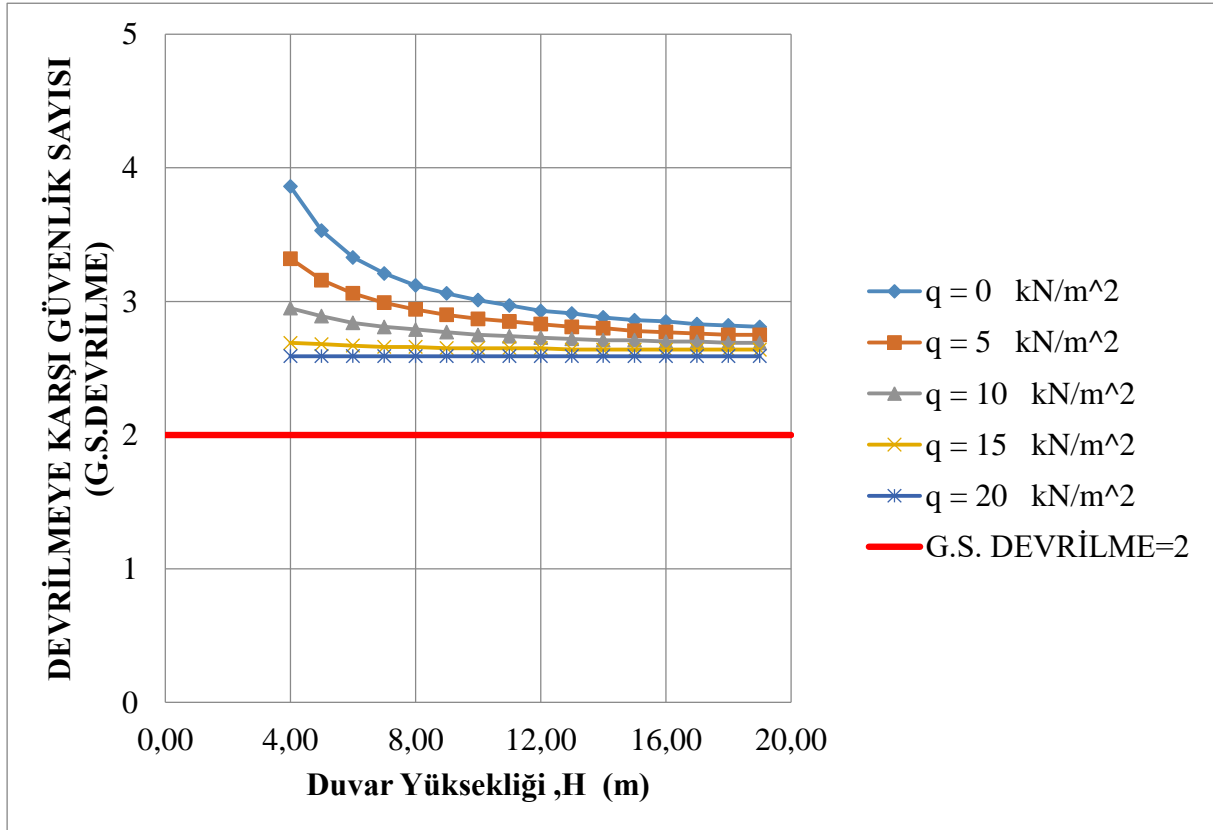
- Grafik 5.7.'de görüldüğü gibi taşıma karşı güvenlik sayıları 3,71 ile 12,85 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği 4 metrede göstermektedir.
- Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup parabolik bir azalış görülmektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını don derinliği 1,00 metredeki güvenlik sayıları ile karşılaştırılacak olunursa; mevcut değerlerin daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ayrıca, don derinliği arttıkça sürşarj yüküne ve duvar yüksekliğine bağlı olarak güvenlik sayıları arasındaki farklarında arttığı görülmektedir.

- Taşımaya karşı güvenlik sayılarında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=3) (DAS, 2014: 665).

## 5.2. Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.) Mevcut değil ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=18^\circ$

### 5.2.1 Don derinliği, $D_f=0,5$ m

#### 5.2.1.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)



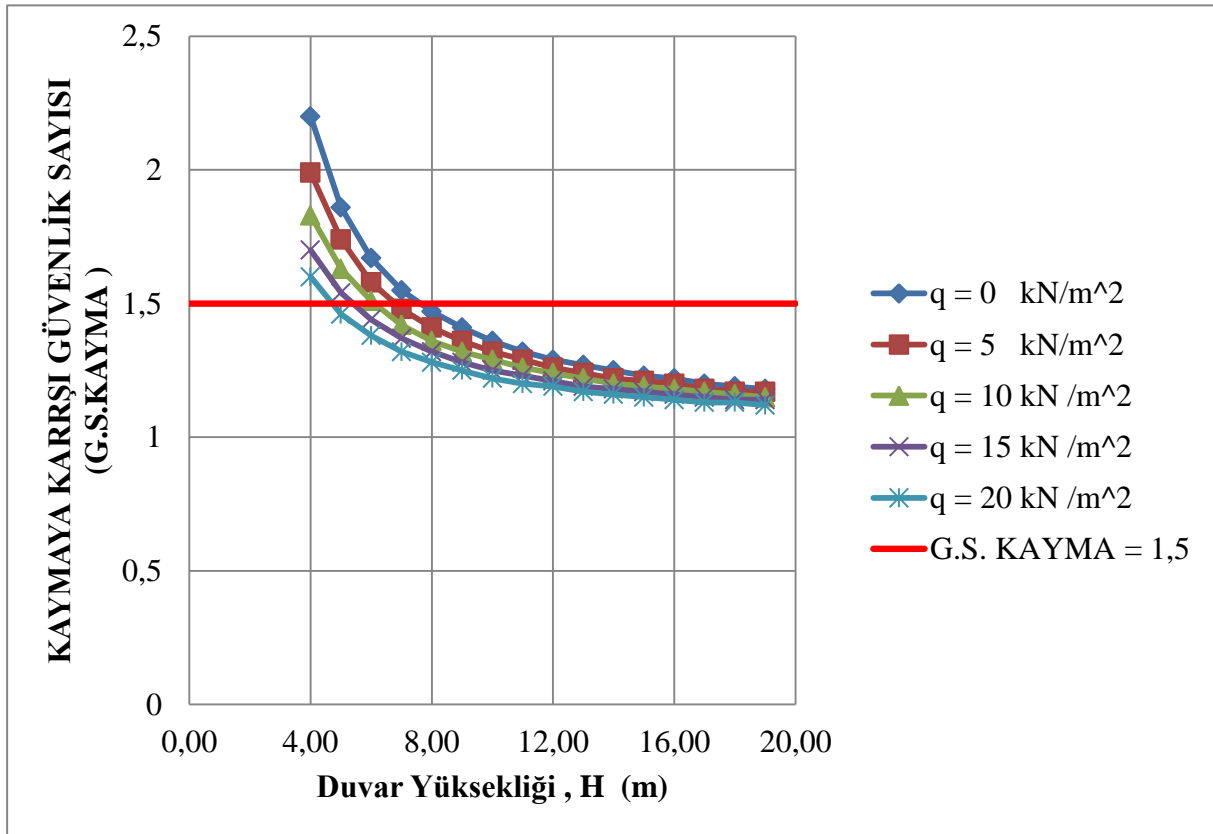
**Grafik 5. 8.** Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=0,5$  m)

- Tabandaki  $0,1H$  uzunluğu olması ve  $A_1$  uzunluğunun  $0,3$  metre olduğu için verilere göre  $H=1$  metre,  $H=2$  metre ve  $H=3$  metre için grafik çizilememektedir.
- Burada  $\tan(90-\eta)$  yüksekliğe bağlı olarak formül gereği konsol uzunluğu artmaktadır.
- Grafik 5.8.' de görüldüğü üzere, devrilmeye karşı güvenlik sayıları  $2,48$  ile  $3,86$  değerleri arasında bulunmaktadır. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise,  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Devrilmeye karşı güvenlik katsayılarında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=2) (DAS, 2014: 659).

- Sürşarj yükü  $q=15 \text{ kN/m}^2$  olduğunda devrilmeye karşı güvenlik sayıları duvar yüksekliği  $H=4$  metreden  $H=19$  metreye kadar çok fazla bir değişim göstermemektedir. En düşük güvenlik sayısı  $H=19 \text{ m}$ ' de olup (G.S.= 2.64), en yüksek değer ise  $H=4$  metrededir (G.S.=2,69). Aralarındaki fark 0,05 kadardır. Şekildeki doğru hemen hemen x eksenine paraleldir. Burada zemin şartları altında denge durumu vardır. Bunun sebebi ise, her yükseklikte düşey yöndeki momentlerin yatay yöndeki momentlere göre oranının fazla değişmediğidir. Özellikle duvar yüksekliği  $H=13$  metre ve üzerinde bu durum artmıştır.
- Sürşarj yükü  $20 \text{ kN/m}^2$  olduğunda yükseklik artışına göre devrilmeye karşı güvenlik sayısı artmaktadır. Bunun nedeni ise, zemin şartları altında denge durumuna geçmiş olmasıdır. Yani, sürşarj yüküyle birlikte konsol uzunluğunun fazla olması (granüler malzemenin artması), açı ile birlikte konsol üzerindeki yüksekliğin artması, normalde yatay yönde gelen kuvvetin eğik olarak gelmesi düşey yöndeki momentin yatay yöndeki momente göre daha fazla olmasını sağlamaktadır.
- Bu zemin şartlarında,  $q=16 \text{ kN/m}^2$ ' de devrilmeye karşı güvenlik sayılarında her yükseklikte denge halinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise, her yükseklikte düşey yöndeki momentlerin yatay yöndeki momentlere göre oranının fazla değişmediği hemen hemen aynı olduğudur. Burada fazla değişmeyen sabit olan devrilmeye karşı güvenlik sayısı değeridir (G.S.=2,64).
- Zemin eğimi,  $\alpha = 0$  olan devrilme tahkiki ile mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüş, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğini etkilediği güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.

### 5.2.1.2. Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)

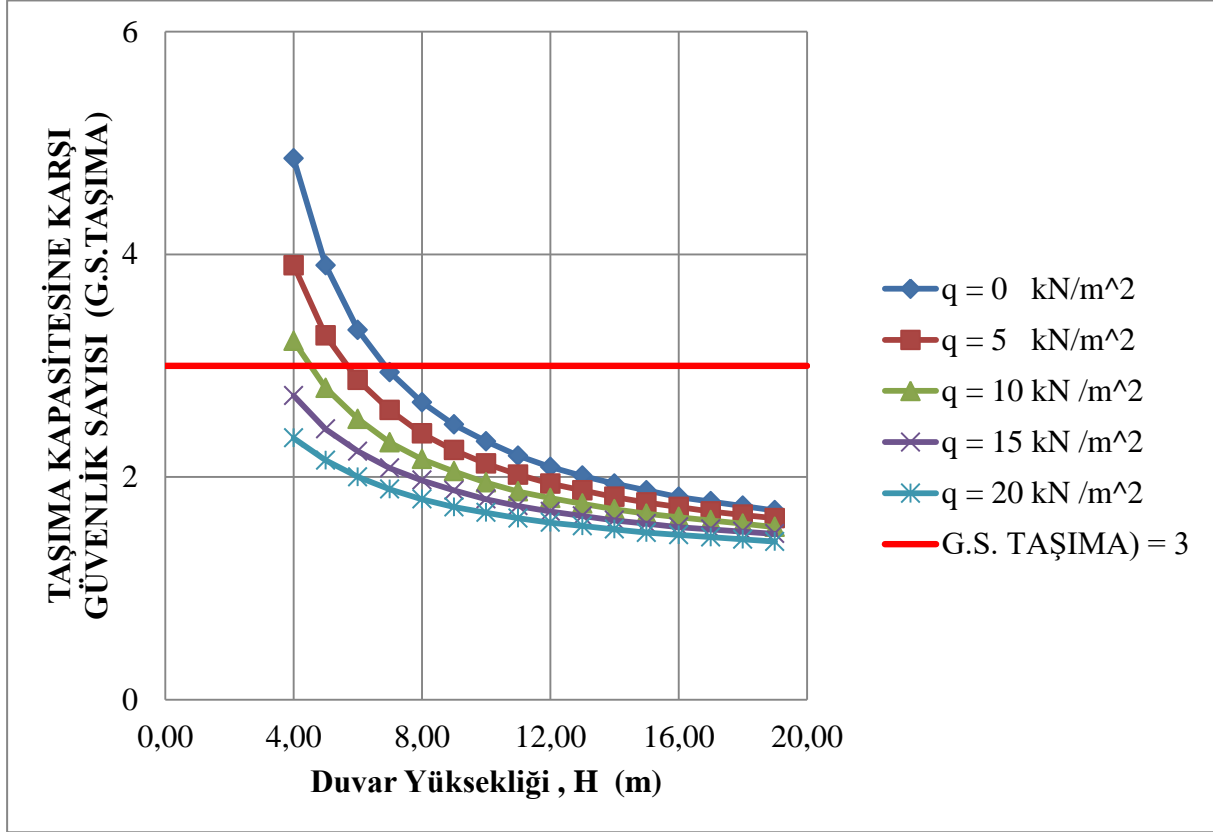


**Grafik 5. 9.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=0,5$  m)

- Grafik 5.9.' da görüldüğü üzere, kaymaya karşı güvenlik sayıları 1,12 ile 2,20 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$ ' de ve duvar yüksekliği  $H= 19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ ' de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat, sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını zemin eğimi  $\alpha = 0$  değerleriyle karşılaştırılacak olunursa; mevcut değerlerin daha düşük çıktığı görülür. Ayrıca, güvenlik sayıları arasındaki farklarında azaldığı görülmektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayılarında birçok değer 1,5 değerinden fazla olduğu görülmektedir. Bütün sürşarj yükleri için, 8 metre ve üzeri duvar yükseklikleri için güvenlik sayısı istenilen değeri sağlamamaktadır ( $G.S.=1,5$ ) (DAS, 2014: 660). Ayrıca, güvenlik sayılarının sürşarj yükü,  $q = 20$   $\text{kN/m}^2$  değeri ve duvar yüksekliği  $H= 4$  metre hariç istenilen değere ulaşmadığı görülmektedir. Bunun nedeni ise, tabii

zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H duvar yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(yatay)}$  kuvvetidir.

### 5.2.1.3. Taşıma Kapasitesine Karşı Güvenlik Sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.10.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 0,50$  m)

- Grafik 5.10.'da görüldüğü üzere, taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayıları 1,42 ile 4,86 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını zemin eğimi sıfır olan güvenlik sayılarıyla karşılaştıracak olursak mevcut değerlerin daha düşük çıktığı görülür. Ayrıca, güvenlik sayıları arasındaki farklarında azaldığı görülmektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayılarında pek çok değer güvenlik katsayısını tutmadığı görülmektedir. Bütün sürşarj yükleri için ve 7 metre ve üzeri duvar yükseklikleri için güvenlik sayıları istenilen değeri sağlamamaktadır (G.S.=3,00) (DAS, 2014: 665). Ayrıca,

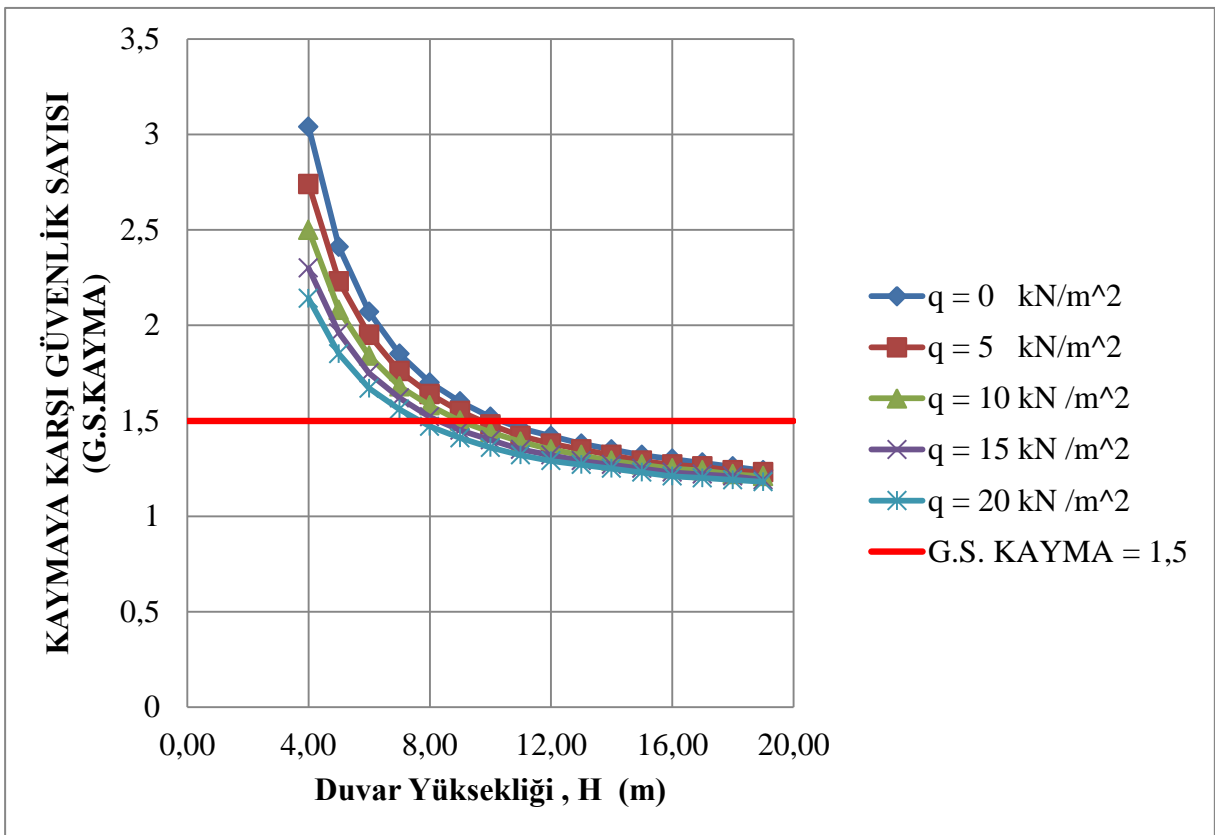
güvenlik sayıları sürşarj yükleri  $q=15\text{kN/m}^2$  ve  $q = 20 \text{ kN/m}^2$  değeri için, tüm yüksekliklerde istenilen değere ulaşılmadığı görülmüştür. Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H duvar yüksekliğinin oluşturacağı ağırlığın konsol uzunluğu üzerinde bulunmasıdır.

### 5.2.2. Don derinliği, $D_f=1,00 \text{ m}$

#### 5.2.2.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına bir etkisi bulunmamaktadır.

#### 5.2.2.2. Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



**Grafik 5. 11.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği

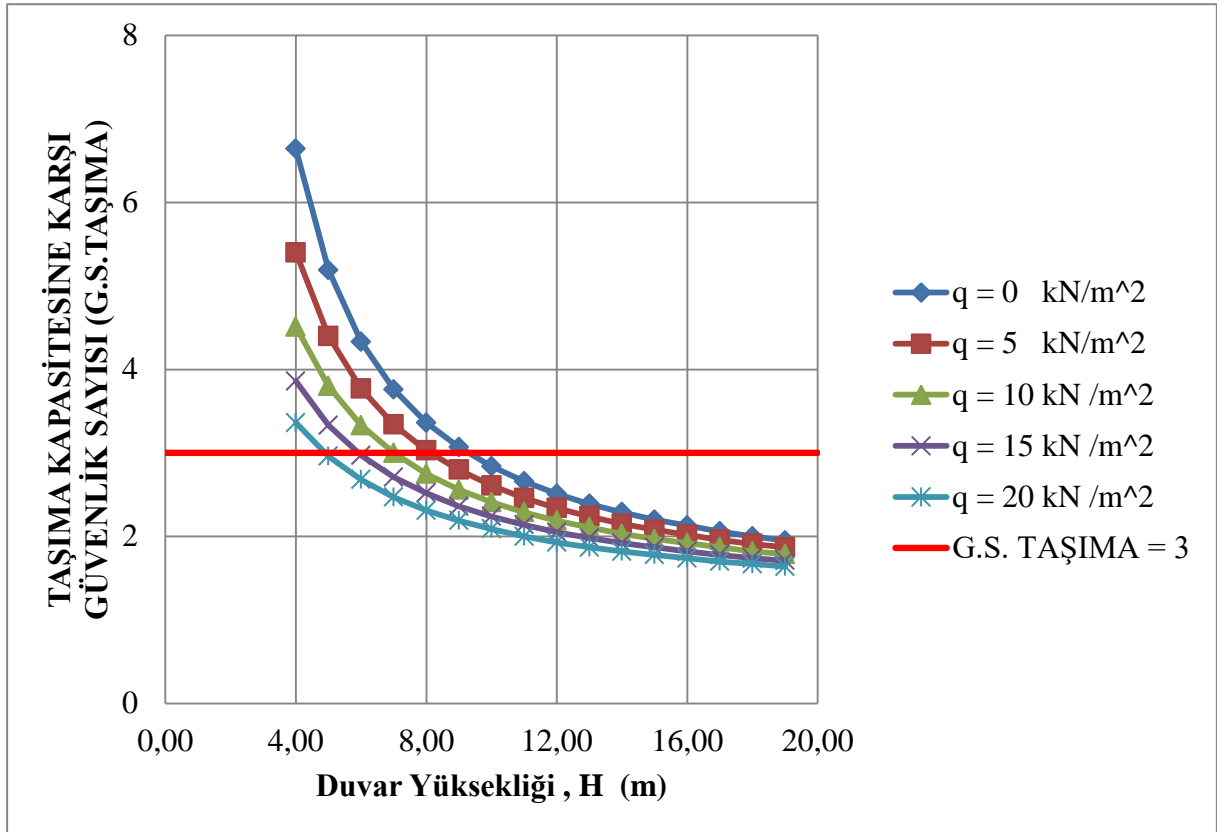
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=1,00 \text{ m}$ )

- Grafik 5.11.'de kaymaya karşı güvenlik sayıları 1,18 ila 3,04 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20 \text{ kN/m}^2$ ' de duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0 \text{ kN/m}^2$ ' de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Bu

mevcut güvenlik sayılarını zemin eğimi sıfır olan güvenlik sayılarıyla karşılaştırılacak olunursa; mevcut değerlerin daha düşük çıktığı görülür. Ayrıca, güvenlik sayıları arasındaki farklarında azaldığı görülmektedir.

- Kaymaya karşı güvenlik sayılarında birçok değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir. Bütün sürşarj yükleri için, 11 metre ve üzeri duvar yükseklikleri için güvenlik sayısı istenilen değeri sağlamamaktadır (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660). Ayrıca, güvenlik sayıları sürşarj yükü  $q = 20 \text{ kN/m}^2$  değerinde ve duvar yüksekliği  $H = 8$  metre üzeri tüm yüksekliklerde istenilen değeri sağlamadığı görülmektedir. Bunun nedeni, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen  $H$  duvar yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(\text{yatay})}$  kuvvetidir

### 5.2.2.3 Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.12.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 1,00 \text{ m}$ )

- Grafik 5.12.'de görüldüğü üzere, taşımaya karşı güvenlik sayıları 1,64 ile 6,64 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşımaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q = 20 \text{ kN/m}^2$  'de ve duvar yüksekliği  $H = 19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q = 20 \text{ kN/m}^2$  'de ve duvar yüksekliği  $H = 4$  metrede göstermektedir.

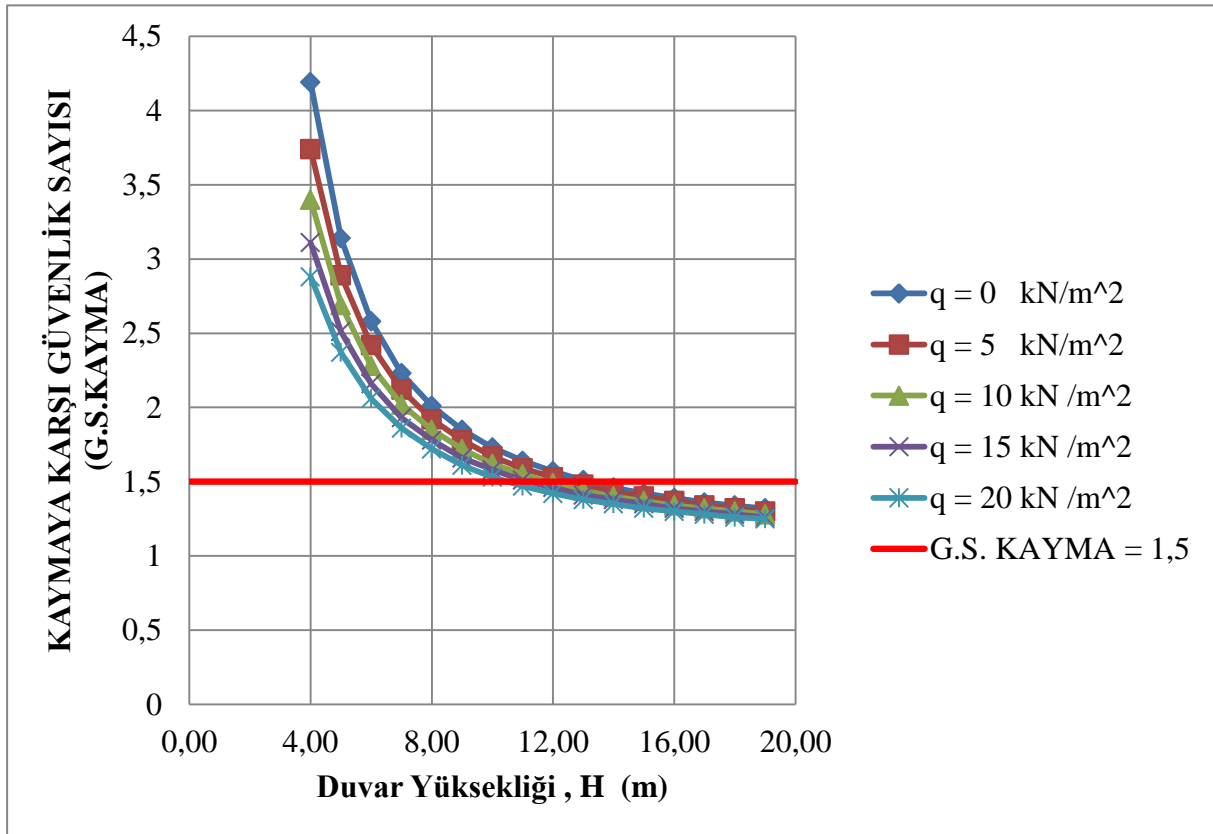
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı temel derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını zemin eğimi sıfır olan güvenlik sayılarıyla karşılaştırılacak olunursa; mevcut değerlerin daha düşük çıktığı görülür. Ayrıca, güvenlik sayıları arasındaki farkların da azaldığı görülmektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısında birçok değerın güvenlik katsayısını sağlamadığı görülmektedir. Bütün sürşarj yükleri için ve 10 metre ve üzeri duvar yükseklikleri için güvenlik sayıları istenilen değeri sağlamamaktadır. Ayrıca, güvenlik sayıları sürşarj yükü değeri,  $q = 20 \text{ kN/m}^2$  ve duvar yüksekliği  $H=4$  metre hariç tüm yüksekliklerde istenilen değeri sağlamadığı görülmüştür (G.S.=3,00) (DAS, 2014: 665). Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H duvar yüksekliğinin oluşturacağı ağırlığın konsol uzunluğu üzerinde bulunmasıdır.

### **5.2.3 Don derinliği, $D_f=1,50 \text{ m}$**

#### **5.2.3.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)**

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına bir etkisi bulunmamaktadır.

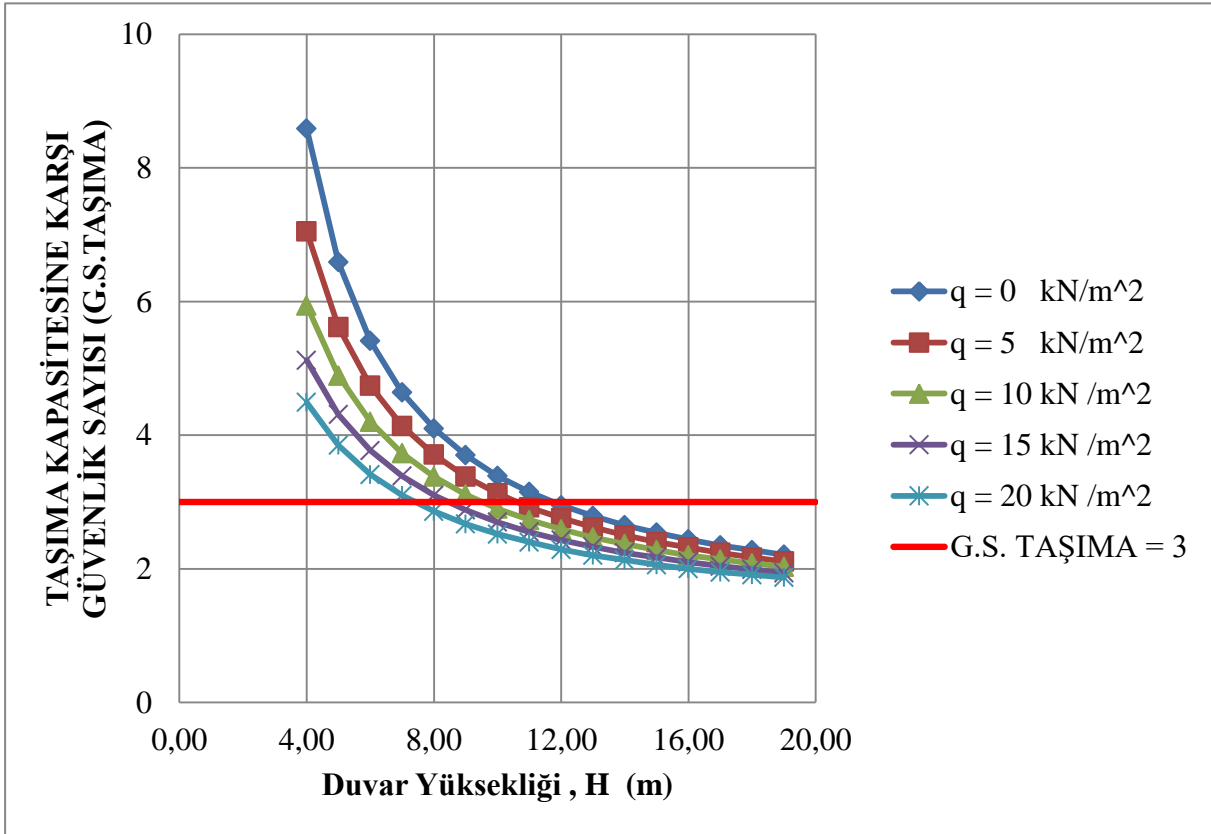
### 5.2.3.2 Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



**Grafik 5.13.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=1,50$  m)

- Grafik 5.13.'de gösterildiği üzere kayma karşı güvenlik sayıları 1,25 ile 4,19 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kayma karşı güvenlik sayısı temel derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını zemin eğimi sıfır olan güvenlik sayılarıyla karşılaştırılacak olunursa; buradaki değerlerin daha düşük çıktığı görülür. Ayrıca, güvenlik sayıları arasındaki farklarında azaldığı görülmektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayılarında birçok değer güvenlik katsayısını sağlamadığı görülmektedir. Bütün sürşarj yükleri için,  $H=14$  metre ve üzeri duvar yükseklikleri için güvenlik sayısı istenilen değeri sağlamamaktadır (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660). Bunun nedeni tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen  $H$  yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(\text{yatay})}$  kuvvetidir

### 5.2.3.3 Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.14.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı Grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil,  $D_f = 1,50$  m)

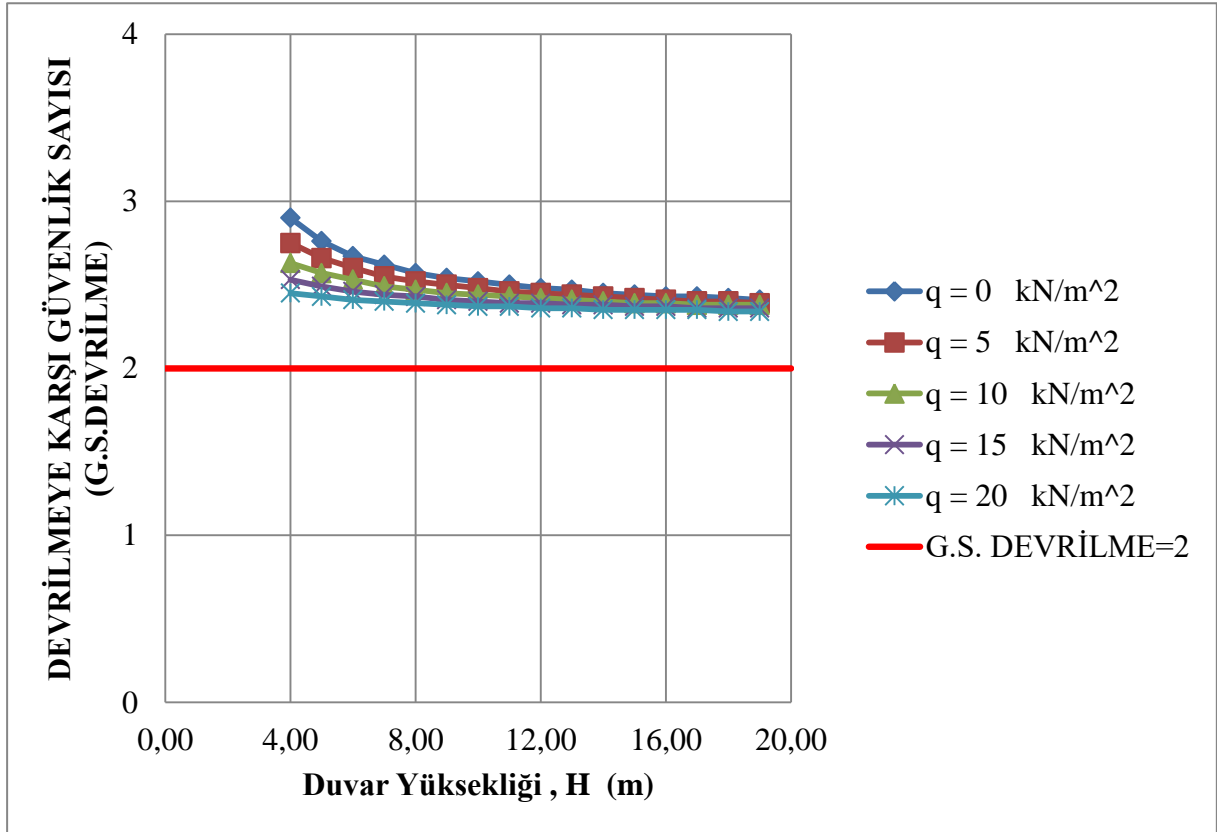
- Grafik 5.14.'te görüldüğü üzere, taşımaya karşı güvenlik sayıları 1,87 ile 8,59 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşımaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Bu mevcut güvenlik sayılarını zemin eğimi sıfır olan güvenlik sayılarıyla karşılaştırılacak olunursa; mevcut değerlerin daha düşük çıktığı görülür. Ayrıca, güvenlik sayıları arasındaki farkların da azaldığı görülmektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayılarında birçok değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir. Bütün sürşarj yükleri için,  $H=12$  metre ve üzeri duvar yükseklikleri için güvenlik sayısı istenilen değeri sağlamamaktadır. Ayrıca güvenlik sayıları sürşarj yükü,  $q = 20$   $\text{kN/m}^2$  değerinde ve duvar yüksekliği  $H=8$  metre üzeri yüksekliklerde istenilen değeri sağlamadığı görülmüştür (G.S.=3,00) (DAS, 2014: 665). Bunun nedeni ise, tabii

zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H duvar yüksekliğinin oluşturacağı ağırlığın konsol uzunluğu üzerinde bulunmasıdır.

### 5.3. Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.) Zemin Seviyesinde ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=0^\circ$

#### 5.3.1 Don derinliği, $D_f=0,5$ m

##### 5.3.1.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)



**Grafik 5. 15.** Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği

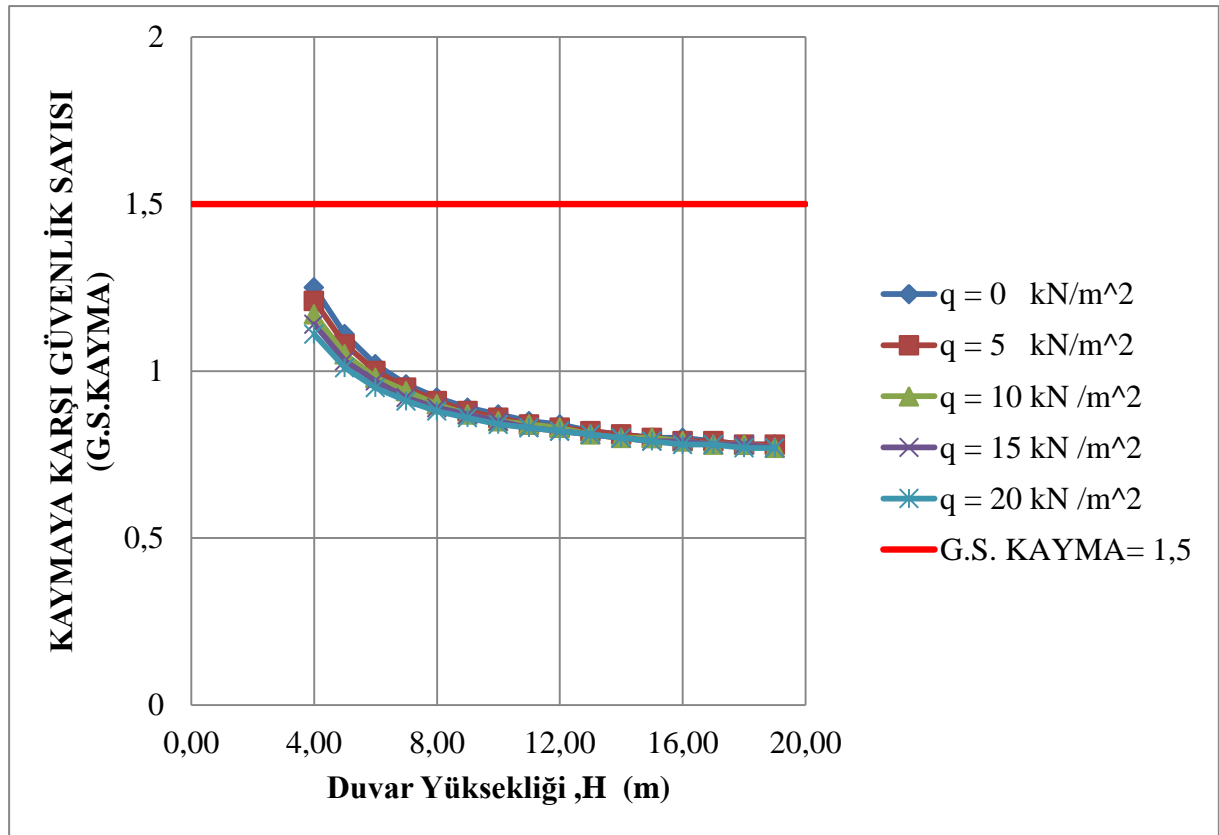
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=0,5$  m)

- Tabandaki  $0,1H$  uzunluğu olması ve  $A_1$  uzunluğunun  $0,3$  metre olduğu için verilere göre  $H=1$  metre,  $H=2$  metre ve  $H=3$  metre için grafik çizilememektedir.
- Burada  $\tan(90-\eta)$  yüksekliğe bağlı olarak formül gereği konsol uzunluğu artmaktadır.
- Grafik 5.15.'te görüldüğü üzere, devrilmeye karşı güvenlik sayıları  $2,34$  ile  $2,90$  değerleri arasında bulunmaktadır. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Devrilmeye karşı güvenlik sayısı sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup parabolik bir azalış göstermektedir. Yükseklik artışına bağlı olarak grafikte düşüş görülmektedir. Zemin

doygun bir yapıda olduğu halde devrilmede güvenlik sayısında bütün değerler güvenli tarafta kalmaktadır (G.S.=2) (DAS, 2014: 659).

- Yeraltı suyu olmayan duruma ait devrilme tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüş olup, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğini etkidiği güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.
- Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doygun olmayan zeminin oluşturduğu devrilme tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüştür.
- Bu zemin şartlarında,  $q=30,09 \text{ kN/m}^2$  de devrilmeye karşı güvenlik sayılarında her yükseklikte denge halinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise, her yükseklikte düşey yöndeki momentlerin yatay yöndeki momentlere göre oranının fazla değişmediği hemen hemen aynı olduğudur. Burada fazla değişmeyen sabit olan devrilmeye karşı güvenlik sayısı değeridir (G.S.=2,31). Bu değer güvenli tarafta kalmaktadır (Das, 2014: 659).

### 5.3.1.2 Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)

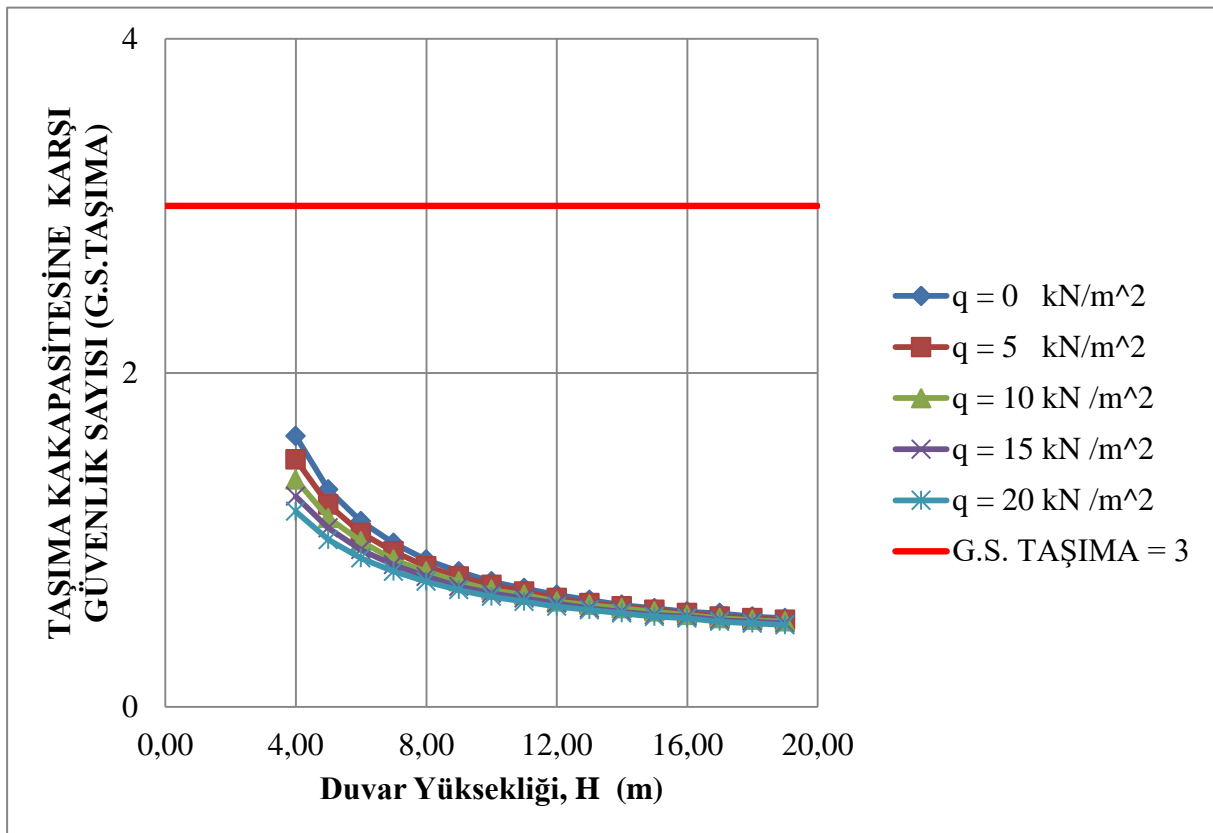


**Grafik 5.16.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=0,5 \text{ m}$ )

- Grafik 5.16.'da görüldüğü üzere, kaymaya karşı güvenlik sayıları 0,77 ile 1,25 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kayma karşı güvenlik sayısı temel derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doymun olmayan zeminin oluşturduğu kayma tahkiki ile mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülür. Ayrıca, bu kayma tahkikinin birbiri içerisindeki güvenlik sayıları da azalmıştır.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir ( $G.S.=1,5$ ) (DAS, 2014: 660). Bunun nedeni yeraltı su seviyesinin tabii zemin seviyesinde olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, bütün sürşarj yükleri için güvenlik sayısının 9 m ve üzeri tüm duvar yüksekliklerinde birbiri içerisinde hemen hemen aynı değeri sağladığı görülmektedir.

### 5.3.1.3. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5. 17.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut,  $D_f = 0,50$  m)

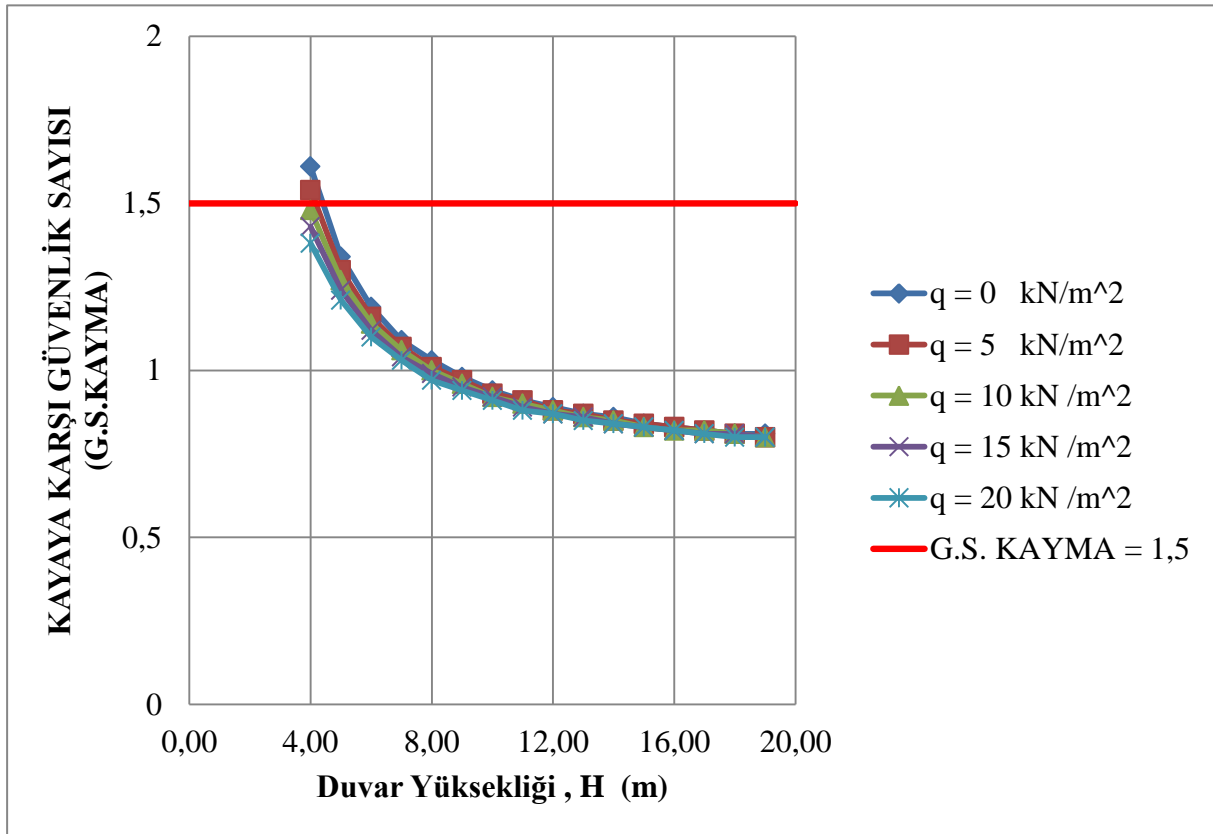
- Grafik 5.17.'de görüldüğü üzere, taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayıları 0,49 ile 1,62 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20 \text{ kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0 \text{ kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doymun olmayan zeminin oluşturduğu taşıma tahkiki ile mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüştür. Ayrıca, bu taşıma tahkikinin birbiri içerisindeki güvenlik sayıları da azalma göstermiştir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayılarında hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir. (G.S. =3) (Das, 2014: 665). Bunun nedeni ise, yeraltı su seviyesi tabii zemin seviyesinde olmasıdır.

### **5.3.2. Don derinliği, $D_f=1,00 \text{ m}$**

#### **5.3.2.1 Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)**

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına etkisi bulunmamaktadır.

### 5.3.2.2 Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)

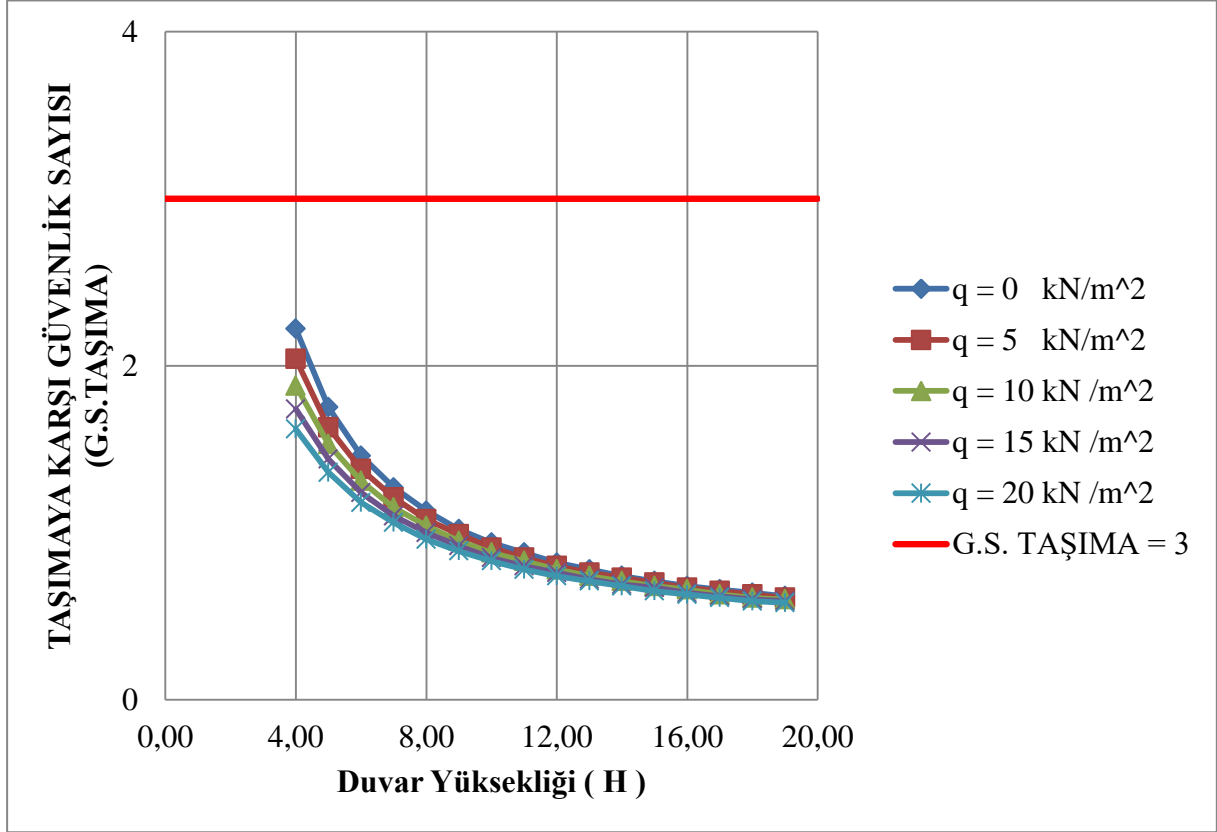


**Grafik 5.18.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=1,00$  m)

- Grafik 5.18.'de görüldüğü üzere, kaymaya karşı güvenlik sayısı 0,80 ile 1,61 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$ ' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat, sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermiştir. Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doymun olmayan zeminin oluşturduğu kayma tahkiki ile mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüştür. Ayrıca, bu kayma tahkikinin birbiri içerisindeki güvenlik sayıları da azalmıştır
- Kaymaya karşı güvenlik sayısında hemen hemen hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660). Bunun nedeni yeraltı su seviyesinin tabii zemin seviyesinde olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, güvenlik sayıları sürşarj yükleri,  $q=0$   $\text{kN/m}^2$  ve  $q = 5$   $\text{kN/m}^2$  değerleri ve duvar yüksekliği  $H=4$

metre hariç, tüm yükseklikler ve tüm sürşarj yüklerinde istenilen değere ulaşmadığı görülmüştür.

### 5.3.2.3. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.19.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut,  $D_f = 1,00$  m)

- Grafik 5.19.'da görüldüğü üzere, taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayıları 0,58 ile 2,22 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup> de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup> de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermiştir. Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doymun olmayan zeminin oluşturduğu taşıma tahkiki ile mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüştür. Ayrıca, bu taşıma tahkikinin birbiri içerisindeki güvenlik sayıları da azalmıştır.

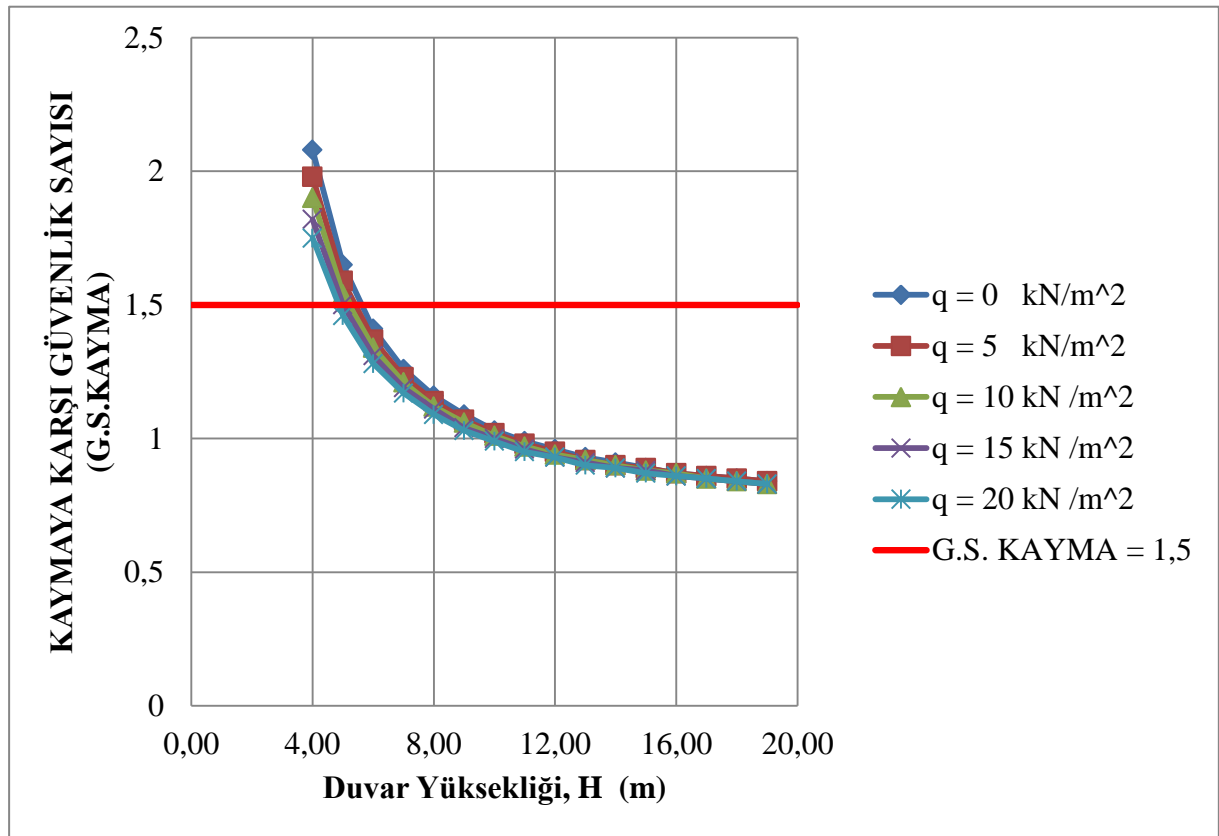
- Taşımaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.= 3) (Das, 2014:665). Bunun nedeni ise, yeraltı su seviyesinin tabii zemin seviyesinde olmasıdır.

### 5.3.3 Don Derinliği, $D_f=1,50$ m

#### 5.3.3.1. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına etkisi bulunmamaktadır.

#### 5.3.3.2 Kaymaya karşı güvenlik Sayısı, (G.S. Kayma)



**Grafik 5.20.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği

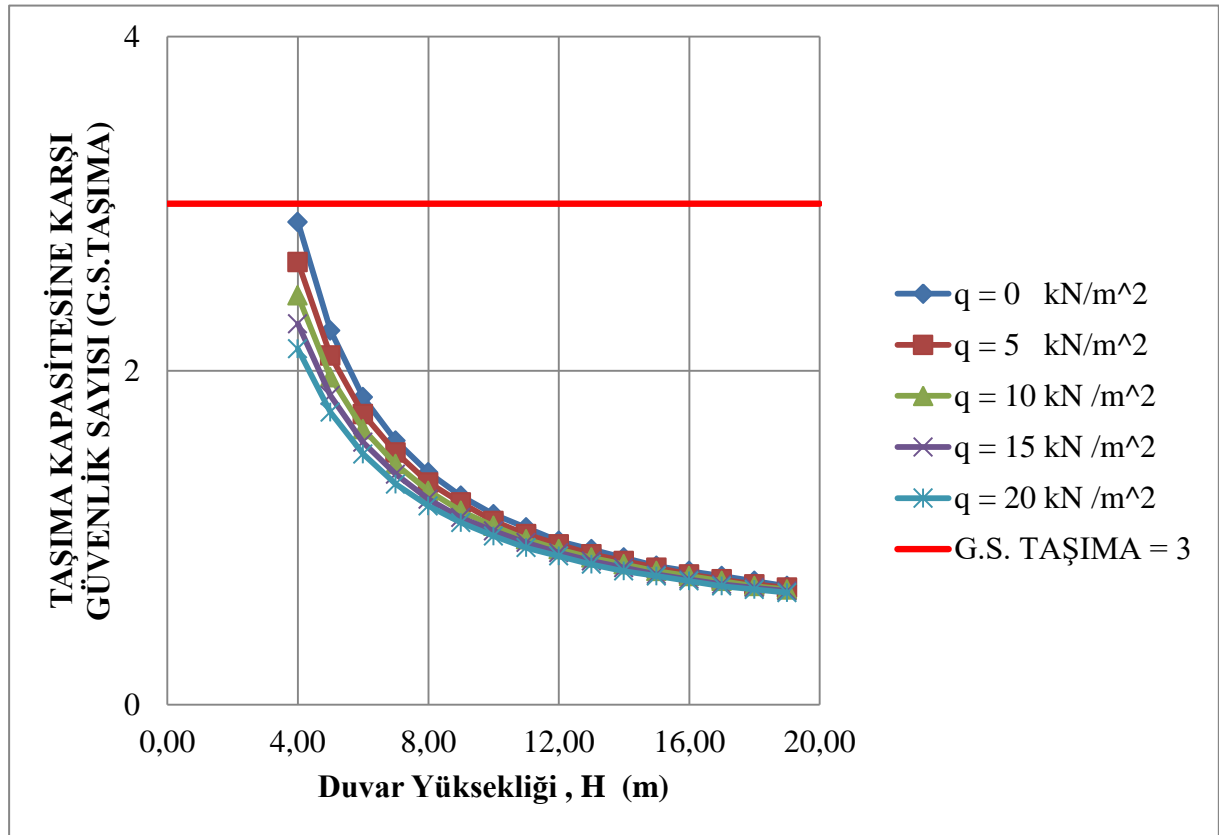
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=1,50$  m)

- Grafik 5.20.'de görüldüğü üzere, kayma karşı güvenlik sayıları 0,83 ile 2,08 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doymun olmayan zeminin oluşturduğu kayma tahkiki ile mevcut

durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüştür. Ayrıca, bu kayma tahkikinin birbiri içerisindeki güvenlik sayıları da azalmıştır.

- Kaymaya karşı güvenlik sayılarında hemen hemen hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660). Bunun nedeni ise, yeraltı su seviyesinin tabii zemin seviyesinde olmasıdır. Bütün sürşarj yükleri için, H=6 metre ve üzeri duvar yükseklikleri güvenlik sayısı istenilen değeri sağlamamaktadır.

### 5.3.3.3 Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5. 21.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut,  $D_f = 1,50$  m)

- Grafik 5.21.'de görüldüğü üzere, taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayıları 0,67 ile 2,89 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği H=19 metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği H=4 metrede göstermektedir.
- Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Tabii zemin eğimi,  $\alpha = 18^\circ$  olan ve suya doygun olmayan zeminin oluşturduğu taşıma tahkiki ile

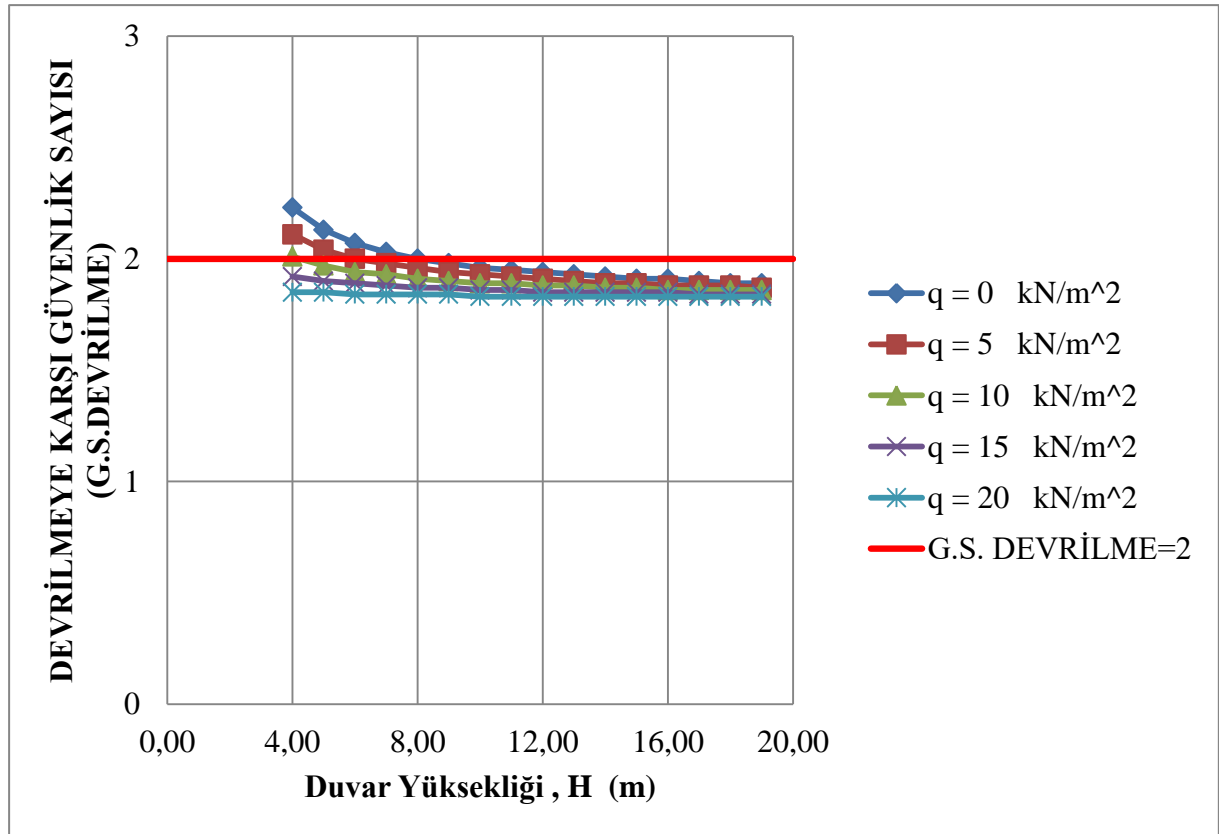
mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki duruma göre daha fazla azaldığı görülmüştür. Ayrıca, bu taşıma tahkiklerinin birbiri içerisindeki güvenlik sayıları da azalmıştır.

- Taşımaya karşı güvenlik sayılarının hiçbirinin güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=3) (Das, 2014:665). Bunun nedeni ise, yeraltı su seviyesinin tabii zemin seviyesinde olmasıdır.

#### 5.4. Yeraltı Su Seviyesi (Y.A.S.S.) Zemin Seviyesinde ve Tabii Zemin Eğimi, $\alpha=18^\circ$

##### 5.4.1. Don derinliği, $D_f=0,5$ m

##### 5.4.1.1. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)



**Grafik 5. 22.** Konsol istinat duvarında devrilmeye karşı güvenlik sayısı grafiği

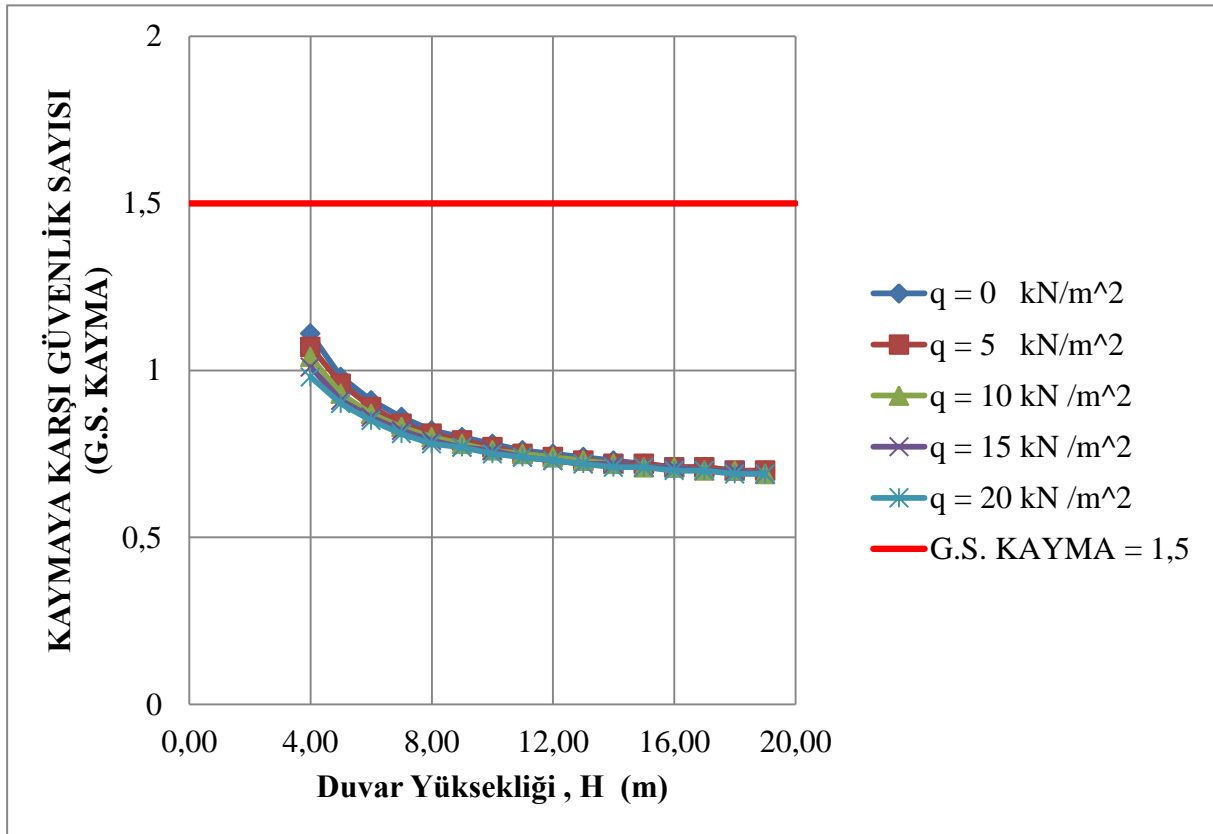
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=0,5$  m)

- Tabandaki  $0,1H$  uzunluğu olması ve  $A_1$  uzunluğunun  $0,3$  metre olduğu için verilere göre  $H=1$  metre,  $H=2$  metre ve  $H=3$  metre için grafik çizilememektedir.
- Burada  $\tan(90-\eta)$  yüksekliğe bağlı olarak formül gereği konsol uzunluğu artmaktadır.
- Grafik 5.22.'de görüldüğü üzere, devrilmeye karşı güvenlik sayısı  $1,83$  ile  $2,23$  değerleri arasında bulunmaktadır. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$

$\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ 'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.

- Devrilmeye karşı güvenlik sayısı sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Duvar yüksekliği artışına bağlı olarak grafikte düşüş görölmektedir. Tüm zeminlerin oluşturduğu devrilme tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, mevcut güvenlik sayılarının önceki durumlara göre daha da fazla azaldığı görölmüş, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğinin etkidiği birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.
- Devrilmeye karşı güvenlik sayısında hemen hemen hiçbir değerin güvenlik sayısını sağlamadığı görölmektedir ( $G.S.=1,5$ ) (DAS, 2014:659). Bütün sürşarj yükleri için ve  $H=9$  metre ve üzeri duvar yüksekliklerinde güvenlik sayısı istenilen değerini sağlamamaktadır. Ayrıca, tüm duvar yüksekliklerinde, sürşarj yükleri  $q=15 \text{ kN/m}^2$  ve  $q=20 \text{ kN/m}^2$  için güvenlik sayısı istenilen değerini sağlamamaktadır. Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen  $H'$  yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(\text{yatay})}$  kuvveti ve yeraltı su seviyesinin tabii zemin seviyesinde oluşudur.
- Devrilmeye karşı güvenlik sayısında  $q=20 \text{ kN/m}^2$  deki tüm duvar yüksekliklerinde güvenlik sayısının değişmediği görölmektedir. Duvar yükseklikleri  $H=4$  metre ile  $H=19$  metre arasındaki güvenlik katsayısı farkı  $0,02$ 'dir.
- Grafikte göröldüğu üzere, sürşarj yükünün artışında devrilme tahkiki grafiği hemen hemen x eksenine paraleldir. X eksenine paralel alan değerini aldığı sürşarj yükü,  $q=22,2 \text{ kN/m}^2$  'dir. Bu kısımda yükseklik  $H=4$  metreden  $H=19$  metreye kadar değişiklik olmadığı görölmektedir. Bu kısımda güvenlik sayısı değerini  $1,82$ 'dir. Bu değer güvenli değildir (Das, 2014: 659).

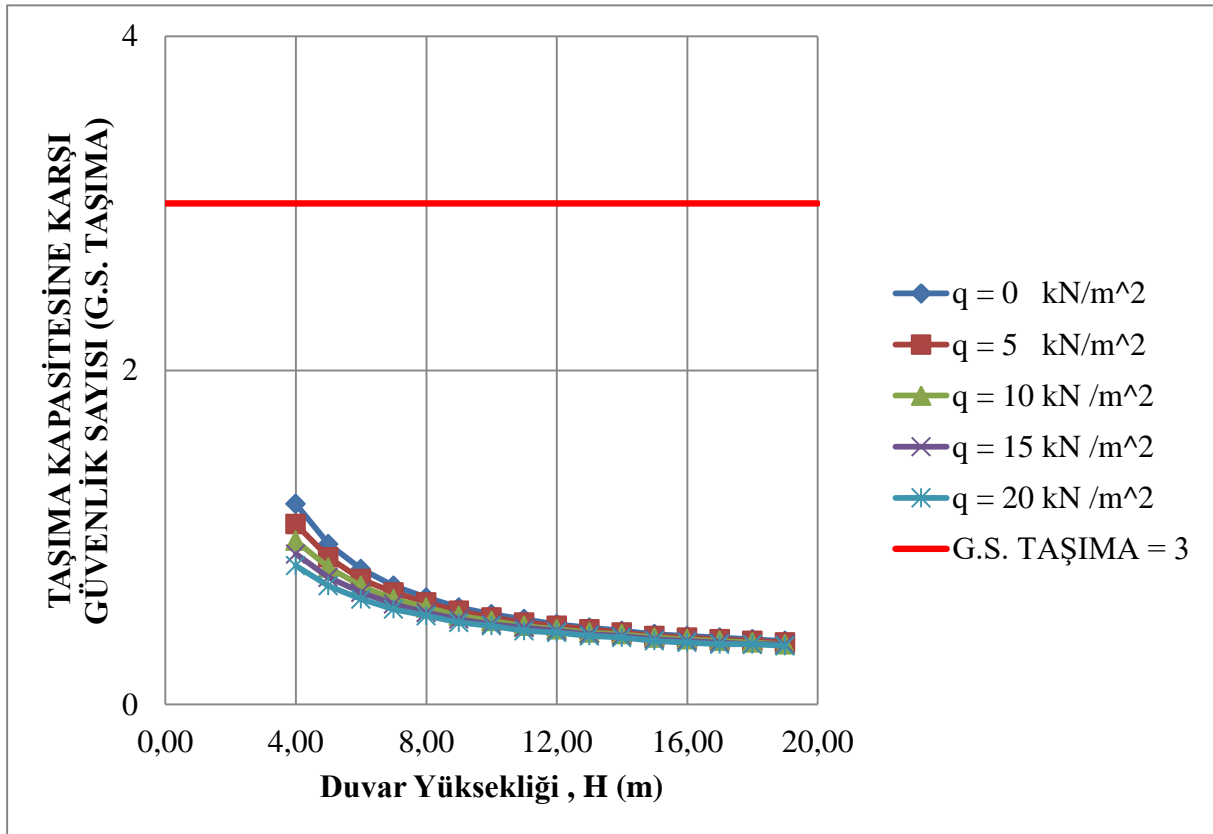
#### 5.4.1.2. Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



**Grafik 5.23.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=0,5$  m)

- Grafik 5.23.'de görüldüğü üzere, kaymaya karşı güvenlik sayısı değerleri 0,69 ile 1,11 arasında değişiklik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı temel derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Tüm zeminlerin oluşturduğu kayma tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki durumlara göre daha da fazla azaldığı görülür, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğinin etkidiği birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=1,5) (DAS, 2014:660). Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H' yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(yatay)}$  kuvveti ve yeraltı su seviyesinin zemin seviyesinde olmasıdır.

### 5.4.1.3. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.24.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut,  $D_f = 0,50$  m)

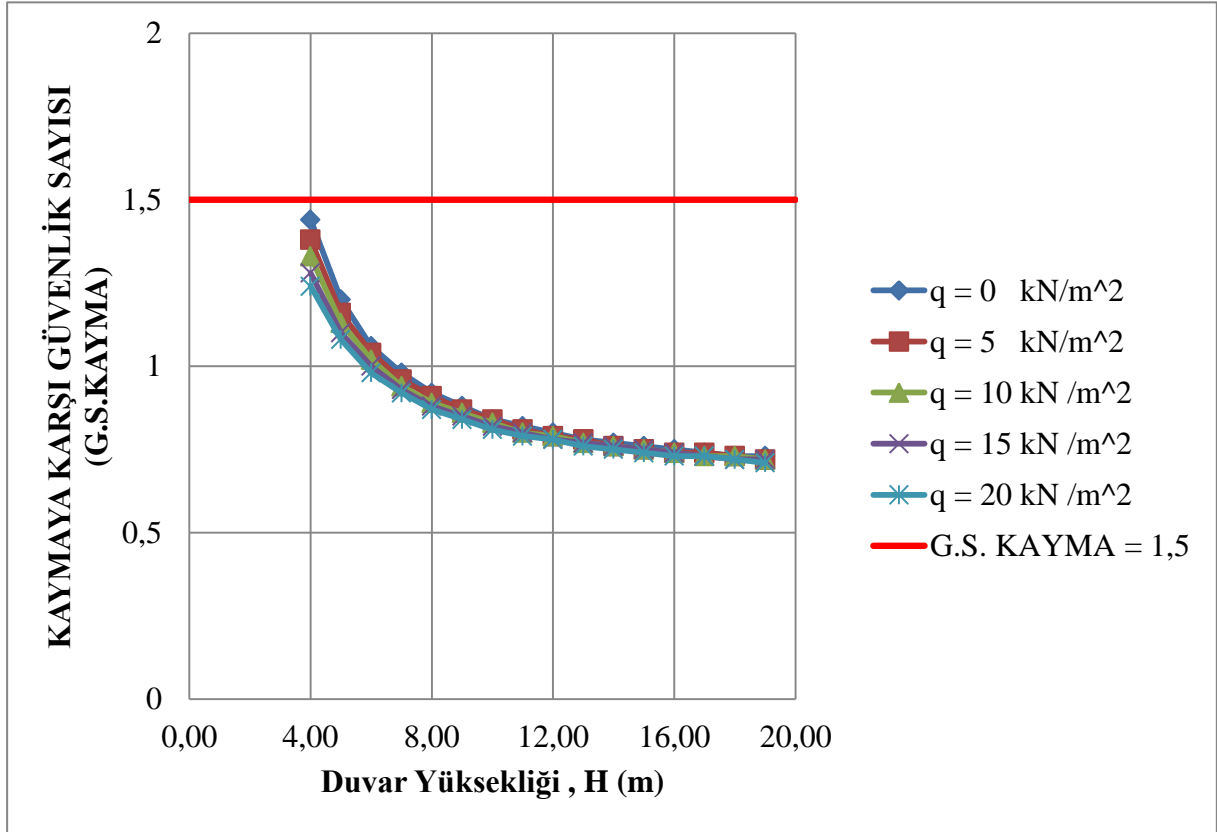
- Grafik 5.24.'de görüldüğü üzere, taşımaya karşı güvenlik sayısı değerleri 0,35 ila 1,20 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşımaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve yükseklik ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Tüm zeminlerin oluşturduğu kayma tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki durumlara göre daha da fazla azaldığı görülür, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğinin etkidiği birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir.(G.S.=3) (Das, 2014: 665) Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H' yüksekliğinin oluşturacağı ağırlığın konsol uzunluğu üzerinde bulunması ve yeraltı su seviyesinin zemin seviyesinde olmasıdır.

## 5.4.2. Don Derinliği, $D_f=1,00$ m

### 5.4.2.1. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına etkisi bulunmamaktadır.

### 5.4.2.2 Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



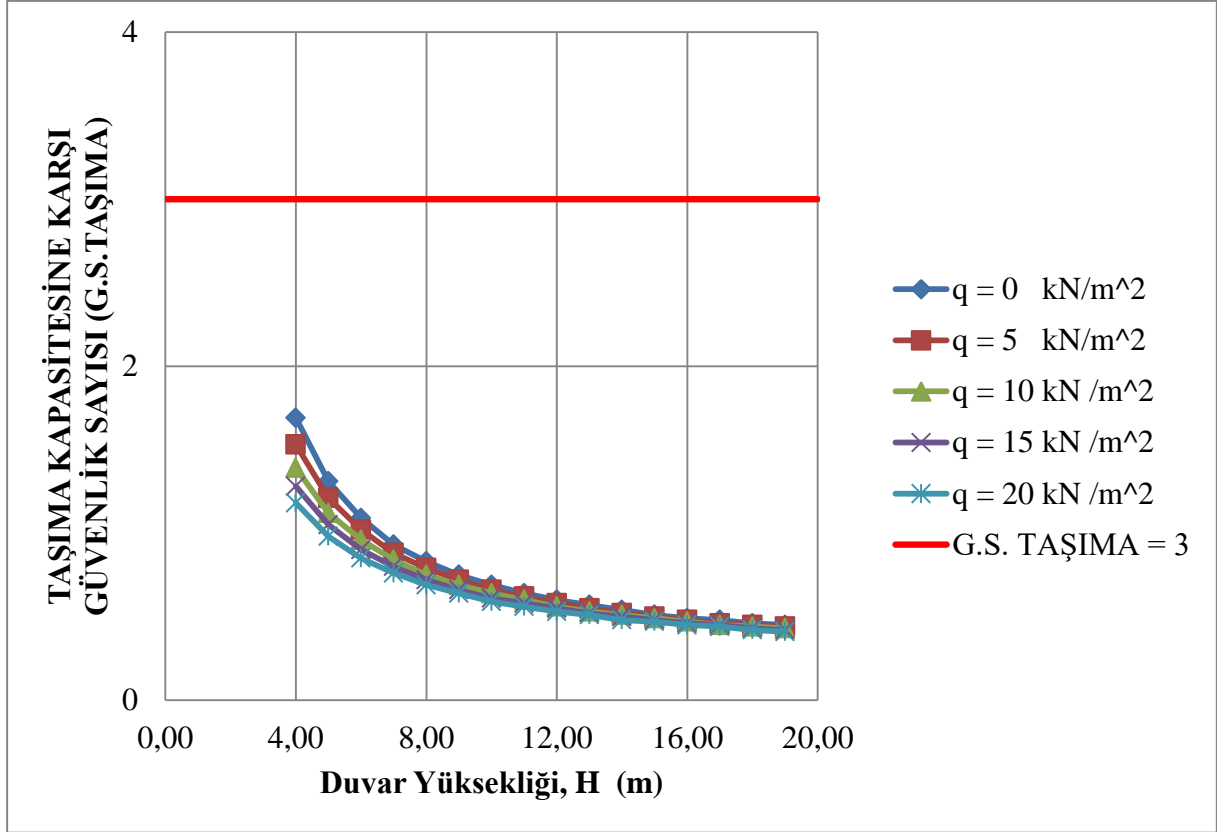
**Grafik 5. 25.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=1,00$  m)

- Grafik 5.25.'de gdrlduğu üzere, kaymaya karşı güvenlik sayısı değerleri 0,71 ile 1,44 arasında değişkenlik gstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en kucuk değerini  $q=20$   $\text{kN/m}^2$ ' de ve duvar yuğekliği  $H=19$  metrede gstermektedir. En buyuk değerini ise  $q=0$   $\text{kN/m}^2$ ' de ve duvar yuğekliği  $H=4$  metrede gstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sdrşarj ve duvar yuğekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış gstermektedir. Tım zeminlerin oluşturduğu kayma tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının ondeki durumlara gdrre daha da fazla azaldığu gdrulur, sdrşarj yuğklerinin ve duvar yuğekliğinin etkidiğu birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.

- Kaymaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değerın güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660). Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H' yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(yatay)}$  kuvveti ve yeraltı su seviyesinin zemin seviyesinde olmasıdır.

#### 5.4.2.3 Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5.26.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut,  $D_f = 1,00$  m)

- Grafik 5.26.'da görüldüğü üzere, taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı değerleri 0,41 ile 1,69 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20 \text{ kN/m}^2$  de duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0 \text{ kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Tüm zeminlerin oluşturduğu kayma tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki durumlara göre daha da fazla azaldığı görülür, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğinin etkidiği birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.

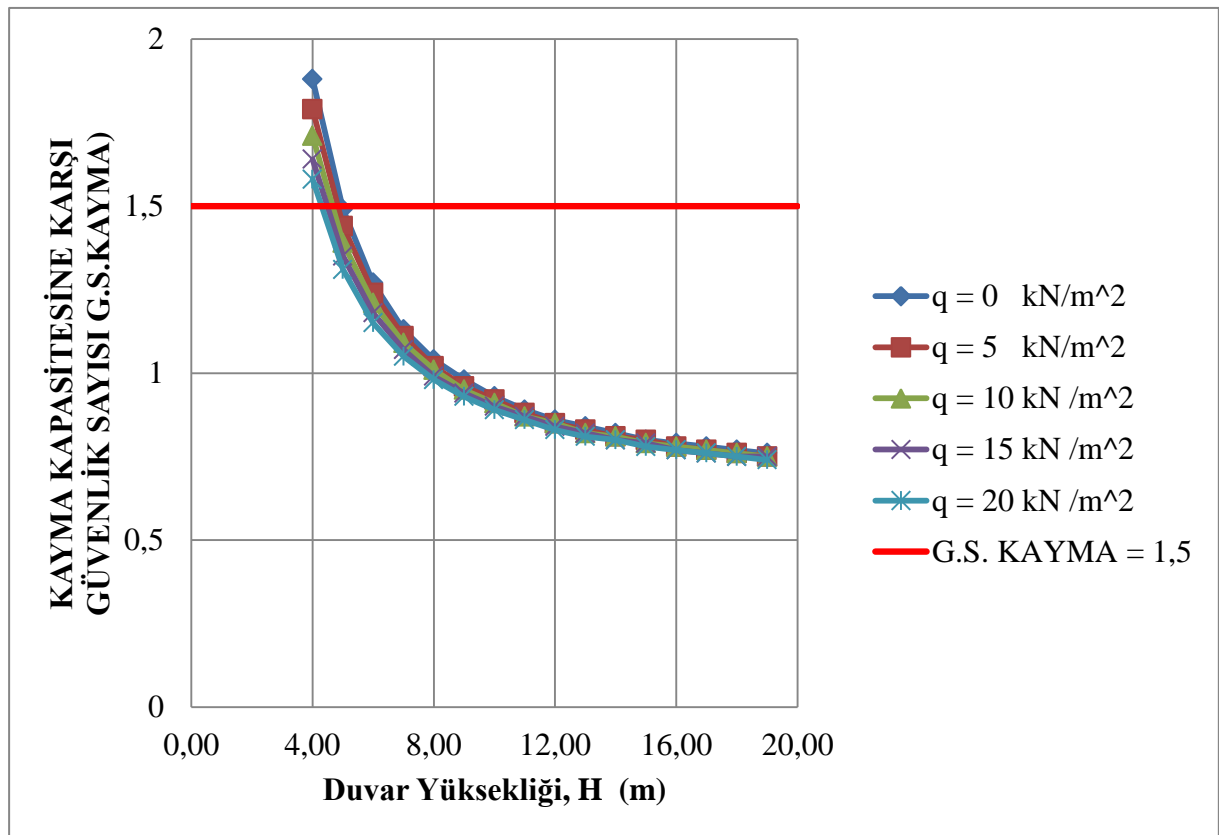
- Taşımaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değer güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=3) (Das, 2014: 665) Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H' yüksekliğinin oluşturacağı ağırlığın konsol uzunluğu üzerinde bulunması ve yeraltı su seviyesinin zemin seviyesinde olmasıdır.

#### 5.4.3. Don derinliği, $D_f=1,50$ m

##### 5.4.3.1. Devrilmeye karşı güvenlik sayısı, (G.S. Devrilme)

Don derinliğinin devrilmeye karşı güvenlik sayısına etkisi bulunmamaktadır.

##### 5.4.3.2. Kaymaya karşı güvenlik sayısı, (G.S. Kayma)



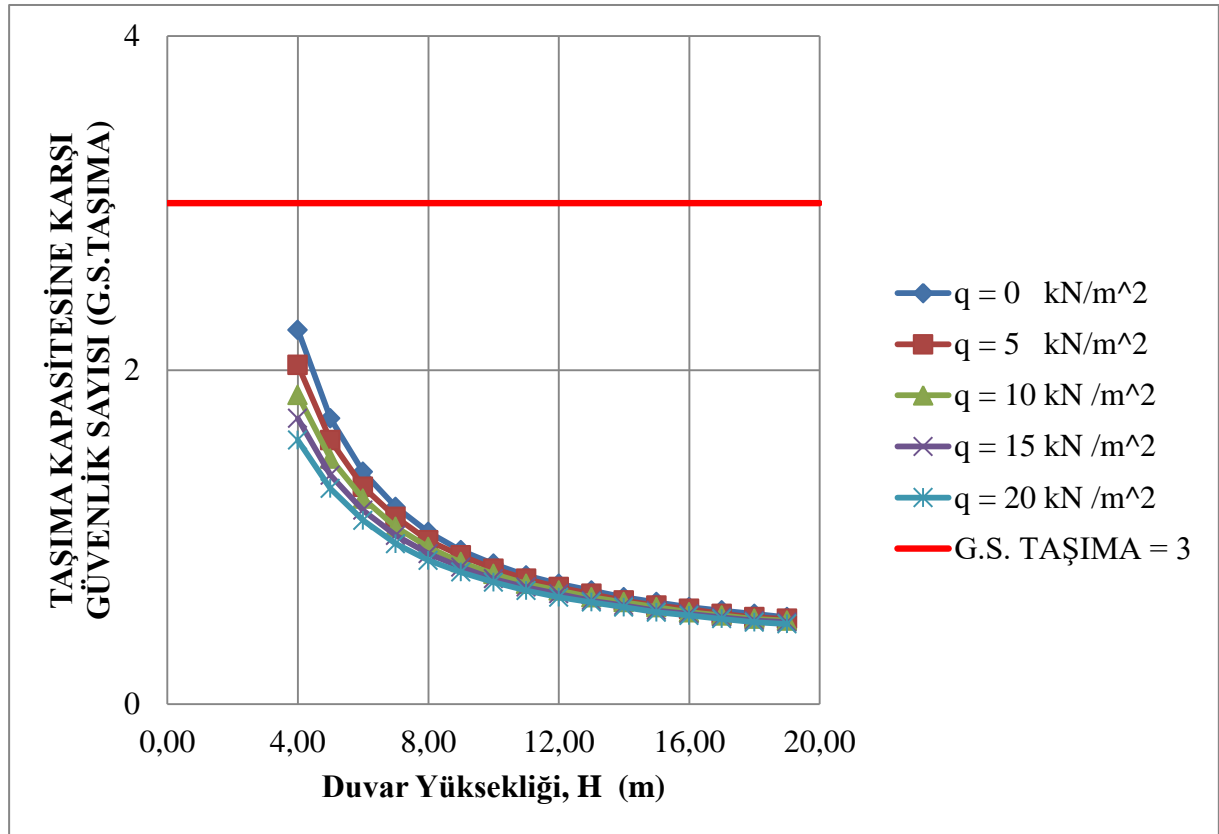
**Grafik 5. 27.** Konsol istinat duvarında kaymaya karşı güvenlik sayısı grafiği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut ve  $D_f=1,50$  m)

- Grafik 5.27.'de görüldüğü üzere, kaymaya karşı güvenlik sayısı değerleri 0,74 ile 1,88 arasında değişkenlik göstermektedir. Kaymaya karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği H=19 metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği H=4 metrede göstermektedir.
- Kaymaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış göstermektedir. Tüm

zeminlerin oluşturduğu kayma tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki durumlara göre daha da fazla azaldığı görülür, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğinin etkidiği birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.

- Kaymaya karşı güvenlik sayısında hemen hemen hiçbir değerin güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=1,5) (DAS, 2014: 660). Bütün sürşarj yükleri için, 5 metre ve üzeri duvar yüksekliklerinde güvenlik sayısı istenilen değeri sağlamamaktadır. Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H' yüksekliğinin oluşturacağı  $P_{a(yatay)}$  kuvveti ve yeraltı su seviyesinin zemin seviyesinde olmasıdır.

#### 5.4.3.3. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı, (G.S. Taşıma)



**Grafik 5. 28.** Konsol istinat duvarında taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı grafiği

( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut,  $D_f = 1,50$  m)

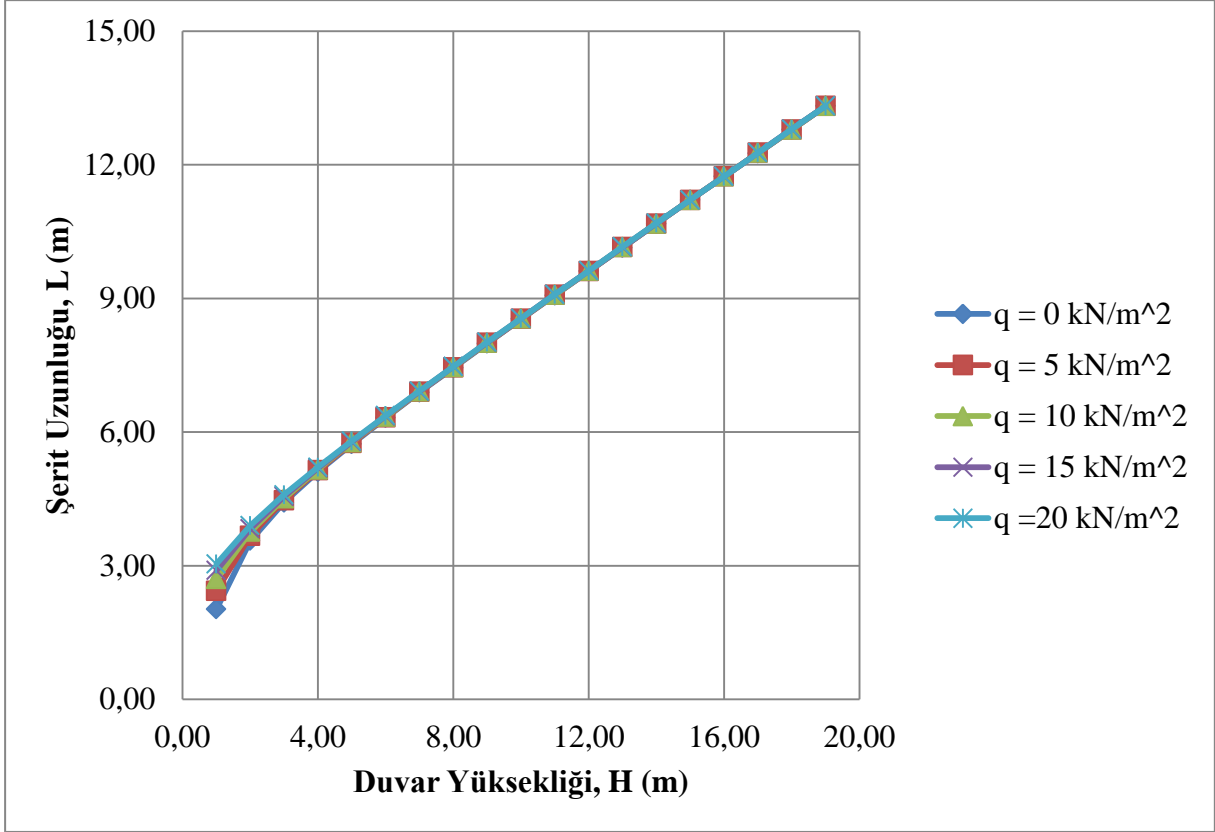
- Grafik 5.28.'de görüldüğü üzere, taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı değerleri 0,48 ile 2,24 arasında değişkenlik göstermektedir. Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı en küçük değerini  $q=20 \text{ kN/m}^2$ ' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En büyük değerini ise  $q=0 \text{ kN/m}^2$ ' de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.

- Taşımaya karşı güvenlik sayısı don derinliği ile doğru orantılı fakat sürşarj ve duvar yüksekliği ile ters orantılı olup hemen hemen parabolik bir azalış görülmektedir. Tüm zeminlerin oluşturduğu kayma tahkiki sonuçlarıyla mevcut durum karşılaştırılacak olunursa, güvenlik sayılarının önceki durumlara göre daha da fazla azaldığı görülür, sürşarj yüklerinin ve duvar yüksekliğinin etkidiği birbiri içerisindeki güvenlik sayıları arasındaki fark daha da azalmıştır.
- Taşımaya karşı güvenlik sayısında hiçbir değerin güvenlik sayısını sağlamadığı görülmektedir (G.S.=3) (Das, 2014: 665). Bunun nedeni ise, tabii zemin eğimine bağlı olarak meydana gelen H' yüksekliğinin oluşturacağı ağırlığın konsol uzunluğu üzerinde bulunması ve yeraltı su seviyesinin zemin seviyesinde olmasıdır.

## 6. DONATILI ZEMİNE AİT SONUÇLAR

### 6.1. Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 0,25$ m

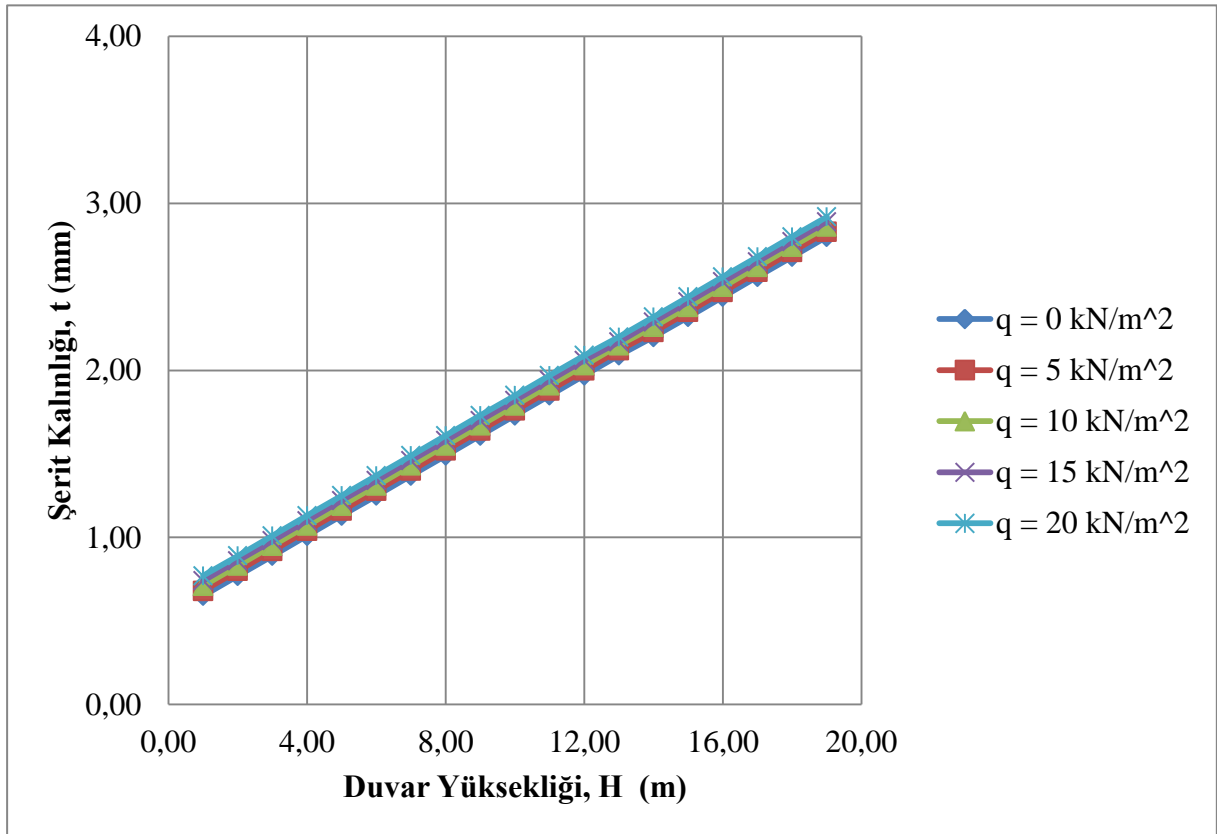
#### 6.1.1. Şerit uzunlukları



**Grafik 6. 1.** Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 0,25$  m)

- Grafik 6.1.'de görüldüğü üzere, şerit uzunluğu değerleri 2,02 m ile 13,32 m arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit uzunluğu en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Şerit uzunluğunda, duvar yüksekliği genelde doğrusal bir artış gözlemlenmektedir.
- Duvar yüksekliği  $H=19$  metreye yaklaştığında sürşarj yükünü diğer sürşarj yükleri ile karşılaştırdığımızda, şerit uzunluğunun çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi zemindeki yatay gerilmelerin düşey gerilmeye oranının fazla değişmediğidir.
- Devrilmeye ve Kaymaya karşı güvenlik sayılarını hesaplanırken,  $q = 0$  kN/m<sup>2</sup> 'de özellikle düşük yüksekliklerde değerler ya eksi veya çok büyük çıkmıştır. Bu durum dolgu kil içerdiğindendir.

### 6.1.2. Şerit kalınlıkları

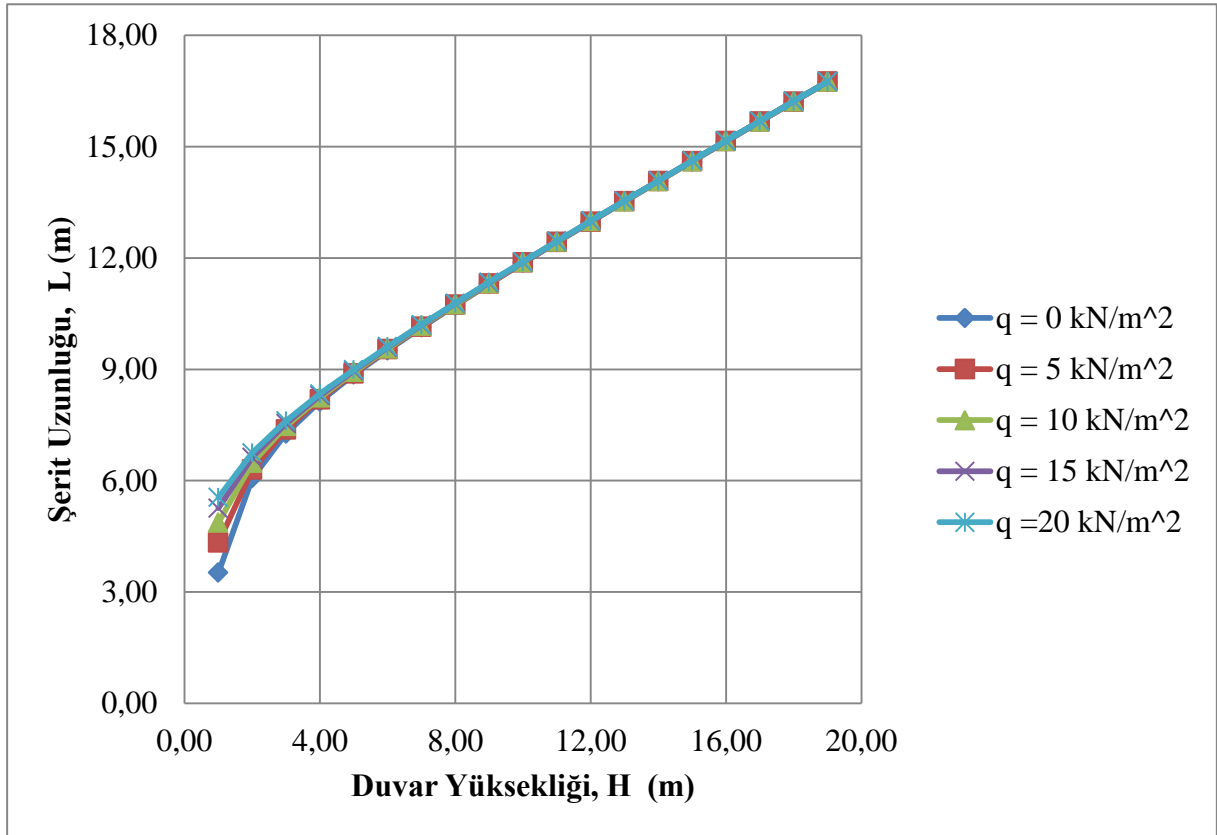


**Grafik 6. 2.** Donatılı zemin şerit kalınlıkları (  $S_h = 0, 25$  m )

- Grafik 6.2. 'de görüldüğü üzere, şerit kalınlığı sürşarj yüküne, duvar yüksekliğine,  $S_h$ ' a ve servis ömrüne bağlı olarak 0,65 mm ile 2,92 mm değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit kalınlığı en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$ ' da ve duvar yüksekliği  $H=1$  metrede göstermektedir.
- Şerit kalınlığı, servis ömrüne, duvar yüksekliğine, sürşarj yüküne ve  $S_h$ ' a paralel olarak artmaktadır. Ayrıca, şerit kalınlığı duvar yüksekliğine bağlı olarak doğrusal bir artış göstermektedir.

## 6.2. Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 0,50$ m

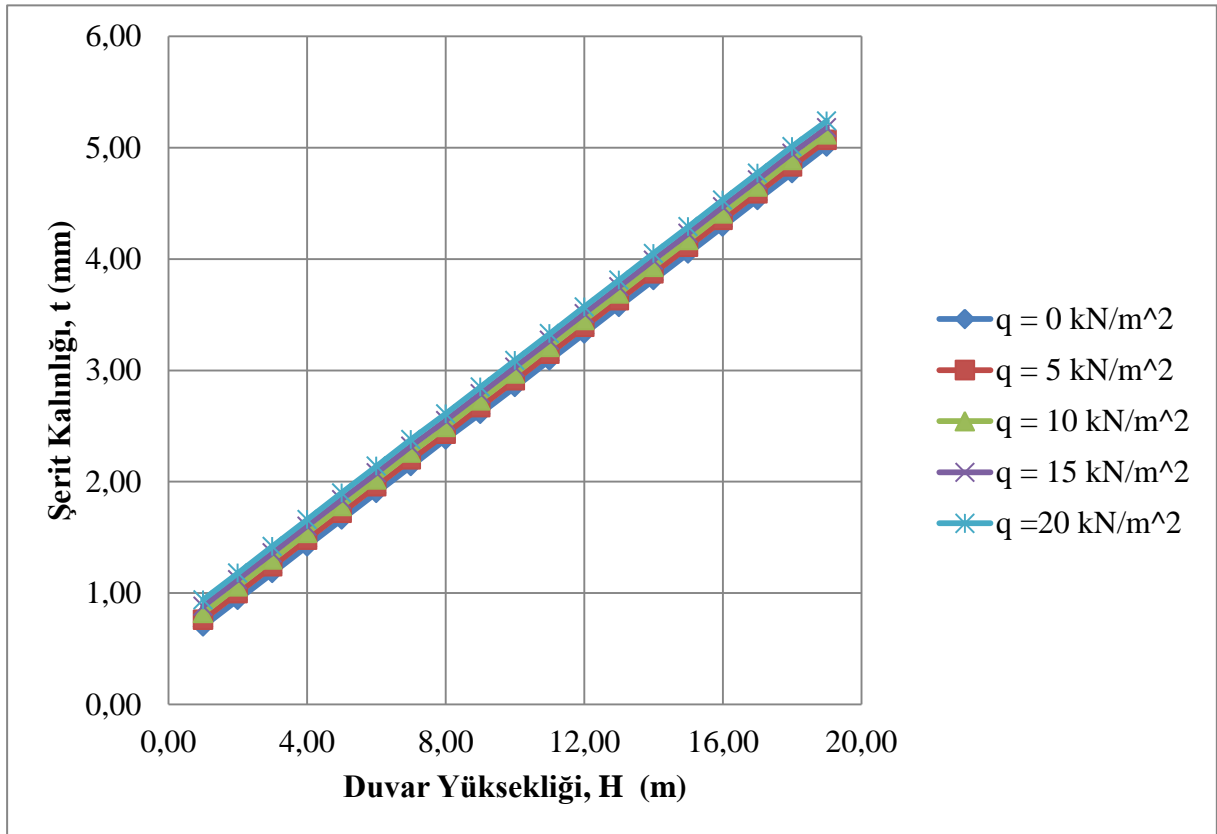
### 6.2.1. Şerit uzunlukları



**Grafik 6.3.** Donatılı zemin şerit uzunlukları (  $S_h = 0,50$  m )

- Grafik 6.3.'de görüldüğü üzere, şerit uzunlukları değerleri 3,52 m ile 16,75 m arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit uzunluğu en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup> de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup> de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Şerit uzunluğunda, duvar yüksekliği genelde doğrusal bir artış gözlemlenmektedir.
- Şerit uzunluğu, duvar yüksekliği  $H=19$  metreye yaklaştığında sürşarj yükünü diğer sürşarj yükleriyle karşılaştırdığımızda, şerit uzunluğunun çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise, zemindeki yatay gerilmelerin düşey gerilmeye oranının fazla değişmediğidir.
- Devrilmeye ve Kaymaya karşı güvenlik sayıları hesaplanırken,  $q=0$  kN/m<sup>2</sup> 'de özellikle düşük duvar yüksekliklerinde değerler ya eksi veya çok büyük çıkmıştır. Bu durum dolgu kil içerdiğinden dolayıdır.

### 6.2.2. Şerit kalınlıkları

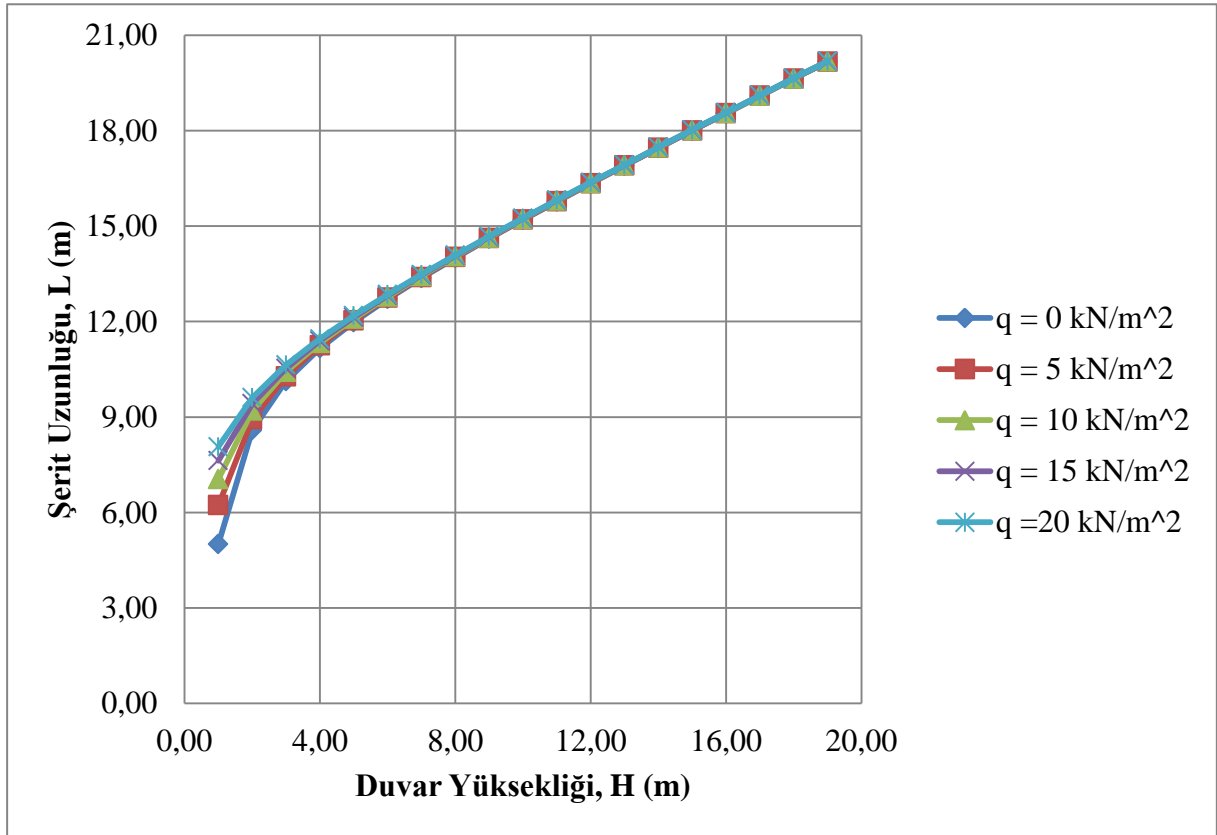


**Grafik 6. 4.** Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 0, 50$  m)

- Grafik 6.4.'de görüldüğü üzere, şerit kalınlığı sürşarj yüküne, duvar yüksekliğine,  $S_h$ ' a ve servis ömrüne bağlı olarak 0,70 mm ile 5,24 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Bu sonuçlar uygulamada olan değerlerdir. Şerit kalınlığı en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=1$  metrede göstermektedir.
- Şerit kalınlığı, servis ömrüne, duvar yüksekliğine, sürşarj yüküne ve  $S_h$ ' a paralel olarak artmaktadır. Ayrıca, şerit kalınlığı duvar yüksekliğine bağlı olarak doğrusal bir artış göstermektedir.

### 6.3 Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 0,75$ m

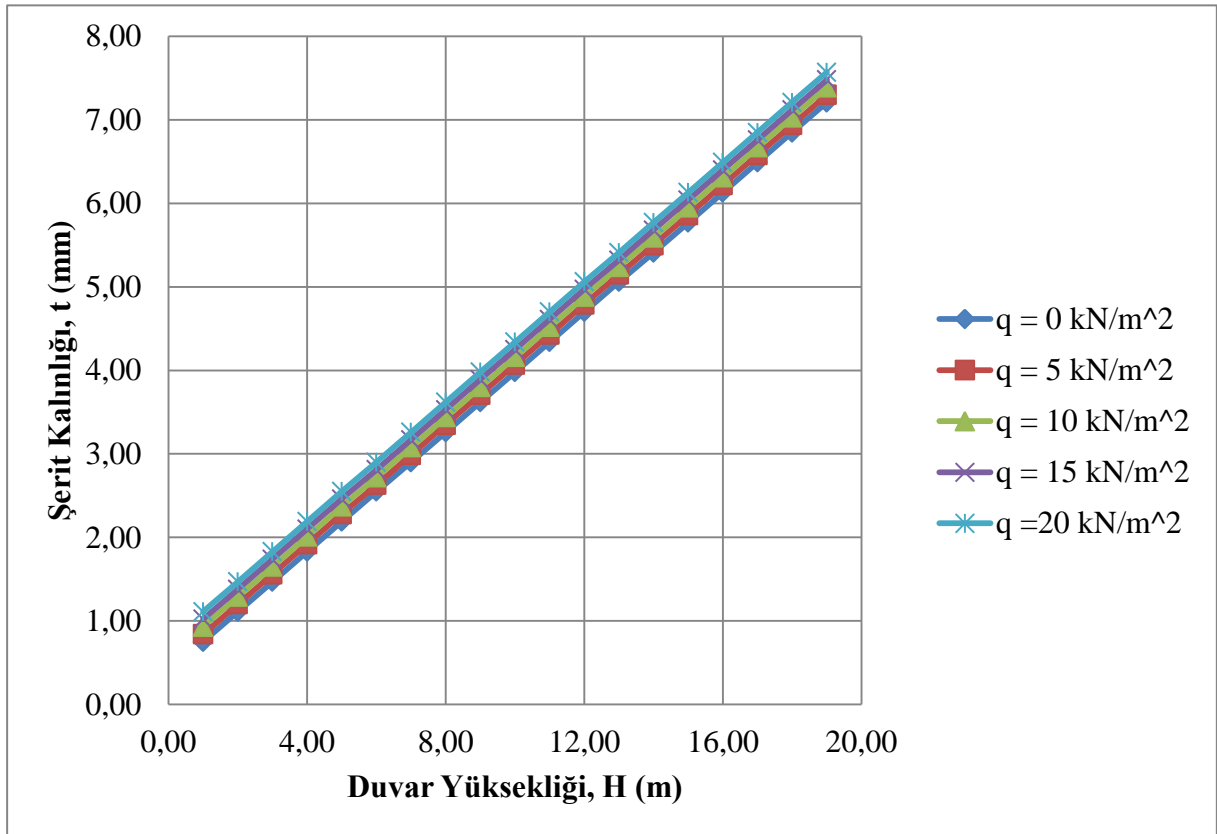
#### 6.3.1 Şerit uzunlukları



**Grafik 6. 5.** Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 0,75$  m)

- Grafik 6.5.' de gösterildiği üzere, şerit uzunlukları değerleri 5,01 metre ile 20,19 metre arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit uzunluğu en büyük değerini  $q=20 \text{ kN/m}^2$  de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0 \text{ kN/m}^2$  'de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir
- Şerit uzunluğu, genelde duvar yüksekliği doğrusal bir artış gözlemlenmiştir.
- Şerit uzunluğu, duvar yüksekliği  $H=19$  metreye yaklaştığında sürşarj yükünü diğer sürşarj yükleriyle karşılaştırdığımızda, şerit uzunluğunun çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise, zemindeki yatay gerilmelerin düşey gerilmeye oranının fazla değişmediğidir.
- Devrilmeye ve Kaymaya karşı güvenlik sayılarını hesaplarırken,  $q = 0 \text{ kN/m}^2$  'de özellikle düşük duvar yüksekliklerinde değerler ya eksi veya çok büyük çıkmıştır. Bu durum dolgu kil içerdiğinden dolayıdır.

### 6.3.2 Şerit kalınlıkları

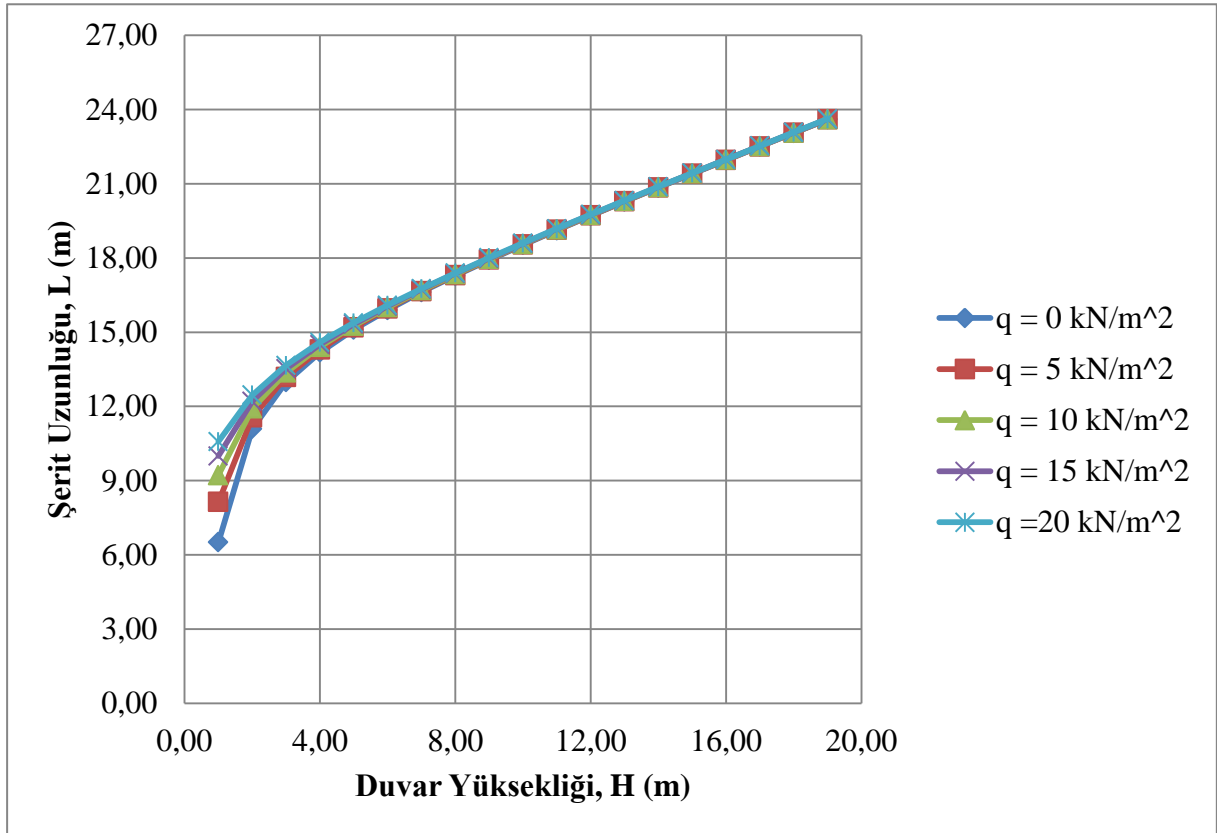


**Grafik 6. 6.** Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,75$  m)

- Grafik 6.6.' da görüldüğü üzere, şerit kalınlığı sürşarj yükü, duvar yüksekliğine,  $S_h$ ' a ve servis ömrüne bağlı olarak 0,75 mm ile 7,57 mm değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit kalınlığı en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>, de ve duvar yüksekliği  $H=1$  metrede göstermektedir.
- Şerit kalınlığı, servis ömrüne, duvar yüksekliğine, sürşarj yüküne ve  $S_h$ ' a paralel olarak artmaktadır. Ayrıca, şerit kalınlığı duvar yüksekliğine bağlı olarak doğrusal bir artış göstermektedir.

## 6.4. Donatılar Arası Yatay Mesafe, $S_h = 1,00$ m

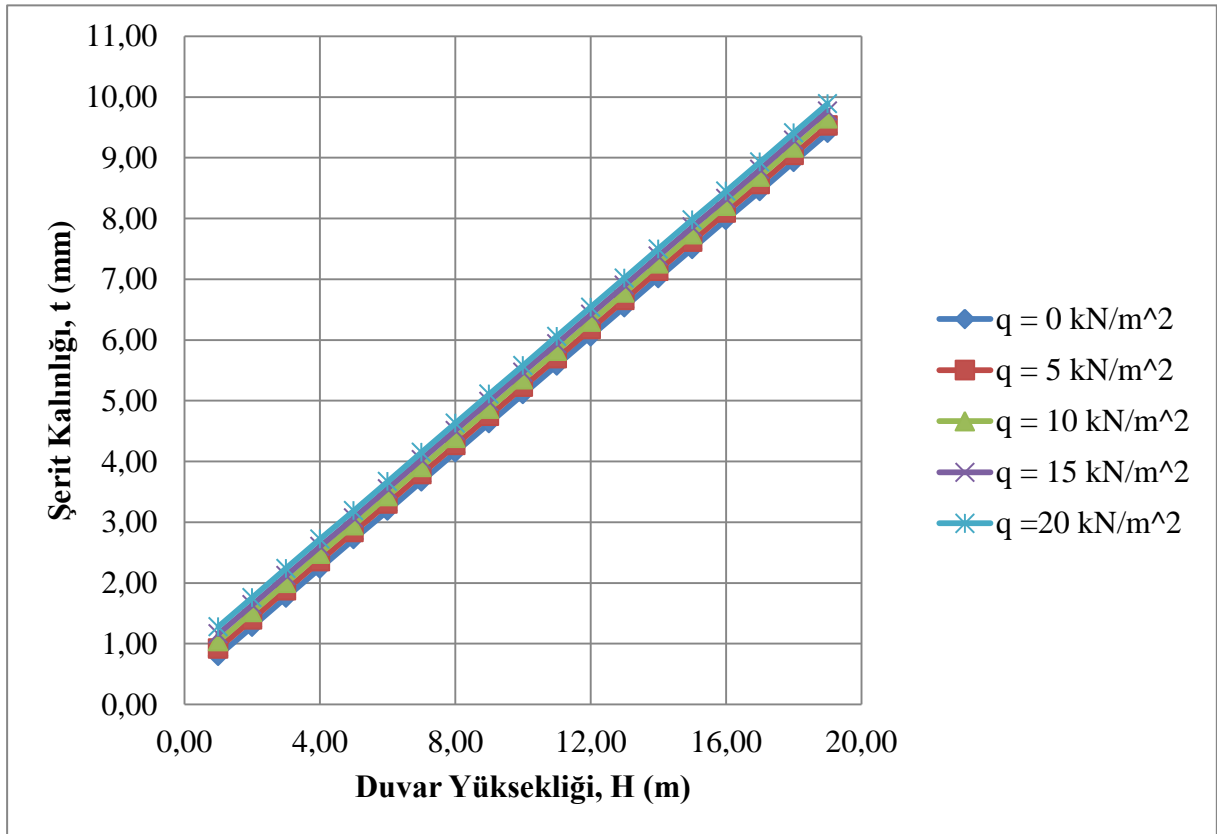
### 6.4.1. Şerit uzunlukları



**Grafik 6. 7.** Donatılı zemin şerit uzunlukları ( $S_h = 1,00$  m)

- Grafik 6.7.' de görüldüğü üzere, şerit uzunlukları değerleri 6,51 m ile 23,62 m arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit uzunluğu en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=4$  metrede göstermektedir.
- Şerit uzunluğunda, genelde duvar yüksekliği doğrusal bir artış gözlemlenmektedir.
- Şerit uzunluğunun, duvar yüksekliği  $H=19$  metreye yaklaştığında sürşarj yükünü diğer sürşarj yükleriyle karşılaştırdığımızda, şerit uzunluğunun çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise, zemindeki yatay gerilmelerin düşey gerilmeye oranının fazla değişmediğidir.
- Devrilmeye ve kaymaya karşı güvenlik sayılarını hesaplarken,  $q = 0$  kN/m<sup>2</sup> 'de özellikle düşük duvar yüksekliklerinde değerler ya eksi veya çok büyük çıkmıştır. Bu durum dolgu kil içerdiğinden dolayıdır.

### 6.4.2. Şerit kalınlıkları



**Grafik 6. 8.** Donatılı zemin şerit kalınlıkları ( $S_h = 1,00$  m)

- Grafik 6.8.'de görüldüğü üzere, şerit kalınlığı sürşarj yüküne, duvar yüksekliğine,  $S_h$ ' a ve servis ömrüne bağlı olarak 0,80 mm ile 10,89 mm değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Şerit kalınlığı en büyük değerini  $q=20$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=19$  metrede göstermektedir. En küçük değerini ise  $q=0$  kN/m<sup>2</sup>' de ve duvar yüksekliği  $H=1$  metrede göstermektedir.
- Şerit kalınlığı, servis ömrüne, duvar yüksekliğine, sürşarj yüküne ve  $S_h$ ' a paralel olarak artmaktadır. Ayrıca, şerit kalınlığı duvar yüksekliğine bağlı olarak doğrusal bir artış göstermektedir.

## 7. İSTİNAT DUVARINA AİT GENEL SONUÇLAR

Bu kısımda, belirli zemin özelliklerine sahip ve duvar yüksekliği 4 metreden 19 metreye kadar (1 metre aralıklar ile artarak) sürşarj yükleri ( $0 \text{ kN/m}^2$ ,  $5 \text{ kN/m}^2$ ,  $10 \text{ kN/m}^2$ ,  $15 \text{ kN/m}^2$  ve  $20 \text{ kN/m}^2$ ) olan betonarme konsol istinat duvarının devrilmeye, kaymaya ve taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayıları incelenmiştir:

- 1-)  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=0,50 \text{ m}$ ,
- 2-)  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=1,00 \text{ m}$ ,
- 3-)  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=1,50 \text{ m}$ ,
- 4-)  $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=0,50 \text{ m}$ ,
- 5-)  $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=1,00 \text{ m}$ ,
- 6-)  $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=1,50 \text{ m}$ ,
- 7-)  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=0,50 \text{ m}$ ,
- 8-)  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,00 \text{ m}$ ,
- 9-)  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,50 \text{ m}$ ,
- 10-)  $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=0,50 \text{ m}$ ,
- 11-)  $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,00 \text{ m}$ ,
- 12-)  $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,50 \text{ m}$ .

Bu durumlardaki betonarme konsol istinat duvarlarının uygulanabilirliği aşağıda verilmiştir.

- $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=0,50 \text{ m}$  için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarları için hesaplanan değerler Tablo 7.1'de verilmiştir:

**Tablo 7. 1.** İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği  
( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=0,50$  m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	q = 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	q = 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	q = 15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	q = 20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗

- $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=1,00$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan değerlerde güvenle uygulanabilir.
- $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=1,50$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan değerlerde güvenle uygulanabilir.
- $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut Değil ve  $D_f=0,50$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı için hesaplanan değerler Tablo 7.2’de verilmiştir:

**Tablo 7. 2.** İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği $(\alpha = 18^\circ, \text{Y.A.S.S. mevcut değil ve } D_f=0,50 \text{ m})$ 

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		✓: Güvenli, ✗: Güvenli değil															
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 5	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 10	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 15	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 20	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

- $\alpha = 18^\circ, \text{Y.A.S.S. Mevcut Değil ve } D_f=1,00 \text{ m}$  için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı için hesaplanan değerler Tablo 7.3'te verilmiştir:

**Tablo 7. 3.** İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği $(\alpha = 18^\circ, \text{Y.A.S.S. mevcut değil ve } D_f=1,00 \text{ m})$ 

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		✓: Güvenli, ✗: Güvenli değil															
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 5	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 10	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 15	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 20	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

- $\alpha = 18^\circ, \text{Y.A.S.S. Mevcut Değil ve } D_f=1,50 \text{ m}$  için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı için hesaplanan değerler Tablo 7.4'te verilmiştir:

**Tablo 7. 4.** İstinat duvarların sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği  
( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil ve  $D_f=1,50$  m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																	
		✓: Güvenli, ✗: Güvenli değil																	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		
	q = 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		
	q = 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		
	q = 15	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		
	q = 20	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		

- $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=0,50$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan hiçbir değerde güvenle uygulanamaz.
- $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,00$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan hiçbir değerde güvenle uygulanamaz.
- $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,50$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan hiçbir değerde güvenle uygulanamaz.
- $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=0,50$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan hiçbir değerde güvenle uygulanamaz.
- $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,00$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan hiçbir değerde güvenle uygulanamaz.
- $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut ve  $D_f=1,50$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde betonarme konsol istinat duvarı hesaplanan hiçbir değerde güvenle uygulanamaz.

## 8. DONATILI ZEMİNE AİT GENEL SONUÇLAR

Bu kısımda, belirli zemin değerlerinde duvar yüksekliği 1 metreden 19 metreye kadar (1 metre aralıklar ile artarak) sürşarj yükleri (0 kN/m<sup>2</sup>, 5 kN/m<sup>2</sup>, 10 kN/m<sup>2</sup>, 15 kN/m<sup>2</sup> ve 20 kN/m<sup>2</sup>) olmak şartıyla aşağıdaki durumlarda donatılı zeminin devrilmeye, kaymaya ve taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayıları incelenmiştir:

- 1-)  $S_h = 0,25$  metre için,
- 2-)  $S_h = 0,50$  metre için,
- 3-)  $S_h = 0,75$  metre için,
- 4-)  $S_h = 1,00$  metre için,

Bu durumlardaki donatılı zemin devrilmeye, taşıma kapasitesine karşı güvenli tarafta olup, bazı durumlardaki kaymaya karşı güvenlik sayısı uygun değildir (G.S.= 3) (Das, 2014:690). Bu durumlardaki donatılı zeminin uygulanabilirliği aşağıda verilmiştir:

- $S_h=0,25$  metre için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde donatılı zemin hesaplanan değerlerde Tablo 8.1’de verilmiştir:

**Tablo 8. 1.**Donatılı zeminin sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği ( $S_h = 0,25$  m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		✓: Güvenli, ✗: Güvenli değil																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	q = 20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

- $S_h=0,50$  metre için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde donatılı zemin için hesaplanan değerler Tablo 8.2’de verilmiştir:

**Tablo 8. 2.** Donatılı zeminin sürşarj yük durumlarına göre uygulanabilirliği ( $S_h = 0,50$  m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																			
		✓: Güvenli, ✗: Güvenli değil																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
	q = 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
	q = 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
	q = 15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
	q = 20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗

- $S_h=0,75$  metre için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde donatılı zemin hesaplanan değerlerde güvenle uygulanabilir.
- $S_h=1,00$  m için tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde donatılı zemin hesaplanan değerlerde güvenle uygulanabilir.
- Ayrıca bu şartlarda ve bu zemin değerlerinde,  $S_h=0,572$  metre ve üzeri tüm çelik şeritler arası yatay uzaklıklarda, tüm duvar yüksekliklerinde ve tüm sürşarj yüklerinde donatılı zemin uygulanabilirliği tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

**Bowles, J. E, E.P and E.S.** (1997). *Foundation Analysis and Design 5<sup>th</sup> ed.* Mc Graw-Hill Companies Inc. New York, 589-697.

**Brooks, H. and Nielsen, J. P.** (2013). *Basics of Retaining Wall Design 10<sup>th</sup> ed.* Hbapublications, California, 1-6

**Clayton S.,** (2014). *Lateral Earth Pressure Problems Involved with Cantiliver Retaining Structures and Stability of Those Structures.* Bachelor, University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying, Queensland. 3-4.

**Das, M. B.,** (2014). *Principles of Foundation Enginnering 8<sup>th</sup> ed.* Cengage Learning, United States of America, 169-690.

**Das, M., B.,** (2002). *Principles of Geotechnical Enginnering 5<sup>th</sup> ed.* Brooks/Cole Thomson Learning, United States of America, 364-415.

**Helwany, S.,** (2007). *Applied Soil Mechanics with Abaqus Applications.* John Willey and Sons Inc., New Jersey, 233-280.

**Karayolları Teknik Şartnamesi,** (2013). Ertem Basım Yayın Dağıtım Sanayi ve Tic.Ltd.Şti., Ankara, Kısım 252, 1-4.

**Karayolları Teknik Şartnamesi,** (2013). Ertem Basım Yayın Dağıtım Sanayi ve Tic.Ltd.Şti., Ankara, Kısım 307, 1-6.

**Murthy, V.N.S.,** (2016). *Principles and Particles of Soil Mechanics and Foundation Engineering.* Marcel Dekker Inc. 423-852.

**Tosun, N.,**(2005). *Taş Yapılar ve Taş İstinat Duvarlar 2. Baskı.* Karayolları, Bursa,2-60.

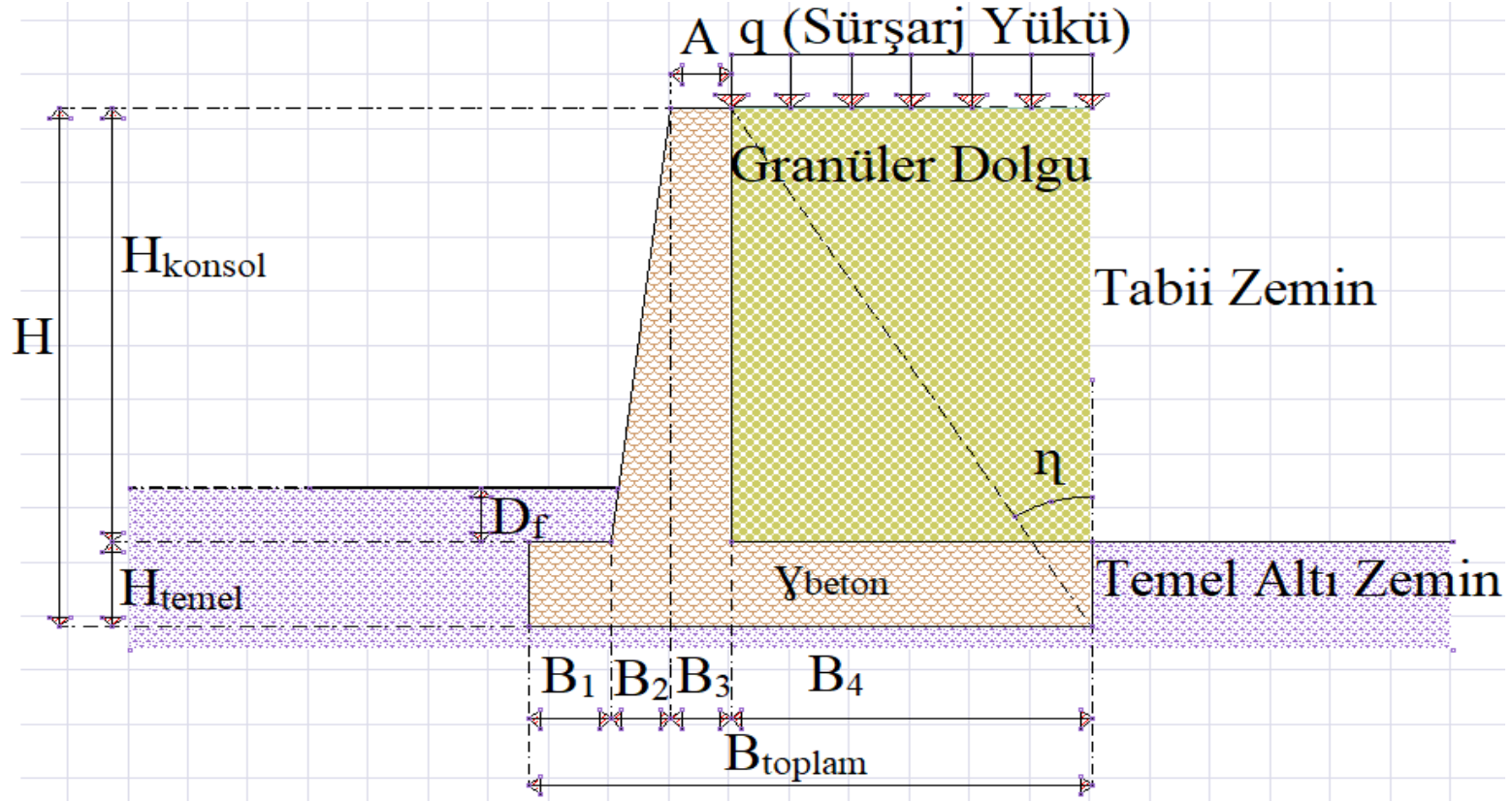
**Weber, R.P. and E.P.,** (2012). *Earth Pressure and Retaining Wall Basics for Non Geotechnical Engineers.* 1-15.

<http://www.dot.ca.gov/des/techpubs/manuals/bridge-design-specifications/page/section5.pdf>  
(05.08.2019)

<http://www.retainingsolutions.com.au/downloads/concretewalls.pdf> (05.08.2019)

**Yavan, O.,** (2015). *Suya Doygun Kil Zeminlere İnşaa Edilen İstinat Duvarlarının Dinamik Yükler Altında Davranışı.* Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Eskişehir 1

## EKLER



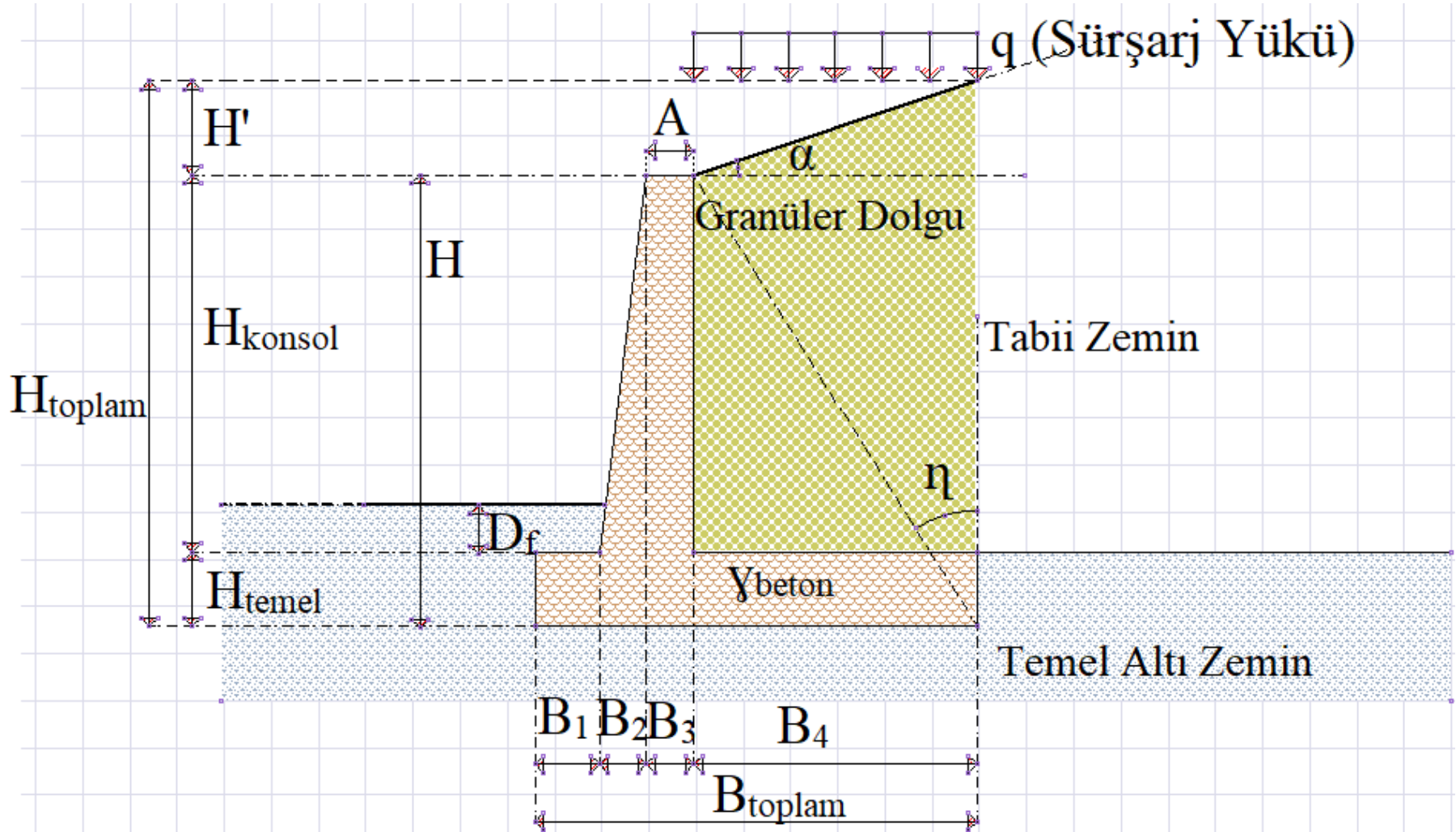
Şekil 10. 1. Konsol istinat duvarı genel gösterim şeması ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)

**Tablo 10. 1.** Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)

H Duvar Yüksekliği (m)	A=0,3 (m)	B <sub>1</sub> = 0,1xH (m)	B <sub>2</sub> = A-B <sub>1</sub> (m)	B <sub>3</sub> =A (m)	B <sub>4</sub> =B <sub>toplam</sub> -(B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> ) (m)	B <sub>toplam</sub> = B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> +B <sub>4</sub> (m)	H <sub>temel</sub> =0,1xH (m)	H <sub>konsol</sub> =0,9xH (m)	H'= B <sub>4</sub> x $\cos\alpha$ (m)	H <sub>toplam</sub> = H <sub>temel</sub> +H <sub>konsol</sub> +H' (m)	Don Derinliği (m)
4	0,30	0,4	0,1	0,3	2,08	2,88	0,4	3,6	0,00	4,00	0,5 - 1,00 - 1,50
5	0,30	0,5	0,2	0,3	2,6	3,60	0,5	4,5	0,00	5,00	
6	0,30	0,6	0,3	0,3	3,12	4,32	0,6	5,4	0,00	6,00	
7	0,30	0,7	0,4	0,3	3,64	5,04	0,7	6,3	0,00	7,00	
8	0,30	0,8	0,5	0,3	4,16	5,76	0,8	7,2	0,00	8,00	
9	0,30	0,9	0,6	0,3	4,69	6,49	0,9	8,1	0,00	9,00	
10	0,30	1	0,7	0,3	5,21	7,21	1	9	0,00	10,00	
11	0,30	1,1	0,8	0,3	5,73	7,93	1,1	9,9	0,00	11,00	
12	0,30	1,2	0,9	0,3	6,25	8,65	1,2	10,8	0,00	12,00	
13	0,30	1,3	1	0,3	6,77	9,37	1,3	11,7	0,00	13,00	
14	0,30	1,4	1,1	0,3	7,29	10,09	1,4	12,6	0,00	14,00	
15	0,30	1,5	1,2	0,3	7,81	10,81	1,5	13,5	0,00	15,00	
16	0,30	1,6	1,3	0,3	8,33	11,53	1,6	14,4	0,00	16,00	
17	0,30	1,7	1,4	0,3	8,85	12,25	1,7	15,3	0,00	17,00	
18	0,30	1,8	1,5	0,3	9,37	12,97	1,8	16,2	0,00	18,00	
19	0,30	1,9	1,6	0,3	9,89	13,69	1,9	17,1	0,00	19,00	

**Tablo 10. 2.** Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)

H Duvar Yüksekliği (m)	$\gamma_{\text{beton}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\eta$ ( $^\circ$ )	Sürşarj Yükü q (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{granüler}}$ dolgu (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{granüler}}$ dolgu ( $^\circ$ )	$C_{\text{granüler}}$ dolgu (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{Tabii}}$ Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Tabii}}$ Zemin ( $^\circ$ )	$C_{\text{Tabii}}$ Zemin (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{Temel Altı}}$ Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Temel Altı}}$ Zemin ( $^\circ$ )	$C_{\text{Temel Altı}}$ Zemin (kN/m <sup>2</sup> )
4	24,00	27,50	0,00 - 5,00 - 10,00 - 15,00 - 20,00	20,00	35,00	3,00	21,00	30,00	3,00	20,50	30,00	5,00
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												



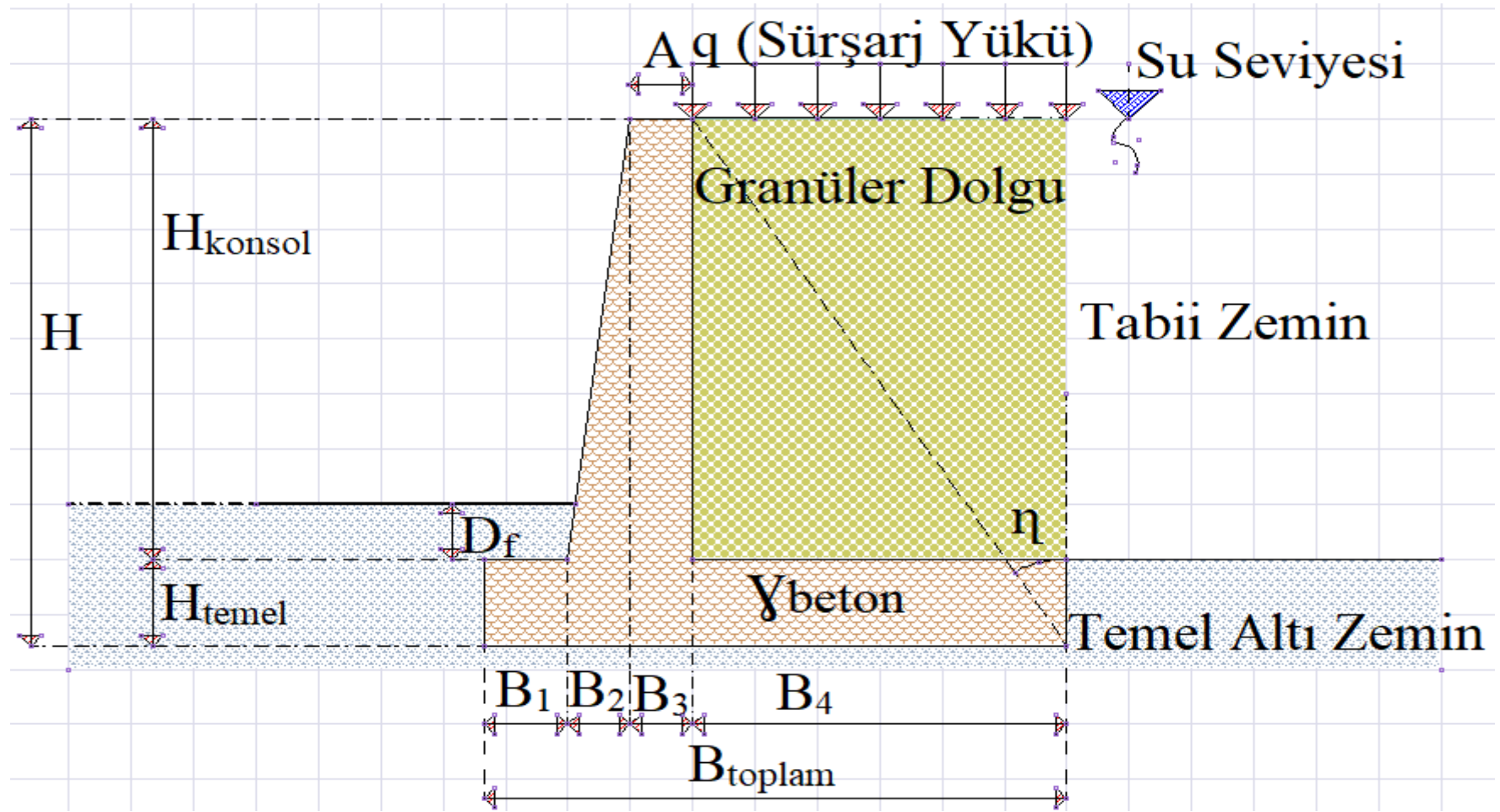
Şekil 10. 2. Konsol istinat duvarın genel gösterim şeması ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)

**Tablo 10. 3.** Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)

H Duvar Yükseklği (m)	A=0,3 (m)	B <sub>1</sub> = 0,1x H (m)	B <sub>2</sub> = A-B <sub>1</sub> (m)	B <sub>3</sub> =A (m)	B <sub>4</sub> = B <sub>toplamlam</sub> - (B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> ) (m)	B <sub>toplamlam</sub> = B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> + B <sub>4</sub> (m)	H <sub>temel</sub> =0,1xH (m)	H <sub>konsol</sub> =0,9xH (m)	H'= B <sub>4</sub> x $\cos\alpha$ (m)	H <sub>toplamlam</sub> = H <sub>temel</sub> + H <sub>konsol</sub> +H' (m)	Don Derinliği (m)
4	0,30	0,4	0,1	0,3	1,47	2,27	0,4	3,6	0,48	4,48	0,5 - 1,00 - 1,50
5	0,30	0,5	0,2	0,3	1,84	2,84	0,5	4,5	0,60	5,60	
6	0,30	0,6	0,3	0,3	2,21	3,41	0,6	5,4	0,72	6,72	
7	0,30	0,7	0,4	0,3	2,58	3,98	0,7	6,3	0,84	7,84	
8	0,30	0,8	0,5	0,3	2,94	4,54	0,8	7,2	0,96	8,96	
9	0,30	0,9	0,6	0,3	3,31	5,11	0,9	8,1	1,08	10,08	
10	0,30	1	0,7	0,3	3,68	5,68	1	9	1,20	11,20	
11	0,30	1,1	0,8	0,3	4,05	6,25	1,1	9,9	1,32	12,32	
12	0,30	1,2	0,9	0,3	4,42	6,82	1,2	10,8	1,43	13,43	
13	0,30	1,3	1	0,3	4,78	7,38	1,3	11,7	1,55	14,55	
14	0,30	1,4	1,1	0,3	5,15	7,95	1,4	12,6	1,67	15,67	
15	0,30	1,5	1,2	0,3	5,52	8,52	1,5	13,5	1,79	16,79	
16	0,30	1,6	1,3	0,3	5,89	9,09	1,6	14,4	1,91	17,91	
17	0,30	1,7	1,4	0,3	6,25	9,65	1,7	15,3	2,03	19,03	
18	0,30	1,8	1,5	0,3	6,62	10,22	1,8	16,2	2,15	20,15	
19	0,30	1,9	1,6	0,3	6,99	10,79	1,9	17,1	2,27	21,27	

**Tablo 10. 4.** Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil)

H Duvar Yüksekliği (m)	$\gamma_{\text{beton}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\eta$ ( $^\circ$ )	Sürüşarj Yükü q (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{granüler}}$ dolgu (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{granüler}}$ dolgu ( $^\circ$ )	$C_{\text{granüler}}$ dolgu (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{Tabii}}$ Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Tabii}}$ Zemin ( $^\circ$ )	$C_{\text{Tabii}}$ Zemin (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{Temel Altı}}$ Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Temel Altı}}$ Zemin ( $^\circ$ )	$C_{\text{Temel Altı}}$ Zemin (kN/m <sup>2</sup> )
4	24,00	20,20	0,00 - 5,00 - 10,00 - 15,00 - 20,00	20,00	35,00	3,00	21,00	30,00	3,00	20,50	30,00	5,00
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												



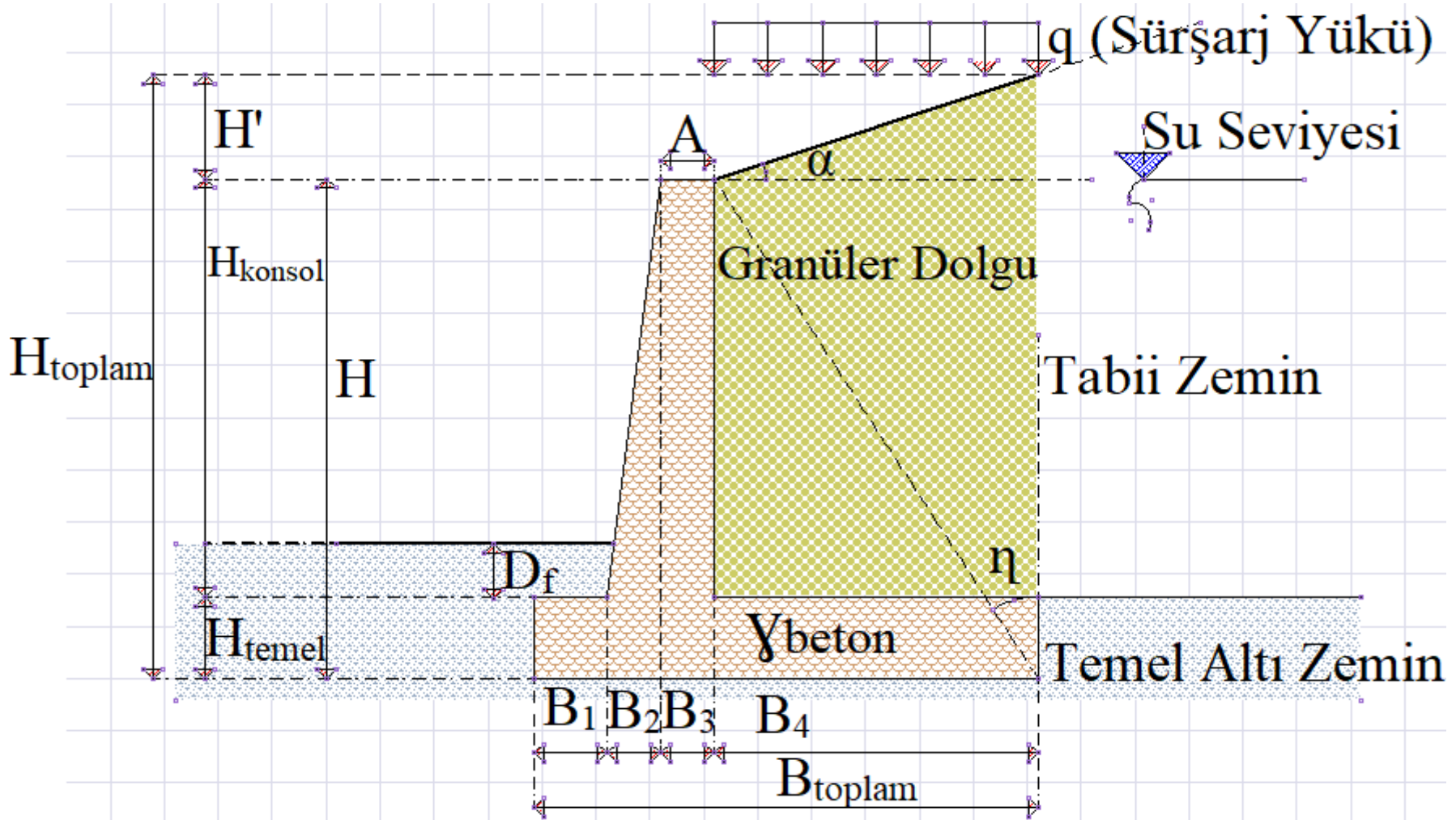
Şekil 10. 3. Konsol istinat duvarı genel gösterim şeması ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. Mevcut)

**Tablo 10. 5.** Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut)

H Duvar Yüksekliği (m)	A=0,3 (m)	B <sub>1</sub> = 0,1xH (m)	B <sub>2</sub> = A- B <sub>1</sub> (m)	B <sub>3</sub> =A (m)	B <sub>4</sub> =B <sub>toplam</sub> -(B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> ) (m)	B <sub>toplam</sub> = B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> +B <sub>4</sub> (m)	H <sub>temel</sub> =0,1xH (m)	H <sub>konsol</sub> =0,9x H (m)	H'= B <sub>4</sub> xcos $\alpha$ (m)	H <sub>toplam</sub> = H <sub>temel</sub> +H <sub>konsol</sub> +H (m)	Don Derinliği (m)
4	0,30	0,4	0,1	0,3	2,08	2,88	0,4	3,6	0,00	4,00	0,5 - 1,00 - 1,50
5	0,30	0,5	0,2	0,3	2,6	3,60	0,5	4,5	0,00	5,00	
6	0,30	0,6	0,3	0,3	3,12	4,32	0,6	5,4	0,00	6,00	
7	0,30	0,7	0,4	0,3	3,64	5,04	0,7	6,3	0,00	7,00	
8	0,30	0,8	0,5	0,3	4,16	5,76	0,8	7,2	0,00	8,00	
9	0,30	0,9	0,6	0,3	4,69	6,49	0,9	8,1	0,00	9,00	
10	0,30	1	0,7	0,3	5,21	7,21	1	9	0,00	10,00	
11	0,30	1,1	0,8	0,3	5,73	7,93	1,1	9,9	0,00	11,00	
12	0,30	1,2	0,9	0,3	6,25	8,65	1,2	10,8	0,00	12,00	
13	0,30	1,3	1	0,3	6,77	9,37	1,3	11,7	0,00	13,00	
14	0,30	1,4	1,1	0,3	7,29	10,09	1,4	12,6	0,00	14,00	
15	0,30	1,5	1,2	0,3	7,81	10,81	1,5	13,5	0,00	15,00	
16	0,30	1,6	1,3	0,3	8,33	11,53	1,6	14,4	0,00	16,00	
17	0,30	1,7	1,4	0,3	8,85	12,25	1,7	15,3	0,00	17,00	
18	0,30	1,8	1,5	0,3	9,37	12,97	1,8	16,2	0,00	18,00	
19	0,30	1,9	1,6	0,3	9,89	13,69	1,9	17,1	0,00	19,00	

**Tablo 10. 6.** Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut)

H Duvar Yükseklği (m)	$\gamma_{\text{beton}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\eta$ ( <sup>o</sup> )	Sürşarj Yükü q (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{(doygun)}}$ granüler dolgu (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{granüler}}$ dolgu ( <sup>o</sup> )	$C_{\text{granüler}}$ dolgu (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{(doygun)}}$ Tabii Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ Tabii Zemi ( <sup>o</sup> )	$C_{\text{Tabii}}$ Zemin (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{(doygun)}}$ Temel Altı Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Temel}}$ Altı Zemin ( <sup>o</sup> )	$C_{\text{Temel}}$ Altı Zemin (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{water}}$ (kN/m <sup>3</sup> )
4	24,00	27,50	0,00 - 5,00 -10,00 - 15,00 - 20,00	21,00	35,00	3,00	22,00	30,00	3,00	21,50	30,00	5,00	9,81
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													



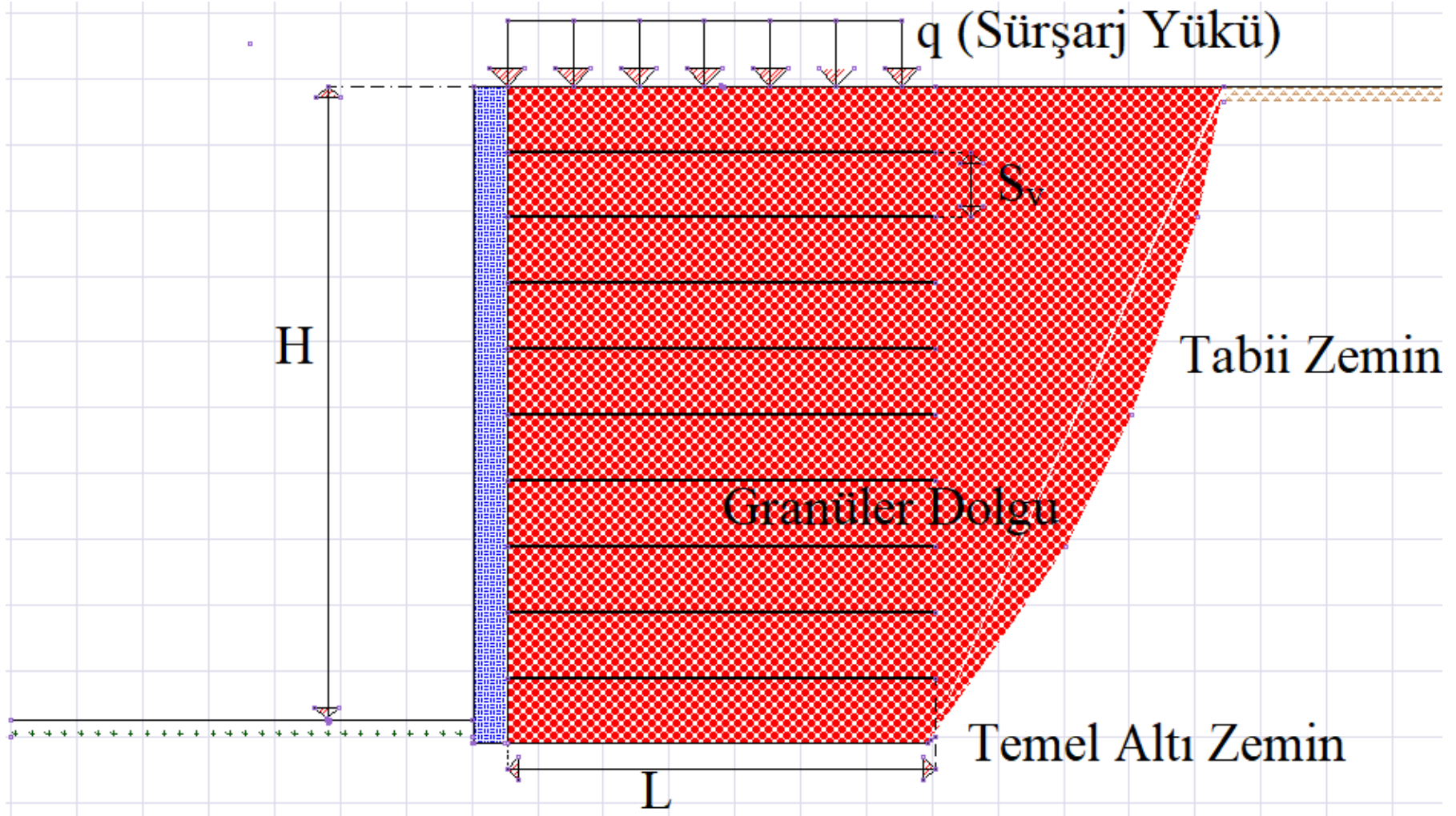
Şekil 10. 4. Konsol istinat duvarı genel gösterim şeması ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut)

**Tablo 10. 7.** Konsol istinat duvarında uygulanacak duvar ebatları ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut)

H Duvar Yüksekliği (m)	A=0,3 (m)	B <sub>1</sub> = 0,1x H (m)	B <sub>2</sub> = A- B <sub>1</sub> (m)	B <sub>3</sub> =A (m)	B <sub>4</sub> =B <sub>toplam</sub> -(B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> ) (m)	B <sub>toplam</sub> = B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +B <sub>3</sub> +B <sub>4</sub> (m)	H <sub>temel</sub> =0,1xH (m)	H <sub>konsol</sub> =0,9x H (m)	H'= B <sub>4</sub> xcos $\alpha$ (m)	H <sub>toplam</sub> = H <sub>temel</sub> +H <sub>konsol</sub> +H' (m)	Don Derinliği (m)
4	0,30	0,4	0,1	0,3	1,47	2,27	0,4	3,6	0,48	4,48	0,5 - 1,00 - 1,50
5	0,30	0,5	0,2	0,3	1,84	2,84	0,5	4,5	0,60	5,60	
6	0,30	0,6	0,3	0,3	2,21	3,41	0,6	5,4	0,72	6,72	
7	0,30	0,7	0,4	0,3	2,58	3,98	0,7	6,3	0,84	7,84	
8	0,30	0,8	0,5	0,3	2,94	4,54	0,8	7,2	0,96	8,96	
9	0,30	0,9	0,6	0,3	3,31	5,11	0,9	8,1	1,08	10,08	
10	0,30	1	0,7	0,3	3,68	5,68	1	9	1,20	11,20	
11	0,30	1,1	0,8	0,3	4,05	6,25	1,1	9,9	1,32	12,32	
12	0,30	1,2	0,9	0,3	4,42	6,82	1,2	10,8	1,43	13,43	
13	0,30	1,3	1	0,3	4,78	7,38	1,3	11,7	1,55	14,55	
14	0,30	1,4	1,1	0,3	5,15	7,95	1,4	12,6	1,67	15,67	
15	0,30	1,5	1,2	0,3	5,52	8,52	1,5	13,5	1,79	16,79	
16	0,30	1,6	1,3	0,3	5,89	9,09	1,6	14,4	1,91	17,91	
17	0,30	1,7	1,4	0,3	6,25	9,65	1,7	15,3	2,03	19,03	
18	0,30	1,8	1,5	0,3	6,62	10,22	1,8	16,2	2,15	20,15	
19	0,30	1,9	1,6	0,3	6,99	10,79	1,9	17,1	2,27	21,27	

**Tablo 10. 8.** Konsol istinat duvar hesaplarında uygulanacak değerler ( $\alpha = 18^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut)

H Duvar Yüksek liği (m)	$\gamma_{\text{beton}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\eta$ ( $^\circ$ )	Sürşarj Yükü q (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{(\text{doygun})}$ granüler dolgu (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{granüler}}$ dolgu ( $^\circ$ )	$C_{\text{granüler}}$ dolgu (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{(\text{doygun})}$ Tabii Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Tabii}}$ Zemin ( $^\circ$ )	$C_{\text{Tabii}}$ Zemin (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{(\text{doygun})}$ Temel Altı Zemin (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Temel}}$ Altı Zemin ( $^\circ$ )	$C_{\text{Temel}}$ Altı Zemin (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{water}}$ (kN/m <sup>3</sup> )
4	24,00	20,20	0,00 - 5,00 - 10,00 - 15,00 - 20,00	21,00	35,00	3,00	22,00	30,00	3,00	21,50	30,00	5,00	9,81
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													



Şekil 10. 5. Donatılı zemin duvarının genel gösterim şeması

**Tablo 10. 9.** Donatılı zemin hesaplarında uygulanacak zemin değerleri ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil, Bütün  $S_h$  'lar için)

H Duvar Yüksekliği (m)	Sürşarj Yüğü q (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{granüler dolgu}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{granüler dolgu}}$ (°)	$C_{\text{granüler dolgu}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{Tabii Zemin}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Tabii Zemin}}$ (°)	$C_{\text{Tabii Zemin}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{Temel Altı Zemin}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_{\text{Temel Altı Zemin}}$ (°)	$C_{\text{Temel Altı Zemin}}$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	0,00 - 5,00 -10,00 - 15,00 - 20,00	20,00	35,00	3,00	21,00	30,00	3,00	20,50	30,00	5,00
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

**Tablo 10. 10.** Donatılı zemin hesaplarında uygulanacak şerit değerleri ( $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S. mevcut değil, bütün Sh 'lar için)

H Duvar Yükse kliği (m)	Servis Ömrü (Yıl)	$S_v$ Şeritler arası düşey mesafe (m)	$S_h$ Şeritler arası yatay mesafe (m)	G.S.B Kopmaya karşı güvenlik sayısı (Birimsiz)	G.S.P Çekmeye karşı güvenlik sayısı (Birimsiz)	W Şerit genişliği (m)	$F_y$ Şeridin kopmaya veya akmaya karşı dayanımı (kN/m <sup>2</sup> )	Korozyon (mm/ yıl)
1	50	0,75	0,25 – 0,50 – 0,75 – 1,00	3,00	3,00	0,05	510,00	0,01
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								

**Tablo 10. 11.** Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ )

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	7,13	6,35	5,92	5,64	5,45	5,31	5,20	5,12	5,05	4,99	4,94	4,90	4,86	4,83	4,81	4,78
	q = 5	5,87	5,52	5,31	5,16	5,05	4,97	4,91	4,86	4,82	4,78	4,75	4,73	4,70	4,68	4,67	4,65
	q = 10	5,07	4,93	4,84	4,78	4,73	4,69	4,66	4,64	4,61	4,60	4,58	4,57	4,56	4,55	4,54	4,53
	q = 15	4,51	4,49	4,48	4,47	4,46	4,45	4,44	4,44	4,44	4,43	4,43	4,43	4,42	4,42	4,42	4,42
	q = 20	4,10	4,15	4,18	4,21	4,23	4,24	4,26	4,27	4,28	4,28	4,29	4,30	4,30	4,31	4,31	4,31

**Tablo 10. 12.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 0,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,98	2,52	2,26	2,09	1,97	1,89	1,82	1,77	1,73	1,70	1,67	1,64	1,62	1,61	1,59	1,58
	q = 5	2,65	2,31	2,11	1,98	1,88	1,81	1,76	1,72	1,68	1,65	1,63	1,61	1,59	1,58	1,56	1,55
	q = 10	2,40	2,14	1,99	1,88	1,80	1,75	1,70	1,67	1,64	1,61	1,59	1,57	1,56	1,55	1,54	1,52
	q = 15	2,21	2,01	1,88	1,80	1,73	1,69	1,65	1,62	1,60	1,58	1,56	1,54	1,53	1,52	1,51	1,50
	q = 20	2,05	1,89	1,79	1,72	1,67	1,63	1,60	1,58	1,56	1,54	1,53	1,51	1,50	1,49	1,49	1,48

**Tablo 10. 13.** Taşıma kapasitesine karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 0,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	8,09	6,83	6,04	5,50	5,11	4,81	4,58	4,39	4,24	4,11	4,00	3,91	3,83	3,75	3,69	3,64
	q = 5	6,67	5,84	5,29	4,90	4,62	4,39	4,22	4,07	3,95	3,85	3,77	3,69	3,63	3,57	3,52	3,48
	q = 10	5,62	5,06	4,68	4,41	4,20	4,03	3,90	3,79	3,70	3,62	3,56	3,50	3,45	3,40	3,36	3,33
	q = 15	4,81	4,44	4,18	3,98	3,83	3,72	3,62	3,54	3,47	3,41	3,36	3,32	3,28	3,25	3,22	3,19
	q = 20	4,18	3,93	3,76	3,62	3,52	3,44	3,37	3,31	3,26	3,22	3,19	3,16	3,13	3,10	3,08	3,06

**Tablo 10. 14.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	4,03	3,19	2,73	2,45	2,26	2,12	2,02	1,94	1,88	1,83	1,78	1,75	1,72	1,69	1,67	1,65
	q = 5	3,56	2,91	2,54	2,31	2,15	2,03	1,95	1,88	1,82	1,78	1,74	1,71	1,68	1,66	1,64	1,62
	q = 10	3,20	2,69	2,39	2,19	2,06	1,96	1,88	1,82	1,77	1,73	1,70	1,67	1,65	1,63	1,61	1,60
	q = 15	2,91	2,50	2,25	2,09	1,97	1,89	1,82	1,77	1,73	1,69	1,66	1,64	1,62	1,60	1,59	1,57
	q = 20	2,69	2,35	2,14	2,00	1,90	1,82	1,77	1,72	1,68	1,65	1,63	1,61	1,59	1,57	1,56	1,55

**Tablo 10. 15.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	10,38	8,54	7,40	6,62	6,07	5,65	5,32	5,05	4,84	4,66	4,51	4,38	4,26	4,16	4,08	4,00
	q = 5	8,66	7,37	6,53	5,94	5,51	5,18	4,92	4,70	4,53	4,38	4,25	4,15	4,05	3,97	3,89	3,83
	q = 10	7,36	6,44	5,81	5,37	5,03	4,77	4,56	4,39	4,25	4,13	4,02	3,93	3,86	3,79	3,73	3,67
	q = 15	6,37	5,69	5,22	4,88	4,62	4,41	4,25	4,11	4,00	3,90	3,81	3,74	3,68	3,62	3,57	3,52
	q = 20	5,58	5,07	4,72	4,46	4,26	4,10	3,97	3,86	3,77	3,69	3,62	3,56	3,51	3,46	3,42	3,38

**Tablo 10. 16.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	5,44	4,08	3,36	2,91	2,62	2,42	2,27	2,15	2,06	1,99	1,93	1,88	1,83	1,80	1,77	1,74
	q = 5	4,77	3,71	3,11	2,74	2,49	2,31	2,18	2,08	2,00	1,93	1,88	1,83	1,79	1,76	1,73	1,71
	q = 10	4,27	3,41	2,91	2,59	2,38	2,22	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79	1,76	1,73	1,70	1,68
	q = 15	3,87	3,16	2,74	2,46	2,28	2,14	2,03	1,95	1,89	1,84	1,79	1,75	1,72	1,70	1,67	1,65
	q = 20	3,55	2,95	2,59	2,35	2,18	2,06	1,97	1,90	1,84	1,79	1,75	1,72	1,69	1,67	1,65	1,63

**Tablo 10. 17.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN/m <sup>2</sup> )	q = 0	12,85	10,37	8,84	7,81	7,02	6,52	6,08	5,74	5,46	5,22	5,03	4,86	4,71	4,58	4,47	4,37
	q = 5	10,81	9,00	7,84	7,03	6,45	6,00	5,64	5,36	5,12	4,92	4,75	4,61	4,48	4,37	4,27	4,19
	q = 10	9,26	7,91	7,01	6,38	5,91	5,54	5,25	5,01	4,81	4,65	4,50	4,38	4,27	4,18	4,09	4,02
	q = 15	8,06	7,03	6,33	5,82	5,44	5,14	4,90	4,70	4,54	4,40	4,28	4,17	4,08	4,00	3,93	3,86
	q = 20	7,10	6,30	5,75	5,34	5,03	4,79	4,59	4,42	4,29	4,17	4,07	3,98	3,90	3,83	3,77	3,71

**Tablo 10. 18.** Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil  $\alpha = 18^\circ$ )

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN/m <sup>2</sup> )	q = 0	3,86	3,53	3,33	3,21	3,12	3,06	3,01	2,97	2,93	2,91	2,88	2,86	2,85	2,83	2,82	2,81
	q = 5	3,32	3,16	3,06	2,99	2,94	2,90	2,87	2,85	2,83	2,81	2,80	2,78	2,77	2,76	2,75	2,75
	q = 10	2,95	2,89	2,84	2,81	2,79	2,77	2,75	2,74	2,73	2,72	2,71	2,71	2,70	2,70	2,69	2,69
	q = 15	2,69	2,68	2,67	2,66	2,66	2,65	2,65	2,65	2,65	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
	q = 20	2,48	2,51	2,52	2,54	2,55	2,55	2,56	2,56	2,57	2,57	2,57	2,57	2,58	2,58	2,58	2,58

**Tablo 10. 19.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 0,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,20	1,86	1,67	1,55	1,47	1,41	1,36	1,32	1,29	1,27	1,25	1,23	1,22	1,20	1,19	1,18
	q = 5	1,99	1,74	1,58	1,48	1,41	1,36	1,32	1,29	1,26	1,24	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,17
	q = 10	1,83	1,63	1,51	1,42	1,36	1,32	1,29	1,26	1,24	1,22	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15
	q = 15	1,70	1,54	1,44	1,37	1,32	1,28	1,25	1,23	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,14
	q = 20	1,60	1,46	1,38	1,32	1,28	1,25	1,22	1,20	1,19	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,13	1,12

**Tablo 10. 20.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 0,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	4,86	3,90	3,32	2,94	2,67	2,47	2,32	2,19	2,09	2,01	1,94	1,88	1,82	1,78	1,74	1,70
	q = 5	3,90	3,27	2,87	2,60	2,39	2,24	2,12	2,02	1,94	1,88	1,82	1,77	1,73	1,69	1,66	1,63
	q = 10	3,22	2,80	2,52	2,31	2,16	2,05	1,95	1,87	1,81	1,76	1,71	1,67	1,64	1,61	1,58	1,55
	q = 15	2,73	2,43	2,23	2,08	1,97	1,88	1,80	1,74	1,69	1,65	1,61	1,58	1,55	1,53	1,51	1,49
	q = 20	2,35	2,15	2,00	1,89	1,80	1,73	1,68	1,63	1,59	1,56	1,53	1,50	1,48	1,46	1,44	1,42

**Tablo 10. 21.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	3,04	2,41	2,07	1,85	1,70	1,60	1,52	1,46	1,42	1,38	1,35	1,32	1,30	1,28	1,26	1,24
	q = 5	2,74	2,23	1,95	1,76	1,64	1,55	1,48	1,42	1,38	1,35	1,32	1,29	1,27	1,26	1,24	1,23
	q = 10	2,50	2,08	1,84	1,68	1,58	1,50	1,44	1,39	1,35	1,32	1,29	1,27	1,25	1,24	1,22	1,21
	q = 15	2,30	1,96	1,75	1,62	1,52	1,45	1,40	1,35	1,32	1,29	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,19
	q = 20	2,14	1,85	1,67	1,56	1,47	1,41	1,36	1,32	1,29	1,27	1,25	1,23	1,21	1,20	1,19	1,18

**Tablo 10. 22.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	6,64	5,19	4,33	3,76	3,36	3,07	2,84	2,66	2,51	2,39	2,29	2,20	2,13	2,06	2,00	1,95
	q = 5	5,40	4,40	3,77	3,34	3,03	2,80	2,61	2,46	2,34	2,24	2,15	2,08	2,02	1,96	1,91	1,87
	q = 10	4,51	3,80	3,33	3,00	2,75	2,56	2,41	2,29	2,19	2,11	2,03	1,97	1,92	1,87	1,82	1,79
	q = 15	3,86	3,33	2,97	2,71	2,52	2,36	2,24	2,14	2,05	1,98	1,92	1,87	1,82	1,78	1,74	1,71
	q = 20	3,36	2,96	2,68	2,47	2,31	2,19	2,09	2,00	1,93	1,87	1,82	1,78	1,74	1,70	1,67	1,64

**Tablo 10. 23.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	4,19	3,14	2,58	2,23	2,01	1,85	1,73	1,64	1,57	1,51	1,46	1,42	1,39	1,36	1,34	1,32
	q = 5	3,74	2,89	2,42	2,12	1,92	1,78	1,67	1,59	1,53	1,48	1,43	1,40	1,37	1,34	1,32	1,30
	q = 10	3,40	2,69	2,28	2,02	1,85	1,72	1,62	1,55	1,49	1,44	1,40	1,37	1,34	1,32	1,30	1,28
	q = 15	3,11	2,51	2,16	1,93	1,78	1,66	1,58	1,51	1,46	1,41	1,38	1,35	1,32	1,30	1,28	1,26
	q = 20	2,88	2,37	2,06	1,86	1,72	1,61	1,53	1,47	1,42	1,38	1,35	1,32	1,30	1,28	1,26	1,25

**Tablo 10. 24.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut değil,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği = 1,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	8,59	6,59	5,41	4,64	4,10	3,70	3,39	3,15	2,95	2,79	2,65	2,54	2,44	2,35	2,28	2,21
	q = 5	7,05	5,62	4,74	4,14	3,71	3,38	3,13	2,92	2,76	2,62	2,50	2,40	2,32	2,24	2,17	2,11
	q = 10	5,94	4,89	4,20	3,73	3,38	3,11	2,90	2,73	2,59	2,47	2,37	2,28	2,20	2,14	2,08	2,03
	q = 15	5,12	4,31	3,77	3,39	3,10	2,88	2,70	2,55	2,43	2,33	2,24	2,17	2,10	2,04	1,99	1,94
	q = 20	4,49	3,85	3,41	3,10	2,86	2,67	2,52	2,40	2,29	2,20	2,13	2,06	2,00	1,95	1,91	1,87

**Tablo 10. 25.** Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ )

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,90	2,76	2,67	2,62	2,57	2,54	2,52	2,50	2,48	2,47	2,45	2,44	2,43	2,43	2,42	2,41
	q = 5	2,75	2,66	2,60	2,55	2,52	2,50	2,48	2,46	2,45	2,44	2,43	2,42	2,41	2,40	2,40	2,39
	q = 10	2,63	2,57	2,53	2,49	2,47	2,45	2,44	2,43	2,42	2,41	2,40	2,39	2,39	2,38	2,38	2,38
	q = 15	2,53	2,49	2,46	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,39	2,38	2,38	2,37	2,37	2,36	2,36	2,36
	q = 20	2,45	2,43	2,41	2,40	2,39	2,38	2,37	2,37	2,36	2,36	2,35	2,35	2,35	2,35	2,34	2,34

**Tablo 10. 26.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. Mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ , Don Derinliği = 0,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,25	1,11	1,02	0,96	0,92	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78
	q = 5	1,21	1,08	1,00	0,95	0,91	0,88	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78
	q = 10	1,17	1,05	0,98	0,94	0,90	0,87	0,85	0,84	0,83	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77
	q = 15	1,14	1,03	0,97	0,92	0,89	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77
	q = 20	1,11	1,01	0,95	0,91	0,88	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77

**Tablo 10. 27.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 0,5 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,62	1,30	1,11	0,98	0,88	0,81	0,75	0,71	0,67	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,54	0,53
	q = 5	1,48	1,21	1,04	0,93	0,84	0,78	0,73	0,69	0,65	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,53	0,52
	q = 10	1,36	1,13	0,99	0,88	0,81	0,75	0,70	0,67	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53	0,52	0,51
	q = 15	1,26	1,07	0,94	0,85	0,78	0,72	0,68	0,65	0,62	0,59	0,57	0,55	0,54	0,52	0,51	0,50
	q = 20	1,17	1,00	0,89	0,81	0,75	0,70	0,66	0,63	0,60	0,58	0,56	0,54	0,53	0,51	0,50	0,49

**Tablo 10. 28.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. Mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,61	1,34	1,19	1,09	1,03	0,98	0,94	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81
	q = 5	1,54	1,30	1,16	1,07	1,01	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80
	q = 10	1,48	1,27	1,14	1,06	1,00	0,96	0,92	0,90	0,88	0,86	0,85	0,83	0,82	0,82	0,81	0,80
	q = 15	1,43	1,24	1,12	1,04	0,99	0,95	0,92	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80
	q = 20	1,38	1,21	1,10	1,03	0,97	0,94	0,91	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,80

**Tablo 10. 29.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,00 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,22	1,75	1,46	1,27	1,13	1,02	0,94	0,88	0,82	0,78	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62
	q = 5	2,04	1,63	1,38	1,21	1,08	0,99	0,91	0,85	0,80	0,76	0,73	0,70	0,67	0,65	0,63	0,61
	q = 10	1,88	1,53	1,31	1,15	1,04	0,95	0,88	0,83	0,78	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63	0,61	0,60
	q = 15	1,74	1,44	1,24	1,10	1,00	0,92	0,85	0,80	0,76	0,72	0,69	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59
	q = 20	1,62	1,36	1,18	1,06	0,96	0,89	0,83	0,78	0,74	0,71	0,68	0,65	0,63	0,61	0,59	0,58

**Tablo 10. 30.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ , Don Derinliği = 1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,08	1,65	1,41	1,26	1,16	1,09	1,03	0,99	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
	q = 5	1,98	1,59	1,37	1,23	1,14	1,07	1,02	0,98	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
	q = 10	1,90	1,54	1,34	1,21	1,12	1,06	1,01	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83
	q = 15	1,82	1,50	1,31	1,19	1,11	1,04	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83
	q = 20	1,75	1,46	1,28	1,17	1,09	1,03	0,99	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83

**Tablo 10. 31.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. Mevcut,  $\alpha = 0^\circ$ , don derinliği = 1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,89	2,24	1,84	1,58	1,39	1,25	1,14	1,06	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71
	q = 5	2,65	2,09	1,74	1,51	1,33	1,21	1,10	1,02	0,96	0,90	0,86	0,82	0,78	0,75	0,72	0,70
	q = 10	2,45	1,96	1,65	1,44	1,28	1,16	1,07	0,99	0,93	0,88	0,84	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69
	q = 15	2,28	1,85	1,57	1,38	1,23	1,12	1,04	0,97	0,91	0,86	0,82	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68
	q = 20	2,13	1,75	1,50	1,32	1,19	1,09	1,01	0,94	0,89	0,84	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67

**Tablo 10. 32.** Devrilmeye karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ )

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,23	2,13	2,07	2,03	2,00	1,98	1,96	1,95	1,94	1,93	1,92	1,91	1,91	1,90	1,89	1,89
	q = 5	2,11	2,04	2,00	1,98	1,96	1,94	1,93	1,92	1,91	1,90	1,89	1,89	1,88	1,88	1,88	1,87
	q = 10	2,01	1,97	1,94	1,93	1,91	1,90	1,89	1,89	1,88	1,88	1,87	1,87	1,86	1,86	1,86	1,86
	q = 15	1,92	1,90	1,89	1,88	1,87	1,87	1,86	1,86	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,84	1,84	1,84
	q = 20	1,85	1,85	1,84	1,84	1,84	1,84	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83

**Tablo 10. 33.**Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =0,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,11	0,98	0,91	0,86	0,82	0,80	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70
	q = 5	1,07	0,96	0,89	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70
	q = 10	1,04	0,93	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69
	q = 15	1,01	0,91	0,86	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69
	q = 20	0,98	0,90	0,85	0,81	0,78	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69	0,69

**Tablo 10. 34.** Taşımaya Karşı Güvenlik Sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =0,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,20	0,96	0,81	0,71	0,64	0,58	0,54	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38
	q = 5	1,08	0,88	0,75	0,67	0,61	0,56	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37
	q = 10	0,98	0,82	0,71	0,63	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36
	q = 15	0,90	0,76	0,67	0,60	0,55	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,41	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36
	q = 20	0,83	0,71	0,63	0,57	0,53	0,49	0,47	0,44	0,43	0,41	0,40	0,38	0,37	0,36	0,36	0,35

**Tablo 10. 35.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =1,00 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,44	1,20	1,06	0,98	0,92	0,88	0,84	0,82	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,73
	q = 5	1,38	1,16	1,04	0,96	0,91	0,87	0,84	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72
	q = 10	1,33	1,13	1,02	0,94	0,89	0,86	0,83	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
	q = 15	1,28	1,10	1,00	0,93	0,88	0,85	0,82	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,72
	q = 20	1,24	1,08	0,98	0,92	0,87	0,84	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71

**Tablo 10. 36.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ , Don derinliği =1,00 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,69	1,31	1,09	0,93	0,83	0,75	0,69	0,64	0,60	0,57	0,54	0,51	0,49	0,48	0,46	0,45
	q = 5	1,53	1,21	1,02	0,88	0,79	0,72	0,66	0,62	0,58	0,55	0,52	0,50	0,48	0,46	0,45	0,44
	q = 10	1,39	1,12	0,96	0,84	0,75	0,69	0,64	0,60	0,56	0,53	0,51	0,49	0,47	0,45	0,44	0,43
	q = 15	1,28	1,05	0,90	0,80	0,72	0,66	0,61	0,58	0,55	0,52	0,50	0,48	0,46	0,45	0,43	0,42
	q = 20	1,18	0,98	0,85	0,76	0,69	0,64	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,47	0,45	0,44	0,42	0,41

**Tablo 10. 37.** Kaymaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	1,88	1,49	1,27	1,13	1,04	0,98	0,93	0,89	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76
	q = 5	1,79	1,44	1,24	1,11	1,02	0,96	0,92	0,88	0,85	0,83	0,81	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75
	q = 10	1,71	1,39	1,21	1,09	1,01	0,95	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
	q = 15	1,64	1,35	1,18	1,07	0,99	0,94	0,90	0,87	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,75
	q = 20	1,58	1,31	1,15	1,05	0,98	0,93	0,89	0,86	0,83	0,81	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74

**Tablo 10. 38.** Taşımaya karşı güvenlik sayısı (Y.A.S.S. mevcut,  $\alpha = 18^\circ$ , don derinliği =1,50 m)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)															
		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,24	1,71	1,39	1,18	1,03	0,92	0,84	0,77	0,72	0,68	0,64	0,61	0,58	0,56	0,54	0,52
	q = 5	2,03	1,58	1,30	1,12	0,98	0,89	0,81	0,75	0,70	0,66	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52	0,51
	q = 10	1,85	1,47	1,23	1,06	0,94	0,85	0,78	0,72	0,68	0,64	0,61	0,58	0,55	0,53	0,51	0,50
	q = 15	1,71	1,37	1,16	1,01	0,90	0,82	0,75	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56	0,54	0,52	0,50	0,49
	q = 20	1,58	1,29	1,10	0,96	0,86	0,79	0,73	0,68	0,64	0,61	0,58	0,55	0,53	0,51	0,49	0,48

**Tablo 10. 39.** Donatılı Zemin İstinat Duvar Şerit Uzunlukları ( $S_h=0,25$  m,  $S_v=0,75$  m,  $\alpha=0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	2,02	3,56	4,42	5,11	5,73	6,32	6,89	7,44	7,99	8,54	9,07	9,61	10,14	10,68	11,21	11,74	12,26	12,79	13,32
	q = 5	2,43	3,67	4,47	5,14	5,75	6,33	6,90	7,45	8,00	8,54	9,08	9,61	10,15	10,68	11,21	11,74	12,27	12,79	13,32
	q = 10	2,70	3,76	4,51	5,16	5,77	6,34	6,91	7,46	8,00	8,55	9,08	9,62	10,15	10,68	11,21	11,74	12,27	12,79	13,32
	q = 15	2,89	3,83	4,55	5,19	5,78	6,36	6,91	7,47	8,01	8,55	9,09	9,62	10,15	10,68	11,21	11,74	12,27	12,80	13,32
	q =20	3,04	3,90	4,59	5,21	5,80	6,37	6,92	7,47	8,02	8,55	9,09	9,62	10,16	10,69	11,21	11,74	12,27	12,80	13,32

**Tablo 10. 40.** Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h=0,25$  m,  $S_v=0,75$  m,  $\alpha=0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN /m <sup>2</sup> )	q = 0	0,65	0,77	0,89	1,01	1,13	1,25	1,37	1,49	1,61	1,73	1,85	1,97	2,09	2,20	2,32	2,44	2,56	2,68	2,80
	q = 5	0,68	0,80	0,92	1,04	1,16	1,28	1,40	1,52	1,64	1,76	1,88	2,00	2,12	2,23	2,35	2,47	2,59	2,71	2,83
	q = 10	0,71	0,83	0,95	1,07	1,19	1,31	1,43	1,55	1,67	1,79	1,91	2,03	2,15	2,26	2,38	2,50	2,62	2,74	2,86
	q = 15	0,74	0,86	0,98	1,10	1,22	1,34	1,46	1,58	1,70	1,82	1,94	2,06	2,17	2,29	2,41	2,53	2,65	2,77	2,89
	q = 20	0,77	0,89	1,01	1,13	1,25	1,37	1,49	1,61	1,73	1,85	1,97	2,09	2,20	2,32	2,44	2,56	2,68	2,80	2,92

**Tablo 10. 41.** Donatılı zemin istinat duvar şerit uzunlukları ( $S_h = 0,50$  m,  $S_v = 0,75$  m,  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN/m <sup>2</sup> )	q = 0	3,52	6,07	7,27	8,13	8,86	9,51	10,13	10,72	11,30	11,87	12,42	12,97	13,52	14,06	14,60	15,14	15,68	16,21	16,74
	q = 5	4,33	6,30	7,38	8,19	8,89	9,54	10,15	10,74	11,31	11,88	12,43	12,98	13,53	14,07	14,61	15,15	15,68	16,21	16,75
	q = 10	4,87	6,48	7,47	8,24	8,93	9,56	10,17	10,75	11,32	11,89	12,44	12,99	13,53	14,07	14,61	15,15	15,68	16,22	16,75
	q = 15	5,26	6,63	7,54	8,29	8,96	9,59	10,19	10,77	11,33	11,89	12,45	12,99	13,54	14,08	14,62	15,15	15,69	16,22	16,75
	q = 20	5,55	6,75	7,61	8,34	8,99	9,61	10,20	10,78	11,35	11,90	12,45	13,00	13,54	14,08	14,62	15,16	15,69	16,22	16,75

**Tablo 10. 42.** Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,50$  m,  $S_v = 0,75$  m,  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN/m <sup>2</sup> )	q = 0	0,70	0,94	1,18	1,42	1,66	1,90	2,14	2,38	2,61	2,85	3,09	3,33	3,57	3,81	4,05	4,29	4,53	4,77	5,01
	q = 5	0,76	1,00	1,24	1,48	1,72	1,96	2,20	2,43	2,67	2,91	3,15	3,39	3,63	3,87	4,11	4,35	4,59	4,83	5,07
	q = 10	0,82	1,06	1,30	1,54	1,78	2,02	2,26	2,49	2,73	2,97	3,21	3,45	3,69	3,93	4,17	4,41	4,65	4,89	5,12
	q = 15	0,88	1,12	1,36	1,60	1,84	2,08	2,32	2,55	2,79	3,03	3,27	3,51	3,75	3,99	4,23	4,47	4,71	4,95	5,18
	q = 20	0,94	1,18	1,42	1,66	1,90	2,14	2,38	2,61	2,85	3,09	3,33	3,57	3,81	4,05	4,29	4,53	4,77	5,01	5,24

**Tablo 10. 43.**Donatılı zemin istinat duvar şerit uzunlukları ( $S_h = 0,75$  m,  $S_v = 0,75$  m,  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	5,01	8,59	10,13	11,16	11,98	12,71	13,37	14,00	14,61	15,20	15,77	16,34	16,90	17,45	18,00	18,55	19,09	19,63	20,17
	q = 5	6,23	8,93	10,28	11,25	12,04	12,75	13,40	14,03	14,63	15,21	15,78	16,35	16,91	17,46	18,01	18,55	19,10	19,64	20,17
	q = 10	7,05	9,20	10,42	11,33	12,09	12,78	13,43	14,05	14,64	15,23	15,80	16,36	16,92	17,47	18,02	18,56	19,10	19,64	20,18
	q = 15	7,63	9,42	10,53	11,40	12,14	12,82	13,46	14,07	14,66	15,24	15,81	16,37	16,92	17,48	18,02	18,57	19,11	19,65	20,18
	q = 20	8,07	9,61	10,64	11,46	12,19	12,85	13,48	14,09	14,68	15,25	15,82	16,38	16,93	17,48	18,03	18,57	19,11	19,65	20,19

**Tablo 10. 44.** Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 0,75$  m,  $S_v = 0,75$  m,  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN / m <sup>2</sup> )	q = 0	0,75	1,11	1,47	1,83	2,19	2,55	2,90	3,26	3,62	3,98	4,34	4,70	5,06	5,41	5,77	6,13	6,49	6,85	7,21
	q = 5	0,84	1,20	1,56	1,92	2,28	2,63	2,99	3,35	3,71	4,07	4,43	4,79	5,15	5,50	5,86	6,22	6,58	6,94	7,30
	q = 10	0,93	1,29	1,65	2,01	2,37	2,72	3,08	3,44	3,80	4,16	4,52	4,88	5,24	5,59	5,95	6,31	6,67	7,03	7,39
	q = 15	1,02	1,38	1,74	2,10	2,46	2,81	3,17	3,53	3,89	4,25	4,61	4,97	5,32	5,68	6,04	6,40	6,76	7,12	7,48
	q = 20	1,11	1,47	1,83	2,19	2,55	2,90	3,26	3,62	3,98	4,34	4,70	5,06	5,41	5,77	6,13	6,49	6,85	7,21	7,57

**Tablo 10. 45.** Donatılı zemin istinat duvar şerit uzunlukları ( $S_h = 1,00$  m,  $S_v = 0,75$  m,  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN/m <sup>2</sup> )	q = 0	6,51	11,10	12,98	14,18	15,11	15,90	16,62	17,28	17,92	18,53	19,12	19,70	20,28	20,84	21,40	21,96	22,51	23,05	23,60
	q = 5	8,14	11,56	13,19	14,30	15,19	15,96	16,66	17,31	17,94	18,55	19,14	19,72	20,29	20,85	21,41	21,96	22,51	23,06	23,60
	q = 10	9,22	11,92	13,37	14,41	15,26	16,01	16,69	17,34	17,96	18,56	19,15	19,73	20,30	20,86	21,42	21,97	22,52	23,06	23,61
	q = 15	10,00	12,21	13,52	14,50	15,32	16,05	16,73	17,37	17,98	18,58	19,17	19,74	20,31	20,87	21,43	21,98	22,53	23,07	23,61
	q = 20	10,58	12,46	13,66	14,59	15,38	16,09	16,76	17,39	18,01	18,60	19,18	19,76	20,32	20,88	21,43	21,98	22,53	23,08	23,62

**Tablo 10. 46.** Donatılı zemin istinat duvar şerit kalınlıkları ( $S_h = 1,00$  m,  $S_v = 0,75$  m,  $\alpha = 0^\circ$ , Y.A.S.S mevcut değil)

		DUVAR YÜKSEKLİĞİ, H (m)																		
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
SÜRŞARJ YÜKÜ (kN/m <sup>2</sup> )	q = 0	0,80	1,28	1,76	2,24	2,72	3,19	3,67	4,15	4,63	5,11	5,58	6,06	6,54	7,02	7,50	7,98	8,45	8,93	9,41
	q = 5	0,92	1,40	1,88	2,36	2,84	3,31	3,79	4,27	4,75	5,23	5,70	6,18	6,66	7,14	7,62	8,10	8,57	9,05	9,53
	q = 10	1,04	1,52	2,00	2,48	2,95	3,43	3,91	4,39	4,87	5,35	5,82	6,30	6,78	7,26	7,74	8,21	8,69	9,17	9,65
	q = 15	1,16	1,64	2,12	2,60	3,07	3,55	4,03	4,51	4,99	5,47	5,94	6,42	6,90	7,38	7,86	8,33	8,81	9,29	9,77
	q = 20	1,28	1,76	2,24	2,72	3,19	3,67	4,15	4,63	5,11	5,58	6,06	6,54	7,02	7,50	7,98	8,45	8,93	9,41	9,89