

Konsol İstinat Duvarında Çeşitli Parametrelerin Tasarıma Etkisinin İncelenmesi

Engin BİNİCİ^a

^a Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi

Özet:

Yol kenarlarında, dere kenarlarında ve şevli arazide toprağın kaymasını veya suyun zemini aşındırmasını önlemek amacı ile yapılan duvarlara istinat duvarları denir. Tabii zeminler ile toprak, kum, çakıl gibi malzemelerden oluşan dolgu zeminler; uygun şev açlarına sahip değilse dengede duramayıp göçebilirler. Göçme; uygun şev açları veya istinat duvarı ile engellenebilir.

İstinat duvarları, ulaşım sistemlerinin yarma ve dolgularında köprü kenar ayaklarında, bodrum kat duvarlarında, heyelan ve taşkın önleme bölgelerinde, rıhtım duvarlarında, kömür ve maden cevheri gibi malzemelerin tutulması gibi sahalarda kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada çeşitli parametrelerin konsol istinat duvarları tasarımına etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde; kayma ve dönmeye karşı güvenli bir tasarım için gereken taban genişliği artan duvar yüksekliği ve artan dolgu birim hacim ağırlığı ile ciddi bir şekilde artmaktadır. Duvar ve taban kalınlıklarının etkisinin oldukça az olduğu ve artan birim hacim ağırlıkla bu etkinin ortadan kalktığı görülmüştür. Artan dolgu içsel sürtünme açısı beklendiği gibi tasarımda gereken taban genişliğini azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İstinat Duvarı; Kayma; Göçme; Taban genişliği; Dolgu ağırlığı

Parametric Study of Cantilever Retaining Walls

Engin BİNİCİ

Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering, Erzurum Technical University

Abstract:

Retaining walls are mainly used in order to prevent slope instabilities and soil erosion. If soil or fill material stands with an unstable slope angle, there may be instabilities and shear failures. This situation can be prevented with retaining walls.

Retaining walls are commonly used along road cuts/fills, in bridge abutments, in basement of buildings, at landslide, flood and mining areas.

In this paper, the effect of some parameters to cantilever retaining walls are studied. With this study it is observed that the length of base required to have adequate factor of safety against sliding and overturning increases considerably as height of wall and unit weight of backfill increases. It is also seen that the effect of wall thickness is very small and with increasing unit weight of backfill there is no effect of wall thickness. Increasing friction angle of fill material decreases the required length of base as expected.

Keywords: Retaining wall; Sliding ; Shear Failure; Length of Base , Unit weight of backfill,

1. Giriş

Semboller	
γ_{beton}	Beton birim hacim ağırlığı(kN/m ³)
γ	Dolgu birim hacim ağırlığı (kN/m ³)
H	İstinat duvarı yüksekliği (m)
t ₁	İstinat duvarı gövde kalınlığı (m)
t ₂	İstinat duvarı taban kalınlığı (m)
ϕ	Zemin içsel sürtünme açısı (°)
L	İstinat duvarı taban genişliği (m)
K _a	Aktif toprak basıncı katsayısı
W _{zemin}	İstinat duvarına üstündeki zemin ağırlığı (kN)
W ₁	İstinat duvarı gövde ağırlığı (kN)
W ₂	İstinat duvarı taban ağırlığı (kN)
W ₃	İstinat duvarı taban ağırlığı (kN)
F	İstinat duvarına etki eden itki kuvveti (kN)
GS _{dönme}	Dönmeye karşı güvenlik sayısı
GS _{kayma}	Kaymaya karşı güvenlik sayısı
M _r	Karşı koyan ağırlıkların taban uç noktasında oluşturduğu moment (kNm)
M _d	İtke kuvvetinin taban uç noktasında oluşturduğu moment (kNm)
W _{toplam}	Toplam ağırlık (kN)

Yapıların çevresinin güvenliğinin sağlanması, düşey kazıların güvenliğinin sürekli ya da geçici sağlanması ve toprak basıncının karşılanması amacıyla oluşturulan dayanma yapıları binaların mühendisliği ile başlamıştır. Köprü ayakları gibi derin kazılar gerektiren çalışmalarda zemine iki sıra bambu kazıklar çakıp, su sızıntısını durdurmak için arayı kille doldurmak yönteminin Çin'de Han sülalesi zamanında uygulanmış bir destek sistemi olduğu bilinmektedir.

Orta çağdan başlayarak, derin siperlerin dayanma yapılarıyla desteklenmesi askeri mühendislerinin sürekli uğraştıkları bir konu olmuştur. Sonradan, su yapılarında yükseklikleri 10 metreyi geçen dayanma duvarlarının yapılması geoteknik mühendisliğinde standart uygulama haline

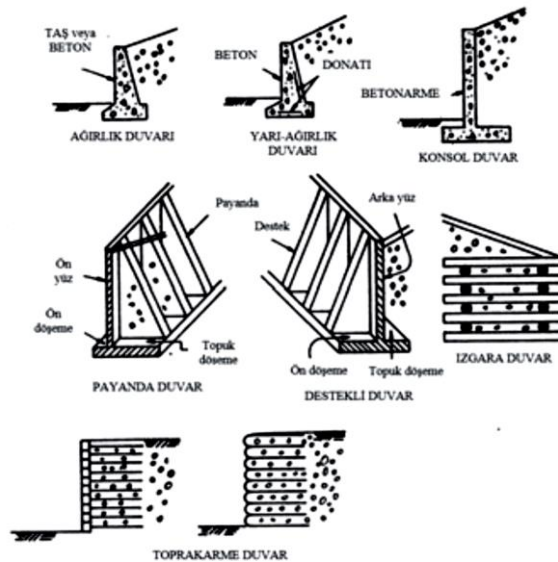
gelmiştir. Bu yapılarda beliren büyük toprak basınçları, problemlerin bilimsel yöntemlerle çözümlenmesini kaçınılmaz hale getirdiğinden XVIII. Yüzyıldan başlayarak toprak basıncı teorilerinin geliştiği izlenmektedir. Bugün de geniş uygulaması süren Coulomb ve Rankine teorileri uzun bir geçmişe dayanmaktadır.

Genel tarifiyle istinat duvarı, zeminin seviye farklarının korunması için kullanılan bir yapıdır. Çimentonun endüstriye sunulmasıyla harçlı örme duvarlar, sonra da beton ve betonarme duvarların yapımına geçilmiştir.

İstinat duvarları (Şekil 1) arasında ağırlık ve konsol istinat duvarları sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tip istinat duvarlarında, yatay toprak basınçları ve bu basınçtan kaynaklanan kayma ve dönme, istinat duvarının ve duvarın üstünde bulunan dolgunun ağırlığı ile engellenir.

İstinat duvarları çok uzun zamandan beri çalışılan bir konudur. İstinat duvarlarında genellikle statik ve dinamik yüklerin etkisi çalışılmıştır (Bilgin, 2006). Başka bir çalışmada deprem bölgesi, dolgu ve temel zeminin özellikleri gibi parametrelerin etkisi çalışılmıştır (Yıldırım, 2014). Bu çalışmada, beş farklı duvar yüksekliğinde konsol istinat duvarı çözümünden yola çıkılarak, deprem etkileri altında çeşitli değişkenler dahilinde, elverişsiz stabilite tahkiklerinin ve kritik durumların belirlenebilmesi ve minimum duvar genişliğine göre yapılan tasarımın parametreler açısından detaylı incelenmesi yapılmıştır.

Yakın zaman önce farklı yükleme ve koşullar altında konsol istinat duvarı çalışılmıştır (Gölden, 2014). Bu çalışmada istinat duvarı analiz programı kullanılmış ve farklı yükleme ve koşulların perde yüksekliğinin çeşitli bölgelerinde, ön ve arka ampatmanlarda ki kesit tesirlerine etkileri incelenmiştir.

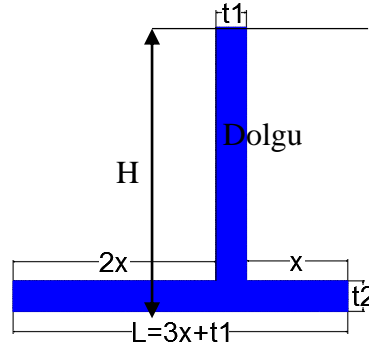


Şekil 1. Temel İstinat Duvarları

2. Yöntem

Bu çalışmada çeşitli parametrelerin konsol istinat duvarının tasarımına etkisi incelenmiştir. Çalışılan konsol istinat duvarı geometrisi Şekil 2’de gösterilmiştir. Dolgunun birim hacim ağırlığı (ϕ), istinat duvarı yüksekliği (H), zeminin içsel sürtünme açısı (ϕ) ve duvar kalınlıkları (t_1 ve t_2) Tablo 1’de gösterildiği gibi değiştirilmiş ve kaymaya ve dönmeye karşı güvenli bir tasarım için gereken istinat duvarı taban genişliği hesaplanmıştır.

Yapılan analizler ile değiştirilen bu parametrelerin, gerekli istinat duvarı taban genişliğine etkisi incelenmiştir.



Şekil 2. Konsol İstinat Duvarı Geometrisi

Yapılan analizlerde kaymaya karşı güvenlik 1,5; dönmeye karşı güvenlik 2,0 olarak alınmıştır. Analizlerde öncelikle diğer değişkenler (t_1, t_2, ϕ) sabit tutularak çeşitli birim hacim ağırlık ve duvar yükseklikleri için kaymaya ve dönmeye karşı belirtilen güvenlik için gereken taban genişlikleri (L) elde edilmiştir. Bu sayede çeşitli duvar yükseklikleri için dolgu birim hacim ağırlığının duvar tasarımına etkisi elde edilmiştir.

Tablo 1: Analizler Kullanılan Değişken Parametreler

γ (kN/m ³)	H(m)	ϕ°	t ₁	t ₂
2	5	35	0,5	0,5
5	10	40	1	1
10	15	-	-	-
20	-	-	-	-

Benzer şekilde, çeşitli duvar yükseklikleri için diğer parametrelerin (t₁, t₂, ϕ) değiştirilmesi ile gereken taban genişliği (L) hesaplanmış ve bu parametrelerin tasarıma etkisi elde edilmiştir.

3. Tasarım

Tasarımda; kaymaya karşı güvenlik ve dönmeye karşı güvenlik kontrol edilmiştir. Kaymaya karşı ve dönmeye karşı güvenlik kontrolü yapılırken kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

İstinat duvarında üzerindeki zeminin ağırlığı;

$$(1) W_{zemin} = 2x \cdot (H - t_2) \cdot \gamma$$

İstinat duvarı gövde ağırlığı;

$$(2) W_1 = \gamma_{beton} \cdot t_1 \cdot H$$

İstinat duvarı pabuç ağırlığı (sol kısım);

$$(3) W_2 = t_2 \cdot 2x \cdot \gamma_{beton}$$

İstinat duvarı pabuç ağırlığı (sağ kısım);

$$(4) W_3 = t_2 \cdot x \cdot \gamma_{\text{beton}}$$

Duvara etkiyen itki kuvveti (yatay toprak basıncı);

$$(5) F = 0,5 \cdot K_a \cdot H^2 \cdot \gamma$$

Aktif toprak basınç katsayısı;

$$(6) K_a = \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)}$$

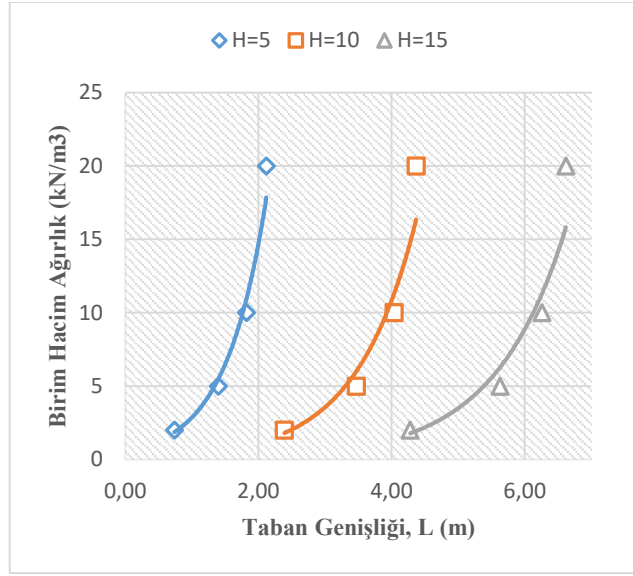
İstinat duvarı kontrollerinde kullanılan dönmeye ve kaymaya karşı güvenlik;

$$(7) GS_{\text{dönme}} = \frac{Mr}{Md} = \frac{W_1(x+0,5t_1) + W_2(2x+t_1) + W_3(0,5x) + W_{\text{zemin}}(2x+t_1)}{F(H/3)}$$

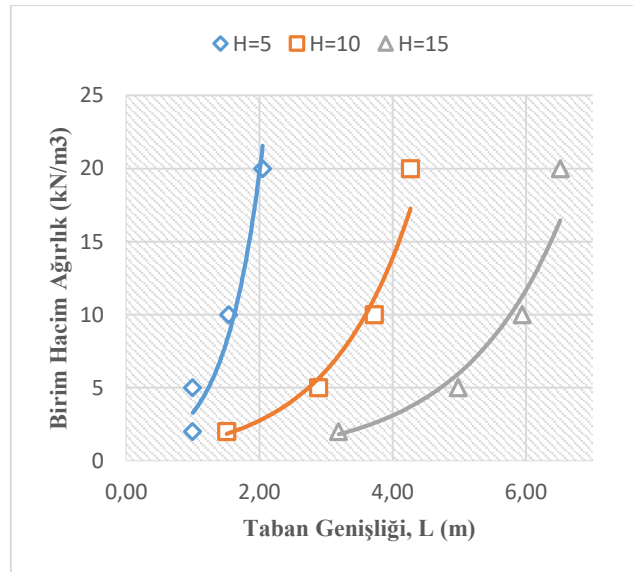
$$(8) GS_{\text{kayma}} = \frac{W_{\text{toplam}} \tan(\phi)}{F}$$

4. Çalışma Bulguları

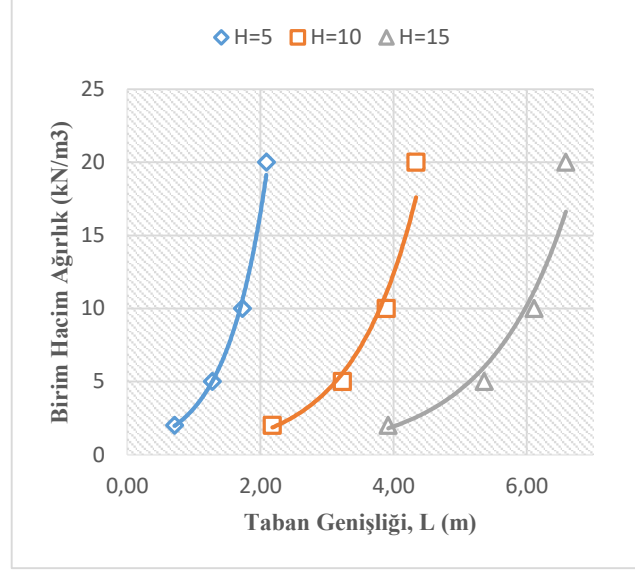
İlk olarak, sabit içsel sürtünme açısı ($\phi=35^\circ$) için, duvar kalınlıkları (t_1 ve t_2) değiştirilmiş ve değişik duvar yükseklikleri için birim hacim ağırlık ile taban genişliği ilişkisi saptanmıştır (Şekil 3). Belirli bir duvar yüksekliği (H) için birim hacim ağırlık arttıkça taban genişliği beklendiği gibi parabolik bir biçimde artmaktadır. Farklı yükseklikler için (H=5 m, H=10 m ve H=15 m) birim hacim ağırlık ve taban genişliği ilişkisi benzer olmakla birlikte daha yüksek duvarlar için etkinin daha belirgin olduğu görülmüştür. t_1 ve t_2 değerlerinin değiştirilmesi (0,5 ve 1) sonuçlarda ihmal edilebilecek derecede değişiklik meydana getirmiştir.



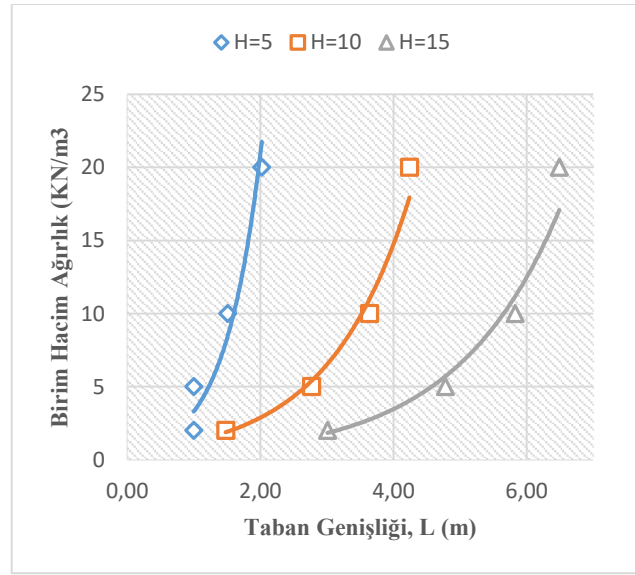
a) $t_1=0.5$; $t_2=0.5$; $\phi=35^\circ$



b) $t_1=1.0$; $t_2=0.5$; $\phi=35^\circ$



c) $t_1=0,5$; $t_2=1$; $\phi=35^\circ$



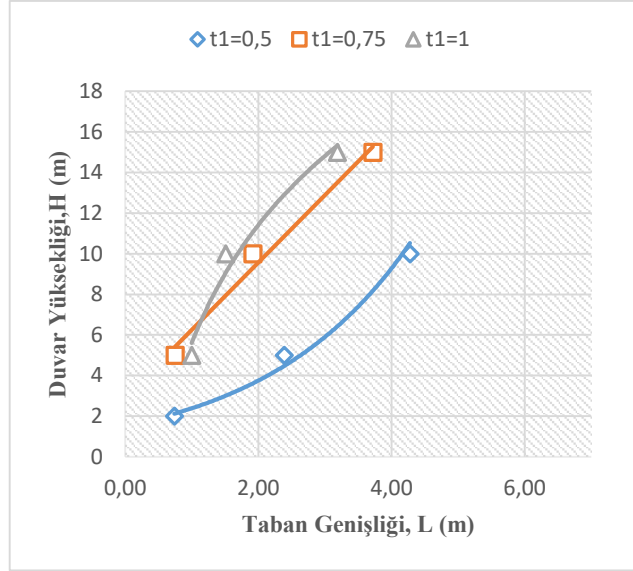
d) $t_1=1$; $t_2=1$; $\phi=35^\circ$

Şekil 3. Değişik Duvar Yükseklikleri için Birim Hacim Ağırlık-Taban Genişliği İlişkisi

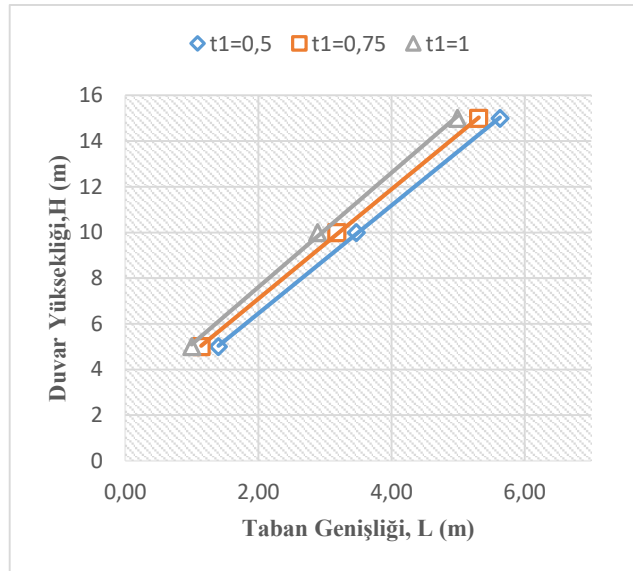
Sabit içsel sürtünme açısı ve taban kalınlığında ($\phi=35^\circ$, $t_2=0,5$) dolgu birim hacim ağırlığı değiştirilerek değişik duvar kalınlıklarında duvar yüksekliği taban genişliği ilişkisi incelenmiştir (Şekil 4).

Şekil 4'ten görüldüğü gibi duvar kalınlığının artması ile taban genişliği azalmaktadır. Ayrıca dolgu birim hacim ağırlığı arttıkça duvar kalınlığının etkisinin gittikçe azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi birim hacim ağırlık

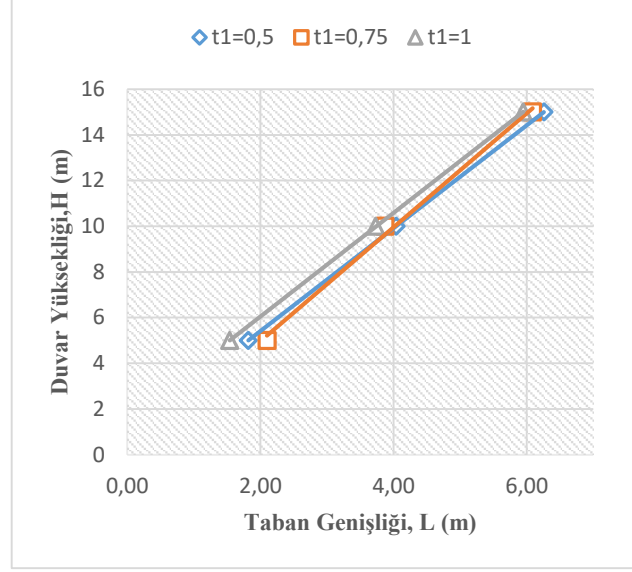
arttıkça kaymayı ve d6nmeyi engelleyen kuvvetlerin de artmasıdır. Dolgu birim hacim ağırlığının 20 kN/m^3 olması durumunda, taban genişliği etkisinin tamamen kaybolduğu gör6lmüştür (Şekil 4.d).



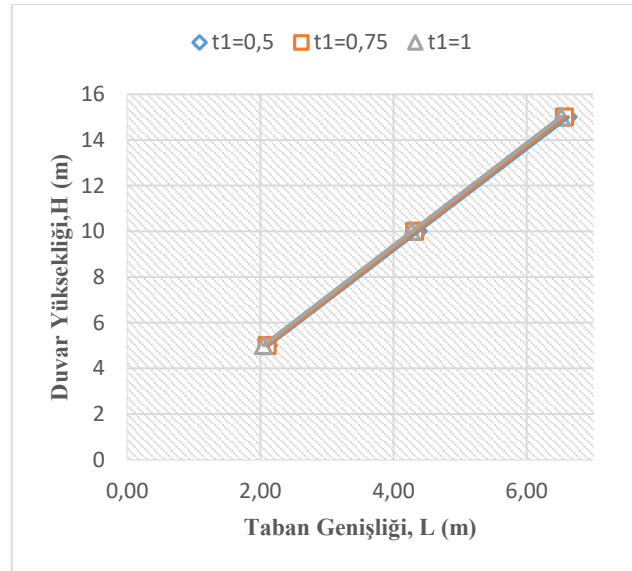
a) $\phi=2 \text{ kN/m}^3$ $t_2=0,5$; $\phi=35^\circ$



b) $\phi=5 \text{ kN/m}^3$ $t_2=0,5$; $\phi=35^\circ$



c) $\phi=10 \text{ kN/m}^3$ $t_2=0,5$; $\phi=35^\circ$



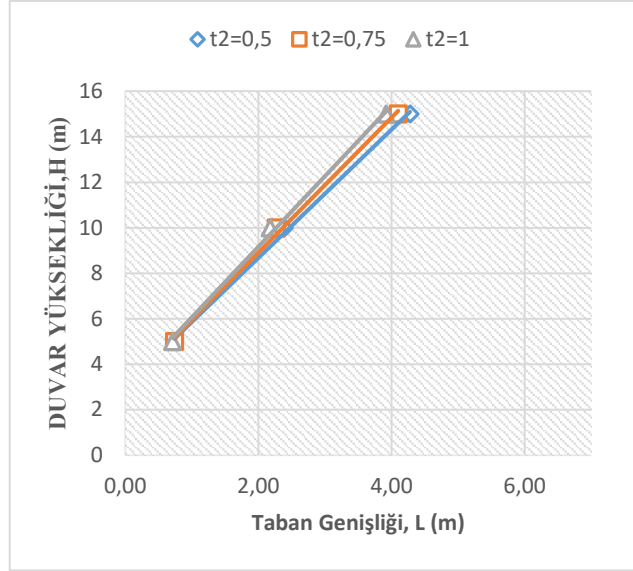
d) $\phi=20 \text{ kN/m}^3$ $t_2=0,5$; $\phi=35^\circ$

Şekil 4. Değişik Duvar Kalınlığı için Duvar Yüksekliği-Duvar Genişliği İlişkisi

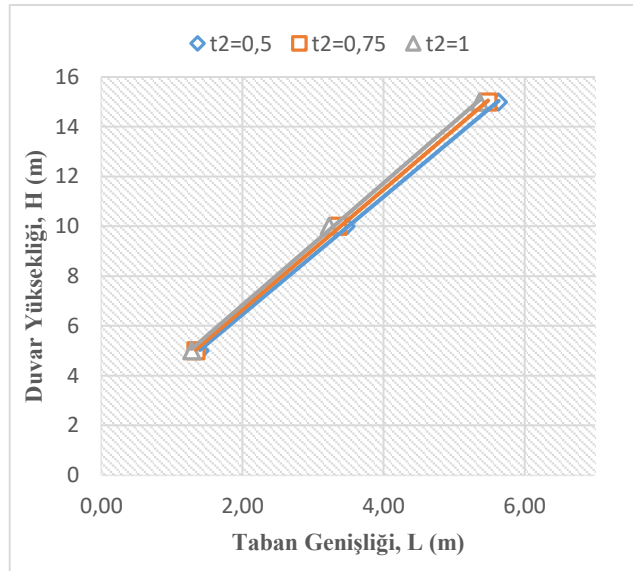
Sabit içsel sürtünme açısı ve gövde kalınlığında ($\phi=35^\circ$, $t_1=0,5$) dolgu birim hacim ağırlığı değiştirilerek değişik taban kalınlıklarında duvar yüksekliği taban genişliği ilişkisi incelenmiştir (Şekil 5).

Şekil 5 incelendiğinde taban kalınlığının artması ile taban genişliğinde çok ufak bir değişiklik görülmektedir ve bu ufak farklılık artan irim hacim ağırlıkları ile

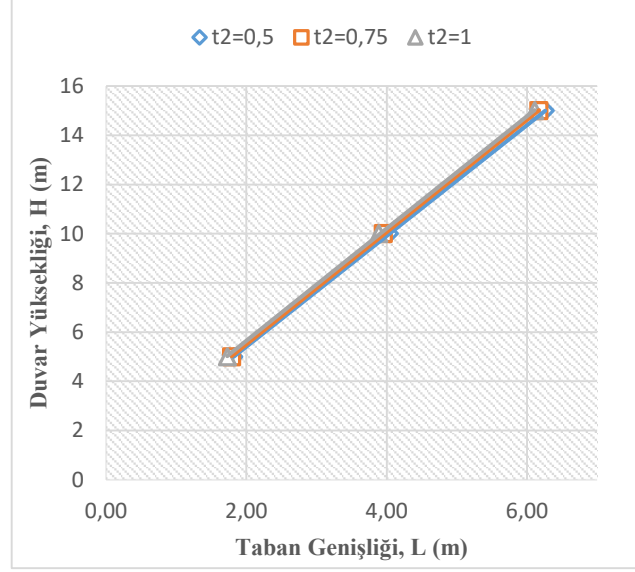
tamamen ortadan kalkmaktadır. Sonuç olarak, taban kalınlığının taban genişliği üzerindeki etkisi göz ardı edilebilecek derecede azdır.



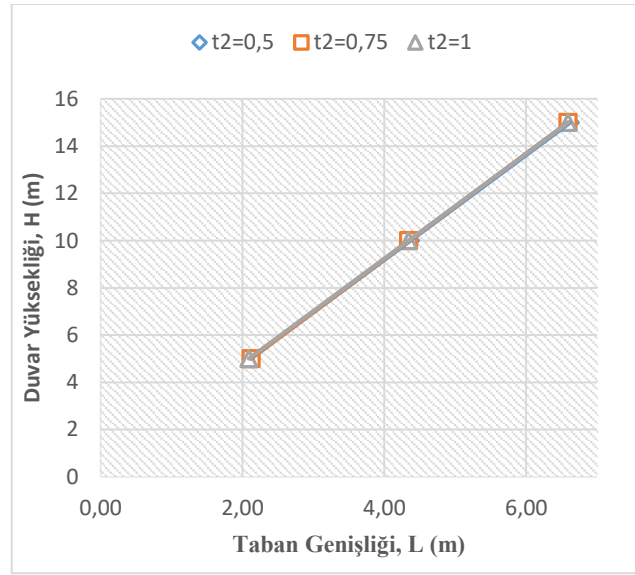
a) $\phi=2 \text{ kN/m}^3$ $t_1=0,5$; $\phi=35^\circ$



b) $\phi=5 \text{ kN/m}^3$ $t_1=0,5$; $\phi=35^\circ$



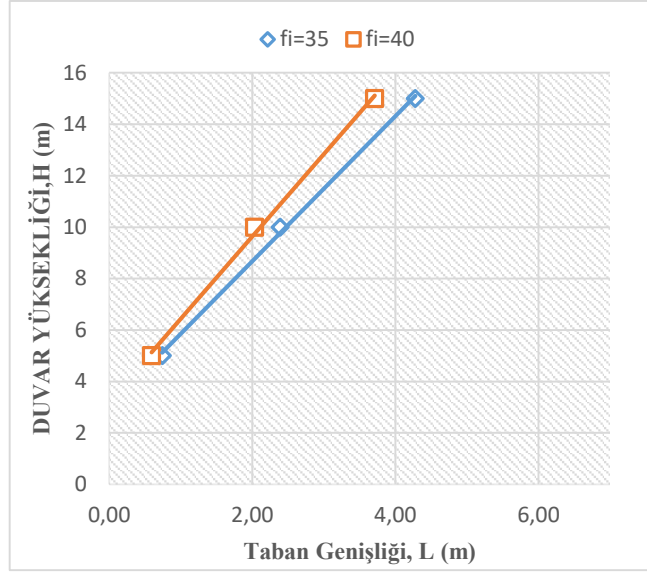
c) $\phi=10 \text{ kN/m}^3$ $t_1=0,5$; $\phi=35^\circ$



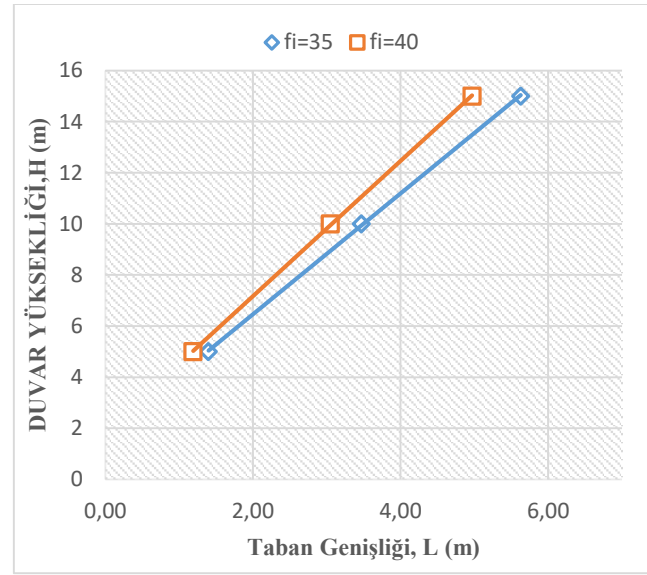
d) $\phi=20 \text{ kN/m}^3$ $t_1=0,5$; $\phi=35^\circ$

Şekil 5. Değişik Taban Kalınlığı için Duvar Yüksekliği-Taban Genişliği İlişkisi

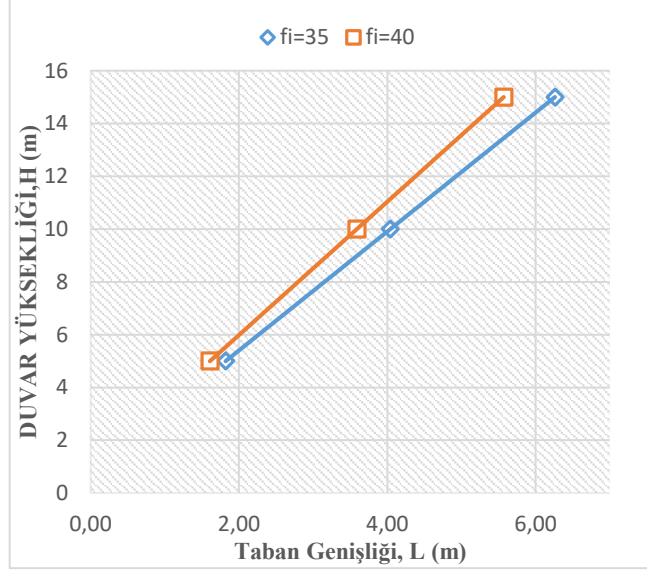
Şekil 6'da içsel sürtünme açısının etkisi gösterilmektedir. Sabit gövde ve taban kalınlıklarında ($t_1=0,5$ ve $t_2=0,5$) dolgu birim hacim ağırlığı değiştirilerek değişik zemin içsel sürtünme açılarında duvar yüksekliği taban genişliği ilişkisi incelenmiştir.



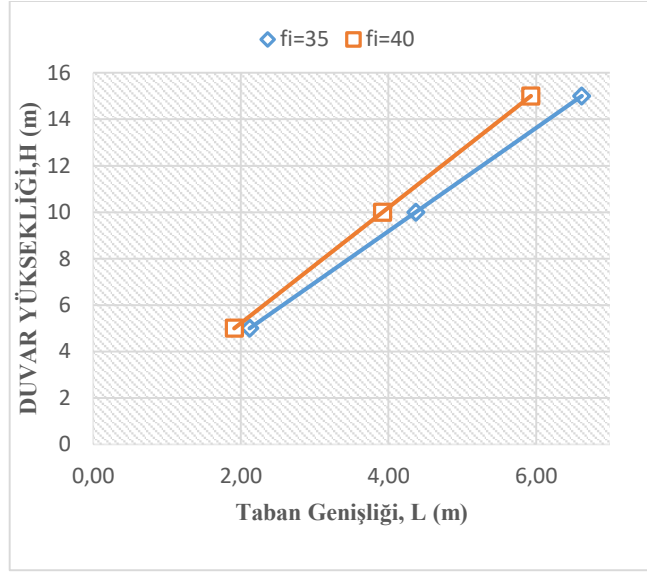
a) $\phi=2 \text{ kN/m}^3$; $t_1=0,5$; $t_2=0,5$



b) $\phi=5 \text{ kN/m}^3$; $t_1=0,5$; $t_2=0,5$



c) $\phi=10 \text{ kN/m}^3$; $t_1=0,5$; $t_2=0,5$



d) $\phi=20 \text{ kN/m}^3$; $t_1=0,5$; $t_2=0,5$

Şekil 6. Değişik Zemin İçsel Sürtünme Açıları için Duvar Yüksekliği-Taban Genişliği İlişkisi

Şekil 6'da görüldüğü gibi içsel sürtünme açısı arttıka gerekli olan taban genişliği azalmaktadır. Bunun temel nedeni; zemin içsel sürtünme açısı arttıka aktif toprak basıncı katsayısı ve dolayısıyla aktif itkinin azalmasıdır. Ayrıca, zemin içsel sürtünme açısının artması, daha mukavemetli bir dolgu anlamına gelmekte ve bu

durumda beklendiği gibi taban genişliği azalmakta ve tasarımda ekonomi sağlanmaktadır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada belirli parametrelerin istinat duvar tasarımı üzerindeki etkisinin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, istinat duvarında birim hacim ağırlık, zemin içsel sürtünme açısı, duvar kalınlığı, duvar yüksekliği ve taban kalınlığı değerleri değiştirilerek taban genişliği değerleri hesaplanıp sonuçlar grafiksel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen bazı önemli bulgular maddeler halinde sıralanmıştır:

- Birim hacim arttıķa duvara gelen itki kuvveti artmakta ve buna bağlı olarak taban genişliği artmaktadır.
- Duvar yüksekliği arttıķa duvarın tutmaya çalıştığı toprak hacmi artar ve buna bağlı olarak taban genişliği artmaktadır.
- Duvar kalınlığı arttıķa duvar kütlesi artmakta ve itki kuvvetine karşı koyan kuvvet artmaktadır ve buna bağlı olarak taban genişliği azalmaktadır.
- Taban kalınlığı arttıķa taban genişliğinde kayda değer bir değişim olmamaktadır ve taban kalınlığının taban genişliği üzerinde etkisi göz ardı edilebilecek derecede azdır.
- Zemin içsel sürtünme açısı arttıķa aktif toprak basıncı katsayısı azalmaktadır ve bunun sonucunda itki kuvveti değer azalmaktadır. İtki kuvveti azaldığı için daha az karşı koyan kuvvete ihtiyaç olduğundan taban genişliği azalmaktadır.
- Zemin içsel sürtünme açısı etkisi gövde kalınlığı etkisinden az fakat taban kalınlığı etkisinden daha fazladır.

Teşekkür

Bu çalışmada bilgilerini ve fikirlerini benden esirgemeyen değerli ve saygıdeğer çalışma hocam Dr. Öğr. . şevki ÖZTÜRK' e sonsuz teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Öztürk, Ş. (2018) Temel Mühendisliği Ders Notları. Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- Bilgin, H. (2006) İstinat Duvarlarının Dinamik Ve Statik Yükler Altındaki Davranışları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Gölden, N. (2014) İstinat Duvarlarının Farklı Yükleme ve Koşullar Altında Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yıldırım, İ. Z. (2014) İstinat Duvarlarının Tasarımında Deprem Etkilerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.