

# DONATILI ZEMİN DAYANMA DUVARLARININ GELENEKSEL DAYANMA DUVARLARI İLE MALİYET AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Tufan ÇAKIR  
Arş.Gör.  
KTÜ GMF İnşaat Müh. Bölümü  
Gümüşhane, Türkiye

Mustafa AYTEKİN  
Prof.Dr.  
KTÜ Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü  
Trabzon, Türkiye

## ÖZET

Zemin sadece basınç gerilmelerini taşıyan bir malzemedir. Donatılı zemin ise çekme gerilmelerine dayanabilen ve zeminle sürtünme ve adhezyon yoluyla etkileşen bir malzeme ile güçlendirilmiş zemin anlamına gelir. Dayanma yapılarının geosentetik donatılı olarak tasarlanması özellikle son yıllarda geoteknik mühendisliği alanlarında geniş uygulama alanı bulan bir tasarım yöntemidir. Donatılı zemin dayanma yapısı uygulamaları yeni bir teknoloji olmasına rağmen bu yöntemin kullanıldığı birçok yapı mevcuttur. Bu çalışmada geogrid donatılı zemin dayanma duvarı ve betonarme konsol dayanma duvarı üzerine bir maliyet karşılaştırma çalışması sunulmuştur. Maliyet analizi sonuçlarının değerlendirilmesi, geosentetik donatılı zemin dayanma duvarının teknik üstünlükleri yanında oldukça ekonomik bir çözüm olduğunu ortaya koymaktadır.

## GİRİŞ

Uzun yıllar boyunca genellikle ağırlık ve/veya konsol olarak inşa edilen dayanma duvarlarının son yıllarda geosentetik donatılı olarak tasarlanması, geoteknik mühendisliği alanında geniş uygulama alanı bulan bir tasarım

yöntemidir. Geosentetikler ailesinden olan geotekstil ve geogridler, özellikle donatı olma özelliklerinin ön plana çıktığı donatılı zemin dayanma duvarı uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu uygulamalardaki zemin-geosentetik etkileşimi, betonarme yapılarıdaki beton-çelik etkileşimine benzemektedir. Betonarmede çekme gerilmelerini çelik karşılarken, zeminde ise bu görevi geosentetikler yerine getirmektedir. Donatılı zemin dayanma duvarları klasik betonarme ve beton ağırlık dayanma duvarlarıyla karşılaştırıldığında birçok üstünlüğe sahiptir. Bu yapıların en önemli tercih nedenleri; esnekliği, temellerde zayıf temel zemini şartlarından oluşan deformasyonları tolere etmeleri, çok çeşitli geometrik şekillere uydurulabilmeleri, klasik tip dayanma duvarlarına göre daha ekonomik olmaları ve klasik tip dayanma duvarlarının uygulanamadığı yüksekliklerde yapılabilmesidir [1].

### AMAÇ

Bu çalışmada; geoteknik literatürden yararlanarak donatılı zeminlerin geçmişine, uygulama alanlarına değinildikten sonra aynı yüklemelere maruz, aynı yüksekliğe, dolgu ve temel zemini özelliklerine sahip bir betonarme konsol dayanma duvarı ile geogrid donatılı zemin dayanma duvarının ekonomik bakımdan karşılaştırılması yapılmıştır.

### YAPILAN ÇALIŞMALAR

Donatılı zemin, zeminin kritik doğrultulardaki mukavemetini artırmak amacı ile içerisine çekmeye dayanıklı ve zeminle arasında yeterli sürtünmeye sahip metal şeritler veya polimer hammaddelerden üretilmiş geosentetikler yerleştirilerek elde edilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir. Donatılı zemin uygulaması ilk çağlardan beri başvurulan zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olmasına rağmen bu alandaki esas gelişme 1960'lı yılların sonlarına doğru gerçekleşmiştir. Bilimsel anlamda

donatılı zemin kavramı ilk kez Fransız mühendis Henri Vidal tarafından ortaya atılmış ve daha sonra birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur [2]. Henri Vidal'ın gerçekleştirdiği uygulamada donatı malzemesi olarak metal şeritler kullanılmıştır. Daha sonra teknolojideki hızlı atılımla başlangıçtaki metal şeritlerin yerini günümüzde oldukça çok kullanılan geotekstil ve geogridler almıştır [3]. Günümüzde pek çok farklı alanda donatılı zemin uygulamalarına rastlamak mümkündür. Örneğin; yol dolgularında, şevlerde, köprü kenar ayaklarında, dayanma yapılarında, demiryolu inşaatlarında, endüstriyel silo inşaatlarında, rıhtım, kanal ve dalgakıran inşaatlarında donatılı zemin uygulamalarına sıkça yer verilmektedir.

Bu çalışmada, 7m yüksekliğinde, aynı yüklemelere maruz, aynı dolgu ve temel zemini özelliklerine sahip bir betonarme konsol dayanma duvarı ile geogrid donatılı zemin dayanma duvarı tasarımı yapılarak maliyet unsurları üzerinde etkili olan parametreler dikkate alınıp maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Önceki çalışmalar tipik toplam maliyetin; genellikle yükseklik, donatı malzemesi ve seçilmiş dolgu malzemesi maliyetinin bir fonksiyonu olduğunu ortaya koyduğundan her iki duvar tipi için maliyet analizinde temel olarak donatı malzemesi, dolgu malzemesi ve ön yüz kaplama elemanları gibi maliyet üzerinde birinci dereceden etkili olan parametreler ile kalıp, kalıp iskelesi ve taban betonu gibi geçici ve daimi uygulamaları içeren faktörler göz önüne alınmıştır. Maliyet analizindeki bu bileşenlerin çoğu işgücü maliyetini içermekte olup inşaat alanı yerinin, malzemelerin temin edileceği yerin ve dolayısıyla ulaşım mesafesinin belli olmaması dolayısıyla taşımacılık maliyeti her iki duvar tipi için de dikkate alınmamıştır. Geogrid donatılı zemin dayanma duvarında, duvarı ultraviyole ışınları vb. etkilere karşı korumak amacıyla ön yüz kaplama elemanı olarak püskürtme beton uygulanmıştır. Toplam maliyet belirlenirken Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 2005 yılında yayınlamış olduğu birim fiyat listeleri kullanılmıştır. Fakat Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın birim fiyat

listelerinde olmadığından ön yüz kaplama elemanı olarak kullanılan püskürtme betonu uygulaması için Türkiye Cumhuriyeti Karayolları'na ait birim fiyat listesi kullanılmıştır. Geogrid donatı için ise bu birim fiyat listelerinde yer olmadığından dolar cinsinden fiyatlar dikkate alınmıştır. (Yapılan uygulamada geogrid donatı için m<sup>2</sup> fiyatı 6 dolar ve bir doların da 1.38 YTL'ye karşılık geldiği kabul edilmiştir.)

### **Betonarme Konsol Dayanma Duvarının Tasarımı**

Ön bilgiler:

Duvar yüksekliği = H = 7m

Sürşarj yükü = q = 15 kN/m<sup>2</sup>

Dolgu zemini özellikleri:  $\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi_1 = 32^\circ$ ,  $c_1 = 0 \text{ kN/m}^2$

Temel zemini özellikleri:  $\gamma_2 = 17 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi_2 = 30^\circ$ ,  $c_2 = 45 \text{ kN/m}^2$

Malzeme özellikleri: C20 / S420,  $\gamma_{\text{betonarme}} = 24 \text{ kN/m}^3$

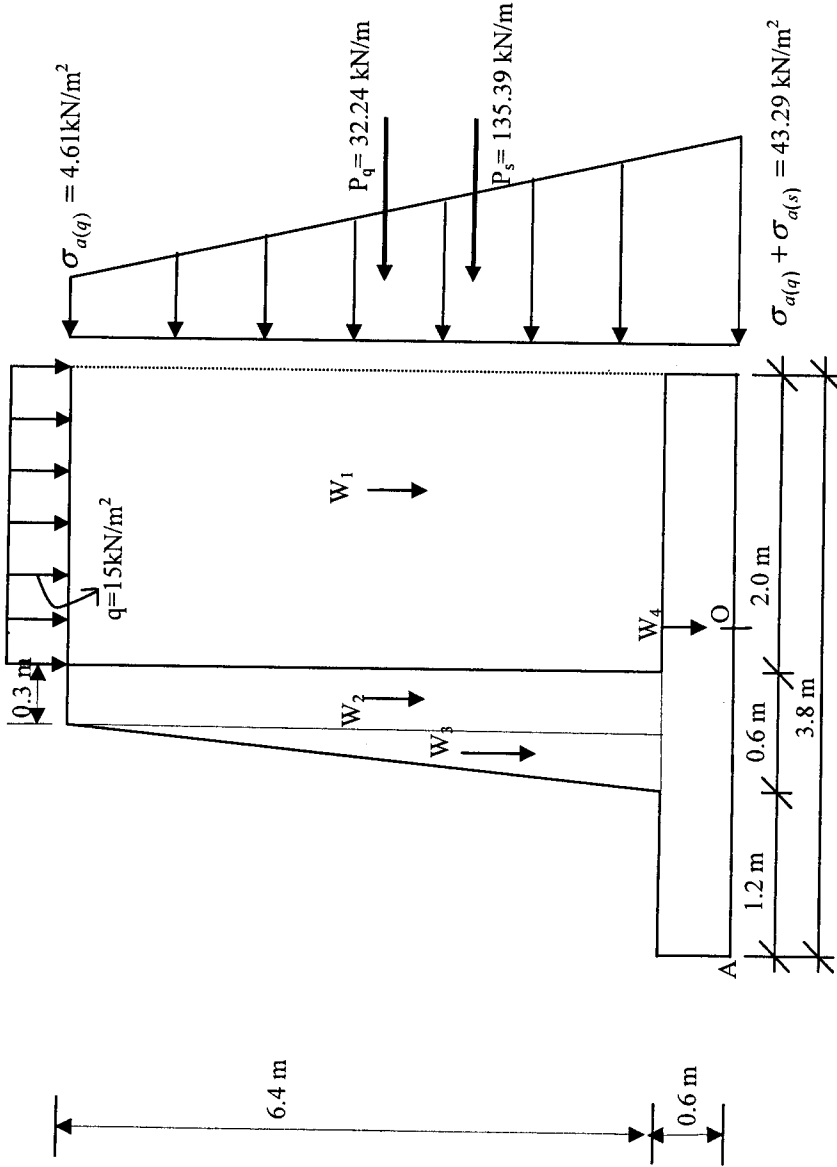
Zemin emniyet gerilmesi =  $\sigma_{z,em} = 350 \text{ kN/m}^2$

Pasif etki ihmal edilmektedir. Sismik etkiler dikkate alınmamaktadır.

Bütün bu veriler ışığında 'K<sub>a</sub>' aktif toprak basıncı katsayısı, ' $\phi_1$ ' dolgu zemininin içsel sürtünme açısı olmak üzere:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi_1/2) = \tan^2(45 - 32/2) = 0.307 \quad (1)$$

olarak hesaplanmış ve buna bağlı olarak sürşarjdan dolayı oluşan yatay basınç ' $\sigma_{a(q)}$ ', dolgudan dolayı oluşan yatay basınç ' $\sigma_{a(s)}$ ', sürşarjdan dolayı oluşan aktif kuvvet ' $P_q$ ', dolgudan dolayı oluşan aktif kuvvet ' $P_s$ ' ile duvar ve zemin ağırlıkları (W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub>, W<sub>4</sub>) şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Betonarme konsol dayanma duvarına etkiyen aktif basınçlar ve aktif kuvvetler

## Betonarme Konsol Dayanma Duvarının Stabilité Analizleri

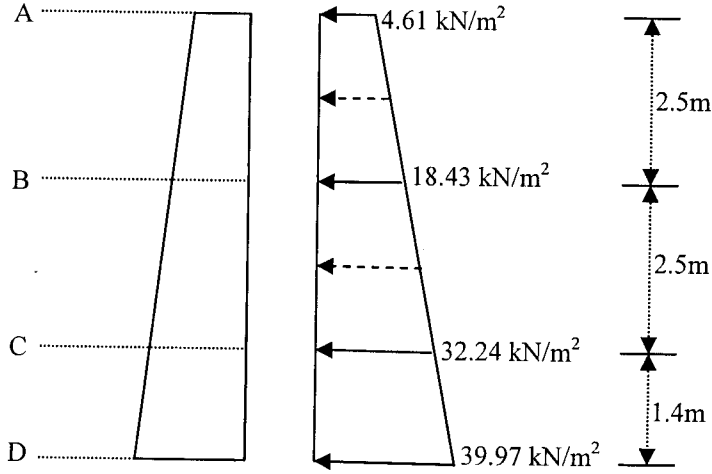
Tablo 1. Stabilité analizleri tablosu

Kayma Denetimi	$GS_{kayma} = \frac{T_f}{T} = \frac{254.42}{167.63} = 1.52 > 1.50$
Devrilme Denetimi	$GS_{devrilme} = \frac{M_R}{M_O} = \frac{941.38}{428.30} = 2.20 > 2.00$
Taşıma Gücü Denetimi	$\sigma_{z,maks} = \frac{384.24}{3.8 \times 1} + \frac{216.98}{2.407} = 191.26 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{z,em} = 350 \text{ kN/m}^2$
	$\sigma_{z,min} = \frac{384.24}{3.8 \times 1} - \frac{216.98}{2.407} = 10.97 \text{ kN/m}^2 > 0 \text{ kN/m}^2$

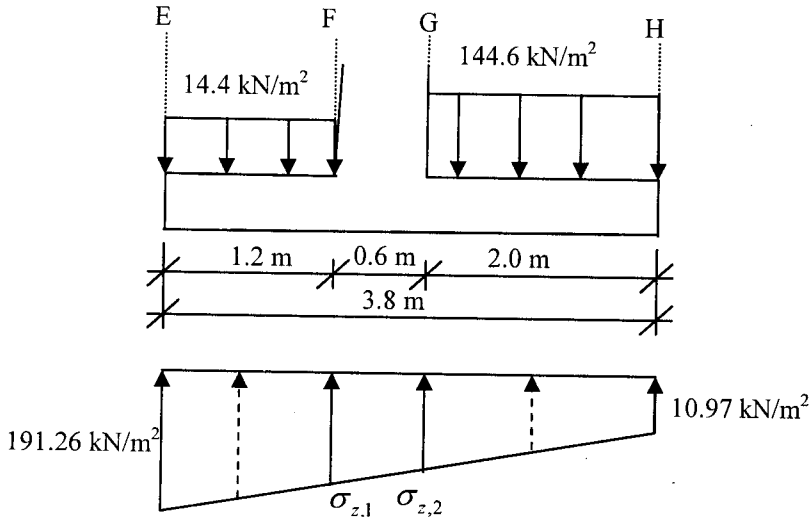
Tablo 1'de kaymaya karşı koyan kuvvetler ' $T_f$ ', kaydırmaya çalışan kuvvetler ' $T$ ', devirmeye çalışan momentler ' $M_O$ ', devirmeye karşı koyan momentler ' $M_R$ ', maksimum gerilme ' $\sigma_{z,maks}$ ', minimum gerilme ' $\sigma_{z,min}$ ' olarak tanımlanmış ve güvenlik sayıları hesaplanmıştır.

### Betonarme Konsol Dayanma Duvarının Yapısal Çözümlemesi

Çalışmanın bu bölümünde stabilite yönünden herhangi bir problemi olmayan dayanma duvarının betonarme kesit hesaplarının yapılabilmesi için kritik kesitlerdeki kesit zorları ve buna bağlı olarak yapıya etkileyen moment ve kesme kuvveti değerleri belirlenecektir. Bu amaçla kritik kesitlerdeki kesit zorları hesaplanmış ve dayanma duvarı gövdesine etkileyen gerilmeler şekil 2'de, tabanına etkileyen gerilmeler şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Dayanma duvarı gövdesine etkiyen gerilmeler



Şekil 3. Dayanma duvarı tabanına etkiyen gerilmeler

Betonarme kesit hesaplarında ortalama bir yük katsayısı kullanılmıştır. TS 500'e [4] göre yanal zemin itkisinin bulunduğu durumlarda sabit ve hareketli yüklere ek olarak zemin itkisi değerinin 1.60 ile çarpılması öngörülmüştür. Sabit yüklerin 1.40, hareketli yüklerin ise 1.60 ile çarpıldığı düşünülürse güvenli tarafta kalarak hepsinin içinde bulunduğu bir durumda yük katsayısı

üst sınır olan 1.60 olarak alınacaktır. Buna göre hesaplanan moment ve kesme kuvveti değerleri tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Moment ve kesme kuvveti değerleri

KISIM	KESME KUVVETİ (kN)	MOMENT (kNm)
A	0	0
B	46.08	46.08
C	147.40	276.40
D	228.25	537.28
E	0	0
F	284.92	181.88
G	275.79	326.40
H	0	0

Bu aşamadan sonra hesaplanan moment değerlerine göre donatı hesabı yapılmaktadır. Duvarın betonarme hesabı ve donatının belirlenmesi 1m genişlikli dikdörtgen kesit olarak yapılmaktadır ve beton sınıfı ile kullanılan donatı sınıfına bağlı olarak çizelgelerden alınan katsayılara göre hesaplar gerçekleştirilmektedir. Buna göre belirlenen donatılar ve miktarları tablo 3’de verilmektedir. Ayrıca yapılan kesme güvenliği kontrolü, duvarın kesme güvenliği açısından bir problem olmadığını ortaya koymaktadır.

#### **Betonarme Konsol Dayanma Duvarının Toplam Maliyetinin Belirlenmesi**

Çalışmanın bu bölümünde 1m duvar uzunluğu için ekonomi üzerinde etkili olan parametreler (kazı hacmi, granüler arka dolgu miktarı, kalıp, kalıp iskelesi, kalıp, beton ve donatı miktarı ) dikkate alınıp miktarları ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu miktarlar belirlendikten sonra 2005 yılı birim fiyat listelerindeki birim fiyatları ile çarpılarak toplam maliyeti hesaplanmıştır.



Yapılan işler, miktarları ve toplam bedelleri tablo 3’de ayrıntılı olarak verilmektedir.

**Tablo 3.Bir metre duvar uzunluğu için toplam maliyet**

Poz No	Yapılan iş	Miktar	Birim	Birim fiyat (YTL)	Toplam maliyet (YTL)
23.014	Donatı $\phi 8-\phi 12$	0.129	t	1176.38	151.75
23.015	Donatı $\phi 14-\phi 28$	0.259	t	1115.25	288.85
16.058/1-B	Beton	5.16	m <sup>3</sup>	74.78	385.865
15.006/2	Kazı	4.97	m <sup>3</sup>	3.34	16.600
21.011	Kalıp	14	m <sup>2</sup>	10.93	153.020
21.059	Kalıp iskelesi	21.44	m <sup>3</sup>	4.99	106.986
16.002	Düzeltilme betonu	0.38	m <sup>3</sup>	66.81	25.388
15.140/5	Sıkıştırılmış dolgu	12.8	m <sup>3</sup>	5.71	73.088
Toplam maliyet (YTL)					1201.547

### Geogrid Donatılı Zemin Dayanma Duvarının Tasarımı

Bu bölümde betonarme konsol dayanma duvarı ile aynı yüklemelere maruz, aynı yüksekliğe, dolgu ve temel zemini özelliklerine sahip bir geogrid donatılı zemin dayanma duvarı tasarımı yapılarak maliyet unsurları değerlendirilecektir. Buna göre ön bilgiler aşağıda verilmektedir.

Ön bilgiler:

Duvar yüksekliği =  $H = 7\text{m}$

Sürşarj yükü =  $q = 15 \text{ kN/m}^2$

Dolgu zemini özellikleri:  $\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi_1 = 32^\circ$ ,  $c_1 = 0 \text{ kN/m}^2$

Temel zemini özellikleri:  $\gamma_2 = 17 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi_2 = 30^\circ$ ,  $c_2 = 45 \text{ kN/m}^2$

Zemin emniyet gerilmesi =  $\sigma_{z\text{em}} = 350 \text{ kN/m}^2$

Geogrid donatı özellikleri:

Geogrid nihai enine çekme mukavemeti =  $T_{nih} = 160$  kN/m

Geogrid kaplama oranı =  $C_r = 0.80$

$GS_i=1.20$  (Hasar emniyet faktörü),  $GS_c=2.60$  (Sünmeyi önlemek için emniyet faktörü),  $GS_{k1}=1.30$  (Kimyasal etkilere karşı emniyet faktörü),  $GS_k=1.5$  (Kopmaya karşı güvenlik sayısı),  $GS_s=1.5$  (Sıyrılmaya karşı güvenlik sayısı).

İç Stabilite Analizleri

a) Donatının müsaade edilir çekme mukavemetinin bulunması

Global güvenlik sayısı:

$$GS_g = GS_i \times GS_c \times GS_{k1} \quad (2)$$

$$GS_g = 1.20 \times 2.60 \times 1.30 = 4.056$$

$$T_{müs} = \frac{T_{nih}}{GS_g} = \frac{160}{4.056} = 39.45 \text{ kN/m} \quad (3)$$

$$T_{tasarım} = \frac{T_{müs}}{GS_k} = \frac{39.45}{1.5} = 26.3 \text{ kN/m} \quad (4)$$

b) Yatay basıncın derinliğin fonksiyonu olarak bulunması

$$K_a = \tan^2(45 - \phi_1 / 2) = \tan^2(45 - 32 / 2) = 0.307$$

$$\sigma_{a(s)} + \sigma_{a(q)} = \gamma z K_a + q K_a = 18 \times z \times 0.307 + 15 \times 0.307 = 5.526z + 4.61 \quad (5)$$

c) Donatı düşey aralıklarının belirlenmesi

$$S_v = \frac{T_{tasarım} \cdot C_r}{\sigma_a} = \frac{26.3 \times 0.80}{(5.526z + 4.61)} = \frac{21.04}{(5.526z + 4.61)} \quad (6)$$

Hesaplanan ve tasarımda kullanılacak olan donatı düşey aralıkları tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 4. Hesaplanan ve tasarımda kullanılacak donatı düşey aralıkları

z (m)	$S_v = \frac{T_{tasarim} \cdot C_r}{\sigma_a}$ (m)	$S_{v,kullanilan}$ (m)
7	0.49	0.55
6	0.56	0.55
5	0.65	0.70
4	0.79	0.70
3	0.99	0.90
2	1.34	0.90
1	2.08	0.90

d) Donatı uzunluklarının belirlenmesi

Kayma kaması içi boyu;

$$L_R = (H - z) \tan(45 - \phi/2) =$$

$$(7 - z) \tan(45 - 32/2) = (7 - z) \tan 29 = (7 - z) 0.554 \quad (7)$$

Ankraj bölgesindeki donatı boyu (efektif boy);

$$L_E = \frac{S_v \sigma_a G S_s}{2(c + \gamma z \tan \delta)} = \frac{S_v (5.526z + 4.61) \times 1.5}{2 \left( 0 + 18 \times z \times \tan \left( \frac{2}{3} 32 \right) \right)} = \frac{S_v (8.29z + 6.92)}{14.06z} \quad (8)$$

Kıvrım boyu veya bindirme uzunluğu;

$$L_O = \frac{S_v \sigma_a G S_s}{4(c + \gamma z \tan \delta)} = \frac{S_v (5.526z + 4.61) \times 1.5}{4 \left( 0 + 18 \times z \times \tan \left( \frac{2}{3} 32 \right) \right)} = \frac{S_v (8.29z + 6.92)}{28.12z} \quad (9)$$

Bu ifadelerde ' $\delta$ ' zemin ile donatı arasındaki sürtünme açısı olup ' $\frac{2}{3} \phi_1$ '

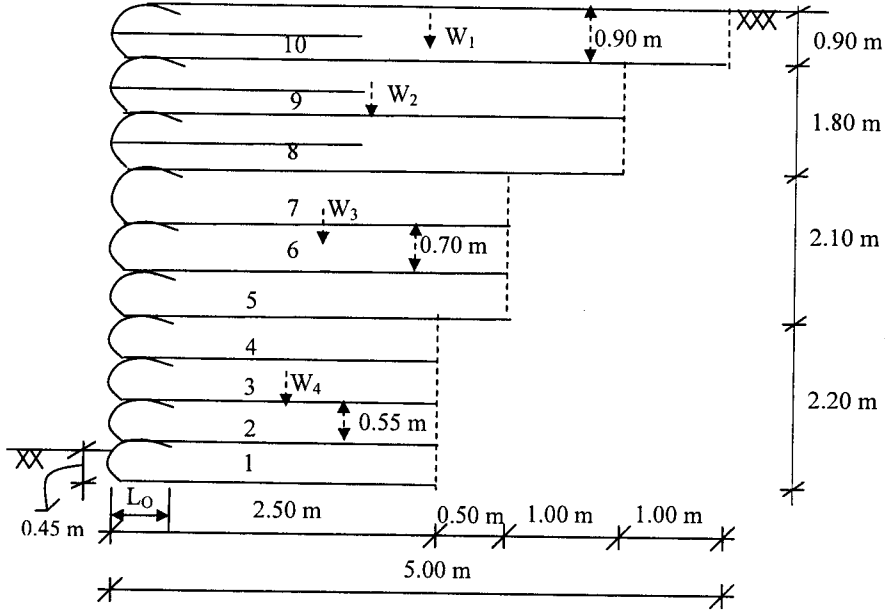
olarak dikkate alınmaktadır. Hesaplanan donatı boyları ve projelendirmede dikkate alınacak donatı boyları hesabı tablo 5'de, geogrid donatı boyları ve düşey aralıkları ise şekil 4'de ayrıntılı olarak verilmektedir.

Tablo 5. Geogrid donatı boyları hesap tablosu

Tabaka no	z (m)	S <sub>v</sub> (m)	L <sub>R</sub> (m)	L <sub>E</sub> (m)	min L <sub>E</sub> (m)	L <sub>O</sub> (m)	min L <sub>O</sub> (m)	L (m)	L <sub>tasarım</sub> (m)
10	0.90	0.90	3.38	1.02	1.02	0.51	1.00	4.40	5.00
9	1.80	0.90	2.88	0.78	1.00	0.39	1.00	3.88	4.00
8	2.70	0.90	2.38	0.69	1.00	0.35	1.00	3.38	4.00
7	3.40	0.70	2.00	0.51	1.00	0.26	1.00	3.00	3.00
6	4.10	0.70	1.61	0.50	1.00	0.25	1.00	2.61	3.00
5	4.80	0.70	1.22	0.48	1.00	0.24	1.00	2.22	3.00
4	5.35	0.55	0.91	0.37	1.00	0.19	1.00	1.91	2.50
3	5.90	0.55	0.61	0.37	1.00	0.19	1.00	1.61	2.50
2	6.45	0.55	0.30	0.37	1.00	0.19	1.00	1.30	2.50
1	7.00	0.55	0.00	0.36	1.00	0.18	1.00	1.00	2.50

### Dış Stabilite Analizleri

Geogrid donatılı zemin dayanma duvarının iç stabilite analizi yapıldıktan sonra dış stabilite analizleri de yapılarak yapının bir bütün olarak dengesi araştırılmaktadır. Dış stabilite analizlerinde klasik dayanma duvarlarında olduğu gibi kayma, devrilme ve taban basıncı denetimleri yapılmaktadır.



Şekil 4. Geogrid donatı boyları ve düşey aralıkları

Tablo 6. Stabilite analizleri tablosu

Kayma Denetimi	$GS_{kayma} = \frac{T_f}{T} = \frac{256.63}{167.63} = 1.53 > 1.50$
Devrilme Denetimi	$GS_{devrilme} = \frac{M_R}{M_O} = \frac{943.05}{428.30} = 2.20 > 2.00$
Taşıma Gücü Denetimi	$\sigma_{max} = \frac{R_v}{L_2} \left( 1 + \frac{6e}{L_2} \right) = \frac{498}{2.5} \left( 1 + \frac{6 \times 0.216}{2.5} \right) = 302.47 \text{ kN/m}^2 < 350 \text{ kN/m}^2$
	$\sigma_{min} = \frac{R_v}{L_2} \left( 1 - \frac{6e}{L_2} \right) = \frac{498}{2.5} \left( 1 - \frac{6 \times 0.216}{2.5} \right) = 95.93 \text{ kN/m}^2 > 0 \text{ kN/m}^2$

Tablo 6’da ‘ $T_f$ ,  $T$ ,  $M_R$ ,  $M_O$ ,  $\sigma_{max}$ ,  $\sigma_{min}$ ’ daha önce tanımlanmış olup ‘ $R_v$ ’ toplam düşey kuvveti, ‘ $L_2$ ’ en alt tabakadaki donatı boyunu, ‘ $e$ ’ eksantrisiteyi göstermektedir. Klasik geoteknik prensipleriyle yapılan dış stabilite analizlerinden görüldüğü gibi sistemin stabilite açısından bir problemi bulunmamaktadır.

#### Geogrid Donatılı Zemin Dayanma Duvarının Toplam Maliyetinin Belirlenmesi

Bu bölümde 1m uzunluğundaki geogrid donatılı zemin duvarının maliyeti üzerinde etkili olan parametrelerin miktarları belirlenecektir. Maliyet üzerinde en etkili olan parametre geogrid donatı olmaktadır. Gerekli olan donatı miktarı tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. Geogrid donatı miktarı

Tabaka No	$S_v$ (m)	$L_{kullanilan}$ (m)	$L_O$ (m)	$L_{gerekten}$ (m)	Tabaka sayısı	$L_{toplam}$ (m)
1-2-3-4	0.55	2.5	1.0	4.05	4	16.2
5-6-7	0.70	3.0	1.0	4.70	3	14.1
8-9	0.90	4.0	1.0	5.90	2	11.8
10	0.90	5.0	1.0	6.90	1	6.90
1 m duvar uzunluğu için toplam miktar ( $m^2$ )						49

Bu miktara ek olarak şekil 4’de görüldüğü gibi 90cm aralıklı tabakalar arasında 2’şer metrelik ek donatılar kullanıldığından toplam donatı miktarı  $55m^2$  olmaktadır. Duvar ön yüzünde ise hem estetik görünüm hem de duvarı erozyon ve ultraviyole ışınlarından koruma amacıyla 10cm kalınlığında püskürtme beton uygulaması gerçekleştirilmiştir. Buna göre yapılan işler, miktarları ve toplam maliyet tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Bir metre uzunluk için geogrid donatılı zemin duvarı toplam maliyeti

Poz No	Yapılan iş	Miktar	Birim	Birim fiyat (YTL)	Toplam maliyet (YTL)
15.140/5	Sıkıştırılmış dolgu	35	m <sup>3</sup>	5.71	199.85
15.006/2	Kazı	1.35	m <sup>3</sup>	3.34	4.51
16.581/1	Önyüz kaplama (püskürtme beton)	1.68	t	49.12	82.52
-	Geogrid donatı	55	m <sup>2</sup>	8.28	455.4
Toplam maliyet (YTL)					742.28

### SONUÇLAR

Gerek şevlerin gerekse derin kazıların stabilitesini sağlamak amacıyla çok çeşitli dayanma yapısı mevcut olup her biri aynı amaç için yapılsa da özellikle maliyet, yapım kolaylığı ve uygunluğu, yapım şartları, estetik, çevre ilişkisi ile geometri ve performans şartları açısından birbirinden çok farklıdır [5]. Son yıllarda dayanma duvarı yapımında yeni malzemelerin üretilmesi ile yeni uygulamalar hızla yaygınlaşmış ve klasik dayanma duvarlarına ciddi bir alternatif olma durumuna gelmiştir. Buradan hareketle bu çalışmada geogrid donatılı zemin dayanma duvarı tasarımı yapılmış ve betonarme konsol dayanma duvarı ile maliyet değerlendirmesi sunulmuştur. Maliyet analizinin sonucu olarak donatılı zemin duvarlarının önemli oranda bir ekonomi sağladığı görülmüştür. Donatılı zemin yapısının ekonomisi:

Ekonomi = [(Tipik maliyet–Donatılı zemin maliyeti)/(Donatılı zemin maliyeti)]

$$\text{Ekonomi} = [(1201.547 - 742.28) / (742.28)] = 0.61 (\% 61)$$

olarak belirlenmiştir. Burada şunu belirtmek gerekir ki maliyet mukayeselerini yapılan bu uygulamalarla sınırlayıp tümevarıma gitmek yanlış bir yaklaşım olacaktır. Çünkü donatılı zemin yapısının maliyeti; arazi çalışması, yarma dolgu ihtiyaçları, duvar tipi, arazi zemin tipi, uygun arka

dolgu malzemeleri, ön yüz işleri, geçici ve daimi uygulamaları içeren pek çok faktörün fonksiyonu olmakta ve donatı malzemesi maliyet üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Fakat uygulamalarda ele alınan parametrelerin denkliği bize donatılı zemin duvarların ekonomikliği hakkında önemli bir fikir vermektedir.

Donatılı zemin yapılarının ekonomikliği yanında malzeme ihtiyacının genellikle problem oluşturmaması, ön yüz kaplama elemanlarına verilebilecek renk, doku ve şekiller yardımıyla son derece estetik görünümlü olmaları, zayıf temel zemini koşullarında uygulanabilmeleri, oturmalara uyum sağlayabilmeleri ve esnek olmaları nedeniyle sıkışma potansiyeli yüksek yumuşak zeminler üzerine doğrudan inşaat yapma olanağı sağlamaları dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardandır.

#### KAYNAKLAR

1. Geoduvar Tanıtım Dosyası, Geoduvar İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, 2001.
2. Schlosser, F. and Guilloux, A., "Reinforced Earth Uses on Soft Soils", Recent Developments in Ground Improvement Techniques, 1982, Bangkok, 145-151.
3. Srbulov, M., "Analysis of Stability of Geogrid Reinforced Steep Slopes and Retaining Walls", Computers and Geotechnics, 28 (2001) 255-268.
4. TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara, 1. Baskı, Şubat 2000.
5. Tunç, A., Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002.



## **ABSTRACT**

### **COST COMPARISON OF TRADITIONAL AND REINFORCED EARTH RETAINING WALLS**

Soil is a material capable of bearing only compression stresses but reinforced earth refers to a soil strengthened by a material able to resist tensile stresses and interacts with the soil through friction and adhesion. Especially, in the recent years, the design of retaining structures with geosynthetic reinforcement has become a widely used method in geotechnical engineering areas. Despite the fact that the applications of reinforced earth retaining structure are based on a new technology, many structures are constructed by this method. In this study, a cost comparison study on geogrid reinforced earth retaining wall and reinforced concrete retaining wall was presented. The evaluation of the results of cost analysis indicates that the geosynthetic reinforced earth retaining wall is a fairly economic solution beside its technical advantages.

