



## Gabion Duvarların Çeşitli Patlama Enerjilerine Göre Koruma Duvarı Olarak Kullanılması

### Use of Gabion Walls as Protection Walls According to Various Explosion Energies

İrem Ersalman<sup>1</sup> , Baran Toprak<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, 71450 Kırıkkale, TÜRKİYE  
<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, 71450 Kırıkkale, TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 15/05/2023

**Kabul / Accepted:** 09/06/2023

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 30/06/2023

**Son Versiyon/Final Version:** 30/06/2023

#### Öz

Gabion duvarlar genellikle, eğimli arazilerde hafif dayanma yapısı alternatifini olarak kullanılmaktadır. Göreceli olarak ucuz maliyeti, esnek yapısı, ana malzemesinin kolay şekilde nakledilebilmesi ve esnek yapısı nedeniyle birçok avantaj taşımaktadır. Boyutları, gelen yanıl yüklerle göre kolay ayarlanabilmekte ve ekstra maliyetler içermemektedir. İşçilik bakımından kısa sürede inşa edilebilmekte ve bünyesinde doğal bir malzeme olan kırma taş kullanılmaktadır. Ülkemizde, patlamaya karşı koruma duvarı olarak genellikle betonarme koruma duvarları kullanılmaktadır. Bu alışılmış kullanım beraberinde temin etmesi bazı bölgelerde zor olan inşa malzemelerini de içermektedir. Artan maliyetler, betonarme koruma duvarlarını neredeyse yapılamaz hale getirmiştir. Bu çalışmada, Gabion Koruma Duvarlarının değişik patlama kuvvetleri altında reaksiyonu incelenmiştir. Standart bir şekilde ve standart bir zeminde tasarlanan gabion duvara çeşitli patlayıcıların patlama kuvvetlerinin etkimesi sonucu meydana gelen direnç kuvvetleri; dönme ve devrilmeye karşı davranışı Geo 5 Geoteknik tasarım programı ile modellenmiş ve incelenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

*“Gabion duvar, Patlama kuvveti, Geo 5, Koruma duvarı”*

#### Abstract

Gabion walls are generally used as a lightweight support structure alternative on sloping lands. It has many advantages due to its relatively cheap cost, flexible structure, easy transportation of the main material and flexible structure. Its dimensions can be easily adjusted according to the incoming lateral loads and do not include extra costs. It can be built in a short time in terms of workmanship and crushed stone, which is a natural material, is used. In our country, reinforced concrete protection walls are generally used as explosion protection walls. This customary use also includes building materials that are difficult to obtain in some regions. Rising costs have made reinforced concrete retaining walls virtually unbuildable. In this study, the reaction of Gabion Protection Walls under different explosion forces was investigated. The resistance forces that occur as a result of the impact of the explosion forces of various explosives on the gabion wall designed in a standard way and on a standard ground; Its behavior against rolling and overturning was modeled and analyzed with the Geo 5 Geotechnical design program.

#### Key Words

*“Gabion wall, Bursting force, Geo 5, Protection wall”*

## 1. Giriş

Gabion duvarlar toprak, taş gibi doğal yapı malzemelerinin taşıyıcı çelik tellerin içerisine doldurulmasıyla elde edilir. Yapısı gereği mühendislik projeleri, peyzaj alanları ve askeri alanlarda da çokça kullanılmaktadır. Gabion duvarların birçok alanda kullanılmasının sebepleri arasında ekonomikliği, imalat kolaylığı ve dayanıklılığı yer almaktadır. Tüm bu sebepler doğrultusunda askeri alanda Gabion duvar kullanımı günümüzde artış göstermektedir. Askeri alanlarda mühimmat korunması, olası bir mühimmat patlamasında can ve mal kaybının önlenmesi, yeşillendirilmeye açık olması sebebiyle cephane saklanması gibi kalemlerde kullanılması gabion duvarların kullanımını ve talep ürünü olmasını ortaya çıkarmıştır. Dünyada ve ülkemizde artış gösteren terör olayları, Gabion duvarların bu yönde kullanımının vereceği faydayı ön plana taşımaktadır. Yapılan bu çalışmada Gabion duvarlara 4 farklı patlayıcı çeşidi kullanılarak 4 farklı patlama kuvveti etki ettirilmiş ve bu kuvvetler karşısında duvar basınç dağılımları, oturma analizleri ve güvenlik katsayılarına ulaşılmış; şev stabilite analizi yapılmış ve tüm bu analizler sonucunda Gabion duvarların dayanıklılığı test edilmiştir.

## 2. Gabion Duvarlar

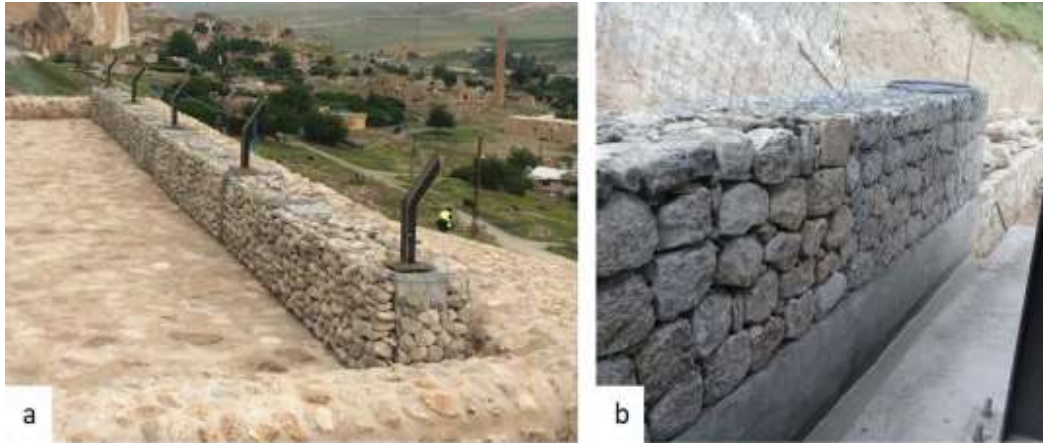
Gabion duvarlar doğal yapı malzemelerinin çeşitli şekillerdeki çelik tellerin içine yerleştirilmesi ile oluşurlar. Yaklaşık 7000 yıl öncesinde Mısırlılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Eski Mısırda Nil Nehrinin kıyılarını korumak ve yamaçların stabilitesini sağlamak amacıyla oluşturulmuş gabion duvarlar sonrasında kolay ve hızlı konuşlandırılması nedeniyle birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Uray, 2014). Gabion duvarlar zamanla askeri teçhizat ve personeli koruması, çeşitli terör olaylarında oluşacak tahribatı azaltması ve taşıma kolaylığı sebebiyle yaygın şekilde kullanılmakta ve bu sebeplerle patlama duvarları olarak da kullanılmaktadır. Gabion duvarlar patlama duvarı olarak kullanıldığı zaman patlama kuvvetini dağıtır ve duvar arkası basınç dağılımını azaltarak kuvveti soğurur.

### 2.1. Gabion Duvar Çeşitleri

Gabion duvarlar 3 çeşitten oluşmaktadır. Bunlar; Gabion sepet, Gabion şilte ve Gabion torbadır.

#### 2.1.1. Gabion sepet

Gabion sepetler çift burgulu altıgen çelik tel örgü kafesler olup içerisine doğal yapı malzemesi doldurularak oluşturulurlar. Ülkemizde ve dünyada en çok kullanılan Gabion duvar çeşididir. Gabion sepet duvarlar içerisine doldurulacak doğal yapı malzemesinin kolay tedarik edileceği yerlerde oldukça ekonomiktir. Gabion duvara ait örnekler Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. (a) Hasankeyf Yamaç Külliyesi Gabion Sepetlerle Oluşturulan Duvar ; (b) Hasankeyf Yamaç Külliyesi Cami Bölümü Gabion Sepetlerle Oluşturulan Duvar ( Eliüşük, 2020)

#### 2.1.2. Gabion şilte

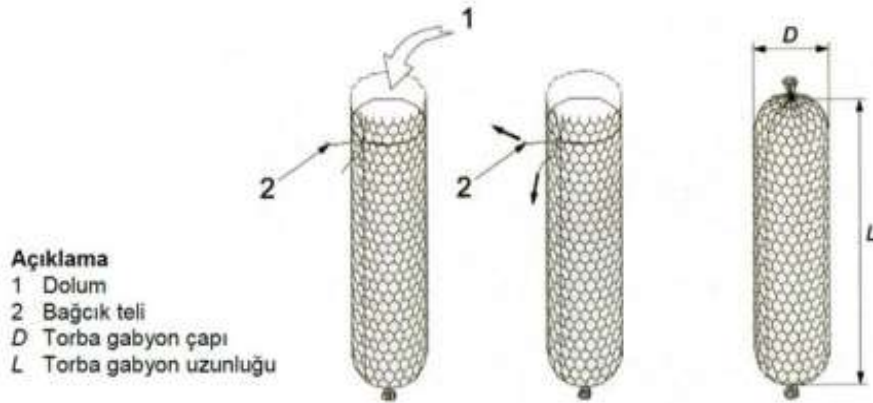
Gabion şilteler genellikle hidrolik çalışmalarda ve erozyon riski olan bölgelerde projelendirilerek kullanılmaktadırlar. Altıgen tel ağlarının çift bükümlü olarak örülmesiyle elde edilirler. Erozyon riski olan dere yataklarında, kanal kaplamalarında kıyı koruması amacıyla kullanılırlar. Proje alanında kolayca monte edilir, içine doğal yapı malzemesi doldurulup kapalı şekilde teslim edilirler. Gabion şilteye ait örnek Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. DSİ 9. Bölge Müdürlüğü Elazığ Palu İlçe Merkezinin Murat Nehri Taşkınlarından Korunması İşi

### 2.1.3. Gabion torba

Gabion torbalar yine altgen çift burgulu tellerden ve doğal yapı malzemelerinden oluşmaktadırlar. Gabion çuval veya sucuk Gabion olarak da bilinirler. Torba veya silindirik şeklinde yapılan özel gabionlardır. Marina yapımında ve nehir kenarlarında kıyı koruması amacıyla kullanılırlar. Gabion torbalar taşkın veya sel gibi acil durumlarda da kullanıma çok uygundur. Gabion torbaya ait örnek Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Örnek Gabion Torba Uygulaması (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

## 3. Patlayıcı Maddeler

Patlayıcı maddeler; darbe, ısı veya sürtünmeye maruz kaldığında hızlı bir şekilde bozularak değişikliğe uğrayan ve sonucunda yüksek derecede ısı ve yüksek hacimde gaz ortaya çıkaran tüm kimyasal karışım ve bileşimlerdir. Patlayıcı maddelerin şok veya reaksiyon etkisiyle ateşlenmesi sonucu hava içinde aniden yayılmasına ise patlama adı verilir. Patlayıcı maddeler kullanım yerlerine göre ikiye ayrılırlar. Bunlar; askeri savunma amaçlı ve sivil kullanım amaçlı patlayıcılardır. Makalede askeri savunma amaçlı patlayıcılardan bahsedilmiş ve bu patlayıcıların gabion duvar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yüksek patlayıcılardan makalede kullanılacak olanlar şunlardır; TNT (Trinitrotoluen) , RDX (siklotrimetilen-trinitramin) , C-4 (composition), FOX-12'dir.

### 3.1. Patlayıcı Çeşitleri

#### 3.1.1. TNT

1863 yılında Alman kimyager Joseph Wilbrand tarafından sentezlenen TNT ilk başta bir patlayıcı olarak keşfedilmemiş boyar madde olarak kullanılmıştır (wikipedia). Sonraki yıllarda 1902 yılında Almanlar tarafından patlayıcı özelliği keşfedilmiş ve Alman askeri sanayisinde çokça kullanılmıştır. TNT'nin her iki dünya savaşında da etkin kullanılması günümüzde de TNT kullanımının en üst seviyede olmasına yol açmaktadır. Bu kadar yaygın kullanılması yapılacak hesaplamalarda diğer patlayıcıların hesaplanması için TNT eşdeğerliği kavramını ortaya çıkarmıştır.

### 3.1.2. RDX

RDX, günümüzde kullanılan en yüksek tahrip gücüne sahip patlayıcılardandır. Yaygın olarak kullanılan birçok askeri patlayıcının temel bileşenlerinden biri olan RDX yüksek patlayıcı gücünü yoğunluğundan ve yüksek infilak hızından alır. Mayınların ve el bombalarının yapımında kullanılmaktadır. Askeri alanda kullanılan bazı yüksek patlayıcıların bileşimleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1.** Askeri Alanda Kullanılan Bazı Yüksek Patlayıcıların Bileşimleri ( Karabayır, 2020)

İsim	Bileşim
Karışım A	%83 RDX, %11.7 enerjik olmayan plastikleştiriciler
Karışım B	%60 RDX, %39 TNT, %1 bağlayıcı (wax)
Karışım C4	%90 RDX, %10 poli-isobutilen
Oktol	%75 HMX, %25 RDX
Torpex <sup>a</sup>	%42 RDX, %40 TNT, %18 alüminyum
PBXN-109	%64 RDX, %20 alüminyum, %16 bağlayıcı
OKFOL	%96.5 HMX, %3.5 wax

### 3.1.3. C-4

C grubu plastik patlayıcılar İkinci dünya savaşı sonrasında üretilmiştir. Diğer kullanılan ve popüler olan patlayıcı türlerine nazaran daha kolay şekil verilebilmesi sebebiyle popülerliğini kazanmıştır. C-4 tipi patlayıcılar kolay şekil alırlar ancak çok kararlı bir yapıda olması nedeniyle fiziksel şoka karşı duyarsızlardır. Patlamanın başlayabilmesi için aşırı ısı ve çok dalgasına ihtiyaç vardır. Askeri mühendisler tarafından kullanılan C tipi plastik patlayıcı örneği Şekil 4'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Askeri Mühendisler Tarafından Kullanılan C Tipi Plastik Patlayıcı Örneği

### 3.1.4. FOX-12

FOX-12 İsveç savunma ajansından kimyager N. Latypov tarafından geliştirilmiş ve sentezlenmiş enerjik materyaldir ( Karabayır, 2020). Bu bileşik RDX ile kıyaslanmış ve RDX patlayıcısına göre daha hassas olduğu görülmüştür. Duyarlı olmayan mühimmat özelliği taşımaktadır. Bu çalışmada TNT eşdeğeri kavramı bakımından diğer patlayıcılara nazaran farklı bir değer vermektedir. FOX-12 Patlayıcı performansının RDX ile karşılaştırılması Tablo 2'de görülmektedir.

**Tablo 2.** FOX-12 Patlayıcı Performansının RDX İle Karşılaştırılması ( Karabayır, 2020)

Parametreler	FOX-7	FOX-12	RDX
Patlama basıncı (kbar, p <sub>c,j</sub> )	340	260	347
Patlama Hızı (m.s <sup>-1</sup> , D)	8870	7900	8750
Etki Duyarlılığı (J)	25	>90	7.5
Sürtünme duyarlılığı (N)	>350	>352	120
ESD (J)	4.5	>3	0.2

### 3.2. Patlayıcı Maddelerde TNT Eşdeğerlik Yöntemi

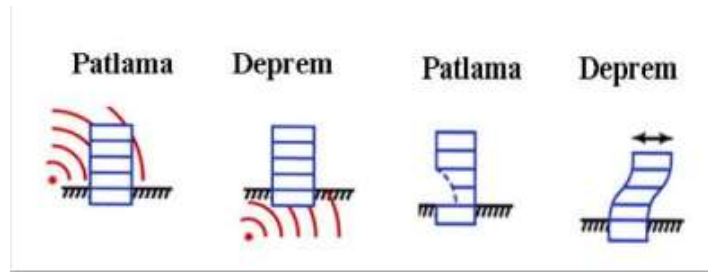
Farklı fiziksel ve kimyasal yapıları, özgül enerjilere ve patlama hızlarına sahip olan patlayıcıların çalışma yapılırken karşılaştırılması gerekmektedir. Tüm bu farklı özellikler sebebiyle doğru şekilde bir kıyaslama yapılamadığı için kolaylık sağlaması amacıyla TNT eşdeğerliği kavramı ortaya çıkmıştır. Bu kıyaslama yöntemi için TNT patlayıcısı referans patlayıcı madde seçilmiştir. Bunun sebebi ise en yaygın kullanılan patlayıcı türünün TNT patlayıcısı olmasıdır. Patlayıcıların dönüştürülmesi için kullanılan bu yöntem, belirli bir miktarda patlayıcı maddenin oluşturduğu enerjiye, aynı miktardaki TNT patlayıcısının oluşturduğu enerji kıyaslanarak yapılır. RDX, C-4 ve TNT eşdeğerlikleri önceden hesaplanmış ancak FOX-12'nin TNT eşdeğerliği RDX ile yapılan karşılaştırma değerlerine oranlanarak bulunmuş ve tabloya eklenmiştir. Çalışmada kullanılacak patlayıcıların TNT eşdeğerlik tablosu, Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Çalışmada Kullanılacak Patlayıcıların TNT Eşdeğerlik Tablosu

Patlayıcı türü	TNT eşdeğerliği
TNT	1
RDX	1,185
C-4	1,27
FOX12	0,887

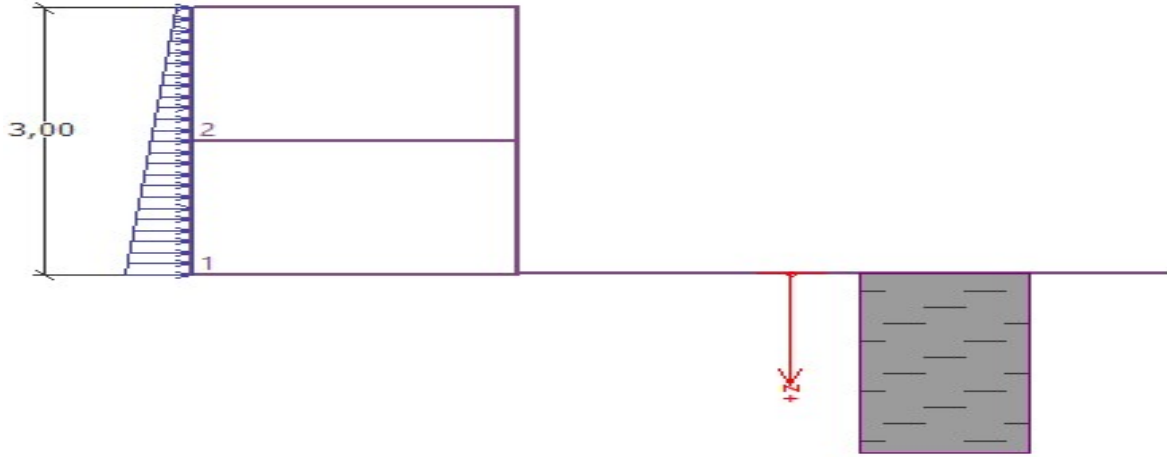
### 4. Gabion Duvarların Patlama Karşısındaki Davranışı

Gabion duvarlar gerek ekonomikliği gerekse imalat kolaylığı sebebiyle ülkemizde çokça kullanılmaktadır. Her yönden avantajlı sonuçlar veren Gabion duvarlar, aynı zamanda çok keşfedilmemiş olsa da savunma sanayisinde de kullanıldığı takdirde önemli derecede maliyet azaltan ve istenilen duraylılığı sağlayan duvarlardır. Ülkemizde artan terör olayları ve kaza ile meydana gelen patlamalar sonucunda oluşan tahribatların büyüklüğü sebebiyle çeşitli koruyucu duvarlar inşa edilme ihtiyacı duyulmuştur. Bu koruma duvarları olarak istinat duvarları tercih edilmektedir. İstinat duvarları istenilen duraylılığı sağlamakta ancak ekonomik olarak yüksek maliyetler oluşturmakta ve imalat açısından uzun süre gerektirmektedir. İstinat duvarlarının bu olumsuz yönlerine karşılık hem ekonomik hem de hızlı imal edilen Gabion duvarların kullanılması büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Gabion duvarların çeşitli patlayıcılar tarafından yaşanacak patlamalar karşısındaki davranışları detaylı olarak GEO5 programı dahilinde incelenmiştir. Çalışma yapılırken patlama olayının diğer ani oluşabilecek, deprem gibi, olaylardan farklı olması nedeniyle oluşan patlama kuvveti duvarın zeminle temas ettiği nokta ile tepe noktasında farklı değer alınmıştır. Tasarımda patlama kuvvetinin etki ettiği noktaların baz alınması Şekil 5'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Patlama ve Deprem Etkisi (Karabayır, 2020)

Herhangi bir patlama olayında duvarın zeminle temas ettiği noktaya etki eden kuvvet daha fazla olurken duvarın basınç dağılımı gereğince tepe noktasında azalmış bir kuvvet vardır. Patlama oluştuğundan sonra duvarın tepe noktasındaki basınç değerine  $Q_1$ , duvarın zeminle temas ettiği noktadaki basınç değerine ise  $Q_2$  adı verilmiştir.



Şekil 6. GEO5 Programında Örnek Gabion Duvar Basınç Dağılımı

Patlama ve deprem etkisi Şekil 6’da, TNT eşdeğerliklerine göre hesaplanmış patlama kuvvetleri ise Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. TNT Eşdeğerliklerine Göre Hesaplanmış Patlama Kuvvetleri

Patlayıcı türü	TNT eşdeğerliği	Q1	Q2
TNT	1	50	200
RDX	1,185	59,25	237
C-4	1,27	63,5	254
FOX12	0,887	44,35	177,4

## 5. Gabion Duvarların Patlama Karşısındaki Davranışının GEO5 Programı ile İncelenmesi

GEO5 programı ile Gabion duvarların patlamaya karşı dayanıklılığı, oluşan güvenlik katsayısı, dönme ve kayma tahkikleri yapılmıştır. Gabion duvar parametreleri, çalışmada kullanılacak Gabion sepet türü için piyasadandır değerler alınmış ve sabit tutulmuştur. Her bir patlayıcının TNT eşdeğerlikleri yardımıyla duvara etki edecek patlama kuvveti bulunmuş ve tüm patlayıcı türleri için tahkikler yapılmıştır.

### 5.1. GEO5 Programı Duvar ve Patlayıcı Parametreleri

Gabion duvarın yerleştirildiği zeminin özellikleri Tablo 5’te, projede kullanılan tel örgü parametreleri Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 5. Projede Kullanılmış Dolgu ve Dolgu Zemin Özellikleri

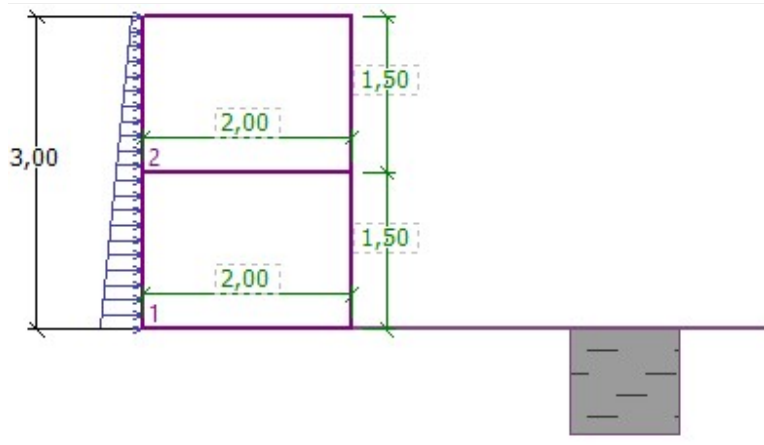
Dolgu ve dolgu zemin özellikleri

Kaya malzemesi birim hacim ağırlık	26 KN/m <sup>3</sup>
Kohezyon ( c )	0,56 Mpa
İçsel sürtünme açısı	44,8
Young modülü	1,470 Kpa
Poisson oranı	0,27
Doğal çakıl maximum kuru yoğunluk	18,3 KN/m <sup>3</sup>
Doğal çakıl minimum kuru yoğunluk	14,9 KN/m <sup>3</sup>

**Tablo 6.** Projede Kullanılmış Tel Örgü Parametreleri

<b>Tel örgü parametreleri</b>	
Gabion teli gerilme direnci	386 Mpa
Çap	3 mm
Young modülü	210 Gpa
Poisson oranı	0,3
Standart tel 6x8 cm	Çap 60 mm
8x10 cm tel	Çap 80 mm
Standart tel ağ çekme mukavemeti	55 KN/m <sup>3</sup>
8x10 cm tel ağ çekme mukavemeti	50-60 KN/m <sup>3</sup>

Tüm bu erişilen parametreler dahilinde proje kapsamında öncelikle Gabion duvarın geometrisi oluşturulmuştur. Genişliği 2 metre, yüksekliği 1,5 metre ve görel konumsuz iki blok üst üste getirilerek genişliği 2 metre ve yüksekliği 3 metre olan bir Gabion duvar oluşturulmuştur. Şekil 7’de çalışmada kullanılan örnek Gabion duvar geometrisi gösterilmiştir.

**Şekil 7.** GEO5 Programı Örnek Çalışma Gabion Duvar Geometrisi

Gabion duvarın altında bulunan zeminin özellikleri programdan otomatik seçilebilmekte veya proje verilerine göre girilebilmektedir. Çalışmada kullanılacak zemin tipi olarak düşük veya orta plastisiteli kil seçilmiştir. Şekil 8’de programda kullanılan zemin parametreleri gösterilmektedir.

Sayı	Zemin adı	
1	Düşük veya orta plastisiteli Kil (CL, CI), ka	<p><b>Düşük veya orta plastisiteli Kil (CL, CI), katı kıvam, <math>S_r &lt; 0,8</math></b></p> <p>Birim ağırlık : <math>\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3</math></p> <p>Gerilme-durum : efektif</p> <p>İçsel sürtünme açısı : <math>\varphi_{ef} = 17,00^\circ</math></p> <p>Zemin kohezyonu : <math>c_{ef} = 30,00 \text{ kPa}</math></p> <p>İçsel sürtünme açısı-zemin : <math>\delta = 15,00^\circ</math></p> <p>Zemin : kohezyonlu</p> <p>Poisson oranı : <math>\nu = 0,40</math></p> <p>Doygun birim ağırlık : <math>\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3</math></p>

Şekil 8. GEO5 Programı İçin Zemin Parametreleri

Çalışmada seçilen zemin parametreleri atanır ve çalışma için gerekli arazi tipleri, sürşarj yükleri ve varsa arazideki su durumu atanır. Uygulanan kuvvetler her bir patlayıcı türü için Tablo 4'te hesaplanmış değerler sisteme girilmiştir. Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'de her bir patlayıcı türünün programa işlenmiş patlama kuvveti değerleri ve uygulama noktaları gösterilmektedir.

**Kuvveti düzenle**

Ad: PATLAMA KUVVETİ TNT

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

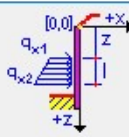
Uygulama noktası:  $z = -2,99$  [m]

Uzunluk:  $l = 3,00$  [m]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1} = 50,00$  [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2} = 200,00$  [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓ **Tamam** İptal



Şekil 9. TNT Patlayıcısı İçin Patlama Kuvveti ve Uygulanma Noktasının Tayini

**Kuvveti düzenle**

Ad: PATLAMA KUVVETİ RDX

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası:  $z = -2,99$  [m]

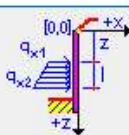
Uzunluk:  $l = 3,00$  [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1} = 59,25$  [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2} = 237,00$  [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓ **Tamam** İptal



Şekil 10. RDX Patlayıcısı İçin Patlama Kuvveti ve Uygulanma Noktasının Tayini



**Kuvveti düzenle**

Ad: PATLAMA KUVVETİ C-4

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası: z = -2,99 [m]

Uzunluk: l = 3,00 [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  = 63,50 [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  = 254,00 [kN/m<sup>2</sup>]

OK - ↑ OK - ↓ **Tamam** İptal

Şekil 11. C-4 Patlayıcısı İçin Patlama Kuvveti ve Uygulanma Noktasının Tayini

**Kuvveti düzenle**

Ad: PATLAMA KUVVETİ FOX12

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası: z = -2,99 [m]

Uzunluk: l = 3,00 [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  = 44,35 [kN/m<sup>2</sup>]

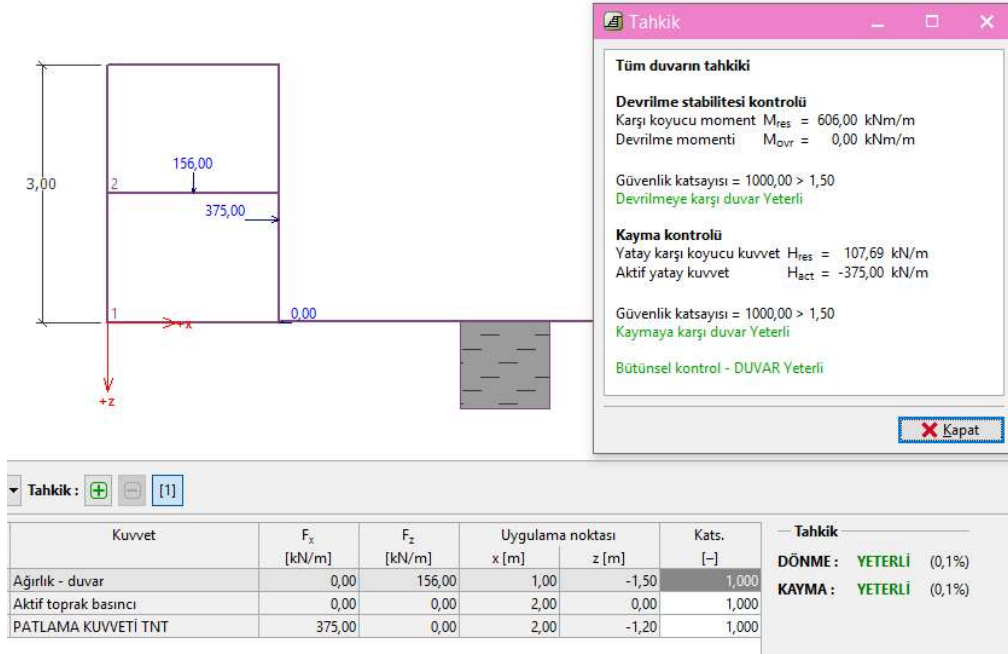
Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  = 177,40 [kN/m<sup>2</sup>]

OK - ↑ OK - ↓ **Tamam** İptal

Şekil 12. FOX-12 Patlayıcısı İçin Patlama Kuvveti ve Uygulanma Noktasının Tayini

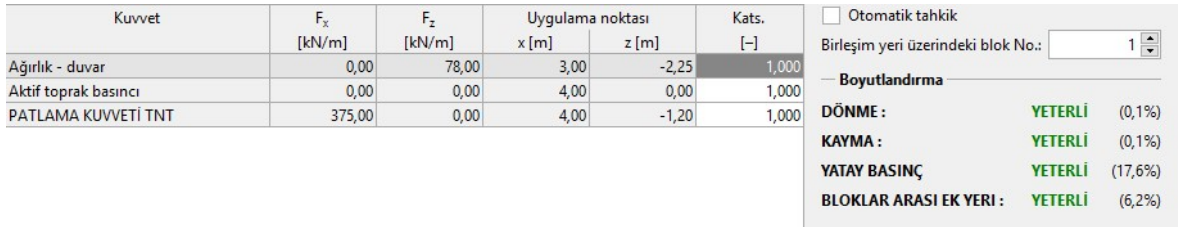
## 6. GEO5 Programı Farklı Patlayıcı Türlerinde Yapılan Tahkikler ve Sonuçları

GEO5 programı dahilinde tüm patlayıcı tipleri için patlama kuvveti değerleri programa işlenmiş ve tahkikler yapılmıştır. Tüm patlayıcı tipleri için eylem türü -kaza- olarak seçilmiş ve yük dağılımı patlama olması sebebiyle trapez seçilmiştir. Gabion duvara patlayıcı kuvvetleri etki ettirilmiştir ve yapılan tahkikler sonucunda Gabion duvar bütün patlayıcı tiplerinin olası patlama durumunda yüklerini taşımış ve tahkikler olumlu sonuçlanmıştır. Şev stabilite analizi yapılmış olup tüm patlayıcı türlerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Tanıtılan ve olumlu sonuç veren dört patlayıcı türü de işlenmiş olup analizlerde emsal olarak TNT patlayıcısı ve FOX-12 patlayıcısının sonuçları verilmiştir. Şekil 13'te TNT patlayıcısının patlayıcı kuvvetine karşı duvar tahkikleri gösterilmektedir.

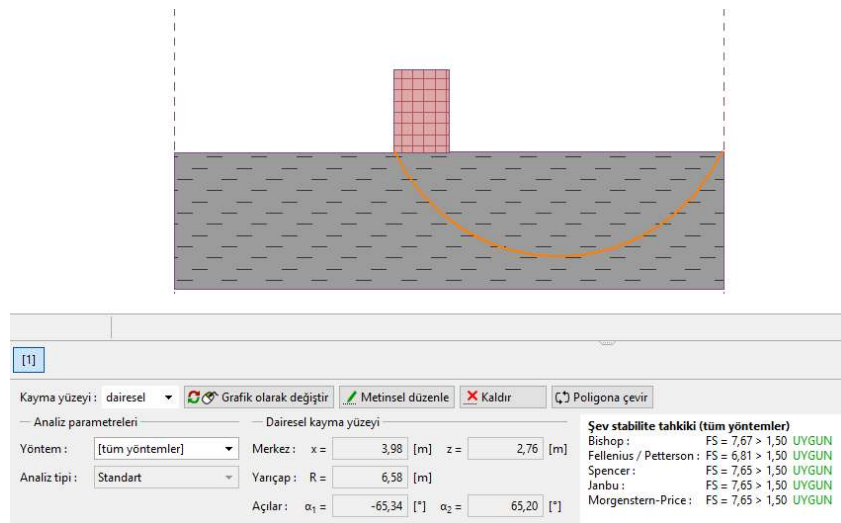


Şekil 13. TNT Patlayıcı Kuvvetine Karşı Duvar Tahkik Sonuçları

Şekil 14'te uygulanan TNT patlama kuvvetine karşı duvar boyutlandırma tahkik sonuçları ve Şekil 15'te ise TNT patlayıcı kuvvetine karşı şev stabilize analiz sonuçları gösterilmektedir.

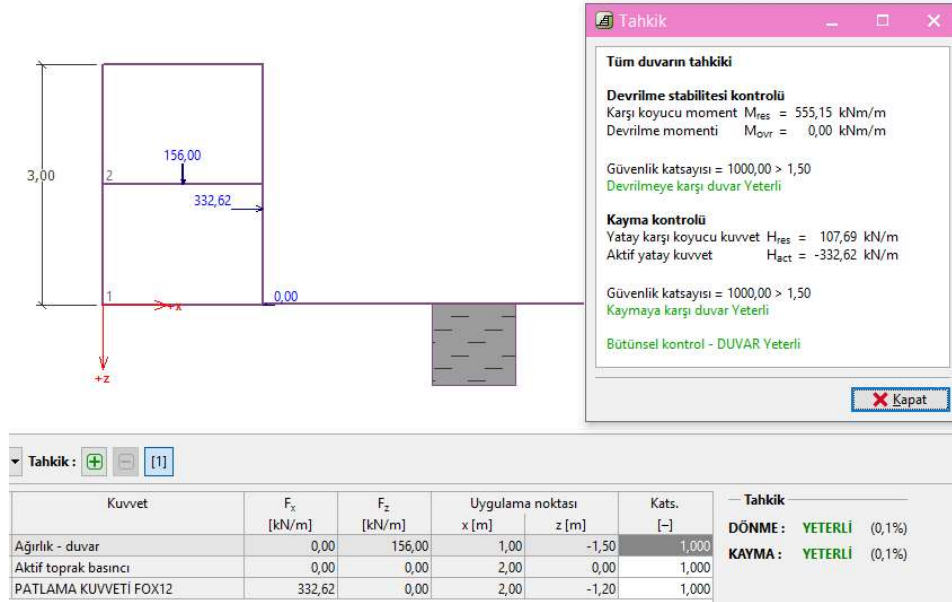


Şekil 14. TNT Patlayıcı Kuvvetine Karşı Duvar Boyutlandırma Tahkik Sonuçları



Şekil 15. TNT Patlayıcı Kuvvetine Karşı Şev Stabilite Analiz Sonuçları

TNT eşdeğerlik değerlerinde 1'in altında eşdeğerlik veren FOX-12 patlayıcısı da incelenmiş ve Şekil 16'da FOX-12 patlayıcı kuvvetine karşı duvar tahkik sonuçları gösterilmiştir. Şekil 17'de duvar tahkik sonuçları, Şekil 18'de ise şev stabilite sonuçları sunulmuştur.



Şekil 16. FOX-12 Patlayıcı Kuvvetine Karşı Duvar Tahkik Sonuçları

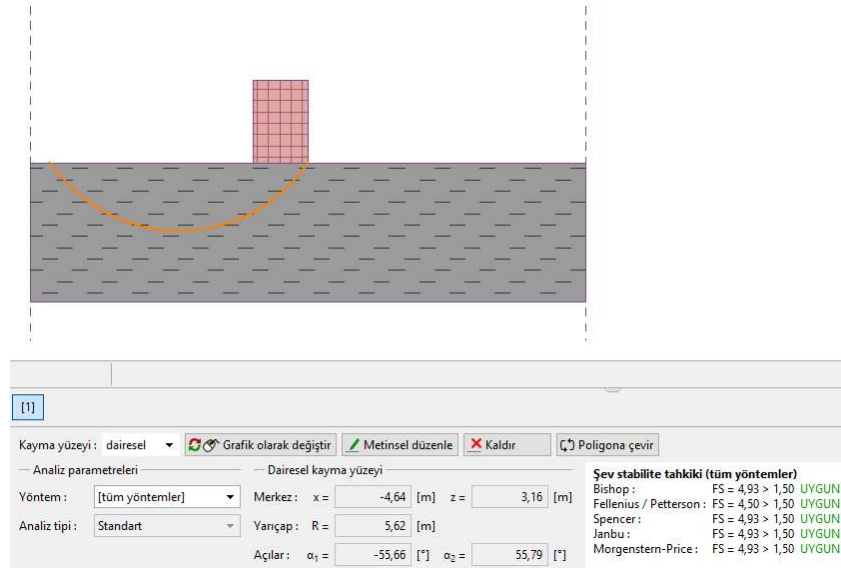
Kuvvet	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>z</sub> [kN/m]	Uygulama noktası x [m] z [m]		Kats. [-]
Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000
Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000
PATLAMA KUVVETİ FOX12	332,62	0,00	4,00	-1,20	1,000

Otomatik tahkik  
Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 1

**Boyutlandırma**

**DÖNME :** YETERLİ (0,1%)  
**KAYMA :** YETERLİ (0,1%)  
**YATAY BASINÇ :** YETERLİ (17,6%)  
**BLOKLAR ARASI EK YERİ :** YETERLİ (6,2%)

Şekil 17. FOX-12 Patlayıcı Kuvvetine Karşı Duvar Boyutlandırma Tahkik Sonuçları



Şekil 18. FOX12 Patlayıcı Kuvvetine Karşı Şev Stabilite Analiz Sonuçları

## 7. Sonuçlar

Bu çalışmada dört farklı patlayıcı etkisine maruz kalmış Gabion duvarların stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Geo5 programı dahilinde TNT, RDX, C-4 ve FOX-12 patlayıcılarının dönme, kayma, devrilme tahkikleri yapılmış olup boyutlandırma açısından da değerlendirilmiştir. Tablo 7'de tüm patlayıcı türlerinin tahkik ve boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 7. Geo5 Programı Dahilinde Elde Edilmiş Tahkik ve Boyutlandırma Analizi

Patlayıcı türü	Tahkik ve boyutlandırma analizi				
	Dönme tahkiki	Kayma tahkiki	Devrilme tahkiki	Yatay basınç	Bloklar arası ek yeri
TNT	%0,1 yeterli	%0,1 yeterli	Yeterli	%17,6 yeterli	%6,2 yeterli
RDX	%0,1 yeterli	%0,1 yeterli	Yeterli	%17,6 yeterli	%6,2 yeterli
C-4	%0,1 yeterli	%0,1 yeterli	Yeterli	%17,6 yeterli	%6,2 yeterli
FOX-12	%0,1 yeterli	%0,1 yeterli	Yeterli	%17,6 yeterli	%6,2 yeterli

Şev stabilite analizi kapsamında şev stabilitesi tahkik türlerinden Bishop, Fellenius- Petterson, Spencer, Janbu ve Morgenstern Price yöntemleri uygulanmıştır. Şev stabilite analizlerinde FS adı verilen güvenlik sayısının 1,5'ten büyük olması gerekmektedir. Çalışmada kullanılan dört patlayıcı türünün de güvenli katsayı değerleri 1,5'ten büyük çıkmış olup şev stabilitesi olumlu sonuçlanmıştır. Tablo 8'de tüm patlayıcıların şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 8. Geo5 Programı Dahilinde Elde Edilmiş Şev Stabilite Tahkik Sonuçları

Patlayıcı türü	Şev stabilitesi tahkiki				
	Bishop	Fellenius/ Petterson	Spencer	Janbu	Morgenstern-Price
TNT	FS: 7,67	FS: 6,81	FS: 7,65	FS: 7,65	FS: 7,65
RDX	FS: 4,93	FS: 4,50	FS: 4,93	FS: 4,93	FS: 4,93
C-4	FS: 4,42	FS: 4,13	FS: 4,42	FS: 4,42	FS: 4,42

FOX-12

FS: 4,93 FS: 4,50

FS: 4,93 FS: 4,93 FS: 4,93

Tüm yapılan analizler sonucunda her bakımdan daha ekonomik ve avantajlı olan gabion duvarlar tüm patlama kuvvetlerini taşımış olup, şev stabilite analizinde de güvenli tarafta kalmıştır. Gabion duvar boyutlandırması değiştirilerek, patlama kuvvetleri ve patlayıcı türleri farklı seçilerek çalışma büyütülebilir ve gabion duvar kullanımı ülkemizde bu şekilde artırılabilir. Yapılan çalışma sonucunda özellikle savunma sanayisi açısından olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

### Bilgilendirme

Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Kurumu Fine Firması tarafından sağlanan GEO5 Geoteknik Yazılım Paketini kullanmaktadır.

### Kaynaklar

Akinci, M., (2000). Güvenç Havzası Koruma Projesi Teknik Gerekçe Raporu, KHGM.

C grubu patlayıcıları ve C-4. 11.10.2020 <https://www.savunmasanayist.com/c-grubu-patlayicilari-ve-c4/> (2020).

Cömert, M. (2010). Betonarme yapıların patlamalar karşısındaki performanslarının değerlendirilmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

DSİ, Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, Nisan (2018).

Dursun, Ö. (2008). Gabion Sandık Uygulamasının Tersip Bendi ve Islah Sekilerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *DSİ 9. Bölge Müdürlüğü, Etüd ve Plan Şube Müdürlüğü, Elazığ*.

Ekermen, Nilgün. Patlayıcı ve Yüksek Patlayıcı Maddelerin Özellikleri, Sınıflandırılması ve Patlama Etkileri. Patlamadan Korunma Dökümanı Hazırlama Eğitim Programı.

Erkoç, Ö. (1998). Patlatma ile Çevreye Verilen Sarsıntılar ve Hasar Kriteri Üzerine Bir Tartışma 3.Delme ve Patlatma Sempozyumu, p. 129-139.

*Gabion duvar nedir? Gabion tel örgü- sandık duvarlar nasıl uygulanır?.* 25.02.2020 <https://insapedia.com/gabion-nedir-gabion-tel-orgu-sandik-duvarlar-nasil-uygulanir/> (2020).

Karabayır, D. (2020). 33,5-Dinitro-4-Kloro Benzonitril' den Hazırlanan Azotça Zengin Yeni Enerjik Maddelerin Termodinamik Değerlerinin Teorik ve Deneysel Değerlerinin Karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Kıcım Tel Sanayi ve Ticaret A.Ş. *Gabion sepet*. <http://www.kiciman.com/sayfa/gabion-sepet,6.php> (2013).

Koççaz, Zeynep. (2004). Patlama yüklerine dayanıklı yapı tasarımı. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Saatçi, S. (2018). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü, *TMMOB İzmir Şube*.

Toplu, E. (2020). Sismik Yalıtımlı Yapılarda Patlama Etkilerinin İncelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*.

Tosun, S. (1991). Madencilikte Patlatılacak Ortama Uygun Patlayıcı Madde Seçimi, *Madencilik Dergisi*.

Uray E. (2014). Gabion Tipi Dayanma Duvarlarında Tasarım Kriterlerinin Araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Uray, E.– Tan, Ö. (2015). “Gabion Tipi Dayanma Yapıları”, *(TMH) Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 485, 19-29.

Yılmaz, M.-Sevgi, S.-Eskici, B.-Şener & Y.S.-Eliüşük, M. (2020). Kısmen Baraj Gölü Suları Altında Kalacak Olan Hasankeyf Yamaç Külliyesinin Sağlamaştırılması, Korunması ve Sergilenmesine Yönelik Uygulamalar, *Amisos*, 5/9, 413-439.

Zakar, L.& Eyüpgiller, K. K. (2015). *Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri*, İstanbul.