

## DEPREMDE GEOTEKSTİLİN ETKİSİ

Ezgi UYGUNER<sup>1,\*</sup>, Nazile URAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

\* Sorumlu yazar; E-Mail: [uygunerezgi@gmail.com](mailto:uygunerezgi@gmail.com)

**Özet** – Genellikle donatı amaçlı kullanılan geosentetikler inşaat mühendisliği uygulamalarında farklı amaçlarla da kullanılmaktadır. Bir geosentetik malzeme türü olan geotekstil malzeme klasik çözümlerin yerine ya da klasik çözümler ile beraber birlikte kullanılarak daha ekonomik, ergonomik ve faydalı bir çözüm sağlanmasına katkıda bulunmuşlardır. Bu nedenle, son yıllarda geoteknik mühendisliği alanında giderek yaygınlaşan ve geniş uygulama alanı bulan bir malzeme türüdür. Hammaddesi poli (çok) ve meras (parçalı) sözcüklerinin birleşimi ile oluşmuş polimerden oluşan geosentetik ürünlerde polimer ağırlığı arttıkça dayanım, uzayabilme kabiliyeti, darbe dayanımı, gerilme çatlağı dayanımı, ısıya karşı direnç gibi nitelikler artarken; işlenebilme özelliği azalmaktadır. Bu çalışmada, bir geotekstil malzeme türü olan birincil işlevi zeminleri ve benzeri malzemeleri güçlendirmek için kullanılan, zemin içerisinde çekme bölgelerinde oluşan gerilmeyi taşımak için çeşitli polimerlerden üretilen ve yüksek dayanıma sahip geogrid malzeme kullanılarak statik ve dinamik (deprem) yük altındaki zemin profilinin ve üzerindeki yapının bu etki karşısındaki davranışı Plaxis 2D sonlu elemanlar programı kullanılarak incelenmiştir. İki farklı zemin modellemesi yapılmıştır. İlk modellemede, geogridsiz statik ve dinamik (deprem) yük altındaki zemin profilinin ve üzerindeki yapının davranışı analiz edilmiştir. İkinci modellemede ise, geogrid malzeme kullanılarak zemin profilinin ve üzerindeki yapının davranışı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kıyaslanarak bir geosentetik türü olan geogrid malzemenin zemin dinamiğine katkısı incelenmiştir.

*Anahtar Kelimeler – Geotekstil, Zemin Dinamiği, Statik Etki, Mühendislik Uygulamaları, Plaxis 2D.*

## 1. GİRİŞ

Zemin özellikleri ve zemin dolgularının istenilen niteliklerde olmaması durumunda zeminin veya zemin dolgularının istenilen nitelikleri yerine getirmesi için derin temeller, kazıklı temeller, enjeksiyon, konsolide olana kadar beklemek gibi seçeneklerde uygulanabilir [7]. Fakat bunların hepsi ya zaman alıcı ya da pahalıdır bu nedenle daha ekonomik ve ergonomik bir çözüm yöntemi olan geotekstil malzemeler kullanılmaktadır. Geotekstil ürünler deprem etkisinin azaltılmasında da önemli bir yere sahiptir. Geotekstiller, noktasal yüklerin eşit olarak geniş bir alana yayılması ve oluşan gerilme kuvvetlerine mukavemet göstererek, zemin kütlelerini güçlendirebilmektedir. Zeminlerin aksine, geotekstil ürünler çekme niteliğine sahiptir. Çekme direncini ve kopmadan önce deformasyon kabiliyetini artırarak, zeminin güçlendirilmesini sağlarlar [1].

### 1.1 Plaxis 2D Sonlu Elemanlar Programı ile Bir Binanın Serbest Titreşimi ve Deprem Etkisi Altındaki Davranışının Analizinin İncelenmesi (*Investigation of the Analysis of the Behavior of a Building Under the Influence of Free Vibration and Earthquake with the Plaxis 2D Finite Element Program*).

Plaxis 2D sonlu elemanlar programı kullanılarak deprem yükü altında Şekil 1’ de verilen beş kat ve bodrum kattan oluşan yapının ve üzerinde bulunduğu zemin profiline dinamik etki altında geogrid ürün yerleştirilmeden ve belirli katmanlara geogrid ürün yerleştirilmesi arasındaki farkların analizi yapılmıştır. Yapı zemin yüzeyinden 13 m yükseklikte ve 3 m derinlikte bir bodrum katına sahip ve 12 m genişliğindedir. Zeminin ve duvarların ağırlığı olarak  $7 \text{ kN/m}^2$  değeri alınmıştır. Bina yumuşak ve zayıf bir yapıya sahip kil tabakası (CH) üzerine inşa edilmiştir. Ayrıca Şekil 1’ de görülebileceği üzere 12 m boyutundaki kil tabakasının altında yer alan 18 m boyutundaki çakıl (GW) tabakası dikkate alınacaktır. Tablo 1’de yapının üzerinde bulunduğu zemin profillerinin

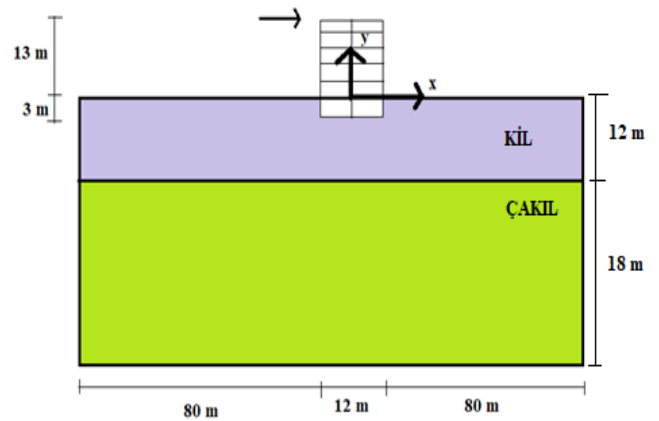
teknik özellikleri verilmiştir. Kullanılan geogrid malzemenin teknik özellikleri ise Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 1. Binanın üzerine inşa edildiği zemin tiplerinin deneyde kullanılacak parametreleri. [2].

Parametre	İsim	Kil	Çakıl	Birim
Malzeme Modeli	Model 1	MC	MC	-
Davranış Türü	Tip	Drenajsız	Drenajlı 1	-
Birim hacim ağırlık	$\gamma_k$	13.5	21	$\text{kN/m}^2$
Birim hacim ağırlık	$\gamma_d$	13.5	25	$\text{kN/m}^2$
Yatay permeabilite	$k_s$	$1 \times 10^{-3}$	0.03	$\text{m/day}$
Düsey permeabilite	$k_v$	$1 \times 10^{-3}$	0.03	$\text{m/day}$
Young Modülü	E	2667	30000	$\text{kN/m}^2$
Poisson Oranı	$\nu$	0.33	0.3	-
Kohezyon	c	8.0	0	$\text{kN/m}^2$
Sürtünme Açısı	$\phi$	20	40	-

Tablo 2. Geogrid malzemenin teknik özellikleri.

Geogrid	PP İki Eksenli Geogrid
Elastik Rijitliği (EA)	2500 $\text{kN/m}$
Uygulama Alanı	Temel inşaatı, yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Genişliği	1-6 m
Belgesi	ISO9001 IS01 4001
Uzunluk	50-100 m



Şekil 1. Deneyde kullanılacak model.

Plaxis 2D programında kullanılan deprem verisi koordinatları 39.352° K 40.957° D, büyüklüğü ML= 4.2 ve derinliği 10,0 km olan 2023-08-11 01:55:29 (UTC) tarihinde gerçekleşen Karlıova depremi verileridir.



Şekil 2. Plaxis 2D sonlu elemanlar programında analiz için kullanılacak deprem verisi [3].

### 1.1.1 Geotekstil Desteksiz Statik ve Dinamik Yük Altında Şekil 1' de Verilen Zemin Modelinin Davranışının İncelenmesi.

Şekil 1' de gösterilen model simetrik olduğu göz önünde bulundurularak modelin sadece bir yarısı alınır ve zemin yüzeyi (0, 0) noktası kabul edilmiştir. Zemin yüzeyinin altı, 12 m yumuşak ve zayıf bir yapıya sahip kil tabakasına (CH) ve 18 m sağlam bir çakıl (GW) tabakasına bölünmüştür. Tablo 1' de verilen bilgilere göre malzeme veri setleri sondaj deliğinde karşılık gelen zemin katmanlarına atanır. Yapı beş kat ve bodrum kattan oluşmaktadır, zemin yüzeyinden 13 m yükseklikte ve 3 m derinlikte bir bodrum katına sahip ve 12 m genişliğinde, zeminin ve duvarların ağırlığı 7 kN/m<sup>2</sup> dir. Tablo 3' de binanın malzeme (plaka) özellikleri ve Tablo 4' de düğümnden düğüme ankrajın malzeme özellikleri verilmiştir.

Tablo 3. Bina malzeme özellikleri (plaka özellikleri) [6].

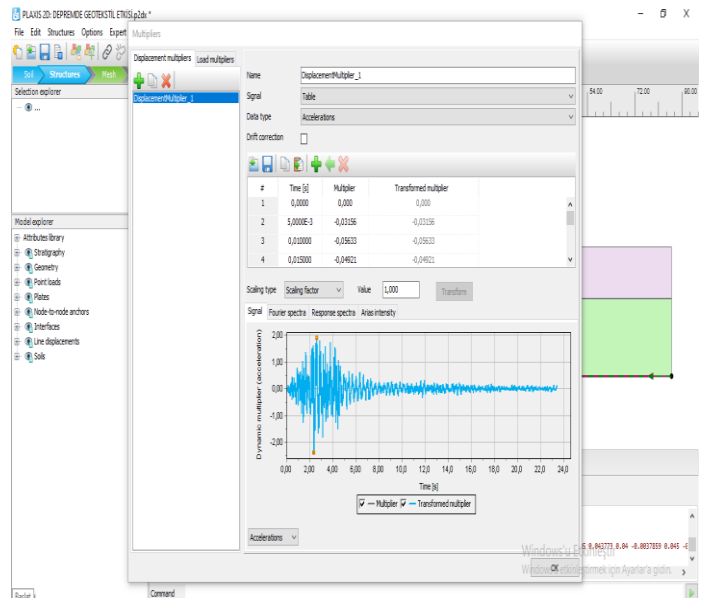
Parametre	İsim	Yapı	Bodrum	Birim
<b>Genel</b>				
Malzeme Tipi	-	Elastik	Elastik	-
Ağırlık	w	10	20	kN / m / m

Giriş Metodu	-	Doğrudan	Doğrudan	-
Rayleigh $\alpha$	-	0.2320	0.2320	-
Rayleigh $\beta$	-	$8.0 \times 10^{-3}$	$8.0 \times 10^{-3}$	-
Delinmeyi Önleme	-	Yok	Yok	-
<b>Mekanik</b>				
İzotropik	-	Var	Var	-
Eksenel Sertlik	EA <sub>1</sub>	$9 \times 10^6$	$12 \times 10^6$	kN / m
Bükülme Sertliği	EI	$67.5 \times 10^3$	$160 \times 10^3$	kNm <sup>2</sup> / m
Poisson Oranı	$\nu$	0	0	-

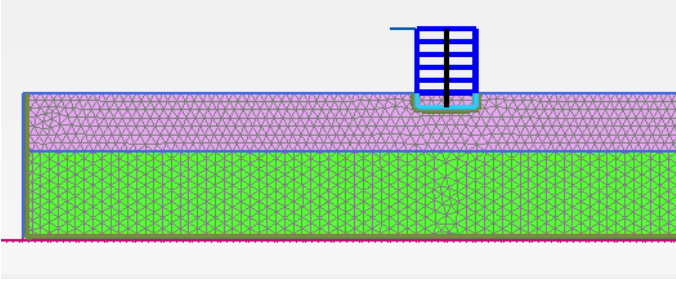
Tablo 4. Düğümnden düğüme ankrajın malzeme özellikleri [6].

Parametre	İsim	Kolon	Birim
Malzeme Tipi	Tip	Elastik	-
Düzlem Dışı Boşluk	Laralık	3	m
Eksenel Sertlik	EA	$2.5 \times 10^6$	kN

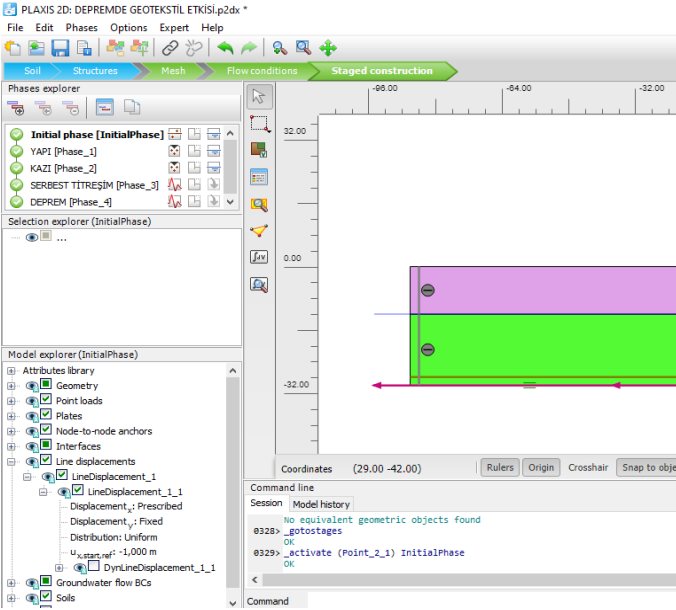
Analizde kullanılan ankrajın teknik özellikleri Tablo 4' de verilmiştir. Deprem verisini Şekil 3' de gösterildiği gibi Plaxis 2D sonlu elemanlar programına tanımlanmıştır. Modelin geometrisi Şekil 4' de ve oluşturulan ağ Şekil 5' de verilmiştir.



Şekil 3. Bingöl (Karlıova) deprem ivmesinin programa tanımlanması [5].

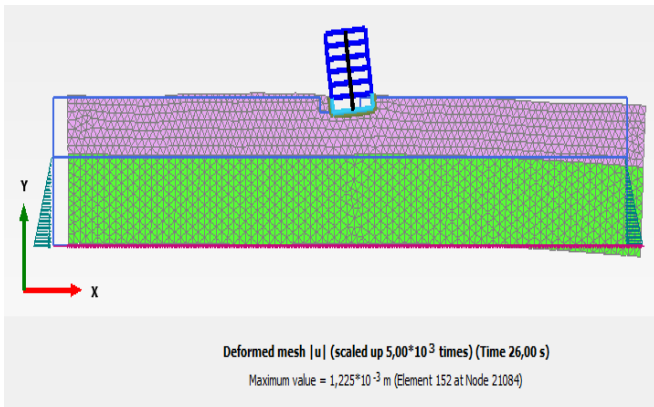


Şekil 4. Meshleme işlemi [5].

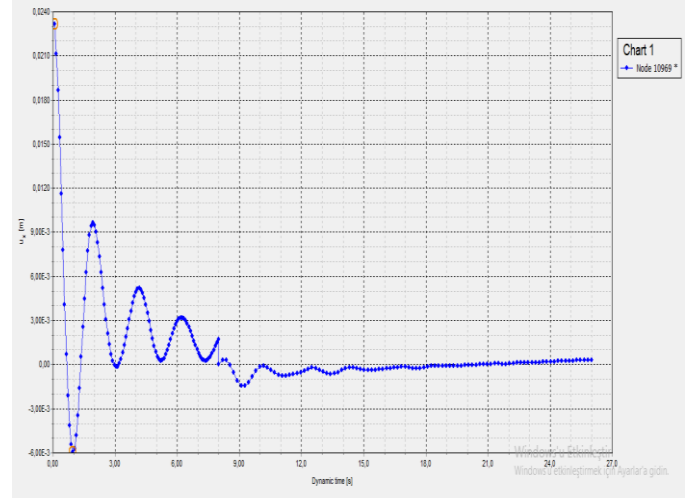


Şekil 5. Modellemenin tamamlanması ve analiz aşamasına geçilmesi [5].

Analiz işlemi, başlangıç koşulları aşaması, yapı inşaatının simülasyonu, yükleme, serbest titreşim analizi ve deprem analizinden oluşmuştur. Analiz sonunda deformasyon miktarı Şekil 6' da ve deprem etkisi sonucu x yönünde gerçekleştirdiği yerdeğiştirme Şekil 7' de verilmiştir.



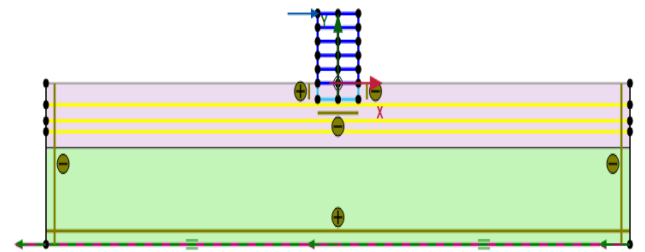
Şekil 6. Deprem etkisi sonucu zemin profilinde oluşan toplam yerdeğiştirme miktarı [5].



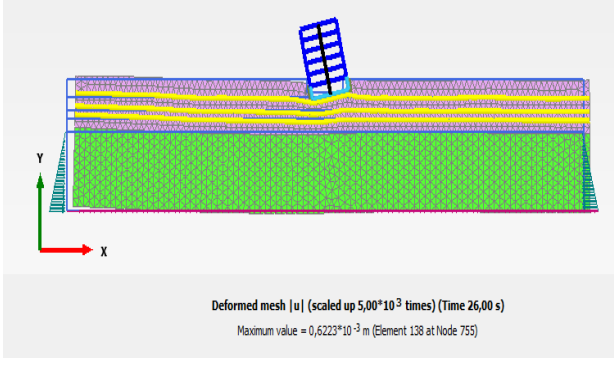
Şekil 7. Deprem etkisi sonucu yapının yatay doğrultuda oluşturduğu yerdeğiştirme davranışı [5].

### 1.1.2 Geotekstil Destekli Statik ve Dinamik Yük Altında Şekil 1'de Verilen Zemin Modelinin Davranışının İncelenmesi.

Zeminin taşıma gücünün artırılması, oturma ve deformasyonun en aza indirilmesi için geogrid donatılı zemin modeli oluşturulmuştur. Deney yapılırken işlem adımları geogridsiz tasarımla aynıdır, sadece farklı olarak geogrid malzeme kullanılmıştır. Kullanılan geogrid'in teknik özellikleri Tablo 2' de verilmiştir. Şekil 1' de verilen zemin modelinin Şekil 7' de gösterildiği gibi bodrum kattan 1 m aşağısına ilk geogrid daha sonra 2 m aralıkla kil tabakasına 3 sıra kısmına geogrid malzeme yerleştirilmiştir.. Geogrid kullanılmasıyla zemin profilinde oluşan yer değıştirme miktarı Şekil 8' de gösterilmiştir.



Şekil 7. Zemin modeline geogrid malzemelerin yerleştirilmesi [5].



Şekil 8. Deprem etkisi sonucu geogrid malzeme kullanılması sonucu zemin profilinde oluşan toplam yerdeğiştirme miktarı [5].

Tablo 5. Bu çalışmada tek bir deprem yükü esas alınarak (Karlıova) geogrid malzeme kullanılarak ve kullanılmadan yapılan deneyler sonucu elde edilen nümerik değerler.

Üzerinde Yapı Bulunan Zemin Profillerinin Statik Yük Altında Davranışı		
Analiz	Geogridsiz	Geogridli
Deformasyon (cm)	$0,4509 \times 10^{-3}$	$0,1920 \times 10^{-3}$
Üzerinde Yapı Bulunan Zemin Profillerinin Dinamik Yük Altında Davranışı		
Analiz	Geogridsiz	Geogridli
Deformasyon (cm)	$1,225 \times 10^{-3}$	$0,6223 \times 10^{-3}$

## 2. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Deprem günümüzün en önemli problemidir ve sağlam yapılar yapmak ekonomik, ergonomik, maddi, manevi açıdan birçok fayda sağlamaktadır. Bu nedenle son yıllarda kullanımı giderek artan bir geosentetik ürün çeşidi olan geogrid malzemenin zemin profilinde gerçekleşen deformasyon, boşluk suyu basıncı, efektif ve toplam gerilmelere etkisi analiz edilmiştir. Bu çalışmada, beş kat ve bodrum kattan oluşan yapının, zemin yüzeyinden 13 m yükseklikte ve 3 m derinlikte bir bodrum katına sahip ve 12 m genişliğinde, zeminin ve duvarların ağırlığı olarak  $7 \text{ kN/m}^2$  değeri olan ve üzerinde bulunduğu zemin katmanlarının üst katmanı yumuşak ve zayıf bir kil (CH) tabakasından, alt tabakası ise sağlam bir çakıl (GW) tabakasından oluşan yapının statik ve dinamik yük etkisi altında geogridli ve geogridsiz davranışı analiz edilmiştir. Analiz sonucunda 3 metre derinlikteki bodrum kat seviyesin 1 m aşağısına ve 2' şer metre aralıklar ile kil tabakasına toplam 3 sıra geogrid malzeme yerleştirilmiştir. Geogrid malzemeler yumuşak zeminlere yerleştirildiğinde tam verim

Geogrid desteksiz ve geogrid destekli statik ve dinamik yük altında oluşturulan zemin modellerinin analizi yapılmış ve Tablo 5' de deformasyon değerleri verilmiştir.

verememektedir fakat yine de analiz sonucunda deprem etkisine olumlu katkı sağladığı, zeminin taşıma gücünü arttırmada ve deformasyonu azaltmada önemli katkısı olduğu görülmüştür. Deneyler sonlu elemanlar yöntemine dayanan Plaxis 2D bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılmıştır ve oluşturulan modellerin sonuçları Tablo 5' de verilmiş ve geosentetik malzeme çeşidi olan geogrid malzeme ile yapılan modellemelerde; statik ve dinamik durumda geogridli zemin modelinde deformasyonun daha küçük değerde olduğu görülmüştür. Böylelikle, geogridlerin zemine serildiklerinde statik ve dinamik etki altında zeminin deformasyonuna olumlu katkıda bulunduğu görülmüştür.

Geotekstil ürünler birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; suya doygun kumlu ortamlarda depremle oluşabilecek sıvılaşmaya karşı, statik ve dinamik şev stabilitesini sağlamak amacıyla, şevlerde ve duvarlarda sismik etkilere karşı, demiryolu alt yapısında güçlü dinamik etkilere karşı, temel altı zemininin yeterli bir kısmının iyileştirilmesinde, statik ve dinamik taşıma gücünün

arttırılmasında, drenajlı önyükeme projelendirilmesinde, kum kazık ve drenaj battaniyesi yerine fitil dren ve geotekstil kullanımı önemli derecede avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada yapılan modellerde, geogridin zemin deformasyonuna olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca, mühendislik projelerinin tasarım aşamasında deformasyonların kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalması için çeşitli alternatifler deneyerek en uygun ve en ekonomik çözümün elde edilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Akyıldız H. M., Geosentetik Türlerinin İnşaat Mühendisliğindeki Uygulamaları ve Sağladığı Kolaylıklar, DÜMF Mühendislik Dergisi, Araştırma Makalesi, Diyarbakır, 2019.
- [2] De Groot, M. B., Den Hoedt, G., & TerMaat, R. J. (Eds.). (1996). Geosentetik: Uygulamalar, Tasarım ve İnşaat. AA Balkema.
- [3] [Deprem Tehlikeleri Programı | ABD Jeolojik Araştırmaları \(usgs.gov\)](https://www.usgs.gov/)
- [4] TÜRKÖZ, M., DERS NOTLARI, Eskişehir, 2017.
- [5] Plaxis 2D sonlu elemanlar programı.
- [6] Plaxis 2D – Tutorial Manual.
- [7] Wasti, Y., 1992, inşaat Mühendisliğinde Geotekstil ve Geomembran Uygulamaları Eğitim Semineri, 98 s.