

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEOTEKSTİLLERİN ZEMİN DAVRANIŞINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EZGİ TUĞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. NAZİLE URAL

BİLECİK, 2024

10684465

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEOTEKSTİLLERİN ZEMİN DAVRANIŞINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EZGİ TUĞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. NAZİLE URAL

BİLECİK, 2024

10684465

BEYAN

‘Geotekstillerin Zemin Davranışına Etkisi’ adlı yüksek lisans tezi 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 sunulmadığımı, 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.			
DESTEK ALINMIŞTIR		DESTEK ALINMAMIŞTIR	X
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/.....	

Ezgi TUĞ

Tarih

İmza

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmamda, çalışmamı sahiplenerek takip eden ve savunma proje sunumu sırasında çalışmamın son haline gelmesindeki değerli katkıları adına danışmanım Sayın Prof. Dr. Nazile URAL hocama teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak bu günlere ulaşmamdaki emekleri adına değerli aileme ve eşime teşekkür ederim.

Ezgi TUĞ

2024



ÖZET

GEOTEKSTİLLERİN ZEMİN DAVRANIŞINA ETKİSİ

Geotekstiller, zeminle birlikte kullanıldığında ayırma, filtreleme, güçlendirme, koruma veya tahliye etme özelliğine sahip olan geçirgen kumaşlardır. Genellikle donatı amaçlı kullanılan geosentetikler inşaat mühendisliği uygulamalarında farklı amaçlarla da kullanılmaktadır. Bir geosentetik malzeme türü olan geotekstil klasik çözümlerin yerine ya da klasik çözümler ile birlikte kullanılarak daha ekonomik, ergonomik ve faydalı bir çözüm sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda geoteknik mühendisliği alanında giderek yaygınlaşan ve geniş uygulama alanı bulan bir malzeme türü olmuştur. 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, çeşitli polimerlerden üretilen ve yüksek dayanıma sahip geotekstil kullanılarak statik ve deprem yükü altındaki zemin profilinin ve üzerindeki yapının bu etki karşısındaki davranışı Plaxis 2D sonlu elemanlar programı kullanılarak incelenmiştir. Bu kapsamda, geotekstil malzeme kullanılarak ve kullanılmadan, dinamik yük uygulanan zemin modellerinde analizler yapılmış ve sonuçta deformasyon miktarları elde edilmiştir. Analiz sonuçlarının karşılaştırılmasıyla, geotekstil kullanımının olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiş olup geoteknik mühendisliği ile ilgili problemlerin çözümlerinde geleneksel yöntemlerin yerine kullanılabileceği görülmüştür. Ayrıca geotekstil malzemelerin kullanımı, sürdürülebilirliğin çok önemli olduğu günümüzde kolay uygulanabilir olması ve uzun ömürlü olması nedeniyle önem kazanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geotekstil, statik etki, dinamik etki, mühendislik uygulamaları, Plaxis 2D.

ABSTRACT

EFFECT OF GEOTEXTILES ON SOIL DYNAMICS

Geotextiles are permeable fabrics that can separate, filter, reinforce, protect, or evacuate when used with soil. Geosynthetics, generally used for reinforcement purposes, are also used in civil engineering applications. Geotextile, which is a type of geosynthetic material, contributes to providing a more economical, ergonomic, and useful solution by using it instead of classical solutions or together with classical solutions. Therefore, in recent years, it has become a type of material that has become increasingly common in the field of geotechnical engineering and has found a wide field of application, in geosynthetic products consisting of polymer, whose raw material is a combination of the words poly (many) and meras (partial), as the weight of the polymer increases, properties such as strength, elongation, impact resistance, tensile crack resistance, resistance to heat increase, and workability decreases. In this study, the behavior of the soil profile under static and earthquake load and the structure on it against this effect using high-strength geotextile made of various polymers was studied using the Plaxis 2D finite element program. In this context, analyses were performed on soil models with dynamic load applied and without using geotextile material, and the deformation amounts were obtained as a result. By comparing the results of the analysis, it was observed that the use of geotextile has a positive effect, and it was seen that it can be used instead of traditional methods in solving problems related to geotechnical engineering. In addition, the use of geotextile materials has gained importance due to its easy application and longevity, where sustainability is very important.

Keywords: Geotekstil, static effect, dynamic effect, engineering applications, Plaxis 2D.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xxv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Durumu	1
1.2. Tezin Amacı	1
1.3. Sonuç.....	2
2. GEOSENTETİKLER	3
2.1. Geosentetiklerin Özellikleri.....	3
2.2. Geosentetiklerin Kullanım Alanları	4
2.3. Geosentetik Malzemelerin İşlevleri.....	12
2.4. Geosentetik Malzemelerin Mühendislik Özellikleri ve Malzemeleri Çevre Şartlarına Karşı Dayanımının Test Edilmesi İçin Kullanılan Aletler ve Deneyler	16
2.5. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	23
3. PLAXİS 2D SONLU ELEMANLAR PROGRAMI İLE MODELLEME	27
3.1. Plaxis 2D Sonlu Elemanlar Programı.....	27
3.2. KARAYOLLARINDA GEOSENTETİK MALZEME KULLANIMI İLE İLGİLİ MODELLEME ÇALIŞMALARI	33
3.2.1. Geotekstil Desteksiz Statik ve Dinamik Yük Analizi.....	34
3.3. Zemin Profilinin Katmanları Değiştirilerek Statik ve Dinamik Yük Altında Karayolu Dolgusunun Davranışının İncelenmesi	68

4. ŞEV STABİLİTESİNDE GEOSENTETİK MALZEME KULLANIMI İLE İLGİLİ MODELLEME ÇALIŞMALARI	97
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	184
KAYNAKÇA	186



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Yaygın olarak kullanılan geosentetik reçine türleri ve bunların yaklaşık ağırlık yüzdesi formülasyonları	5
Tablo 2.2. Geosentetik üretiminde polimer yapıları ve özelliklerinin dereceleri (D:Düşük, O:Orta, Y:Yüksek)	7
Tablo 2.3. Geosentetik ürünlerin uygulama alanları ve işlevleri.....	13
Tablo 2.4. Geosentetik ürün çeşitleri ve işlevleri	13
Tablo 2.5. Polimerlerin özgül ağırlıkları	17
Tablo 2.6. Güvenlik sayılarının tipik değerleri.....	22
Tablo 3.1. Yol dolgusu inşaatında kullanılacak malzeme modeli ile ilgili parametreler	33
Tablo 3.2. Analizde kullanılacak dinamik yük özellikleri.....	34
Tablo 3.3. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	38
Tablo 3.4. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	40
Tablo 3.5. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	41
Tablo 3.6. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	43
Tablo 3.7. Analizde kullanılacak dinamik yük özellikleri.....	69
Tablo 4.1. Zemin profilinin malzeme özellikleri.....	101
Tablo 4.2 Analizde kullanılacak dinamik yük özellikleri.....	101
Tablo 4.3. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	103
Tablo 4.4. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	105
Tablo 4.5. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	106
Tablo 4.6. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	108
Tablo 4.7. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri	109

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Geosentetik ürünlerin genel özelliklerine göre sınıflandırılması.....	3
Şekil 2.2. (a) Örgülü (woven fabric-weave pattern is visible) geotekstilller, (b) Örgüsüz (Non-woven fabric- fibres are randomly oriented) geotekstilller	4
Şekil 2.3. Su değişiminden kaynaklı heyelana karşı geonet kullanımı	8
Şekil 2.5. Geosentetik kılıflı taş kolon.....	10
Şekil 2.6. Dayanıklılık ve çekme mukavemeti bakımından iyi olan ayırma, koruma, drenaj, filtrasyon, güçlendirme gibi amaçlar için kullanılan Fibertex Geotekstil örneği	11
Şekil 2.7. İçerisi zemin, kaya ya da betonla doldurulmuş üç boyutlu petek tarzı elaman olan geocell (geohücre) örneği.....	12
Şekil 2.8. İnce ve iri daneli malzemeleri ayırmak için geotekstil kullanımı.....	14
Şekil 2.9. Geosentetiklerle zemin güçlendirmesi.....	15
Şekil 2.10. Şekilde yatık donatısız bir şev ile daha dik donatılı bir şev maliyet açısından karşılaştırılması.....	15
Şekil 2.11. Geosentetik şerit üzerinde suyun akış yönü (permitivite)	18
Şekil 2.12. Geosentetik şerit üzerinden suyun akış yönü (transmisivite)	19
Şekil 2.13. Geotekstillerde kalınlık değişimine bağlı permeabilite ve transmissivite değişimi	20
Şekil 3.1. Yol dolgu inşaatı zemin profili	33
Şekil 3.2. Dinamik yük verilerinin Plaxis 2D sonlu elemanlar programına girilmesi	34
Şekil 3.3. Tercih edilen meshleme seçenekleri	35
Şekil 3.4. Farklı meshleme seçeneklerindeki deformasyonlar (a) very coarse (b) coarse (c) medium (d) fine, (e) very fine.	36
Şekil 3.5 Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan deformasyon.....	37
Şekil 3.6. Dinamik yük yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan toplam gerilme	37
Şekil 3.7. Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan boşluk suyu	37
Şekil 3.8. Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan toplam efektif gerilme.....	37

Şekil 3.9. Geotekstil malzeme yerleştirilmiş zemin modeli.....	38
Şekil 3.10. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	38
Şekil 3.11. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	39
Şekil 3.12. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	39
Şekil 3.13. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	39
Şekil 3.14. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	40
Şekil 3.15. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	40
Şekil 3.16. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	40
Şekil 3.17. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	41
Şekil 3.18. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	41
Şekil 3.19. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	42
Şekil 3.20. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	42
Şekil 3.21. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	42
Şekil 3.22. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	43
Şekil 3.23. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	43
Şekil 3.24. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	43
Şekil 3.25. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	44
Şekil 3.26. Yer ivmesi kayıt bileşenlerinin ivme spektrumlarının %5 sönüm oranında gösterimi.....	44
Şekil 3.27. 14 Haziran 2020 Karlıova-Bingöl depremi bileşenlerinin ivme kayıtları (Mw 5.8)	45
Şekil 3.28. Deprem yükünün programa tanımlanması.....	45
Şekil 3.29. Deprem yükü altında davranış a) geotekstil desteksiz ve b) geotekstil destekli....	46
Şekil 3.30. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan deformasyon b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon.....	46
Şekil 3.31. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme	47

Şekil 3.32. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu	47
Şekil 3.33. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme.....	48
Şekil 3.34. Kocaeli Depremi'ne ait P1096 numaralı ölçeklenmiş kaydın (DZC180) ivme, hız, deformasyon, spektral ivme, spektral hız ve spektral deformasyon şekilleri.....	49
Şekil 3.35. Kocaeli Depremi'ne ait P1096 numaralı orijinal kayıt (DZC180) ve α AT katsayısı ile ölçeklenmiş kayıt.....	49
Şekil 3.36. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon.....	50
Şekil 3.37. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme	50
Şekil 3.38. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu	51
Şekil 3.39. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme.....	51
Şekil 3.40. Zemin profilinden 1 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	52
Şekil 3.41. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	52
Şekil 3.42. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	52
Şekil 3.43. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	52
Şekil 3.44. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	53
Şekil 3.45. Zemin profilinden 3 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	53
Şekil 3.46. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	53
Şekil 3.47. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	54
Şekil 3.48. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	54
Şekil 3.49. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	54
Şekil 3.50. Zemin profilinden 5 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	55
Şekil 3.51. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	55

Şekil 3.52. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	55
Şekil 3.53. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	55
Şekil 3.54. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	56
Şekil 3.55. Zemin profilinden 7 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	56
Şekil 3.56. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	56
Şekil 3.57. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	57
Şekil 3.58. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	57
Şekil 3.59. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	57
Şekil 3.60. Zemin profilinden 9 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	58
Şekil 3.61. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	58
Şekil 3.62. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	58
Şekil 3.63. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	58
Şekil 3.64. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	59
Şekil 3.65 Zemin profilinden 11 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	59
Şekil 3.66. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	59
Şekil 3.67. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	60
Şekil 3.68. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	60
Şekil 3.69. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	60
Şekil 3.70. Zemin profilinden 13 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	61
Şekil 3.71. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	61
Şekil 3.72. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	61
Şekil 3.73. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	61
Şekil 3.74. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	62
Şekil 3.75. Yol dolgusuna 0,5' er metre aralıklarla geotekstil malzemenin yerleştirilmesi	62
Şekil 3.76. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	62
Şekil 3.77. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	63

Şekil 3.78. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	63
Şekil 3.79. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	63
Şekil 3.80. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi	64
Şekil 3.81. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	64
Şekil 3.82. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	64
Şekil 3.83. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	64
Şekil 3.84. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	65
Şekil 3.85. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi	65
Şekil 3.86. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	65
Şekil 3.87. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	66
Şekil 3.88. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	66
Şekil 3.89. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	66
Şekil 3.90. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi	67
Şekil 3.91. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	67
Şekil 3.92. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	67
Şekil 3.93. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	67
Şekil 3.94. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	68
Şekil 3.95. Analizde kullanılacak zemin modeli.....	68
Şekil 3.96. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	69
Şekil 3.97. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	69
Şekil 3.98. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	69
Şekil 3.99. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	69
Şekil 3.100. Geotekstil donatılı zemin modeli	70
Şekil 3.101. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	70
Şekil 3.102. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	70
Şekil 3.103. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	71

Şekil 3.104. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	71
Şekil 3.105. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	71
Şekil 3.106. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	72
Şekil 3.108. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	72
Şekil 3.109. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	73
Şekil 3.110. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	73
Şekil 3.111. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	73
Şekil 3.112. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	73
Şekil 3.113. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	74
Şekil 3.114. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	74
Şekil 3.115. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	74
Şekil 3.116. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	75
Şekil 3.117. Deprem yükü altında dolgunun davranışı (a) Geotekstil desteksiz (b) Geotekstil destekli	75
Şekil 3.118. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan deformasyon b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon.....	76
Şekil 3.119. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme	76
Şekil 3.120. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu	77
Şekil 3.121. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme	77
Şekil 3.122. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan deformasyon b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon.....	78
Şekil 3.123. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme	79
Şekil 3.124. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu	79

Şekil 3.125. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b)	
Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme	80
Şekil 3.126. Zemin profilinden 1 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	80
Şekil 3.127. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	80
Şekil 3.128. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	81
Şekil 3.129. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	81
Şekil 3.130. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	81
Şekil 3.131. Zemin profilinden 3 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	82
Şekil 3.132. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	82
Şekil 3.133. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	82
Şekil 3.134. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	82
Şekil 3.135. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	83
Şekil 3.136. Zemin profilinden 5 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	83
Şekil 3.137. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	83
Şekil 3.138. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	84
Şekil 3.139. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	84
Şekil 3.140. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	84
Şekil 3.141. Zemin profilinden 7 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	85
Şekil 3.142. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	85
Şekil 3.143. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	85
Şekil 3.144. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	85
Şekil 3.145. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	86
Şekil 3.146. Zemin profilinden 9 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	86
Şekil 3.147. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	86
Şekil 3.148. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	87
Şekil 3.149. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	87

Şekil 3.150. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	87
Şekil 3.146. Zemin profilinden 11 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	88
Şekil 3.147. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	88
Şekil 3.148. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	88
Şekil 3.149. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	88
Şekil 3.150. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	89
Şekil 3.151. Zemin profilinden 13 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor.....	89
Şekil 3.152. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	89
Şekil 3.153. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	90
Şekil 3.154. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	90
Şekil 3.155. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	90
Şekil 3.156. Yol dolgusuna 0,5' er metre aralıklarla geotekstil malzemenin yerleştirilmesi ..	91
Şekil 3.157. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	91
Şekil 3.158. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	91
Şekil 3.159. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	91
Şekil 3.160. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	92
Şekil 3.161. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi	92
Şekil 3.162. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	92
Şekil 3.163. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	93
Şekil 3.164. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	93
Şekil 3.165. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	93
Şekil 3.166. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi	94
Şekil 3.167. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	94
Şekil 3.168. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	94
Şekil 3.169. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	94
Şekil 3.170. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	95

Şekil 3.171. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi	95
Şekil 3.172. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	95
Şekil 3.173. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	96
Şekil 3.175. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	96
Şekil 4.1. Sağlam temeller üzerinde dik toprak bentleri stabilize etmek için çeşitli Geotekstil yerleştirme planları.....	97
Şekil 4.2. Kayma dairesi	99
Şekil 4.3. Drenajsız koşullarla temsil edilen zemin mukavemeti için dairesel yay şev stabilitesi analizinin detayları.....	99
Şekil 4.4. Şev stabilitesi analizi için oluşturulan zemin profili.....	100
Şekil 4.5. Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan deformasyon.....	102
Şekil 4.6. Dinamik yük altında kullanımıyla oluşan toplam gerilme.....	102
Şekil 4.7. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	102
Şekil 4.8. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	102
Şekil 4.9. Eşit uzunluklarda ve eşit aralıklar ile şeve geotekstil malzeme yerleştirilmesi.....	103
Şekil 4.10. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	103
Şekil 4.11. Dinamik yük altında kullanımıyla oluşan toplam gerilme.....	104
Şekil 4.12. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	104
Şekil 4.13. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	104
Şekil 4.14. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	105
Şekil 4.15. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	105
Şekil 4.16. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	105
Şekil 4.17. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	106
Şekil 4.18. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	106
Şekil 4.19. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	107
Şekil 4.20. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	107
Şekil 4.21. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	107

Şekil 4.22. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	108
Şekil 4.23. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	108
Şekil 4.24. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	108
Şekil 4.25. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	109
Şekil 4.26. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	109
Şekil 4.27. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	110
Şekil 4.28. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	110
Şekil 4.29. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	110
Şekil 4.30. Deprem yükü etkisi altında zemin davranışı (a) Geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz	111
Şekil 4.31. Deprem yükü altında oluşan deformasyon a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	111
Şekil 4.32. Deprem yükü altında oluşan toplam gerilme a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	112
Şekil 4.33. Deprem yükü altında oluşan boşluk suyu basıncı a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	112
Şekil 4.34. Deprem yükü altında oluşan efektif gerilme a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	113
Şekil 4.36 Deprem yükü altında oluşan deformasyon a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	114
Şekil 4.37. Deprem yükü altında oluşan toplam gerilme a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	114
Şekil 4.38. Deprem yükü altında oluşan boşluk suyu basıncı a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	115
Şekil 4.39. Deprem yükü altında oluşan efektif gerilme a) Geotekstil destekli b) Geotekstil destekli	115
Şekil 4.40. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyine tanımlanması.....	116
Şekil 4.41. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	116

Şekil 4.42. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	116
Şekil 4.43. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	116
Şekil 4.44. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	117
Şekil 4.45. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 m aşağıda olması.....	117
Şekil 4.46. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	117
Şekil 4.47. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	118
Şekil 4.48. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	118
Şekil 4.49. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	118
Şekil 4.50. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 22 m aşağıda olması.....	119
Şekil 4.51. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	119
Şekil 4.52. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	119
Şekil 4.53. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	119
Şekil 4.54. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	120
Şekil 4.55. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyinden 30 m aşağıda olması.....	120
Şekil 4.56. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	120
Şekil 4.57. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	121
Şekil 4.58. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	121
Şekil 4.59. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	121
Şekil 4.60. Eşit uzunluklar-farklı aralıklarda geotekstil yerleştirilmesi.....	122
Şekil 4.61. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	122
Şekil 4.62. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	122
Şekil 4.63. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	122
Şekil 4.64. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	123
Şekil 4.65. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	123
Şekil 4.66. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	123
Şekil 4.67. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	124

Şekil 4.68 . Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	124
Şekil 4.69. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	124
Şekil 4.70. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	125
Şekil 4.71. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	125
Şekil 4.72. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	125
Şekil 4.73. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	126
Şekil 4.74. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	126
Şekil 4.75. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	126
Şekil 4.76. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	126
Şekil 4.77. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	127
Şekil 4.78. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	127
Şekil 4.79. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	127
Şekil 4.80. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	128
Şekil 4.81. Deprem yükü altında zemin davranışının (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	128
Şekil 4.82. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	129
Şekil 4.83. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	129
Şekil 4.84. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	130
Şekil 4.85. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	130
Şekil 4.86. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	131
Şekil 4.87. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	132
Şekil 4.88. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	132
Şekil 4.89. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil destekli	133
Şekil 4.90. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyinde	133
Şekil 4.91. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	133
Şekil 4.92. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	134

Şekil 4.93. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	134
Şekil 4.94. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	134
Şekil 4.95. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 1 m aşağıda olması	135
Şekil 4.96. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	135
Şekil 4.97. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	135
Şekil 4.98. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	135
Şekil 4.98. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	136
Şekil 4.99. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 22 m aşağıda olması	136
Şekil 4.100. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	136
Şekil 4.101. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	137
Şekil 4.102. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	137
Şekil 4.103. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	137
Şekil 4.104. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 30 m aşağıda olması	138
Şekil 4.105. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	138
Şekil 4.106. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	138
Şekil 4.107. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	138
Şekil 4.108. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	139
Şekil 4.109. Eşit uzunluklarda ve farklı aralıklar ile şeve geotekstil yerleştirilmesi	139
Şekil 4.110. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	139
Şekil 4.111. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	140
Şekil 4.112. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	140
Şekil 4.113. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	140
Şekil 4.114. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	141
Şekil 4.115. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	141
Şekil 4.116. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu basıncı.....	141
Şekil 4.117. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	142

Şekil 4.118. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	142
Şekil 4.119. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	142
Şekil 4.120. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu basıncı.....	143
Şekil 4.121. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	143
Şekil 4.122. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	143
Şekil 4.123. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	144
Şekil 4.124. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu basıncı.....	144
Şekil 4.125. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	144
Şekil 4.126. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	145
Şekil 4.127. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	145
Şekil 4.128. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	145
Şekil 4.129. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	145
Şekil 4.130. Deprem yükü altında zemin davranışı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz	146
Şekil 4.131. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz	147
Şekil 4.132. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz	147
Şekil 4.133. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz.....	148
Şekil 4.134. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz.....	148
Şekil 4.135. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz	149
Şekil 4.136. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz	150
Şekil 4.137. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz.....	150
Şekil 4.138. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz.....	151
Şekil 4.139. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinde olması	151
Şekil 4.140. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	151
Şekil 4.141. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	152
Şekil 4.142. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	152

Şekil 4.143. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	152
Şekil 4.144. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 1 m aşağıda olması	153
Şekil 4.145. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	153
Şekil 4.146. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	153
Şekil 4.1647 Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	153
Şekil 4.148. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	154
Şekil 4.149. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 22 m aşağıda olması	154
Şekil 4.150. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	154
Şekil 4.151. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	155
Şekil 4.152. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	155
Şekil 4.153. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	155
Şekil 4.154. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 30 m aşağıda olması	156
Şekil 4.155. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	156
Şekil 4.156. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	156
Şekil 4.157. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	156
Şekil 4.158. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	157
Şekil 4.159. Bir uzun iki kısa uzunlukta ve düzensiz aralıklarla şeve geotekstil yerleştirilmesi	157
Şekil 4.160. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	157
Şekil 4.161. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	158
Şekil 4.162. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	158
Şekil 4.163. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	158
Şekil 4.164. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	159
Şekil 4.165. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	159
Şekil 4.166. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	159
Şekil 4.167. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	159

Şekil 4.168. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	160
Şekil 4.169. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	160
Şekil 4.170. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	160
Şekil 4.171. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	161
Şekil 4.172. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	161
Şekil 4.173. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	161
Şekil 4.174. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	162
Şekil 4.175. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	162
Şekil 4.176. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	162
Şekil 4.177. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	163
Şekil 4.178. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	163
Şekil 4.179. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	163
Şekil 4.180. Dinamik yük altında zemin davranışı (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli	164
Şekil 4.181. Deformasyon (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli.....	164
Şekil 4.182. Toplam gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli.....	165
Şekil 4.183. Boşluk suyu basıncı (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli	165
Şekil 4.184. Efektif gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli	166
Şekil 4.185. Deformasyon (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli.....	167
Şekil 4.186. Toplam gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli.....	167
Şekil 4.187. Boşluk suyu basıncı (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli	168
Şekil 4.188. Efektif gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli	168
Şekil 4.189. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyinde olması.....	169
Şekil 4.190. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	169
Şekil 4.191. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	169
Şekil 4.192. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	169

Şekil 4.193. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	170
Şekil 4.194. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 metre aşağı tanımlanması.....	170
Şekil 4.195. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	170
Şekil 4.196. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	171
Şekil 4.197. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	171
Şekil 4.198. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	171
Şekil 4.199. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 22 metre aşağıda olması.....	172
Şekil 4.200. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	172
Şekil 4.201. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	172
Şekil 4.202. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	172
Şekil 4.203. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	173
Şekil 4.204 Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 30 metre aşağıda olması.....	173
Şekil 4.205. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	173
Şekil 4.206. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	174
Şekil 4.207. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	174
Şekil 4.208. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	174
Şekil 4.209. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 3 metre, 5 metre ve 10 metre aşağıya yerleştirilmesi	175
Şekil 4.210. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	175
Şekil 4.211. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	175
Şekil 4.212. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	175
Şekil 4.213. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	176
Şekil 4.214. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 18 metre, 21 metre ve 26 metre aşağıya yerleştirilmesi	176
Şekil 4.215. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	176
Şekil 4.216. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	177
Şekil 4.217. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	177

Şekil 4.218. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme.....	177
Şekil 4.219. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 24 metre, 29 metre ve 34 metre aşağıya yerleştirilmesi	178
Şekil 4.220. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	178
Şekil 4.221. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	178
Şekil 4.222. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	178
Şekil 4.223. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	179
Şekil 4.224. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 5 metre, 18 metre ve 29 metre aşağıya yerleştirilmesi	179
Şekil 4.225. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon	179
Şekil 4.226. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme	180
Şekil 4.227. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu	180
Şekil 4.228. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme.....	180

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

m: metre

cm: santimetre

mm: milimetre

kN: kilonewton

kPa: kilopascal

s:saniye

t=Geomembran kalınlığı (mm)

σ_n =Depolama alanı içeriğinin uyguladığı gerilme (kPa)

x=Sarkma boyu

δ =Üst ve alt yüzeylerin geomembran ile yapmış olduğu sürtünme açısı

$\sigma_{izin verilen}$ =Müsaade edilebilir gerilme

β =Şev eğim açısı

M= Birim Alan Kütlesi

H= Çıkıntı Yüksekliği

MF_S= Çıkıntı Yüzey Şekli düzeltme katsayısı

MF_{PD}= Zemin Dane Boyutu düzeltme katsayısı

MF_A= Tabaka Kalınlığı düzeltme katsayısı

RF_{CR}= Sünme azaltma katsayısı

RF_{CBD}= Kimyasal Biyolojik bozulma azaltma katsayısı

RF_{IN}= Elastik deformasyon ya da intrüzyon azaltma katsayısı

RF_{CR}= Sünme azaltma katsayısı

RF_{CC}= Kimyasal tıkanıklık azaltma katsayısı

RF_{BC}= Biyolojik tıkanıklık azaltma katsayısı

ΔH = Yük kaybı (m)

L = Geonet uzunluğu

i =Hidrolik Eğim

n : porozite

POA: Gözenek alan yüzdesi

AOS/EOS: Görünen gözenek boyutu

Ψ :permittivite

θ :Transmissivite

γ_k : Birim hacim ağırlık (kuru)

γ_d : Birim hacim ağırlık (doymun)

E_{50}^{ref} : Young Modülü

c' : Kohezyon

ϕ' : İçsel Sürtünme Açısı

ψ' : Dilatansi Açısı

k_x : Permeabilite x-yön.

k_y : Permeabilite y-yön.

ν : Poisson oranı

R_{inter} : Ara yüzey katsayısı

K_0 : Yatay Toprak basıncı

1. GİRİŞ

Tezin bu bölümünde araştırmaya konu olan problem durumu, tezin amacı, tezin önemi ve probleme getirilen çözüm önerilerine yer verilmiştir.

1.1. Problemin Durumu

Zemin özellikleri ve zemin dolguları bazen istenilen nitelikleri yerine getirmek için yeterli dayanımda olmayabilir. Bu durumda zeminin veya zemin dolgularının istenilen nitelikleri yerine getirmesi için derin temeller, kazıklı temeller, enjeksiyon, yükleme seçeneklerde uygulanabilir. Fakat bu çözümlerin hepsi ya zaman alıcı ya da pahalıdır. Bu aşamada, geotekstillerin önemi ortaya çıkmaktadır. Geosentetik ve geotekstil ürünler asıl amaçlarının yanında başka işlevleri de yerine getirmektedirler. Örneğin güçlendirme amaçlı kullanılan bir georid malzeme ayırma işlevini de yerine getirebilir. Bu yaklaşım mühendislik uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Geotekstil seçimi kullanım amacı doğrultusunda yapılmalıdır, bu bağlamda güçlendirme amacı ile kullanılacak geotekstillerde çekme dayanımı daha yüksek geotekstil seçilmelidir. Geotekstil ürünlerde taşıma kapasitesi yenilmesi, sıyrılma, sünme, çekme kopması vs. gibi yenilmeler gerçekleşebilir. Bu nedenle dayanım tahkiki ile ilgili deneyler yapılmaktadır ve her uygulamada aynı tip geotekstil ürünü kullanılmamalı ve uygulamanın durumuna uygun geotekstil kullanılmalıdır. Genellikle inşaat projelerinde kullanılan geotekstil ürünler demiryolu işlerinde, çamur kontrolü için tarımda, drenaj filtreleme işleminde, nehir, kanallar ve kıyı işlerinde kullanılmaktadır. Kısaca, zemin problemleriyle ilgili sorunların klasik yöntemlerle çözülmesinin yanısıra yeni nesil çözüm yöntemlerinden olan geotekstil kullanılması çözümü daha ekonomik ve ergonomik yapabilmektedir.

1.2. Tezin Amacı

Geotekstiller birçok uygulama alanında klasik çözümlerin yerine ya da klasik çözümler ile beraber kullanılarak daha ekonomik, ergonomik ve faydalı bir çözüm sağlanmasına katkıda bulunmuşlardır. Geotekstillerin zemin dinamiğine etkisinin araştırılması için statik yük ve dinamik yük etkisi altında, geotekstilli ve geotekstilsiz, farklı yeraltı suyu derinliklerinde tasarlanarak Plaxis 2D sonlu elemanlar programında modellenerek analizleri yapılmış ve karşılaştırma yapılmıştır.

1.3. Sonuç

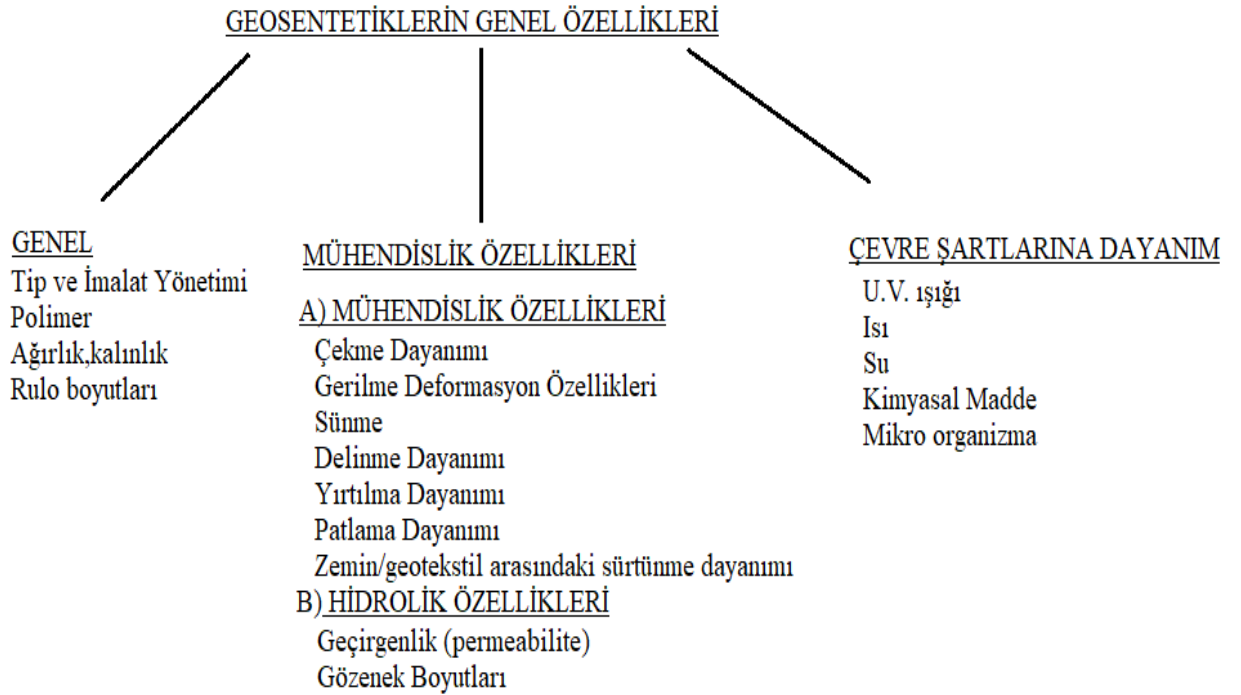
Sonuç olarak, statik ve dinamik yük etkisi altındaki farklı zemin profilleri, geotekstilli ve geotekstilsiz, farklı yeraltı suyu derinliklerinde, geotekstil malzemelerin farklı şekillerde konumlandırılmasıyla Plaxis 2D sonlu elemanlar programında analiz edilmiştir. Ayrıca, geotekstil malzemenin elastik rijitliği değıştirilerek deformasyonu azaltmak için en uygun tasarım modeline karar verilmiştir.



2. GEOSENTETİKLER

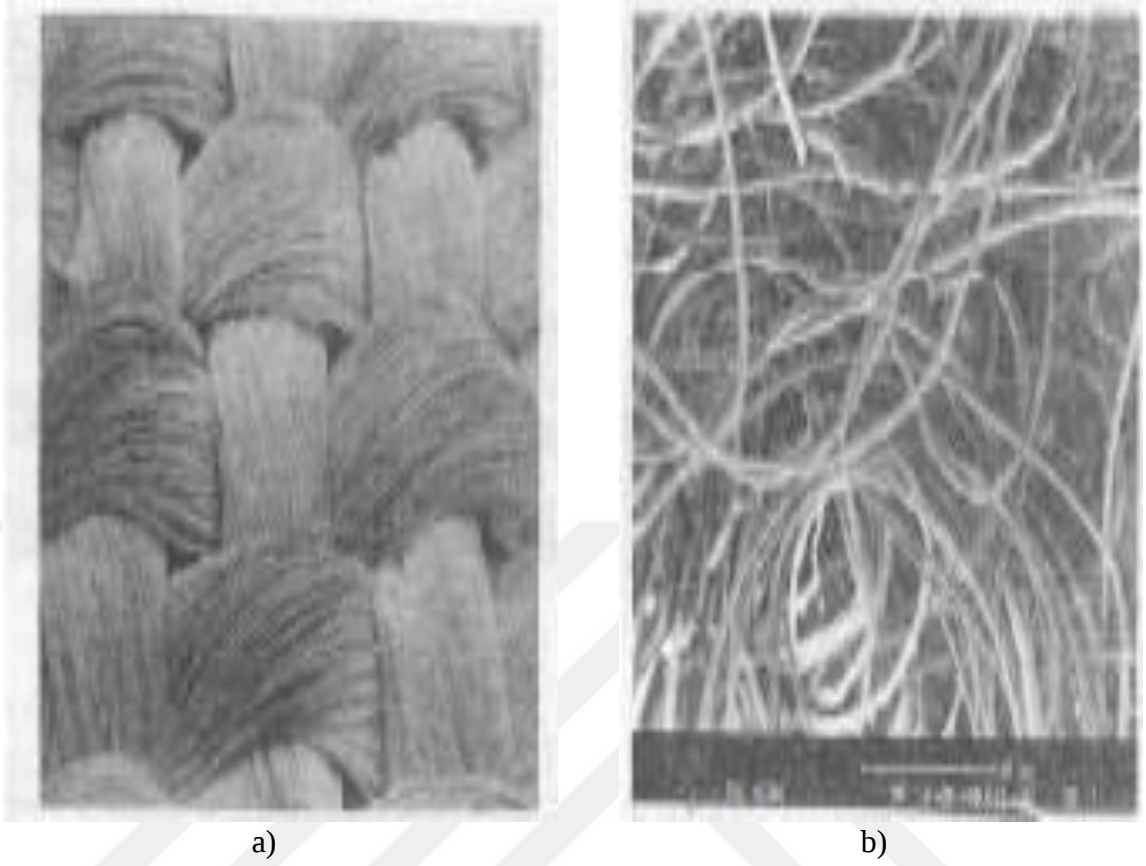
2.1. Geosentetiklerin Özellikleri

Geosentetiklerin genel özelliklerinin sınıflandırılması Şekil 2.1.' de gösterilmiştir. Geosentetikler üretim türüne göre Şekil 2.2.' de de görüldüğü üzere örgülü geosentetikler, örgüsüz geosentetikler ve ısıtılma işlem ile üretilen geosentetikler olarak birbirinden ayrılmaktadır. İğneleme yöntemiyle üretilen geosentetikler, piyasada daha çok tercih edilen ürünlerdir. Geosentetik denildiğinde genelde akıllara, geotekstil, geotekstil, geomembran, geosentetik kil örtüler, geokompozitler, geomatlar, drenaj levhaları ve geotüpler gibi farklı çeşitler gelmektedir. Geosentetikler çok fazla kullanım alanına sahiptirler çeşitli alanlarda kullanımları vardır bunlardan bazıları, istinat duvarları, dere ıslah çalışmaları, liman ve kıyıların zemin ve duvarları, zemin güçlendirme, dolgu barajları, demiryolu platformları, karayolları, açık ve kapalı olan kanallar, erozyon bölgeleri, filtrasyon, koruma ve drenaj çalışmaları, şev stabilize güçlendirmesi, atık su ve katı atık depolama, asfalt donatılarında kullanımı görülmektedir. Geosentetik ürünlerin tercih edilmesi, farklı yapı ve nitelikte üretilerek kullanım ömrünün sonuna kadar amaçlanan işlevleri en başarılı şekilde üretmesi olarak söylenebilir. Farklı uygulamalarda hem daha ekonomik hem daha üstün mühendislik çözümleri sağladığından tercih edilmektedir (Türköz, 2017.)



Şekil 2.1. Geosentetik ürünlerin genel özelliklerine göre sınıflandırılması

Kaynak: (De Groot, Den Hoedt, & Termat , 1996)



Şekil 2.2. (a) Örgülü (woven fabric-weave pattern is visible) geotekstilller, (b) Örgüsüz (Non-woven fabric- fibres are randomly oriented) geotekstilller

Kaynak: (Öztekin, 1992)

2.2. Geosentetiklerin Kullanım Alanları

Günümüzde zemin iyileştirme, drenaj, ayırma, koruma, geçirimsizlik, filtrasyon, güçlendirme vs. gibi alanlarda birçok yöntem kullanılmaktadır fakat bilindiği üzere mühendisliğin üç ana gerekliliği güvenli, ekonomik ve estetik bir tasarım yapmaktır. Geosentetikler ise daha pahalı uygulamalardan kaçınmak için iyi bir alternatif seçenek olmuştur. Geosentetikler, klasik malzemelere kıyasla kullanım kolaylığı nedeniyle tercih edilen, polimer bazlı malzemelerden üretilen ve inşaat sektörünün geoteknik mühendisliği alanında klasik yöntemler ile beraber veya klasik yöntemlere alternatif olarak kullanılabilen sentetik bir malzemedir. 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 azalır. Geotekstilller kalınlıklarına göre ince ve kalın olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. İnce geotekstilller, ayırma ve filtrasyon amaçlı

kullanılmaktayken; kalın geotekstiller drenaj ve tampon amacıyla kullanılmaktadır. (Türköz , 2017) . Yaygın olarak kullanılan geosentetik reçine türleri ve bunların ağırlık yüzdelerinin formülasyonu Tablo 2.1.' de verilmiştir.

Geosentetik üretiminde kullanılan polimer yapıları aşağıda verilmiştir;

- Poliolefin
- Polietilen (PE)
- Polipropilen (PP)
- Polivinil Klorür (PVC)
- Poliester (PET)
- Poliamid (PA)
- Polistiren (PS)

Tablo 2.1. Yaygın olarak kullanılan geosentetik reçine türleri ve bunların yaklaşık ağırlık yüzdesi formülasyonları

Tip	Reçine (%)	Plastikleştirici (%)	Dolgu maddeleri (%)	Karbon siyahı veya renk maddesi	Katkı maddeleri
Polietilen	95-98	0	0	2-3	0,25-1
Polipropilen (Esnek)	85-98	0	0-13	2-4	0,25-2
Polivinilklorür	50-70	25-35	0-10	2-5	2-5
Poliester	98-99	0	0	0,5-1	0,5-1
Poliamid	98-99	0	0	0,5-1	0,5-1
Polistiren	98-99	0	0	0	1-2

Kaynak: (De Groot, Den Hoedt, & Termat , 1996)

Poliolefin, bu grubun alt grubunda polietilen ve polipropilen yer almaktadır. Bu grubun temel özelliği, düşük ve orta konsantrasyondaki kimyasallara karşı yüksek dayanıklılık

göstermeleridir. Sünmeye karşı hassasiyet gösterirler ve kolay tutuşurlar. (De Groot, Den Hoedt, & Termat., 1996)

Polietilen, daha çok fiziksel (esasen yoğunluk) ve mekanik özellikleri esasında farklı kategorilerde sınıflandırılır. PE'nin mekanik özellikleri esasen kristal yapısı ve molekül ağırlığı gibi değişkenlere bağlıdır.

- Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE), 0,940 g/cm³'den daha büyük yoğunluklu.
- Orta Yoğunluklu Polietilen (MDPE), yoğunluğu 0,940-0,926 g/cm³ olan grup.
- Birinci Derece Düşük Yoğunluklu Polietilen (LLDPE), yoğunluğu 0,925-0,919 g/cm³ olan grup.
- Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE), yoğunluğu 0,925-0,910 g/cm³ olan grup.

Küçük bölgelerde polimer zincirlerinin aynı doğrultuda yönelmesine kristalizasyon denilmektedir. Kristalleşme oranı arttıkça; rijitlik, yüksek ısıya dayanım, çekme dayanımı, elastisite modülü, kimyasal maddelere karşı dayanım artar fakat permaabilite azalır. Rijitliğin artmasının sonucunda, daha az deformasyonda kopma oluşur ve gerilme çatlağı dayanımı azalır. HDPE, rijit bir malzemedir ve her türlü kimyasal maddeye karşı dayanımı yüksektir. LDPE, esnek bir malzedir fakat kimyasal maddelere karşı dayanımı düşüktür.

Polipropilen, maddi bakımdan ucuzdur bu nedenle geosentetik üretiminde yaygın olarak kullanılan bir termoplastiktir. Polipropilen (PP) propilen gazın polimerizasyonu ile elde edilir. Polietilen ile benzer özelliğe sahiptir. Polipropilen polietilene kıyasla daha düşük yoğunluğa sahiptir, daha yüksek ısıya dayanır, daha sert ve daha rijittir, çevresel gerilme çatlaklarına karşı daha dayanıklıdır, kimyasal maddelere ve oksidasyona karşı polietilenden daha hassastır.

Polivinilklorür, en yaygın kullanılan polimerlerden biridir. Küresel olarak, üretilen PVC'nin %50'den fazlası yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ucuz ve montajı kolaydır. Son yıllarda PVC beton ve ahşap gibi geleneksel yapı malzemelerinin yerini almıştır. İdeal yapı malzemesi olarak görülmesine rağmen, çevre ve insan sağlığı hakkında endişeler ortaya

atılmıştır. PVC; plastikleştirici eklenerek daha yumuşak ve esnek olabilen sert bir plastiktir. Bir geomembran olarak kullanıldığında, %25-35 plastikleştirici eklemeler yaygındır.

Poliester, doğada var olmalarına rağmen genellikle sentetik polimerlerin büyük bir ailesi olarak alınırlar. Yüksek elastisite modülüne sahiptir. Sürtünmeye karşı dayanıklıdır ve 200° C' ye kadar mekanik özelliğini korur. Solventlere, deniz suyuna, asitlere karşı dayanım gösterir.

Poliamid, peptit bağı ile birbirine bağlanmış monomerler içeren bir polimerdir. Bunlar hem doğal olarak yün ve ipek gibi proteinlerden hem de naylon gibi yapay yapılabilir. Naylon bazen geosentetiklerde kullanılan bir polimerdir. Aşınmaya karşı yüksek dayanım gösterir. Düşük yanabilirlik seviyesine sahip olan poliamid, sulu ortamlara karşı duyarlıdır. Naylon ürünlerin uzun süre su içinde tutulmaları durumunda mekanik özelliklerinde %20-30 arasında bir düşüş görülür yani poliamidin mekanik özellikleri zemin neminden etkilenir (ASTM Standard D4439-18, 2018).

Farklı polimer yapılarına sahip geosentetik ürünler farklı özelliklere sahiptirler. Geosentetik ürünler ana işlevlerinin yanı sıra farklı işlevleri de yerine getirebilirler. Tablo 2.2.' de bu özelliklere yer verilmiştir.

Tablo 2.2. Geosentetik üretiminde polimer yapıları ve özelliklerinin dereceleri (D:Düşük, O:Orta, Y:Yüksek)

Özellik	Polipropilen	Poliester	Poliyamid	Polietilen
Dayanım	D	Y	O	D
Elastisite Modülü	D	Y	O	D
Kopmada uzama	Y	O	O	Y
Sünme	Y	D	O	Y
Birim ağırlık	D	Y	O	D
Maliyet	D	Y	O	D
U.V. karşı dayanım	Y	Y	O	Y
Mikroorganizma	Y	D	Y	Y
Alkaliye dayanım	O	O	O	Y
Akaryakıt	D	O	O	D

Kaynak: (Töremiş , 2003)

Geotekstilller

Geotekstilller, yüksek çekme dayanımına sahip iplikçiklerin dikdörtgen oluşturacak şekilde birleştirilmesi ile veya delikler açılmış geosentetik malzemenin iki doğrultuda çekilmesi ile meydana gelmektedir. Yüksek deformasyon modüllü polimer malzemelerin hazırlanması için gerekli yöntemlerdeki gelişmeler sayesinde, özellikle de soğuk işleme yöntemindeki

gelişmeler, bu malzemelerin donatı olarak kullanılmasını sağlamıştır. Günümüzde, geotekstillerin en önemli kullanım alanları güçlendirmedir (Türköz , 2017) .

Geomembranlar

Geomembranlar, ASTM, geomembranı “geoteknik mühendisliği ile ilgili insan yapısı bir proje, yapı ve sistemde sıvı akımını kontrol altına alabilecek kadar düşük geçirgenlikte asfalt, polimer ve bunların karışımından mamul sürekli membran tipi kaplama ve izole bariyeri” olarak tanımlamaktadır (Türköz , 2017) .

Geoağlar (Geonetler)

Şekil 2.3.’ de görüldüğü gibi Geoağlar (Geonetler), belirli bir dayanıma sahip olmalarına karşın genellikle drenaj amacıyla kullanılmaktadırlar. Dikkat edilmesi gereken geonetlerin, geotekstil, geomembran yada başka bir malzemenin alt veya üst yüzünde kullanılarak, zeminin boşluklara grip, malzemenin drenaj özelliğini kaybetmesini önlemekte olduklarıdır. Bu sebepten kompozit malzemelerin hazırlanmasında kullanılmaktadırlar. Hemen hemen tüm geonetler polietilenden imal edilmiştir (Türköz , 2017) .



Şekil 2.3. Su değişiminden kaynaklı heyelana karşı geonet kullanımı

Kaynak: (Akyıldız, 2019.)

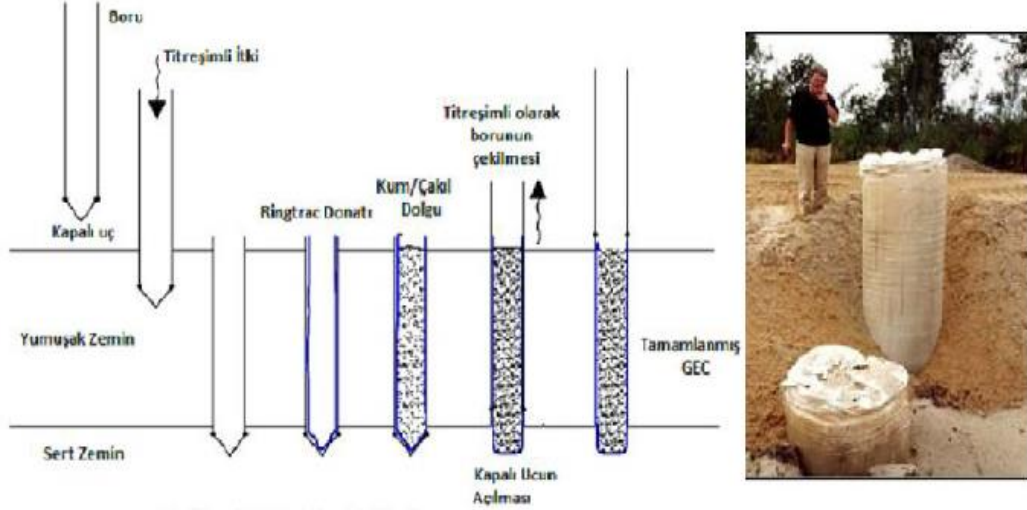
Geosentetik Kil Kaplamalar

Şekil 2.4.’ da görülen geosentetik kil kaplamalar, ilk olarak bir katı atık toplama merkezinde kullanılmıştır. Kullanılan bu ürün iki geotekstil tabakası arasındaki bentonit kili karışımından oluşmaktadır. Geosentetik kil kaplamalar; “kil şilteler”, “bentonit şilteler”, “bentonit hasırlar”, “bentonit hasırlar” ve “prefabrike bentonit kil şilteler” olarak da adlandırılmaktadır. Suyu ve diğer likit malzemelere karşı hidrolik bariyer olarak kullanılmaktadır. Hidrolik bariyer olarak sıkıştırılmış kil tabakaları yerine, geosentetik kil kaplamalar kullanılabilir. Geosentetik kil kaplamaların ana avantajları arasında; sınırlı

kalınlığı, altındaki zemin veya atık malzeme üzerindeki farklı oturumların zaltılması, kolay yerleştirilmesi ve düşük maliyeti gibi hususlar yer almaktadır. Geosentetik kil kaplama uygulamasının yapılmasındaki en önemli amaç; geçirimsizliği sağlamaktır. Geosentetik kil kaplama uygulaması; düz, boşluksuz ve kuru yüzeylerde yapılmalıdır. Düz alanlarda uygulanırken, yüzeyde yuvarlanmalı ya da bir iş makinesi yardımıyla ek yerleri en az 30 cm bindirilerek uygulanması gerekmektedir. Dikey yüzeylerde ise mekanik olarak sabitleme yapılması gerekmektedir. Geosentetik kaplama alanının birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bu alanlardan en çok rağbet göreni yapay gölet uygulamalarıdır. Bir diğer en çok kullanılan alan ise binaların temel izalasyonlarıdır. Bunun dışında maden ve katı atık depolama alanları, yapay göletler, doğal sulama kanallarında, sulama kanallarında, su rezervuarlarında, geomembranların altında ilk kaplama maddesi olarak vb. birçok yerde kullanımı bulunmaktadır. Geosentetik kil kaplamalarla ilgili üç önemli deney bulunmaktadır bunlar; permeabilite deneyi, şişme indiksi deneyi (indeks testi olmakla birlikte kilin geçirimsizliği hakkında fikir verir), mekanik deneyler (çekme, soyulma dayanımı gibi) (Türköz , 2017).

Geosentetik Kılıflı Taş Kolon

Şekil 2.5.' de görülen geosentetik kılıflı taş kolon, geleneksel taş kolonlar kum zeminler içinde teşkil edildiğinde etrafındaki kumu da sıkıştırarak, özellikle sıvılaşmaya karşı çok etkin bir ıslah oluşturmaktadırlar. Ancak taş kolonlar yumuşak killer içinde teşkil edildiğinde, yumuşak zeminin sağlayabildiği yanal basıncın düşüklüğü dolayısıyla üzerine büyük yükler alamamaktadır. Yumuşak killer içinde teşkil edilmiş taş kolonların kafalarının dağıldığını ve yumuşak kilin taşların arasına girdiğini rapor etmişlerdir. Taşların boşluklarına yumuşak kil dolması, tıpkı demir yollarındaki balast malzemedeki olduğu gibi taşıma gücünü düşürmekte ve deformasyonların artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca yumuşak killer içinde taş kolon teşkili daha fazla taş malzeme sarfına yol açmaktadır (Wasti , 1992) . Bu sorunu aşabilmek için, granül malzeme etrafına geosentetik kılıf yerleştirilmesi fikri geliştirilmiştir. Geosentetik kılıflı taş kolonun, taş kolondan tek farkı etrafında geosentetik bir donatı malzemesi olmasıdır. Böylece yanlara doğru yayılmak isteyen granül malzemeyi artık sadece kohezyonlu zemin değil, esas olarak geosentetik donatı sınırlandırmaktadır. Taş kolonların tahkikinde incelenen başlıca göçme modları, fiçılanma, genel kayma göçmesi ve direkt kesme olarak sınırlandırılabilir. Fakat yaygın olarak rastlanılan en kritik göçme modu fiçılanmadır.



Şekil 2.5. Geosentetik kılıflı taş kolon

Kaynak: (Aksoy, 1993)

Fiber Geotekstil

Fibertex geotekstil, büyük ve kalıcı yapıların yapımında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Her bir proje için doğru geotekstilin seçilmesi ve geotekstilin gerekli fonksiyonlarının yapının tüm kullanım ömrü boyunca geçerli olmasını sağlamak için taşıma ve kurulumun doğru şekilde yapılması kritik bir öneme sahiptir. Şekil 2.6.' de görülen fibertex geotekstil, yol inşaatlarında filtreleme ve ayırma amacıyla, yapıların taşıma kapasitesini azaltan ince parçacıkların karışmasını önlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Geotekstil ürünlerimiz suyun serbest dolaşımını sağlar. Kıyı koruma, liman inşaatı, yapay göller, barajlar, nehir kıyıları ve kanallar ile su rezervuarları gibi çeşitli hidrolik iş alanlarında kullanıma uygundur. Geotekstil ürünlerimiz partikülleri tutacak şekilde tasarlanmış olup, suyun serbest hareketine izin vererek yoğun hidrolik aktivite sırasında farklı katmanların ayrılmasını mümkün kılar. Bu düşük maliyetli sistem ayrıca yapay göllerde ve su rezervuarlarında su geçirmez membranların ve diğer sızdırmazlık malzemelerinin korunmasını da sağlar. Fibertex geotekstil ürünleri, dolgu malzemeleri ve yükleri uygulandığında geomembranın bütünlüğünü sağlamak

amacıyla, atıkların imhasında ve su arıtma sistemlerinde koruma amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.6. Dayanıklılık ve çekme mukavemeti bakımından iyi olan ayırma, koruma, drenaj, filtrasyon, güçlendirme gibi amaçlar için kullanılan Fibertex Geotekstil örneği

Kaynak: (Akyıldız, 2019.)

Geocell (Geohücre)

Şekil 2.7.' de görülen geocell (geohücre), yüksek yoğunluklu polietilen alaşımından yapılmış, petek dokulu ve üç boyutlu yapıya sahip zemin güçlendirmek ve erozyonu önlemek için tercih edilen bir malzemedir. Geocell, genellikle eğimli yüzeylerde su ve rüzgar nedeniyle oluşabilecek zemin kaybını önlemek için kullanılır. Gözenekleri üç boyutlu petek yapısıyla doldurarak işlev gören geocell hücresel dolgu sistemi, geotekstil malzemelere alternatif çözümler sunmaktadır. Geotekstil mantığı ile çalışan geocell, geotekstillerin zeminde güçlendirilmesini, istinat duvarlarında ise güçlendirme görevi üstlenir. Geotekstilden farklı olarak, hücresel dolgu sistemleri, hücresel dolguları doldurur. Geocell hücresel dolgu sistemleri uygulamalarının birçok avantajı vardır. Bu avantajlar: uygulama alanında pahalı dolgu malzemeleri yerine doğal dolgu malzemelerinin kullanılmasına olanak sağlar, ekonomik olmasının yanı sıra klasik yöntemlere göre dolgu derinliğinde %50' den fazla zama sağlar, üç boyutlu hücreler dolgu malzemesinin sıkışmasını sağlayarak taşıma kapasitesini artırır ve çökmeyi önler. Yapısal dolgunun sertlik oranının artmasında önemli rol oynar ve böylece mukavemet kazandırır. Yapısı gereği doğal bir drenaj yapısı sağlarken aynı zamanda dolgu

malzemesinin hidrolik akımlardan zarar görmesini engeller (De Groot, Den Hoedt, & Termat., 1996) .



Şekil 2.7. İçerisi zemin, kaya ya da betonla doldurulmuş üç boyutlu petek tarzı elaman olan geocell (geohücre) örneği

Kaynak: (Akyıldız, 2019.)

2.3. Geosentetik Malzemelerin İşlevleri

Geosentetik malzeme, bir başka geosentetik malzemenin korunması amacıyla kullanılabilir. Geotekstiller granüler malzeme ile geomembran arasına serilerek, geomembranın (noktasal temas gerilmelerini azaltmak) delinmesini-yırtılmasını önleyebilir (Aksoy, 1993). Ayrıca geosentetik malzemeler kullanım yerine göre istenilen çeşitli işlevleri yerine getirebilmektedirler. Örneğin temel işlev olarak ayırma amaçlı kullanılan bir geosentetik malzeme ikinci işlev olarak filtrasyon görevinde görebileceği gibi bunun yanında yalıtım koruma gibi ekstra işlevleri de sağlayabilirler, bu nedenle geosentetik malzemeler kullanım açısında birçok işlevi temel kullanım amacına ilave olarak gerçekleştirebilirler.

Birçok uygulamada geosentetik bir veya daha fazla ikincil fonksiyonu da aynı anda yerine getirebilir. Tüm uygulamalarda geosentetiğin ayırma işlevi vardır (Tutumluer, Huang, Hashash, & Ghaboussi, 2006). Tablo 2.3. ve Tablo 2.4.' de geosentetik ürünlerin sahada uygulama alanlarında oluşturdukları işlevler ve geosentetik ürün çeşitleri hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 2.3. Geosentetik ürünlerin uygulama alanları ve işlevleri



 Ana İşlev İkinci İşlev

UYGULAMA ALANLARI	İŞLEVLERİ					
	AYIRMA	FİLTASYON	DRENAJ	GÜÇLENDİRME	KORUMA	YALITIM
KAPLAMASIZ YOLLAR	•	◦	◦	◦		
KAPLAMALI YOL VE PİSTLER	•	◦	◦	◦		
YENİ ASFALT KAPLAMA ALTI				◦		•
DOLGU ALTI DRENAJ ŞİLTESİ	•	◦	◦	◦		
KAPİLERİTE ŞİLTESİ	•	◦				
DEMİRYOLLARI	•	•	◦	◦		
EROZYON KONTROLÜ	◦	•	◦	◦		
İSTİNAT DUVARLARI	◦	◦	◦	•		
DRENAJ SİSTEMLERİ	◦	•	◦			
SAHİL KORUMA	•	•				
ESNEK KALIP		•	◦	•		

Kaynak: (Töremiş , 2003)

Tablo 2.4. Geosentetik ürün çeşitleri ve işlevleri



 Ana İşlev İkinci İşlev

GEOSENTETİKLER	İŞLEVLERİ					
	AYIRMA	FİLTASY	DRENAJ	GÜÇLEND	KORUMA	YALITIM
GEOTEKSTİL	•	•	◦	◦	•	◦
GEOMEMBRAN	◦			◦		•
GEOGRİD				•		
GEONET			•		◦	
GEOKOMPOZİT			•		◦	◦

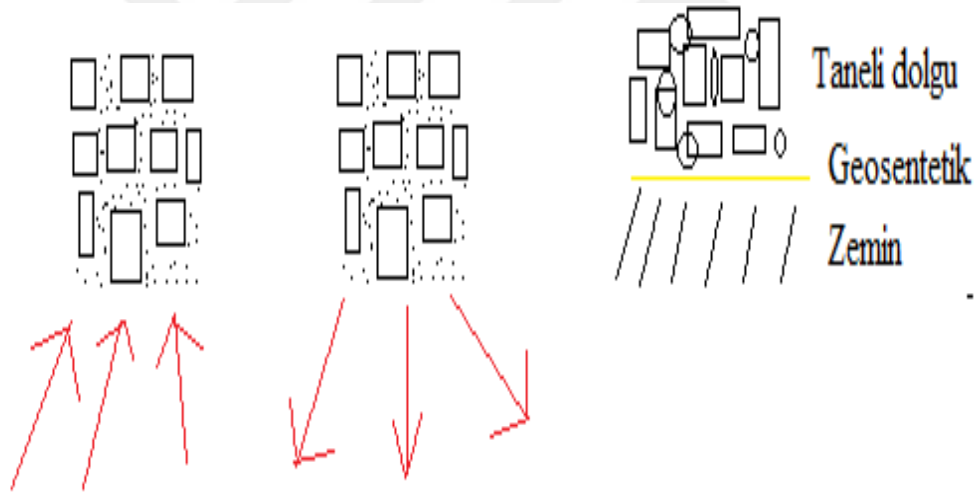
Kaynak: (Töremiş , 2003)

Geosentetik Malzemelerin Ayırma İşlevi

Ayırma işlevi, yer altı suyunun inişi ve çıkışı ince malzeme hareketine ve dolayısıyla oturmaya neden olabilir. İlâveten, taneli malzemenin yapı bütünlüğü sağlanamaz. Bu nedenle:

- Kaplamalı ve kaplamasız yollar ve havaalanlarında temel tabakası ile dolguyu ayırmak için,
- Demiryollarında balast tabakasını temel tabakasından ayırmak için,
- Spor sahalarında dolgu ve temel zeminini ayırmak için,
- Toprak yapılarıdaki değişik zonları ayırmak için kullanılır (Anon, 2002) .

Şekil 2.8’ de ince ve iri daneli malzemeleri ayırmak için karayollarında üzerinden taşıtlar geçen zeminden bir kesit verilmiştir. Geosentetik malzeme kullanımında kullanılan taneli dolguda bir dağılma gözlemlenmezken geosentetik malzeme kullanılmadığında kullanılan taneli dolguda dağılma gözlemlenmiştir.



Şekil 2.8. İnce ve iri daneli malzemeleri ayırmak için geotekstil kullanımı

Kaynak: (Töremiş , 2003)

Geosentetik Malzemelerin Güçlendirme İşlevi

Şekil 2.9.’ de görüldüğü üzere, geosentetikler güçlendirme için uygun ürünlerdir. Örgülü geotekstiller,örgüsüz geotekstiller, geotekstiller ve geoceller güçlendirme amacıyla kullanılan geosentetik ürünlerdir. Geosentetikler, noktasal yüklerin eşit olarak geniş bir alana yayılarak ve oluşan gerilme kuvvetlerine direnerek zemin kütlesini güçlendirme amacıyla kullanılırlar;

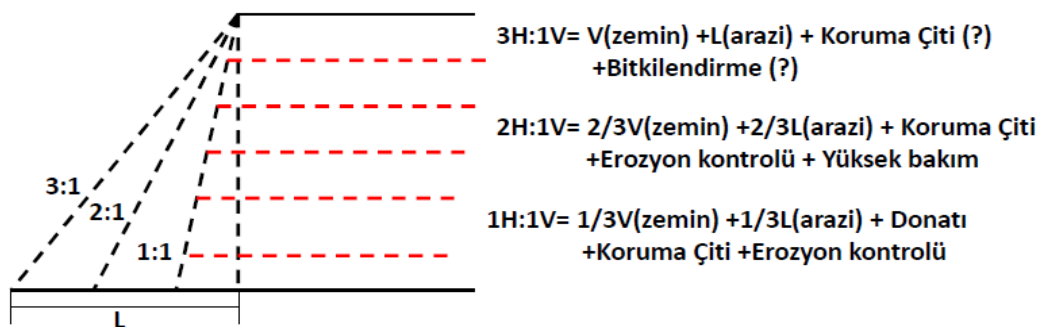
- Yumuşak zeminler üzerine inşa edilen kaplamalı ve kaplamasız yollarda,
- Yumuşak zemiler üzerine inşa edilen seddelerde,
- Donatılı zemin dayanma yapılarında (geodüvar),
- Donatılı şevlerde,
- Çatlak ve erime boşluğu ihtiva eden kayalar üzerine inşa edilen dolgularda,
- Temellerin taşıma gücünün artırılmasında,
- Geomembran tabakasının korunmasında (Anon, 2002) ,
- Güçlendirme işlevi için geosentetikler kullanılmaktadır (Anon, 2002).



Şekil 2.9. Geosentetiklerle zemin güçlendirmesi

Kaynak: (Töremiş , 2003)

Şekil 2.10.' de şevlerin geosentetik malzemelerle donatılabilmesi ile daha dik şevler oluşturulabilmekte ve bu durum pek çok avantajı sağlamaktadır. Çok dar bir alanda dik bir şev yapılabilineceği gibi şev yüksekliği de artırılabilir.



Şekil 2.10. Şekilde yatık donatısız bir şev ile daha dik donatılı bir şev maliyet açısından karşılaştırılması

Kaynak: (Anon, 2002)

Geosentetik Malzemelerin Filtrasyon ve Erozyon Kontrolü İşlevi

Filtrasyon ve erozyon kontrolü, taneli filtre malzeme yerine, zemin drenajlarında çakıl tabakası üzerine sargı olarak, zemin drenajlarında drenaj borusunun etrafına sarılarak, düşey drenlerde sızma suyu yaratan depolama sahalarında, hidrolik dolgularda süzgeç olarak, kil tutmasında geosentetikler kullanılabilir. Geosentetik malzeme tıpkı kum filtresi gibi suyun geçişine izin verip belli büyüklükteki zemin danelerinin geçişine izin vermez. Örneğin geotekstiller, akış esnasında ince zemin danelerinin drenaj agregalarının ya da borularının içine girmesini önler. Geotekstiller ayrıca su tutma yapılarında zemin erozyonunu önlemek amacıyla rip rapın ve diğer koruyucu malzemelerinin altına yerleştirilir. Geosentetik malzeme, yağmurdan ve yüzey sularının hareketinden kaynaklanan toprak erozyonunu azaltmak için kullanılır. Bazı erozyon kontrol hasırları doğada çözülebilen ağaç (organik) ipliklerden yapılmaktadır (Cancelli, Montl, & Rimoldi, 1990).

Geosentetik Malzemelerin Drenaj İşlevi

Drenaj, toprak seddeler altında yatay drenaj blanketi olarak, istinat duvarlarının arkasında, geomembran türü geçirimsiz kaplama altındaki sızıntı suyu toplamak için, kaplama altında biriken havanın drenajı için geosentetik ürünler kullanılabilir.

Geosentetik Malzemelerin Yalıtım ve Koruma İşlevi

Yalıtım ve koruma, geosentetik malzeme sıvı ve gazlara karşı nispeten geçirimsiz bir engel görevi görür. Örneğin geomembranlar, ince film şeklindeki geotekstil geokompozitleri, geosentetik kil örtüler ve arazide kaplanan geotekstiller sıvı veya gazların akışını engelleyici bir malzeme olarak kullanılmaktadır.

2.4. Geosentetik Malzemelerin Mühendislik Özellikleri ve Malzemeleri Çevre Şartlarına Karşı Dayanımının Test Edilmesi İçin Kullanılan Aletler ve Deneyler

Geosentetik malzemelerin mühendislik özellikleri 4' e ayrılır. Bunlar;

- Fiziksel özellikleri,
- Mekanik özellikleri,
- Hidrolik özellikleri,
- Dayanıklılık özellikleri 'dir. Ve bu özellikleri belirlemek için deneyler yapılmaktadır.

Geosentetik Malzemelerin Fiziksel Özellikleri

Geosentetikler polimer esaslı bir maleme olduklarından viskoelastiktirler. Diğer bir ifade ile; ortam sıcaklığına, gerilme seviyesine, uygulanan gerilmenin sürekliliğine bağlıdır.

Fiziksel özellikleri, zemin veya kaya ortamının özelliklerinden ziyade ortamın sıcaklığına ve nemine bağlıdır. Geosentetiklerin başlıca fiziksel özellikleri; özgül ağırlık, birim alan kütlesi, kalınlık, rijitlik gibi özelliklerdir (Töremiş , 2003).

Özgül ağırlık, malzemenin birim ağırlığının 4° de birinin saf sudaki birim ağırlığına oranı olarak tanımlanabilir. Tablo 2.5.' de geosentetikleri oluşturan polimerlerin özgül ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 2.5. Polimerlerin özgül ağırlıkları

POLİMER (MALZEME)	ÖZGÜL AĞIRLIK
Polipropilen	0,91
Poliester	1,22-1,38
Poliamid (Naylon)	1,05-1,14
Polietilen	0,91-0,95

Kaynak: (ASTM Standard D4439-18, 2018)

Bazı polimerlerin özgül ağırlığı birden küçüktür. Özellikle su altında geosentetiklerle çalışıldığında bu durum dezavantaj teşkil eder ve hatta bazı geosentetiklerin yüzmesine neden olur. Bir geosentetiğin birim alan kütlesi m2 başına kütlesi (g/m2) olarak verilir. Bazen de birim ağırlık olarak tanımlanır (ASTM Standard D4439-18, 2018). Genel olarak sentetikler; 100-1000 g/ Kalınlık, Şekil 2.16.' da görülebileceği gibi özellikle geotekstiller için 2 kPa normal gerilme altında malzemenin alt ve üst yüzeyleri arasındaki mesafenin ölçütüdür. Geotekstiller ve geomembranların kalınlığı 20 kPa normal gerilme altında ölçülür. Günümüzde kullanılan birçok geomembran için kalınlık 0,5 mm (20 mils)'dir.

Şekil 2.11' de görülen permittivite (ψ), Darcy kanunu esasında 2 nokta arasındaki enerji farkına bağlı olarak, zemin içindeki su akımını toplam kesit alanına dik doğrultuda ve sabit hızda olduğunu varsayarak zeminden geçen su miktarını hesaplayabiliriz.

$$q = \frac{Q}{t} = k_s \times i \times A \quad (2.1)$$

$$i = \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad (2.2)$$

q=Birim zamanda geçen su miktarı,

t=Zaman aralığı,

k_s =Zeminin permabilite katsayısı.

Darcy kanunun geotekstiller açısından dezavantajı akımı laminar kabul etmesidir. Geosentetiklerde özellikle geotekstillerde akım türbülanslı olmaktadır. Geosentetiklerin permabilite özelliklerini tanımlamada en basit şekliyle sabit seviyeli permabilite deneyi kullanılır.

Geotekstil kalınlığı boyunca hidrolik eğim;

$$i = \frac{\Delta H}{T_g} \quad (2.3)$$

T_g =Geotekstil kalınlığı.

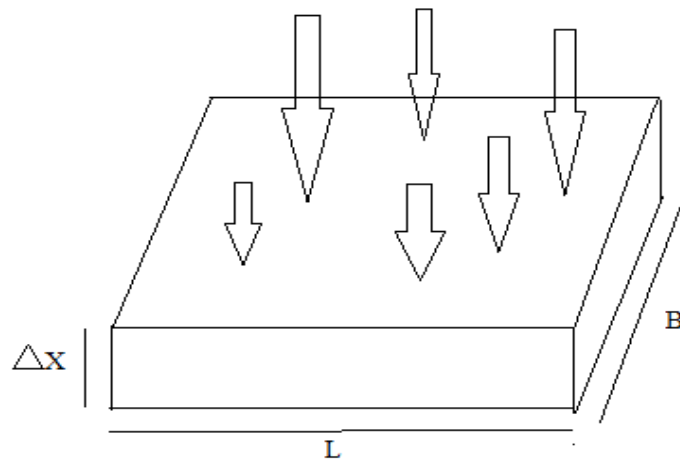
Bu durumda geotekstilin permabilite katsayısını belirlemede 2 soruna neden olabilir:

- 1) İnce geotekstillerde özellikle örgülü geotekstillerde kalınlığı doğru belirlemek zordur.
- 2) Kalın geotekstillerin sıkışabilir olması uygulanan gerilme seviyesi altında permabilitede değişikliğe sebep olabilir.

Sonuç olarak, permabilitayı daha uygulanabilir ifade etmek için permittivite tanımı yapılmıştır.

$$\psi = \frac{kg}{T_g} \quad (2.4)$$

Belirli bir yük kaybı altında, birim zamanda birim alandan geçen suyun miktarıdır. Genellikle geotekstillerin zemine uygunluğunun bir ölçüsü olarak kullanılır.



Şekil 2.11. Geosentetik şerit üzerinde suyun akış yönü (permittivite)

$$Q_n = k_n \times \frac{\Delta h}{\Delta x} \times (L \times B) \quad (2.5)$$

Q_n =Kesitboyunca akan toplam su miktarı (m³/s),

k_n =Kalınlık boyunca permeabilite katsayısı (m/s),

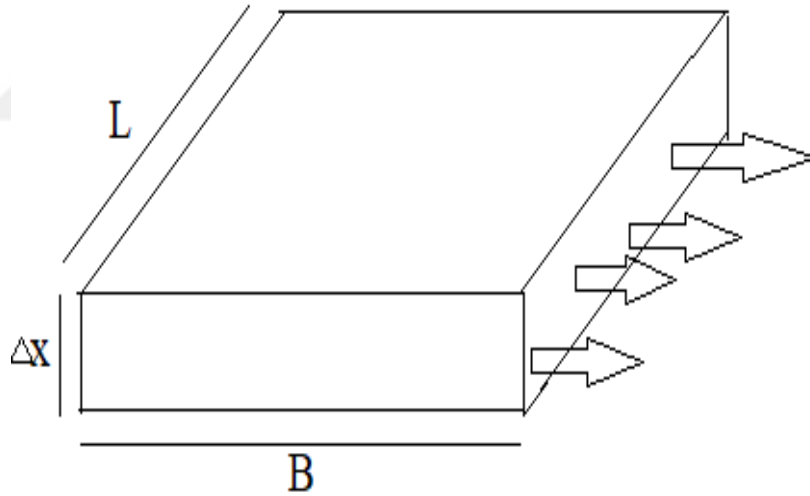
Δh = Yük kaybı (m),

Δx =Belirli bir normal gerilme altında akış yönü boyunca ölçülen şerit geosentetiğin kalınlığı.

Geosentetiğin permitivitesi:

$$\psi = \frac{k_n}{\Delta x} (s^{-1})$$

Şekil 2.12' de görülen Transmissivite (θ), yani nakledilebilirlik kalın geotekstilin düzlemi boyunca geçirgenliğini ifade eder. Bir geotekstil genişliğinden birim hidrolik eğim altında birim zamanda geçen su miktarıdır. Transmisitivite, diğer bir deyişle geotekstil düzlemi boyunca suyun drene edilmesidir. Drenaj uygulamalarında kullanılan önemli bir özelliktir.



Şekil 2.12. Geosentetik şerit üzerinden suyun akış yönü (transmisivite)

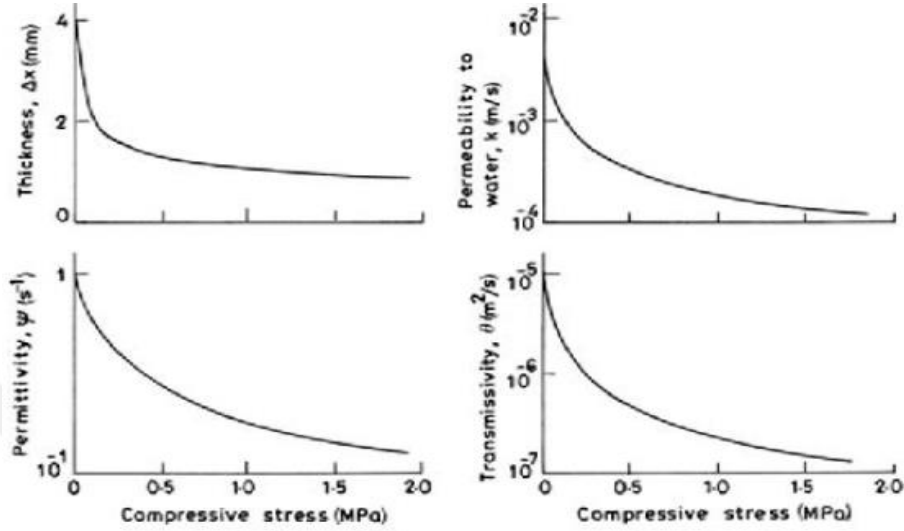
$$Q_p = k_p \frac{\Delta h}{L} A_p = \theta \times L \times B \quad (2.6)$$

Q_p =Düzlem boyunca akan toplam su miktarı (m³/s),

k_p =Düzlem permeabilitesi.

Örgülü geotekstiller ve ısıt bağlı örgüsüz geotekstiller neredeyse hiç denilecek düzeyde transmissivite özelliğine sahip değildirler ve drenaj uygulamalarında kullanılmazlar. Örgülü geotekstillerde geçirgenlik basınçtan etkilenmemektedir. Örgüsüz geotekstiller ise basınç

altında incelmekte ve geçirgenliği azalmaktadır. Tipik bir mekanik (iğneleme) birleştirmeli örgüsüz geotekstil için permeabilite ve Şekil 2.13.' de görülen kalınlık özelliklerinin basınç altında değişimi incelenecek olursa; Transmissivitenin çok daha fazla etkilendiği gözlemlenebilir.



Şekil 2.13. Geotekstillerde kalınlık değişimine bağlı permeabilite ve transmissivite değişimi

Kaynak: (Koerner, 1999)

Geosentetik Malzemelerin Dayanım Özellikleri

Geosentetiklerin, özellikle de geotekstillerin iyi bir filtre performansı gösterebilmeleri için kullanım süreleri boyunca şu üç kriteri sağlamaları gerekmektedir:

- 1) Permeabilite şartı: Geosentetik, arkasındaki aşırı boşluk suyu basıncı oluşturmaksızın yeterli suyun geçişini sağlamaktadır.
- 2) Tane tutma şartı: Borulanmaya neden olacak tane yıkanmasını engelleyerek tane taşınmasını sınırlı tutmalıdır.
- 3) Tıkanma şartı: Suyun akışına engel olacak geosentetik yapısı içinde tane tıkanmasını engellemelidir.
 - Gelişen bir çok filtre kriterinde; borulanma şartı olarak zemin özellikleri (dane özellikleri, plastisite), akım şartları (hidrolik eğim seviyesi), geotekstil türü (örgülü, örgüsüz) önemli değişkenlerdir.
 - Zemin-geotekstil performansının bilinmediği, iri tane yüzdesinin baskın olduğu zemin şartlarında;

Permeabilite kriteri;

$$O_{90} \geq D_{15} \text{ ve } O_{90} \geq 0,05 \text{ mm}$$

Tutma kriteri;

$$O_{90} \leq D_{85}$$

İnce tane yüzdesinin baskın olduğu durumlarda;

Permeabilite kriteri;

$$O_{90} \leq 0,12 \text{ mm}$$

Tutma Kriteri,

$$O_{90} \geq 0,05 \text{ mm}$$

Yaygın olarak kullanılan geotekstil filtre kriteri formu aşağıdaki şekildedir:

- Permeabilite kriteri bir geotekstilin gözenek boyutunun alt limitinde yer alırken tutma kriteri üst limitinde yer almaktadır.

$$k_n \geq \lambda \times k_s \text{ (permeabilite kriteri)} \quad \lambda = \text{permeabilite sabiti } 0,1-100$$

$$O_i \leq B \times D_j \text{ (tutma kriteri)} \quad B = \text{korunan zemine ait boyutsuz parametre}$$

$$O_i/D_j = O_{95}/D_{50}, O_{95}/D_{85}, O_{90}/D_{90} \Rightarrow 1-6, 1-3, 1-2.$$

$$k_n \geq 10 \times k_s \text{ (Carrol 1983).}$$

Kimyasal ve biyolojik etkilere karşı dayanıklılık özellikleri ise, güneş ışığı, asit ve alkali solüsyonları, mikroorganizmalara karşı 60 saat, 15 gün, 16 hafta süreli deney yapılır. Etkilere maruz numuneler ile orijinal numunelerin çekme dayanımı karşılaştırılır ve çekme dayanımları istatistiksel olarak değerlendirilir. Formül 2.7' deki parametrelerin güvenlik sayılarının tipik değerleri Tablo 2.6' de verilmiştir.

$$T_{all} = \frac{T_{ult}}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \quad (2.7)$$

T_{all}=Müsaade edilebilir çekme dayanımıdır ve tasarımda kullanılır,

T_{ult}=Göçme anındaki çekme dayanımı,

FS_{ID}=Yerleştirme hasarı güvenlik sayısı,

FS_{CR}=Sünme güvenlik sayısı,

FS_{CD}=Kimyasal çürüme güvenlik sayısı,

FS_{ID}=Biyolojik çürüme güvenlik sayısı (Holtz, 2001).

Tablo 2.6. Güvenlik sayılarının tipik değerleri

FS_{ID}	1.1-3.0 (Geotekstiller) 1.1-1.6 (Geotekstiller)
FS_{CR}	1.0-4.0 (Geotekstiller) 1.5-3.5 (Geotekstiller)
FS_{CD}	1.0-2.0 (Geotekstiller)
FS_{BD}	1.0-1.3

Kaynak: (Tutumluer, Huang, Hashash, & Ghaboussi, 2006)

Geosentetik filtreler, dereceli zemin filtrelerine alternatif olarak kullanılmaktadır. Geotekstil imalatçıları her bir uygulama için uygun dokumayı seçmede yardımcı olmak için değişik özelliklerde malzeme üretmektedirler. Bu özelliklerden biri de eşdeğer gözenek boyutu (EOS) veya görünür gözenek boyutu (AOS) olarak adlandırılır. O₉₅ veya eşdeğer elek boyutu olarak ifade edilir.

AOS=NO.30 olan (O₉₅=0.60 mm), böylece bir dokuma çapı 0,60 mm olan zemin tanelerinin yüzde 95'ini tutar. Carroll (1983) filtre amaçlı geotekstillerin Formül 2.8' daki ölçütlere göre seçimini önermektedir.

$$O_{95} \leq (2-3) \times (D_{85})_{\text{ZEMİN}} \quad (2.8)$$

D₈₅=Zeminin %85'inin daha ince olduğu dane boyutu.

Geotekstil filitre dokuması ayrıca gerekli YASS akış oranının geçmesi için yeterli permittiviteye sahip olmalıdır. Bu özellik dokumanın suyu geçirme yeteneği olup, permittivite ile tanımlanır. Permittivite ile ilgili hesaplamalar aşağıdaki denklemlerden yararlanılarak yapılabilir.

$$\psi = \frac{kn}{t \Delta x} \quad (2.9)$$

$$q = k_n \times \dot{I} \times A = k_n \times \frac{\Delta h}{t} \times A \quad (2.10)$$

$$\psi_{all} = \frac{\psi_{ult}}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \quad (2.11)$$

$$\psi_{reqd} = \frac{q}{\Delta H x A} \quad (2.12)$$

$$FS = \frac{\psi_{all}}{\psi_{reqd}} > 1 \quad (2.13)$$

2.5. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

İnce daneli bir taban zemininin değişik geotekstil türleriyle güçlendirilerek tekrarlı yükler altındaki dayanım özelliklerinin değişimini araştırmışlardır (Göktepe & Altun, Mayıs 2015). Deneyler laboratuvar koşullarında dinamik burulmalı kesme deney aleti ile belirli bir rölatif sıklıkta hazırlanan suya doymuş kum numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. İzotropik koşullarda ve drenajsız olarak gerçekleştirilen bir seri deney sonucunda rastgele dağılımlı geotekstil güçlendirmesinin zeminin dinamik yükler altındaki mukavemetini belirgin bir şekilde arttıracak gözlemlenmiştir.

Karakan, E., Altun, S., Eskişar, T. (2016). Rastgele yönelimli polipropilen fiber içeren kum zeminlerin dinamik yükler altında boşluk suyu basıncı oluşum mekanizmalarını incelemişlerdir. Çalışmada 6 mm uzunluğuna sahip, dikdörtgen kesitli mono-filament halde bulunan fiberler tercih edilmiştir. Kum örneklerine toplam kuru ağırlıkları üzerinden %0.25, %0.50 ve %1 oranında fiber katılmış olup, kum malzeme İzmir’de yapılan bir derin kazı sahasından elde edilmiştir. Çeşitli oranlarda polipropilen fiber karıştırılarak kum zeminlerde gevşek ve orta sıkı örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler üzerinde tekrarlı üç eksen deney cihazıyla sıvılaşma deneyleri gerçekleştirilerek boşluk suyu basıncı oranı ile çevrim sayısı oranı ilişkisi incelenmiştir. Böylece fiber katkılı ve katkısız örnek gruplarının karşılaştırılması ile boşluk suyu basıncı oluşumu davranışı üzerinde değişen fiber oranı ve zemin sıklığının etkileri ortaya konmuştur. Test sonuçlarına dayanarak, yükleme döngülerinin sayısının aşırı gözenek basıncının oluşumu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Kenan, A. (2018). Bazalt fiber katkısının doymuş siltli zemin örnekleri üzerinde zeminin kayma direncine olan etkisini araştırmıştır. Adapazarı kent merkezinde 2-3 m derinlikten alınmış siltli zemin hem doğal durumda hem de farklı oranlarda katılmış bazalt fiber malzemesi ile doymuş durumda konsolide edilerek yeniden yapılandırılmış zemin numuneleri oluşturulmuştur. Tek boyutlu konsolidasyonda düşey gerilme 75 kPa olarak seçilmiştir. Oluşturulan numuneler üzerinde farklı düşey gerilmeler altında kesme kutusu deneyleri tatbik edilmiş ve kayma direnci parametreleri elde edilmiştir. Deney sonuçları %1,5 fiber katkısının kayma direnci açısından en uygun oran olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bazalt fiber kullanımının zemin özelliklerini iyileştirmede de alternatif olabileceği anlaşılmıştır.

Modern yol inşaatlarında giderek yaygınlaşan, klasik geoteknik problemlere çağdaş çözüm olan geotekstillerin tarihçesi, işlevleri, üretim metodları, hammaddeleri, uygulama alanları, uzun vadede özellik değişimleri, arazide dikkat edilmesi gereken hususlar gibi konulara yer vermiştir. Geotekstil donatılı dolgu ve şevlerin tasarımı için literatürde birçok

farklı yöntem bulunmaktadır. Çalışmasında geotekstil donatılı bir dolgunun tasarımında, geoteknik mühendisliği problemlerinde yaygın olarak kullanılan PLAXIS sonlu elemanlar programından faydalanmıştır. Yumuşak temel zemini üzerine inşa edilmiş bir dolgunun stabilite analizleri bu programla yapılmıştır. PLAXIS programı ile gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizleri sonucunda, geotekstil donatılı yapının performansının temel zemini davranışından büyük oranda etkilendiği görülmüştür. Bu nedenle bu tür yapıların analizinde temel zemini ile donatılı yapı arasındaki etkileşimin muhakkak göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Töremiş , 2003).

Tanchaisawat, T., Bergoda, D.T., Voottipruex, P. (2009). 6.0 m yüksekliğinde, yumuşak Bangkok kili üzerine, setin orta kısmına bakan beton blok ile geotekstil donatı ile güçlendirilmiş geokompozit malzeme olarak kauçuk lastik-kum karışımı kullanılarak tam ölçekli bir test seti inşa edilmiştir. Eğimli kenarlarda kaya dolgulu gabion yüzeyli siltli kum dolgu kullanılmıştır. Dikey ve yanal deformasyonların yanı sıra aşırı gözenek basınçları 1 yıl boyunca izlendi. Bu çalışmada, iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) sayısal analizlerle tam ölçekli test setinin davranışı simüle edilmeye çalışılmıştır. 2D analiz, inşaat aşamasında drenajsız analiz kullanılarak PLAXIS yazılımı ile gerçekleştirilmiş ve daha sonra hizmet aşamasında konsolidasyon analizi yapılmıştır. 3D analiz, önceki araştırmacılar tarafından yayınlanan temel toprakların aynı kurucu modelleri ve özellikleri kullanılarak FLAC^{3D} yazılımı ile araştırıldı. Dolgu malzemesi olarak geokompozit malzemenin kullanılması nedeniyle, düşey ve yatay deformasyonların, aşırı gözenek basınçlarının ve donatı gerilmelerinin gözlenen değerleri oldukça düşüktür. Bu nedenle, 2D ve 3D simüle edilmiş sonuçlar arasında, karşılık gelen dolgu davranışı ölçümleriyle karşılaştırıldığında önemli bir fark yoktu. Ancak beklendiği gibi, 3D tahminler 2D tahminlerden karşılık gelen değerlerden biraz daha düşüktü. Sonuç olarak, 2D tahminlere kıyasla dikey ve yanal deformasyonların, aşırı gözenek basınçlarının ve donatı gerilimlerinin daha düşük 3D tahmin değerleri oldukça tutarlı ve makul olduğunu ifade etmişlerdir.

Önal, Y. (2021). Çalışmada, esnek üstyapıların tasarımında kullanılan temel tabakası üzerinde birtakım deneyler yapılmıştır. Tekrarlı yükler altında geocell ve geotekstilin temel tabakasındaki potansiyel faydasının incelenmesi için beş deney yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları toplam, kalıcı ve elastik deformasyon, Trafik Fayda Oranı (TBR), Tekerlek İzi Azalma Oranı (RDR) ve elastik deformasyon yüzdesi açısından değerlendirilmiştir. Bu

çalışmanın sonuçları ışığında, geocell ve geotekstil donatılı temel tabakaları donatısız duruma göre daha iyi performans göstermiştir.

Emir, S. (2005). Geotekstil donatılı zemin istinat yapılarının statik ve dinamik yüklere göre tasarım ilkelerini incelemişlerdir. Tasarım kriterleri A.B.D., Türkiye ve Fransa Karayollarının ilgili yönetmelik ve şartnamelerini temel alınarak hazırlamıştır. Çalışmanın kapsamı içerisinde olan 12 m yüksekliğinde model bir donatılı zemin istinat yapısının statik ve dinamik yüklere göre analizinde A.B.D. Karayolları şartnamesini temel almıştır. Çalışma içerisinde aynı model yapı Plaxis Sonlu Elemanlar Programı ile de analiz edilmektedir. Sonuç olarak, hesaplanan toptan göçme stabilitesini arttırmaya yönelik çalışma yapılmış ve geotekstil malzemenin sonuçlara olumlu katkısı gözlemlenmiştir.

Çetin, B. (2007). Çift yönlü geotekstil kullanılarak ve kullanılmadan yapılan yol dolgusunun stabilize ve maliyet analizini açıklamışlardır. Analiz program olarak sonlu elemanlar yöntemi Plaxis kullanılmıştır. Geotekstil kullanılarak yapılan yol dolgusunda kullanılan dolgu malzemesi kum – çakıl karışımı olurken, geotekstil kullanmadan yapılan dolgu için kullanılan malzeme Karayollar -Şartnamesinde belirtilen özelliklerde temel ve alt temel malzemesidir. Geotekstil kullanılmadan yapılan dolgu ile geotekstil kullanılarak yapılan dolgunun karşılaştırılmasında oturmalar, plastik noktalar ve maliyet analizi yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda geotekstilli sistemin geotekstil kullanılmadan yapılan dolguya göre daha stabil, daha ekonomik ve pratik olduğunu görülmüştür.

Kaya, T., Özbatır, M., Durgunoğlu T. (2007). Davutpaşa Kavşağı ve Bağlantı Yolları İnşaatı kapsamındaki toprakarme duvarlardan birine ait statik ve deprem yükleri altındaki numerik analizlerden bahsetmişlerdir. Bu amaçla, sonlu elemanlar yöntemini kullanan – PLAXIS– programını kullanmışlardır. Sonuç olarak, söz konusu RE-donatılı zemin yapılarının pek çoğunun maruz kaldıkları yüksek deprem ivmelerinden çok daha az ivmelere göre tasarlanmış olup buna rağmen gerek deformasyon gerekse mukavemet bakımından üstün performans göstermeleri, bu yapıların tasarımında kullanılan standartların konservatifliği ve ekonomik yönden geliştirilmesi gerekliliğini önemle vurgulamışlardır. Özetle, toprakarme duvar statik ve dinamik yükler altında daha üstün ve ekonomik bir performans sergilemiştir.

Aydoğmuş, T., Yıldız, A., Arslan, T., Örnek, M. (2006). Bu çalışmada, düşük yük taşıma kapasitesine sahip bir zemin üzerine inşa edilen rüzgar türbininin yüzeysel türdeki temel sisteminin güvenlik ve dönmeye karşı güvenliği sonlu elemanlar yöntemine dayanan PLAXIS 2d, V8.2 bilgisayar programı ile analiz etmişlerdir. Söz konusu yapının temel zemini geosentetik donatılar kullanılarak güçlendirilmiş ve analizlerde donatı elemanı ile dolgu

zemininin katkıları ayrı ayrı belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, temel zeminin geosentetikler kullanılarak güçlendirilmesi dönmeyi azalttığı gibi zeminin göçmeye karşı güvenliğini de önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir.

Ovalı, M. (2021). Geosentetiklerle güçlendirmenin kaplama performansını iyileştirdiği bilinmesine karşın güçlendirmeyi sağlayan mekanizmalar hala açık değildir. Bu çalışmada, zayıf zemin üzerine geotekstille güçlendirilmiş temel dolgusuna sahip yollarda, trafik yükleri öncesinde ve sonrasında arazide yapılan plaka yükleme deneyleri ile güçlendirmenin etkileri araştırılmışlardır. Arazi deneyi sonuçlarından zayıf zeminler üzerine inşa edilen granüler dolgu tabakalarında geosentetiklerle güçlendirmenin alt tabakaların taşıma gücünün yetersizliğinden kaynaklanan deformasyonların azaltılmasında iyi bir yöntem olduğu görülmüştür.

Çalık, Ö. (2018). Rijit istinat duvarlarının yükseklik sınırlamalarının olması, donatılı duvar olarak bilinen esnek yapıların kullanılmasını ön plana çıkarmıştır. Donatılı duvarlar bir zemin yapısı olduğu için analiz ve hesaplamalarda zeminin davranışının modellenmesi önem kazanmaktadır. Bu bakımdan analizlerde zeminin anizotrop, heterojen yapısını modelleyebilecek nonlinear analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu davranış modelini yansıtan sonlu elemanlar programlarında doğru parametre seçimi önemlidir. Bu çalışmada donatılı duvarları etkileyen parametreler sonlu elemanlar programı kullanılarak analiz edilmiştir. İncelenen parametreler dolgu ve mevcut zeminin kayma mukavemeti açısı, donatı elemanının eksenel rijitliği ve yüzey elemanının eğilme rijitliğidir. Hassaslık analizi olarak bilinen yöntem kullanılarak parametrelerin davranışa etkisi incelenmiştir. Analizler sonucunda incelenen parametrelerden dolgu ve mevcut zeminin kayma mukavemeti açısının, donatı elemanının eksenel rijitliğinin ve yüzey elemanının eğilme rijitliğinin davranışı etkileyen önemli parametreler olduğu görülmüştür.

3. PLAXİS 2D SONLU ELEMANLAR PROGRAMI İLE MODELLEME

3.1. Plaxis 2D Sonlu Elemanlar Programı

Plaxis 2D, deformasyon ve stabilitenin iki boyutlu analizi için bir sonlu elemanlar yazılım paketidir. Geoteknik mühendisliği ve kaya mekaniği alanında hafriyat, baraj gibi geoteknik yapıların tasarımı, aynı zamanda bentler ve tüneller için tasarım ve hesap analizinde kullanılan bir paket programıdır. Plaxis 2D deformasyonları, zemin gerilmelerini, su akışını ve basınçları hesaplar, hem 2B düzlem gerilimi hem de eksenel simetrik problemler için yapısal kuvvetler ve hatta termal akış analizlerini gerçekleştirir. Örneğin kil, kum gibi özel davranışları hesaba katmak için birçok farklı zemin modeli dahil edilmiştir ve kayanın yanı sıra toprağın yüklenmesi, boşaltılması ve yeniden yüklenmesi altındaki spesifik davranış incelenebilir. Plaxis 2D, hızlı ve verimli model oluşturma için CAD benzeri bir ortam sağlayarak kullanıcının daha fazla modüllere ayırmasına olanak tanır sonuçları yorumlama zamanı kazandırır.

Plaxis, iki boyutlu veya üç boyutlu analiz için tasarlanmış bir sonlu elemanlar paketidir. Geoteknik mühendisliğinde zeminin deformasyon, statik, dinamik yük altında ve yeraltı suyu akışı altında davranışını inceler. Geoteknik uygulamalar zemin ve kaya davranışı için doğrusal olmayan, zamana bağlı ve anizotropik simülasyon için gelişmiş yapısal modeller gerektirir. Ayrıca toprak çok fazlı bir malzeme olduğu için özel işlemler gerekmektedir. Bunun nedeni zemindeki boşluk basınçları ve (kısmi) doygunluk ile başa çıkmak içindir. Zeminin modellenmesi ile birçok geoteknik proje, yapıların modellenmesini ve yapılar arasındaki etkileşimin analizini gerçekleştirir. Plaxis, karmaşık geoteknik yapıların çeşitli yönleriyle başa çıkmak için özelliklerle donatılmıştır. Plaxis 2D programının sekmeleri ve bazı özellikleri hakkında bilgi sahibi olmadan programın kullanılması mümkün olmadığından sekmelerin özelliklerinin bilinmesi gereklidir (Özkoç, Haziran 2006).

Geometrik Modellerin Grafiksel Girişi (Graphical input of geometry models)

Zemin verilerinin, yapıların, inşaat aşamalarının, yüklerin ve sınır koşullarının girişi, uygun geometrinin ayrıntılı bir şekilde modellenmesine izin veren CAD çizim prosedürleri ve bu geometri modelinden, sonlu eleman ağı kolayca oluşturulur.

Sondaj Delikleri (Boreholes)

Zemin katmanları sondajlar vasıtasıyla tanımlanır. Yatay olmayan bir toprak stratigrafisini veya eğimli bir zemin yüzeyini tanımlamak için geometriye birden çok sondaj

deliği yerleştirilebilir. Plaxis 2D sonlu elemanlar programı, katmanı ve zemini otomatik olarak enterpolasyon yapar sondaj delikleri arasındaki yüzey konumlarına göre bunu gerçekleştirir.

Mohr- Coulomb Modeli

Bu sağlam ve basit doğrusal olmayan model, çoğu pratik durumda bilinen zemin parametrelerine dayanmaktadır. Bununla birlikte, zemin davranışının tüm doğrusal olmayan özellikleri bu modele dahil edilmemiştir. Mohr-Coulomb modeli gerçekçi taşıma kapasitelerini ve temellerin çökme yüklerini hesaplamak için ve diğer uygulamalarda kullanılabilir. zeminin göçme davranışı baskın bir rol oynar. "Phi-c azaltma" yaklaşımı kullanılarak bir güvenlik faktörü hesaplamak için de kullanılabilir.

Hoek-Brown Modeli

Bu model bozulmamış ve ayrılmış kaya oluşumlarının sertliğini ve gücünü tanımlamak için kullanılabilir. Bu pratik giriş parametreleri ile iyi bilinen Hoek-Brown yenilme kriterine dayalıdır. Alternatif olarak, eklemli kaya modeli, tabakalı ve eklemli kaya oluşumları için kullanılabilir.

Gelişmiş Zemin Modelleri

Genel bir ikinci dereceden model olarak, elastoplastik tipte bir hiperbolik model mevcuttur. Sertleşen zemin modeli, plastik sıkıştırmaya (kapak sertleştirme) ve ayrıca plastik kesmeye deviatorik yüklemeye (kesme sertleşmesi) izin verir. Küçük şekil değiştirmelerde zeminlerin artan rijitliğini hesaba katmak için, küçük gerinim sertliğine (HSsmall) sahip sertleşen zemin modeli mevcuttur. Normalde konsolide yumuşak zeminlerin zamana bağlı ve logaritmik sıkışma davranışını doğru bir şekilde analiz etmek için bir kayma modeli yumuşak zemin kayma modeli olarak adlandırılır. Sıvılaşma davranışını dinamik olarak değerlendirmek kumlu topraklarda uygulama için UBC3D-PLM ve PM4 kum modelleri mevcuttur. Zamana bağlı simüle etmek için beton ve püskürtme beton yapıların dayanım ve rijitliği, basınçta pekleşme-yumuşama ve çekme ve sürünme ve büzülme, beton modeli mevcuttur.

Arayüzler

Zemin-yapı etkileşimini modellemek için bağlantı elemanları mevcuttur. Örneğin, bu öğeler aşağıdakiler için kullanılabilir: Tünel kaplaması ile çevre arasındaki temas noktasındaki yoğun şekilde kesilen malzemenin ince bölgesindeki zemini simüle edin. Arayüz sürtünme açısı ve yapışma değerleri genellikle çevredeki toprağın sürtünme açısı ve kohezyonu ile aynı değildir.

Yükler

Her inşaat aşamasında bağımsız olarak farklı yükler ve yük seviyeleri etkinleştirilebilir.

Tabakalar

Plakalar (veya kabuk elemanları), önemli bir eğilme sertliği ile zemindeki ince yapıları modellemek için kullanılabilir (bükülme sertliği), davranışları elastik veya doğrusal olmayan elastoplastik olabilir. Tipik uygulamalar zemin plakalar, duvarlar ve tünel kaplamalarıdır.

Kirişler

Kiriş elemanları, önemli bir eğilme sertliğine sahip ince tek boyutlu nesneleri modellemek için kullanılabilir. Onların davranışı elastik veya doğrusal olmayan elastoplastik olabilir. Tipik uygulamalar, kuşaklar, kirişler ve yapısal sütunlardır.

Ankrajlar

Elastoplastik yay elemanları ankrajları ve payandaları modellemek için kullanılır. Normal sertlik ve maksimum kuvvet kullanarak bu elemanların davranışı tanımlanır. Öngerilmeli zemin analizleri için özel bir seçenek mevcuttur bunlar ankrajlar ve kazı destekleridir.

Geotekstilller

Geotekstilller (veya geotekstilller) pratikte genellikle takviyeli bentlerin veya zeminin inşasında kullanılır. İstinat yapıları gibi elemanlar, özel germe elemanları kullanılarak Plaxis'te simüle edilebilir.

Gömülü Kirişler

Bu özel öğeler, etkileşimi açıklamak için gömülü arayüz öğelerine sahip ışın öğelerinden oluşur. Bir yığının yüzeyinde ve ucunda çevreleyen toprak veya kaya ile birlikte bir yığın, kaya saplaması ve enjeksiyon gövdesi, bu gömülü ışın arayüz elemanlarının elastoplastik olduğu kabul edilir. Gömülü hata davranışı kiriş elemanları taşıma kapasiteleri ile tanımlanır.

Zemin Ankrajları

Bu özel elemanlar gömülü kiriş elemanlarından (harç gövdesini temsil eder) ve düğümden düğüme bir ankrajın davranışı, normal sertlik ve maksimum kuvvet kullanılarak tanımlanır. Gömülü kiriş elemanları, etkileşimi tanımlamak için gömülü arayüz elemanlarına

sahip kiriş elemanlarından oluşur. Zemin ankraşı gibi gömülü arayüz elemanlarının elastoplastik olduğu kabul edilir. Yenilme zemin ankrajlarının davranışı, taşıma kapasiteleri ile tanımlanır.

Ortotropik Yapısal Davranış

Yapısal davranış doğrusal elastik malzeme ortotropisi olarak tanımlanabilir. Bunlar kirişler, plakalar, geotekstiller. Belirli bir profile sahip plakaların geometrik ortotropisi de belirli bir ölçüde taklit edilebilir.

Otomatik Ağ Oluşturma

Plaxis, küresel ve yerel seçeneklerle yapılandırılmamış sonlu eleman ağlarının otomatik olarak oluşturulmasına izin verir.

Yüksek Dereceli Elemanlar

Plaxis 2D'de ikinci dereceden 6 düğümlü ve 4. dereceden 15 düğümlü üçgen öğeler mevcuttur.

Güncellenmiş Lagrangian Analizi

Bu seçenek kullanılarak, hesaplama sırasında sonlu eleman ağı sürekli olarak güncellenir. Bazı durumlar için bir geleneksel küçük gerinim analizi önemli bir geometri değişikliği gösterebilir ki bu Plaxis'te güncellenmiş ağ adı verilen daha doğru bir güncellenmiş Lagrangian hesaplaması gerçekleştirmesi durumunda gerçekleştirilir.

İnşaat Aşaması

Bu güçlü Plaxis özelliği, inşaat ve kazı süreçlerinin gerçekçi bir simülasyonunu sağlar. Eleman kümelerinin etkinleştirilmesi ve devre dışı bırakılması, yüklerin uygulanması, su basıncı dağılımlarının değiştirilmesi, vb. bu prosedür, örneğin, bir yeraltı inşaat projesi sırasında toprak kazısı gibi bunlar örnek olarak verilebilir.

Otomatik Yük Atlama

Plaxis programı, otomatik adım boyutu ve otomatik zaman adımı seçim modunda çalışır. Doğrusal olmayan hesaplamalar için uygun yük artışlarını seçme ihtiyacı ve verimli ve sağlam hesaplama süreci sağlar.

Aşırı Gözenek Basınçları

PLAXIS, geçirimli kumları modellemek için drenajlı ve drenajsız zeminleri birbirinden ayırır. Geçirimsiz killi, drenajsız zemin katmanları olduğunda plastik hesaplamalar sırasında aşırı boşluk basınçlarına ve yüklere maruz kalmaktadır. Drenajsız yükleme durumları genellikle geoteknik yapıların stabilitesi için belirleyicidir.

Kararlı Durum Gözenek Basıncı

Karmaşık boşluk basıncı dağılımları, freatik seviyelerin veya doğrudan su basınçlarının girişi, Plaxis'te kararlı durum yeraltı suyu akışı hesaplaması kararlı durum akışı veya sızıntıyı içeren problemlerde boşluk basıncı dağılımını hesaplamak için bir alternatif olarak yapılabilir. Geçici akış ve tamamen birleşik akış deformasyon analizi de farklı lisanslar altında mevcuttur.

Güvenlik Analizi

Güvenlik faktörü genellikle yenilgi yükünün tanımlanmış yüküne oranı olarak tanımlanır. Bu tanım temel yapıları için uygundur, ancak palplanş duvarlar veya bentler için uygun değildir. Bu son yapı türü için oran olan bir güvenlik faktörünün zemin mekaniği tanımını kullanmak daha uygundur. Denge için gereken minimum kesme mukavemetine kesme kuvvetidir. Plaxis sonlu elemanlar programında bunu hesaplamak için kullanılabilir bir "phi-c azaltma" prosedürü kullanarak güvenlik faktörü mevcuttur.

Önizleme Seçeneği

Modeli ve hesaplama ayarlarını grafiksel bir 2D veya 3D olarak kontrol etmek için uygun bir önizleme seçeneği mevcuttur. Hesaplamalar oldukça zaman alıcı olabileceğinden, modeli kullanmadan önce dikkatlice kontrol etmek önemlidir. Daha sonra hesaplama işlemini başlatır.

Sonuçların Sunumu

PLAXIS son işlemcisi, hesaplama sonuçlarını görüntülemek için gelişmiş grafik özelliklere sahiptir. Deformasyonlar, gerilmeler, gerinimler ve yapısal kuvvetlerin tam değerleri çıktı olarak tablolarından elde edilebilir. Arazi modelleri ve tablolar diğer yazılımlara aktarmak için çıktı aygıtlarına veya Windows® panosuna gönderilebilir, oradan da bilgisayarınızdaki bir dosyaya aktarılır.

Eğri Yöneticisi

Yük-deplasman eğrileri, gerilim yolları ve gerilim-gerinim diyagramları çizmek için mevcut özelliklerle gerilme yollarının görselleştirilmesi, yerel zemin davranışına ilişkin değerli bilgiler sağlar ve ayrıntılı bir analiz sağlar.

Çoklu Birim Sistemlerinin Desteği

Plaxis, fiziksel boyutların tutarlılığını koruyarak proje birimlerinin değiştirilmesine izin verir.

Konsolidasyon Analizi [ADV]

Fazla boşluk basınçlarının zamanla azalması, bir konsolidasyon analizi kullanılarak hesaplanabilir. Konsolidasyon analizi, çeşitli zemin katmanlarında geçirgenlik katsayılarının girilmesini gerektirir. Geometri sınırları konsolidasyon için açık veya kapalı ayarlanabilir. Otomatik zaman adımlama prosedürleri, analizi sağlam ve kullanımı kolay hale getirir.

Tasarım yaklaşımları [ADV]

Yükler ve model parametreleri için tutarlı kısmi faktörler seti, geçerli olana göre tanımlanabilir. Nihai limit durumu tasarım yöntemi (örn. Eurocode 7 veya LRFD) ve hesaplamalar sırasında uygulanan hizmet verilebilirlik sınır durumu hesaplamaları mevcuttur ve bu özellik yalnızca Plaxis 2D'de mevcuttur.

Gelişmiş Yeraltı Suyu Akış Analizi [ADV]/[ULT]

Plaxis 2D ve Plaxis 3D, kararlı durum akışı, geçici yeraltı suyu akışı ve tam bağlantılı akış için kullanılabilir. Deformasyon analizleri, Plaxis doymuş/doymamış yeraltı suyu akışı için gelişmiş modeller içerir, gözenek basıncı, doygunluk ve geçirgenlik arasındaki iyi bilinen Van Genuchten ilişkilerini kullanarak sağlar zamana bağlı sınır koşullarını birleştirmek için son teknoloji tesisler kullanır.

Termal analiz [ADV]/[ULT]

Plaxis 2D, tamamen eşleştirilmiş termo-hidro-mekanik analiz, kararlı durum ve geçici termal akış işlevi içerir. Bu işlevler, ısı akışının hidrolik ve geoteknik tasarımlarda zeminlerin ve yapıların mekanik davranışlarının dikkate alınması gerekir (Öztek, 1992).

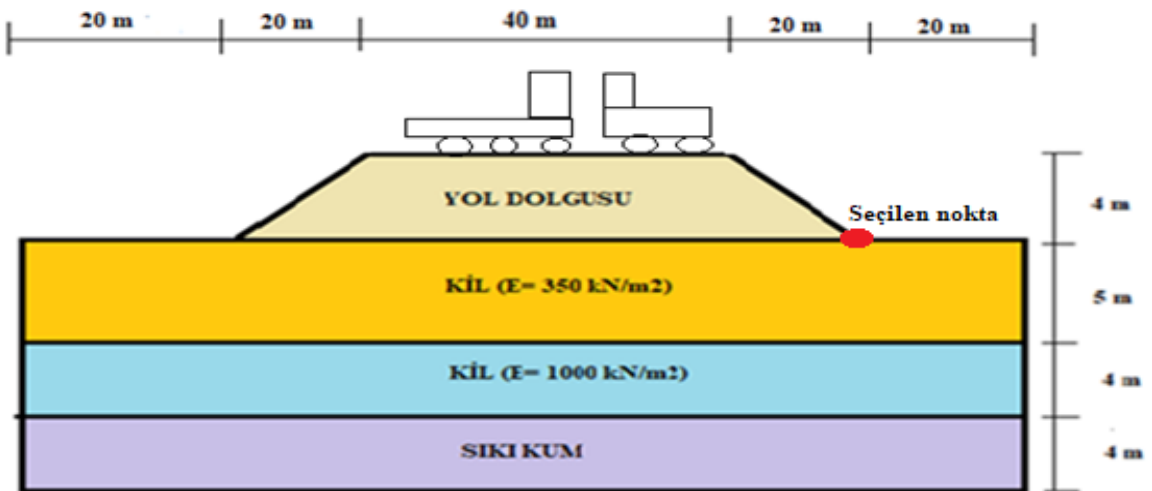
3.2. KARAYOLLARINDA GEOSENTETİK MALZEME KULLANIMI İLE İLGİLİ MODELLEME ÇALIŞMALARI

Karayolunda Yol Dolgusu İnşaatı Modellemesi

Karayollarında, statik ve dinamik yük etkisi altındaki farklı zemin profilleri, geotekstilli ve geoteksstilsiz, farklı yer altı suyu derinliklerinde, geotekstil malzemelerin farklı şekillerde konumlandırılmasıyla sonlu elemanlar analizi ile geliştirilmiş Plaxis 2D programı kullanılarak analiz edilmiştir. Şekil 3.1’ de modellenmiş zemin profili görülmektedir. Modellemeye ait bir yol dolgusu ve zemin katmanlarının özellikleri Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1. Yol dolgusu inşaatında kullanılacak malzeme modeli ile ilgili parametreler

Parametre	İsim	Yol dolgusu	Kum Şilte	Kil	Kil	Kum	Birim
Malzeme Modeli	Model	MC	MC	MC	MC	MC	-
Davranış Türü	Tip	Drenajlı	Drenajlı	Drenajsız	Drenajsız	Drenajlı	-
Birim hacim ağırlık (kuru)	γ_k	16	16	15	8	18	kN/m ²
Birim hacim ağırlık (doymuş)	γ_d	19	20	18	11	20	kN/m ²
Yatay permeabilite	k_s	1.0	1.0	1×10^{-4}	2×10^{-3}	1.0	m/day
Düşey permeabilite	k_v	1.0	1.0	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1.0	m/day
Young Modülü	E	50000	30000	1000	350	3000	kN/m ²
Poisson Oranı	ν	0.30	0.3	0.33	0.35	0.3	-
Kohezyon	c	1.0	9.0	2.0	5.0	10.0	kN/m ²
Sürtünme Açısı	ϕ	30	30	24	20	30	-
Permittivite	ψ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-



Şekil 3.1. Yol dolgu inşaatı zemin profili

Şekil 3.1' de verilen dolgu 60 m genişliğinde ve 4 m yüksekliğinde olup, 1:3 eğime sahiptir. Problem simetrik olduğundan sadece bir yarısı modellenmiştir (bu durumda sağ taraf seçilir). Yol dolgusunun kendisi gevşek kumlu topraktan oluşmaktadır. Şekil 3.1' de gösterilen modelde 5 m kil ($E = 350 \text{ kN/m}^2$), 4 m kil ($E: 1000 \text{ kN/m}^2$) ve 4 m sıkı bir kum tabakası bulunmaktadır.

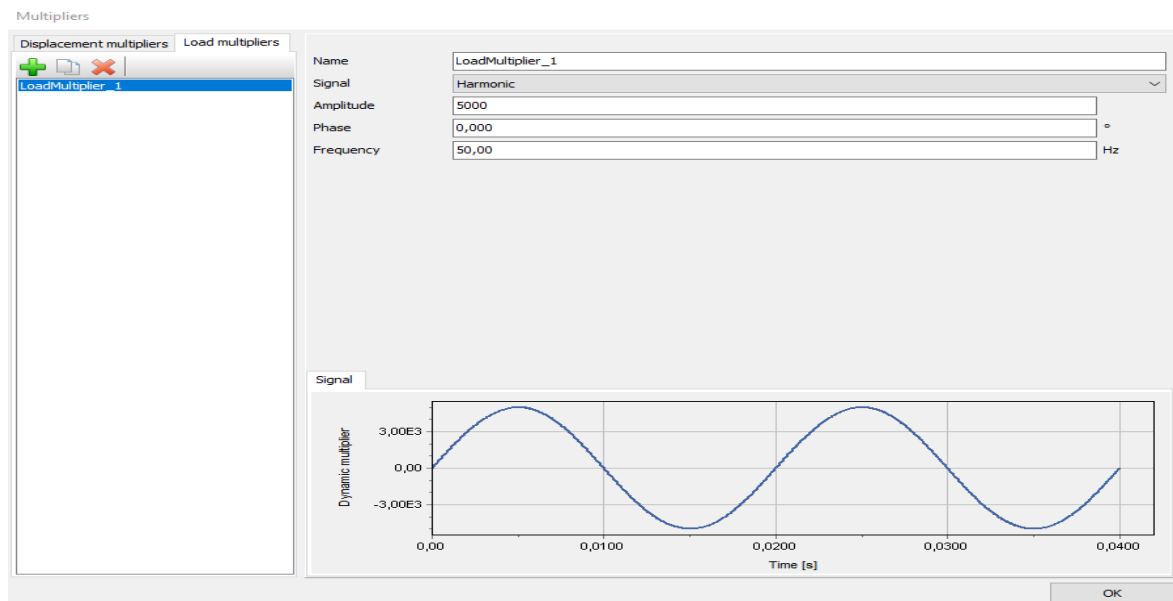
Statik bir yük olan yol dolgusunun ve dinamik bir yük olan iş makinelerinden kaynaklı oluşan dinamik etkinin zemin davranışında oluşturacağı etkiler ve bir geosentetik malzeme çeşidi olan özellikleri Tablo 3.3' de verilen, öncelikli işlevi güçlendirme olan, yüksek mukavemete ve düşük sünme özelliğine sahip geotekstil malzeme kullanılmasının zemin davranışına etkileri modellenmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. İş makinelerinin oluşturduğu dinamik yük olan harmonik yük' ün özellikleri Plaxis 2D programında kullanılması için Tablo 3.2' de -1 kN/m/m büyüklüğünde genliği 5000 kN/m/m ve frekansı 50 Hz olarak verilmiştir (Türköz, 2017.)

3.2.1. Geotekstil Desteksiz Statik ve Dinamik Yük Analizi

Uygulanan dinamik yük' ün özellikleri Tablo 3.2' de verilmiş ve Şekil 3.2' de gösterildiği üzere programa girilmiştir.

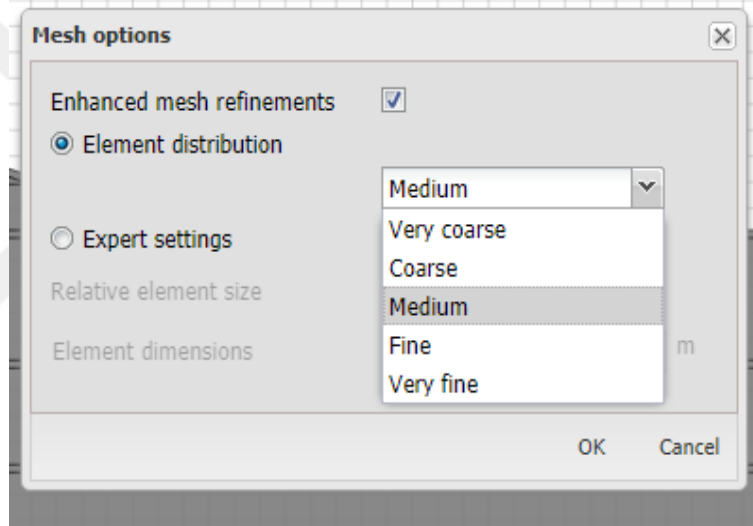
Tablo 3.2. Analizde kullanılacak dinamik yük özellikleri

Genlik Çarpanı	5000.00
Frekans	50.00 Hz
Başlangıç Faz Açısı	0.00

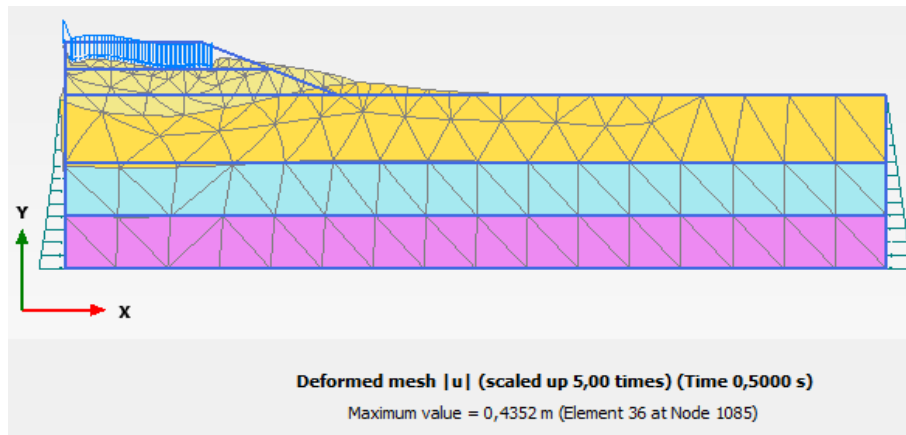


Şekil 3.2. Dinamik yük verilerinin Plaxis 2D sonlu elemanlar programına girilmesi

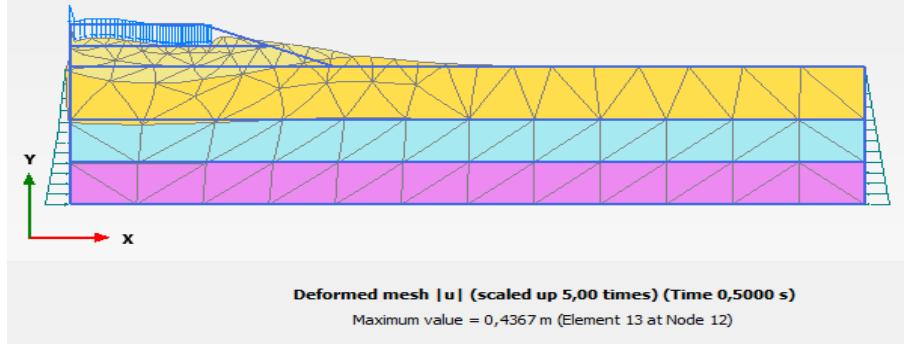
Yol dolgusu ve dinamik yükü de tamamladıktan sonra meshleme işlemine geçilmekte olup, Plaxis 2D sonlu elemanlar programında meshleme seçenekleri olarak very coarse, coarse, medium, fine ve very fine seçeneklerini vermiştir (Şekil 3.3). Meshleme seçenekleri arasında analiz sonucu oluşan değerler birbirine yakındır bu nedenle bu ve bundan sonraki bütün modellemelerde medium olarak meshleme yapılmıştır. Şekil 3.1’ de seçilen noktaya göre deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme değerleri alınmıştır. Şekil 3.4’ de farklı meshleme seçeneklerinde oluşan deformasyonlara yer verilmiştir. Analizlerin sonuçları Şekil 3.5-3.8’ de verilen Plaxis 2D sonlu elemanlar programında oluşturulan modellerin sırasıyla deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.



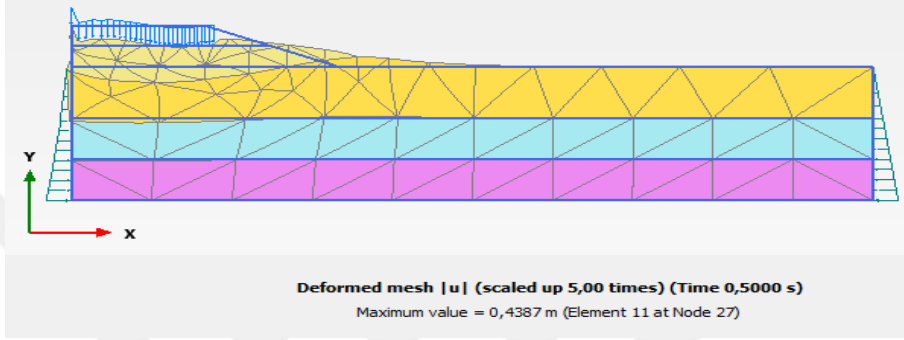
Şekil 3.3. Tercih edilen meshleme seçenekleri



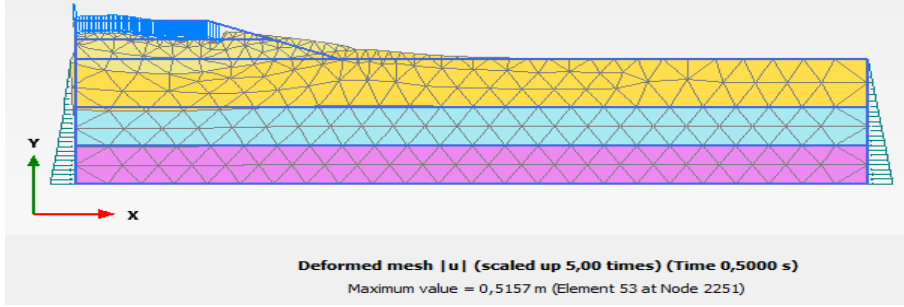
(a)



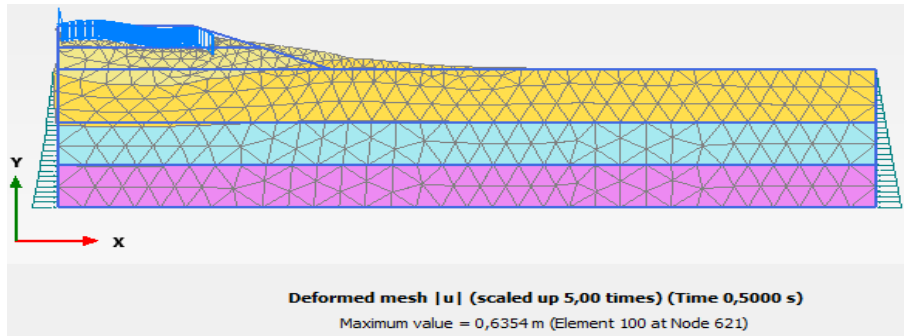
(b)



(c)

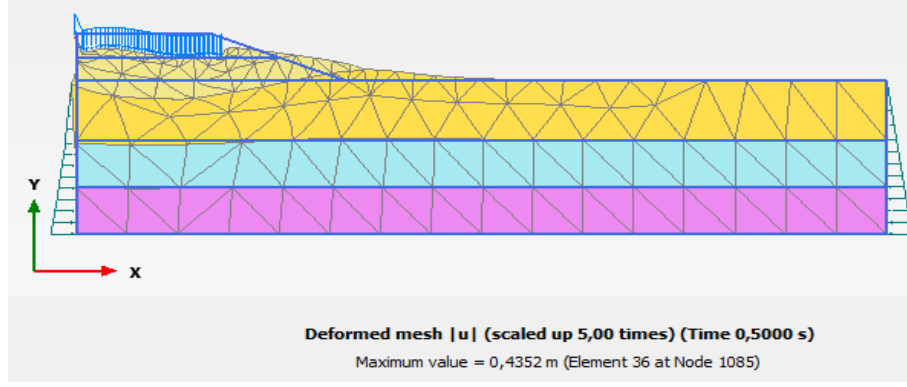


(d)

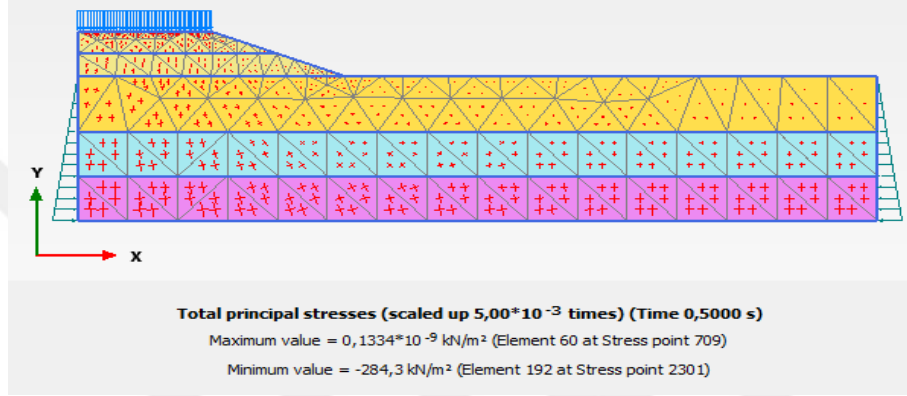


(e)

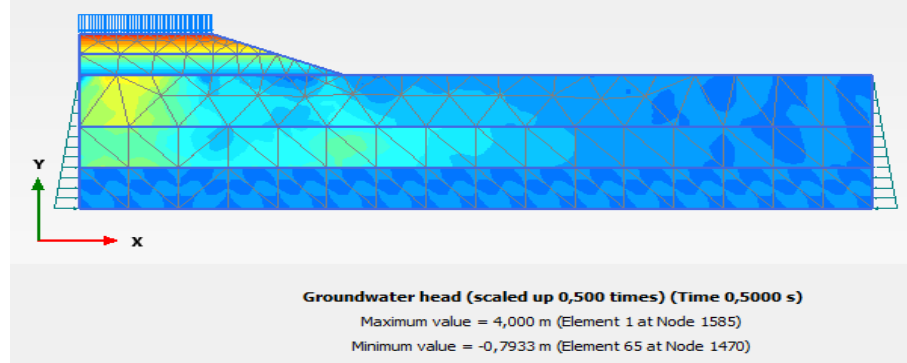
Şekil 3.4. Farklı meshleme seçeneklerindeki deformasyonlar (a) very coarse (b) coarse (c) medium (d) fine, (e) very fine.



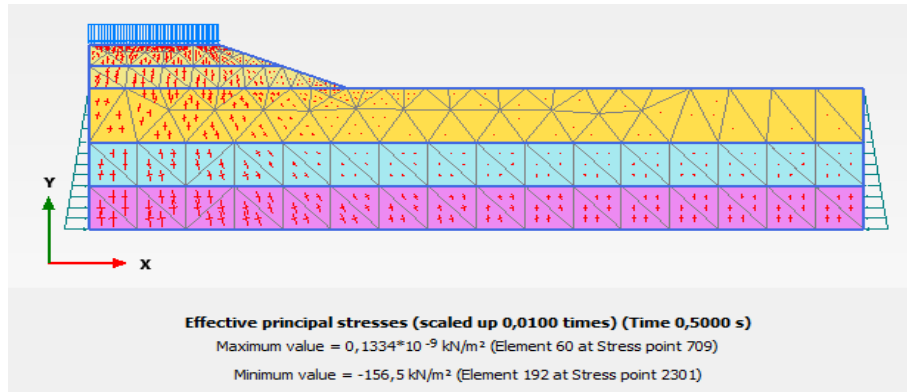
Şekil 3.5 Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan deformasyon



Şekil 3.6. Dinamik yük yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan toplam gerilme



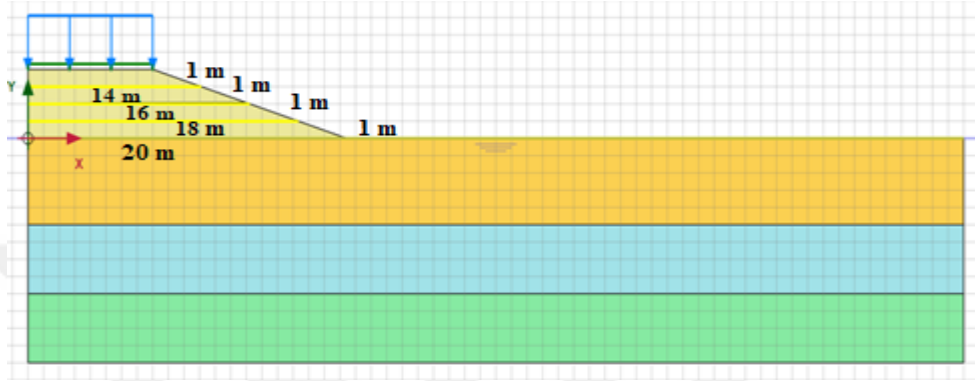
Şekil 3.7. Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan boşluk suyu



Şekil 3.8. Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan toplam efektif gerilme

E= 1300 kN/m Olan Geotekstil Malzeme Kullanımı

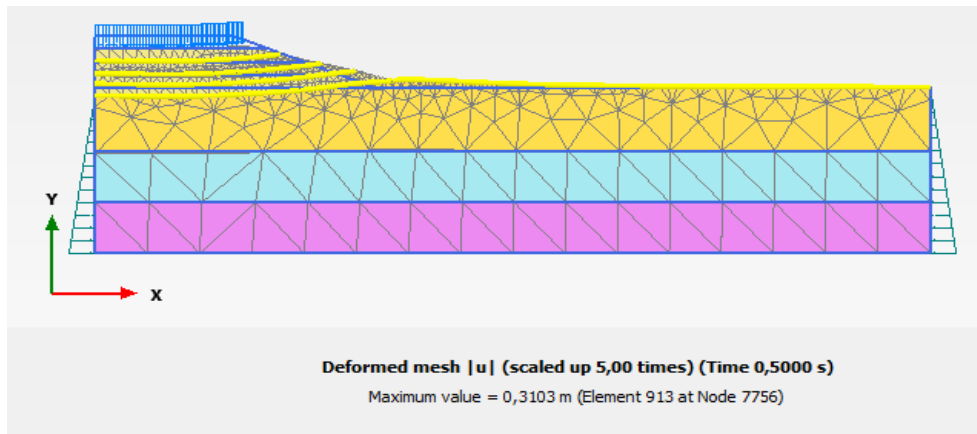
Bu modelde Tablo 3.3’ de verilen $E= 1300 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmiş ve Şekil 3.9’ da model kesiti verilmiştir. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1’ er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilerek, statik ve dinamik yük etki ettirilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.10-3.13’ de oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.



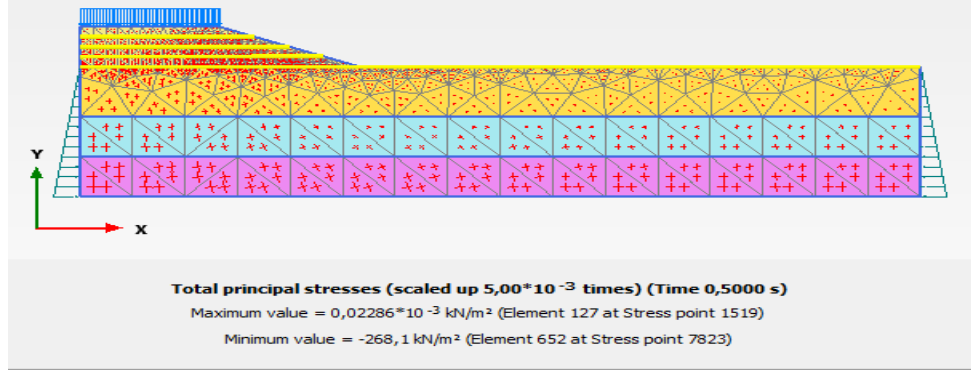
Şekil 3.9. Geotekstil malzeme yerleştirilmiş zemin modeli

Tablo 3.3. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

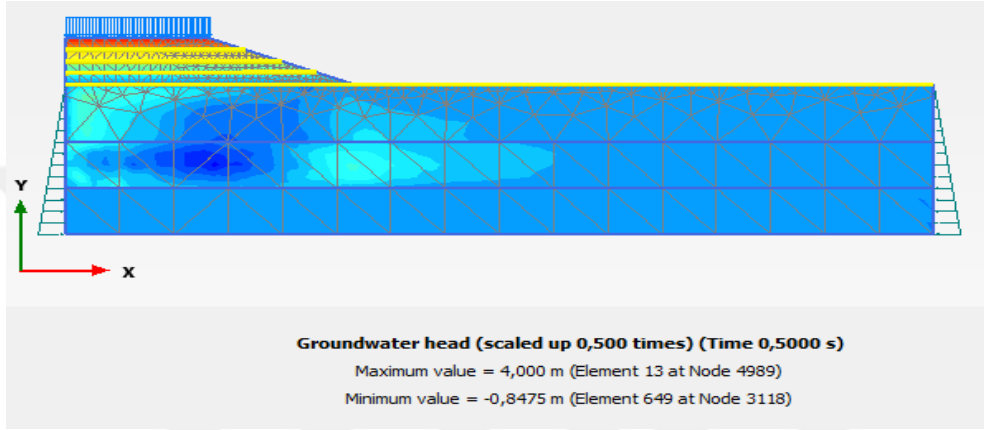
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	1300 kN/m
Uygulama Alanı	Yol, yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 ISO1 4001



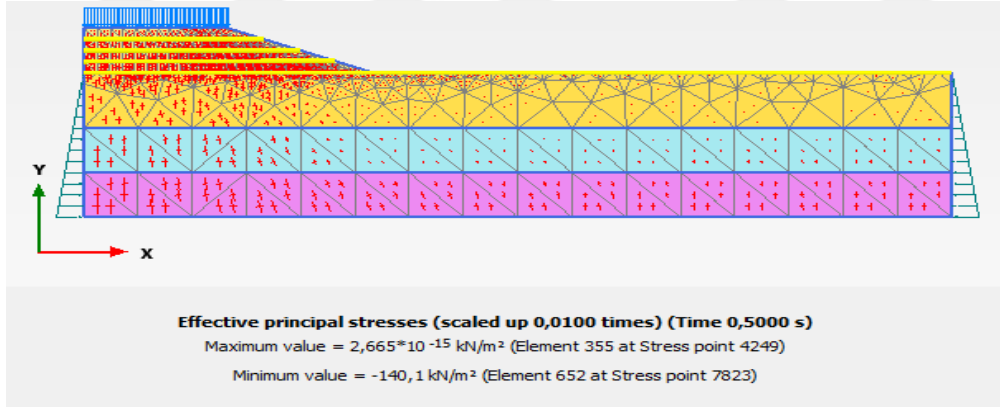
Şekil 3.10. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.11. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.12. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



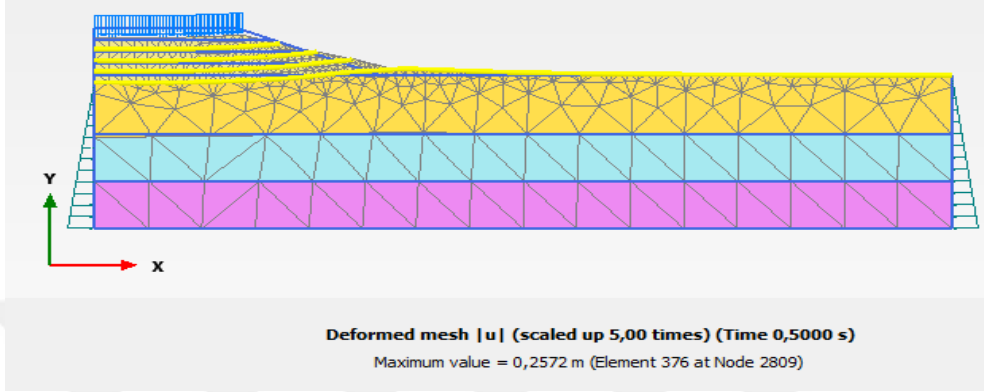
Şekil 3.13. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 3200 kN/m Olan Geotekstil Malzeme Kullanımı

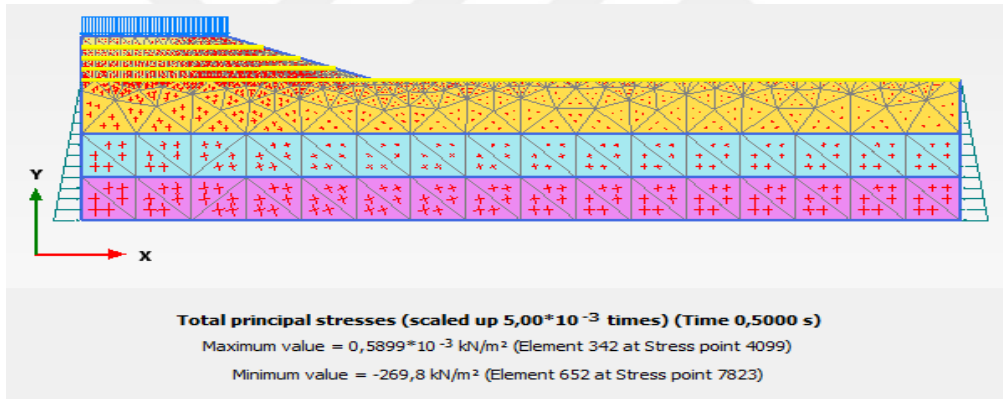
Bu modelde Tablo 3.4' de verilen $E= 3200 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmiş olup statik ve dinamik yük etki ettirilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1' er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir ve Şekil 3.10' da model kesiti kullanılmıştır. Şekil 3.14-3.17' da oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.4. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

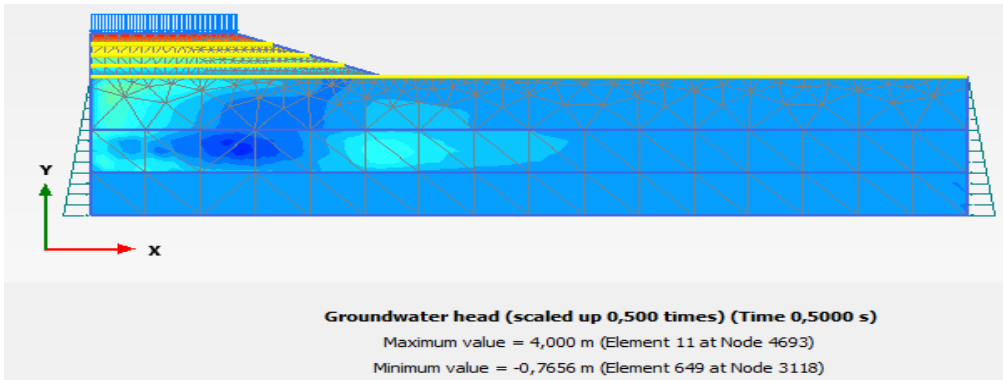
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	3200 kN/m
Uygulama Alanı	Yol, yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 ISO1 4001



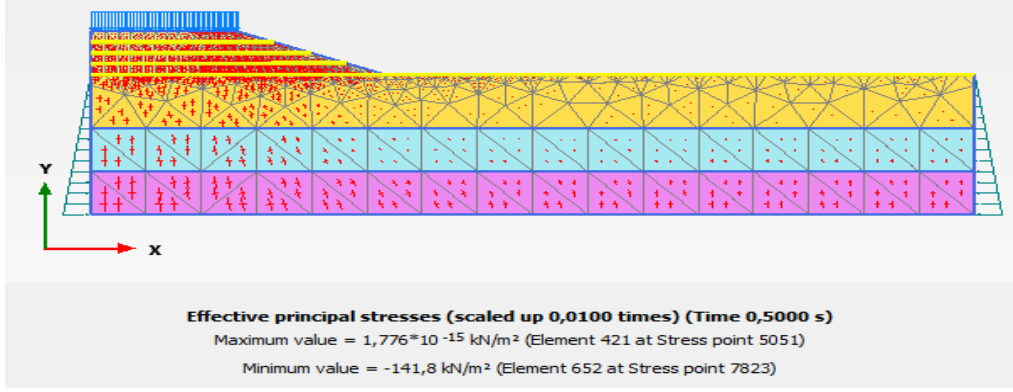
Şekil 3.14. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.15. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.16. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



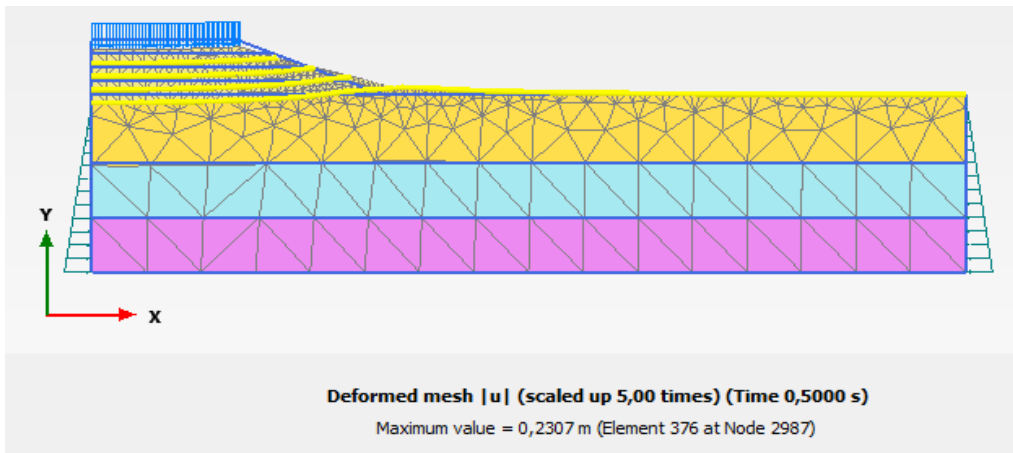
Şekil 3.17. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 8000 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

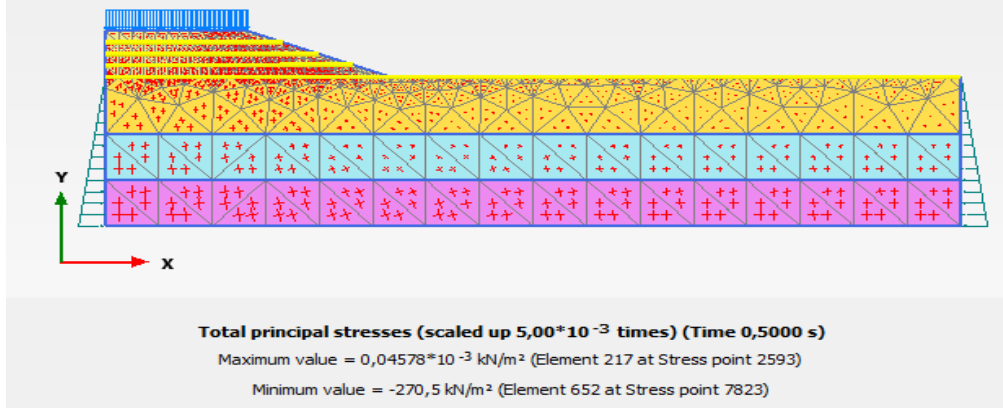
Bu modelde Tablo 3.5’ de verilen E= 8000 kN/m elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmiş olup statik ve dinamik yük etki ettirilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1’ er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir ve Şekil 3.10’ da model kesiti kullanılmıştır. Şekil 3.18-3.21’ de oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.5. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

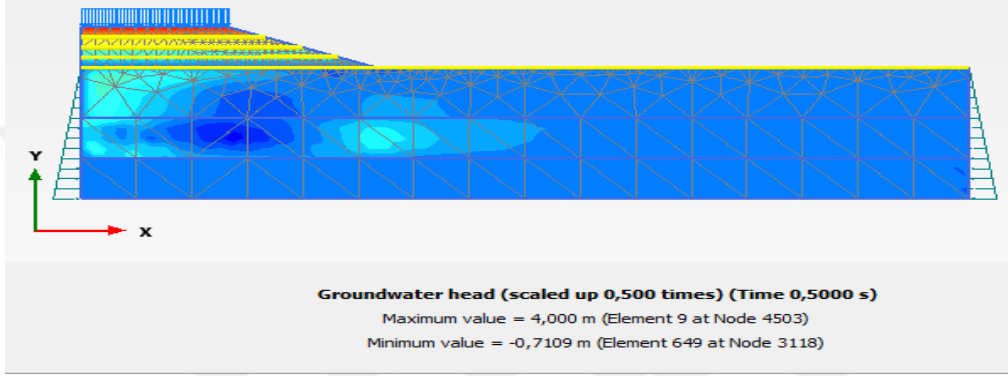
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	8000 kN/m
Uygulama Alanı	Yol, yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 IS01 4001



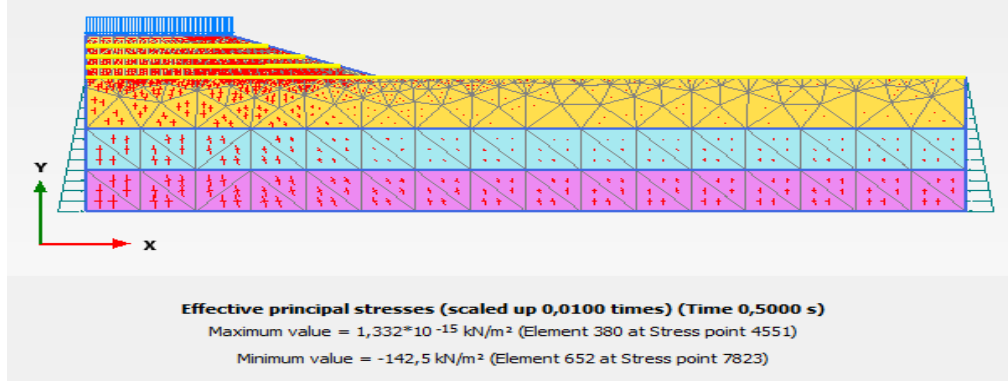
Şekil 3.18. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.19. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.20. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



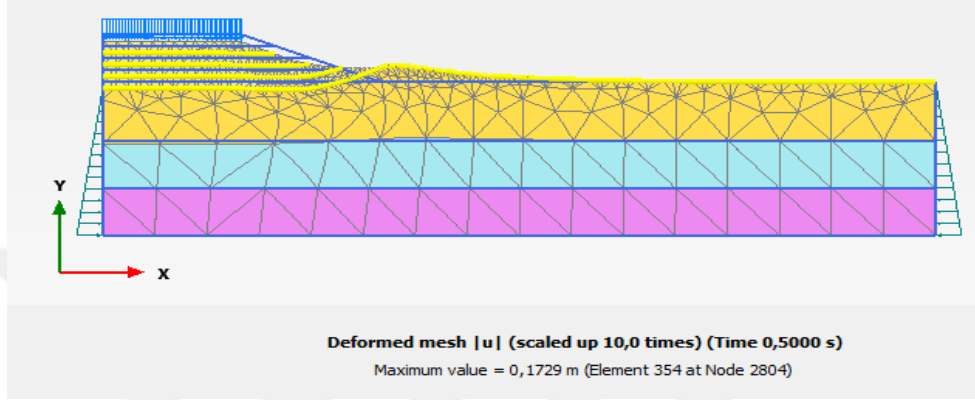
Şekil 3.21. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

$E = 4,5 \times 10^5$ kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

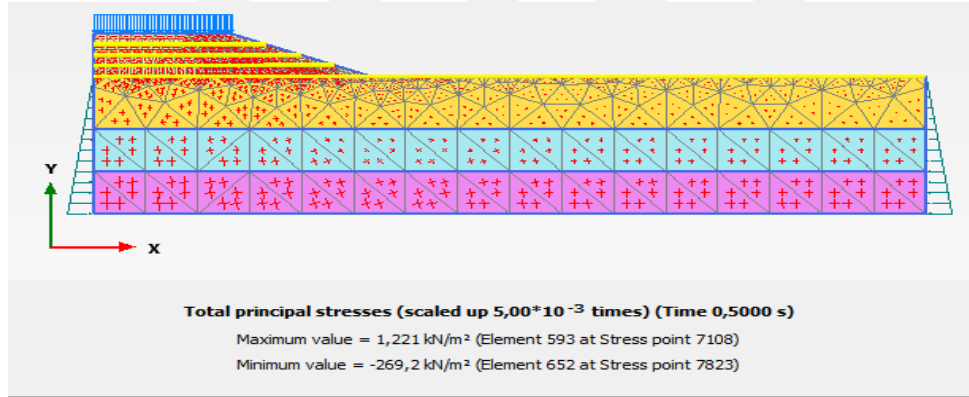
Bu modelde Tablo 3.6’ da verilen $E = 4,5 \times 10^5$ kN/m elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmiş olup statik ve dinamik yük etki ettirilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1’ er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir ve Şekil 3.10’ de model kesiti kullanılmıştır. Şekil 3.22-3.25’ de oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.6. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

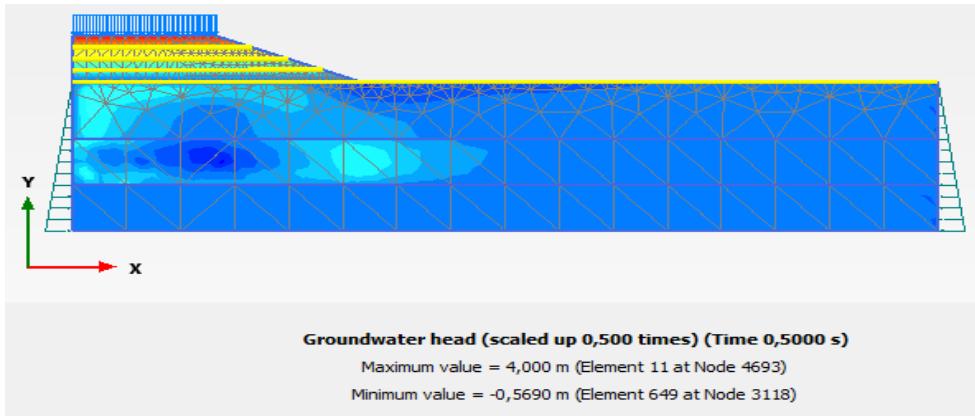
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	$4,5 \times 10^5$ kN/m
Uygulama Alanı	Yol, yol yapımı
Özellği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 ISO1 4001



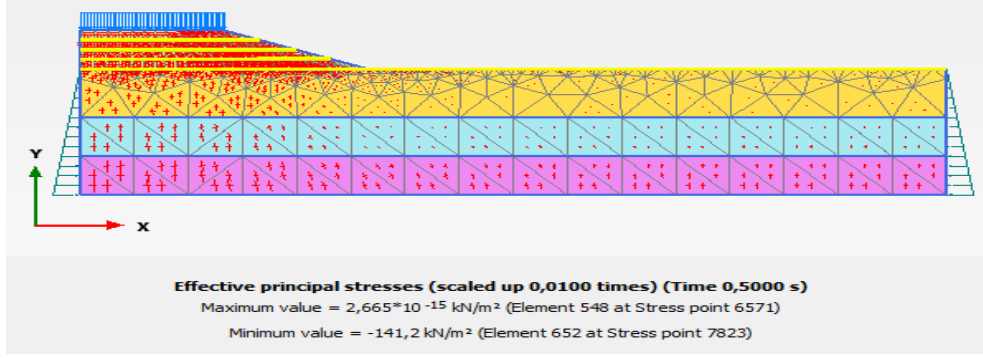
Şekil 3.22. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.23. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

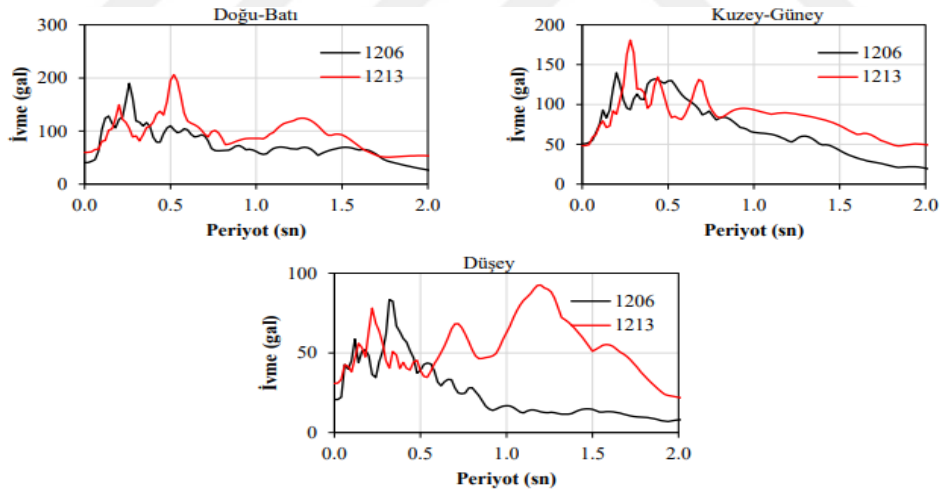


Şekil 3.24. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



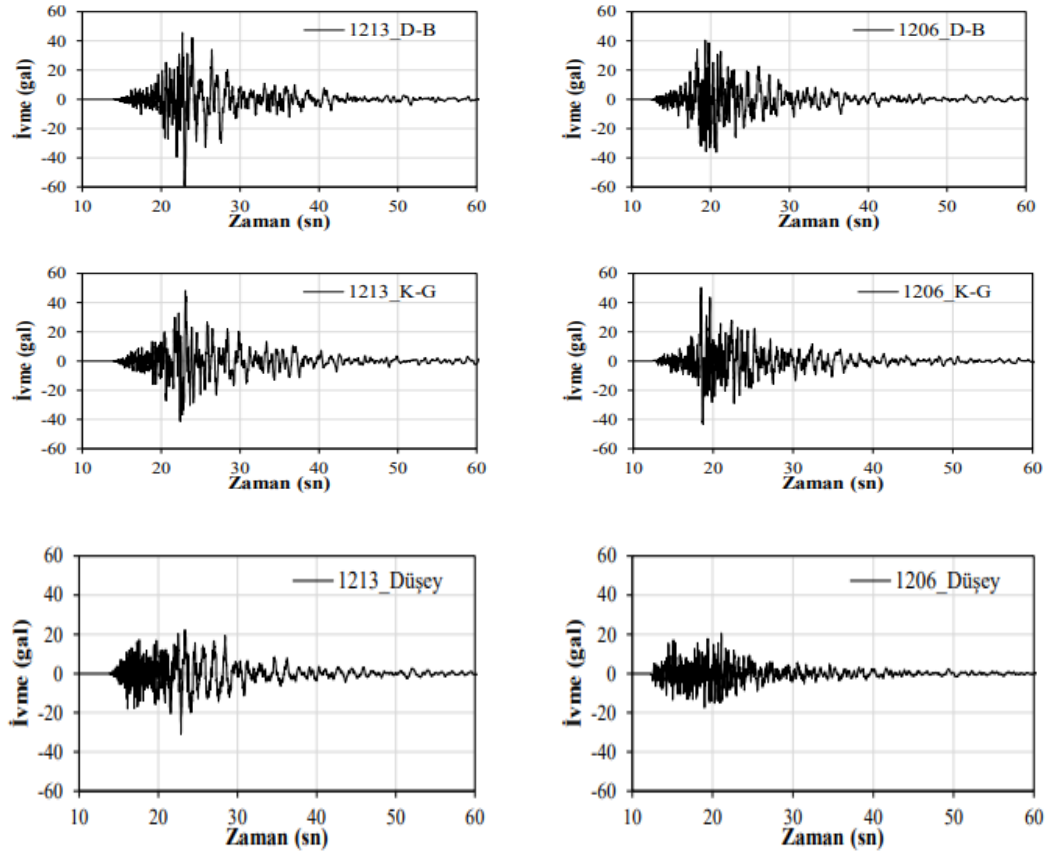
Şekil 3.25. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
14.06.2020 Tarihli Gerçekleşen Bingöl-Karlıova Depremi ($M_w = 5,8$)

14.06.2020 tarihli gerçekleşen Bingöl-Karlıova depremi ($M_w = 5,8$) etkisinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır. Şekil 3.1’ de verilen zemin profili kil ($E = 350$ kN/m²), kil ($E: 1000$ kN/m²) ve orta sıkı kum olmak üzere üç katmandan oluşmuştur. Zemin modeline girilen ivme değerleri Şekil 3.26’ da ve ivme periyot değerleri Şekil 3.27’ de verilmiştir. Deprem verilerinin programa tanımlanması Şekil 3.28’ de verilmiştir. Şekil 3.1’ de verilen zemin modeli kullanılarak, deprem yükünün etkisi altında geotekstil destekli ve desteklessiz analizler yapılmıştır (Şekil 3.29).



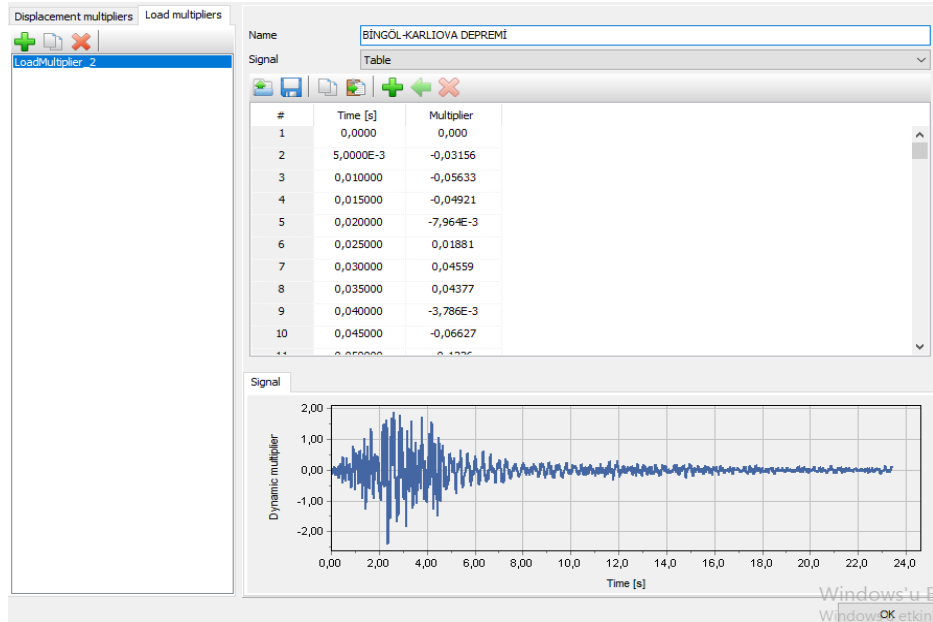
Şekil 3.26. Yer ivmesi kayıt bileşenlerinin ivme spektrumlarının %5 sönüm oranında gösterimi

Kaynak: (Özer, Bayrak, & Perk , 2020)

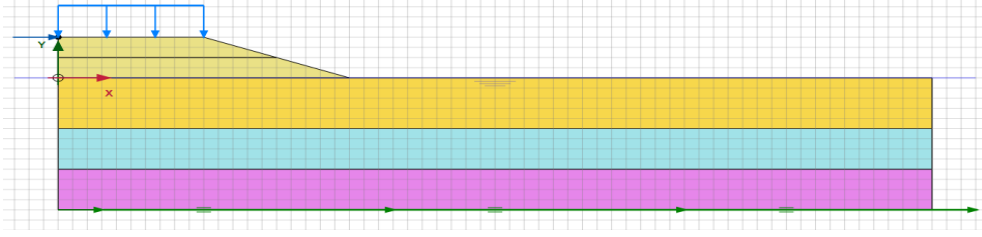


Şekil 3.27. 14 Haziran 2020 Karlıova-Bingöl depremi bileşenlerinin ivme kayıtları (Mw= 5.8)

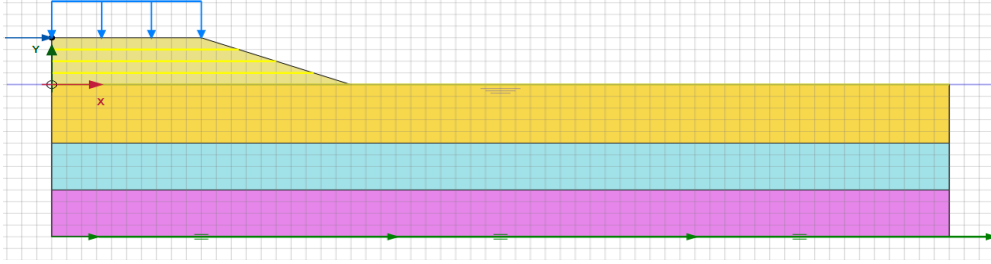
Kaynak: (Özer, Bayrak, & Perk , 2020)



Şekil 3.28. Deprem yükünün programa tanımlanması



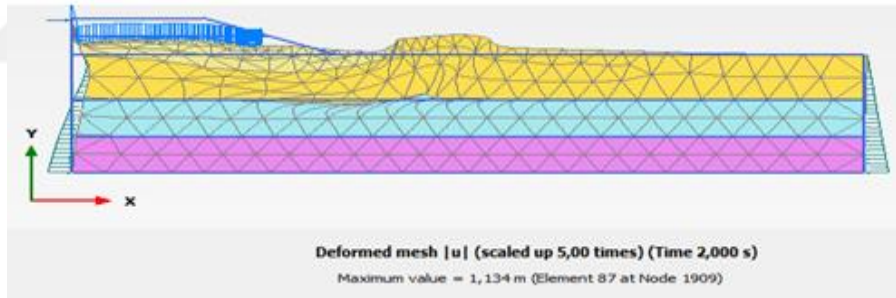
(a)



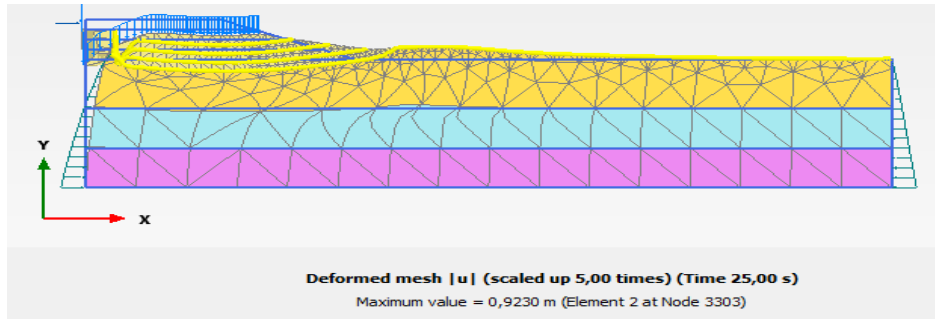
(b)

Şekil 3.29. Deprem yükü altında davranış a) geotekstil desteksiz ve b) geotekstil destekli

Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 0,9230 m olduğu görülmüştür (Şekil 3.30). Ayrıca, Şekil 3.31-3.33 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.

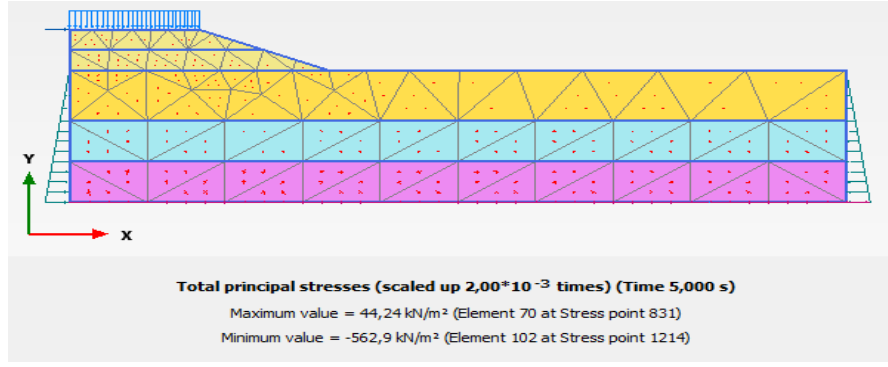


a)

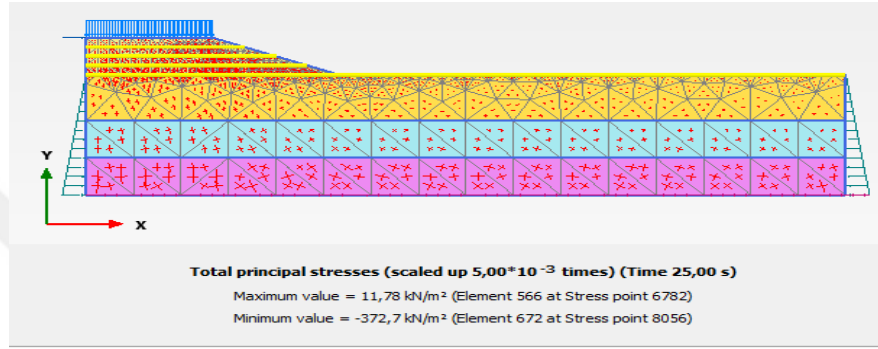


b)

Şekil 3.30. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan deformasyon b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon

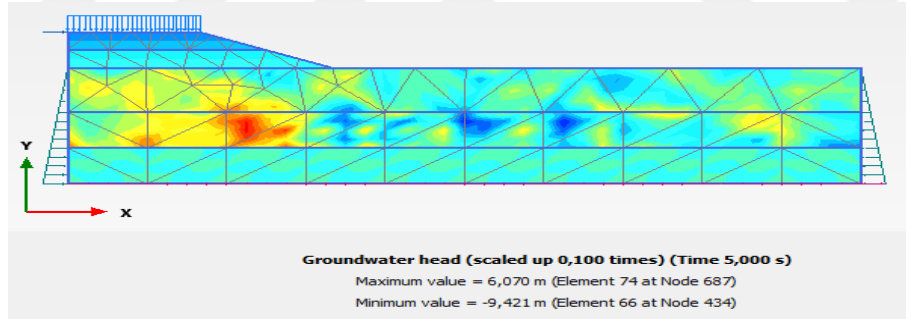


a)

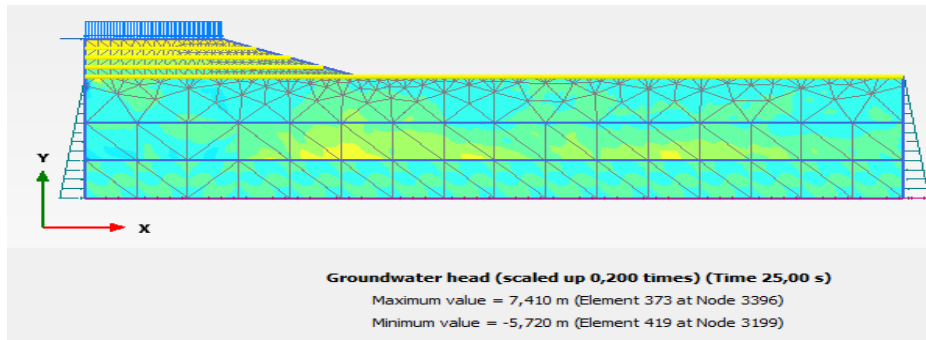


b)

Şekil 3.31. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme

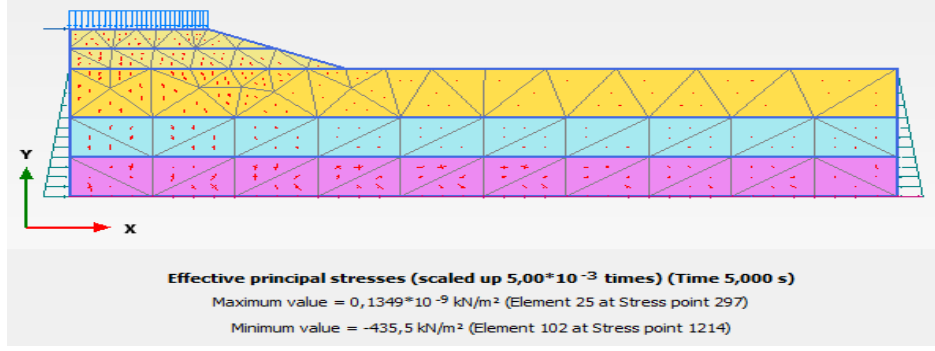


a)

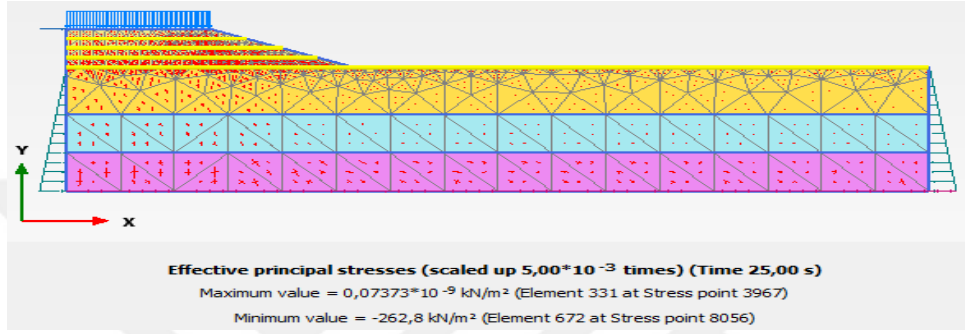


b)

Şekil 3.32. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu



a)

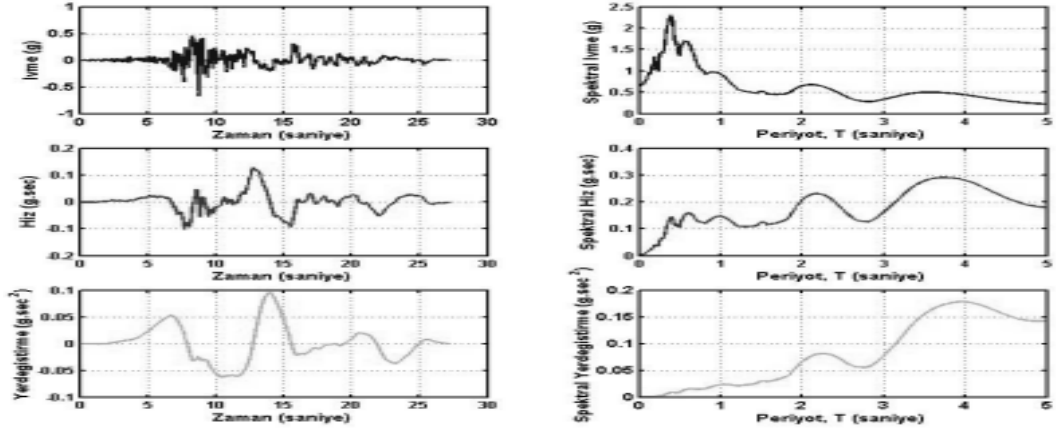


b)

Şekil 3.33. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme

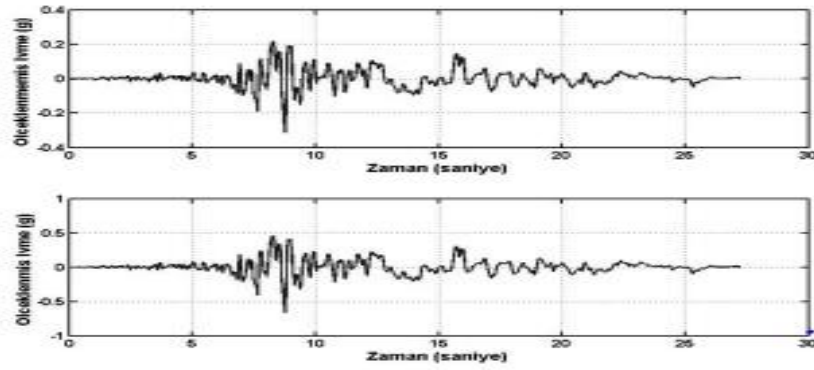
17.08.1999 Tarihli Gerçekleşen Kocaeli Depremi ($M_w = 7.4$)

17.08.1999 tarihli gerçekleşen Kocaeli depremi ($M_w = 7.4$) etkisinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır. Şekil 3.1’ de verilen zemin profili kil ($E = 350$ kN/m²), kil ($E: 1000$ kN/m²) ve orta sıkı kum olmak üzere üç katmandan oluşmuştur. Zemin modeline girilen ivme değerleri Şekil 3.34’ de ve ivme periyot değerleri Şekil 3.35’ de verilmiştir. Şekil 3.1’ de verilen zemin modeli kullanılarak, deprem yükünün etkisi altında geotekstil destekli ve desteksiz analizler yapılmıştır.



Şekil 3.34. Kocaeli Depremi'ne ait P1096 numaralı ölçeklenmiş kaydın (DZC180) ivme, hız, deformasyon, spektral ivme, spektral hız ve spektral deformasyon şekilleri

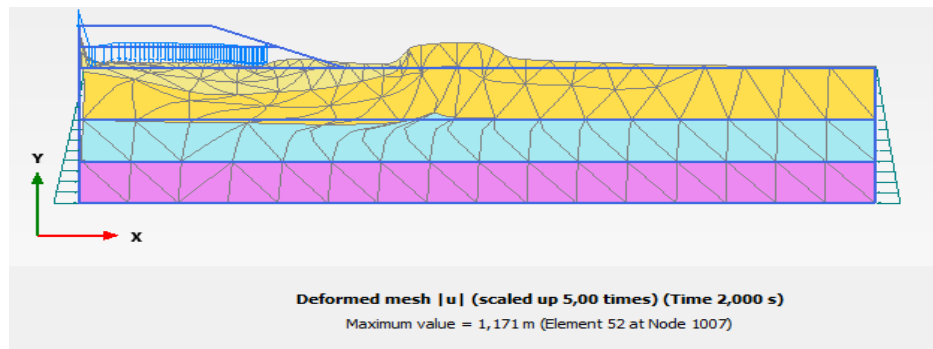
Kaynak: (Normaler, Mart,2018)



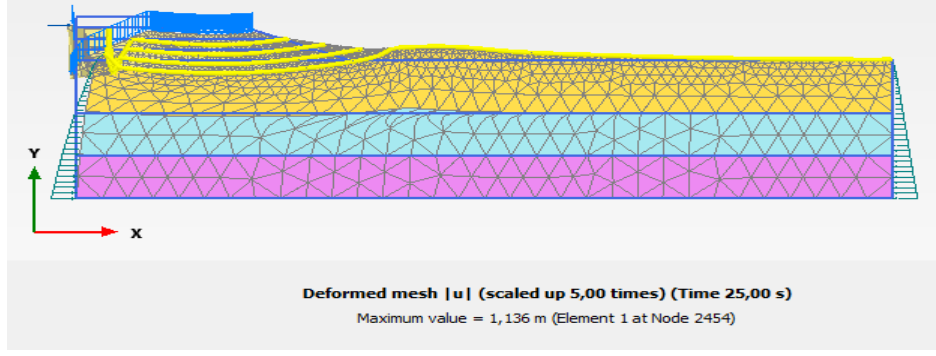
Şekil 3.35. Kocaeli Depremi'ne ait P1096 numaralı orijinal kayıt (DZC180) ve α AT katsayısı ile ölçeklenmiş kayıt

Kaynak: (Normaler, Mart,2018)

Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 1,136 m olduğu görülmüştür (Şekil 3.36). Ayrıca, Şekil 3.37-3.39 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.

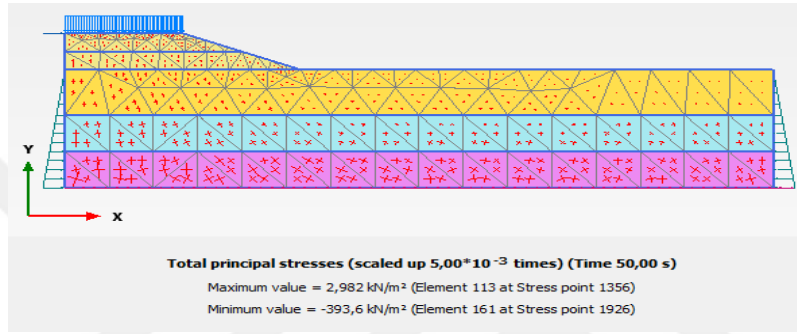


a)

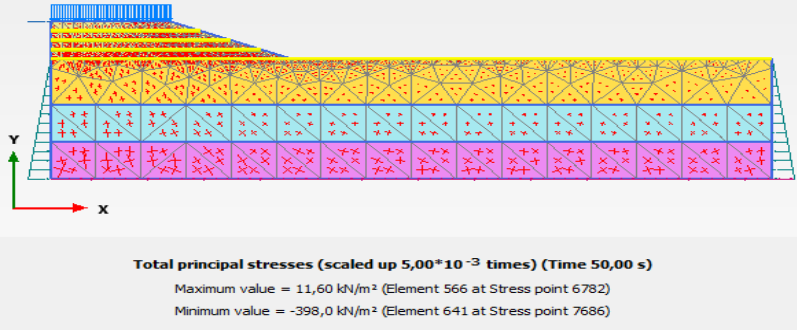


b)

Şekil 3.36. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon

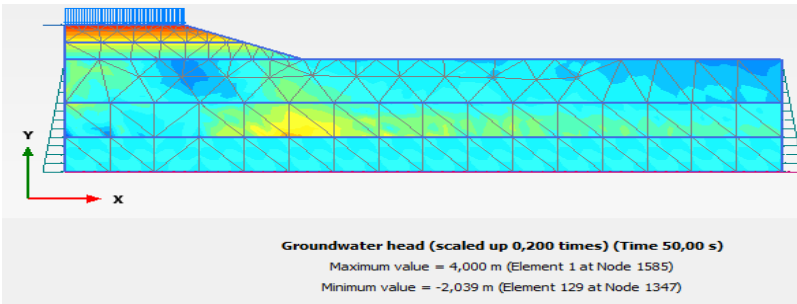


a)

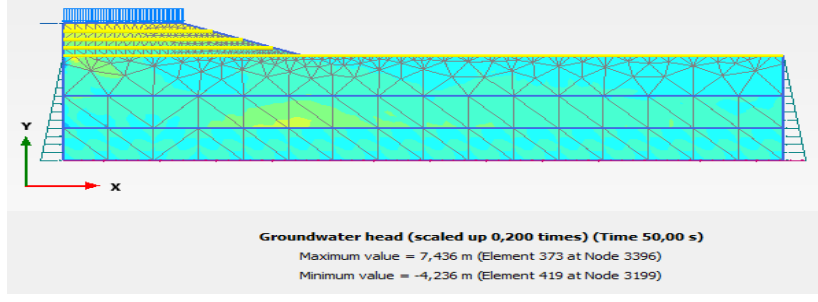


b)

Şekil 3.37. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme

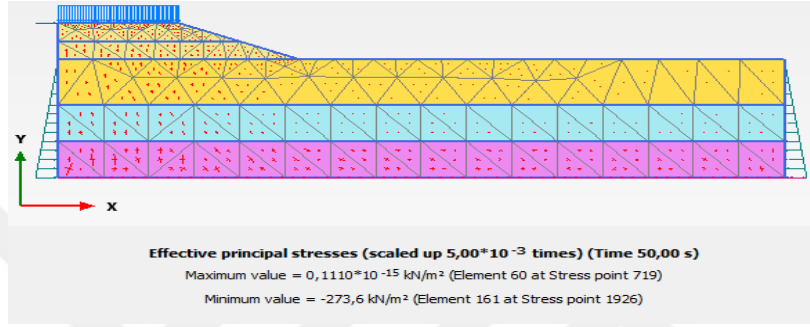


a)

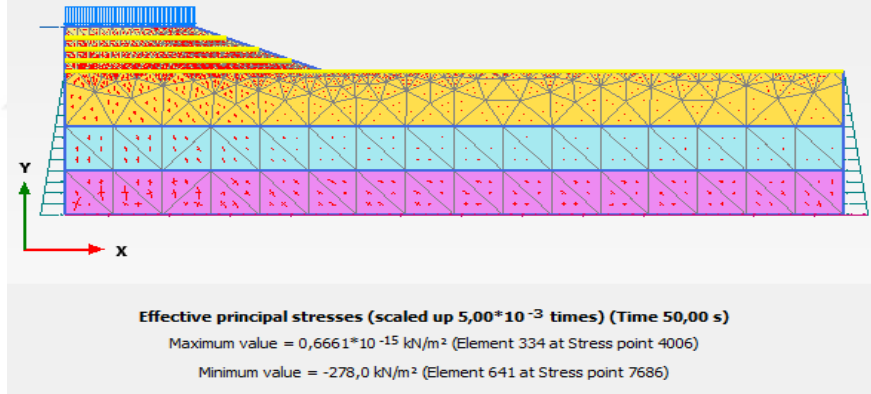


b)

Şekil 3.38. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu



a)

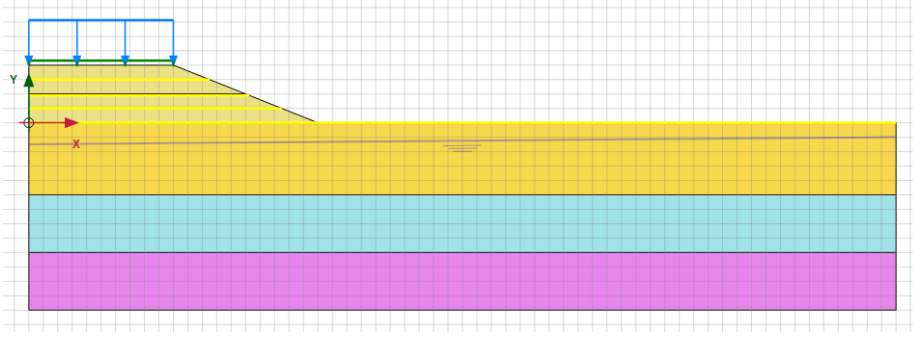


b)

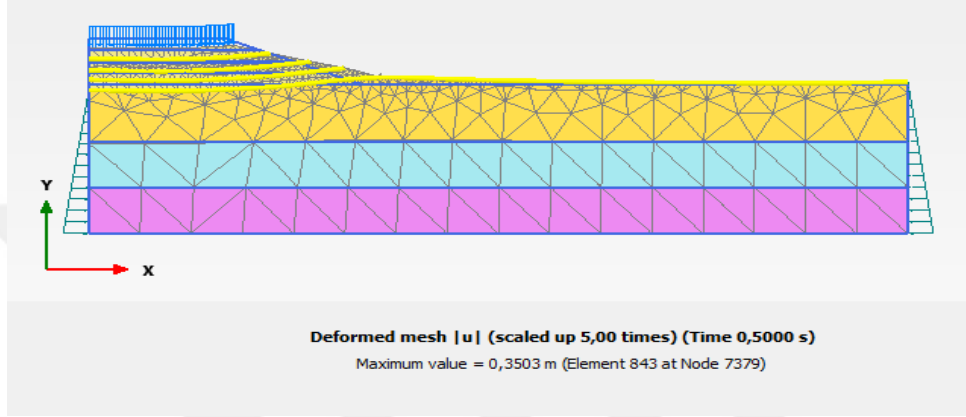
Şekil 3.39. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme

Zemin Profilinden 1 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

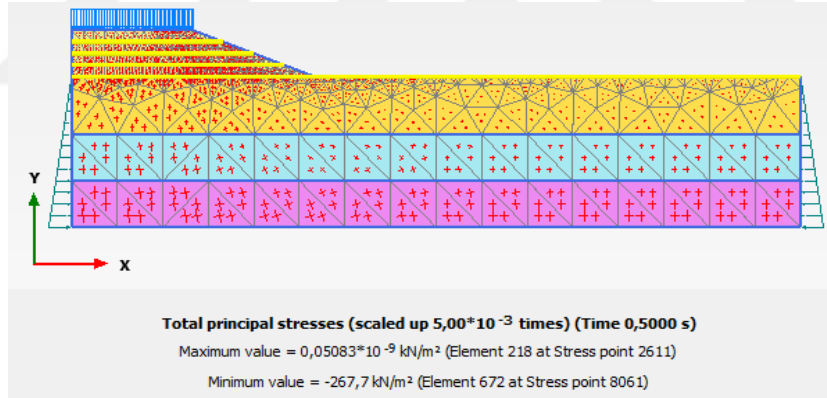
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.40). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3503 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.41). Ayrıca, Şekil 3.42-3.44 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



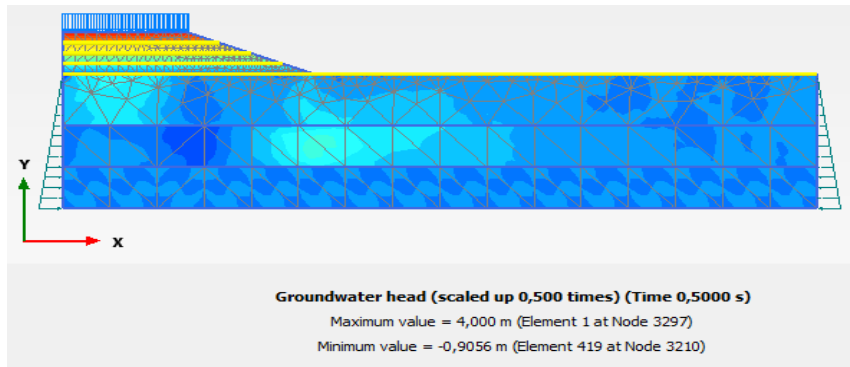
Şekil 3.40. Zemin profilinden 1 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



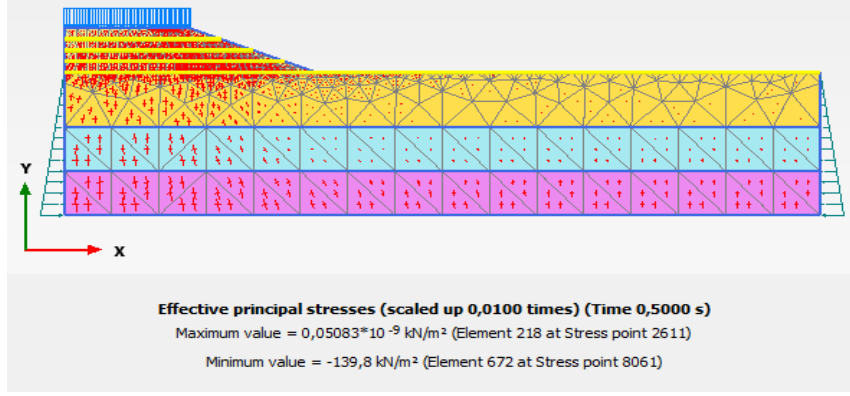
Şekil 3.41. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.42. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

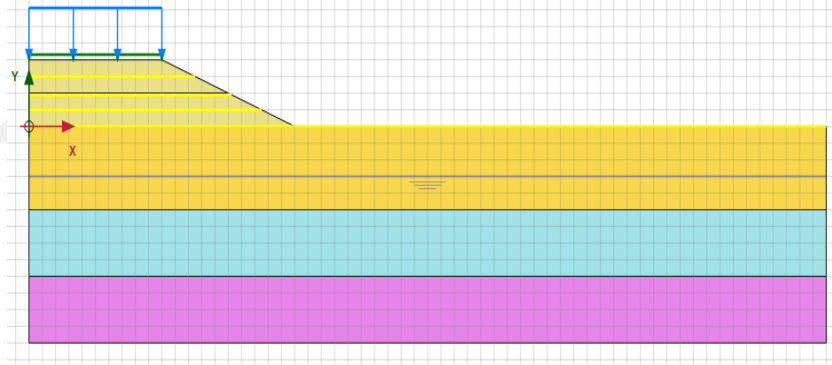


Şekil 3.43. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

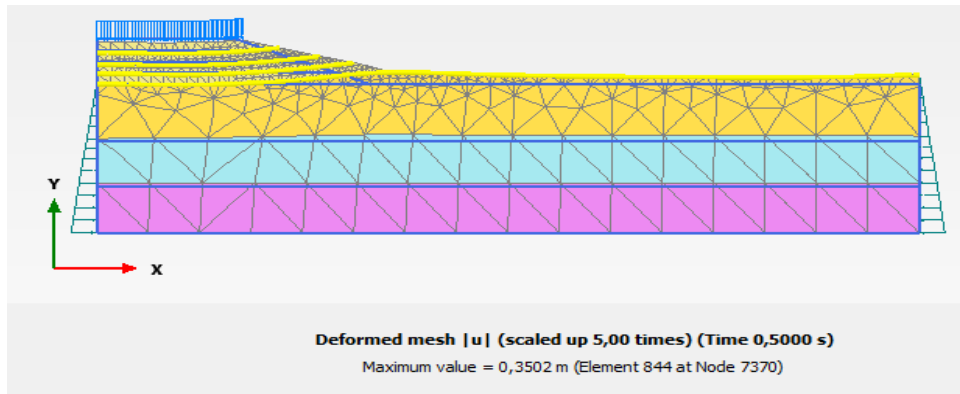


Şekil 3.44. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 3 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

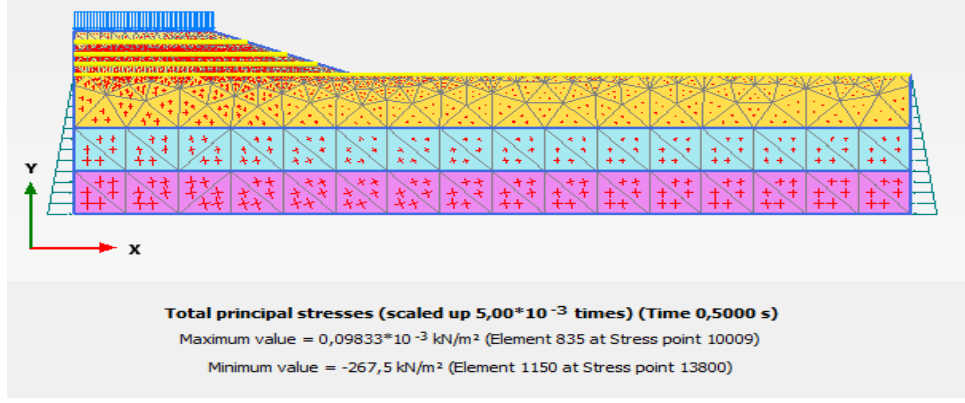
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 3 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.45). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3502 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.46). Ayrıca, Şekil 3.47-3.49 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



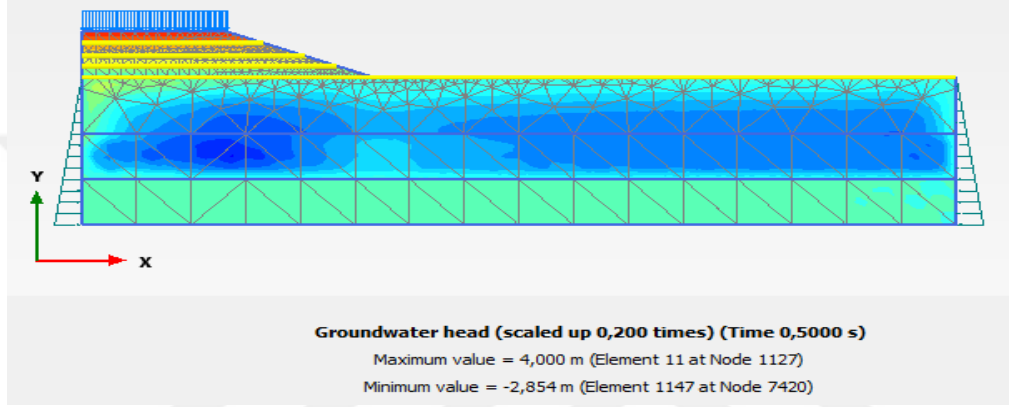
Şekil 3.45. Zemin profilinden 3 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



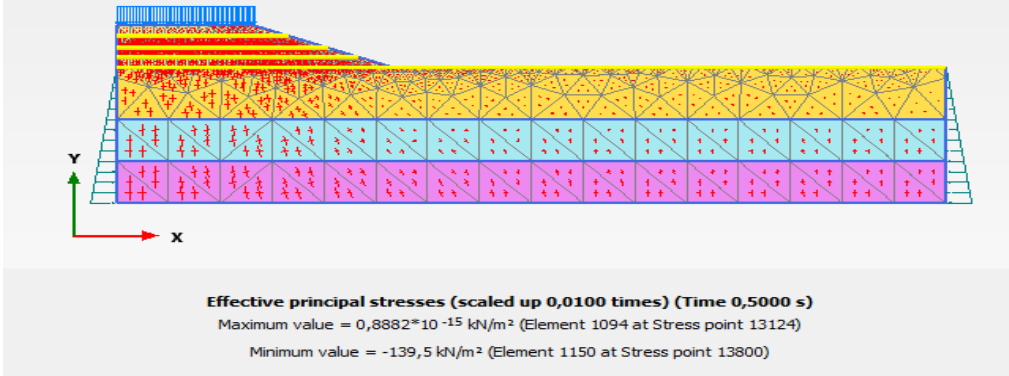
Şekil 3.46. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.47. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

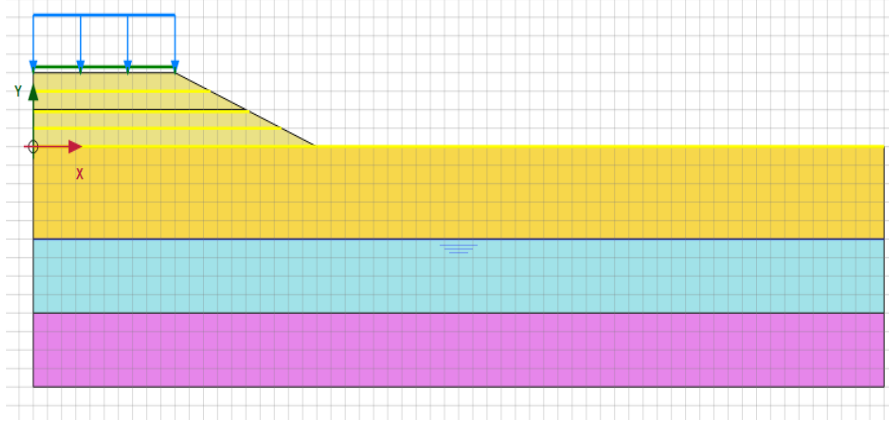


Şekil 3.48. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

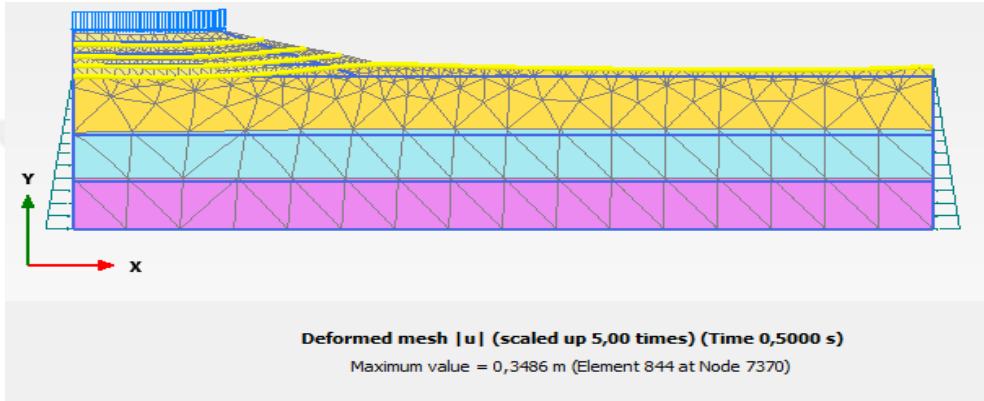


Şekil 3.49. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 5 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

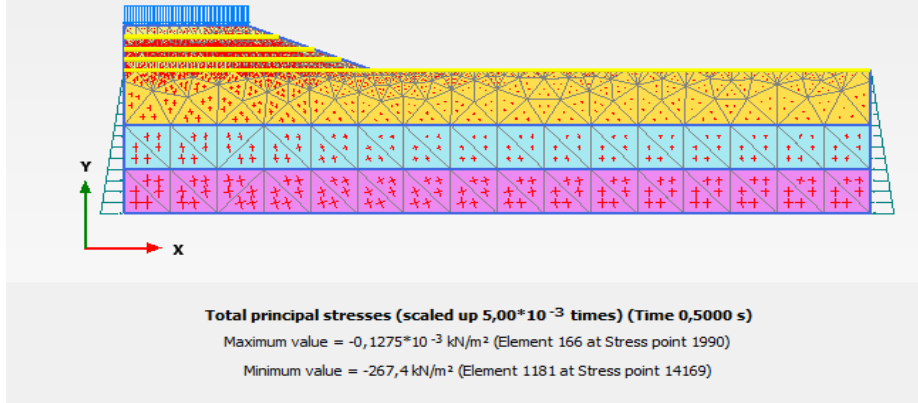
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 5 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.50). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3486 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.51). Ayrıca, Şekil 3.52-3.54 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



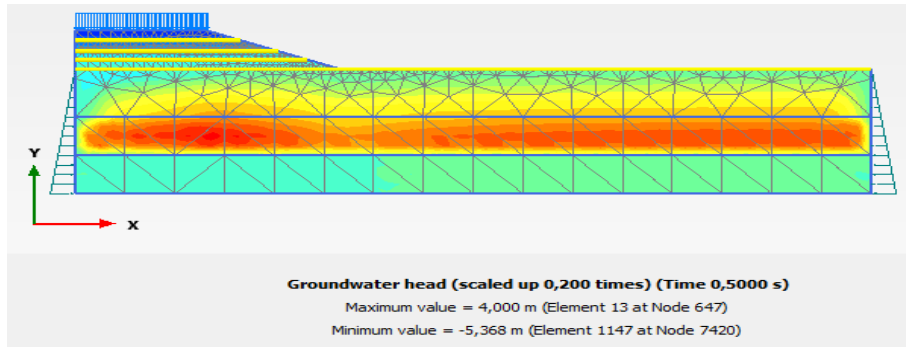
Şekil 3.50. Zemin profilinden 5 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



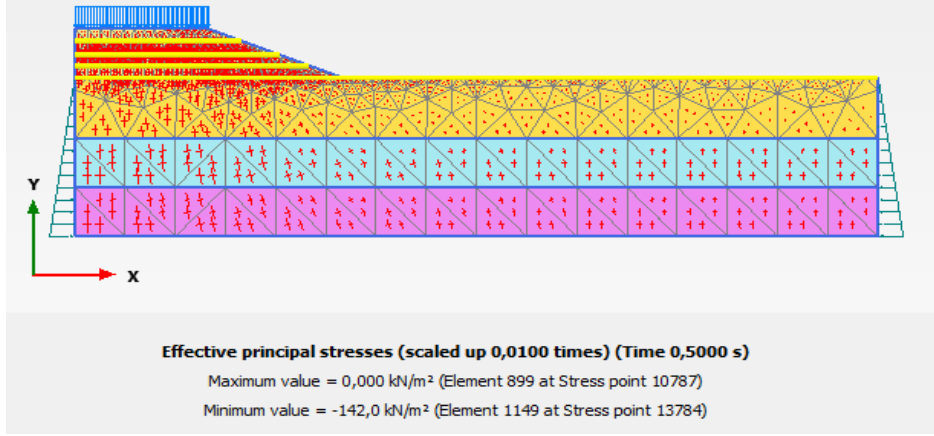
Şekil 3.51. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.52. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

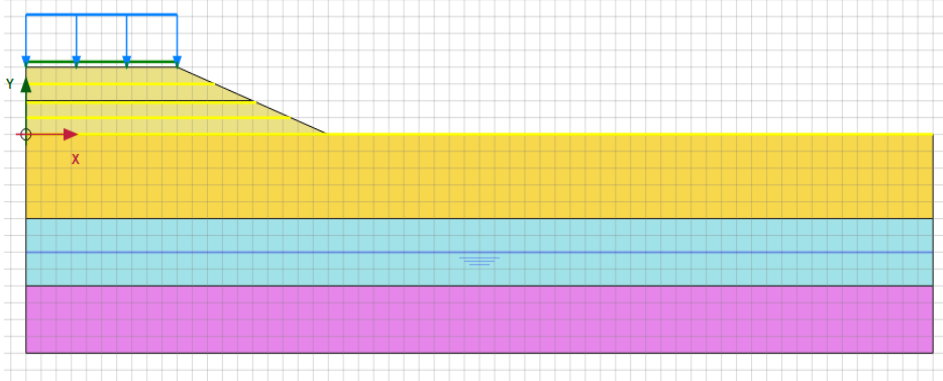


Şekil 3.53. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

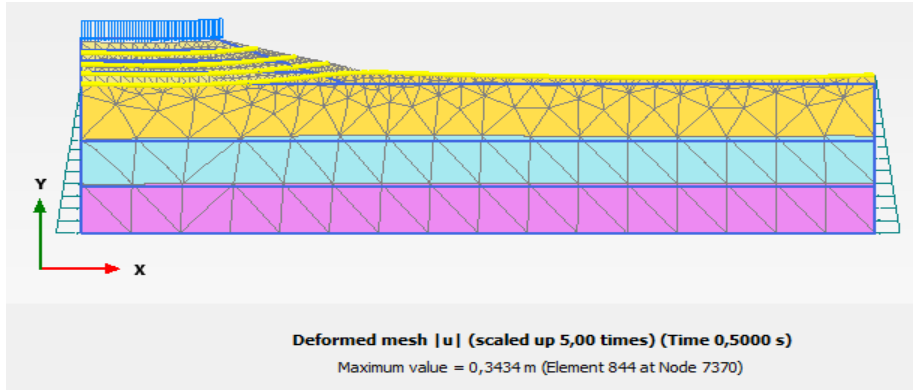


Şekil 3.54. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 7 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

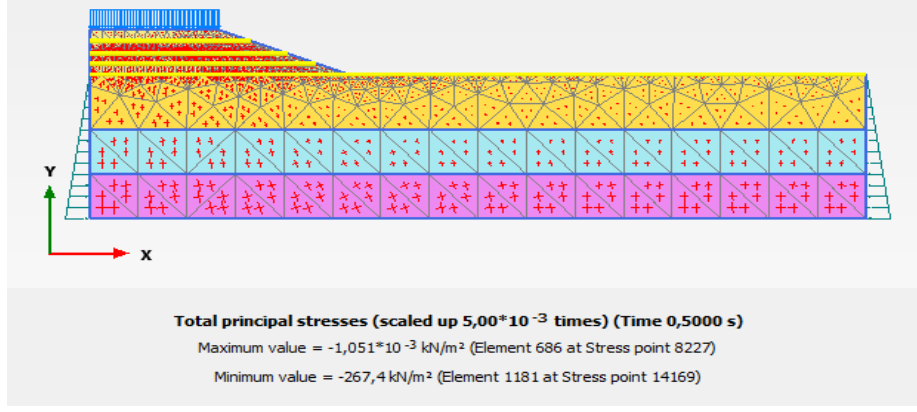
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 7 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.55). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3434 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.56). Ayrıca, Şekil 3.57-3.59 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



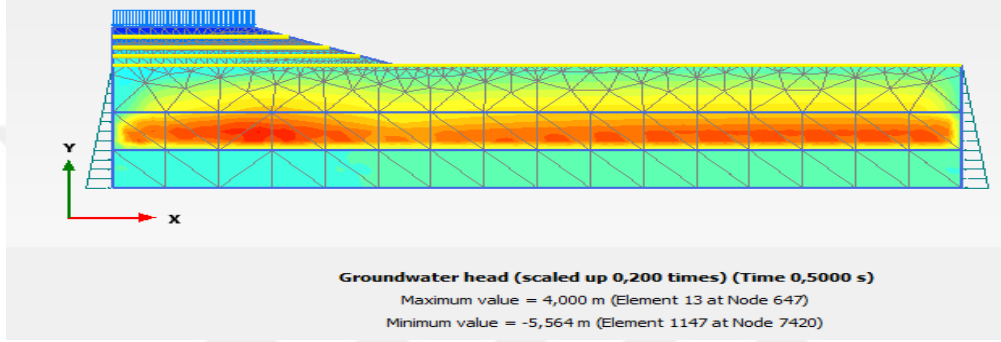
Şekil 3.55. Zemin profilinden 7 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



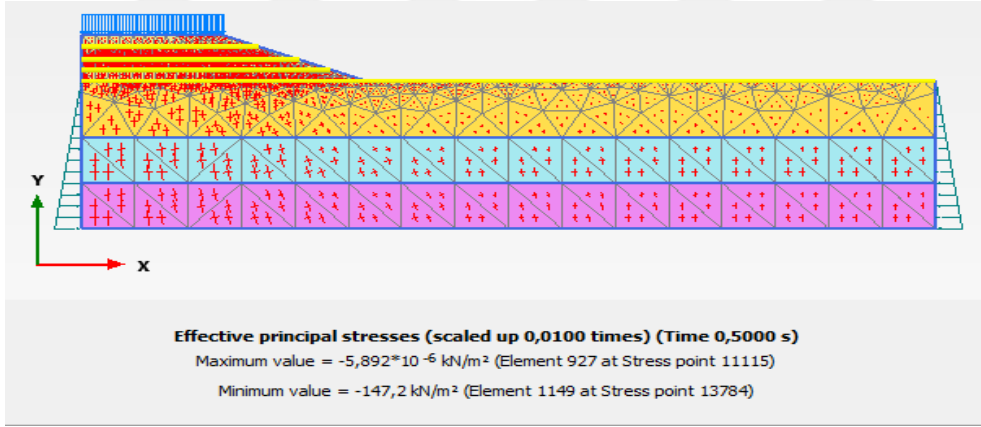
Şekil 3.56. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.57. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



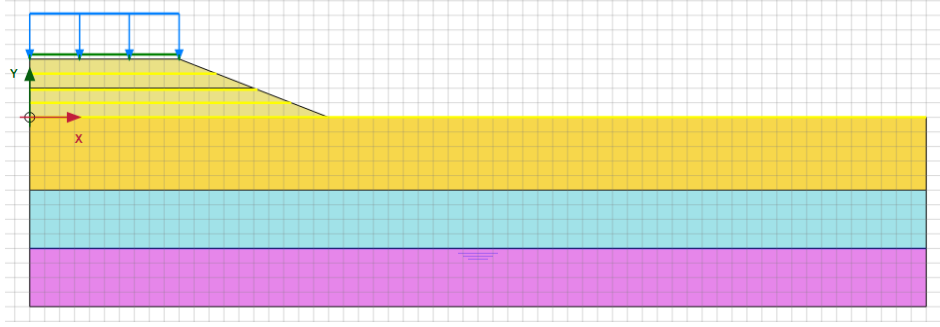
Şekil 3.58. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



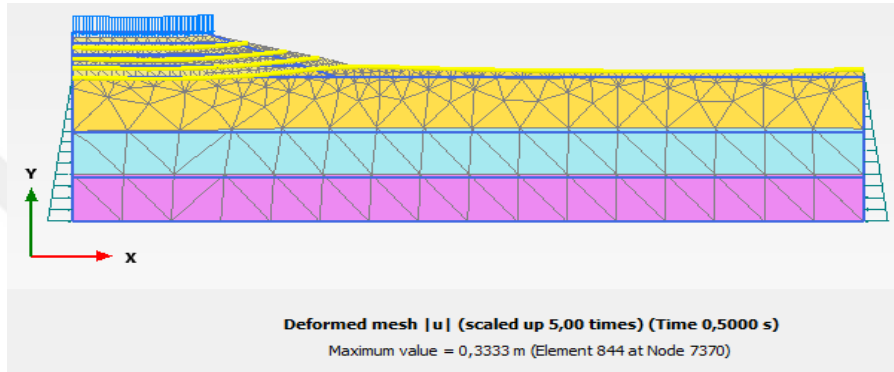
Şekil 3.59. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Zemin Profilinden 9 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

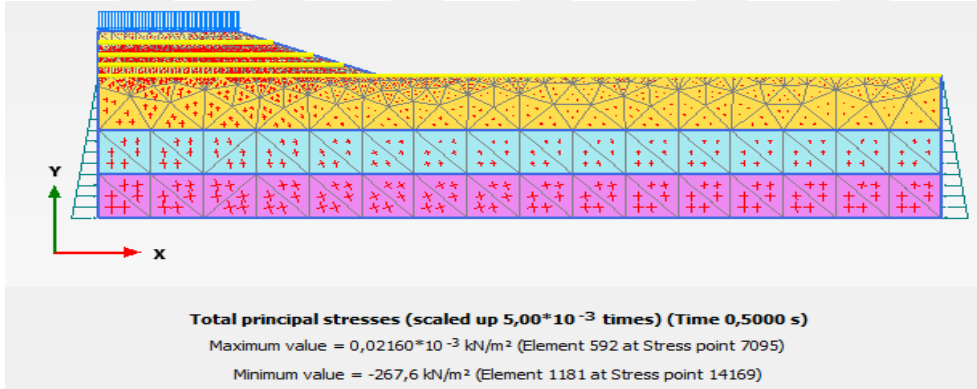
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 9 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.60). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3333 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.61). Ayrıca, Şekil 3.62-3.64 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



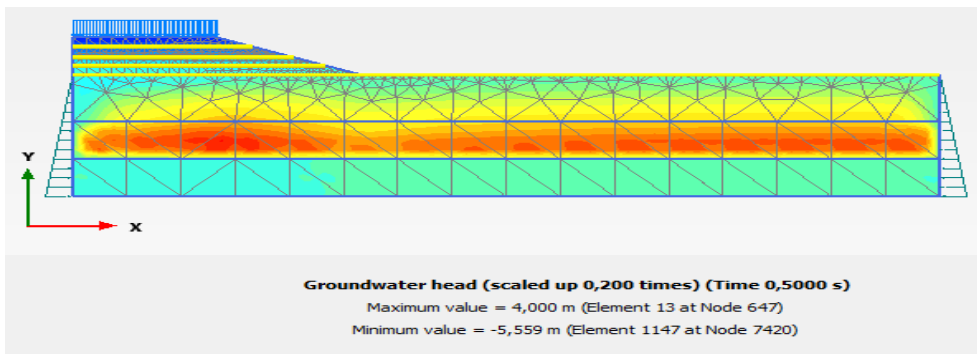
Şekil 3.60. Zemin profilinden 9 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



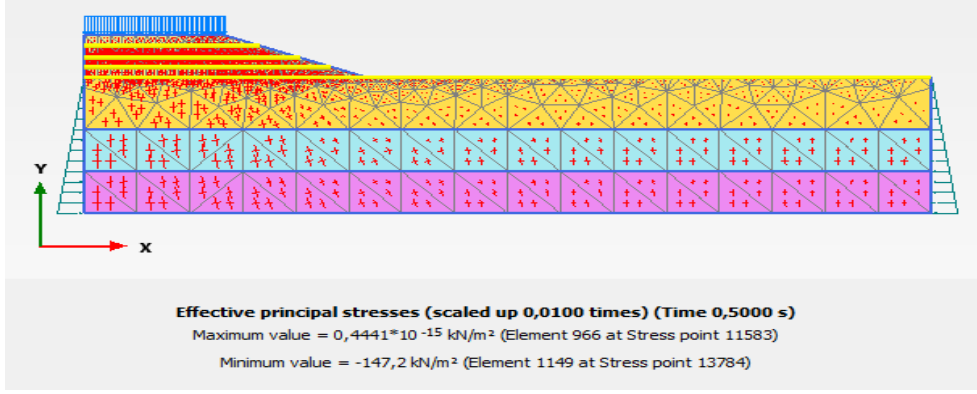
Şekil 3.61. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.62. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

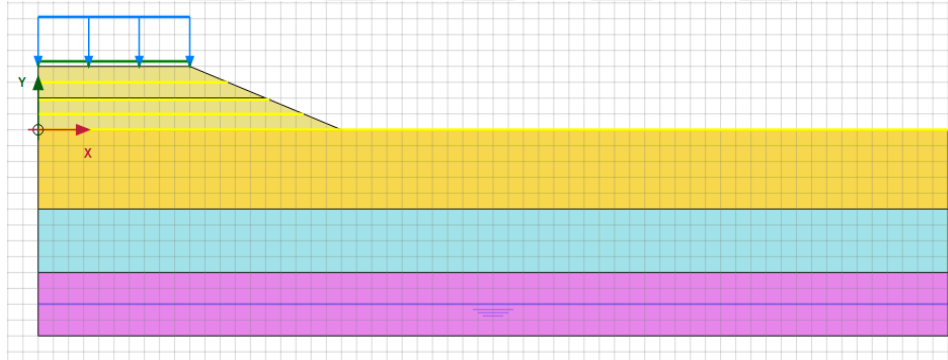


Şekil 3.63. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

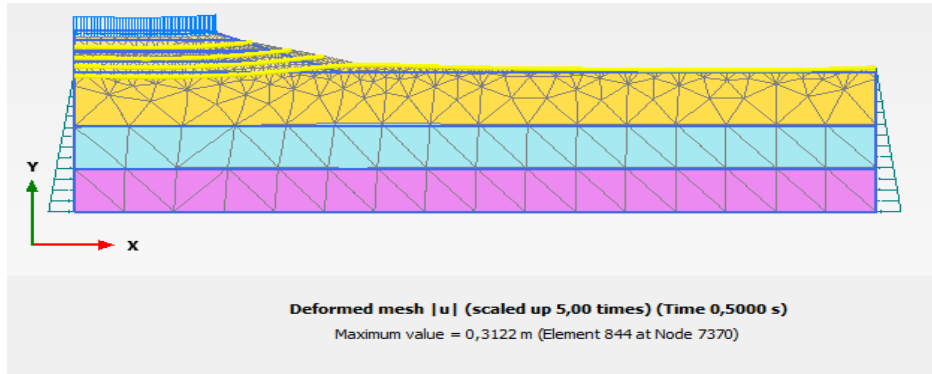


Şekil 3.64. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 11 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

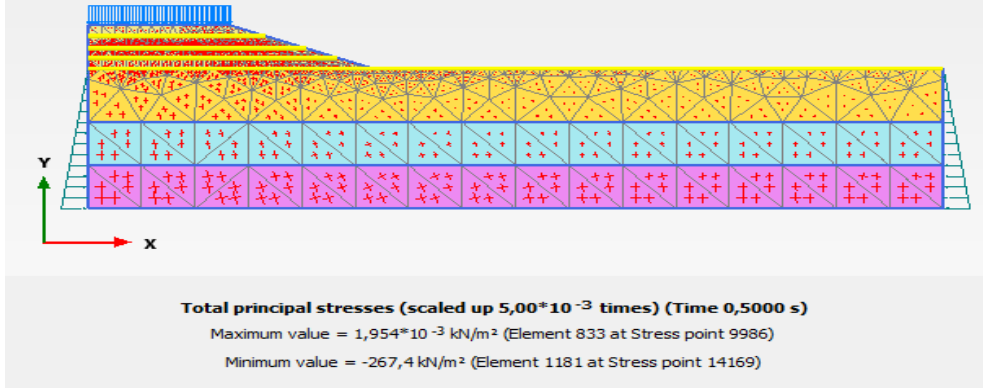
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 11 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.65). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3122 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.66). Ayrıca, Şekil 3.67-3.69 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



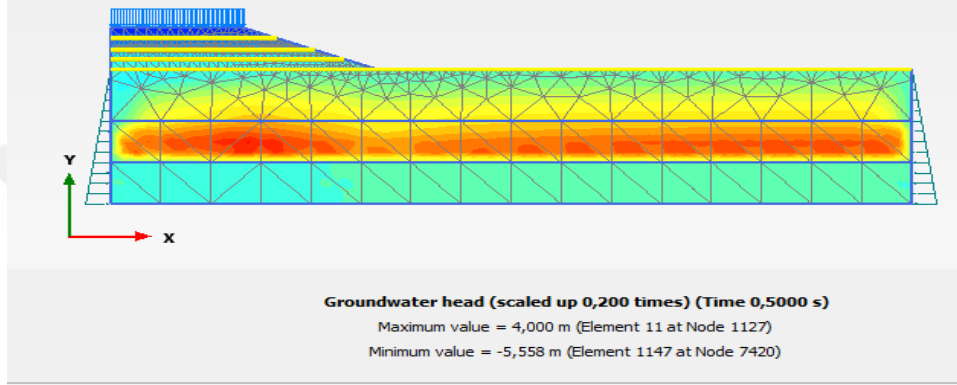
Şekil 3.65 Zemin profilinden 11 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



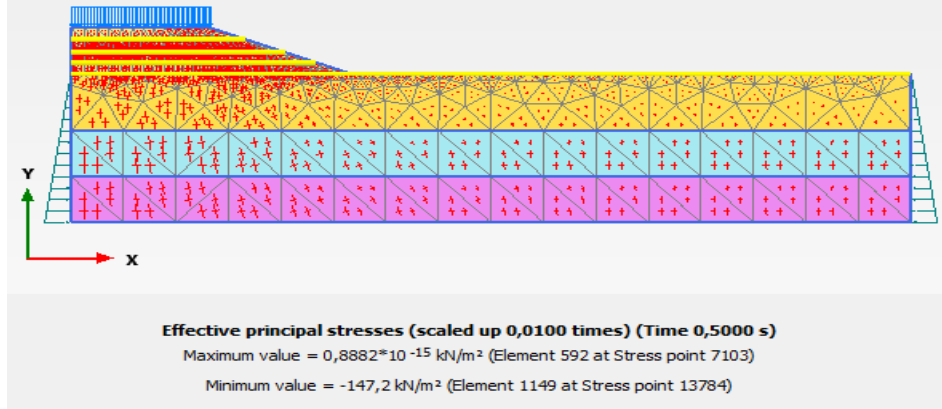
Şekil 3.66. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.67. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

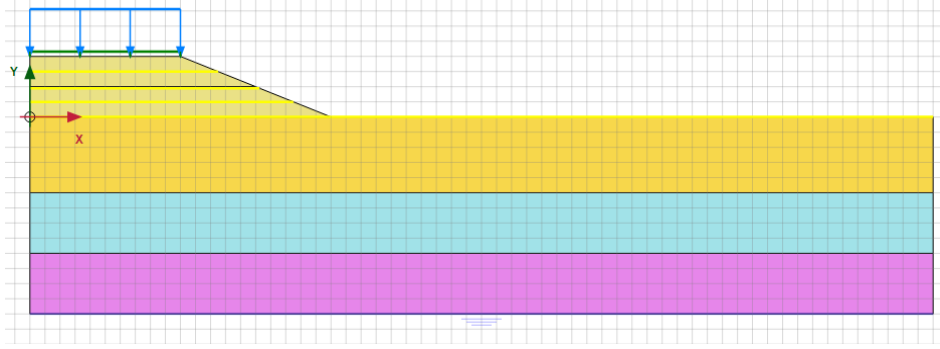


Şekil 3.68. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

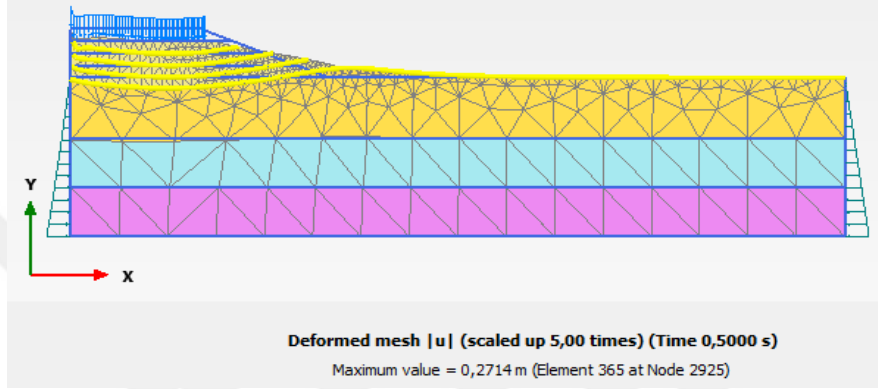


Şekil 3.69. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 13 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

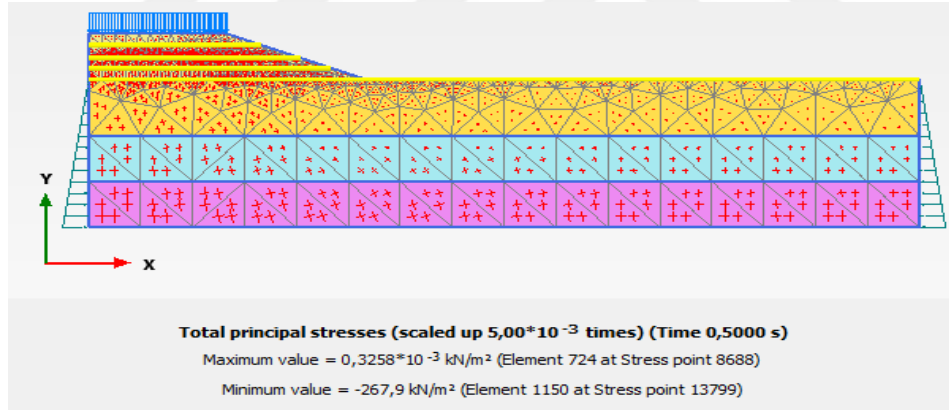
Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 13 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.70). Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,2714 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.71). Ayrıca, Şekil 3.72-3.74 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



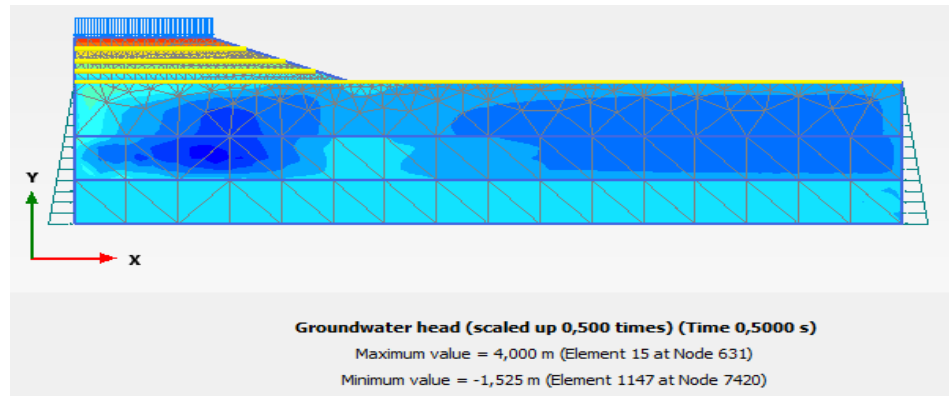
Şekil 3.70. Zemin profilinden 13 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



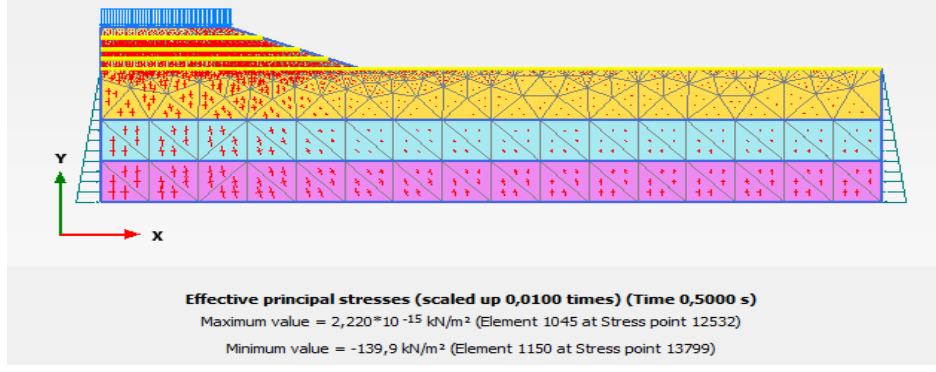
Şekil 3.71. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.72. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

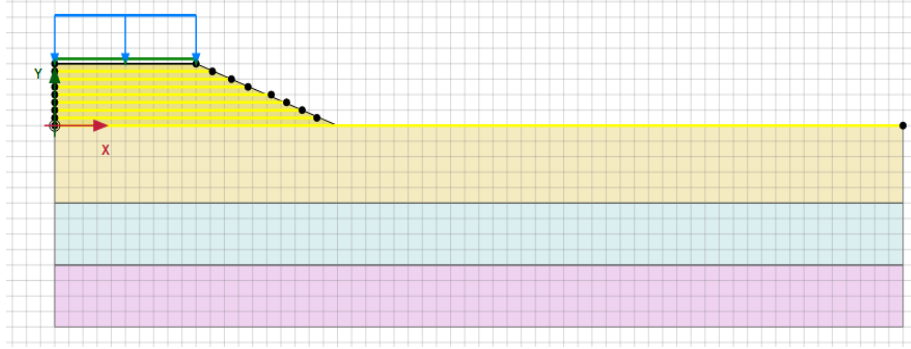


Şekil 3.73. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

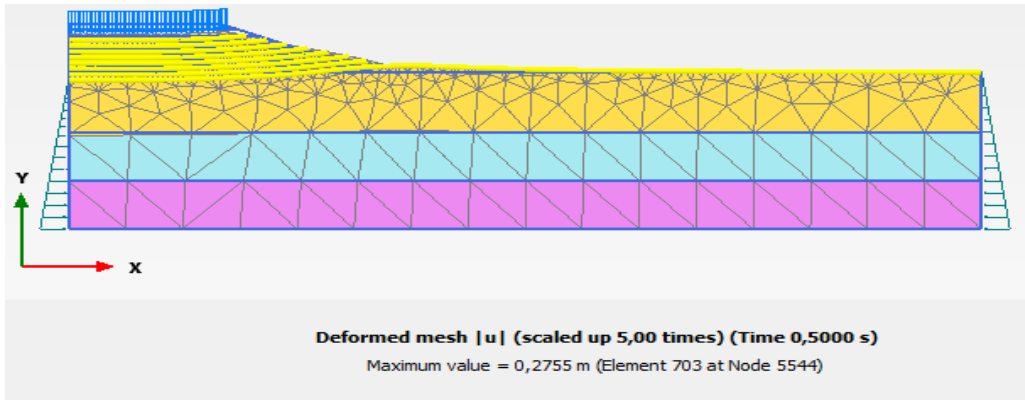


Şekil 3.74. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme 0,5 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

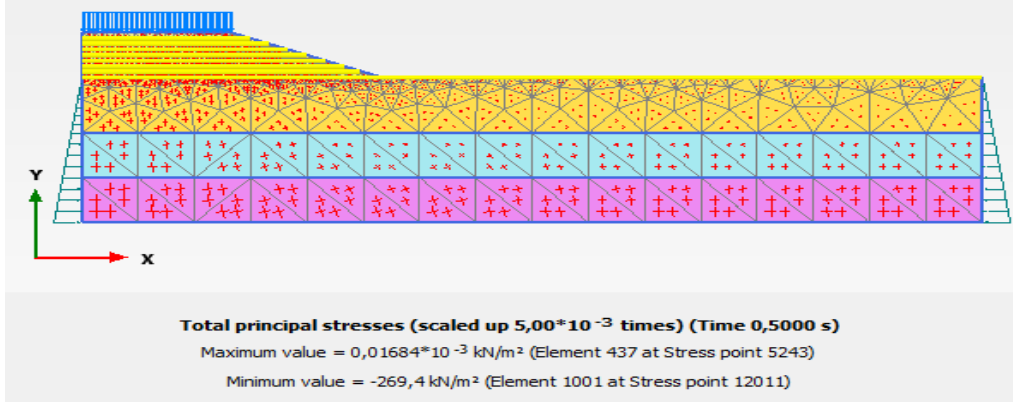
4 m yüksekliğe sahip yol dolgusuna 0,5' er metre aralıklar ile 8 sıra geotekstil yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.75). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,2755 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.76). Ayrıca, Şekil 3.77-3.79 dinamik yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



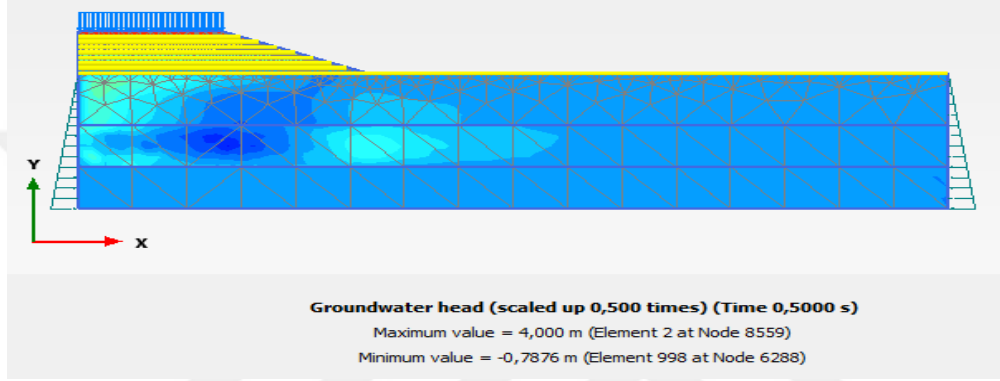
Şekil 3.75. Yol dolgusuna 0,5' er metre aralıklarla geotekstil malzemenin yerleştirilmesi



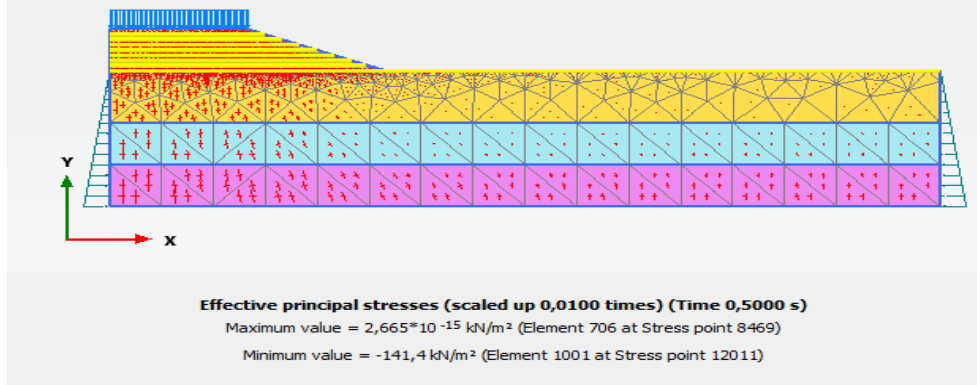
Şekil 3.76. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.77. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.78. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

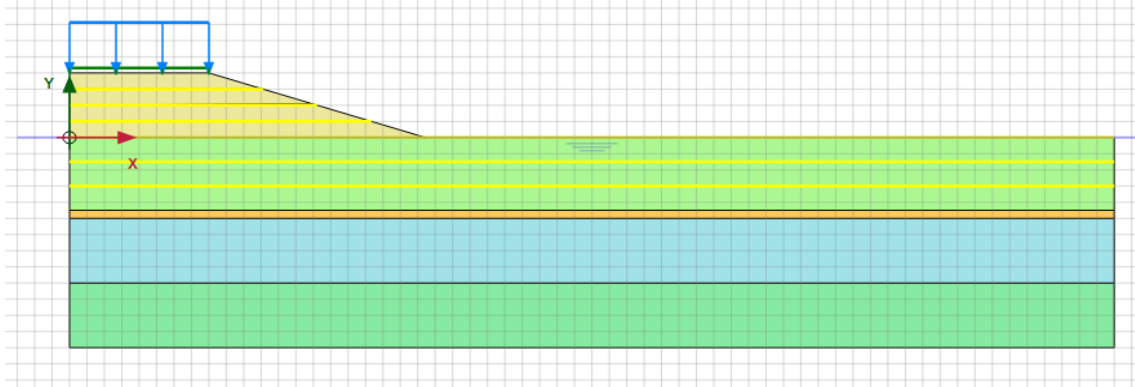


Şekil 3.79. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

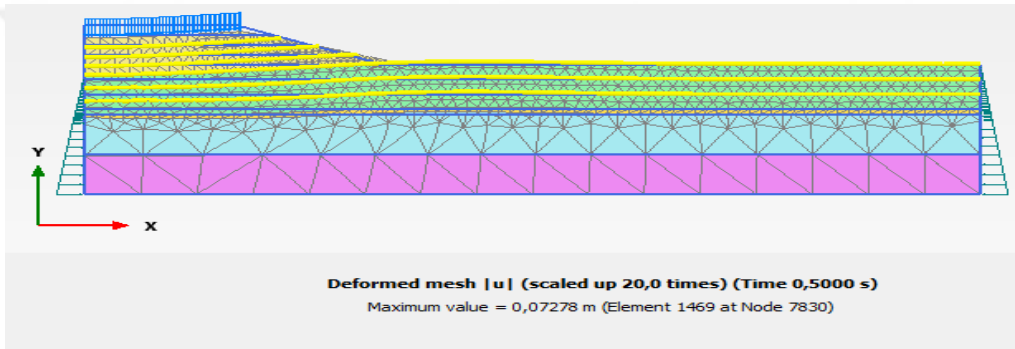
Zemin Modeline 1,5 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

Kil ($E = 350 \text{ kN/m}^2$) zeminden 4,5 m kazılarak Tablo 4.1’ de verilen kum şilte yerleştirilmiştir, kum şiltenin içine 1,5 m aralıklar ile ve 4 m yüksekliğe sahip yol dolgusunda 1’ er m aralıklarla geotekstil malzeme yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.80). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,07278 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.81). Ayrıca, Şekil 3.82-3.84 dinamik

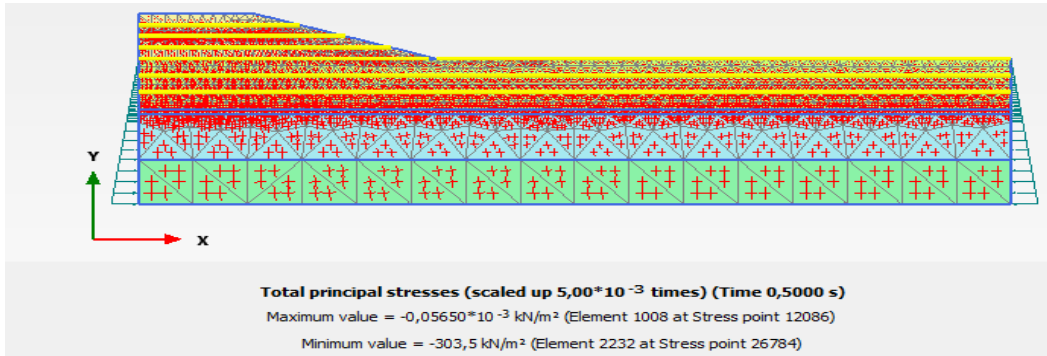
yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



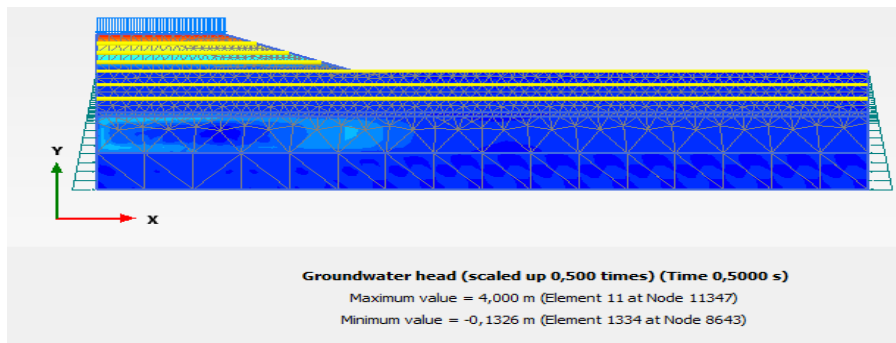
Şekil 3.80. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi



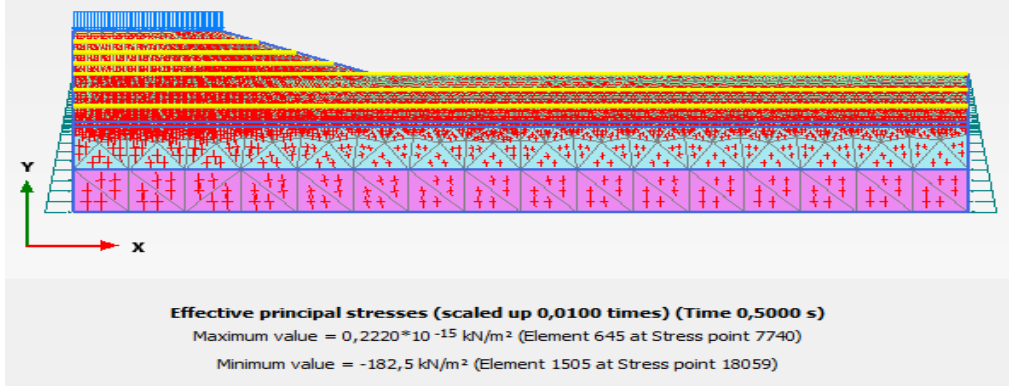
Şekil 3.81. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.82. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

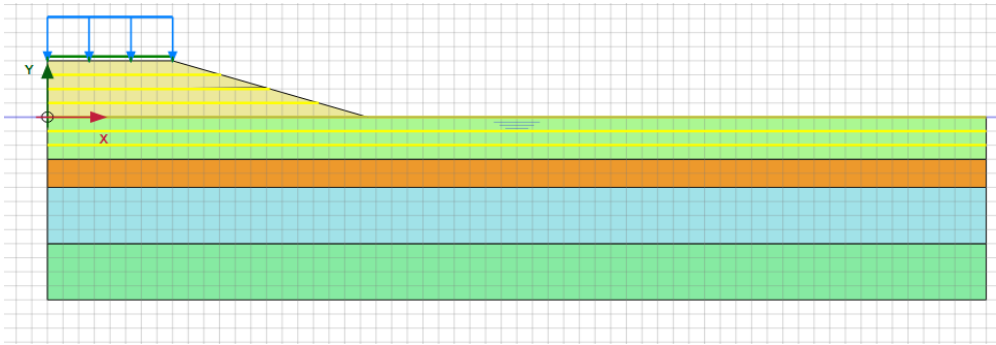


Şekil 3.83. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

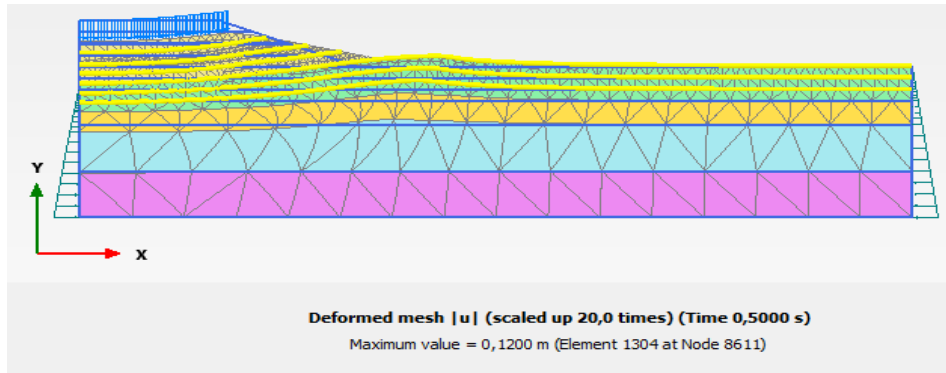


Şekil 3.84. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Modeline 1 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

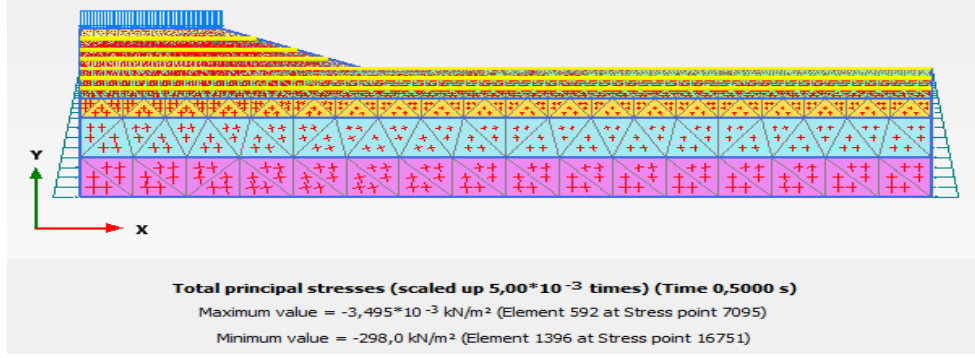
Kil ($E = 350 \text{ kN/m}^2$) zeminden 3,0 m kazılarak özellikleri Tablo 4.1’ de verilen kum şilte yerleştirilmiştir, kum şiltenin ve 4 m yüksekliğe sahip yol dolgusunun içine 1,0 m aralıklarla geotekstil malzeme yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.85). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,1200 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.86). Ayrıca, Şekil 3.87-3.89 dinamik yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



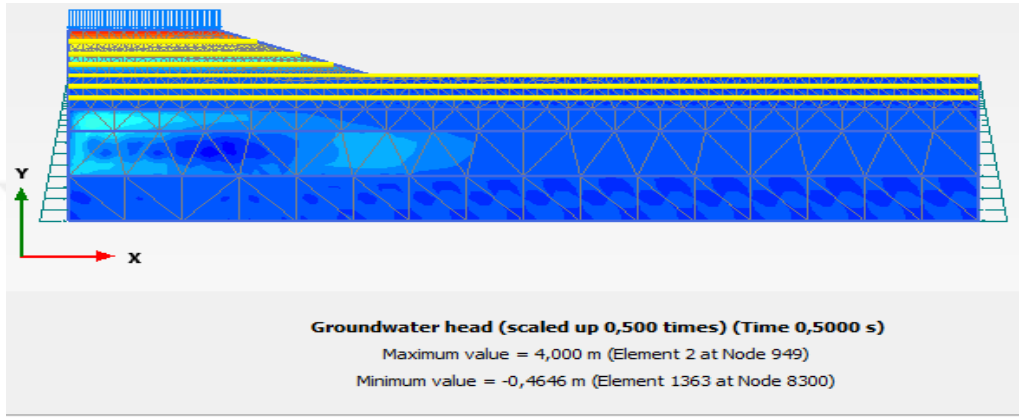
Şekil 3.85. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi



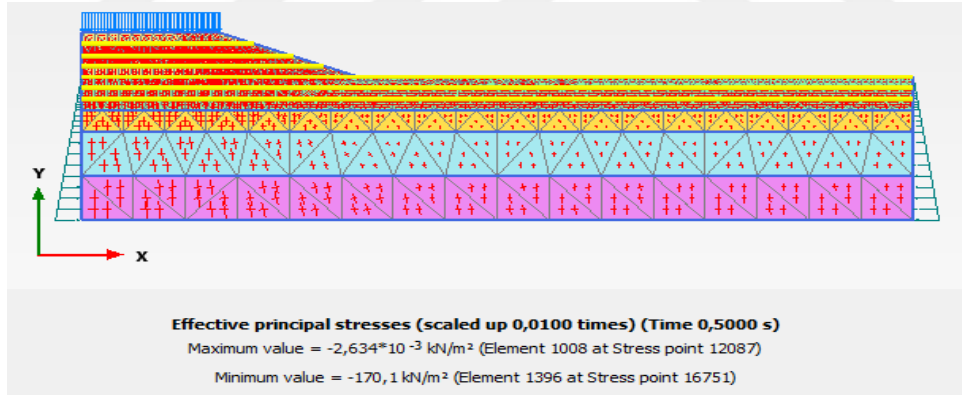
Şekil 3.86. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.87. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.88. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

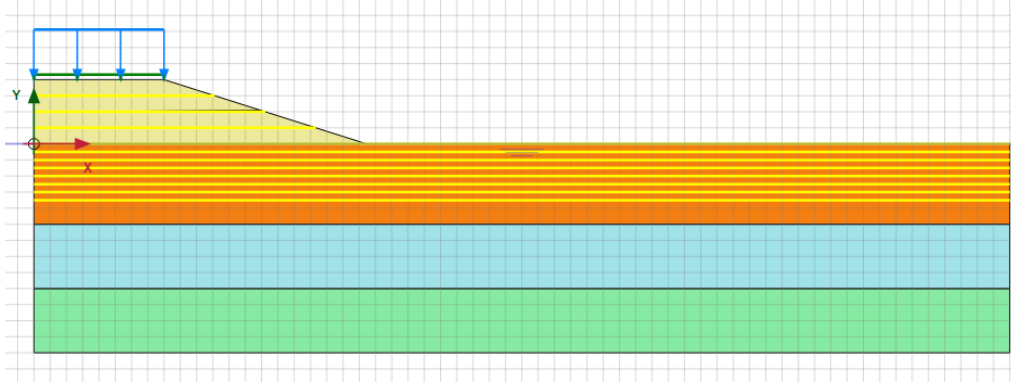


Şekil 3.89. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

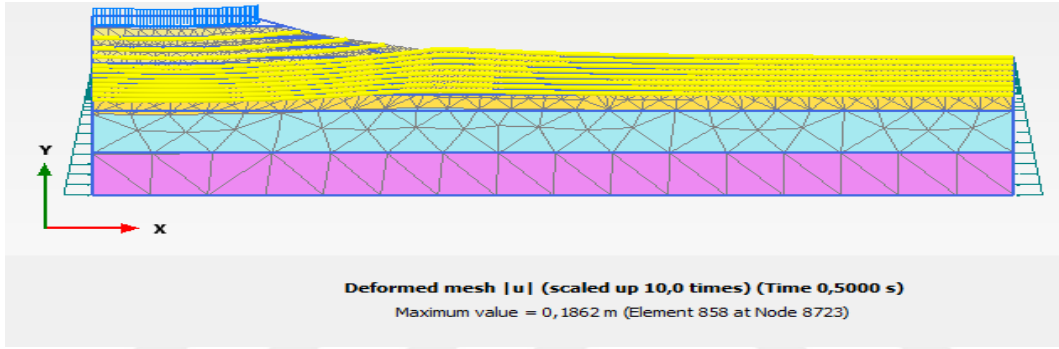
Zemin Modeline 0,5 m ve 1 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

4 m yüksekliğe sahip yol dolgusunun altındaki zemine 0,5 metre aralıklar ile 7 sıra, yol dolgusuna ise 1,0 metre aralıklar ile geotekstil yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.90). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,1862 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.91). Ayrıca, Şekil 3.92-

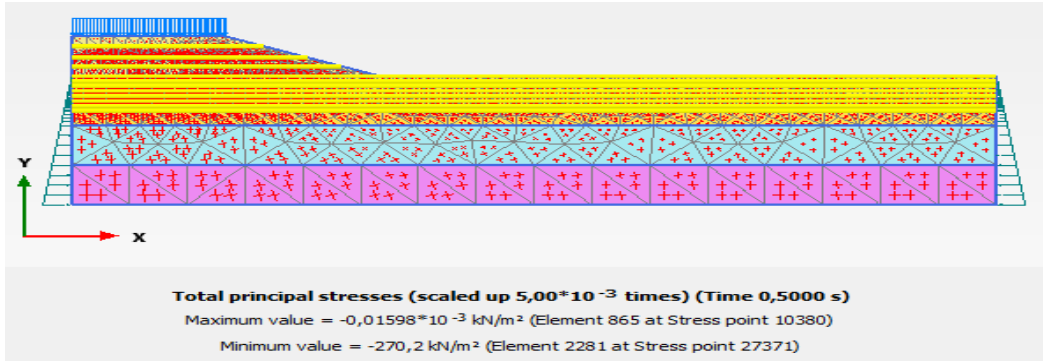
3.94 statik ve dinamik yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



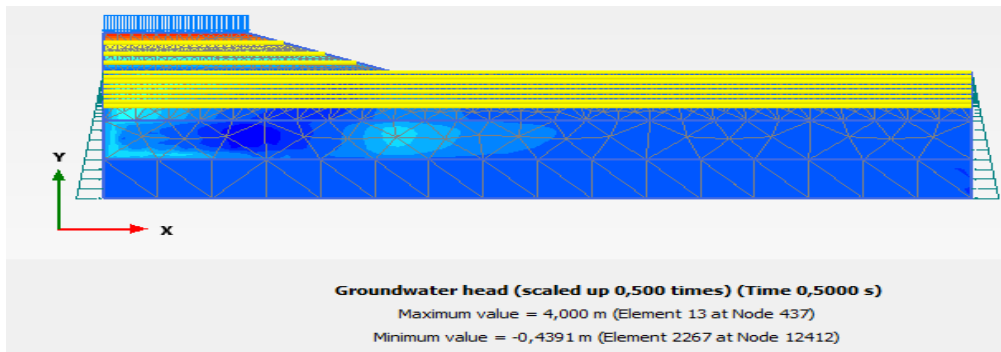
Şekil 3.90. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi



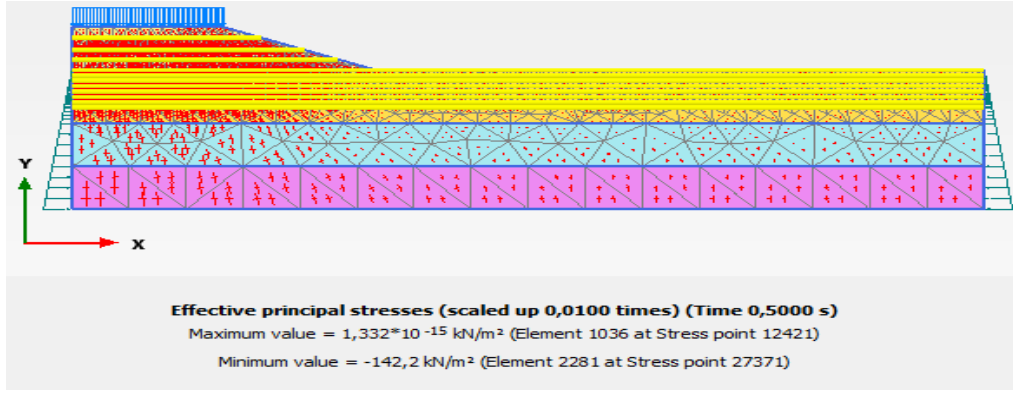
Şekil 3.91. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.92. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.93. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



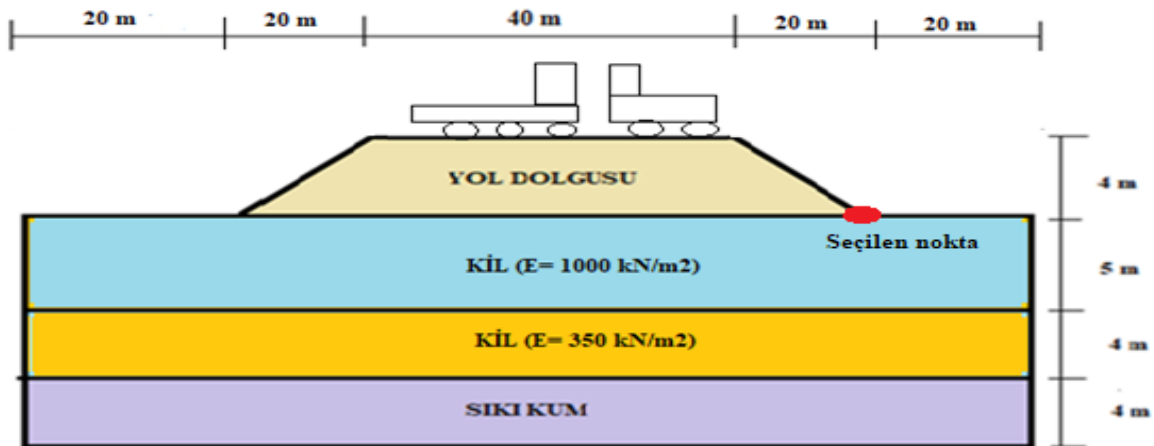
Şekil 3.94. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Karayolları dolgusunda yapılan analiz sonuçlarında deprem etkisi altında deformasyon artmıştır. Yer altı su seviyesinin aşağı inmesiyle deformasyon azalmıştır. Geotekstil malzeme kullanılmadan oluşan deformasyonun, geotekstil malzeme kullanılarak azaldığı gözlemlenmiştir. Geotekstil malzemenin elastik rijitliği arttıkça deformasyonun daha da azaldığı görülmüştür.

3.3. Zemin Profiline Katmanları Değiştirilerek Statik ve Dinamik Yük Altında Karayolu Dalgusunun Davranışının İncelenmesi

Geotekstil Desteksiz Statik ve Dinamik Yük Altında Analiz Edilmesi

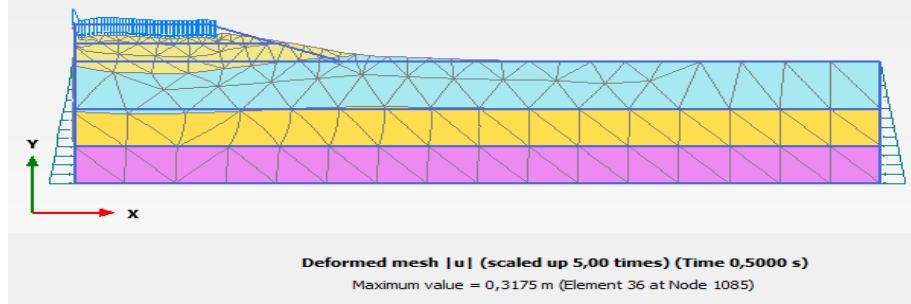
Şekil 3.1’ de verilen zemin profilindeki üç katmanlı zemin profilinde kil zeminler yer değiştirilerek Şekil 3.95’ de verilen zemin profili oluşturulmuştur. Uygulanan dinamik yük’ ün özellikleri Tablo 3.7’ de verilmiştir. Şekil 3.95’ de seçilen noktaya göre deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme değerleri alınmıştır. Şekil 3.96-3.99’ da sırasıyla geotekstil desteksiz oluşan deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



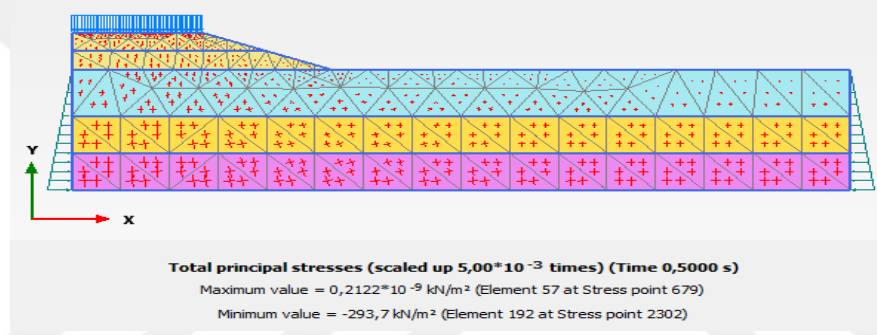
Şekil 3.95. Analizde kullanılacak zemin modeli

Tablo 3.7. Analizde kullanılacak dinamik yük özellikleri

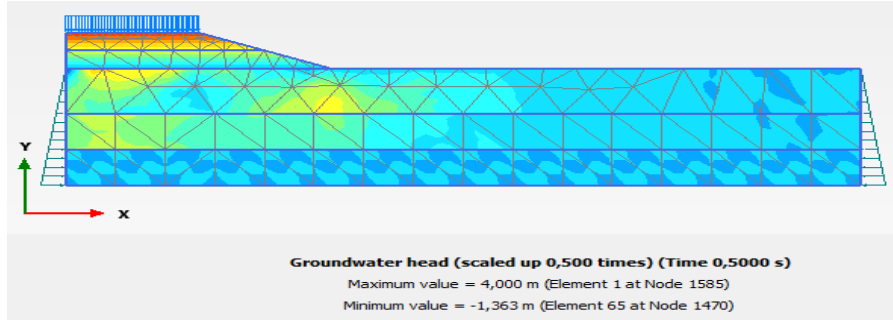
Genlik Çarpanı	5000.00
Frekans	50.00 Hz
Başlangıç Faz Açısı	0.00



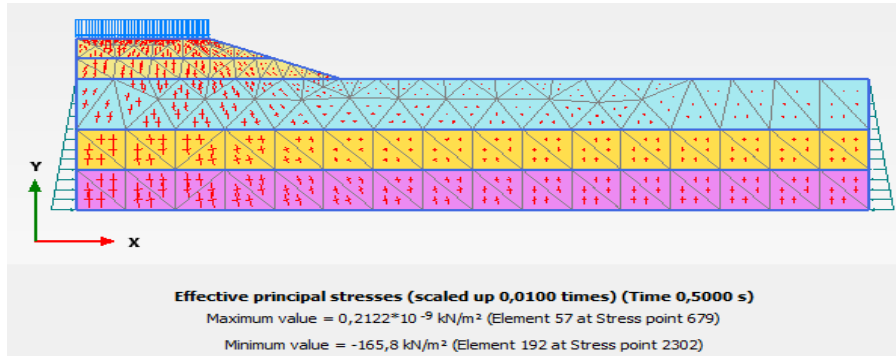
Şekil 3.96 Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.97. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



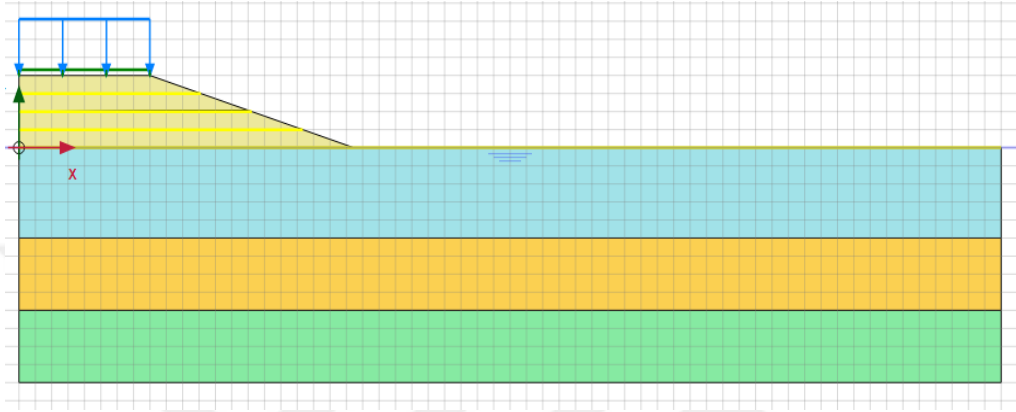
Şekil 3.98. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



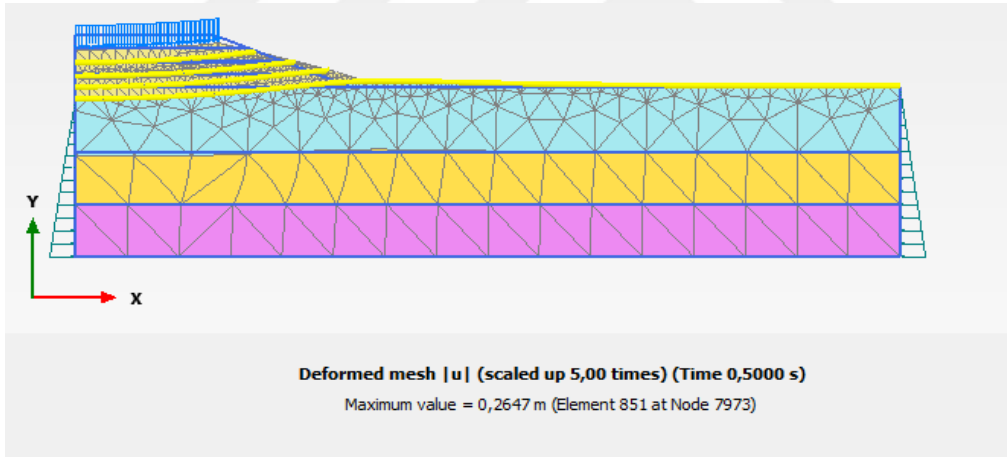
Şekil 3.99. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 1300 kN/m Olan Geotekstil Malzeme Kullanımı

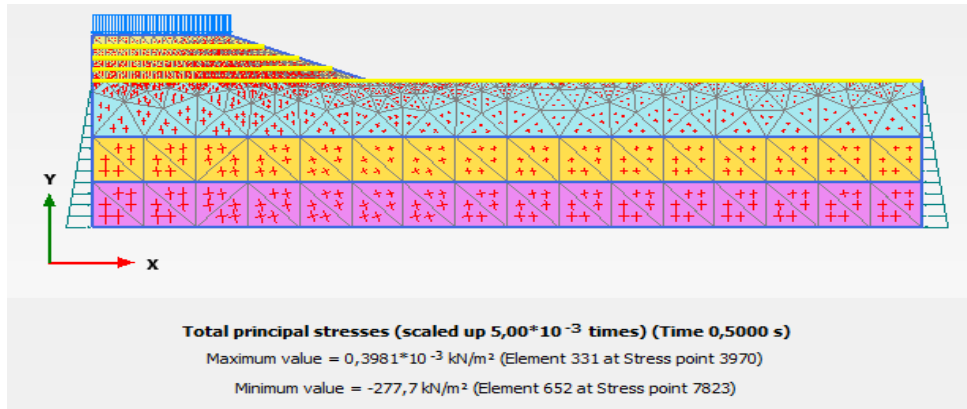
Bu modelde E= 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmesi durumunda statik ve dinamik yük etkisi altında analiz yapılmıştır. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1' er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir ve Şekil 3.100' de model kesiti verilmiştir. Şekil 3.101-3.103' da oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.



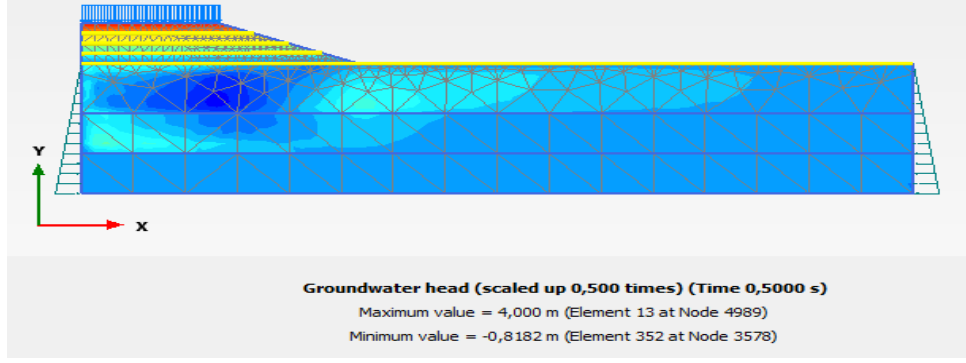
Şekil 3.100. Geotekstil donatılı zemin modeli



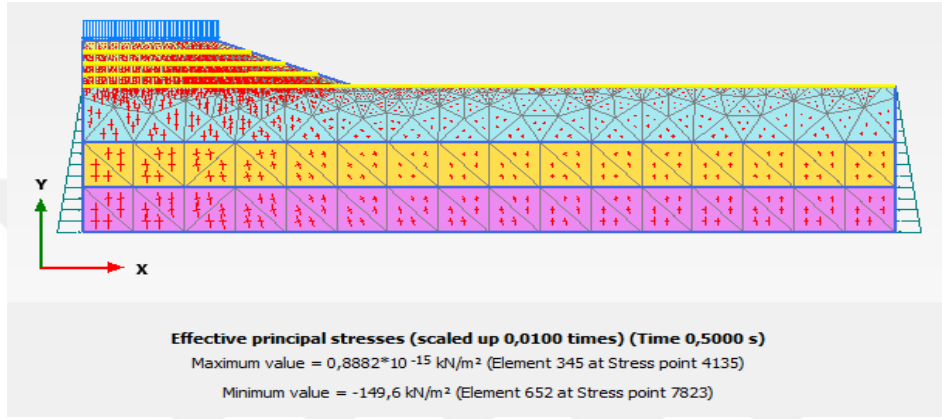
Şekil 3.101. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.102. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

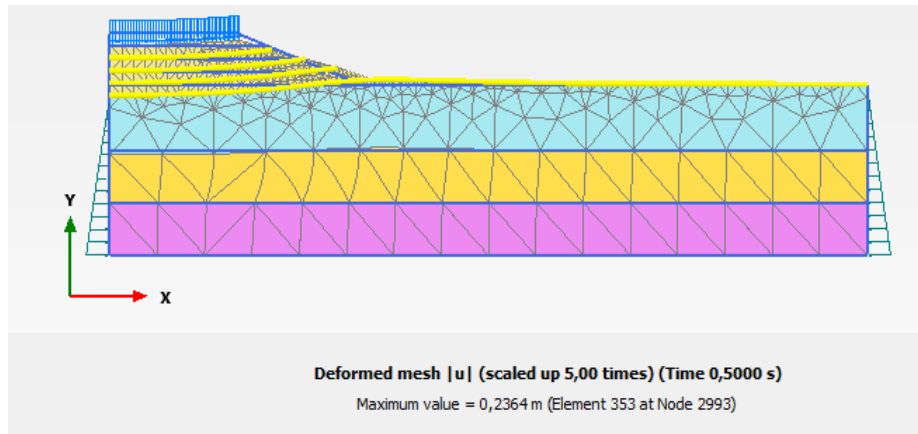


Şekil 3.103. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

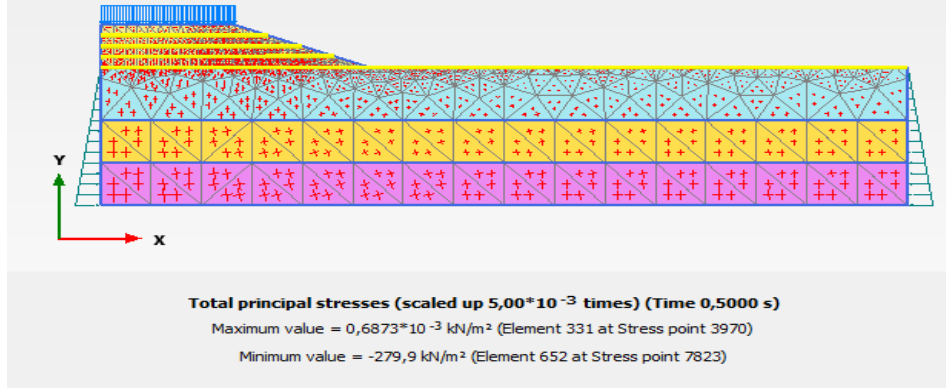


Şekil 3.104. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
E= 1800 kN/m Olan Geotekstil Malzeme Kullanımı

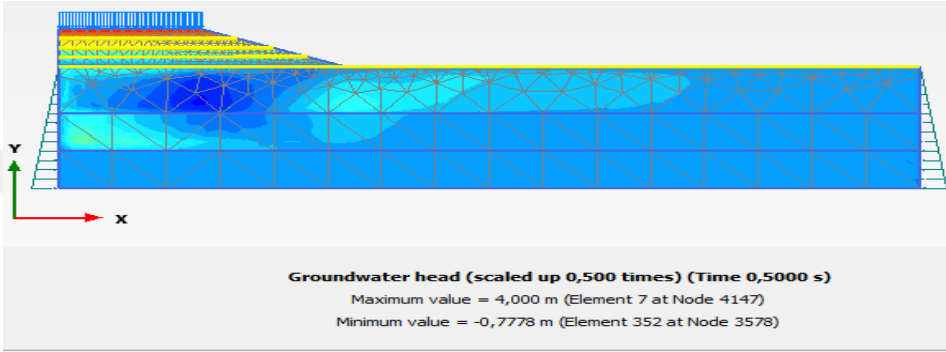
Bu modelde E= 1800 kN/m elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmesi durumunda statik ve dinamik yük etkisi altında analiz yapılmıştır. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1’ er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir. Şekil 3.105-3.108’ da oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.



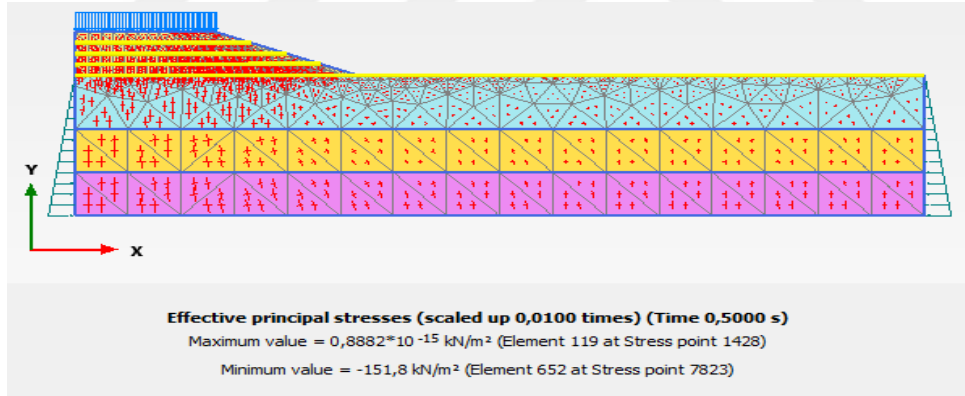
Şekil 3.105. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.106. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



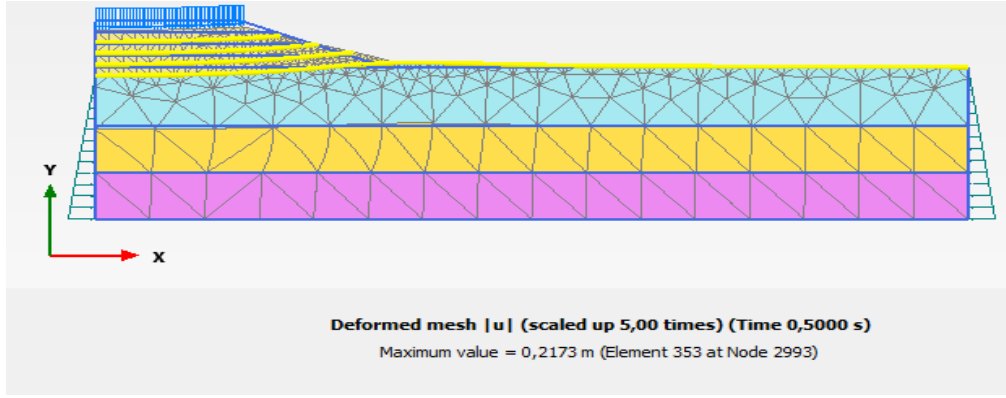
Şekil 3.107. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu.



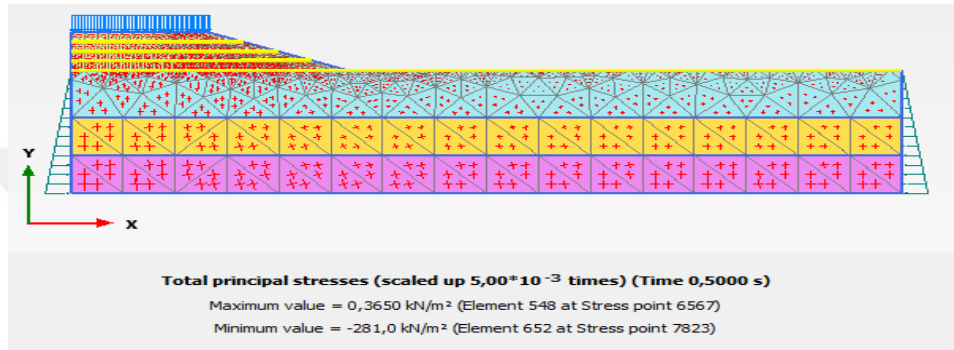
Şekil 3.108. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 3200 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

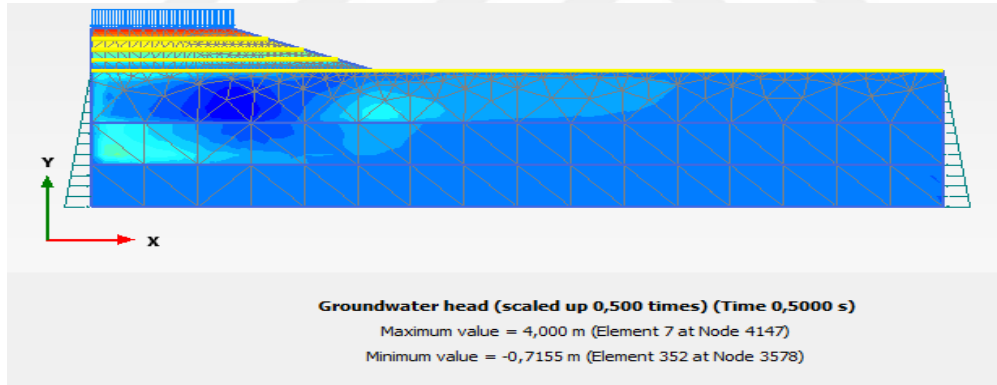
Bu modelde E= 3200 kN/m elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmesi durumunda statik ve dinamik yük etkisi altında analiz yapılmıştır. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1’ er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir. Şekil 3.109-3.112’ da oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.



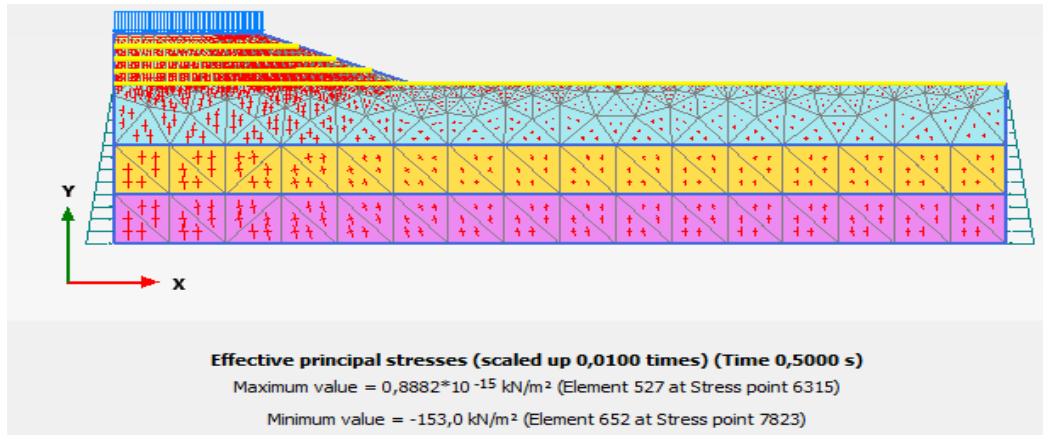
Şekil 3.109. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.110. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



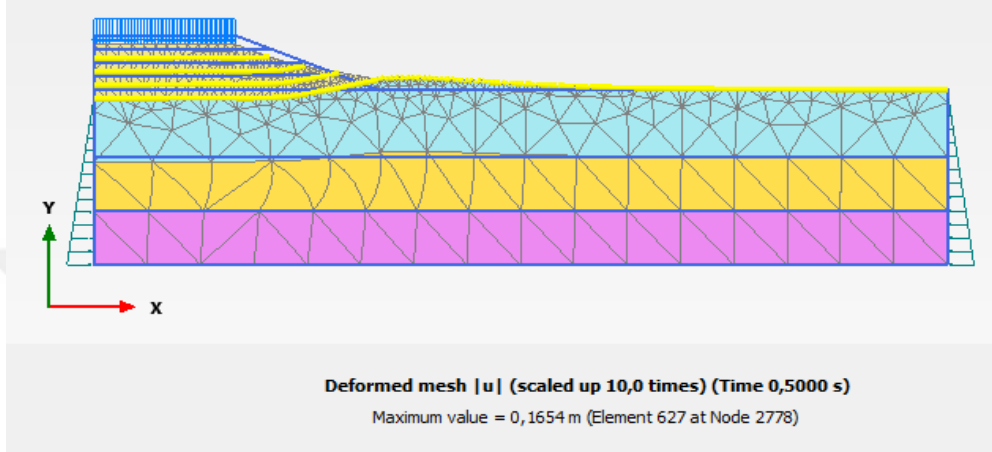
Şekil 3.111. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



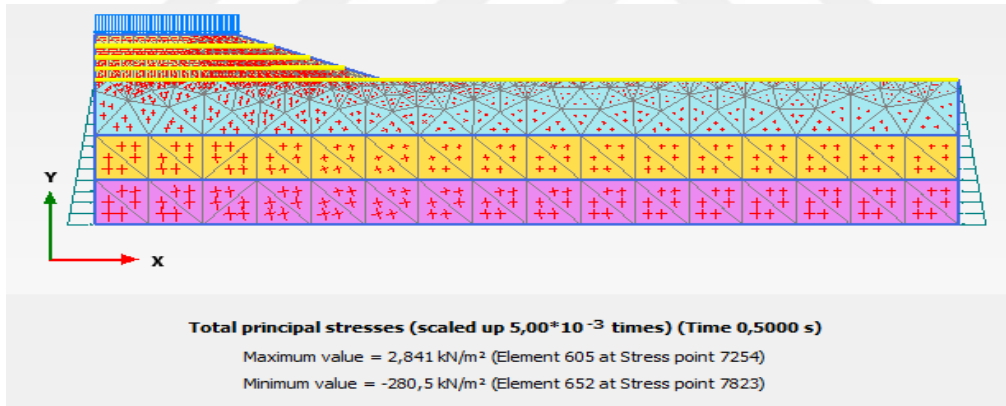
Şekil 3.112. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

$E = 4,5 \times 10^5 \text{ kN/m}$ Geotekstil Malzeme Kullanımı

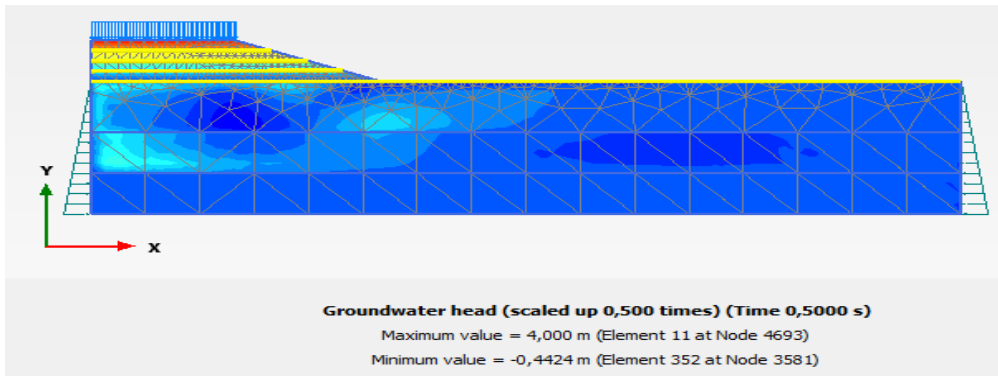
Bu modelde $E = 4,5 \times 10^5 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip malzeme yerleştirmiş olup statik ve dinamik yük etkisi altında analiz yapılmıştır. Yol dolgusu 4 metre yüksekliğinde olup 1' er m aralıklarla dolgu içerisine geotekstil malzeme yerleştirilmiştir. Şekil 3.113-3.116' de oluşturulan modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları verilmiştir.



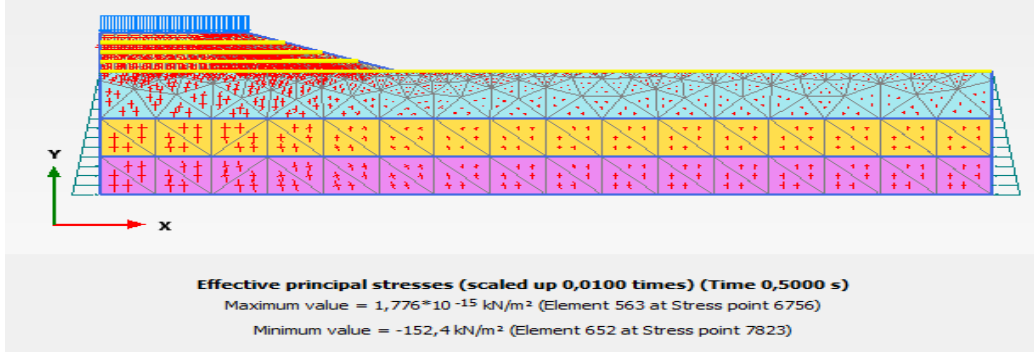
Şekil 3.113. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.114. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

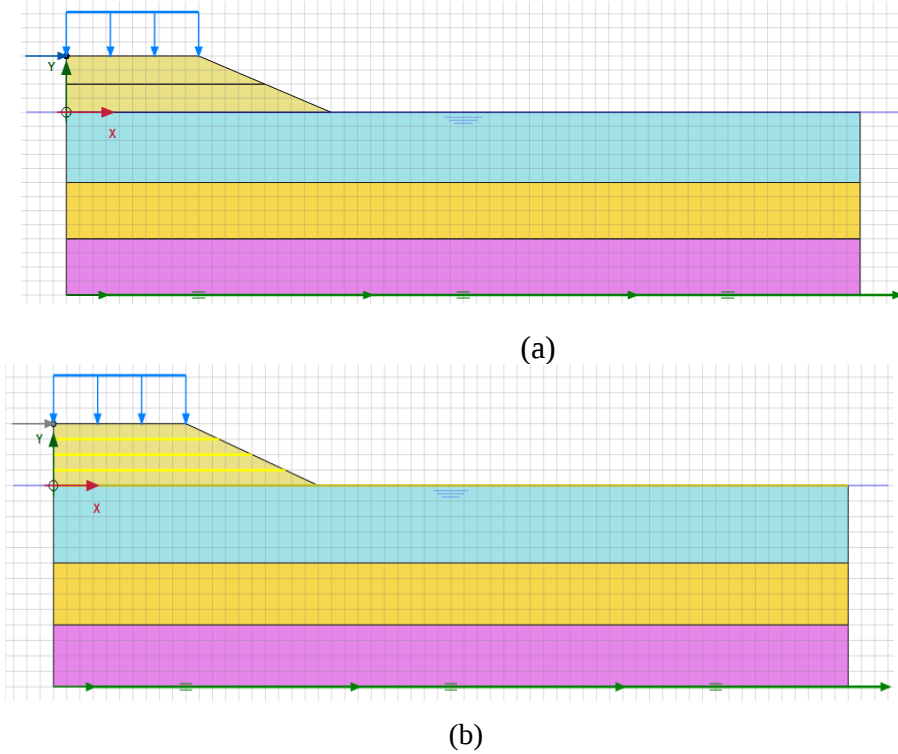


Şekil 3.115. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

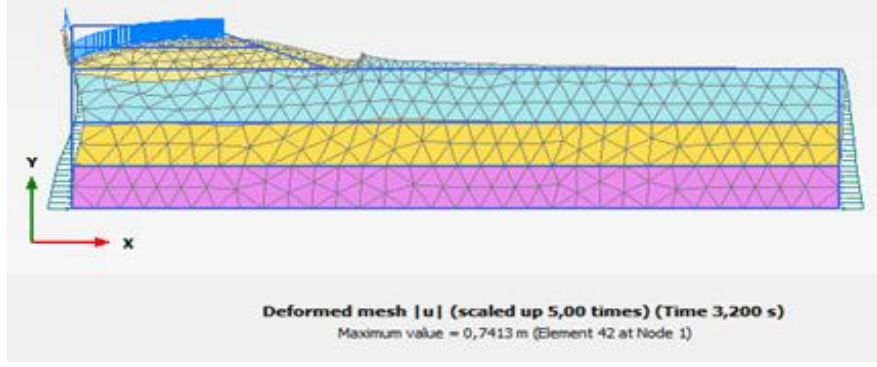


Şekil 3.116. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
14.06.2020 Tarihli Gerçekleşen Bingöl-Karlıova Depremi ($M_w = 5,8$)

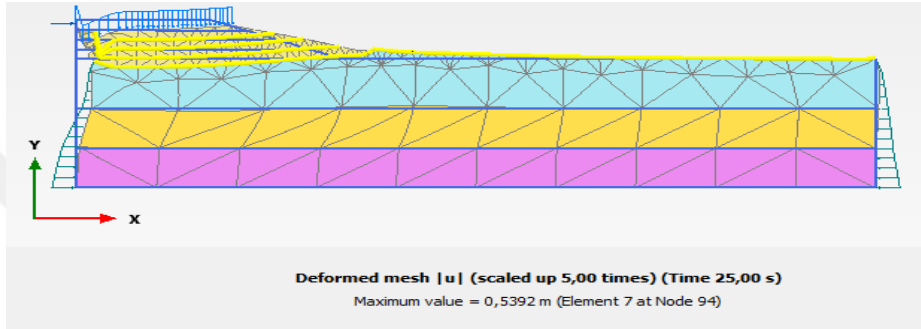
14.06.2020 tarihli gerçekleşen Bingöl-Karlıova depremi ($M_w = 5,8$) etkisinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır. Şekil 3.95’ de verilen zemin profili kil ($E = 1000$ kN/m²), kil ($E: 350$ kN/m²) ve orta sıkı kum olmak üzere üç katmandan oluşmuştur. Şekil 3.117’ de verilen zemin modeli kullanılarak, deprem yükünün etkisi altında geotekstil destekli ve desteksiz analizler yapılmıştır. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s’ yi tamamlayamamış ve 3,2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 0,5392 m olduğu görülmüştür (Şekil 3.118). Ayrıca, Şekil 3.119-3.121 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



Şekil 3.117. Deprem yükü altında dolgunun davranışı (a) Geotekstil desteksiz (b) Geotekstil destekli

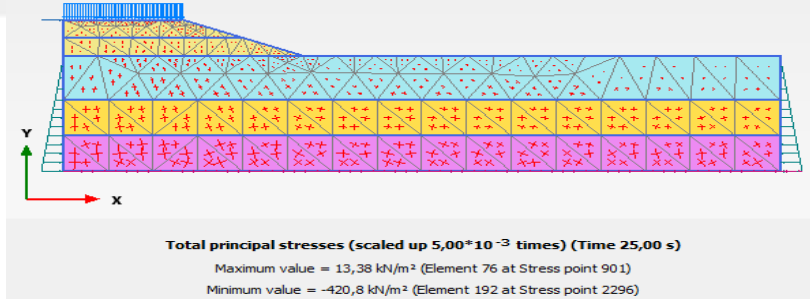


a)

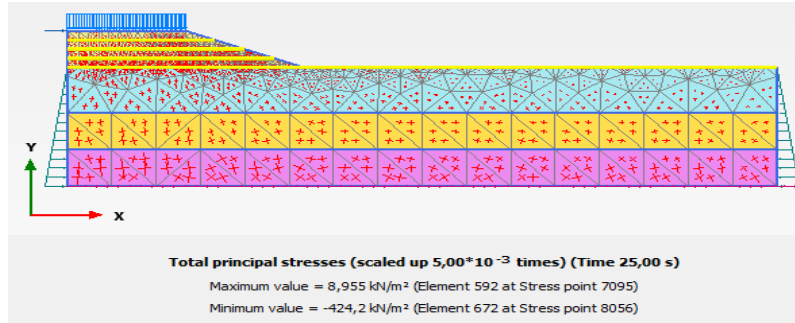


b)

Şekil 3.118. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan deformasyon b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon

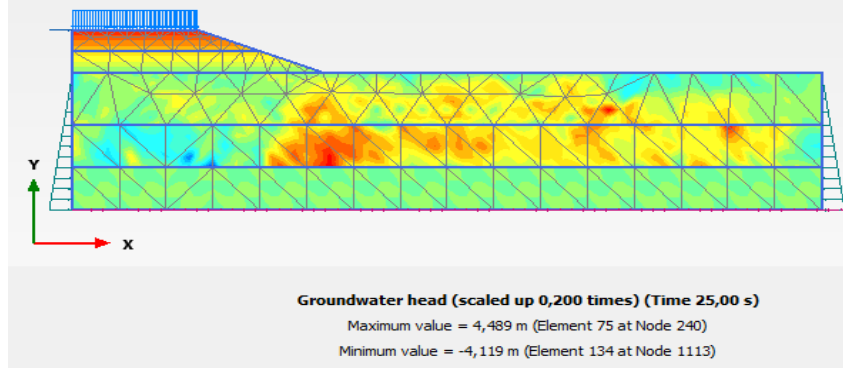


a)

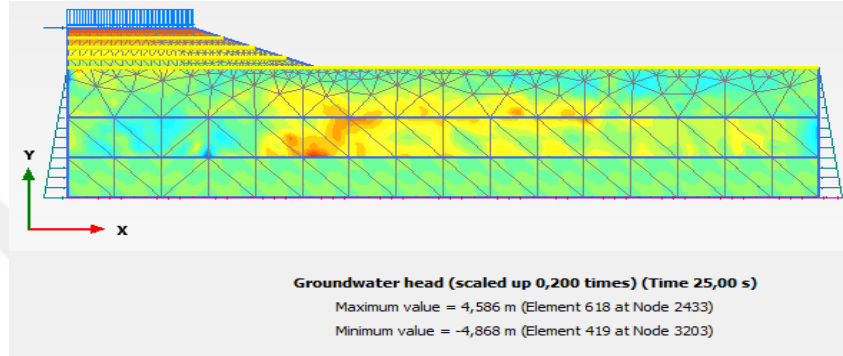


b)

Şekil 3.119. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme

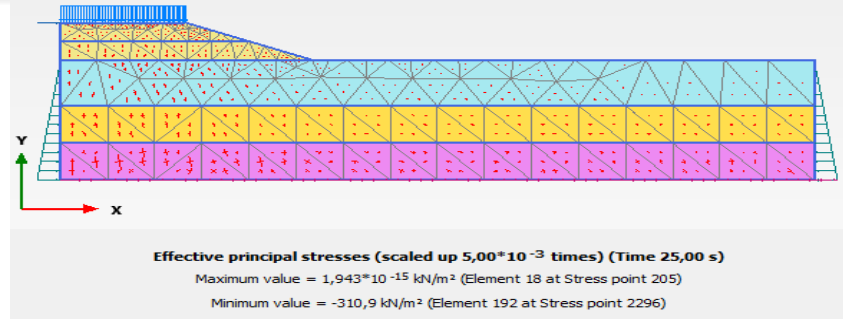


a)

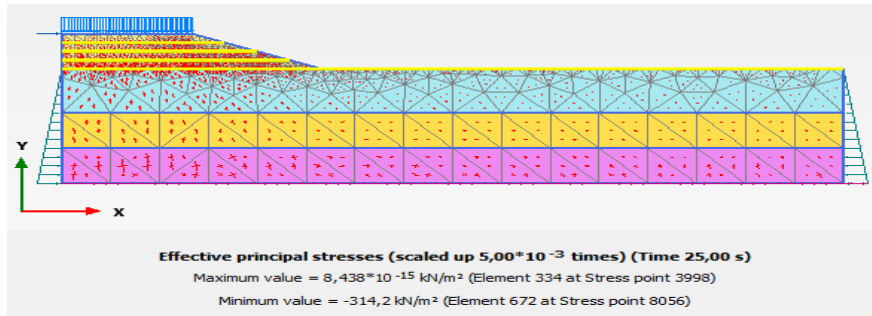


b)

Şekil 3.120. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu



a)

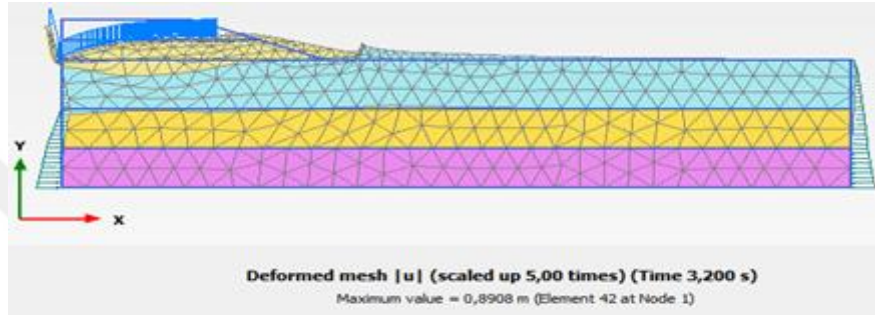


b)

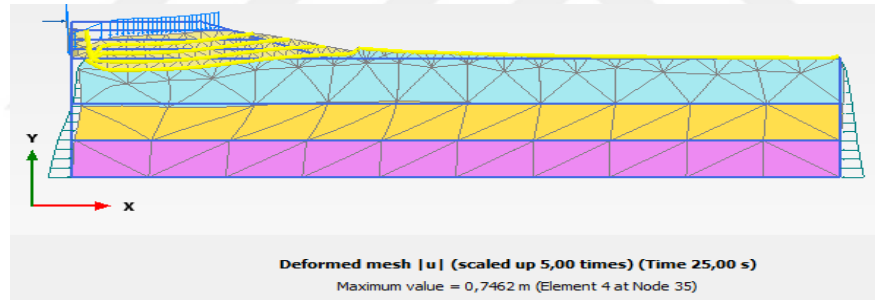
Şekil 3.121. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme

17.08.1999 Tarihli Gerçekleşen Kocaeli Depremi ($M_w=7.4$)

17.08.1999 tarihli gerçekleşen Kocaeli depremi ($M_w=7.4$) etkisinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır. Şekil 3.95’ de verilen zemin profili kil ($E=1000$ kN/m²), kil ($E: 350$ kN/m²) ve orta sıkı kum olmak üzere üç katmandan oluşmuştur. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s tamamlayamamış ve 3,2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7462 m olduğu görülmüştür (Şekil 3.122). Ayrıca, Şekil 3.123-3.125 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.

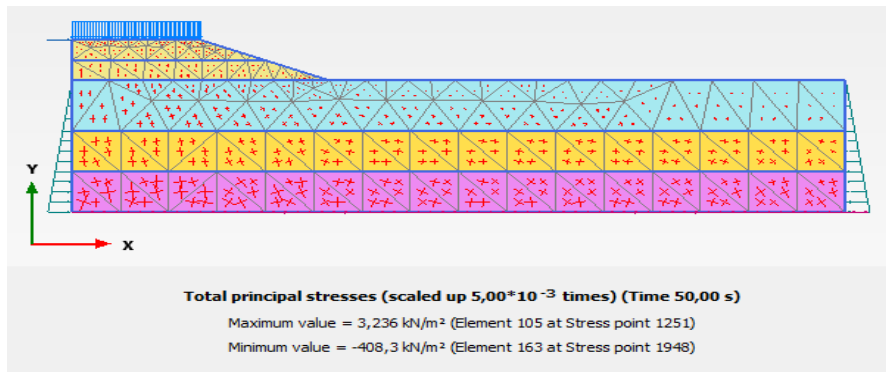


a)

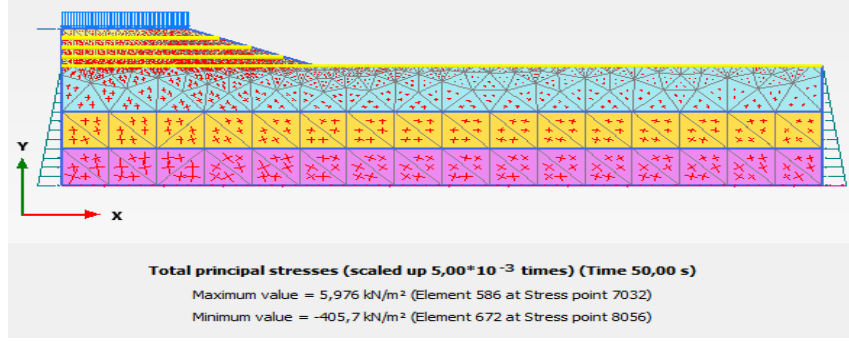


b)

Şekil 3.122. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan deformasyon b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan deformasyon

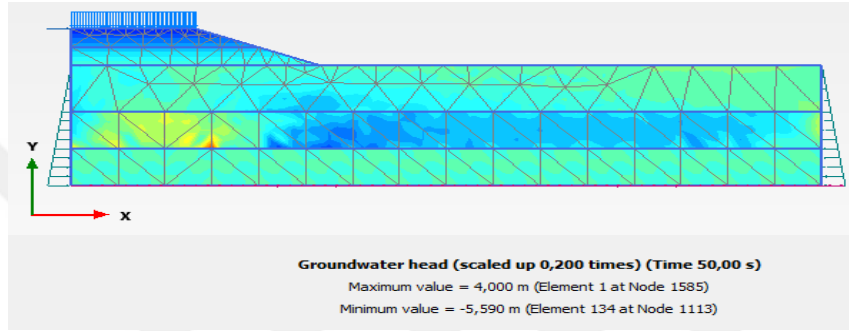


a)

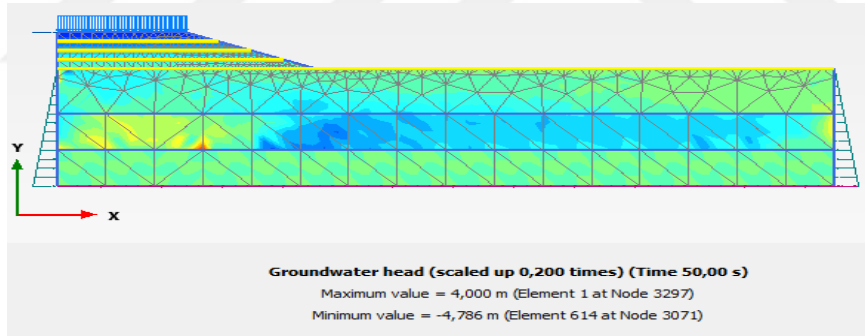


b)

Şekil 3.123. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam gerilme

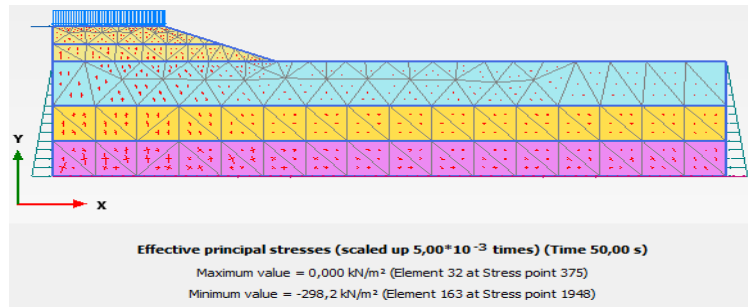


a)

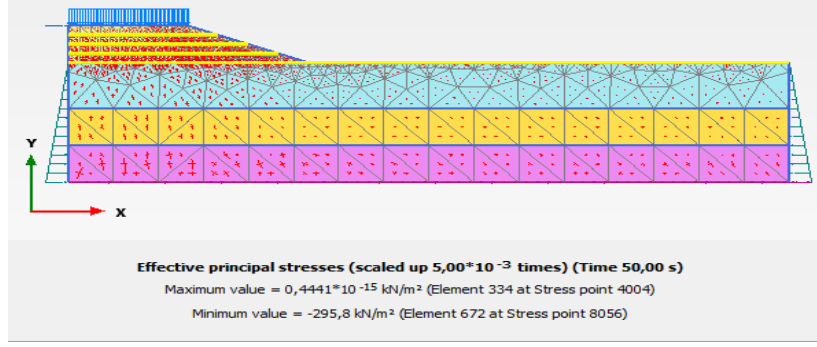


b)

Şekil 3.124. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan boşluk suyu b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan boşluk suyu



a)

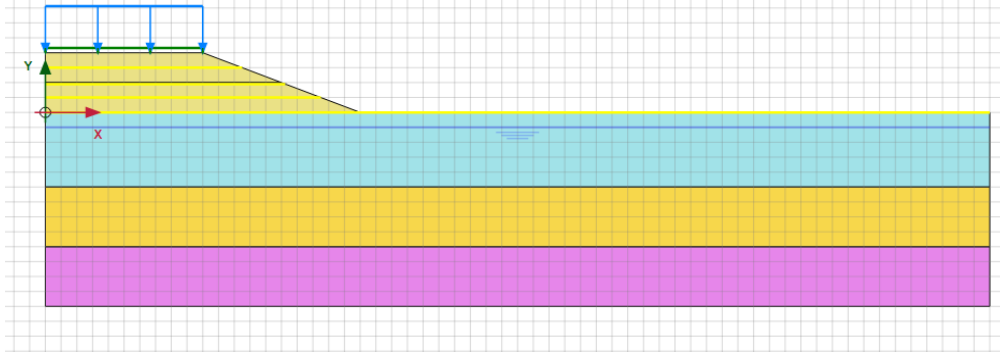


b)

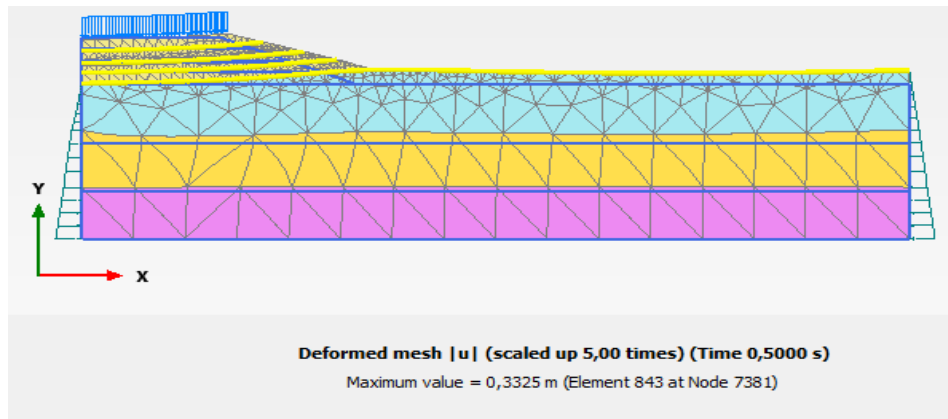
Şekil 3.125. a) Geotekstilsiz dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme b) Geotekstilli dinamik yük altında oluşan toplam efektif gerilme

Zemin Profilinden 1 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

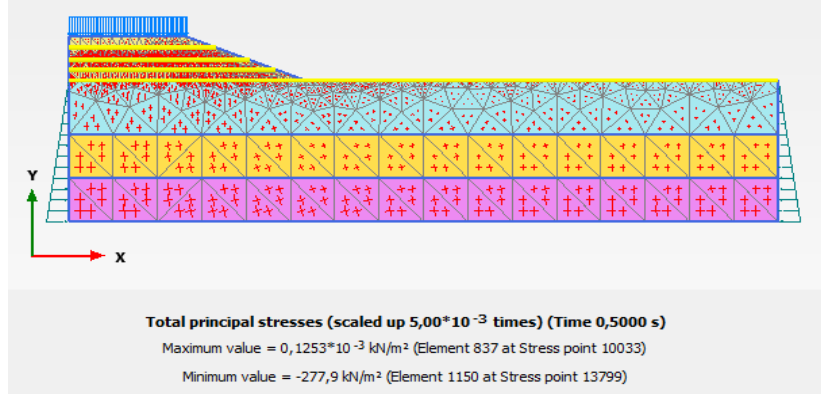
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.126). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3325 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.127). Ayrıca, Şekil 3.128-3.130 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



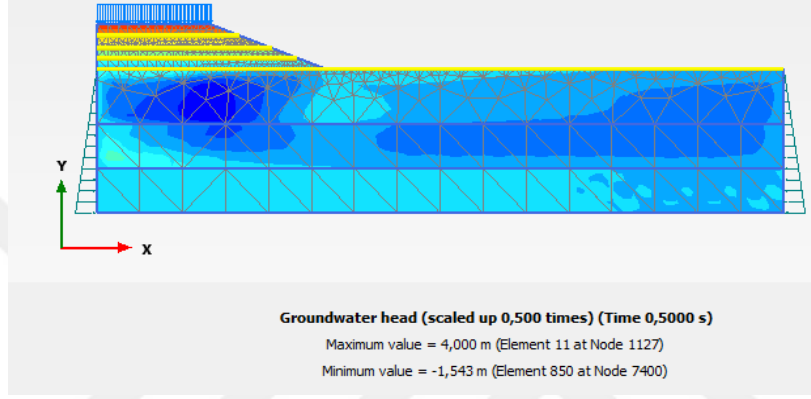
Şekil 3.126. Zemin profilinden 1 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



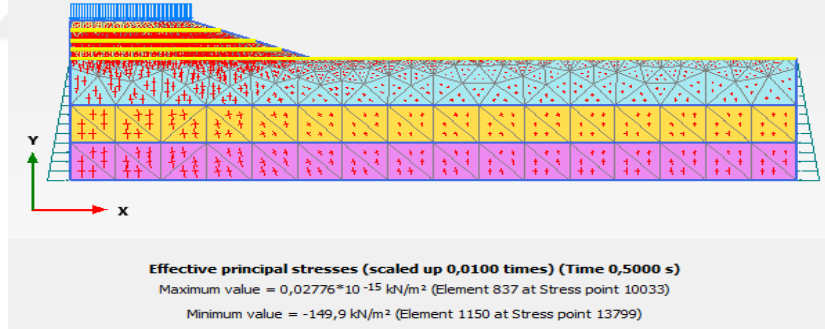
Şekil 3.127. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.128. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



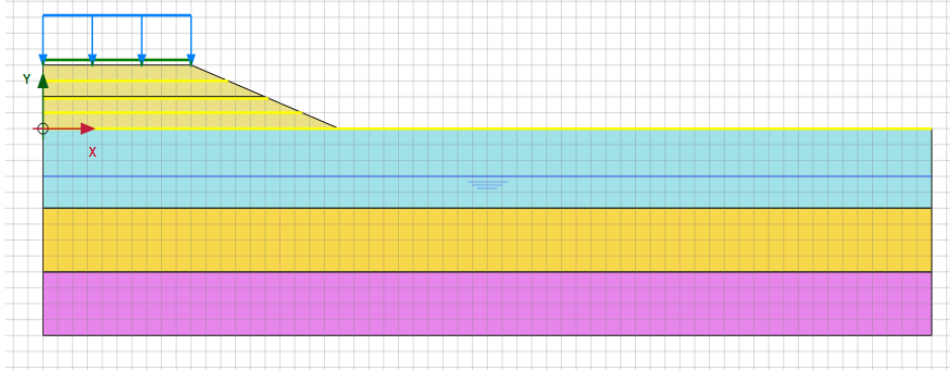
Şekil 3.129. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



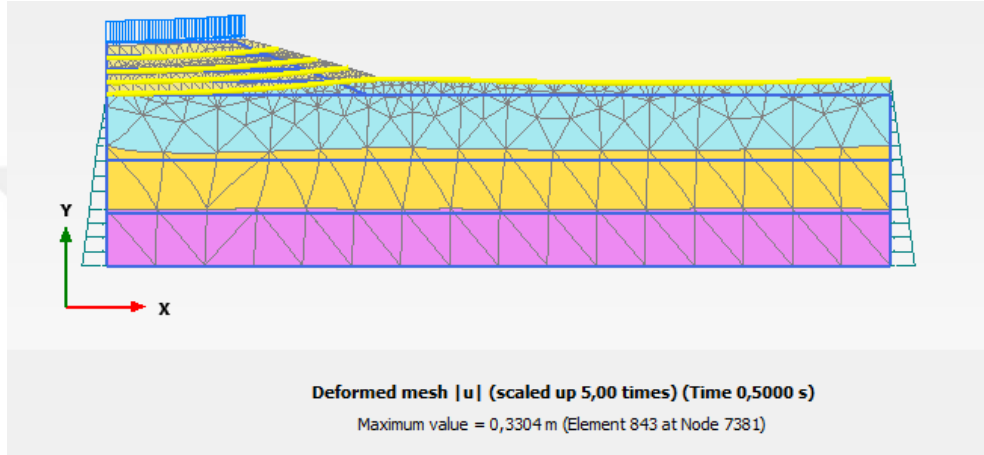
Şekil 3.130. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Zemin Profilinden 3 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

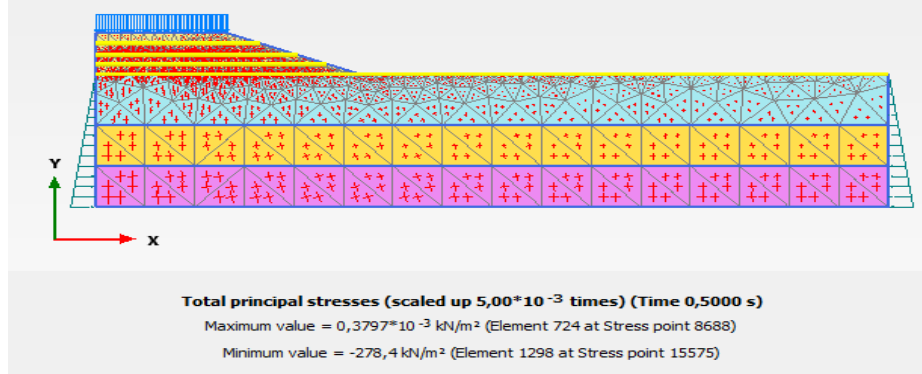
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 3 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.131). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3304 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.132). Ayrıca, Şekil 3.133-3.135 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



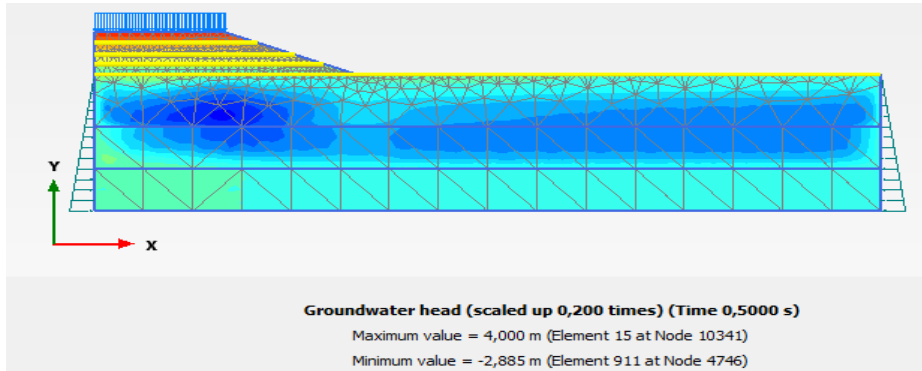
Şekil 3.131. Zemin profilinden 3 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



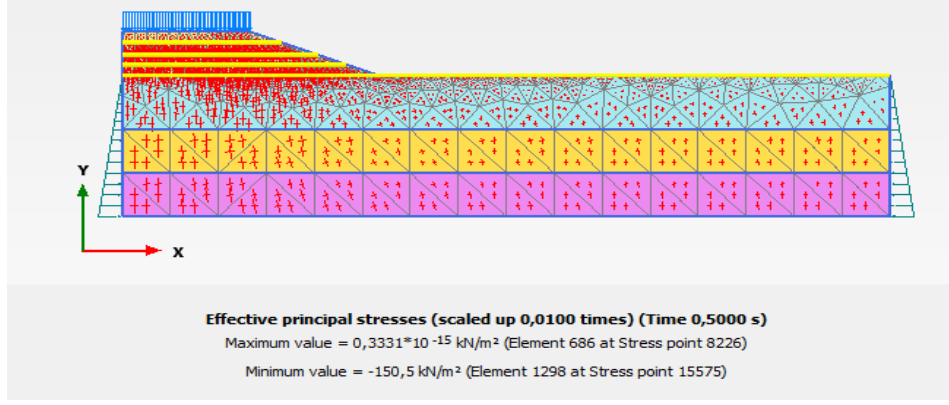
Şekil 3.132. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.133. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

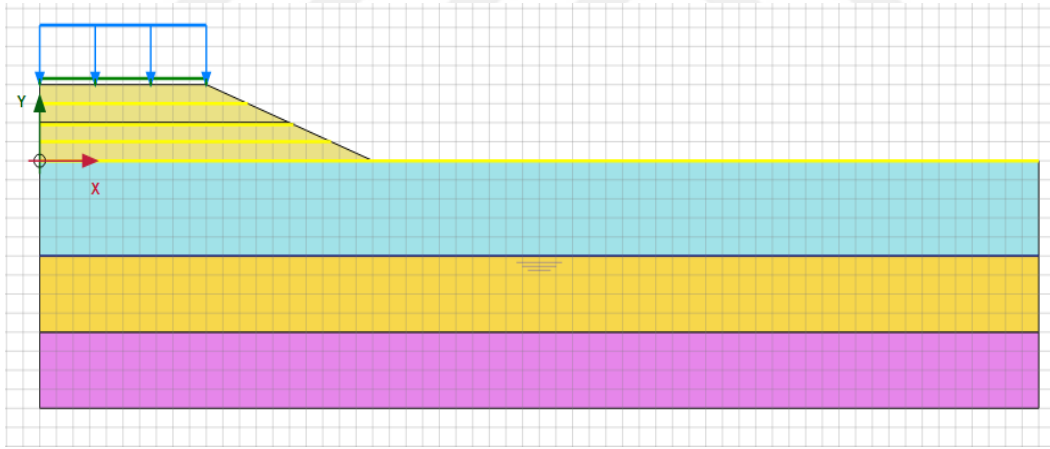


Şekil 3.134. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

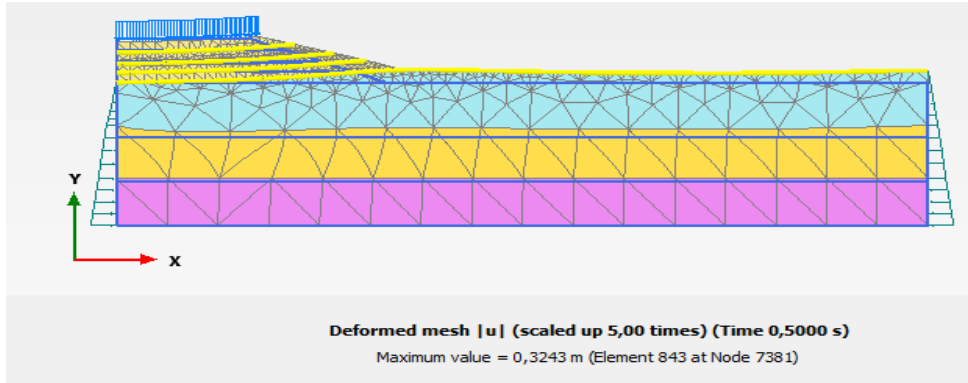


Şekil 3.135. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 5 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

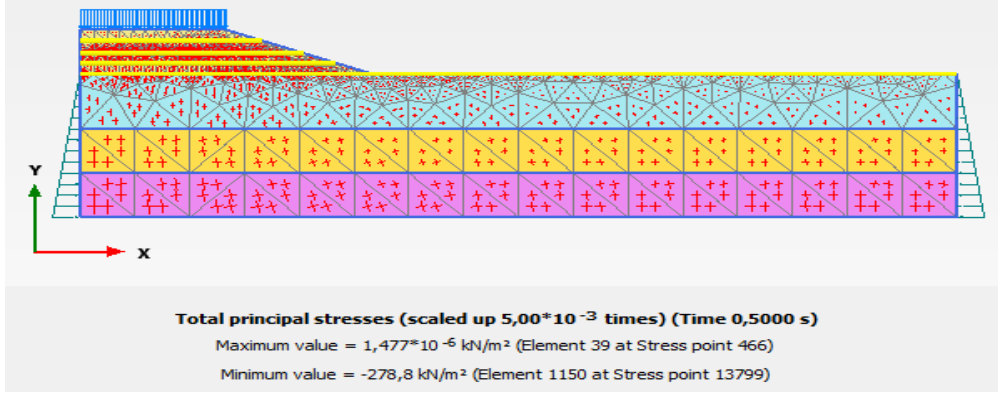
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 5 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.136). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3243 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.137). Ayrıca, Şekil 3.138-3.140 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



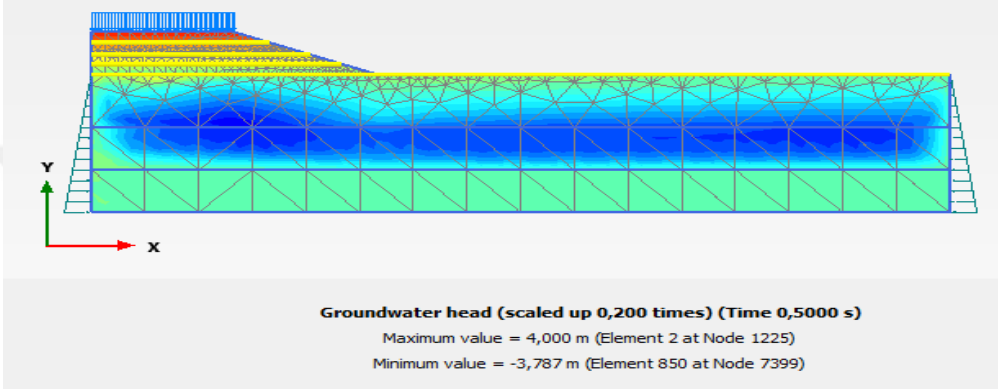
Şekil 3.136. Zemin profilinden 5 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



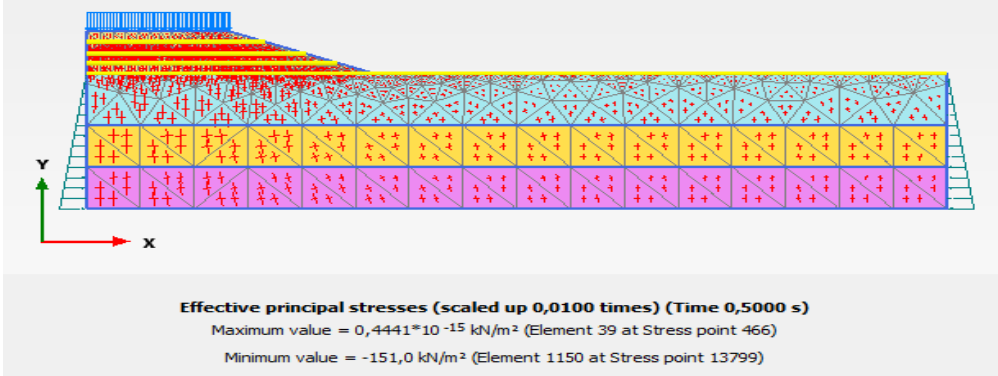
Şekil 3.137. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.138. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

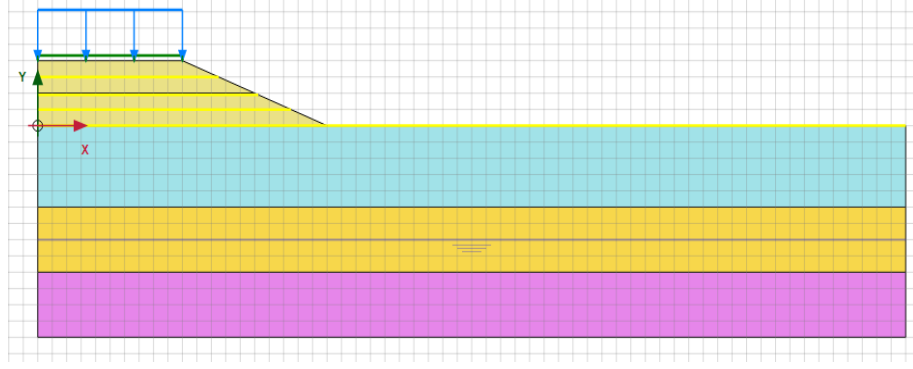


Şekil 3.139. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

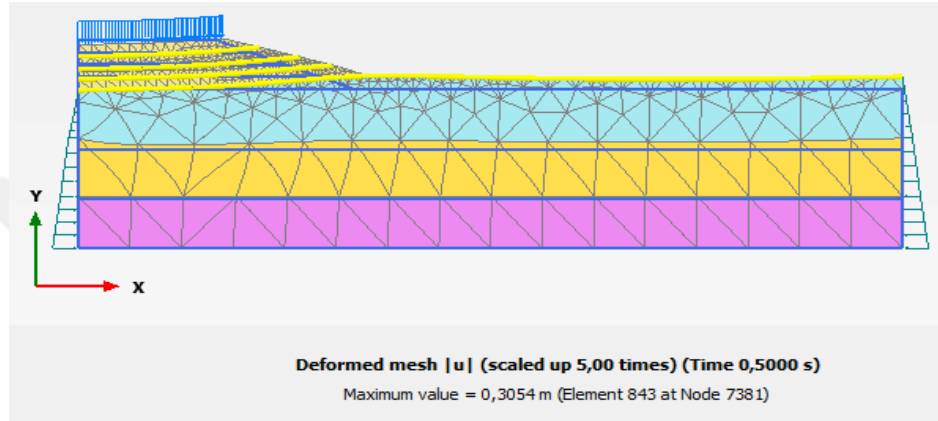


Şekil 3.140. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 7 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

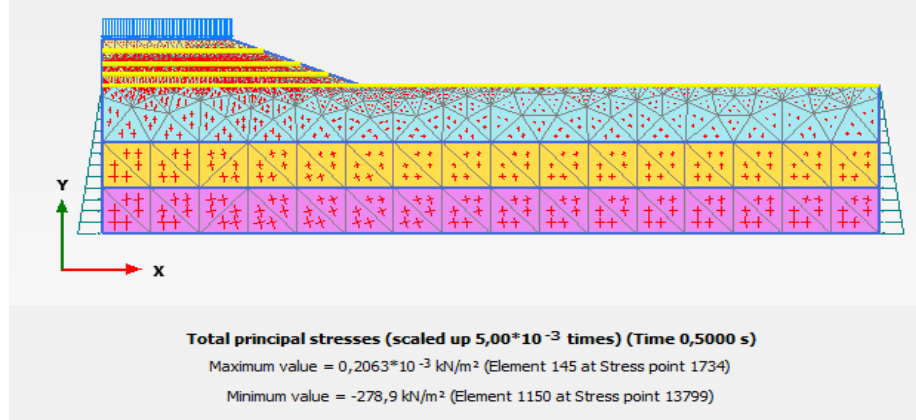
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 7 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.141). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,3054 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.142). Ayrıca, Şekil 3.143-3.144 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



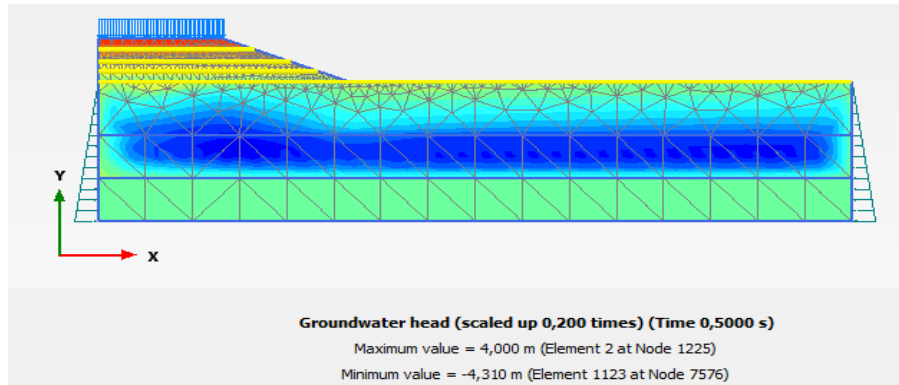
Şekil 3.141. Zemin profilinden 7 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



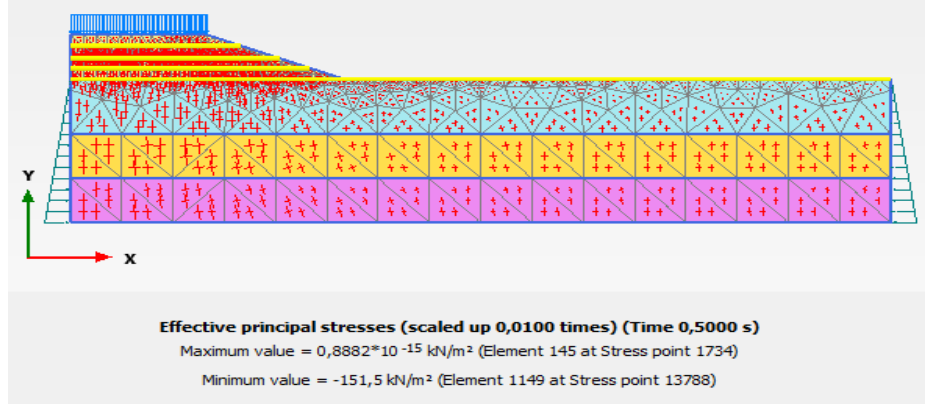
Şekil 3.142. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.143. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

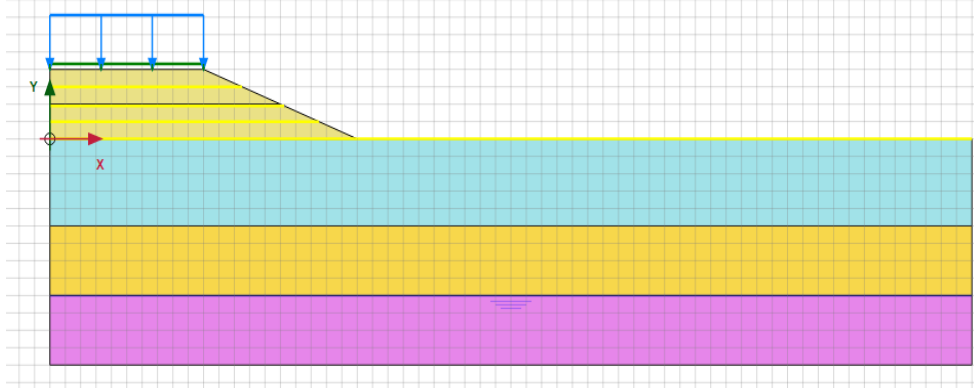


Şekil 3.144. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

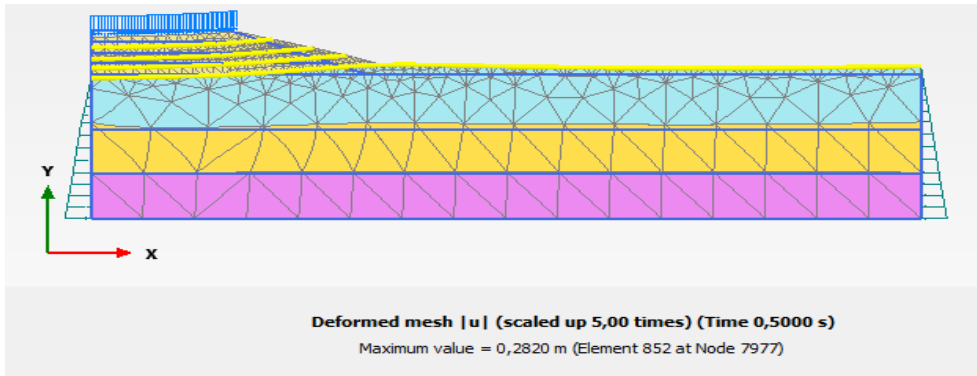


Şekil 3.145. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 9 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

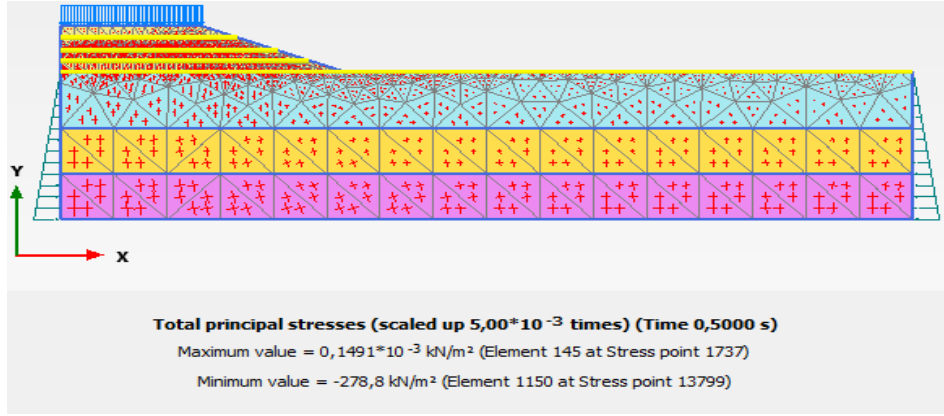
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 9 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.146). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,2820 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.147). Ayrıca, Şekil 3.148-3.150 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



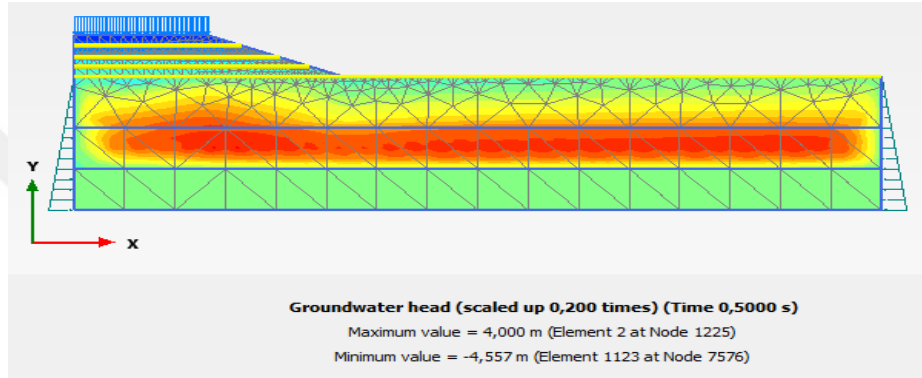
Şekil 3.146. Zemin profilinden 9 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



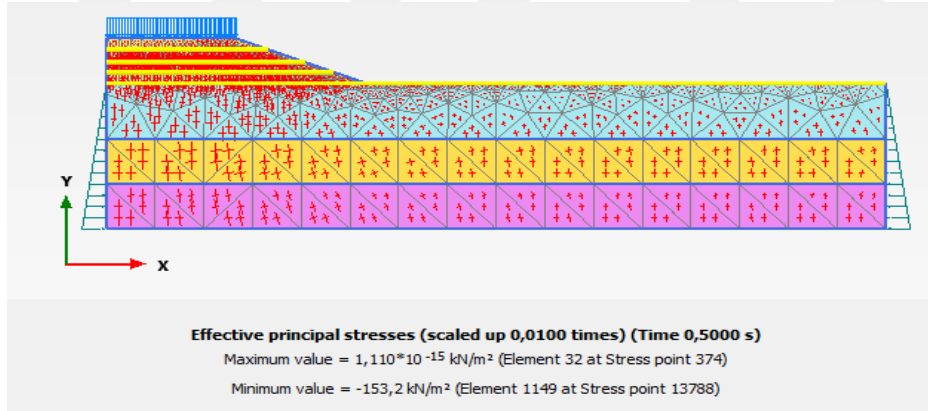
Şekil 3.147. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.148. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

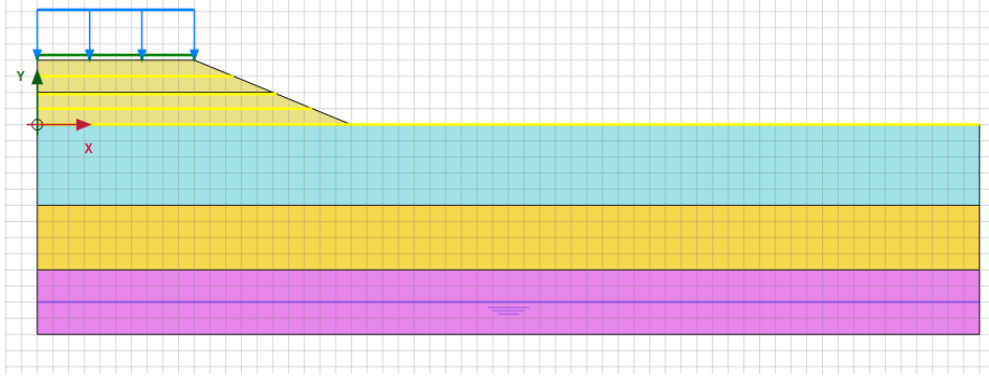


Şekil 3.149. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

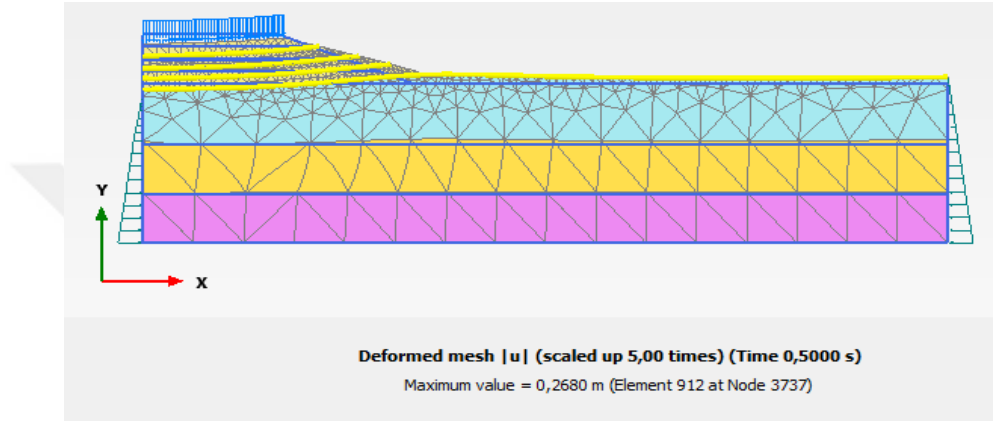


Şekil 3.150. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 11 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

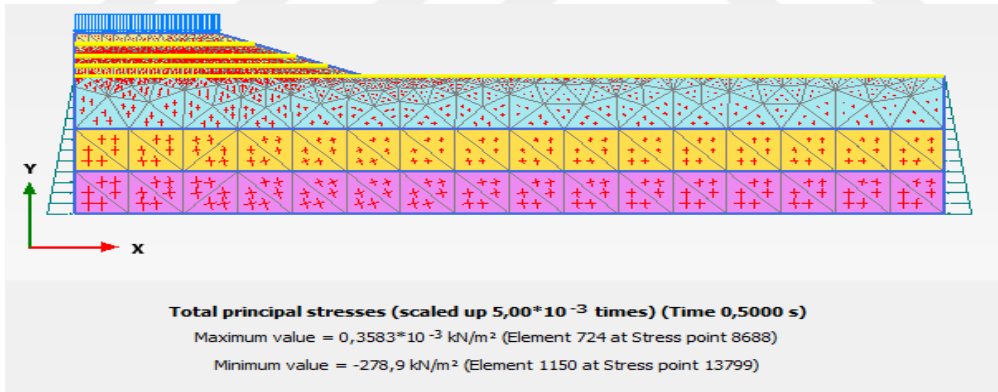
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 11 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.146). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,2680 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.147). Ayrıca, Şekil 3.148-3.150 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



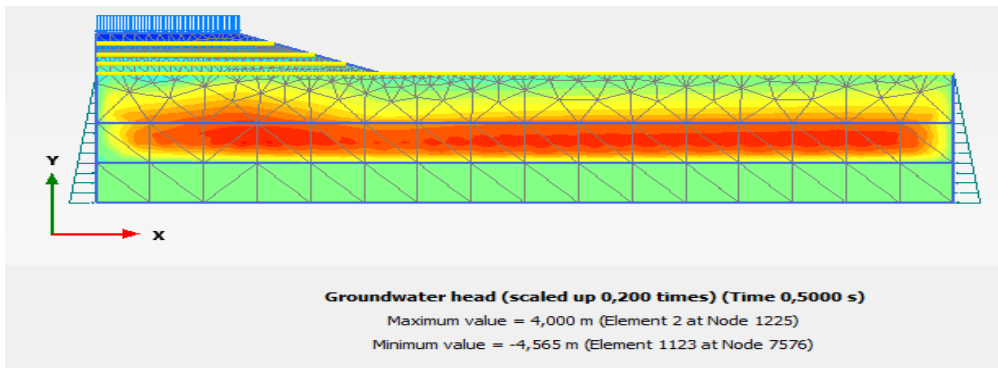
Şekil 3.146. Zemin profilinden 11 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



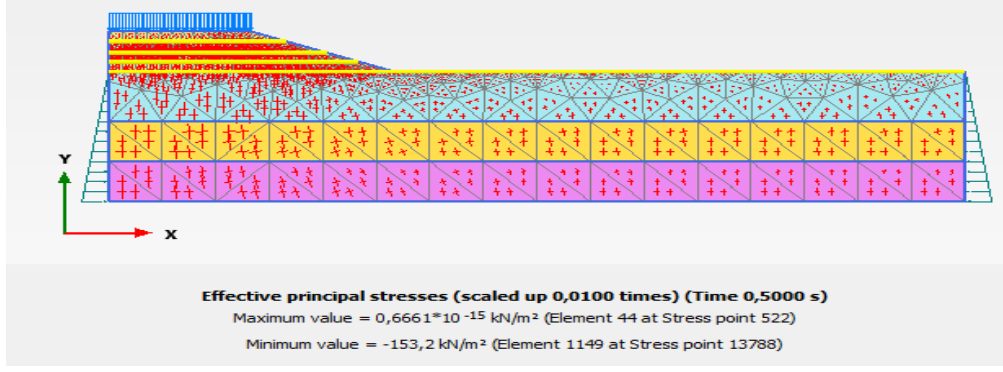
Şekil 3.147. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.148. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

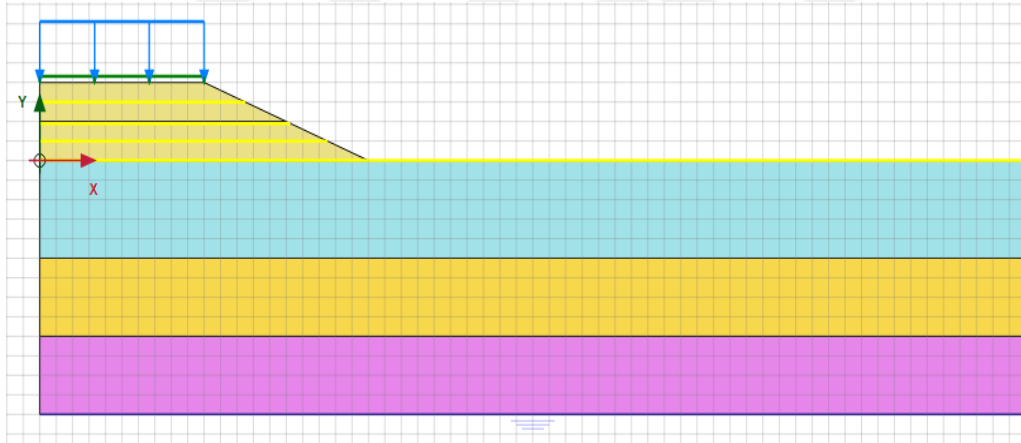


Şekil 3.149. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

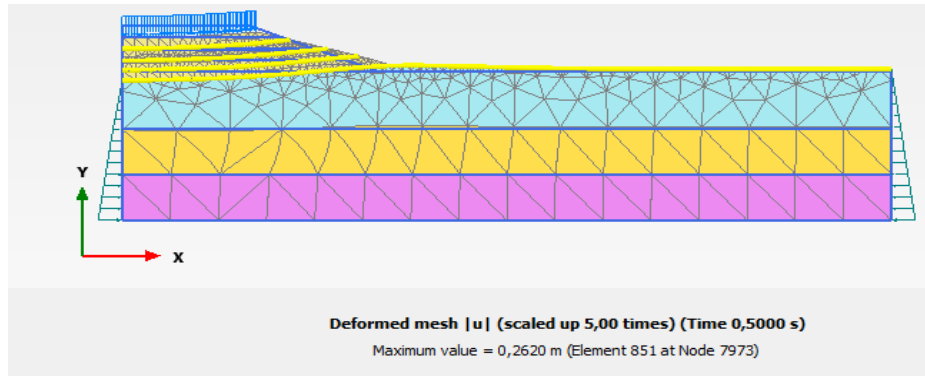


Şekil 3.150. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 13 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

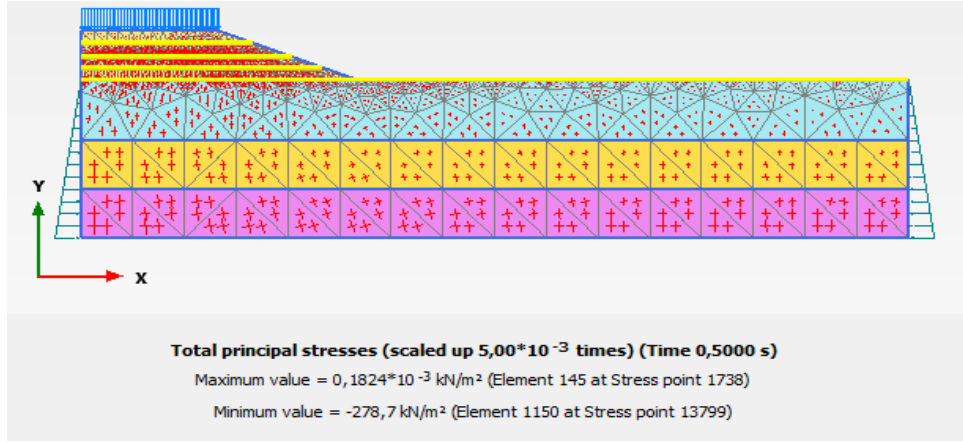
Yol dolgusuna 1,0 metre aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ve yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 13 m aşağıda olması durumunun incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.151). Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,2620 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.152). Ayrıca, Şekil 3.153-3.154 arasında sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir..



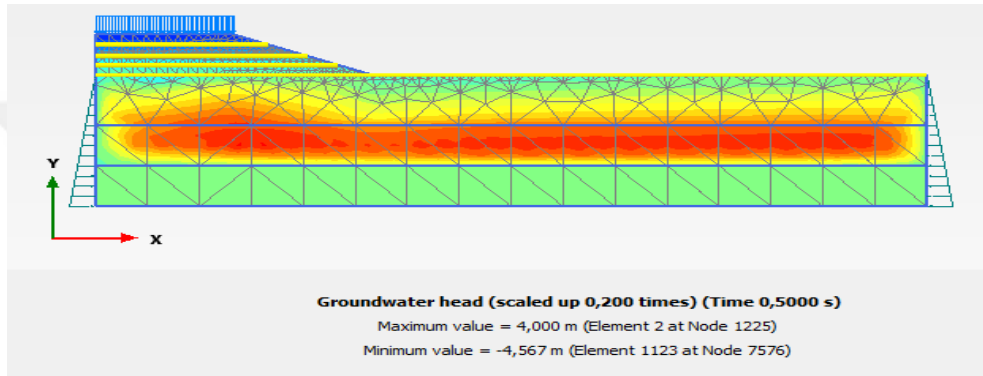
Şekil 3.151. Zemin profilinden 13 metre aşağıya yer altı su seviyesi yerleştiriliyor



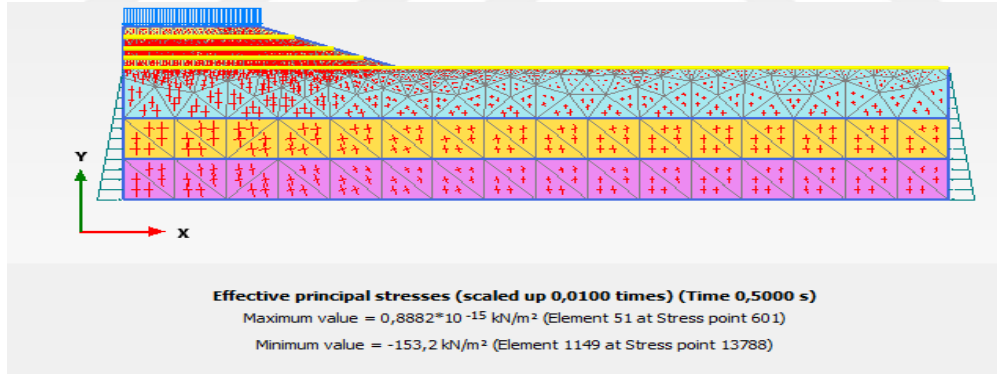
Şekil 3.152. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.153. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.154. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

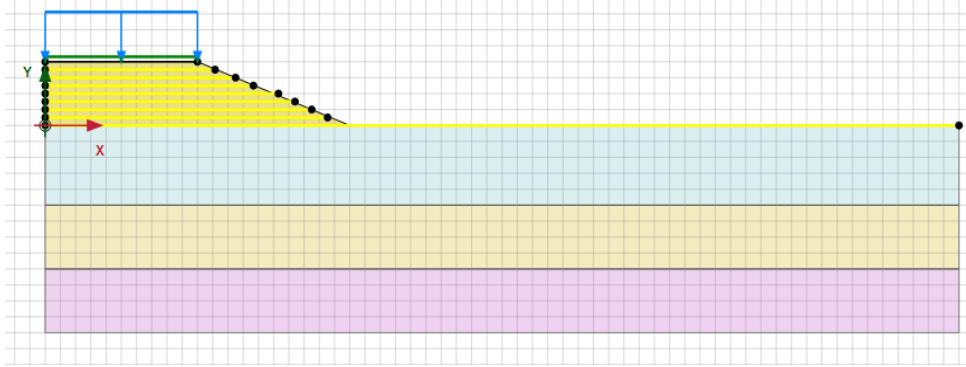


Şekil 3.155. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

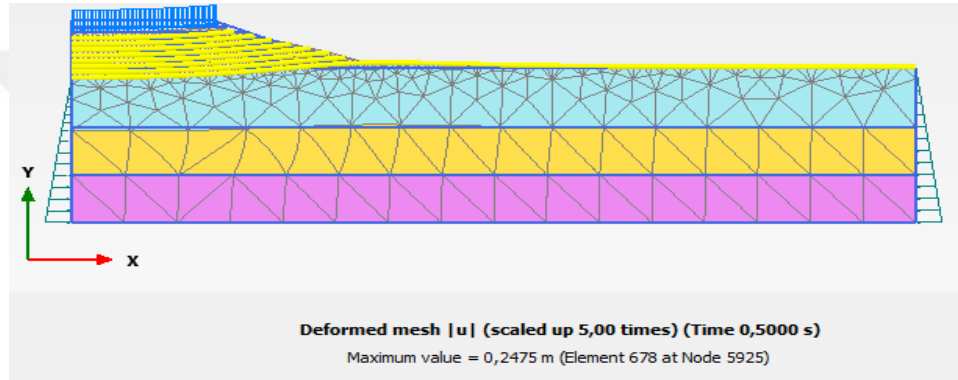
Zemin Modeline 0,5 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

4 m yüksekliğe sahip yol dolgusuna 0,5 metre aralıklar ile 8 sıra geotekstil yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.156). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,2475 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.157). Ayrıca, Şekil 3.158-3.160 statik ve dinamik yükün etki ettirilmesi

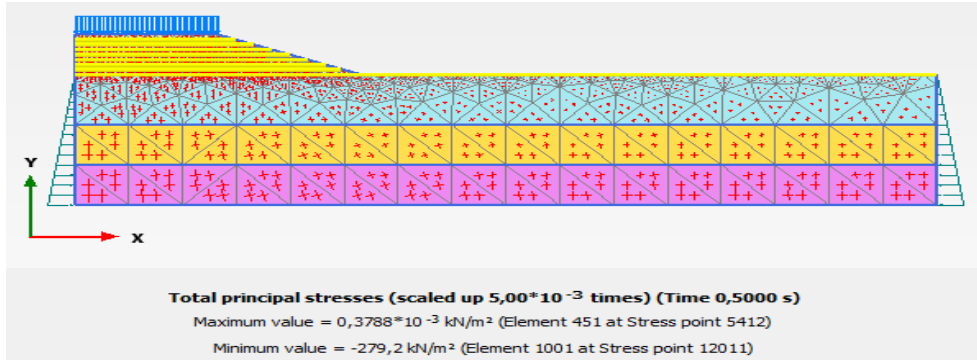
durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



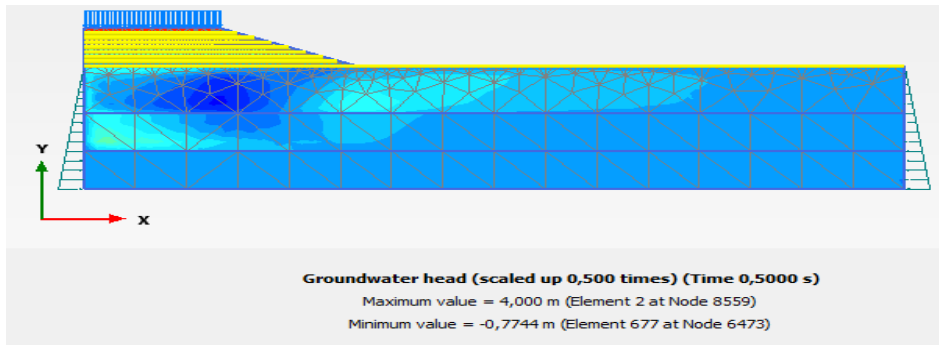
Şekil 3.156. Yol dolgusuna 0,5' er metre aralıklarla geotekstil malzemenin yerleştirilmesi



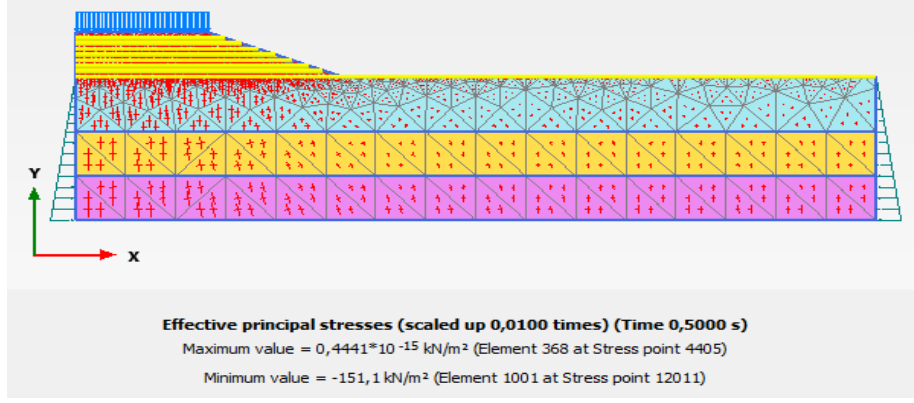
Şekil 3.157. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.158. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

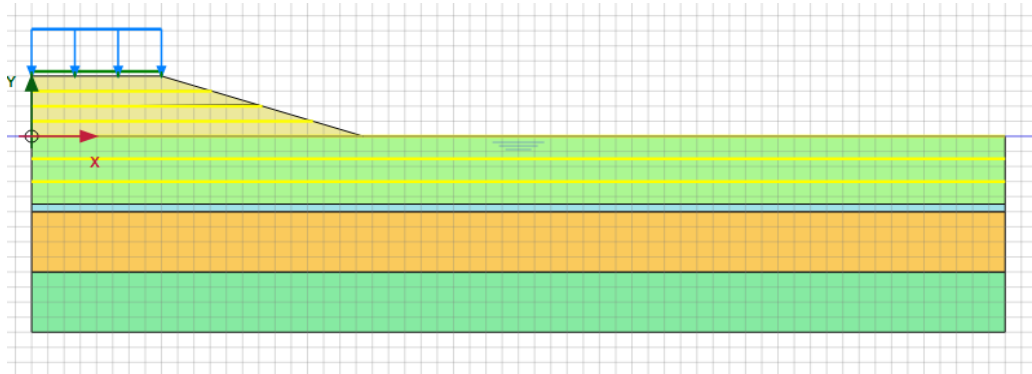


Şekil 3.159. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

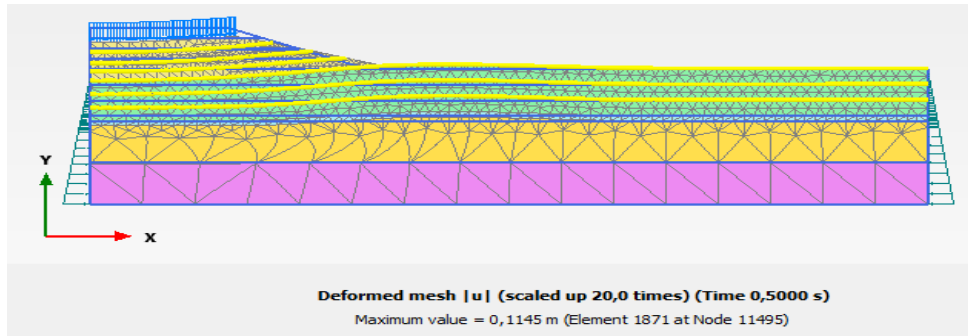


Şekil 3.160. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Modeline 1,5 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

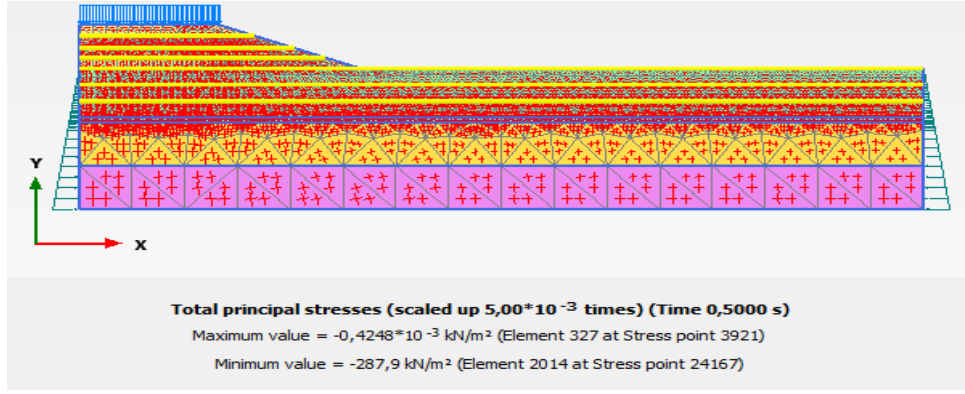
Kil ($E = 1000 \text{ kN/m}^2$) zeminden 4,5 m kazılarak Tablo 3.1’ de verilen kum şilte yerleştirilmiştir, kum şiltenin içine 1,5 m aralıklar ile ve 4 m yüksekliğe sahip yol dolgusunda 1’ er m aralıklarla geotekstil malzeme yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.161). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,1145 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.162). Ayrıca, Şekil 3.163-3.164 statik ve dinamik yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



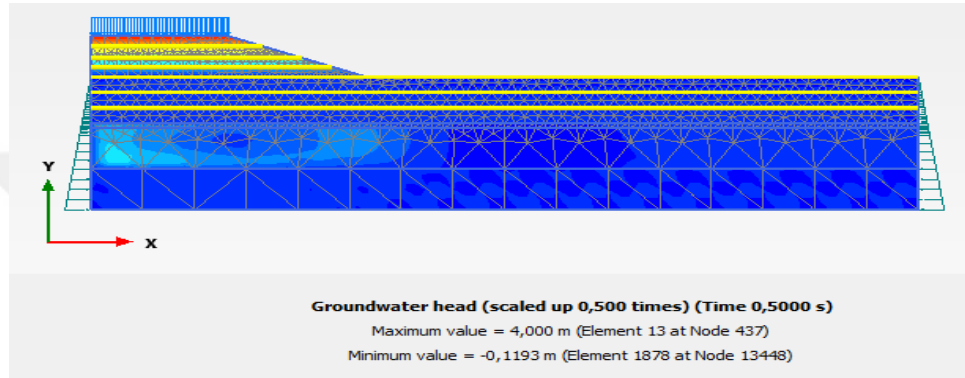
Şekil 3.161. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi



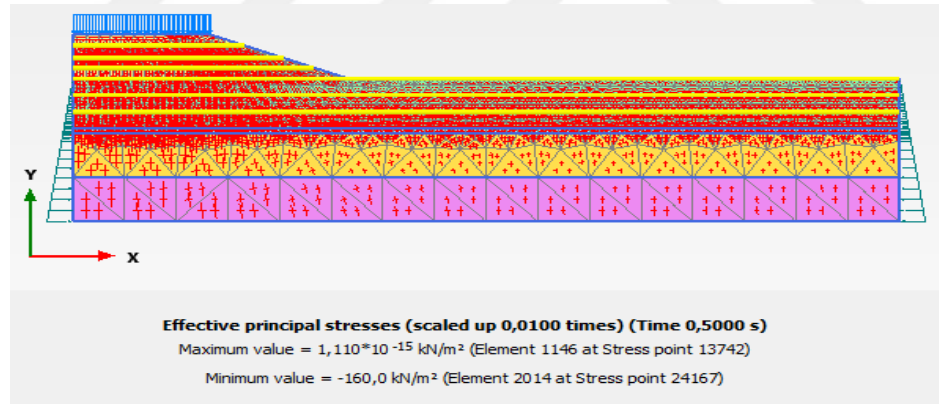
Şekil 3.162. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.163. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.164. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

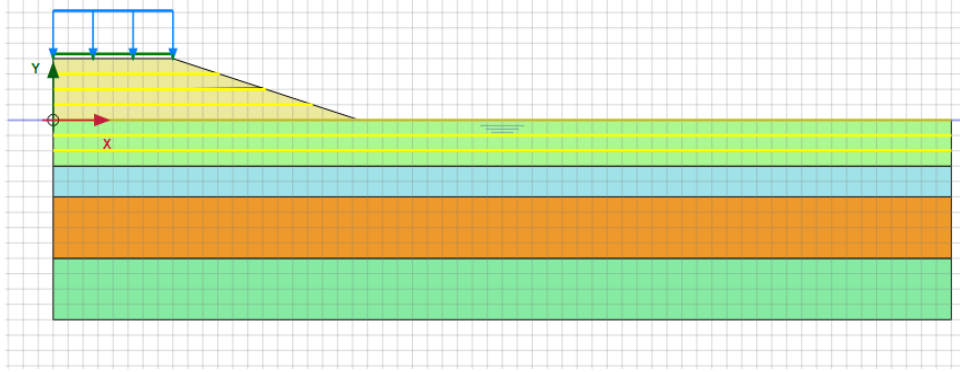


Şekil 3.165. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

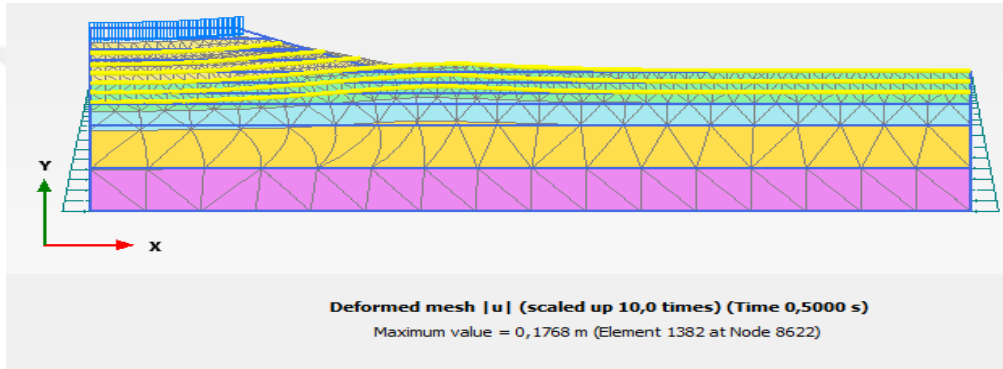
Zemin Modeline 1 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

Kil ($E = 1000 \text{ kN/m}^2$) zeminden 3,0 m kazılarak Tablo 3.1’ de verilen kum şilte yerleştirilmiştir, kum şiltenin ve 4 m yüksekliğe sahip yol dolgusunun içine 1,0 m aralıklarla geotekstil malzeme yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.166). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük harmonik yük olarak etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,1768 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.167). Ayrıca, Şekil 3.168-3.170 statik ve dinamik

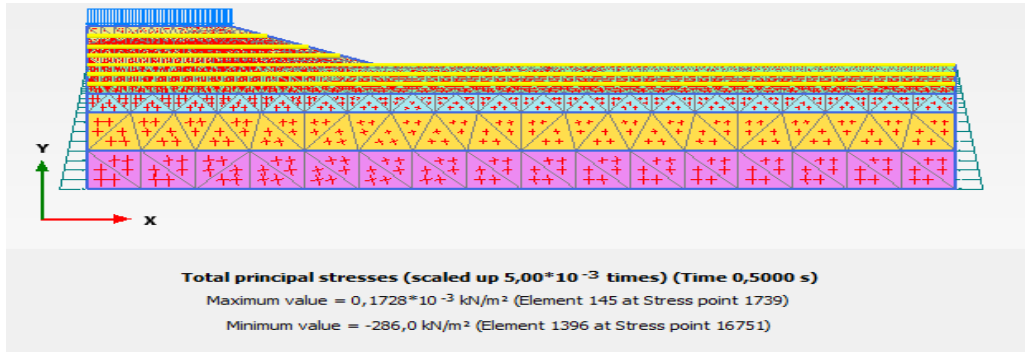
yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



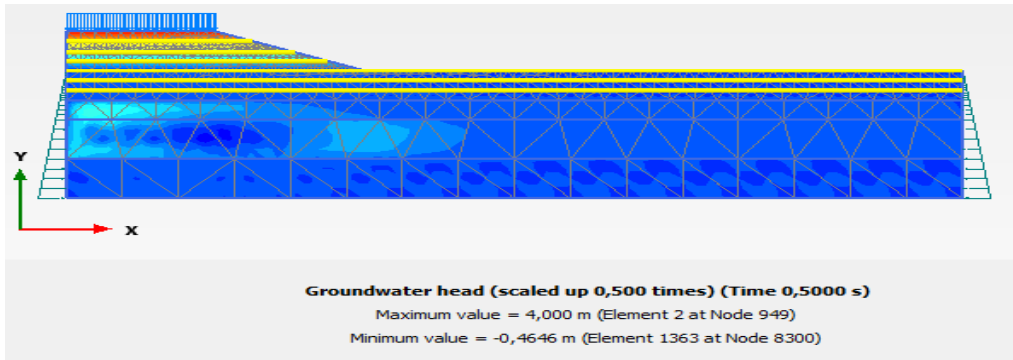
Şekil 3.166. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi



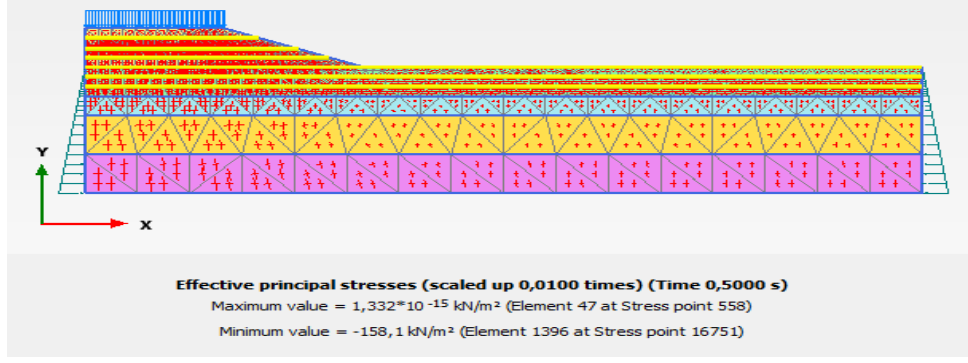
Şekil 3.167. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.168. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

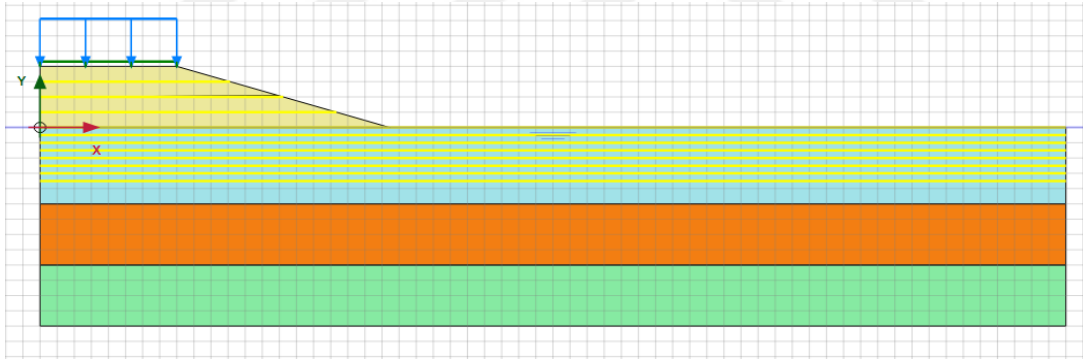


Şekil 3.169. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

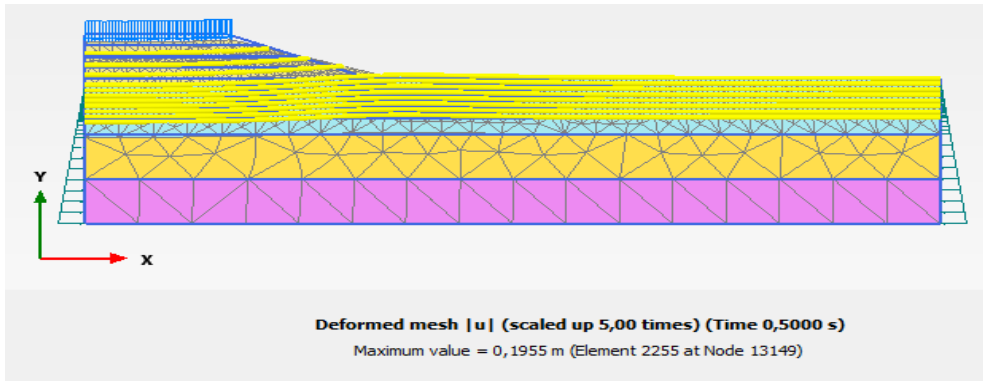


Şekil 3.170. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Modeline 0,5 m ve 1 m Aralıklarla Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

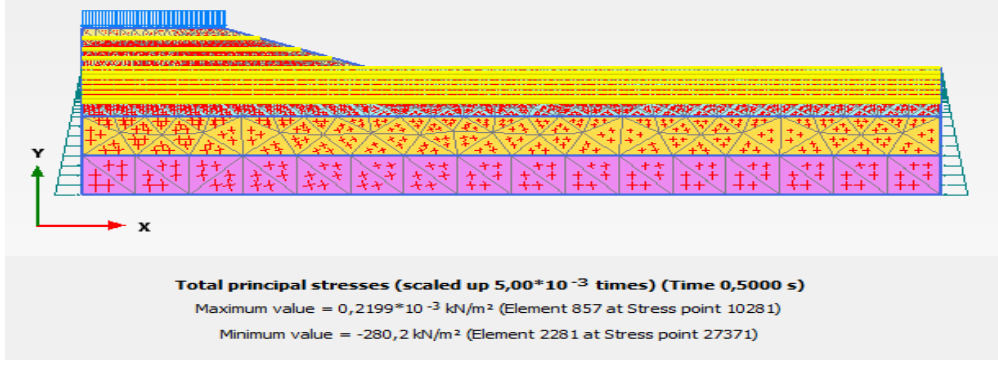
4 m yüksekliğe sahip yol dolgusunun altındaki zemine 0,5 metre aralıklar ile 7 sıra, yol dolgusuna ise 1,0 metre aralıklar ile geotekstil yerleştirilmesinin incelendiği analizlerde 1300 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.171). Yer altı su seviyesi zemin yüzeyindedir. Dinamik yük olarak harmonik yük etki ettirilmiştir. Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,1955 m olduğu görülmektedir (Şekil 3.172). Ayrıca, Şekil 3.173-3.175 statik ve dinamik yükün etki ettirilmesi durumunda sırasıyla toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif sonuçları karşılaştırmalı verilmiştir.



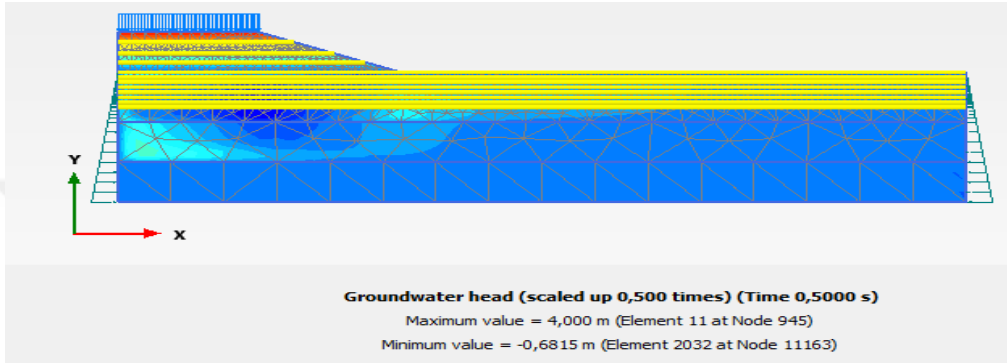
Şekil 3.171. Geotekstil malzemenin zemin profiline yerleştirilmesi



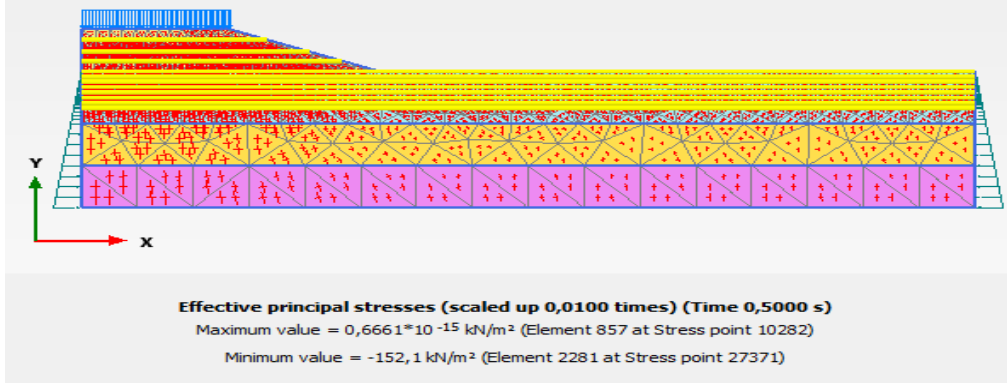
Şekil 3.172. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 3.173. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 3.174. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu.

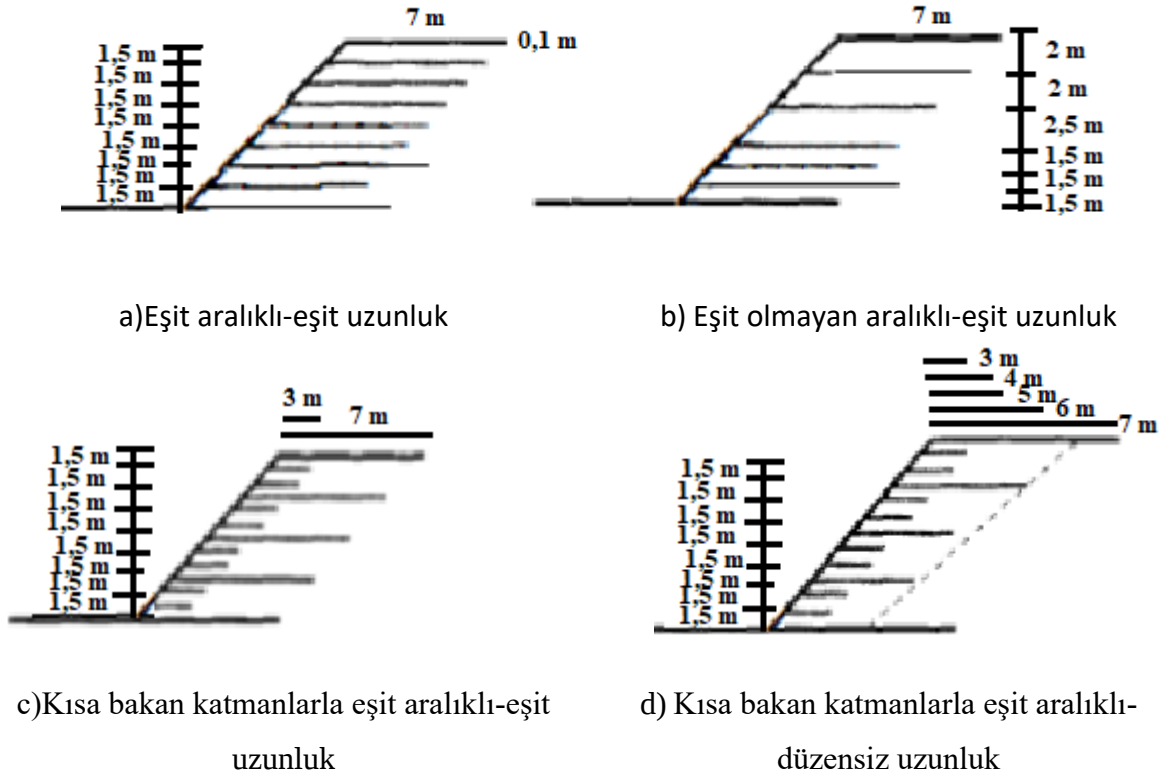


Şekil 3.175. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Kil tabakalarının özellikleri değiştirildiğinde, karayolları dolgusunda yapılan analiz sonuçlarında deprem etki altında deformasyon artmıştır. Yer altı su seviyesinin aşağı inmesiyle deformasyon azalmıştır. Geotekstil malzeme kullanılmadan oluşan deformasyonun geotekstil malzeme kullanılarak azaldığı gözlemlenmiştir. Geotekstil malzemenin elastik rijitliği arttıkça deformasyonun daha da azaldığı görülmüştür.

4. ŞEV STABİLİTESİNDE GEOSENTETİK MALZEME KULLANIMI İLE İLGİLİ MODELLEME ÇALIŞMALARI

Geotekstiller dikey duvarlarda kullanılmasının yanında, dik toprak bentlerin stabilize edilmesinde de kullanılmaktadır. Yatay ile eğim açısı azaldıkça, bir duvar sete dönüşür, ancak bu duvarda açıkta kalan yüzü, bir tür erozyon kontrol malzemesinin desteklediği bitki örtüsü dışında hiçbir şeyle kaplı değildir. Bu kısımda, geotekstiller, herhangi bir ters yüz kaplaması veya sert yüzeyli duvar yüzeyi olmaksızın yatay katmanlar halinde yerleştirilecektir. Bu durumda, tasarım metodolojisi yanal toprak basıncı teorisinden şev stabilitesi analizlerine geçer. Setler için çeşitli geotekstil yerleştirme şemaları Şekil 4.1' de gösterilmektedir. Limit denge tasarımı, şev stabilitesi problemlerine genel geoteknik mühendislik yaklaşımı, varsayılan bir dairesel yay yenilme düzlemi üzerinde limit denge kavramlarını kullanmak ve böylece güvenlik faktörü için bir denklem elde etmektir. Sırasıyla toplam gerilmeler ve etkin gerilmeler için bir dairesel kırılma için elde edilen denklemleri 4.1 ve 4.2 de verilmiştir (Şekil 4.2) (Durukan & Tezcan, Reinforced Soil Retaining Walls.)



Şekil 4.1. Sağlam temeller üzerinde dik toprak bentleri stabilize etmek için çeşitli Geotekstil yerleştirme planları

Kaynak:(Durukan & Tezcan, Reinforced Soil Retaining Walls.)

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i \times \tan \phi + c \times \Delta l_i) + \sum_{i=1}^m T_i y_i}{\sum_{i=1}^n (w_i \times \sin \theta_i) \times R} \quad (4.1)$$

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{N}_i \times \tan \phi + \bar{c} \times \Delta l_i) + \sum_{i=1}^m T_i y_i}{\sum_{i=1}^n (\bar{w}_i \times \sin \theta_i) \times R} \quad (4.2)$$

burada,

FS=güvenlik faktörü (dengesizliğe karşı);

$N_i = W_i \cos \theta_i$;

$W_i, \bar{w}_i$ =her dilimin toplam ve efektif ağırlığı;

θ_i =her dilimin merkezinde yataydan teğete kesişme açısı;

Δl_i =her dilimin yay uzunluğu;

R=yenilme çemberinin yarıçapı;

$\phi, \bar{\phi}$ =sırasıyla toplam ve etkin kesme direnci açıları;

$c, \bar{c}$ =sırasıyla toplam ve etkin kohezyonlar;

T_i =izin verilen geotekstil çekme dayanımı;

y_i =geotekstiller için moment kolu (büyük deformasyon durumlarında bu moment kollarının genellikle daha büyük bir değer olan R'ye eşit olabileceğine dikkat edin);

n=dilim sayısı;

m=geotekstil katmanlarının sayısı;

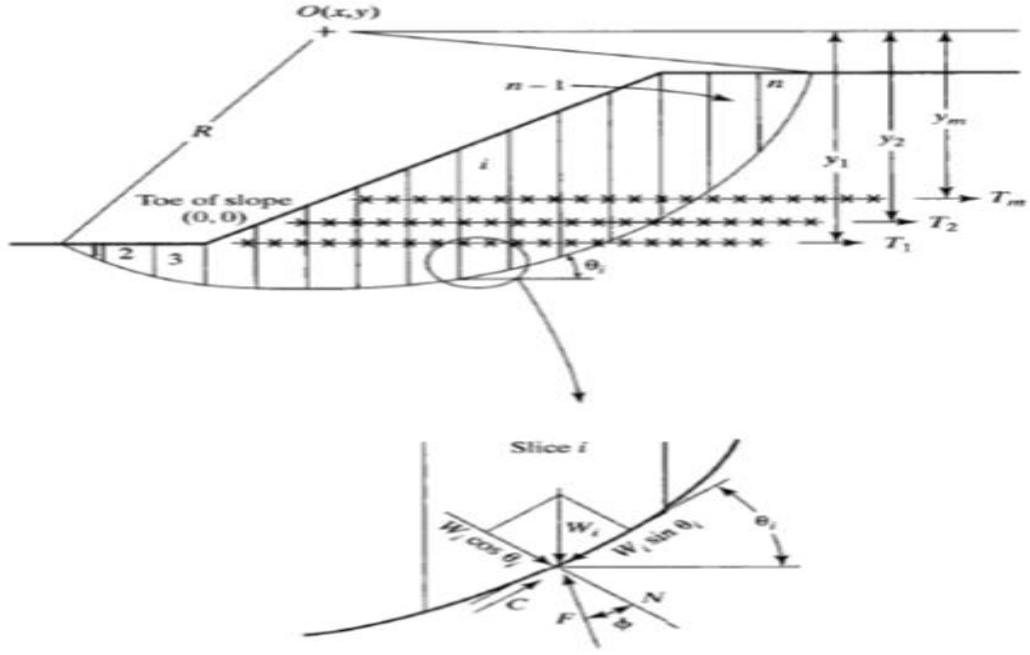
$\bar{N}_i = N_i - u_i \Delta X_i$;

$u_i = h_i \gamma_w$ =boşluk suyu basıncı;

h_i =her dilim için dairenin tabanından su yüksekliği,

γ_w =suyun birim hacim ağırlığı, ve

Δx_i =width of slices.

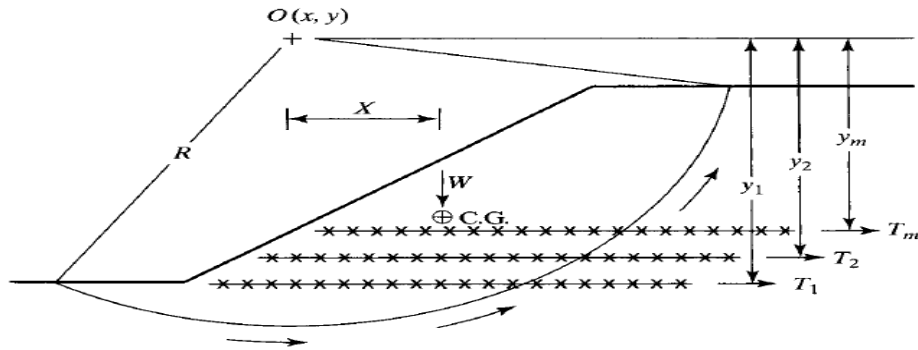


Şekil 4.2. Kayma dairesi

Denklem (4.1) toplam gerilme analizi denklemi kullanılması, su içermeyen setler için veya zeminin doygunluk koşullarından daha düşük olduğu durumlarda tavsiye edilir. Etkili gerilme analizi denklemi 4.2, su ve doymuş zeminin söz konusu olduğu koşullar içindir - ince daneli kohezyonlu zeminleri içeren toprak barajlar ve delta alanlarının tipik örnekler olarak verilebilir.

Zemin mukavemeti kesme düzlemindeki normal kuvvete bağlı olmadığında denklem (4.3) kullanılmaktadır (Şekil 4.3).

$$FS = \frac{c \times \text{Larc} \times R + \sum_{i=1}^m T_i y_i}{W \times X} \quad (4.3)$$



Şekil 4.3. Drenajsız koşullarla temsil edilen zemin mukavemeti için dairesel yay şev stabilitesi analizinin detayları

Kaynak: (Durukan & Tezcan, Reinforced Soil Retaining Walls.)

burada,

FS: güvenlik faktörü (dengesizliğe karşı),

c:kohezyon= $0.5q_u$,

q_u : zeminin serbest basınç dayanımı,

L_{arc} :yenilme yayı için uzunluk,

R:yenilme dairesinin yarıçapı,

T_i :çeşitli geotekstil katmanları için izin verilen çekme kuvveti,

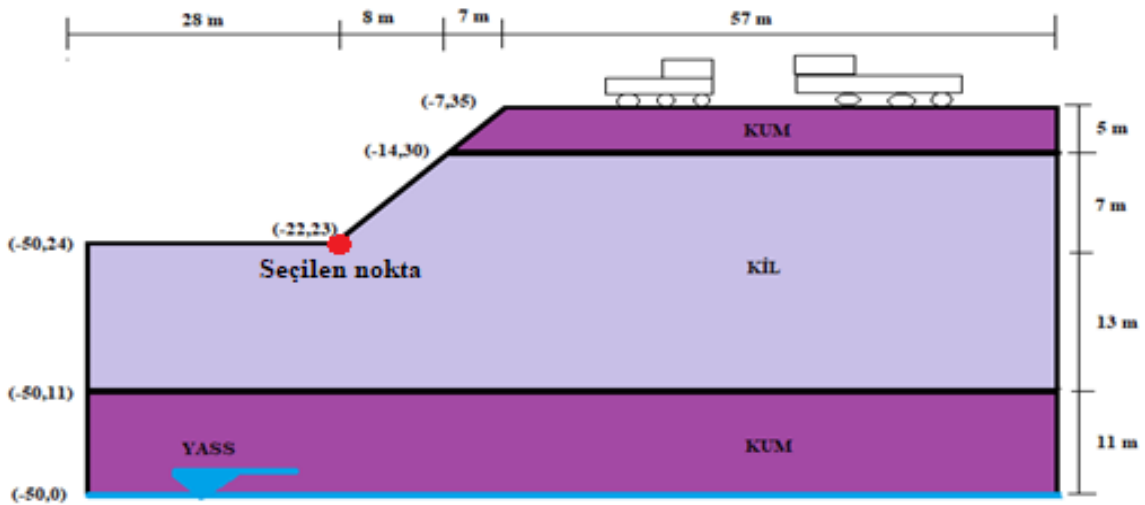
y_i :geotekstil katmanları için moment kolu,

W:yenilme bölgesinin ağırlığı, ve

X:yenilme bölgesinin ağırlık merkezine moment kolu (Durukan & Tezcan, Reinforced Soil Retaining Walls.).

Şevin Modellemesi

Geometrik özellikleri Şekil 4.4' de verilen zemin profilinin üst tabakasına bakıldığında 5 metre kalınlığında kum, orta tabakada 20 metre kalınlığında kil ve alt tabakanın ise 11 metre kalınlığında kum tabakasından oluştuğu görülmektedir. Ayrıca zemin yüzeyinden 35 metre aşağıda yer altı su seviyesi bulunmaktadır. Bu nedenle zemin profili suya doygün bir yapıda değildir. Kil ve kum tabakasının özellikleri Tablo 4.1' de verilmiştir. Analizde harmonik yük 0,5 s olarak verilmiştir. Ayrıca, farklı şekilde konumlandırılmış geotekstilli tasarımların deformasyon, toplam boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme sonuçları elde edilerek karşılaştırılmaları yapılmıştır.



Şekil 4.4. Şev stabilitesi analizi için oluşturulan zemin profili

Tablo 4.1. Zemin profilinin malzeme özellikleri

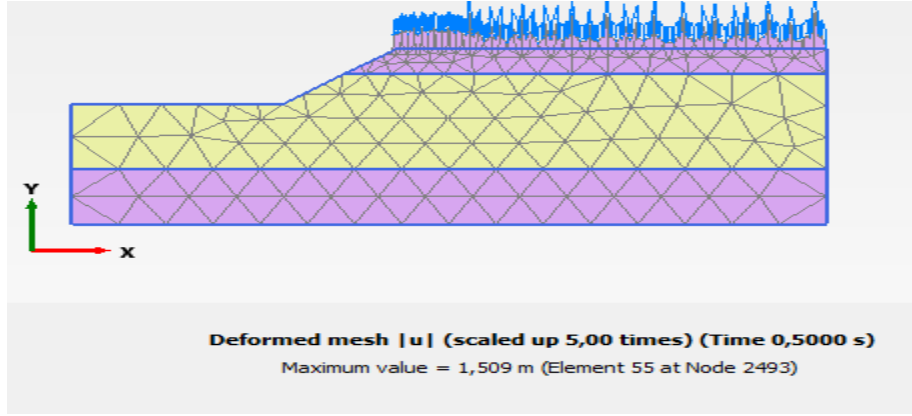
Parametre	İsim	Kil	Kum	Birim
Malzeme Modeli	Model	MC	MC	-
Drenaj Tipi	Tip	Drenajlı	Drenajlı	-
Birim hacim ağırlık (kuru)	γ_k	17	17	kN/m ³
Birim hacim ağırlık (doygun)	γ_d	19	20	kN/m ³
Young Modülü	E_{50}^{ref}	20×10^3	38.5×10^3	kN/m ²
Odömetre Modülü	E_{oed}^{ref}	20×10^3	35×10^3	kN/m ²
Boşaltma Modülü	E_{ur}^{ref}	60×10^3	115.5×10^3	kN/m ²
Üs	m	0.7	0.5	-
Kohezyon	c'	8.0	1.0	kN/m ²
İçsel Sürtünme Açısı	ϕ'	29	34	-
Dilatansi Açısı	ψ'	0.0	4	-
Kayma Deformasyonu	$\gamma_{0.7}$	1.5×10^{-4}	1×10^{-4}	-
Referans Gerilme	G_0^{ref}	180×10^3	350×10^3	m ²
Gelişmiş Özellikler		Varsayılan	Varsayılan	-
Permeabilite x-yön.	k_x	0.1	0.5	m/d
Permeabilite y-yön.	k_y	0.1	0.5	m/d
Ara yüzey katsayısı	R_{inter}	Rijit	0.7	-
Yatay Toprak basıncı	K_0	Otomatik	Otomatik	-

Geotekstil Desteksiz Dinamik Yük Analizi

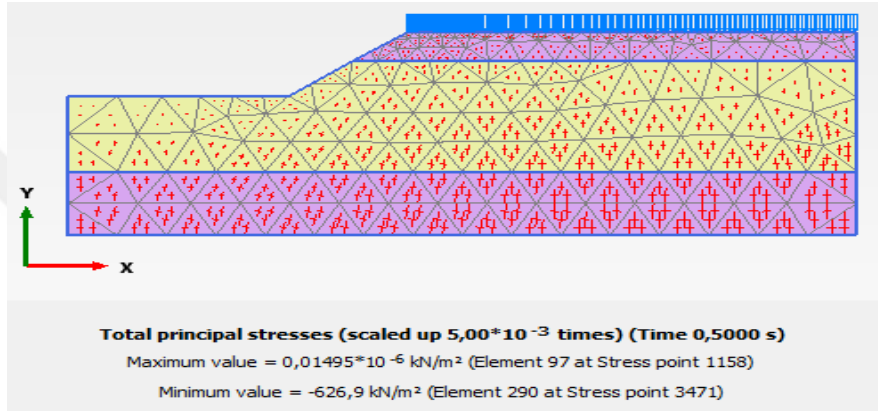
Mevcut şevde Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan analizler öncelikle very coarse, coarse, medium, fine ve very fine olarak meshleme yapılarak başlanılmış ve medium seçeneği seçilmiştir. Şekil 4.4' de seçilen noktaya göre deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme değerleri alınmıştır. Şekil 4.5-4.8' de oluşturulan geotekstil desteksiz modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

Tablo 4.2 Analizde kullanılacak dinamik yük özellikleri

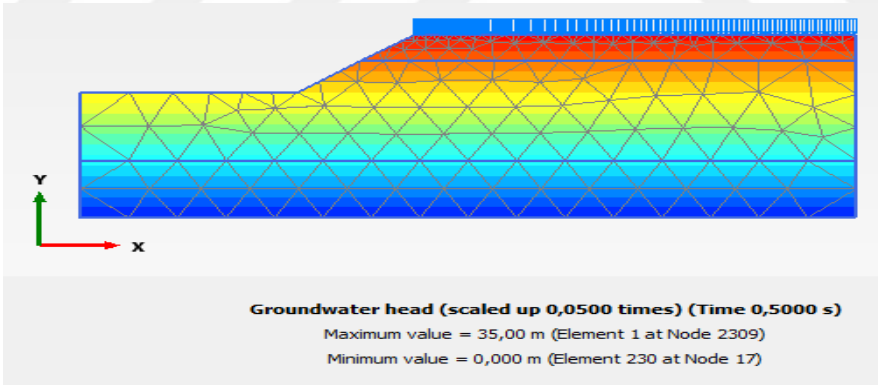
Genlik Çarpanı	1000.00
Frekans	10.00 Hz
Başlangıç Faz Açısı	0.00



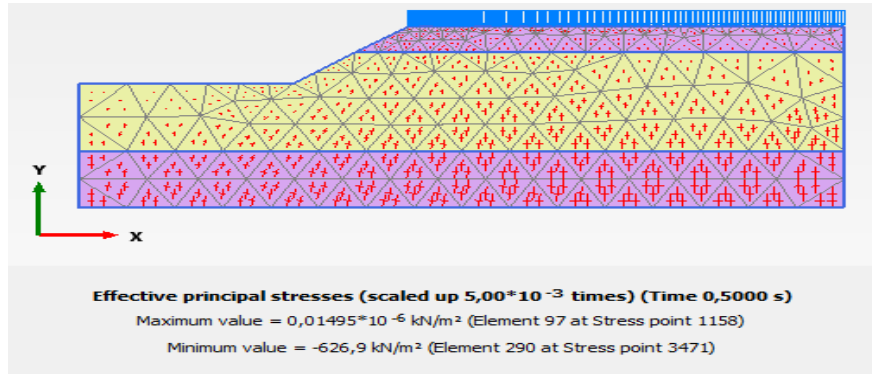
Şekil 4.5. Dinamik yük altında geotekstil kullanılmadan oluşan deformasyon



Şekil 4.6. Dinamik yük altında kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.7. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

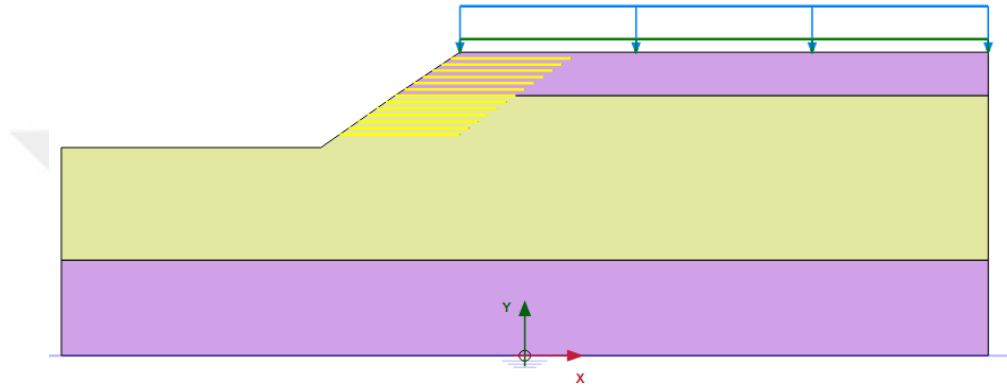


Şekil 4.8. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Geotekstil Malzemenin Eşit Uzunluk ve Eşit Aralıklarda Yerleştirilmesi

$E = 1000 \text{ kN/m}$ Geotekstil Malzeme Kullanımı

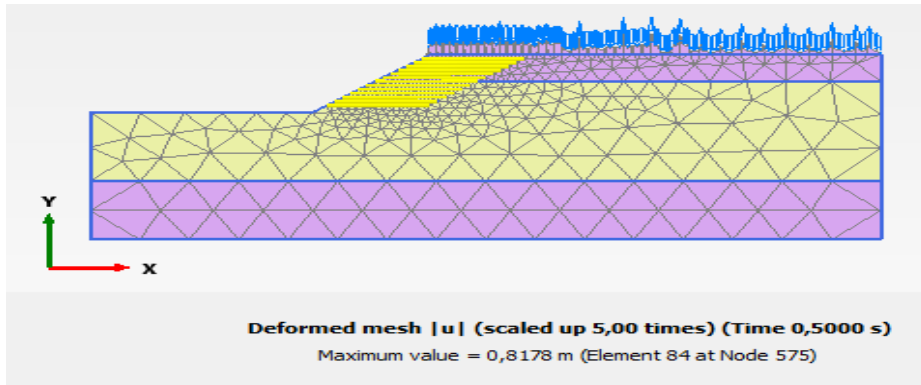
$E = 1000 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip (Tablo 4.3) geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.9' da üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.10-4.13' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



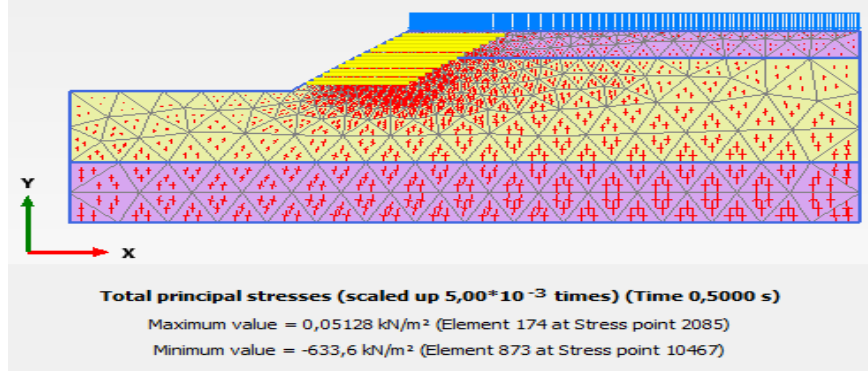
Şekil 4.9. Eşit uzunluklarda ve eşit aralıklarla şeve geotekstil malzeme yerleştirilmesi

Tablo 4.3. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

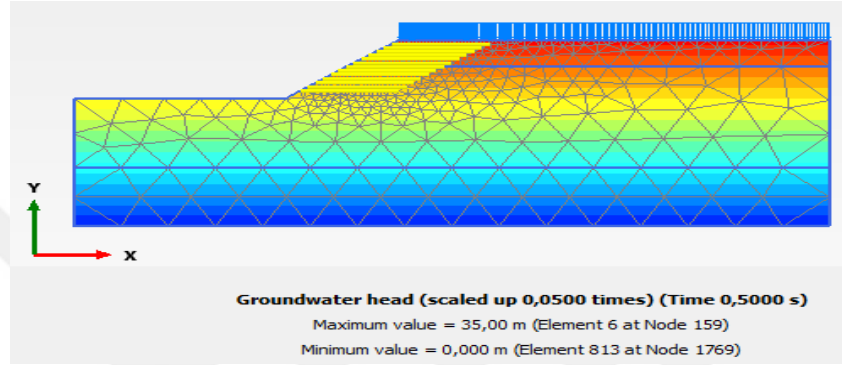
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	1000 kN/m
Uygulama Alanı	İnşaat ve yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 ISO1 4001



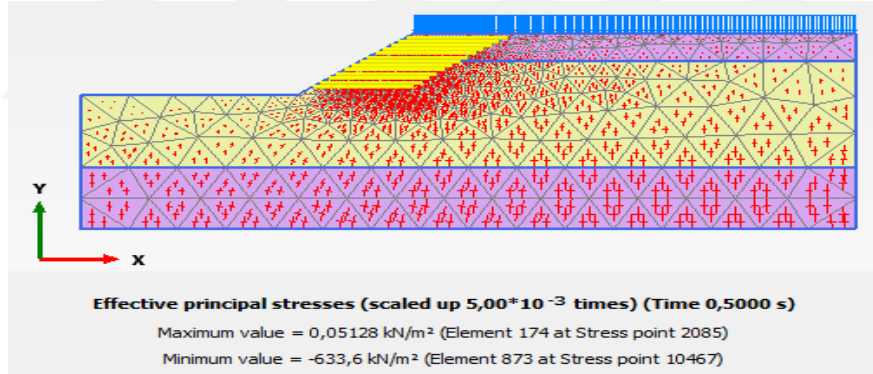
Şekil 4.10. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.11. Dinamik yük altında kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.12. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



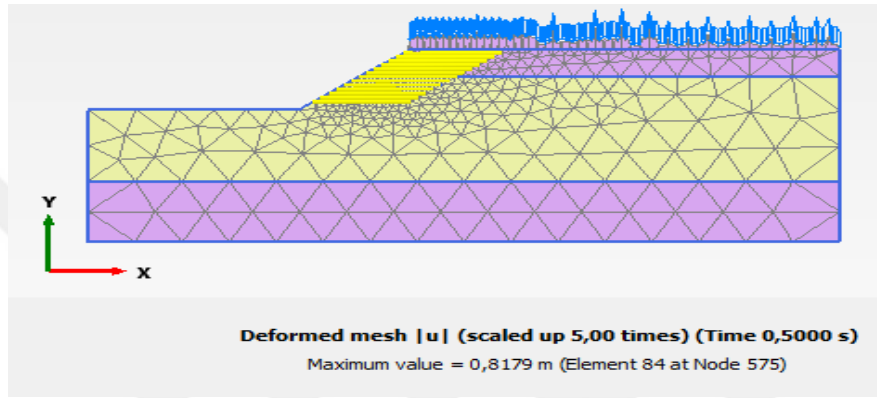
Şekil 4.13. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 800 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

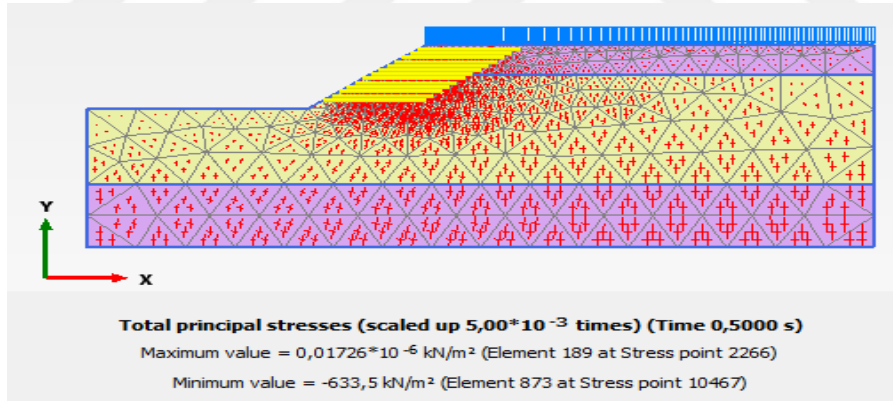
E= 800 kN/m elastik rijitliğe sahip (Tablo 4.4) geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.9’ da üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.14-4.17’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

Tablo 4.4. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

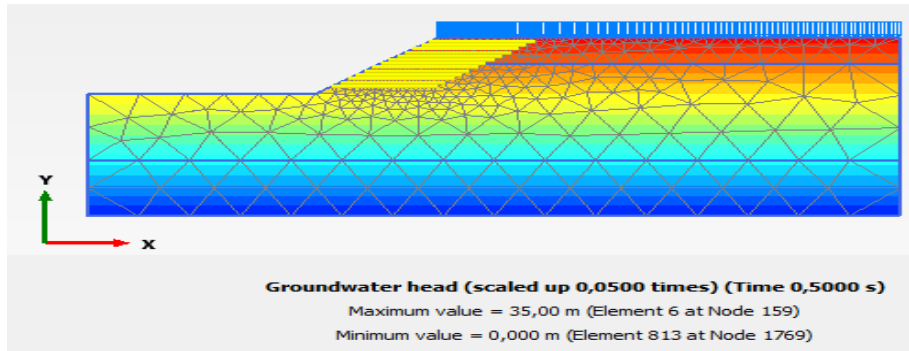
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	800 kN/m
Uygulama Alanı	İnşaat ve yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 IS01 4001



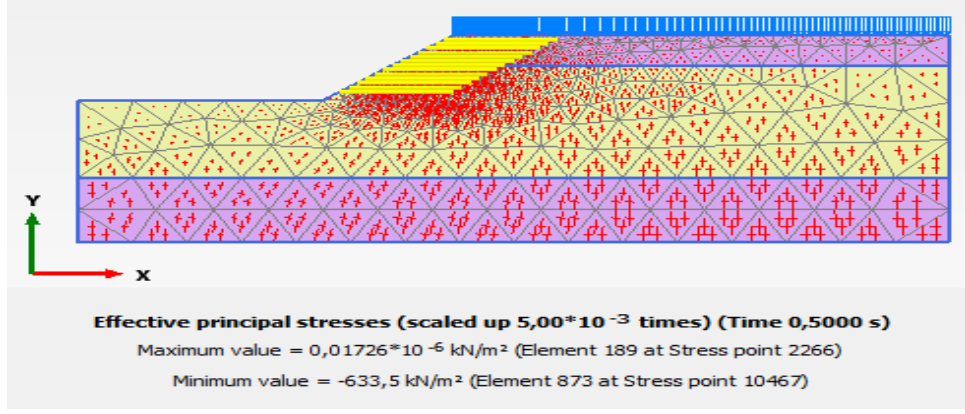
Şekil 4.14. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.15. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.16. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

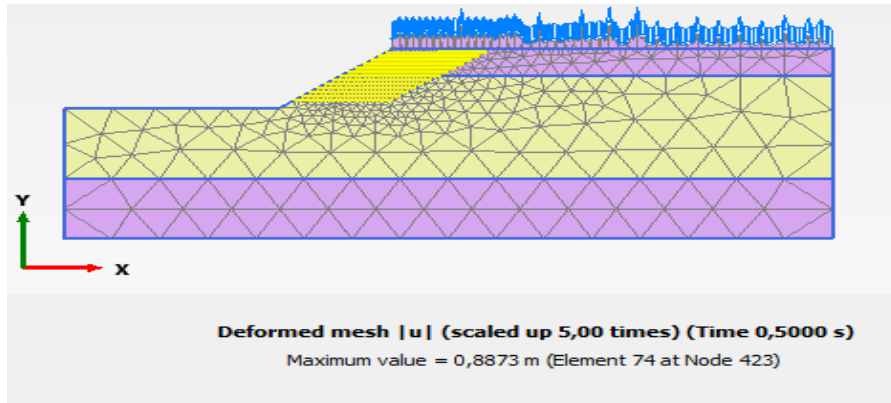


Şekil 4.17. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
E= 640 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

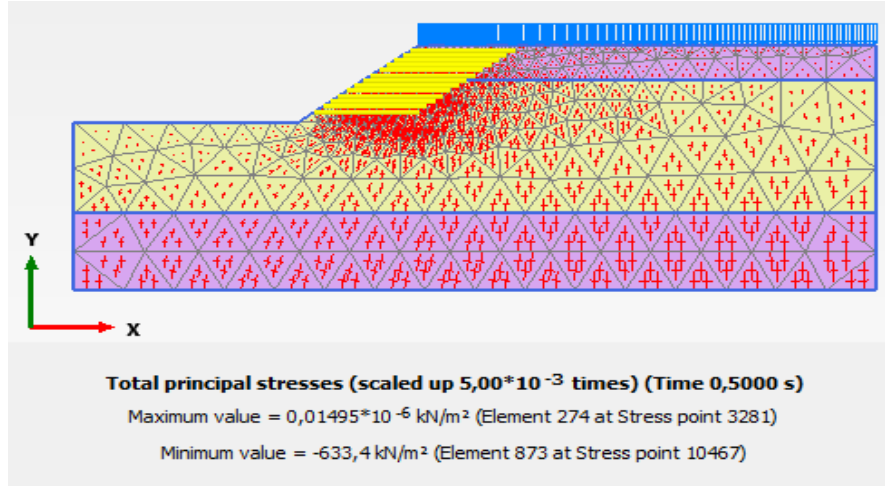
E= 640 kN/m elastik rijitliğe sahip (Tablo 4.5) geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.9’ da üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.18-4.21’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

Tablo 4.5. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

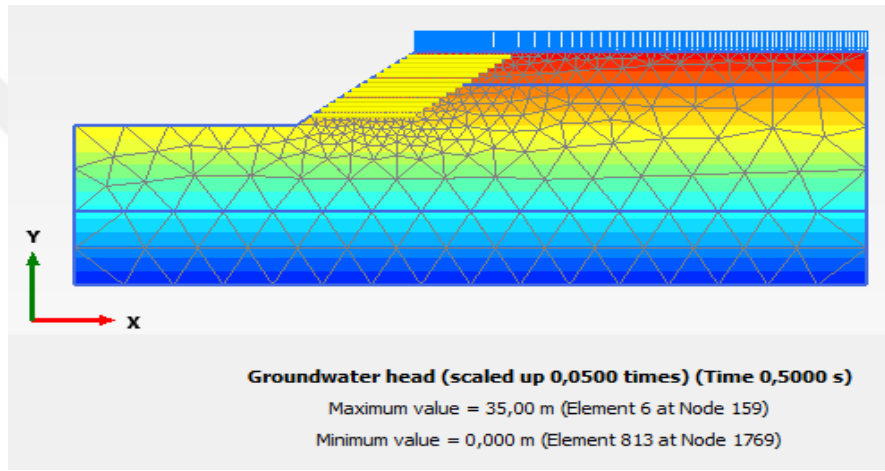
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	640 kN/m
Uygulama Alanı	İnşaat ve yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 IS01 4001



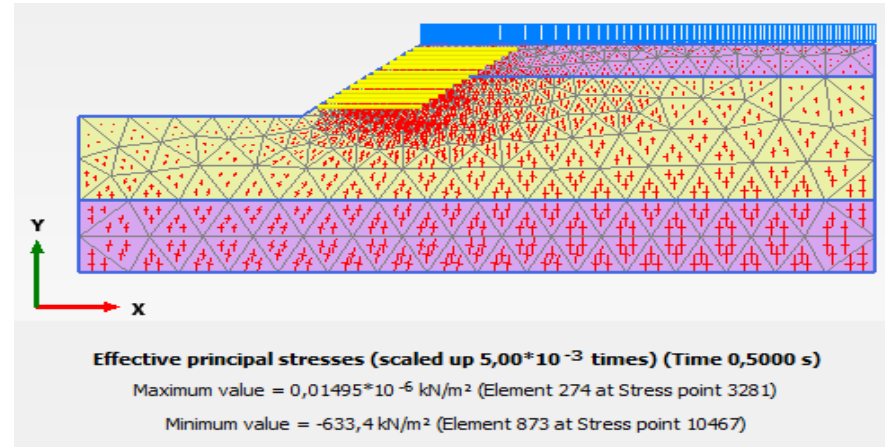
Şekil 4.18. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.19. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.20. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



Şekil 4.21. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

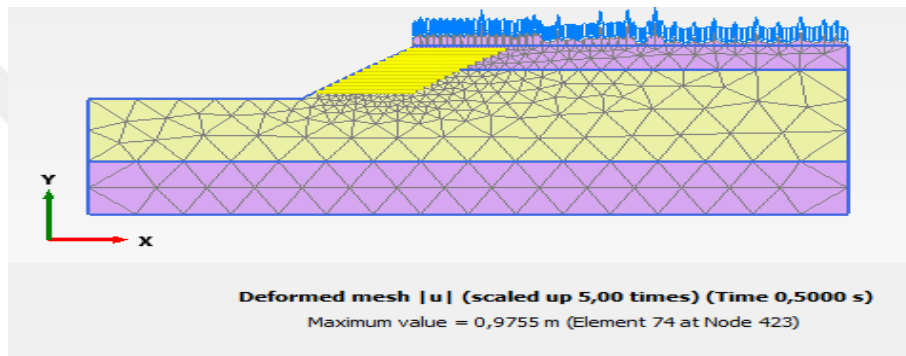
E= 320 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

E= 320 kN/m elastik rijitliğe sahip (Tablo 4.6) geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.9' da üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.22-4.25' de oluşturulan geotekstil destekli

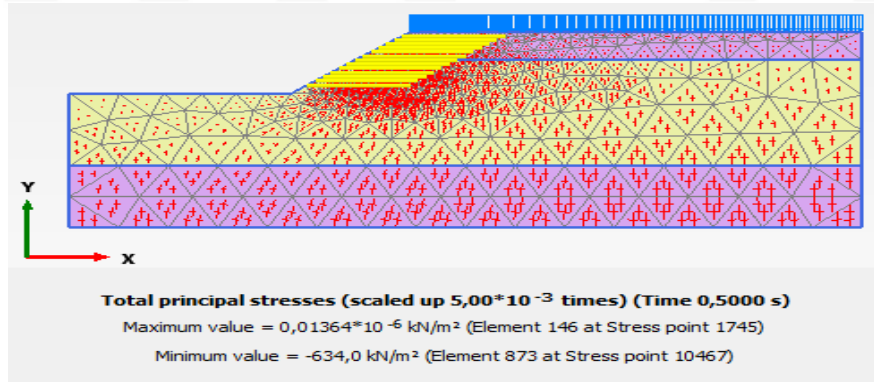
modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

Tablo 4.6. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

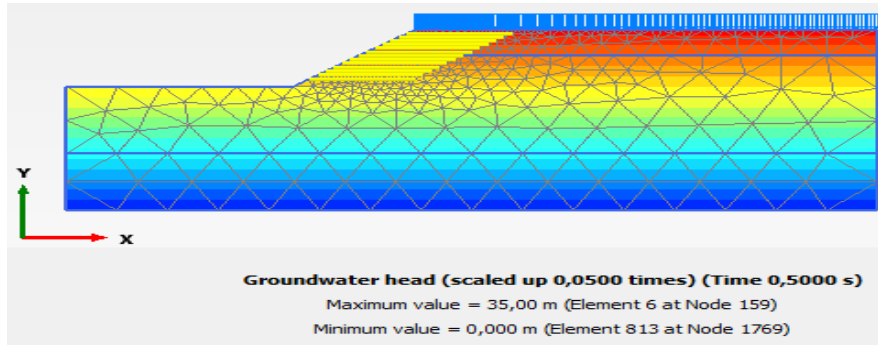
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	320 kN/m
Uygulama Alanı	İnşaat ve yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 ISO1 4001



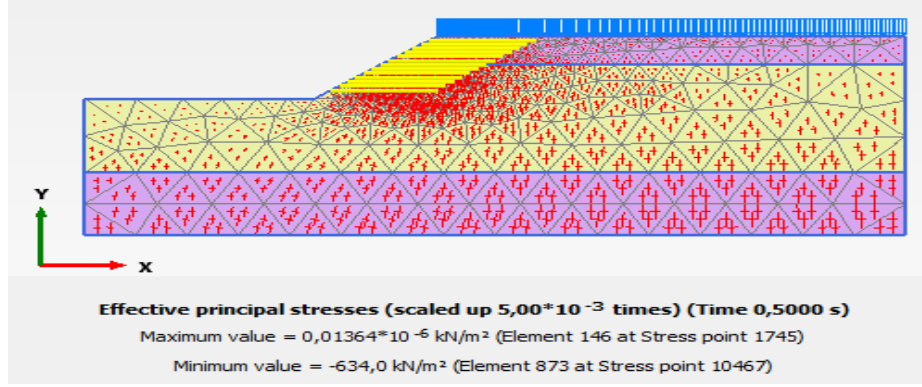
Şekil 4.22. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.23. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.24. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



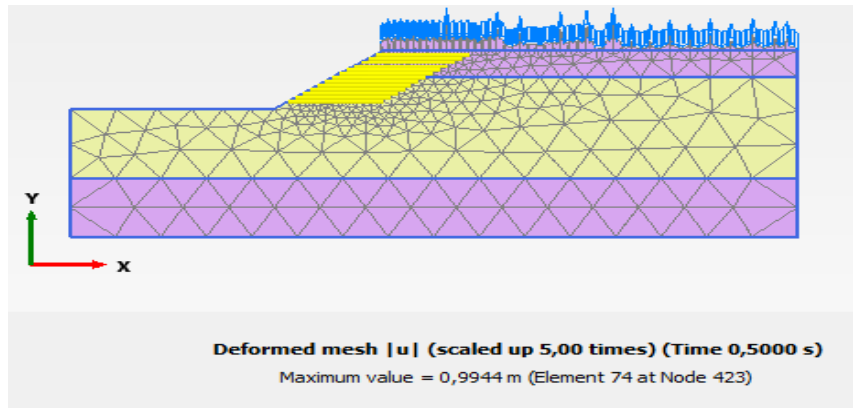
Şekil 4.25. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 130 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

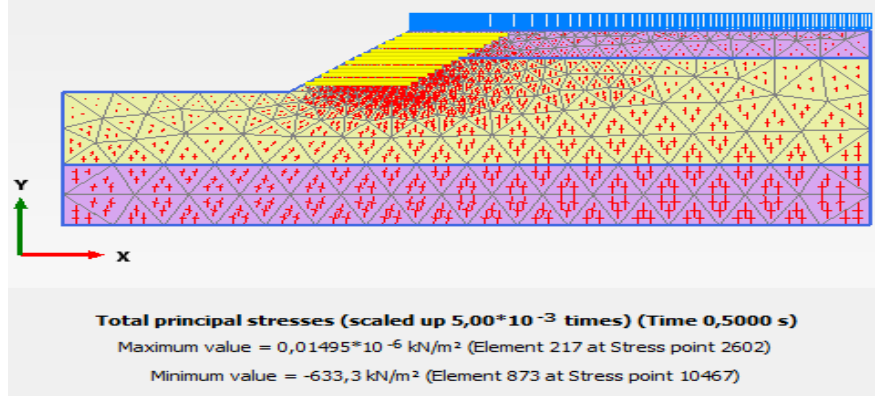
E= 130 kN/m elastik rijitliğe sahip (Tablo 4.7) geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.9’ da üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.26-4.29’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

Tablo 4.7. Kullanılan geotekstil donatının teknik özellikleri

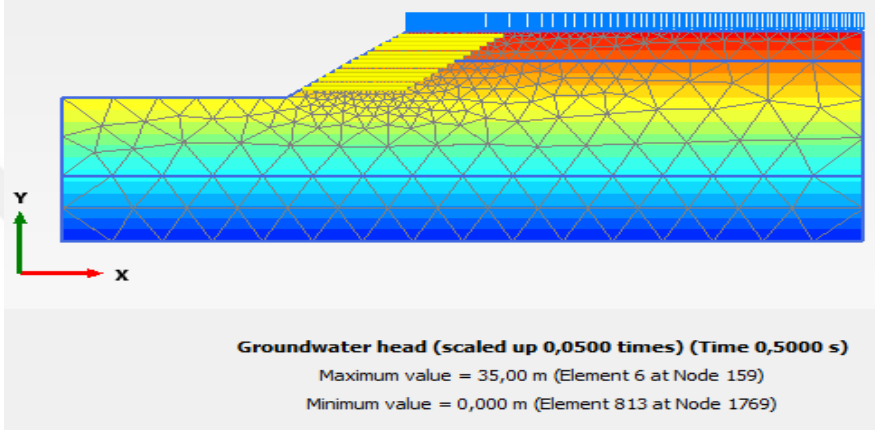
Geotekstil Türü	PP İki Eksenli Geotekstil
Elastik Rijitliği (EA)	130 kN/m
Uygulama Alanı	İnşaat ve yol yapımı
Özelliği	Yüksek çekme dayanımı
Malzeme	100% PP (Propilen)
Menşe Yeri	Shandong, Çin
Belgesi	ISO9001 IS01 4001



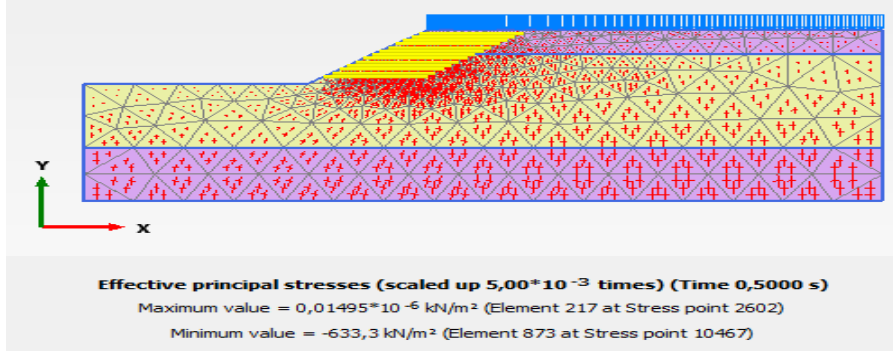
Şekil 4.26. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.27. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.28. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

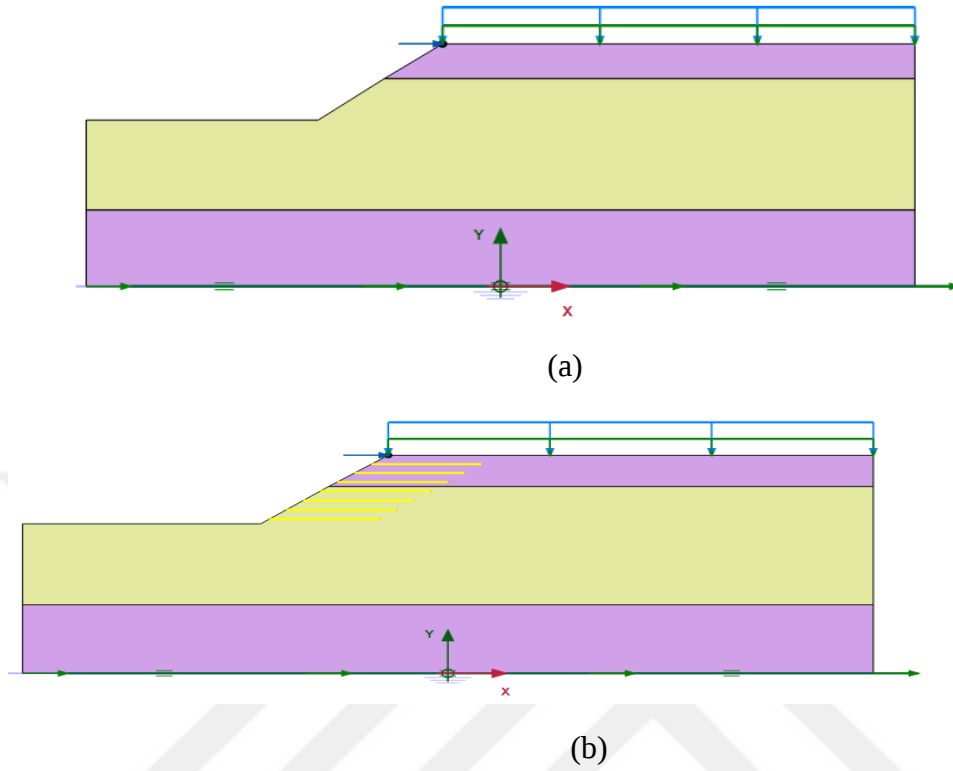


Şekil 4.29. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

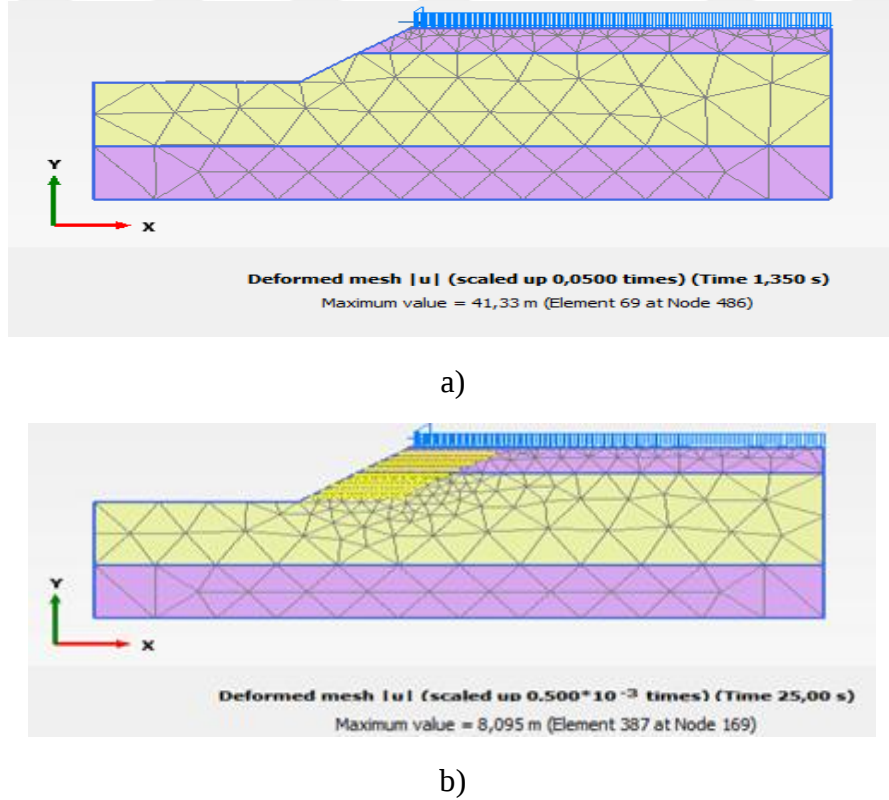
14.06.2020 Tarihli Gerçekleşen Bingöl-Karlıova Depremi ($M_w=5,8$)

14.06.2020 tarihli gerçekleşen Bingöl-Karlıova depremi ($M_w=5,8$) etkinde, $E=130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.30' da geotekstil destekli ve desteksiz modellerin analizleri verilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 1,35 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 8,095 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.31). Şekil 4.32-4.35' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli

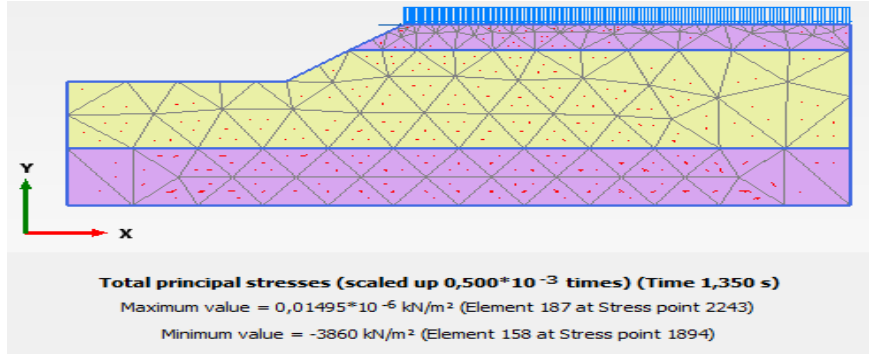
modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



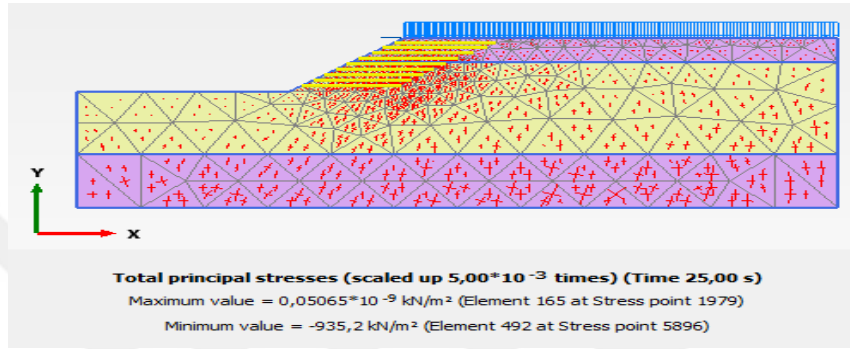
Şekil 4.30. Deprem yükü etkisi altında zemin davranışı (a) Geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz



Şekil 4.31. Deprem yükü altında oluşan deformasyon a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli

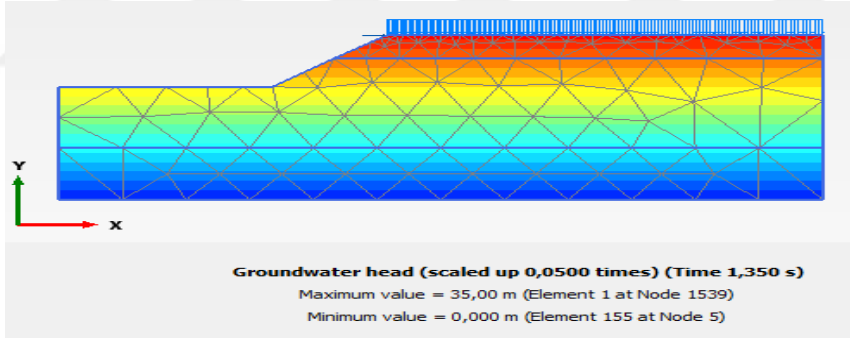


a)

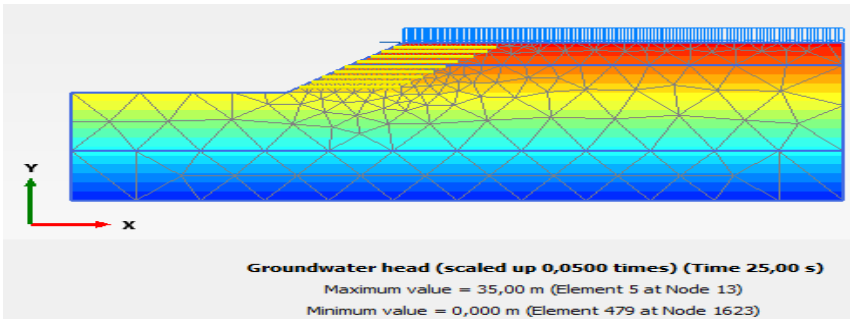


b)

Şekil 4.32. Deprem yükü altında oluşan toplam gerilme a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli

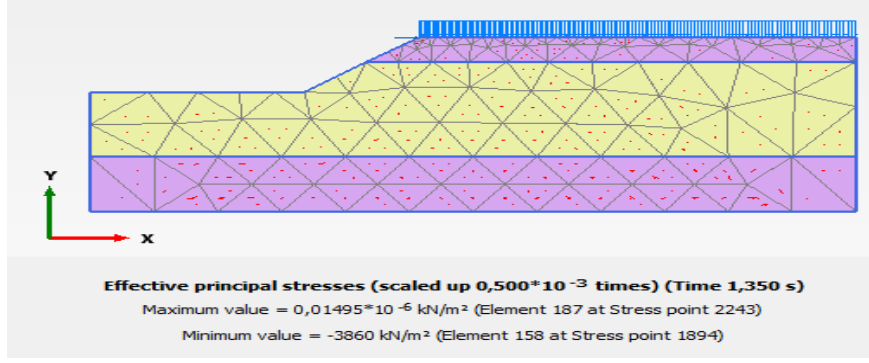


a)

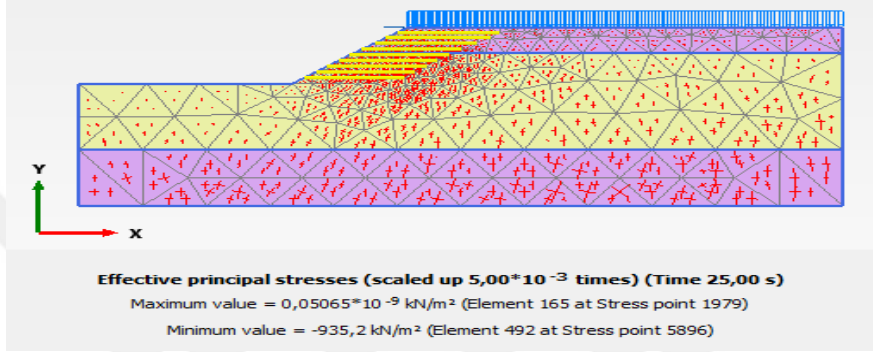


b)

Şekil 4.33. Deprem yükü altında oluşan boşluk suyu basıncı a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli



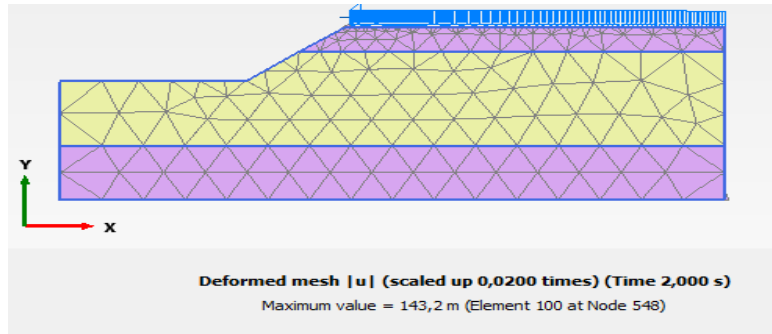
a)



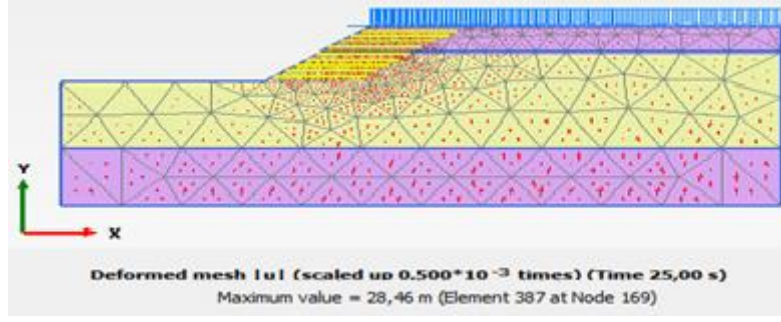
b)

Şekil 4.34. Deprem yükü altında oluşan efektif gerilme a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli
17.08.1999 Tarihli Gerçekleşen Kocaeli Depremi ($M_w=7,4$)

17.08.1999 tarihli gerçekleşen Kocaeli depremi ($M_w=7,4$) etkisinde, $E=130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 28,46 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.35). Şekil 4.36-4.39' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

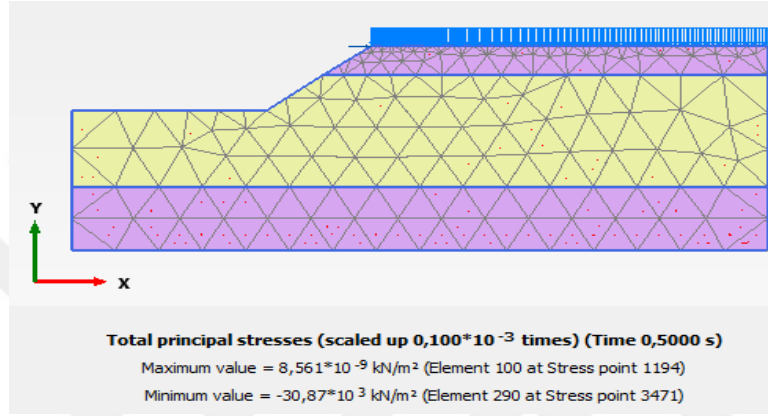


a)

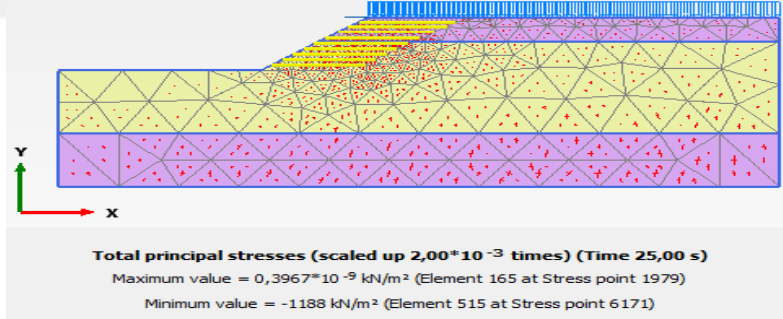


b)

Şekil 4.36 Deprem yükü altında oluşan deformasyon a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli

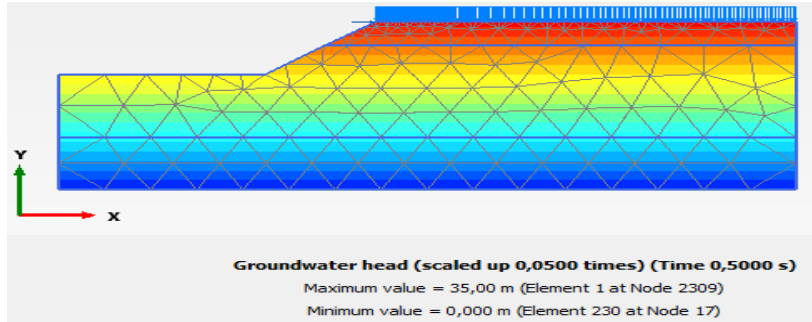


a)

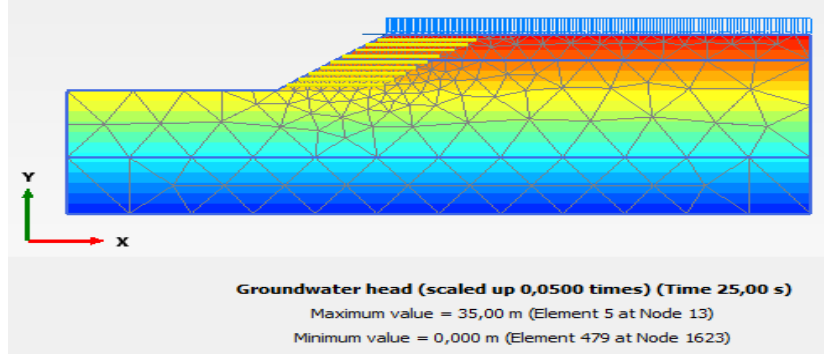


b)

Şekil 4.37. Deprem yükü altında oluşan toplam gerilme a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli

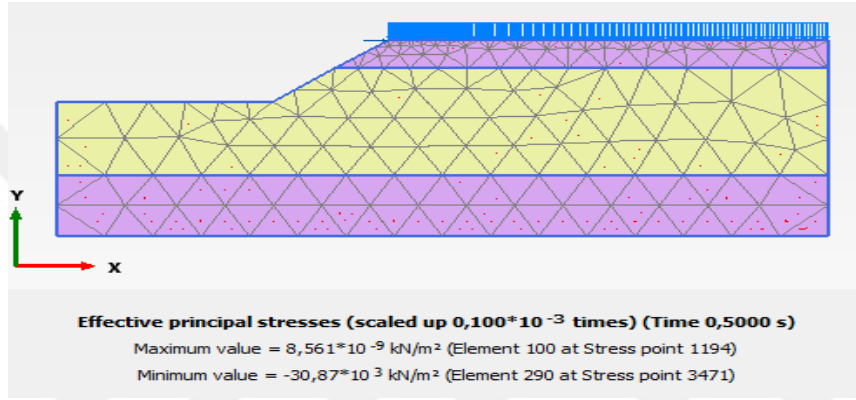


a)

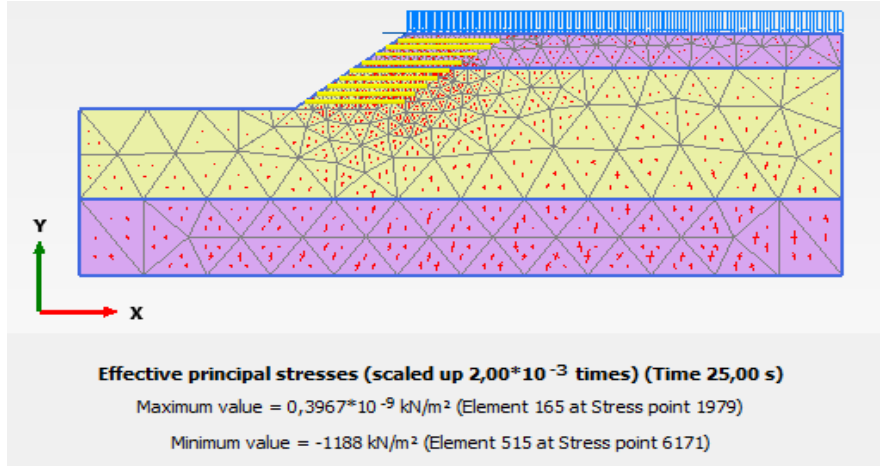


b)

Şekil 4.38. Deprem yükü altında oluşan boşluk suyu basıncı a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli



a)

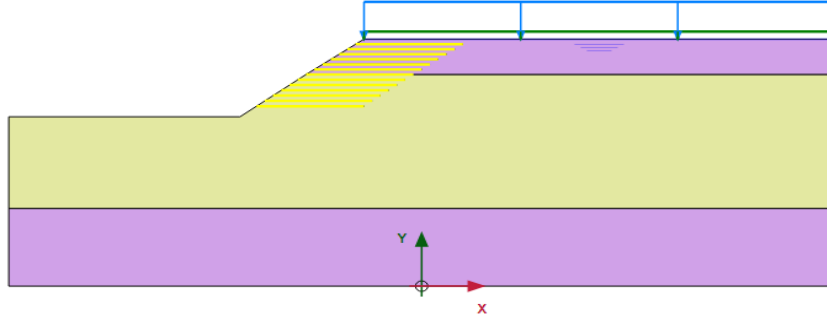


b)

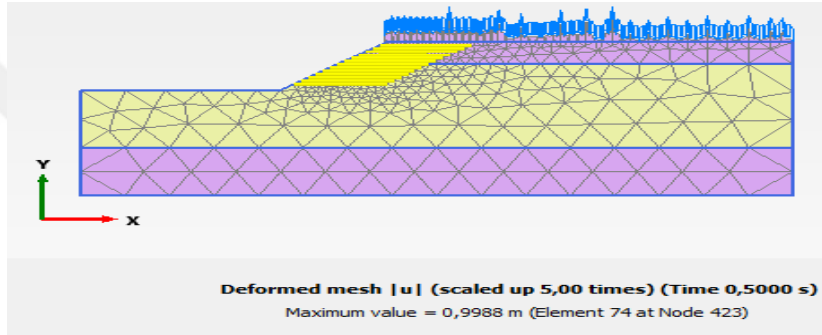
Şekil 4.39. Deprem yükü altında oluşan efektif gerilme a) Geotekstil desteksiz b) Geotekstil destekli
Zemin Yüzeyinde Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.40). Oluşturulan modellerde

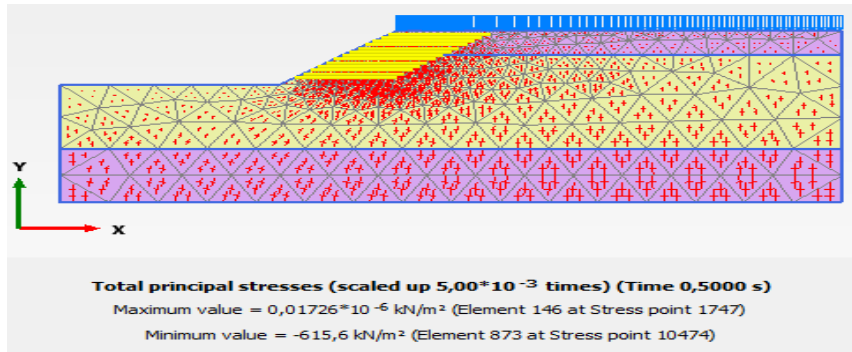
deformasyonun 0,9988 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.41). Şekil 4.41-4.44' de oluşturulan harmonik yük etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



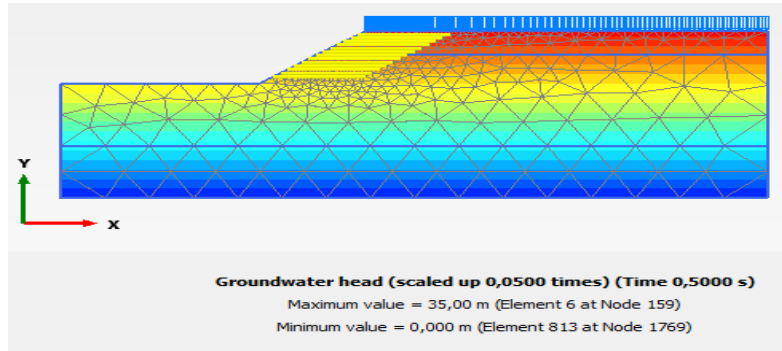
Şekil 4.40. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyine tanımlanması



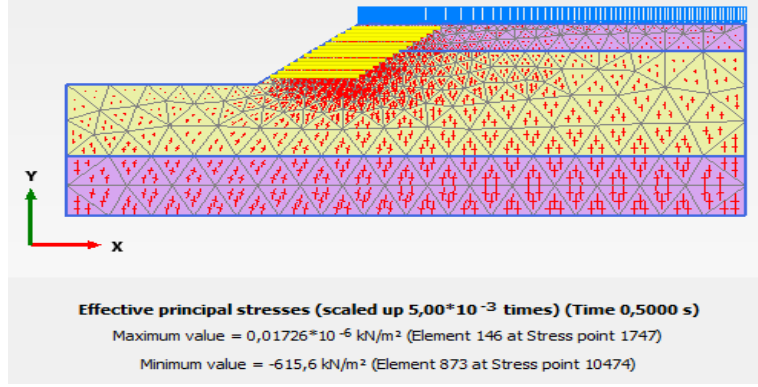
Şekil 4.41. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.42. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

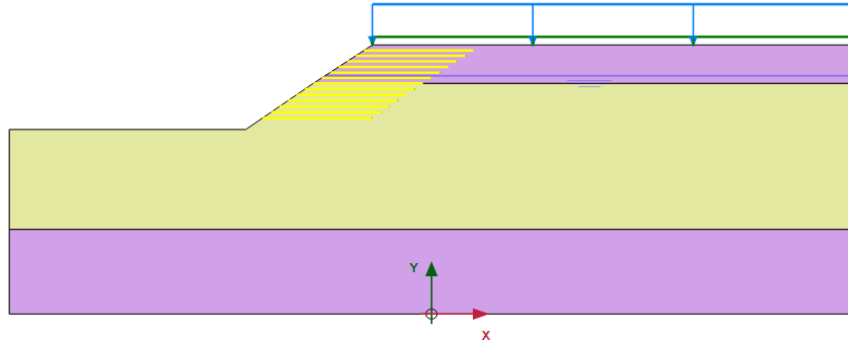


Şekil 4.43. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

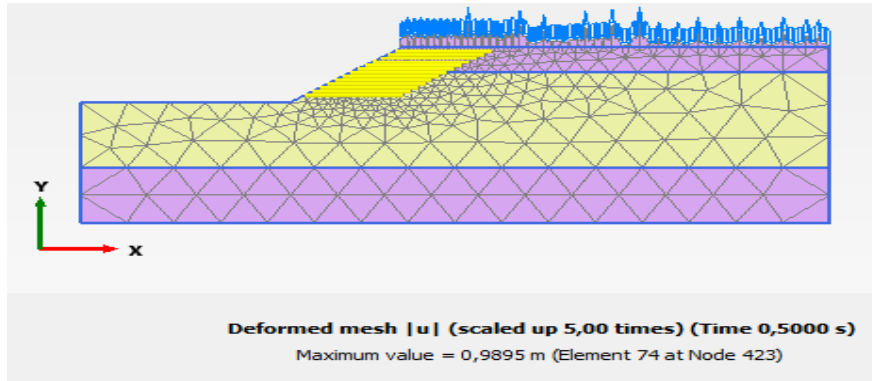


Şekil 4.44. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Yüzeyinden 1 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

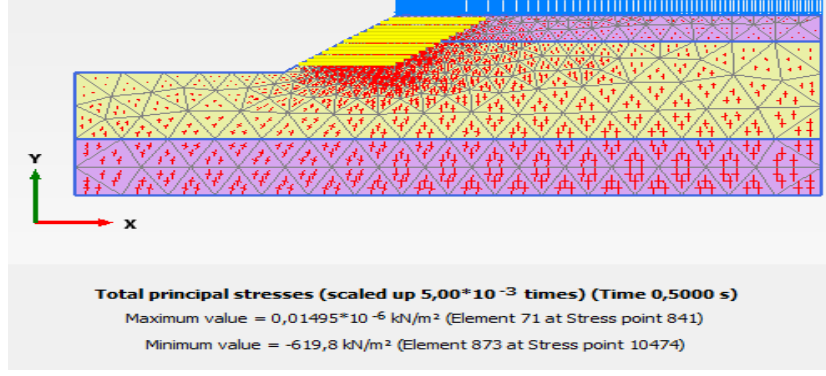
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.45). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,9895 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.46). Şekil 4.46-4.49’ de oluşturulan harmonik yük etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



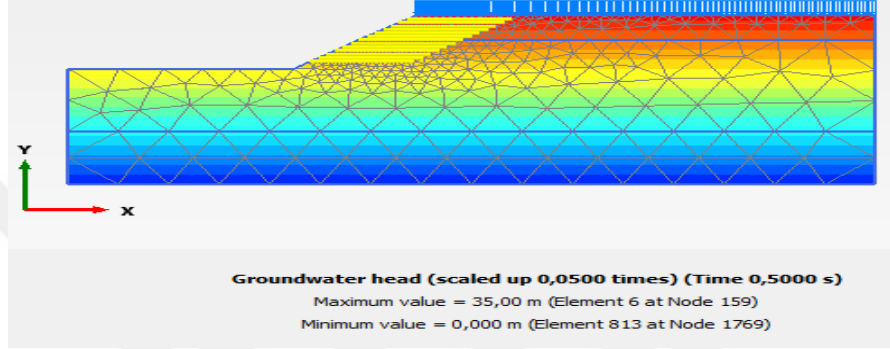
Şekil 4.45. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 m aşağıda olması



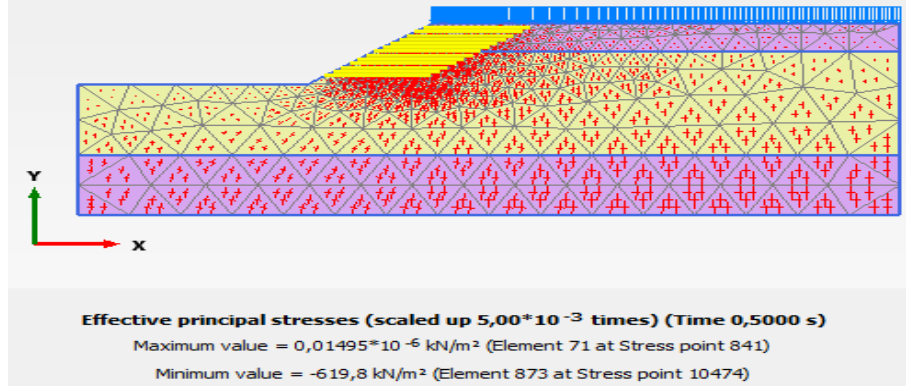
Şekil 4.46. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.47. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



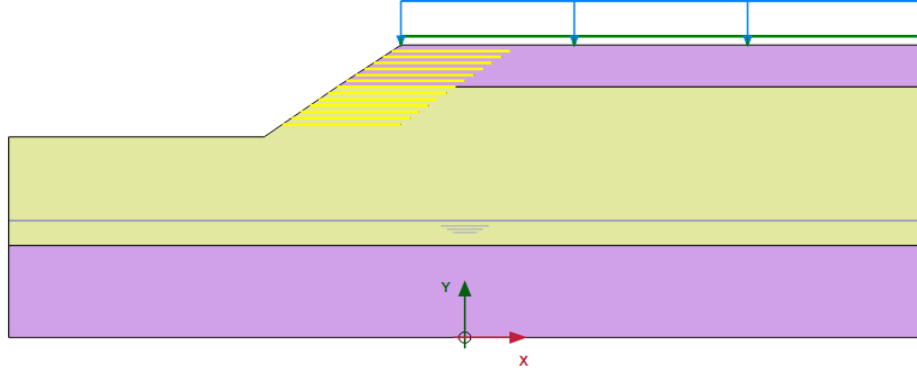
Şekil 4.48. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



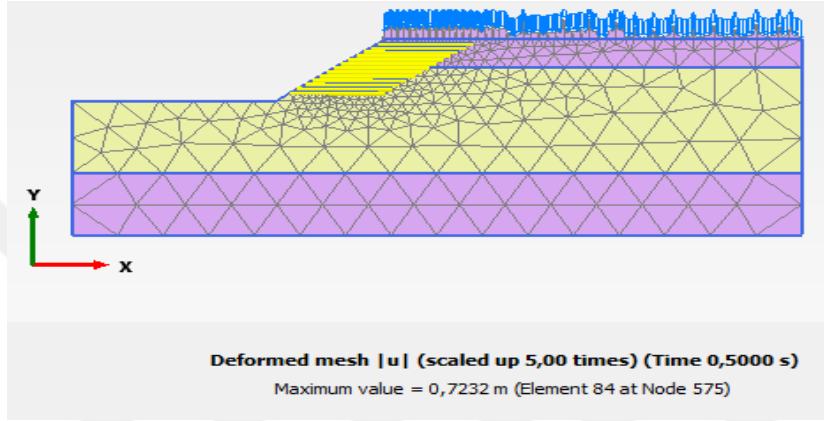
Şekil 4.49. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

Zemin Yüzeyinden 22 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

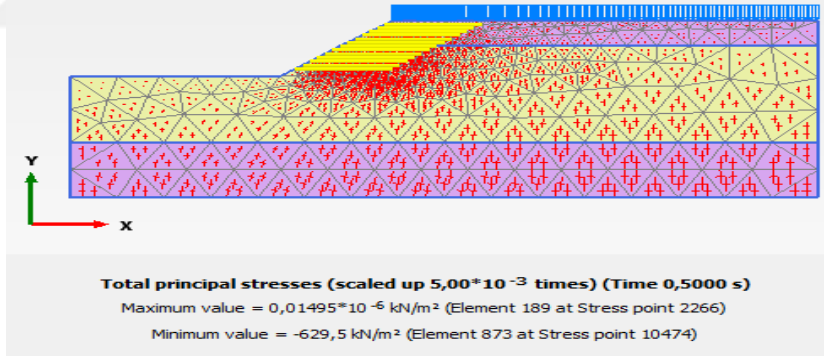
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 22 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.50). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7232 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.51). Şekil 4.51-4.54' de oluşturulan harmonik yük etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



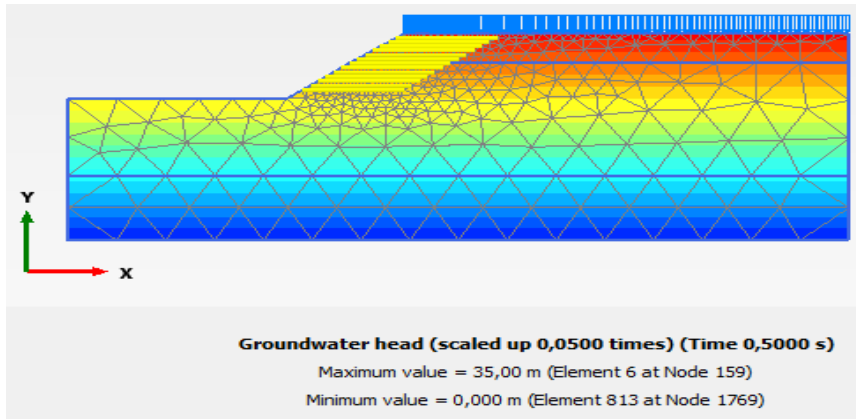
Şekil 4.50. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 22 m aşağıda olması



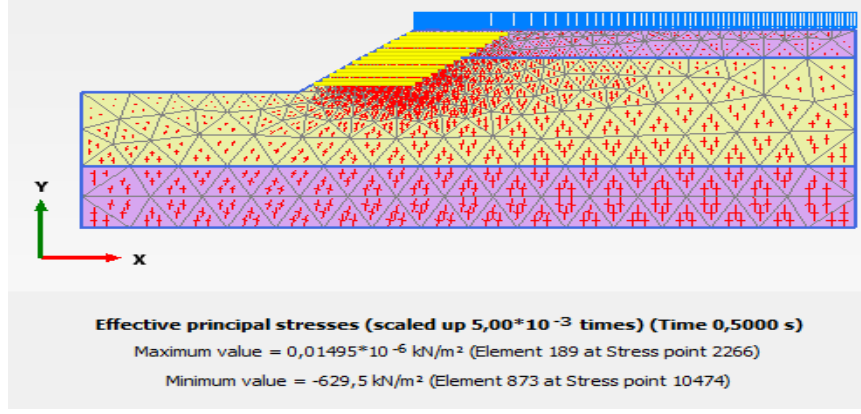
Şekil 4.51. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.52. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

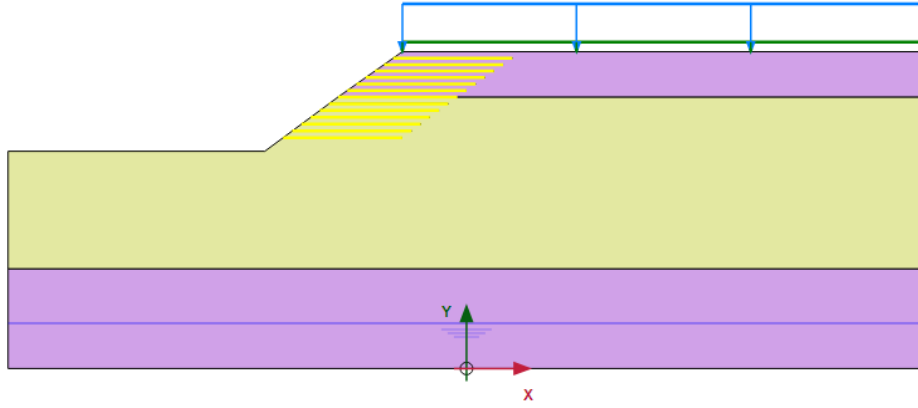


Şekil 4.53. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

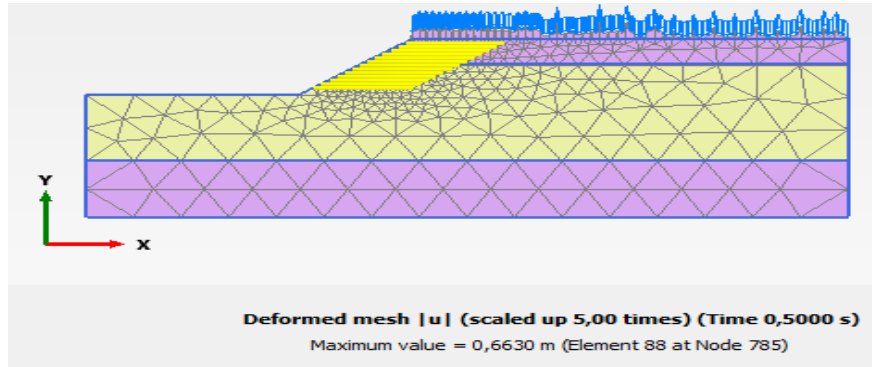


Şekil 4.54. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Yüzeyinden 30 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

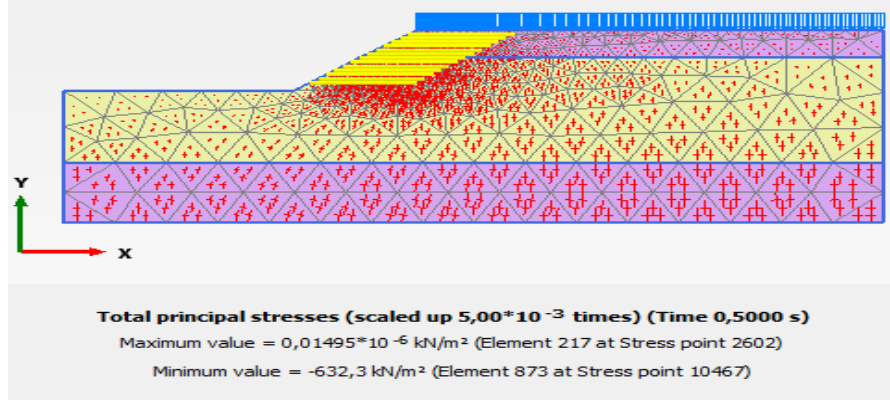
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 30 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.55). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,6630 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.56). Şekil 4.56-4.59’ de oluşturulan harmonik yük etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



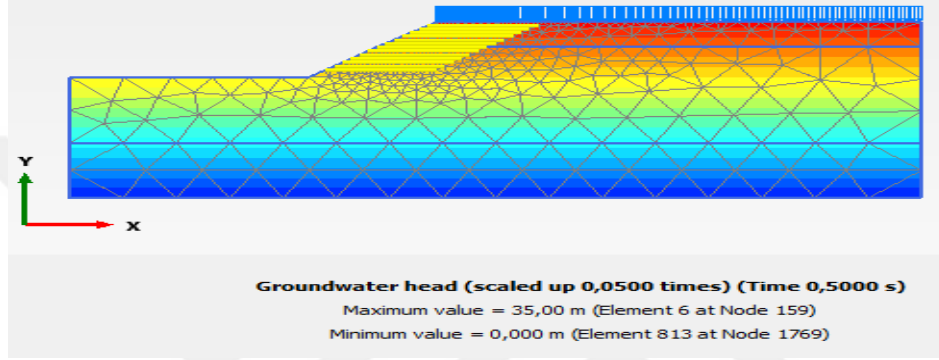
Şekil 4.55. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyinden 30 m aşağıda olması



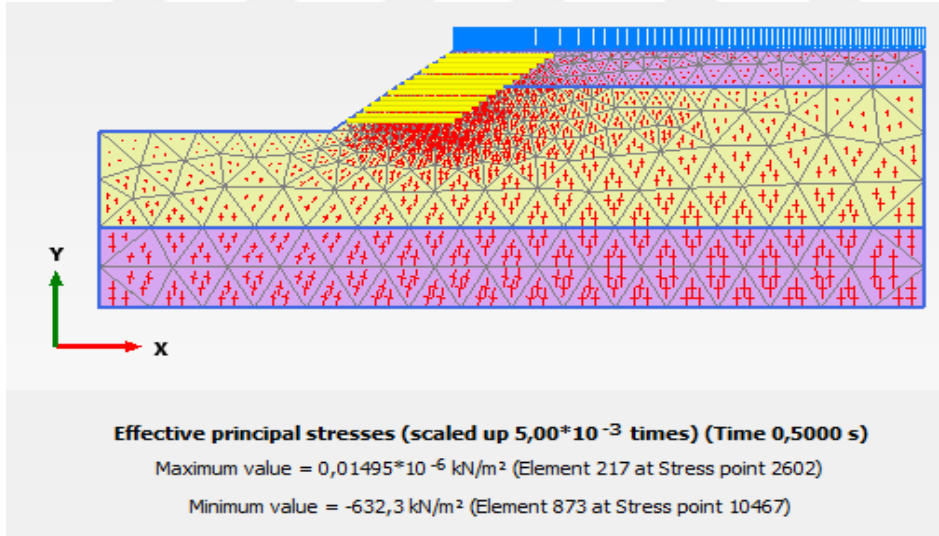
Şekil 4.56. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.57. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.58. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



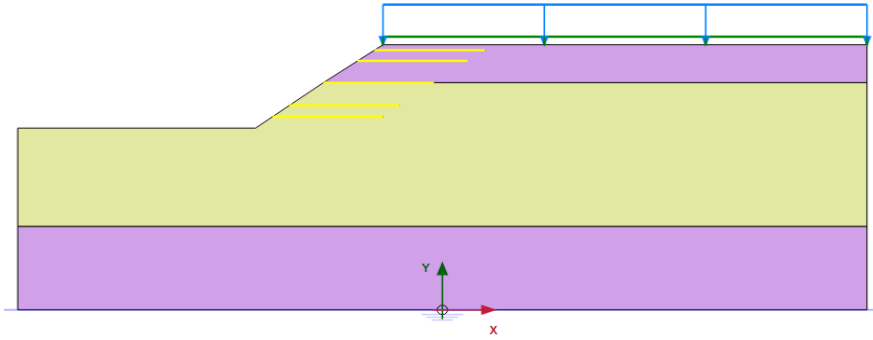
Şekil 4.59. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Geotekstil Malzemenin Eşit Uzunluk-Farklı Aralıklarla Yerleştirilmesi

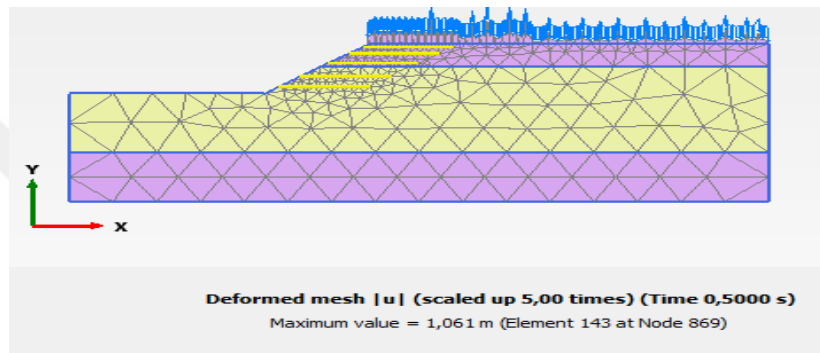
E= 130 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

E= 130 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve farklı aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.60' da üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.61-4.64' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin

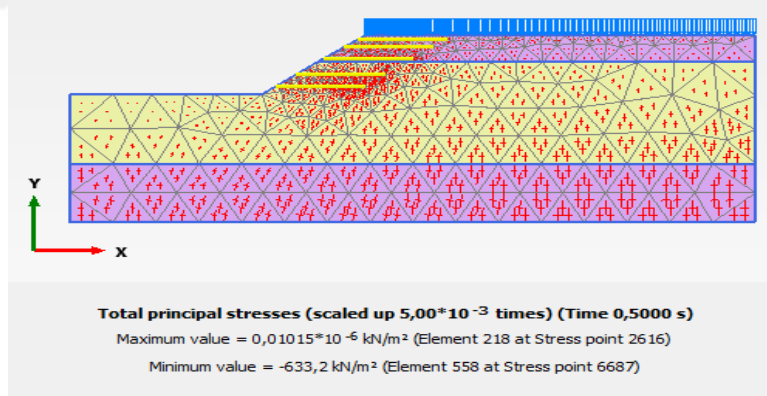
deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



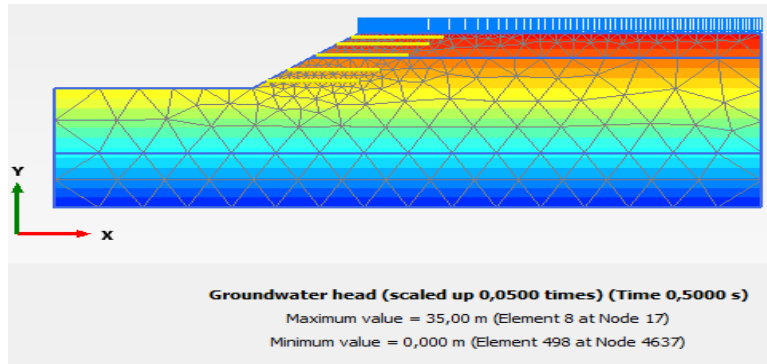
Şekil 4.60. Eşit uzunluklar-farklı aralıklarda geotekstil yerleştirilmesi



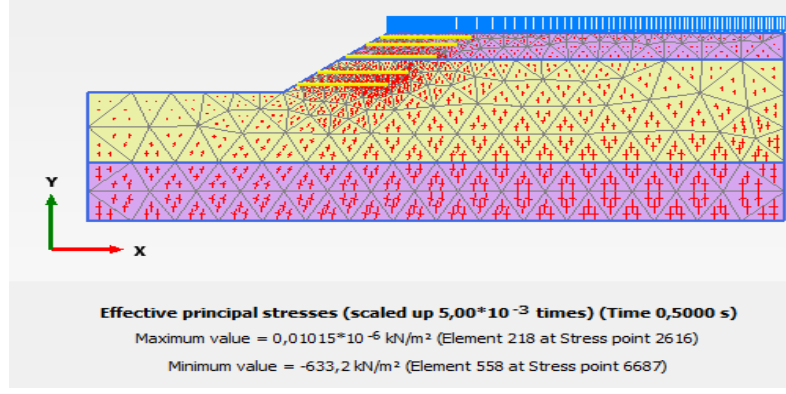
Şekil 4.61. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.62. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

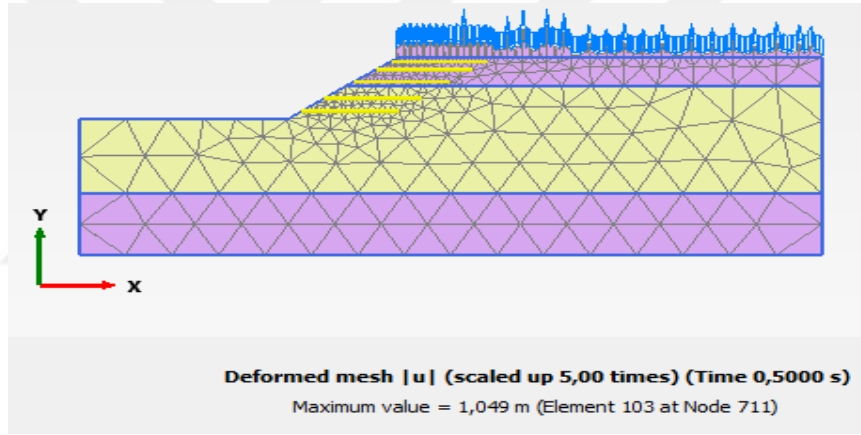


Şekil 4.63. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

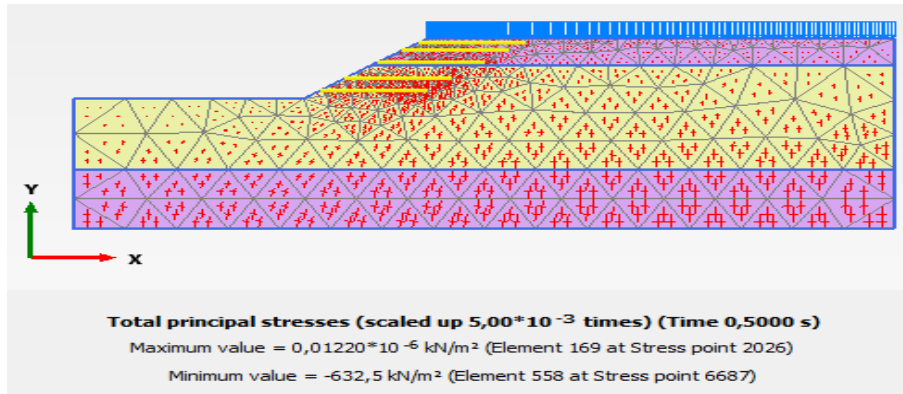


Şekil 4.64. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
E= 320 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

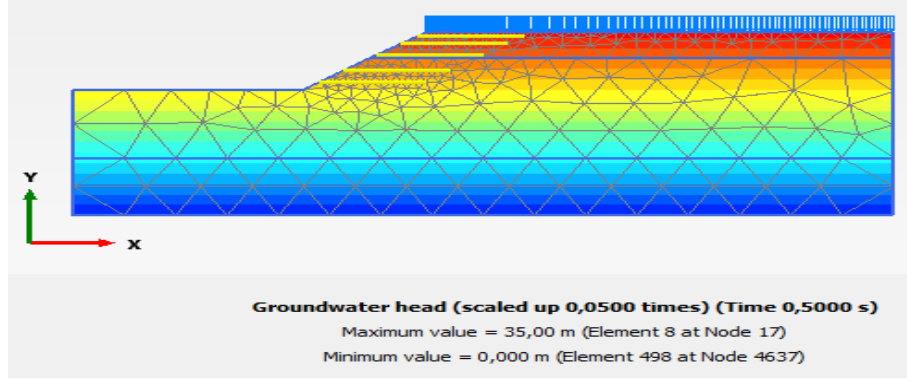
E= 320 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve farklı aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.65-4.68’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



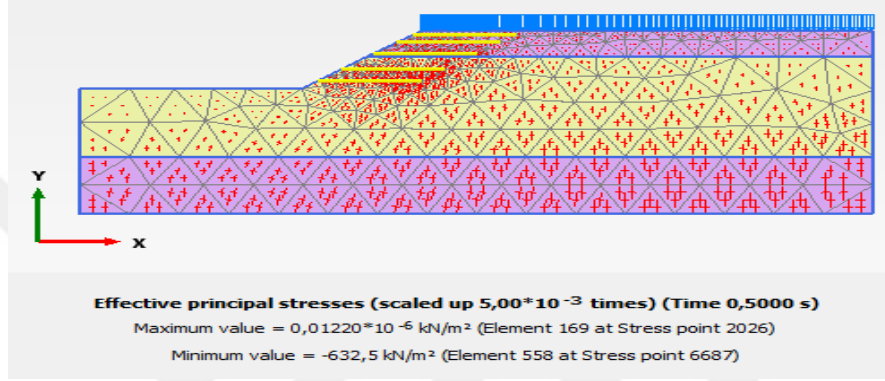
Şekil 4.65. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.66. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



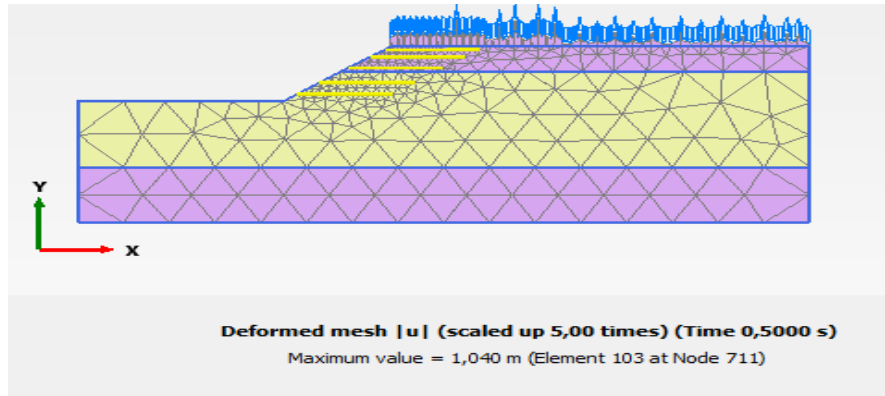
Şekil 4.67. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



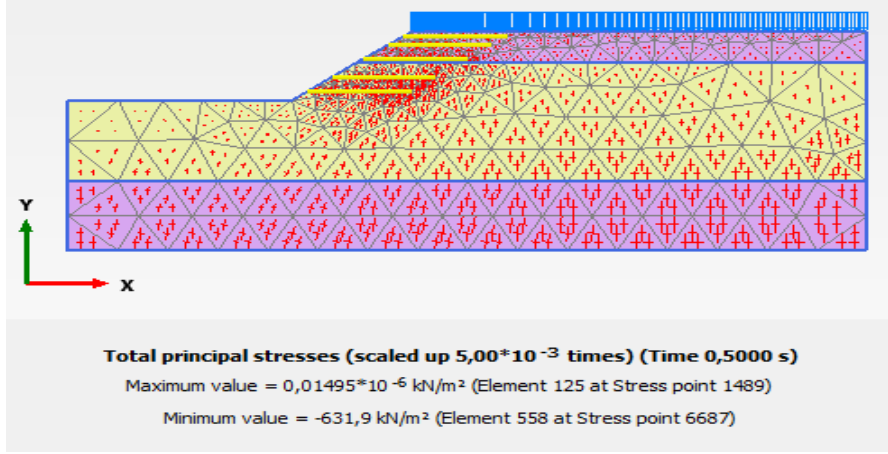
Şekil 4.68 . Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

E= 640 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

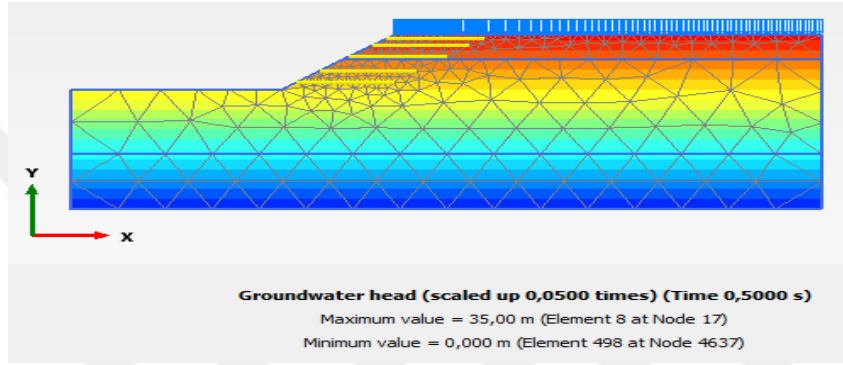
E= 640 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve farklı aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.69-4.72' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



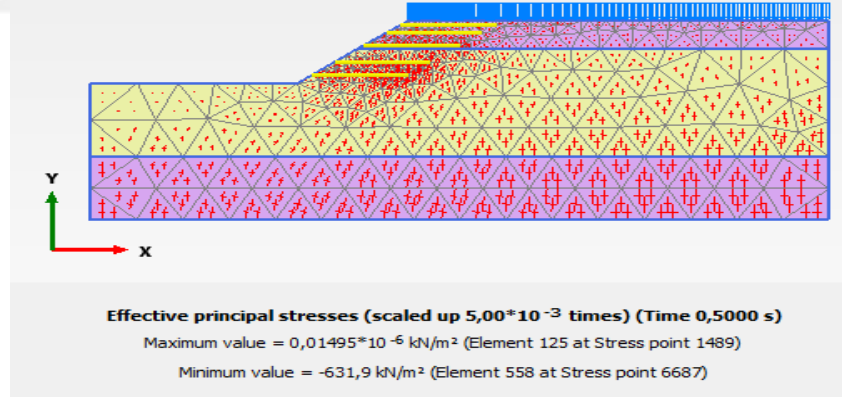
Şekil 4.69. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.70. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



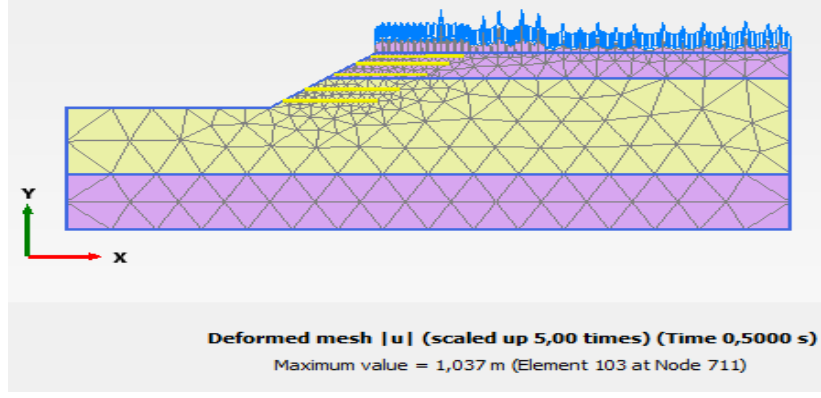
Şekil 4.71. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



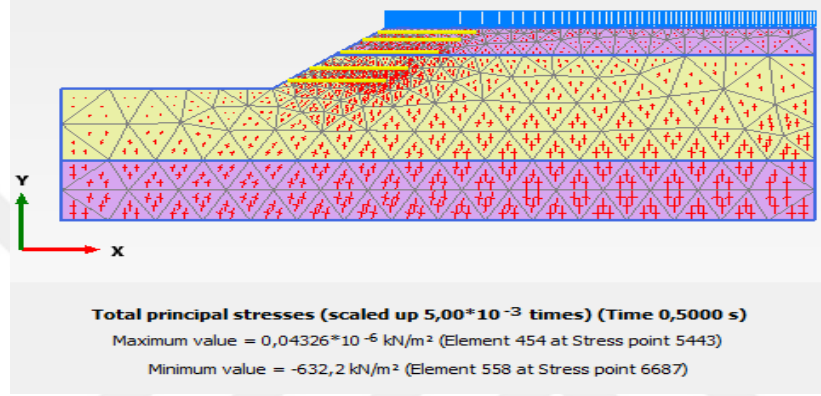
Şekil 4.72. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

E= 800 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

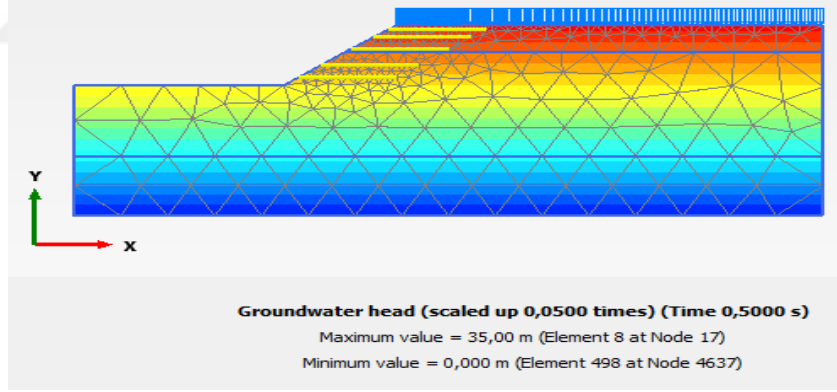
E= 800 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve farklı aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.73-4.76' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



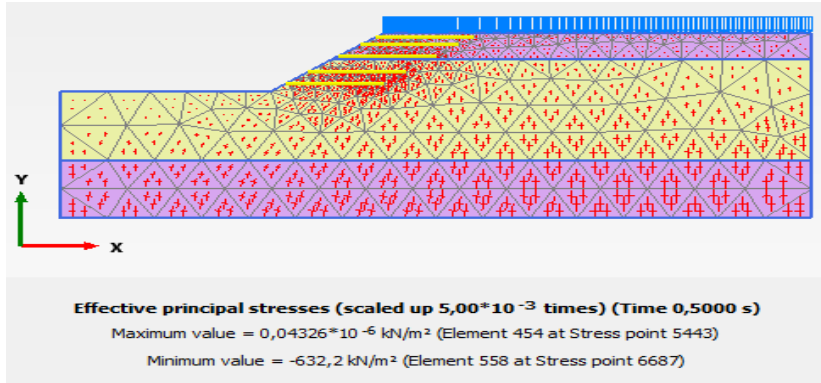
Şekil 4.73. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.74. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



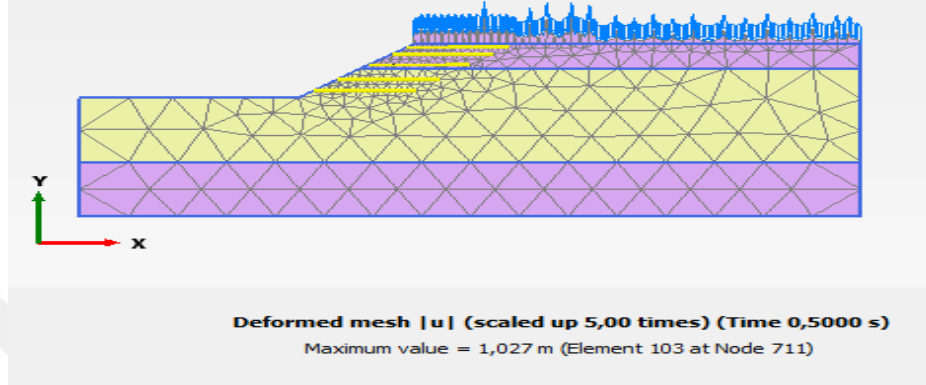
Şekil 4.75. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



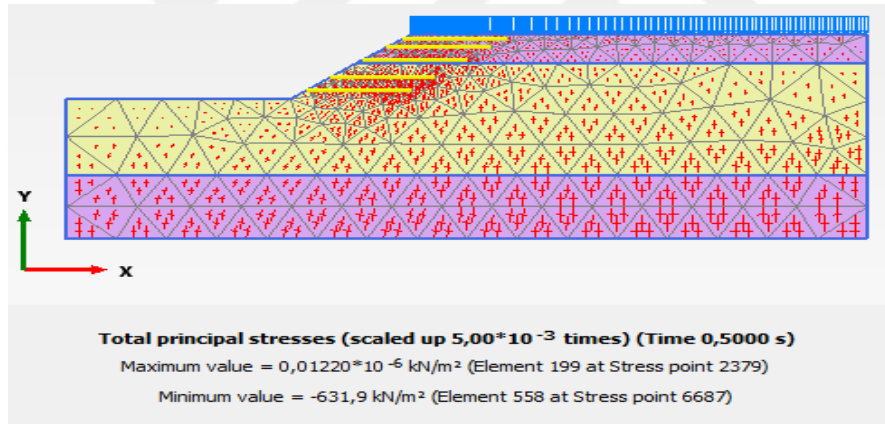
Şekil 4.76. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

E= 1000 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

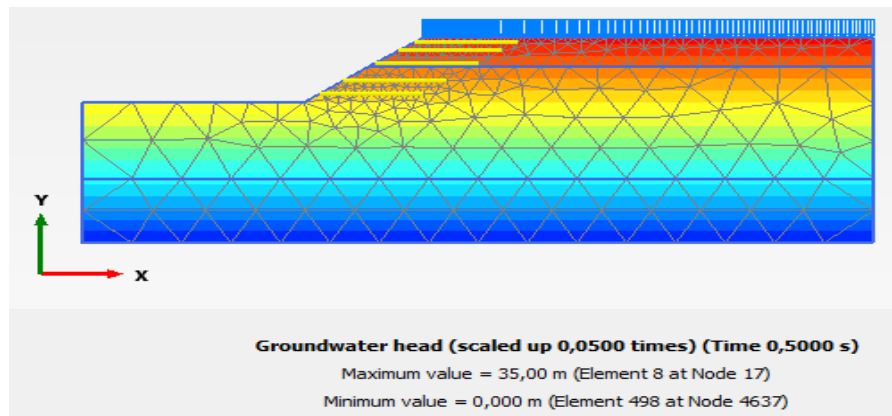
E= 1000 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve farklı aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.77-4.80' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



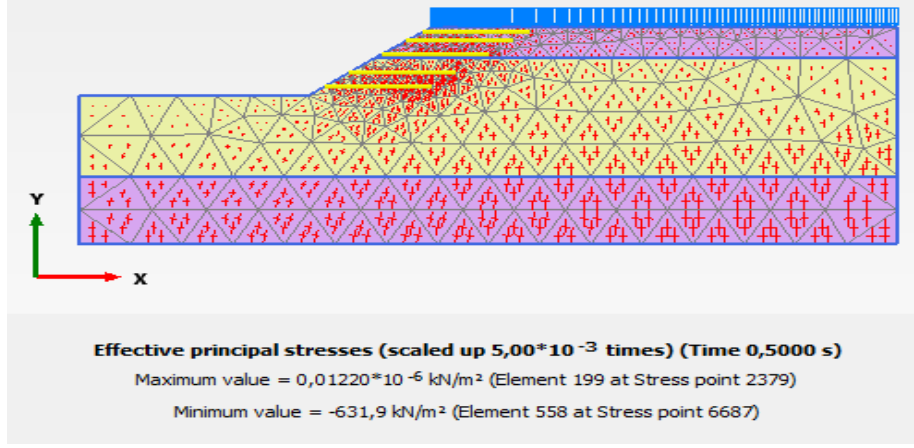
Şekil 4.77. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.78. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

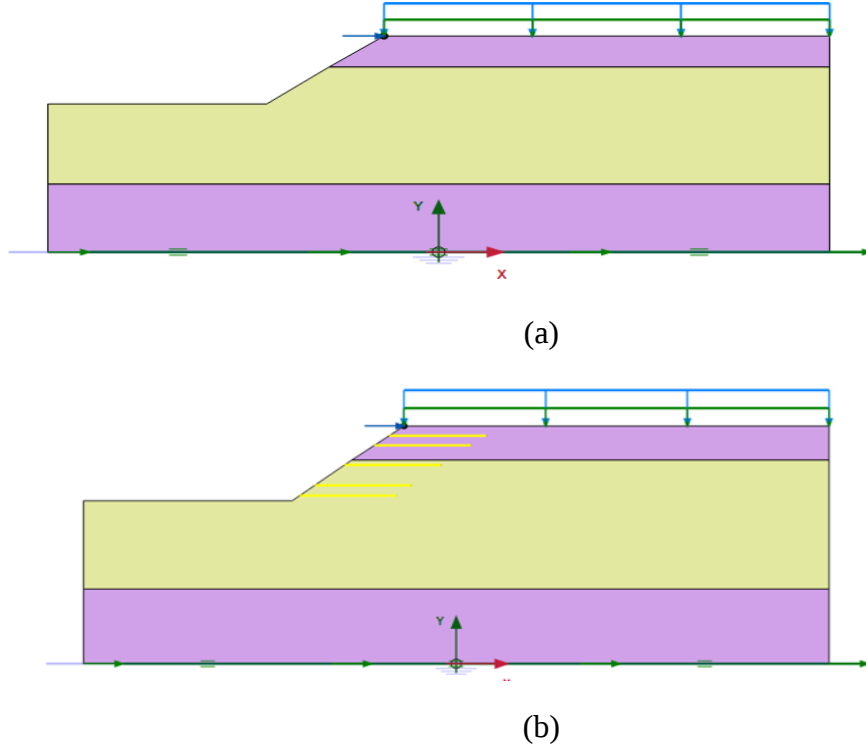


Şekil 4.79. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

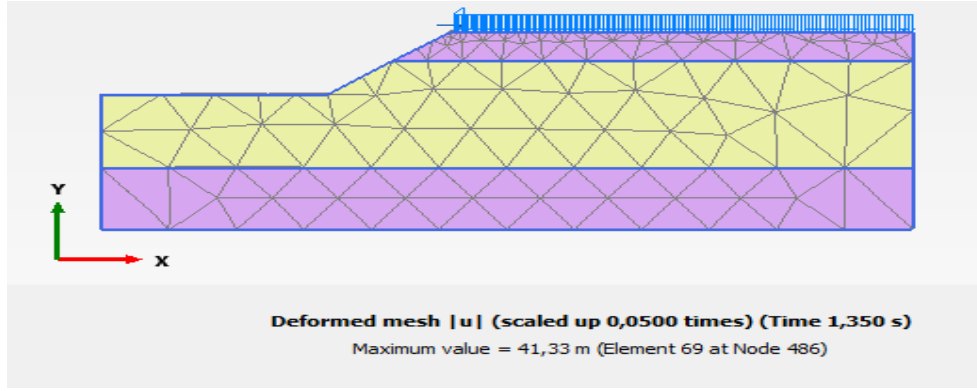


Şekil 4.80. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
14.06.2020 Tarihli Gerçekleşen Bingöl-Karlıova Depremi ($M_w = 5,8$)

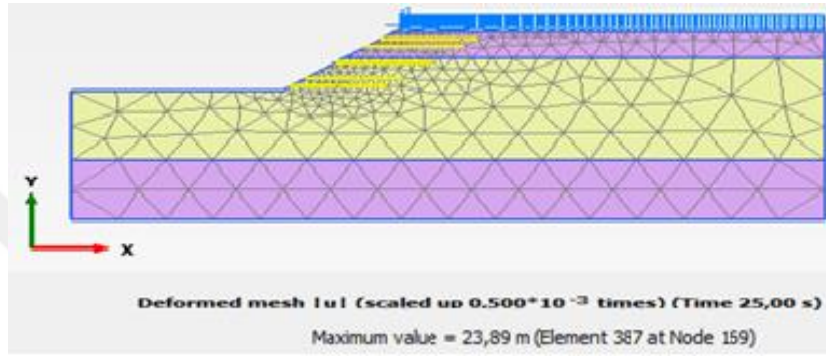
14.06.2020 tarihli gerçekleşen Bingöl-Karlıova depremi ($M_w = 5,8$) etkinde, $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekil 4.81’ de geotekstil destekli ve desteksiz modellerin analizleri verilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s’ yi tamamlayamamış 1,35 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 23,89 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.82). Şekil 4.83-4.85’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



Şekil 4.81. Deprem yükü altında zemin davranışının (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

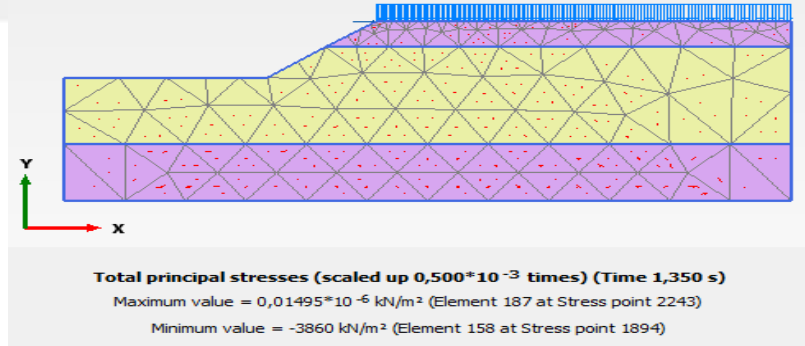


a)

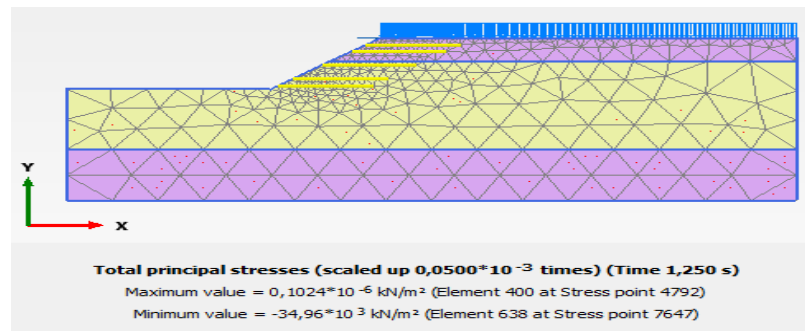


b)

Şekil 4.82. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

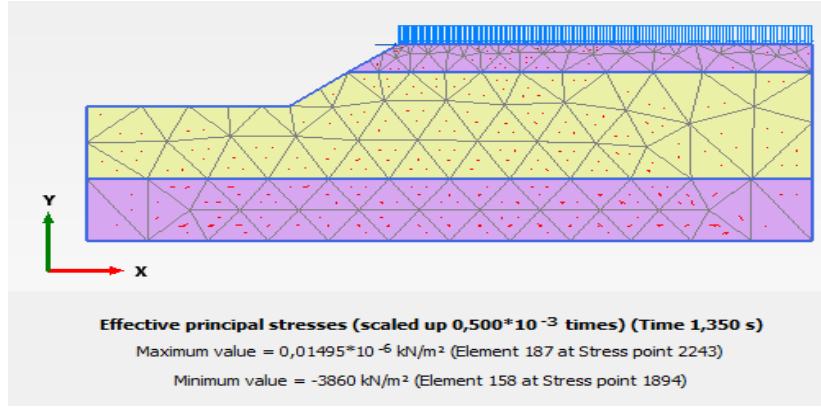


a)

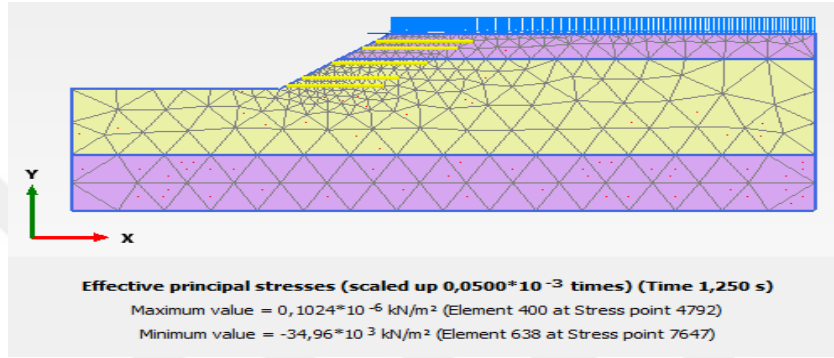


b)

Şekil 4.83. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

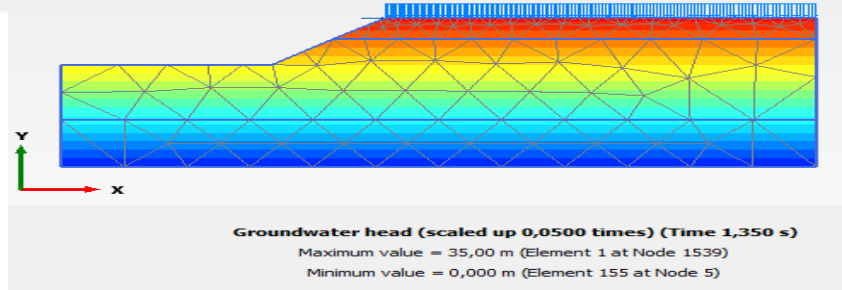


a)

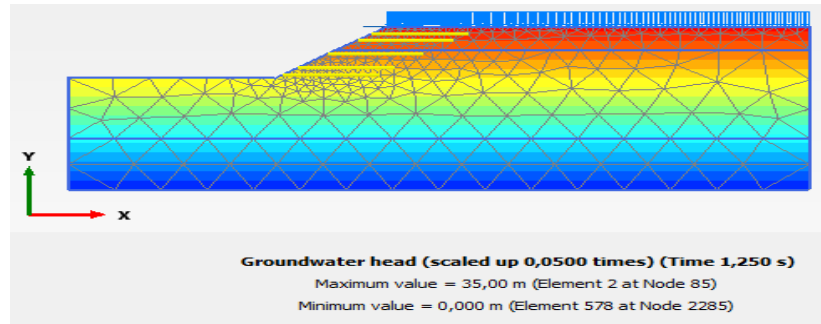


b)

Şekil 4.84. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz



a)

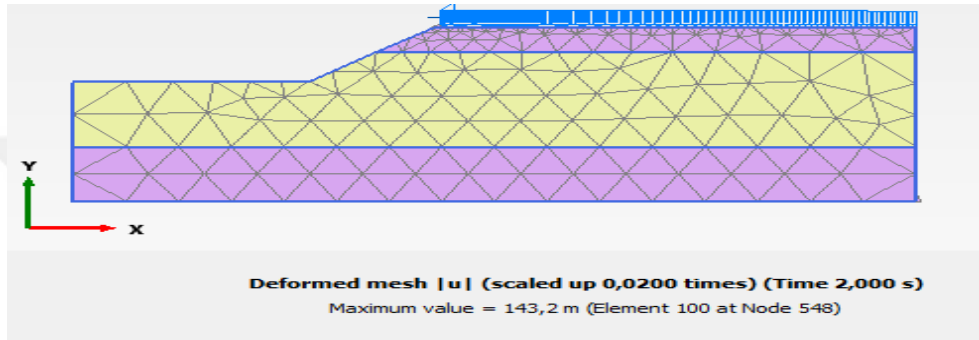


b)

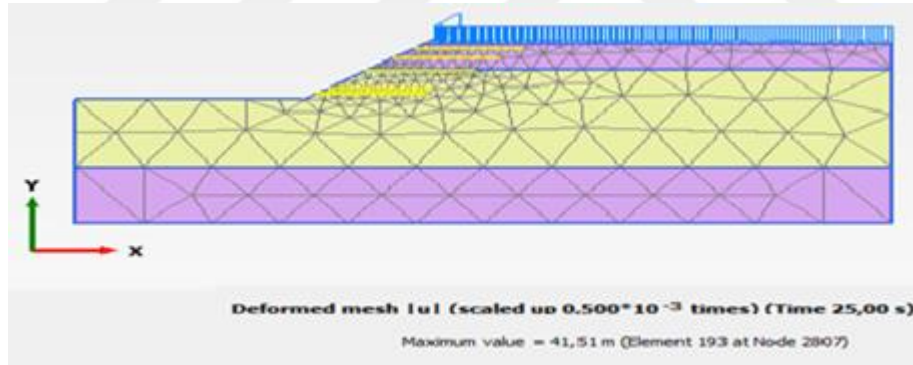
Şekil 4.85. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

17.08.1999 Tarihli Gerçekleşen Kocaeli Depremi ($M_w = 7,4$)

17.08.1999 tarihli gerçekleşen Kocaeli depremi ($M_w = 7,4$) etkisinde, $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 41,51 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.86). Şekil 4.87-4.89' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

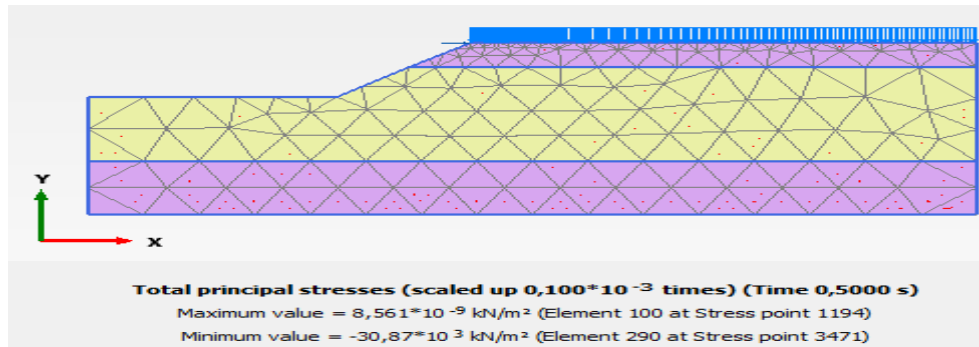


a)

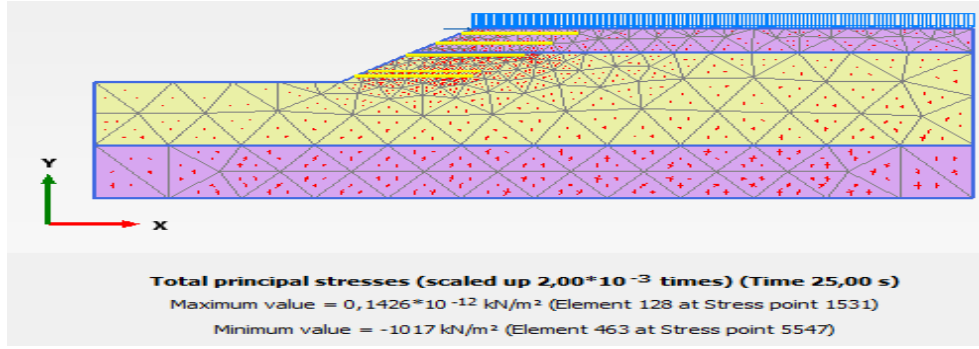


b)

Şekil 4.86. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

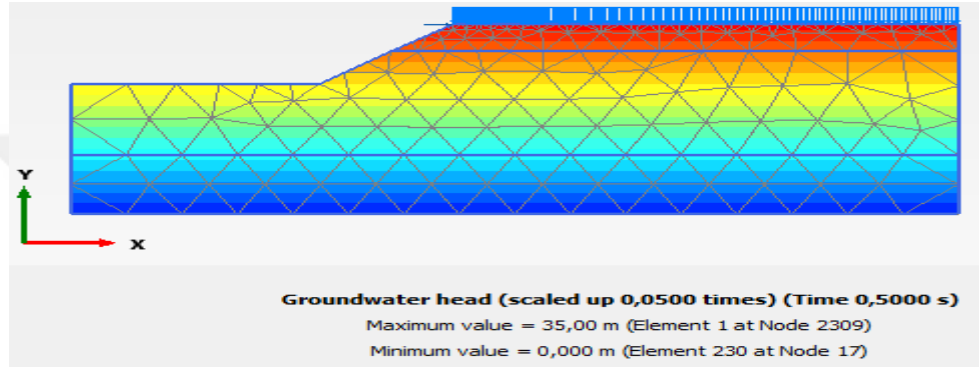


a)

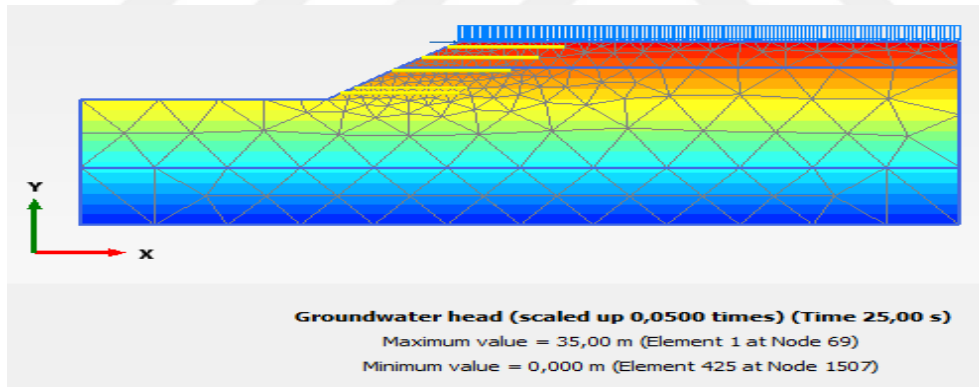


b)

Şekil 4.87. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

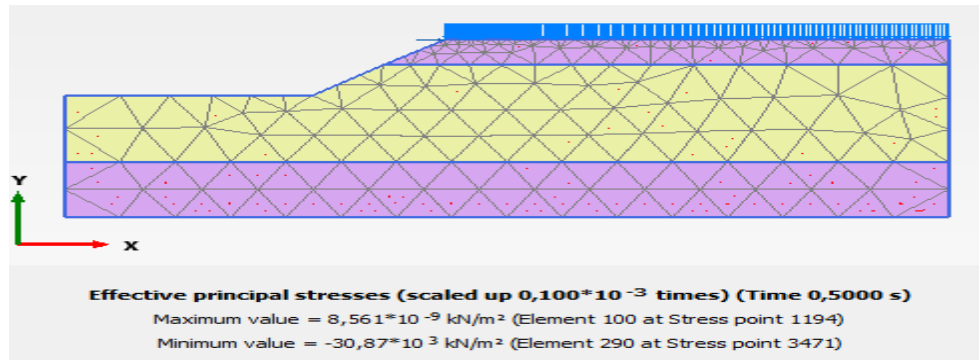


a)

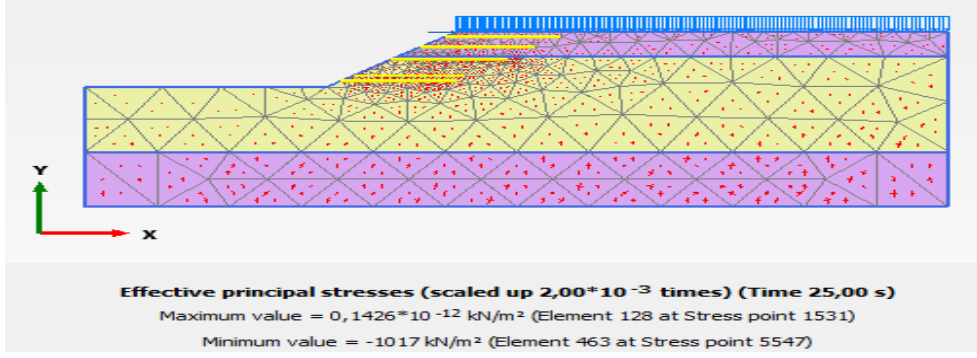


b)

Şekil 4.88. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz



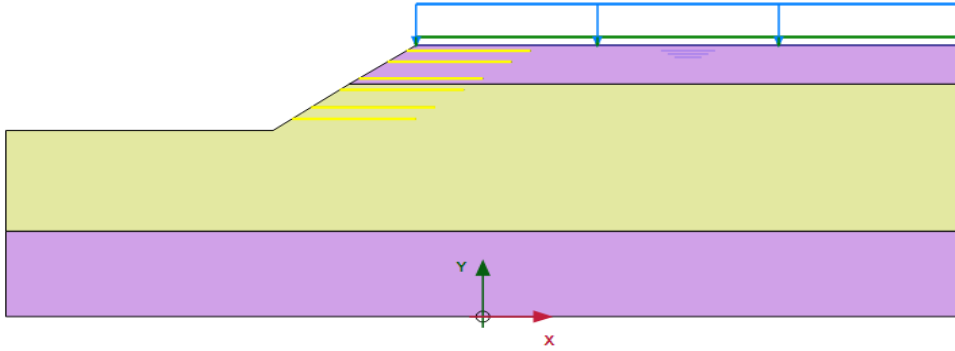
a)



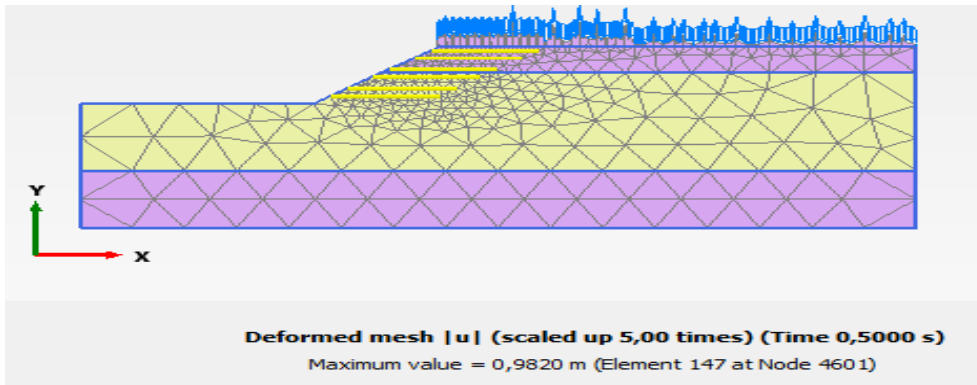
b)

Şekil 4.89. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz
Zemin Yüzeyinde Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

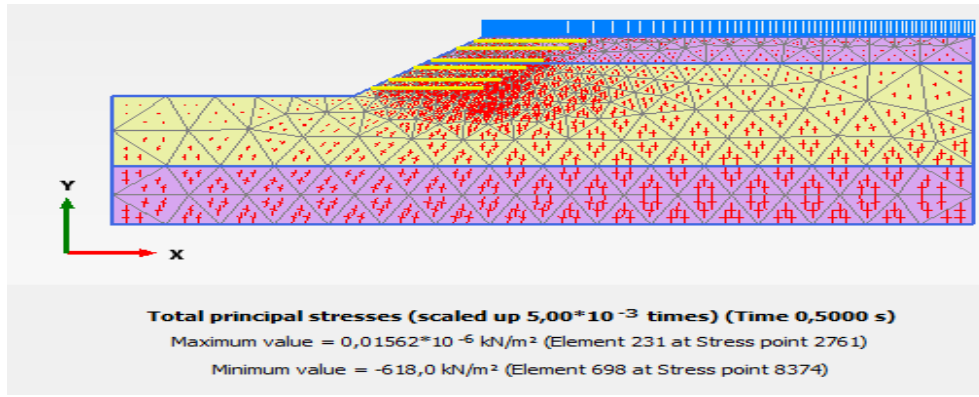
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.90). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,9820 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.91). Şekil 4.92-4.94’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



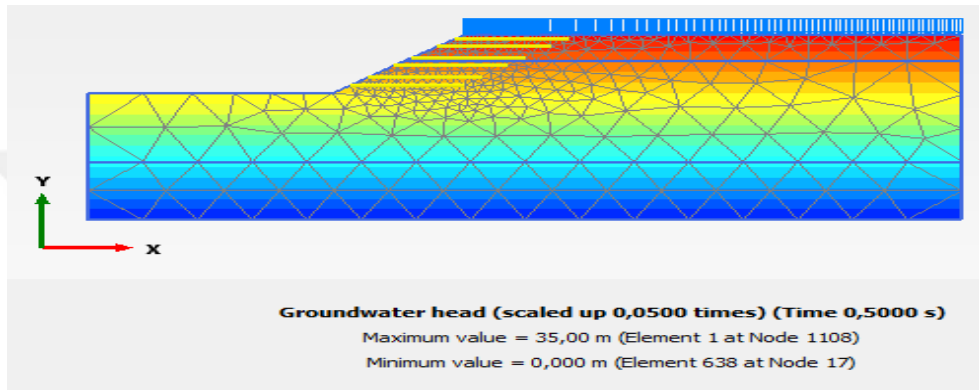
Şekil 4.90. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyinde



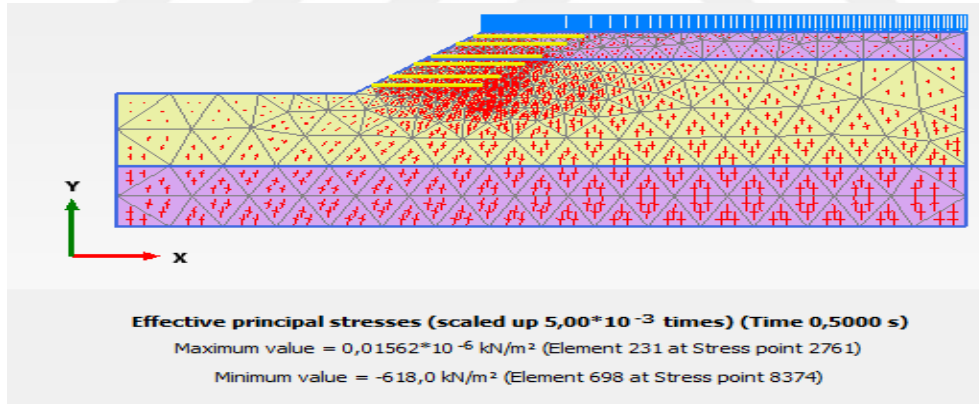
Şekil 4.91. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.92. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



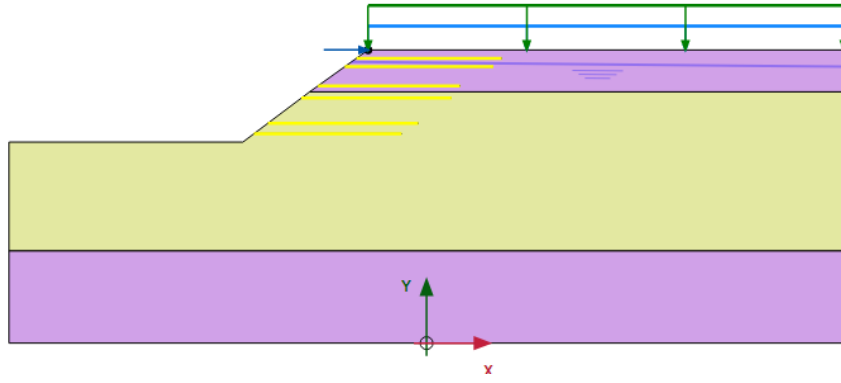
Şekil 4.93. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



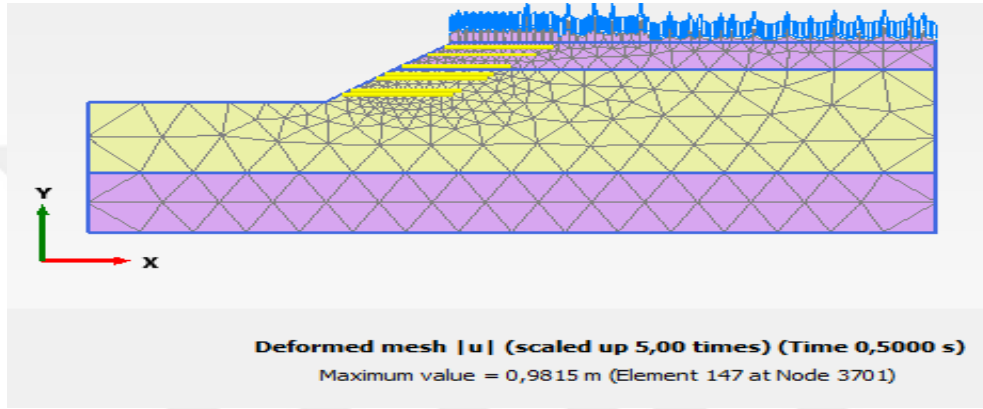
Şekil 4.94. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Zemin Profilinden 1 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

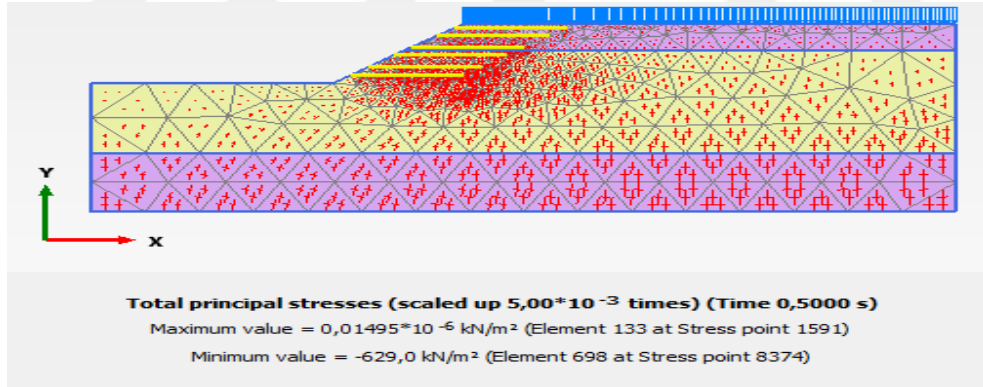
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 m aşağıda olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.95). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,9815 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.96). Şekil 4.97-4.99' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



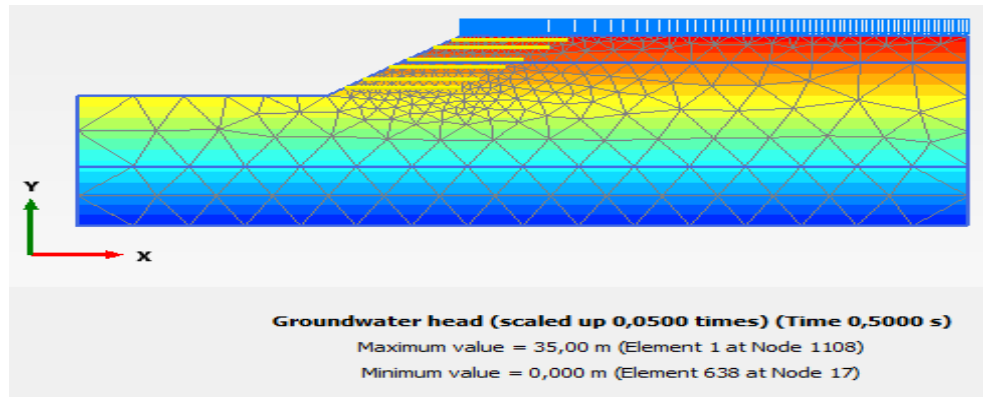
Şekil 4.95. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 1 m aşağıda olması



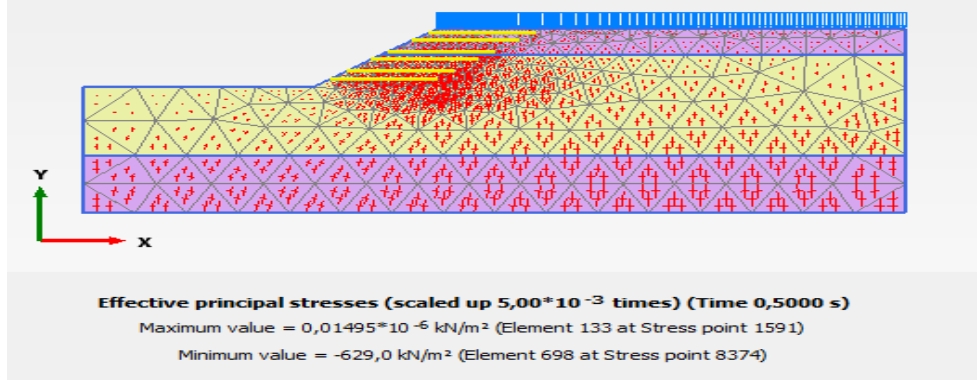
Şekil 4.96. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.97. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

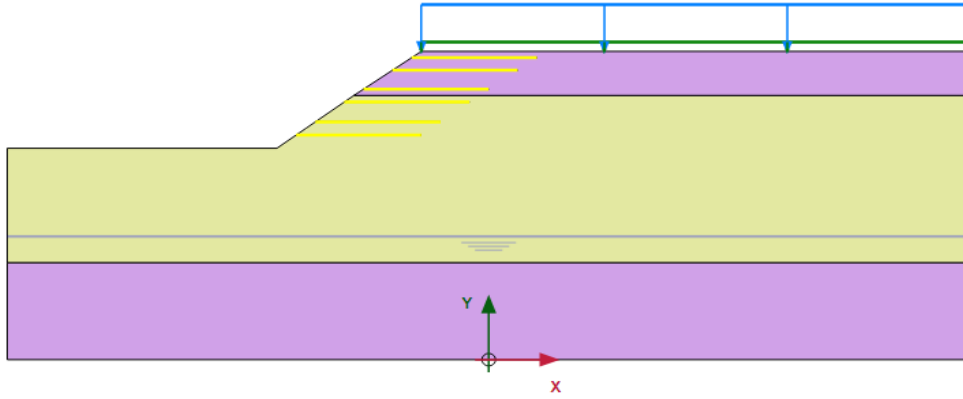


Şekil 4.98. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

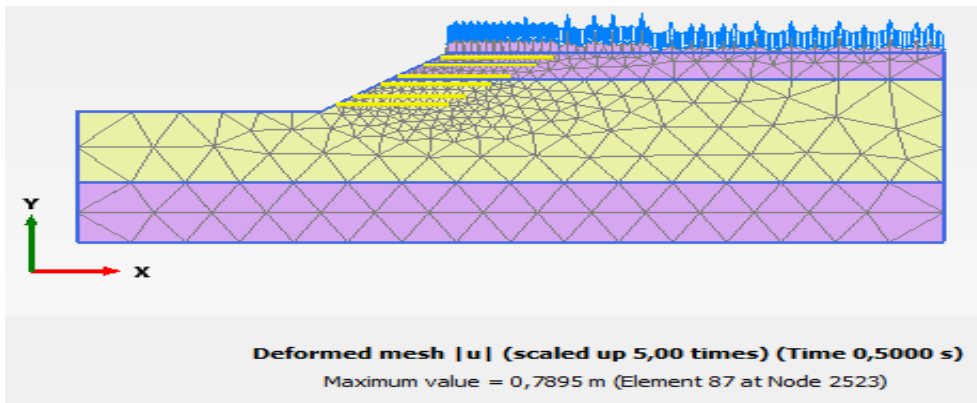


Şekil 4.98. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Profilinden 22 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

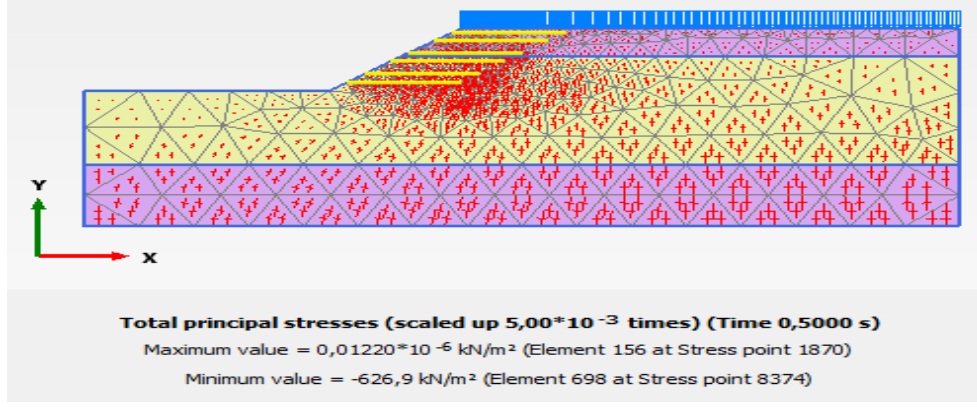
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 22 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.99). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7895 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.100). Şekil 4.101-4.103’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



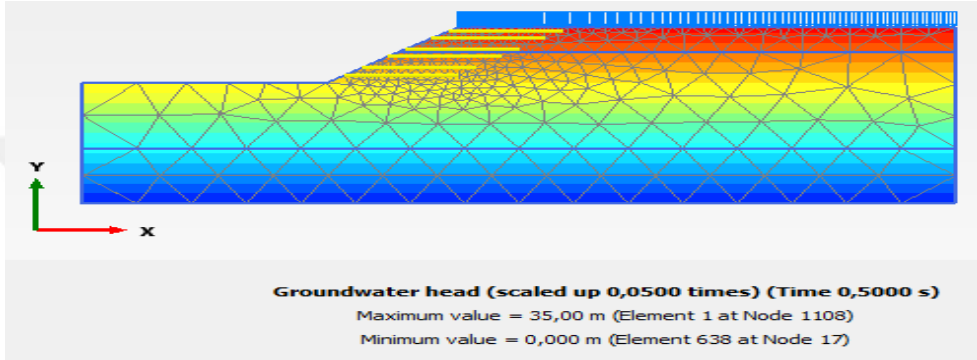
Şekil 4.99. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 22 m aşağıda olması



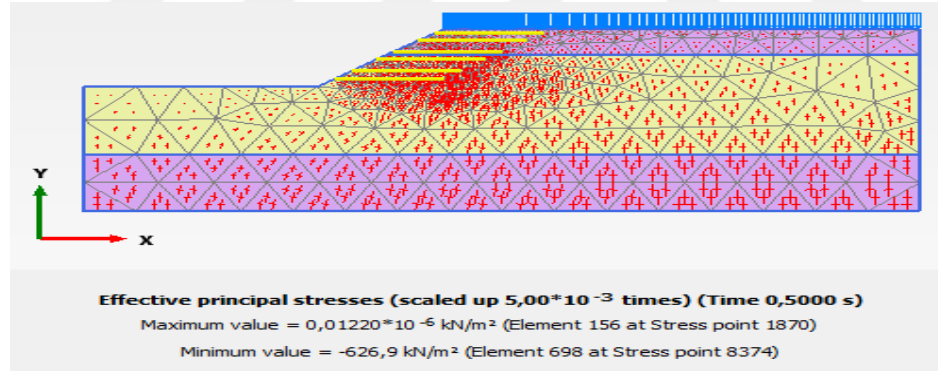
Şekil 4.100. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.101. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



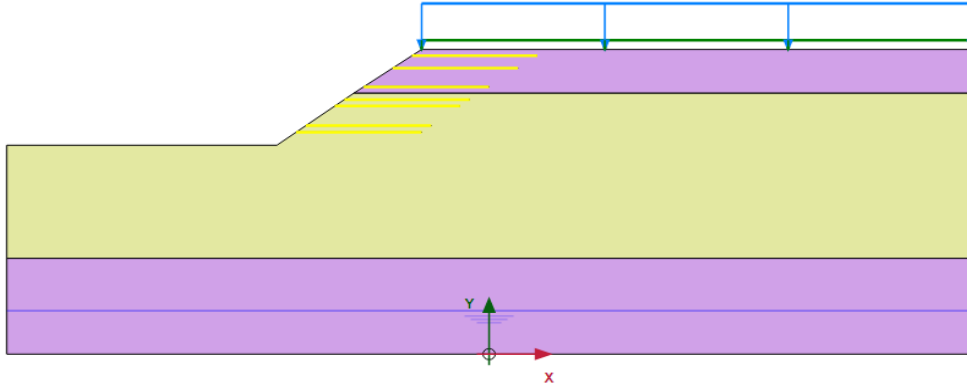
Şekil 4.102. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



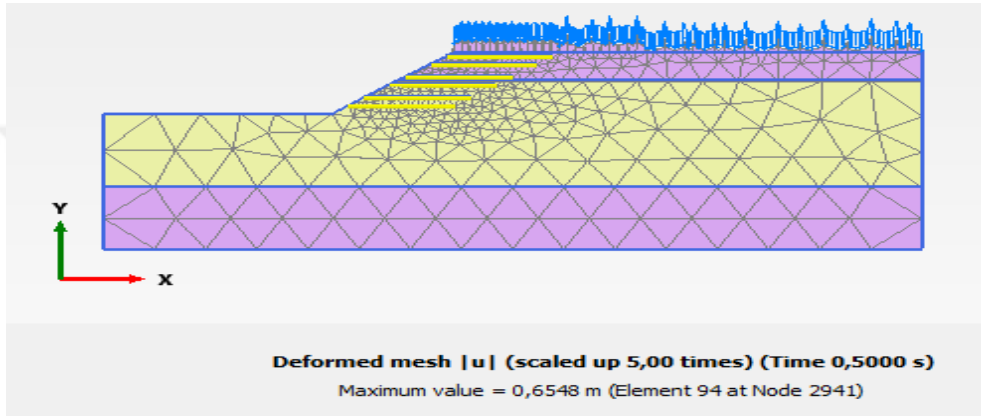
Şekil 4.103. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

Zemin Profilinden 30 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

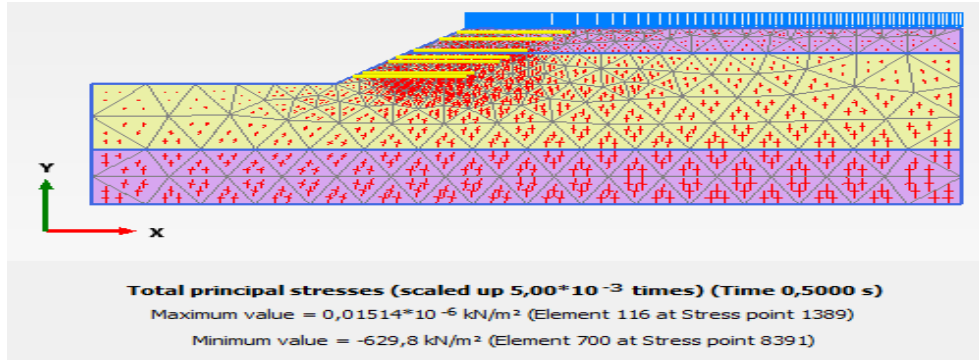
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 30 m aşağıda olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve eşit uzunluk ve eşit aralıklarda yerleştirilmiştir (Şekil 4.104). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,6548 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.105). Şekil 4.106-4.108' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



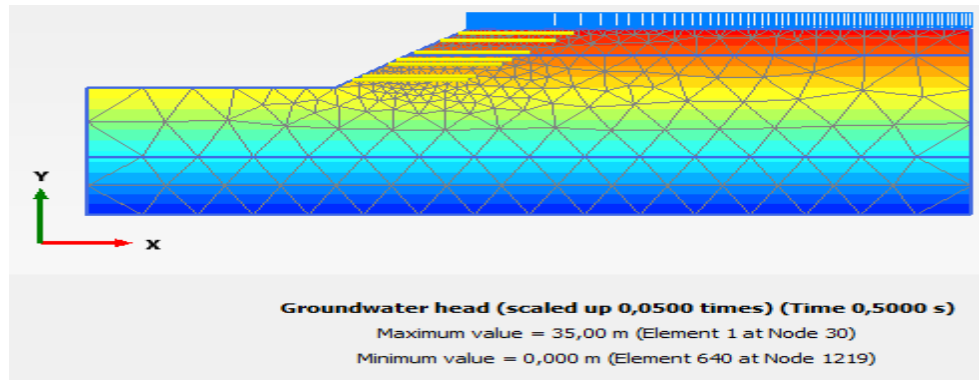
Şekil 4.104. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 30 m aşağıda olması



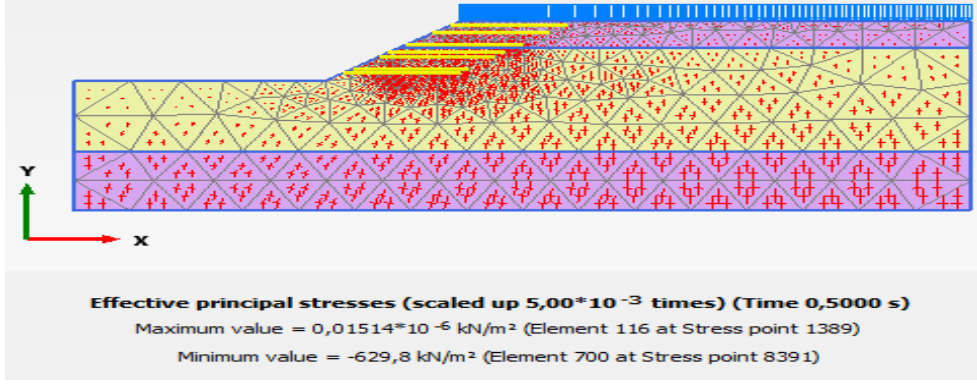
Şekil 4.105. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.106. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

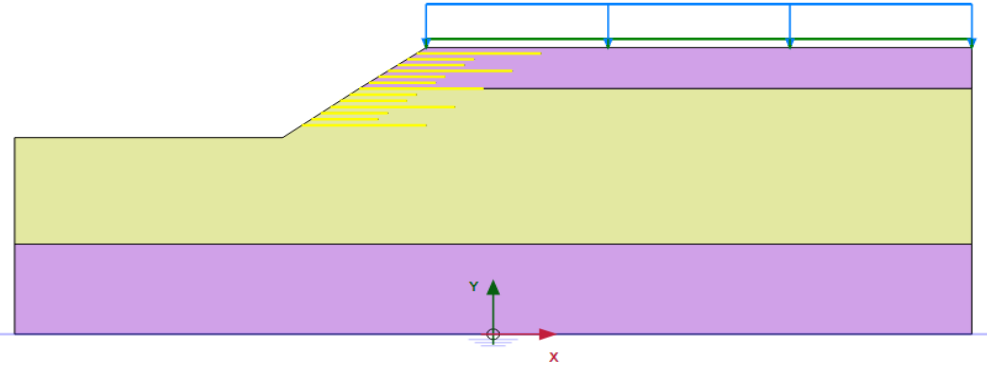


Şekil 4.107. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

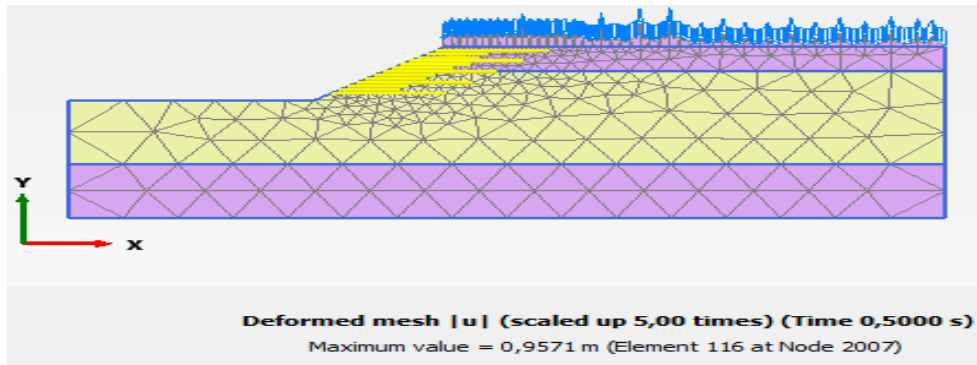


Şekil 4.108. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Geotekstil Malzemenin Bir Uzun İki Kısa Uzunlukta ve Eşit Aralıklarla Yerleştirilmesi
E= 1000 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

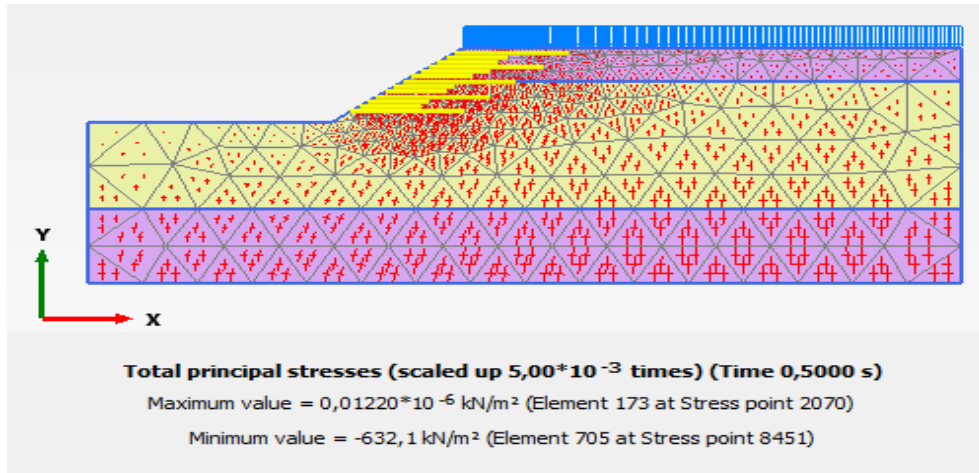
E= 1000 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 4.109’ de üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, oluşturulan modellerde deformasyonun 0,9571 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.110). Şekil 4.111-4.113’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



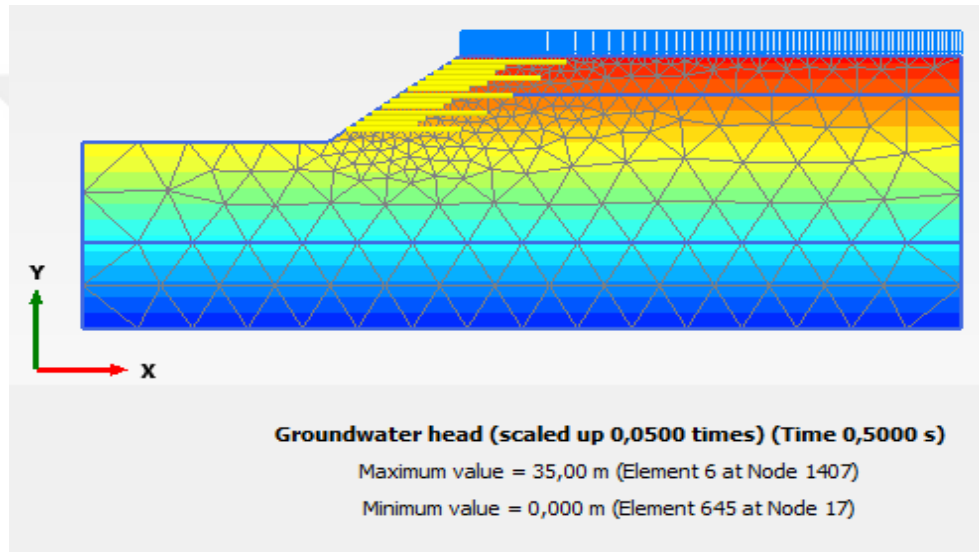
Şekil 4.109. Eşit uzunluklarda ve farklı aralıklar ile şeve geotekstil yerleştirilmesi



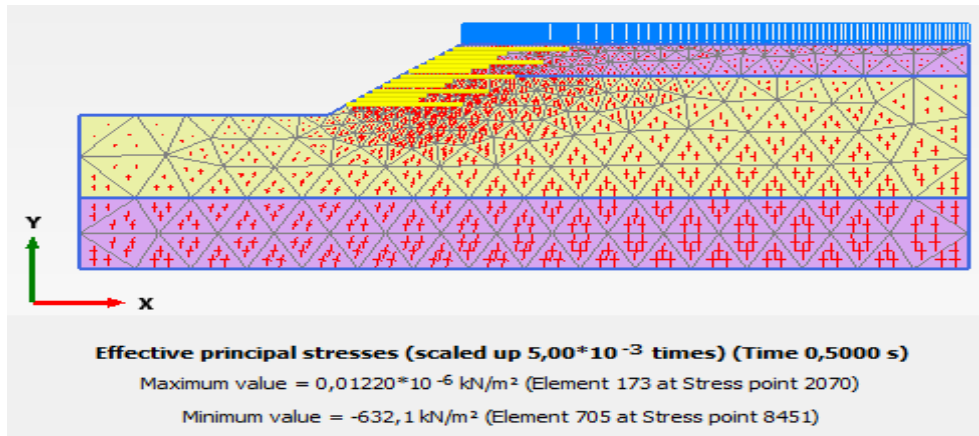
Şekil 4.110. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.111. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.112. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

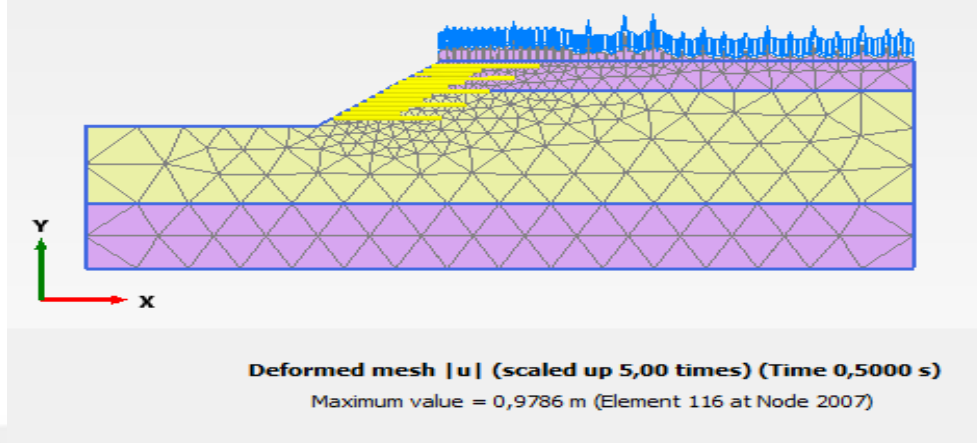


Şekil 4.113. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

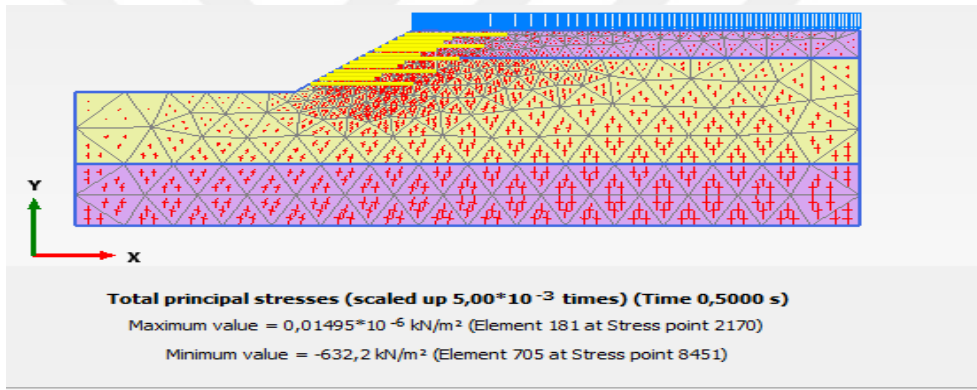
E= 800 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

E= 800 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 4.114' de üzerinde geotekstil yerleşimin

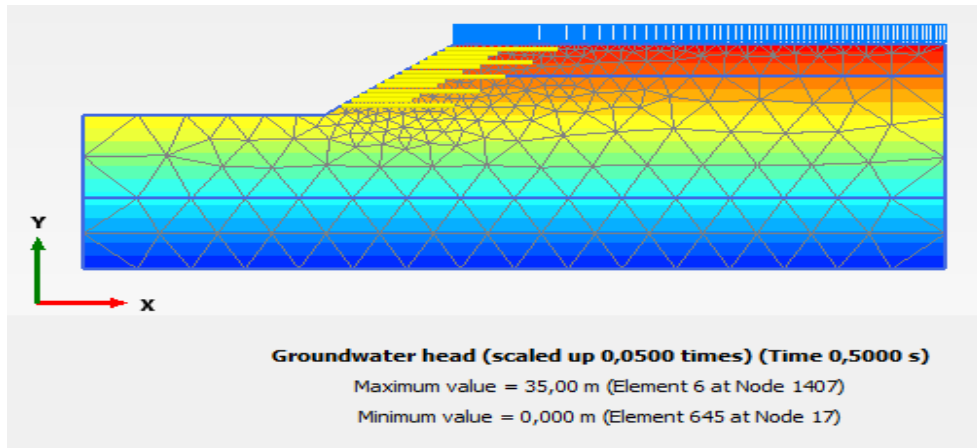
bulunduğu model kesiti verilmiştir. şekil 4.115-4.118' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



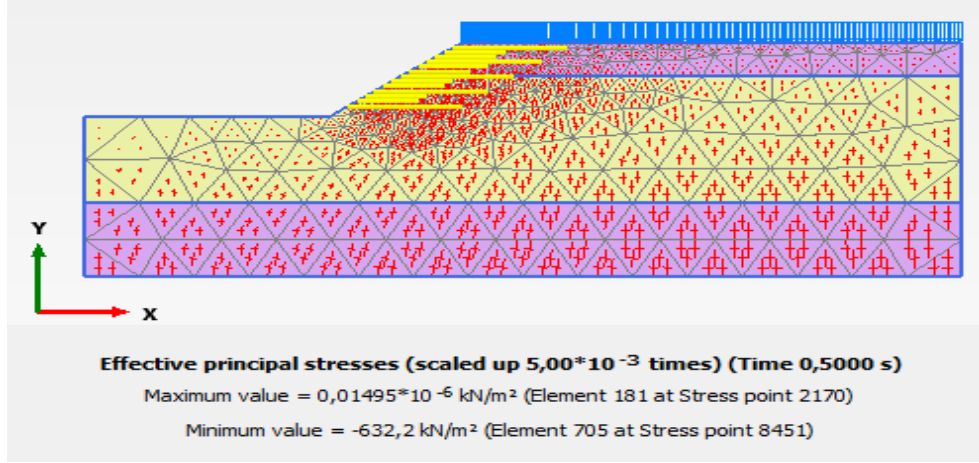
şekil 4.114. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



şekil 4.115. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

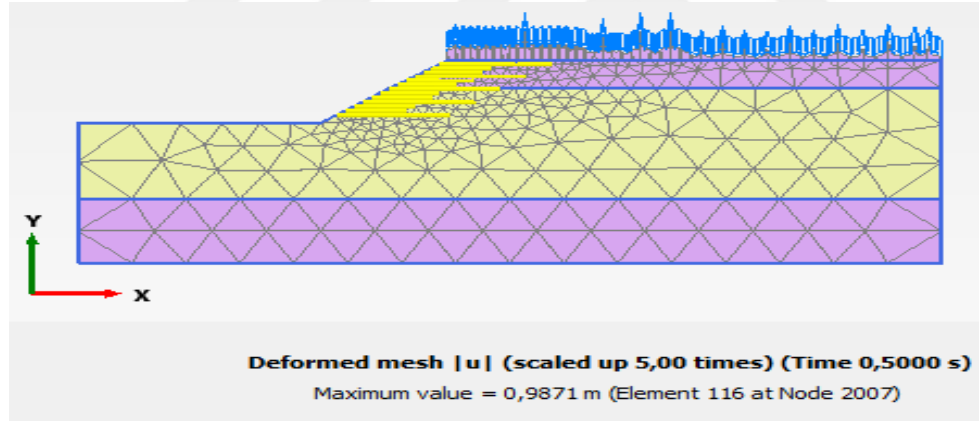


şekil 4.116. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu basıncı

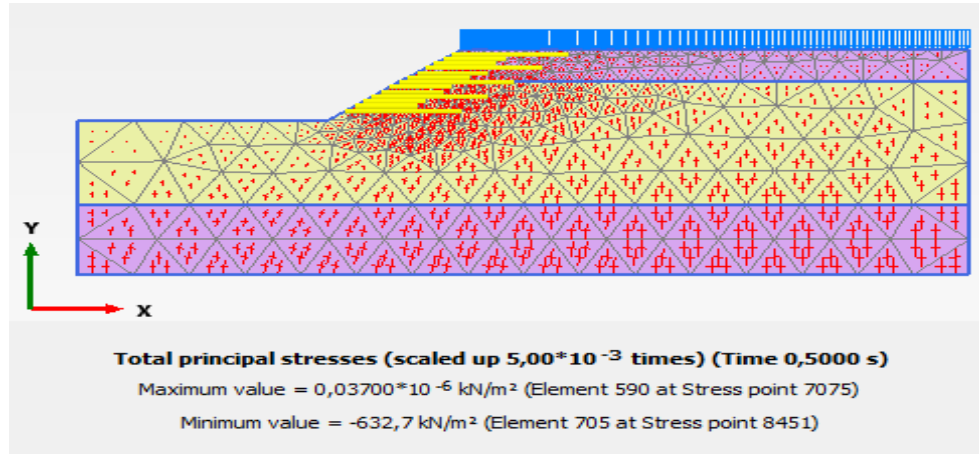


Şekil 4.117. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
E= 640 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

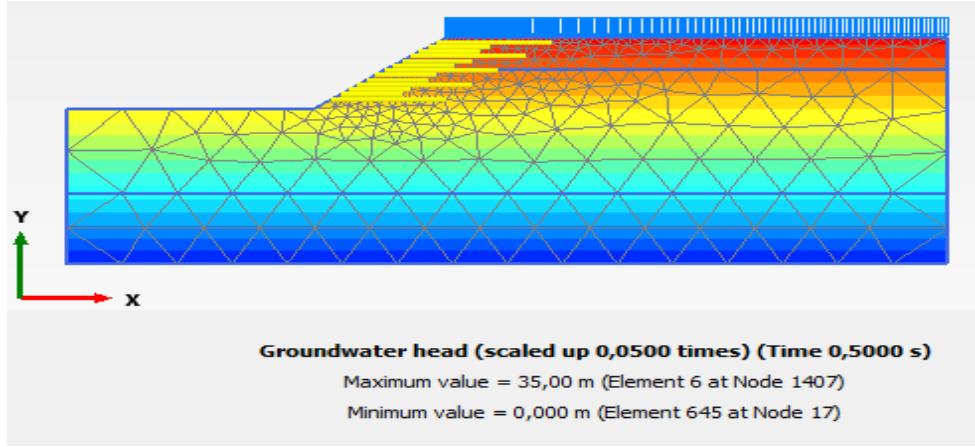
E= 640 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 4.118-4.121’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



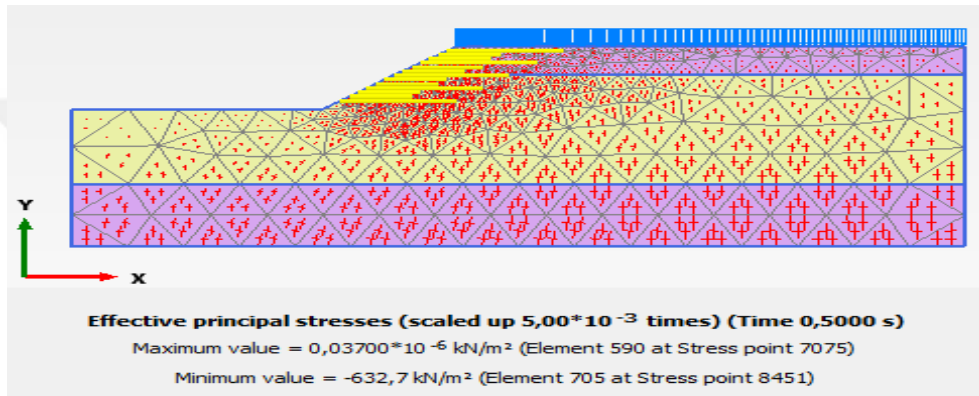
Şekil 4.118. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.119. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

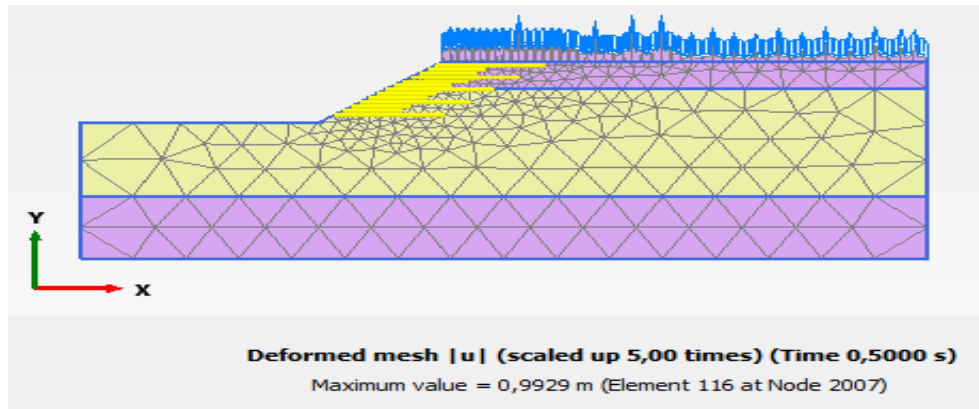


Şekil 4.120. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu basıncı

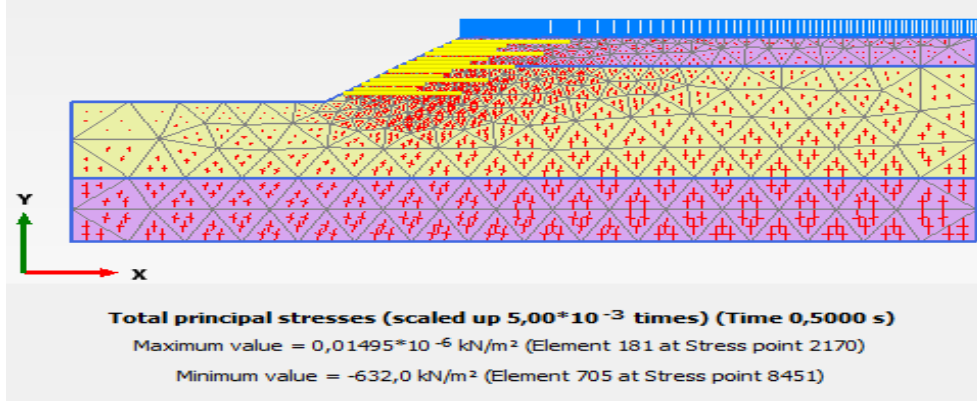


Şekil 4.121. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
 $E = 320 \text{ kN/m}$ Geotekstil Malzeme Kullanımı

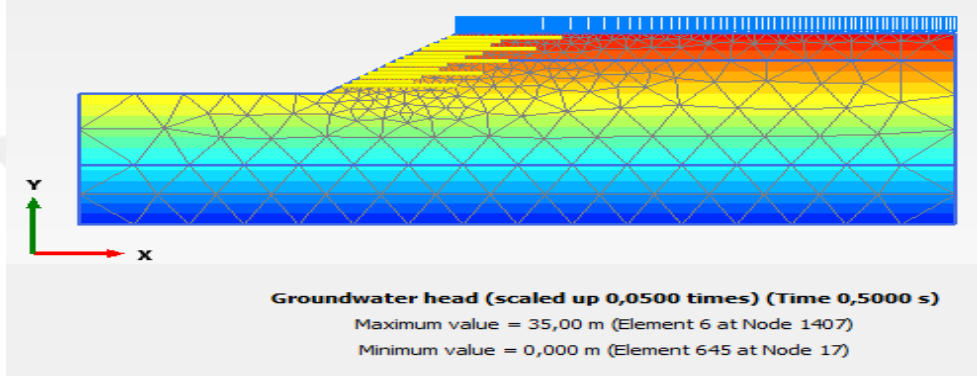
$E = 320 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 4.122’ de üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiştir. Şekil 4.123-4.125’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



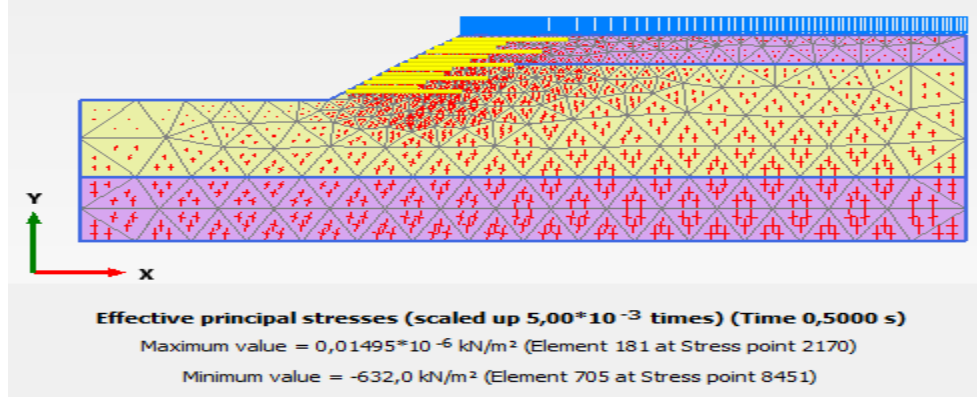
Şekil 4.122. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.123. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

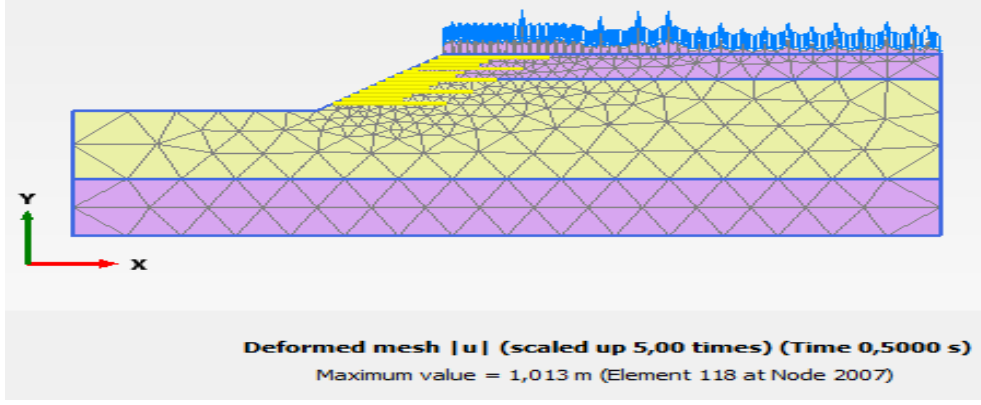


Şekil 4.124. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu basıncı

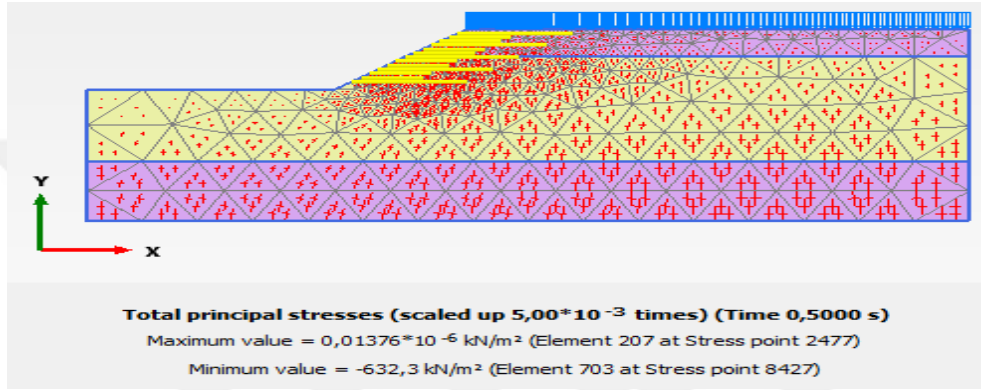


Şekil 4.125. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
E = 130 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

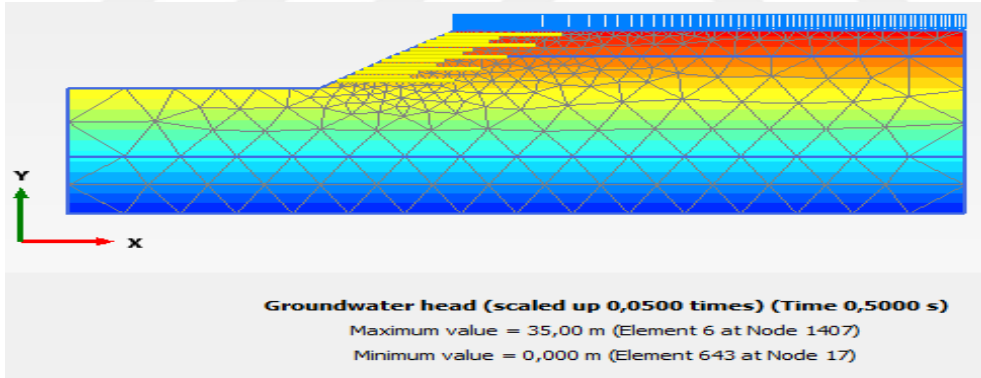
E = 130 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 4.126' de üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiştir. Şekil 4.127-4.130' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



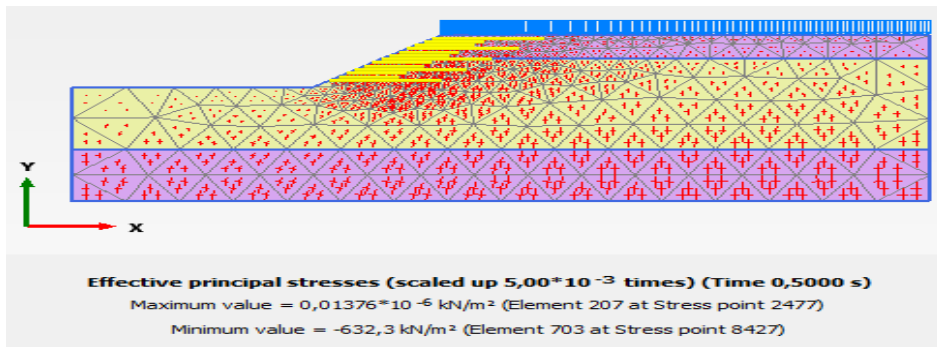
Şekil 4.126. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.127. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



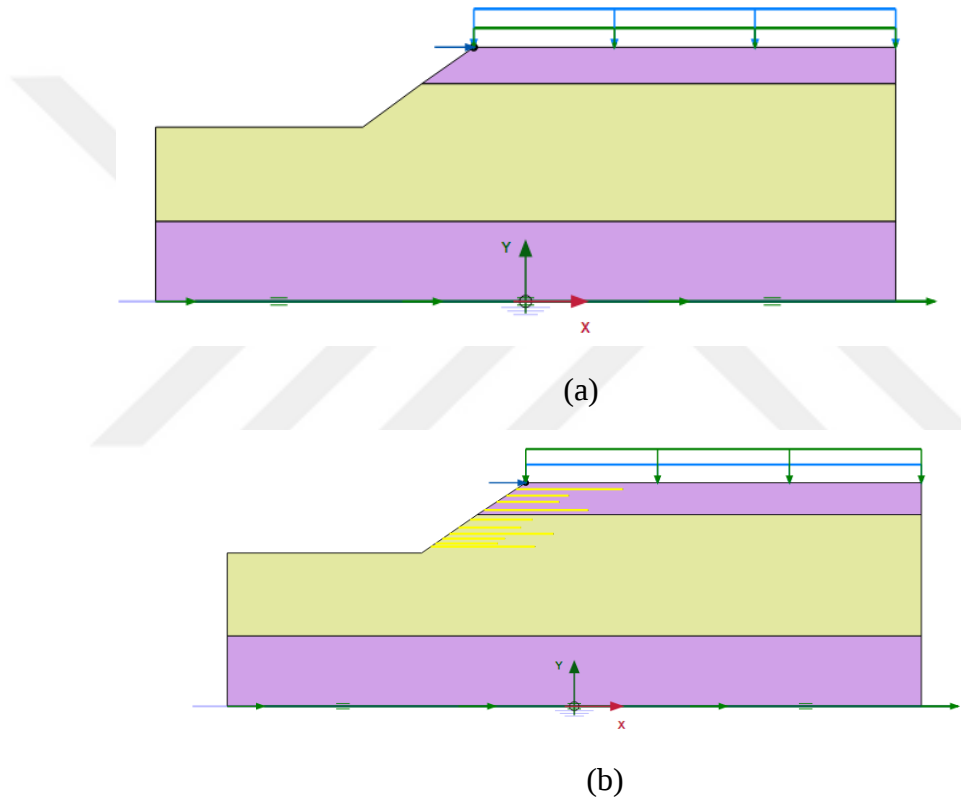
Şekil 4.128. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



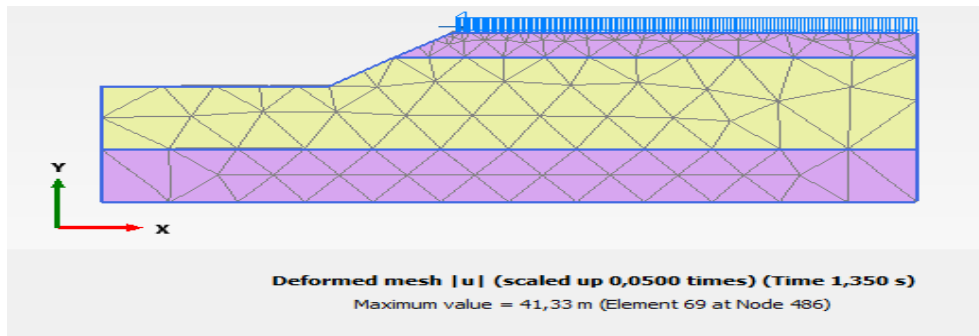
Şekil 4.129. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

14.06.2020 Tarihli Gerçekleşen Bingöl-Karlıova Depremi ($M_w=5,8$)

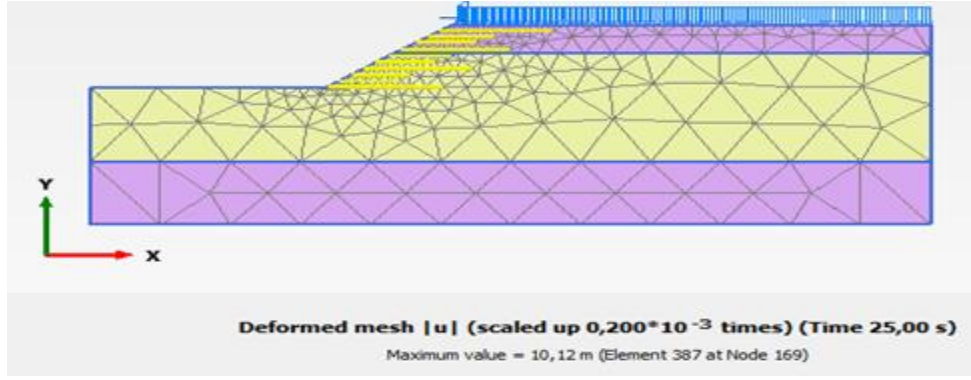
14.06.2020 tarihli gerçekleşen Bingöl-Karlıova depremi ($M_w=5,8$) etkinde, $E=130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 4.130’ da geotekstil destekli ve desteksiz modellerin analizleri verilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s’ yi tamamlayamamış 1,35 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 10,12 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.131). Şekil 4.132-4.34’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



Şekil 4.130. Deprem yükü altında zemin davranışı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

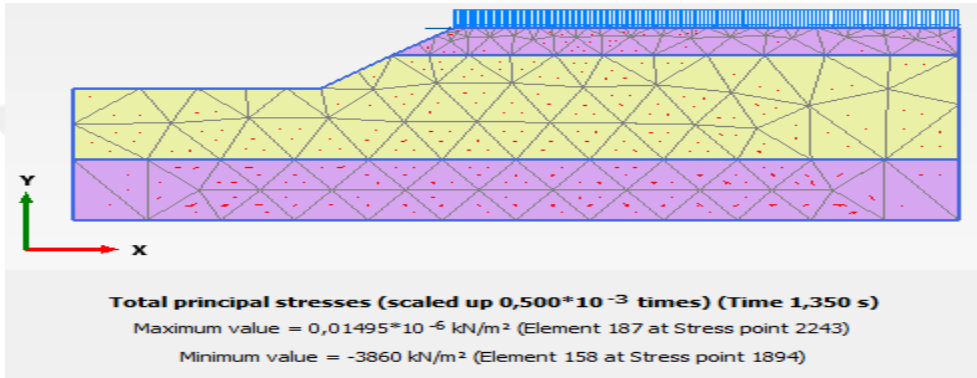


a)

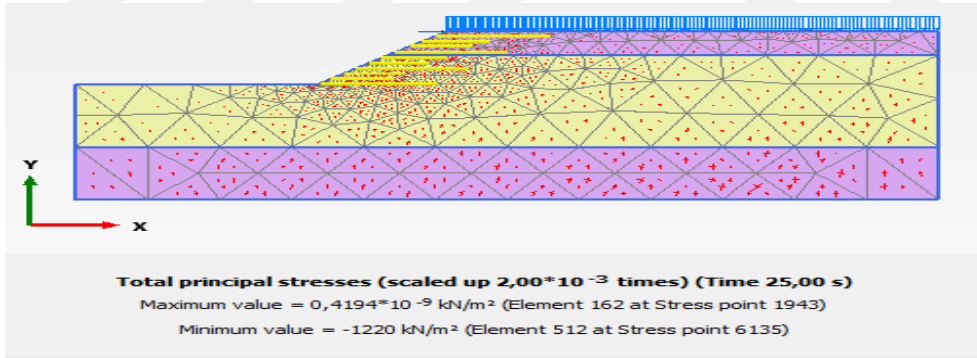


b)

Şekil 4.131. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

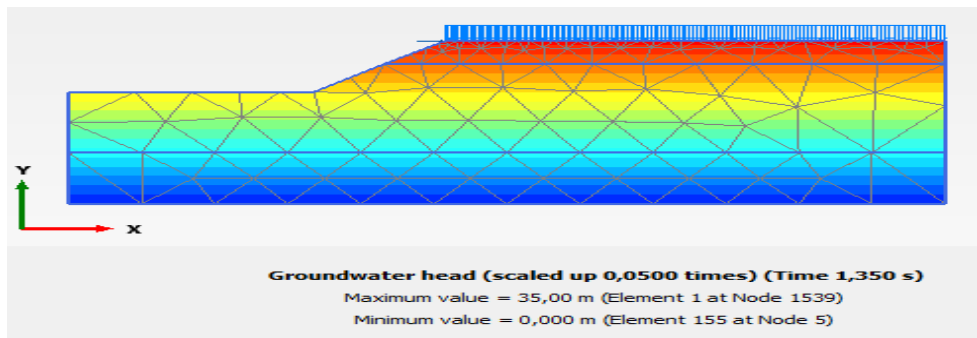


a)

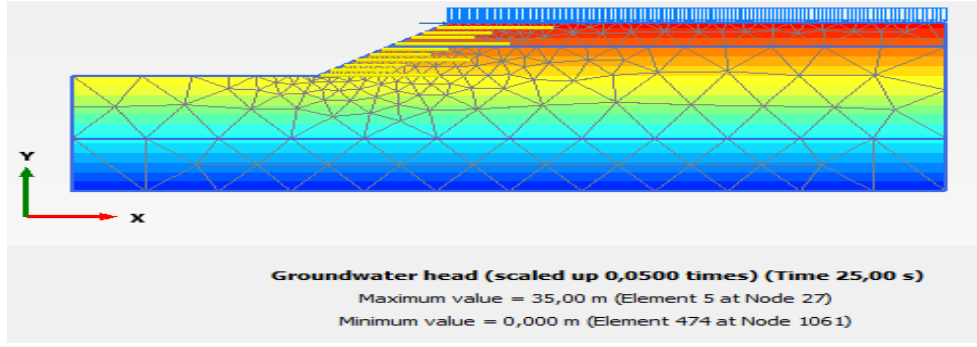


b)

Şekil 4.132. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

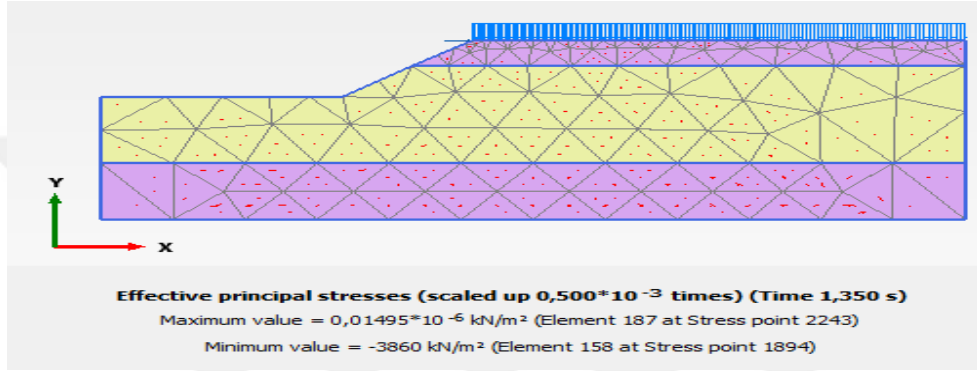


a)

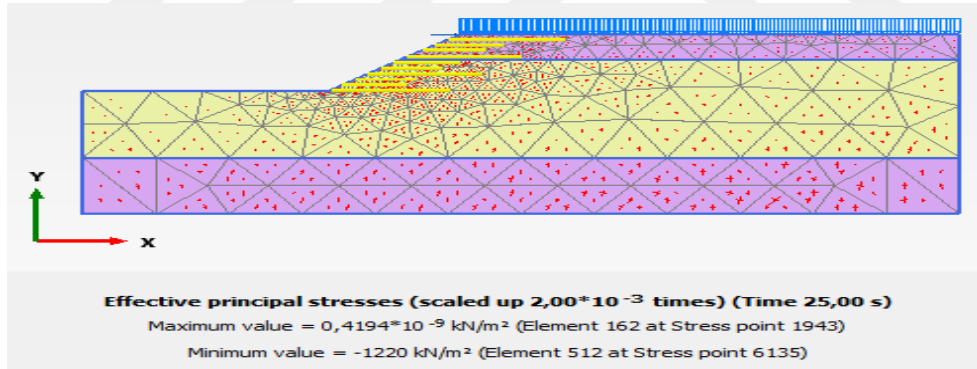


b)

Şekil 4.133. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz



a)



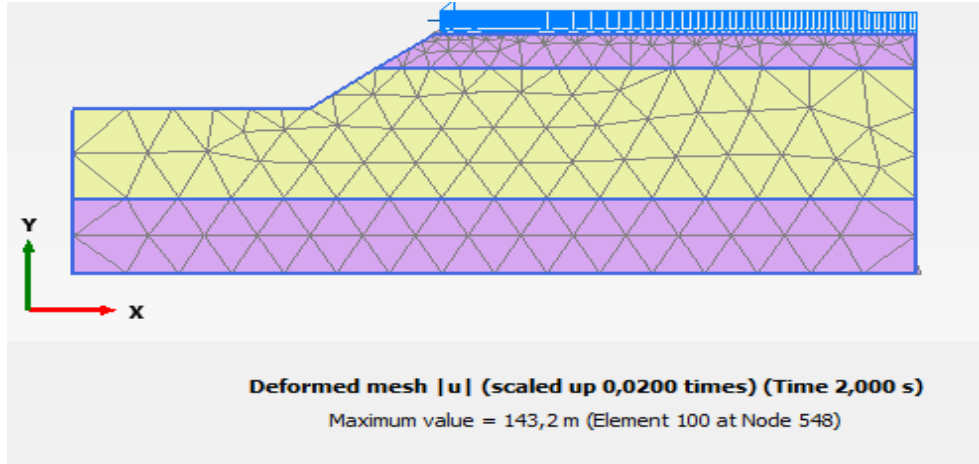
b)

Şekil 4.134. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

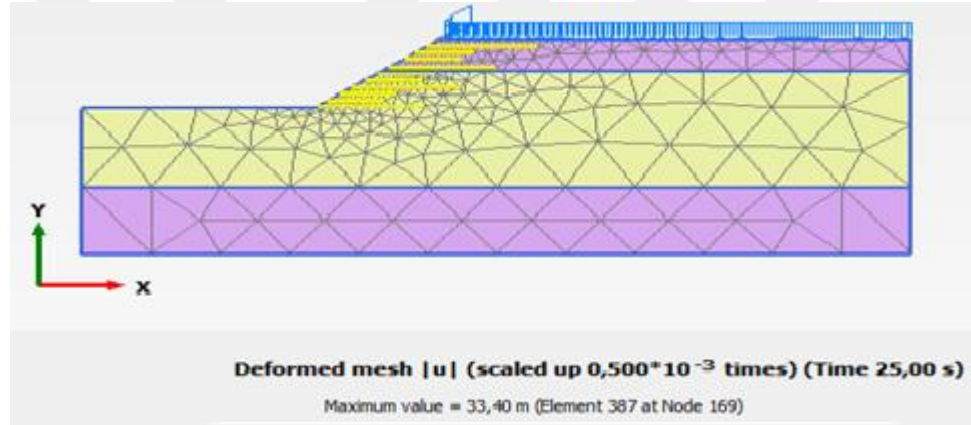
17.08.1999 Tarihli Gerçekleşen Kocaeli Depremi (Mw= 7,4)

17.08.1999 tarihli gerçekleşen Kocaeli depremi (Mw= 7,4) etkisinde, E= 130 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 33,40 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.135). Şekil 4.136-4.38' de oluşturulan

deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

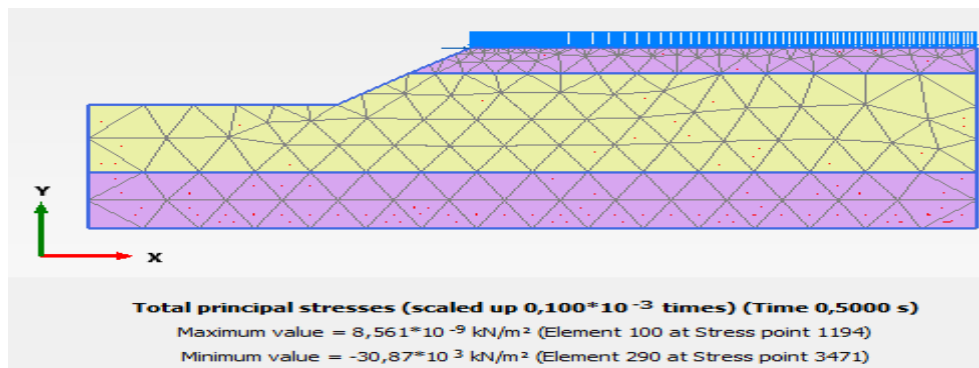


a)

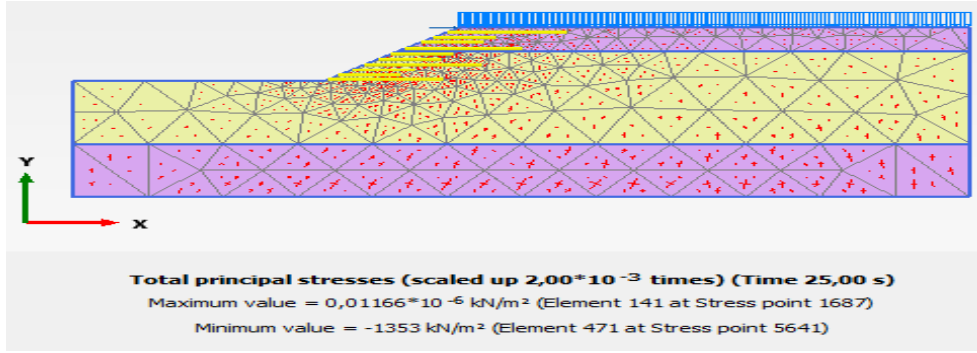


b)

Şekil 4.135. Deformasyon (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

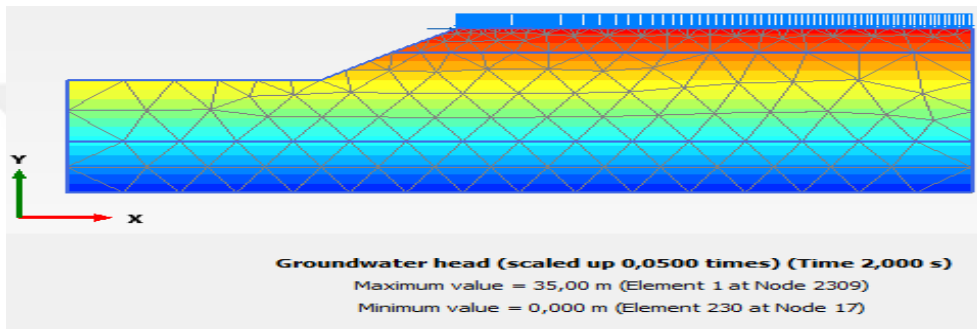


a)

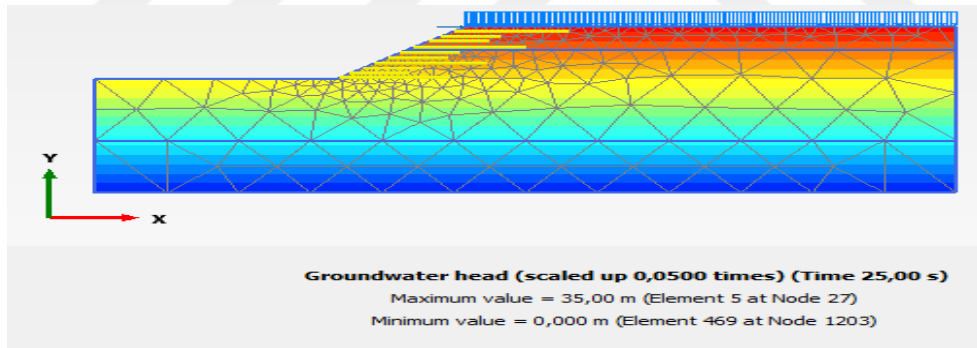


b)

Şekil 4.136. Toplam gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz

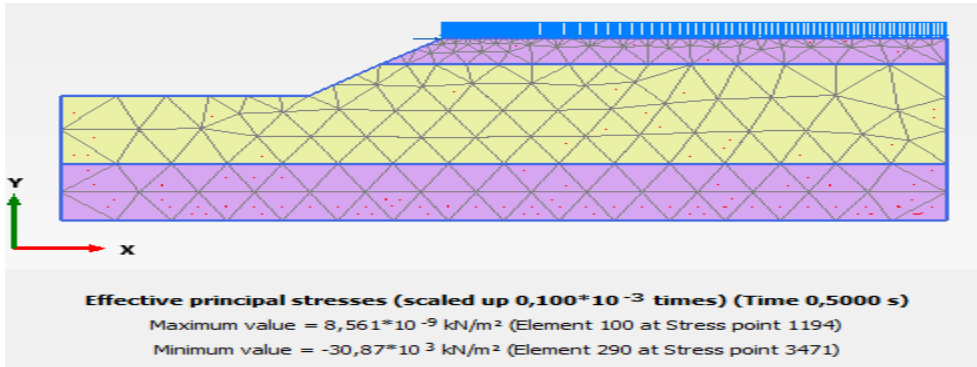


a)

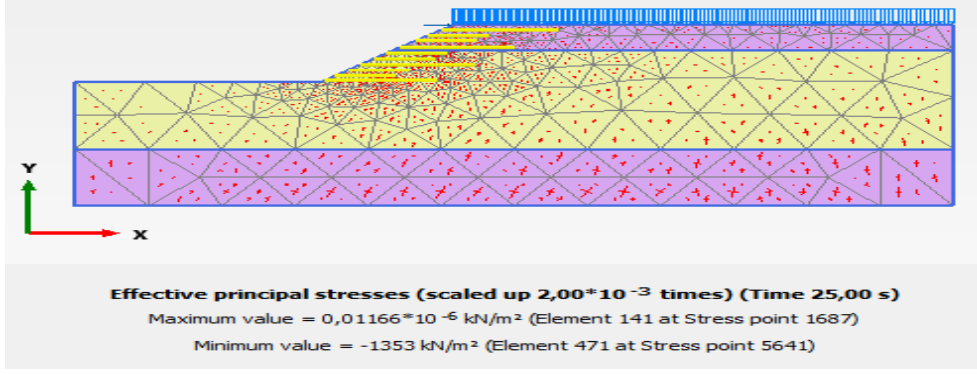


b)

Şekil 4.137. Boşluk suyu basıncı (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz



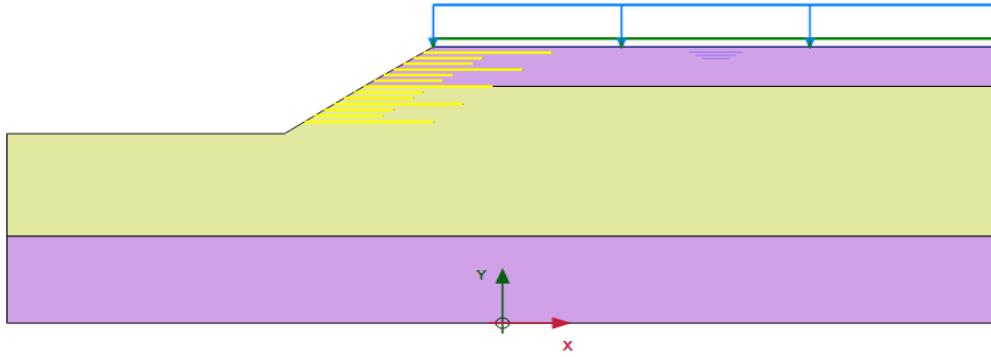
a)



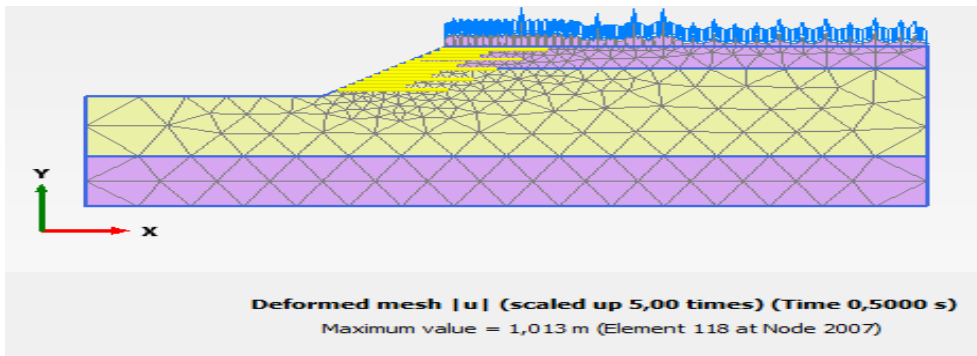
b)

Şekil 4.138. Efektif gerilme (a) geotekstil destekli (b) geotekstil desteksiz
Zemin Yüzeyinde Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

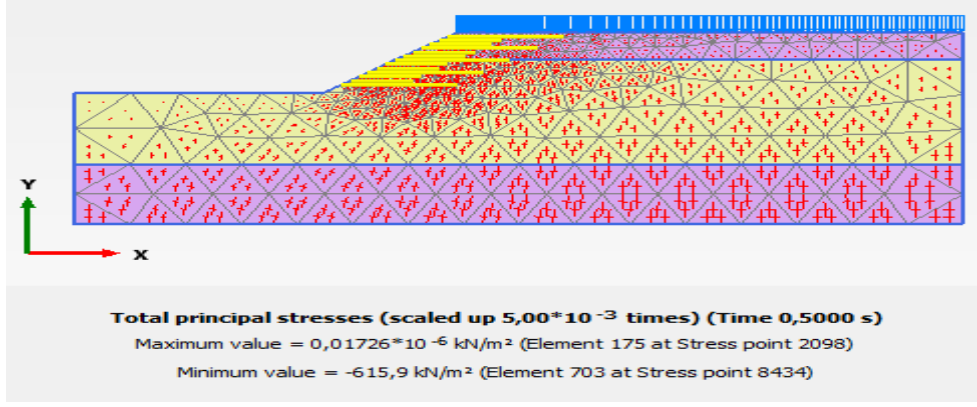
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 4.139). Oluşturulan modellerde deformasyonun 1,013 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.140). Şekil 4.141-4.143’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



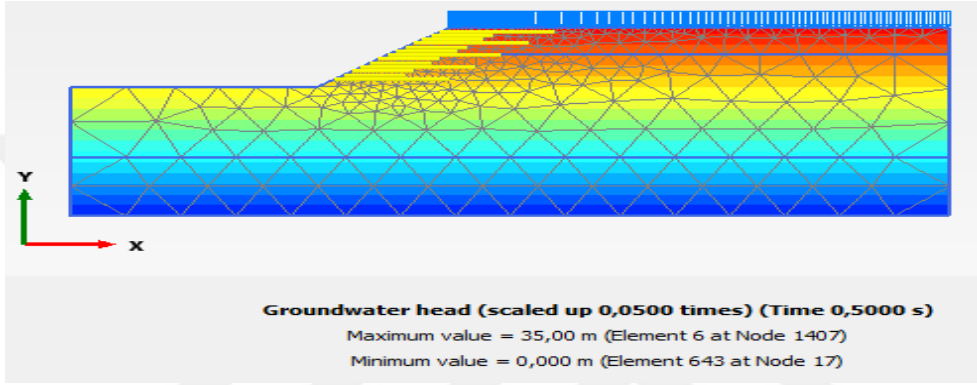
Şekil 4.139. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinde olması



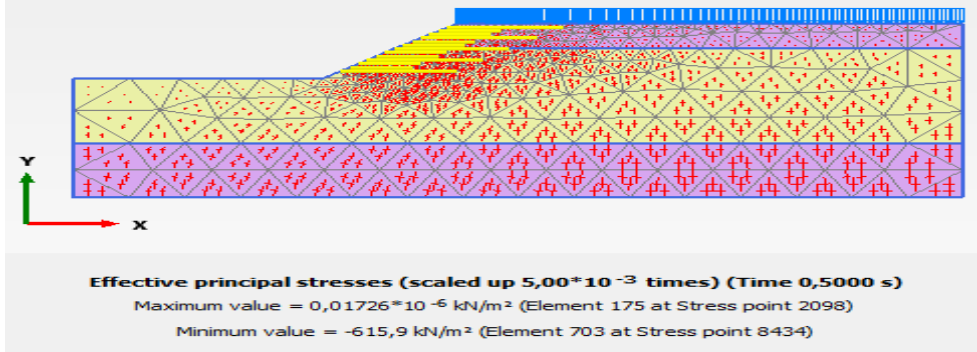
Şekil 4.140. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.141. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

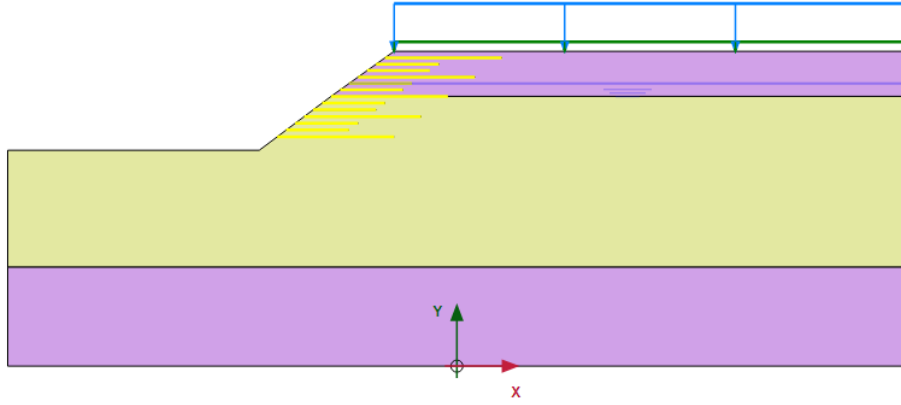


Şekil 4.142. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

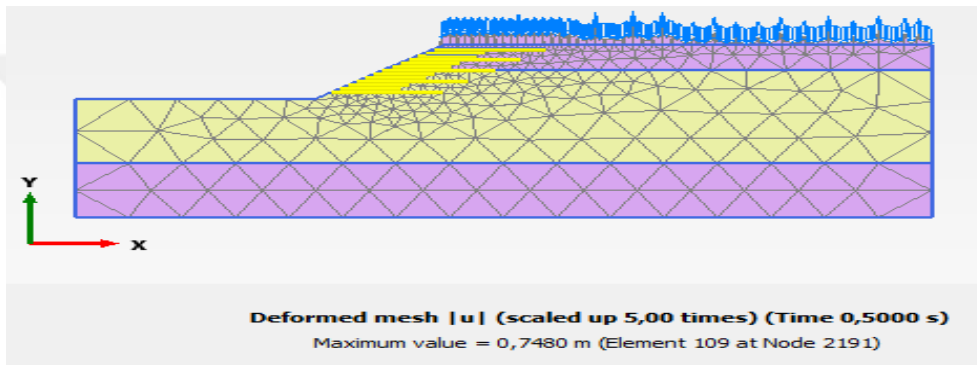


Şekil 4.143. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Profilinden 1 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

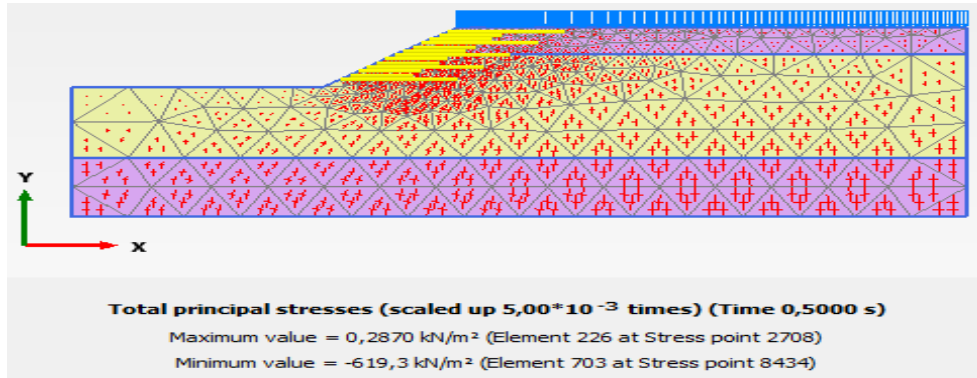
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinde 1 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 4.144). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7480 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.145). Şekil 4.146-4.148' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



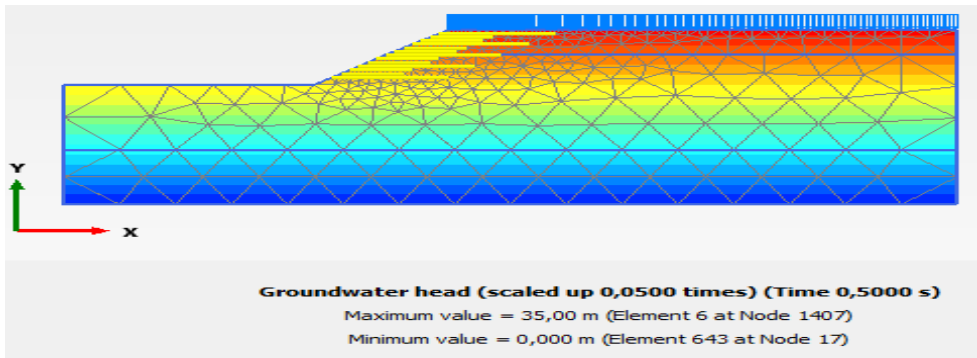
Şekil 4.144. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 1 m aşağıda olması



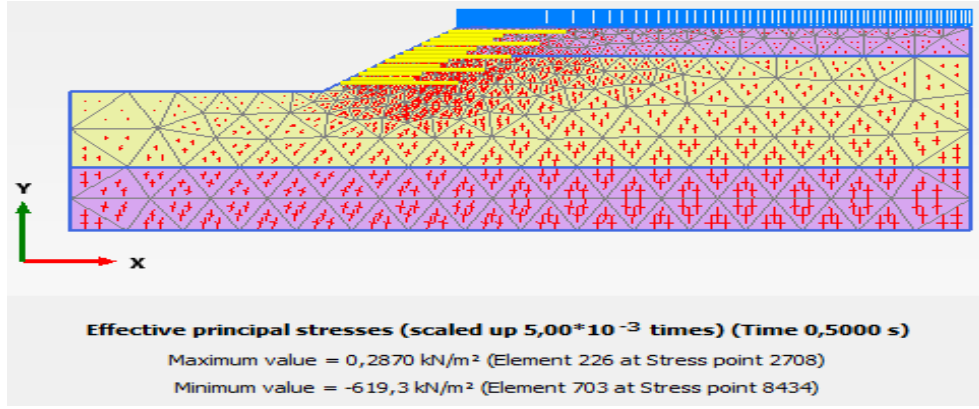
Şekil 4.145. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.146. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

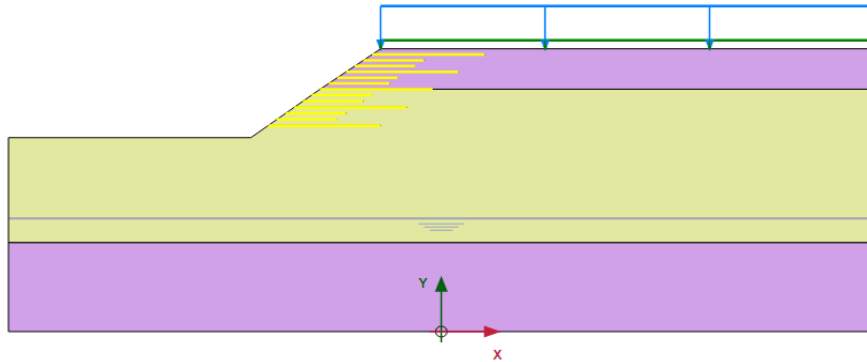


Şekil 4.167 Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

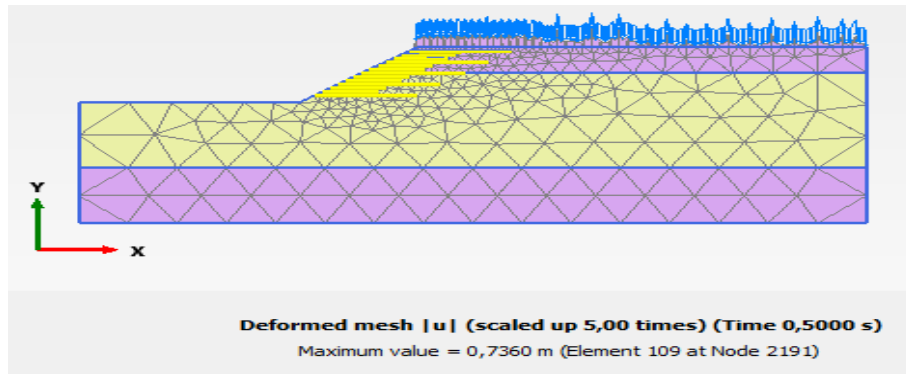


Şekil 4.148. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Yüzeyinden 22 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

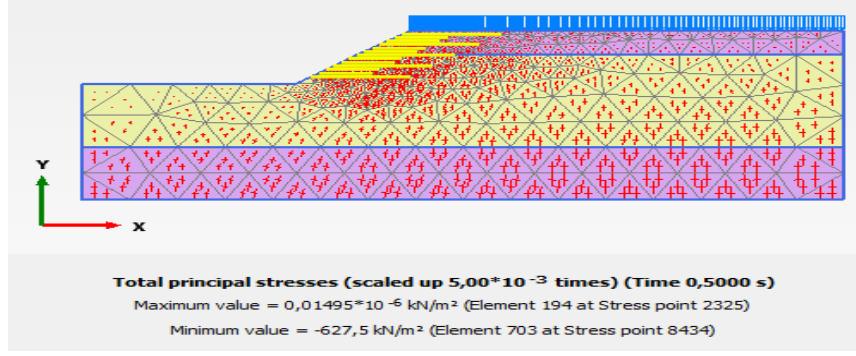
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinde 22 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 4.149). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7360 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.150). Şekil 4.151-4.153’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



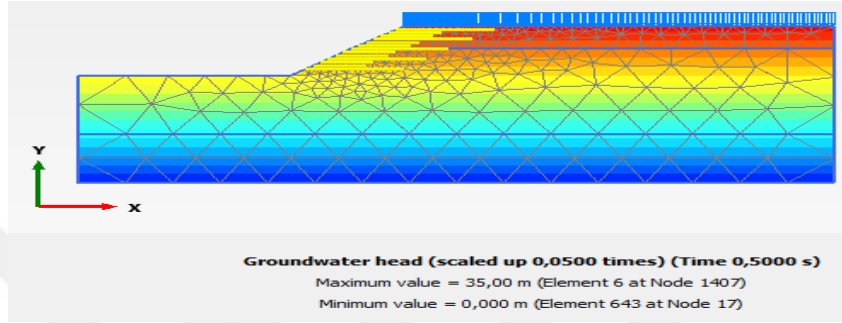
Şekil 4.149. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 22 m aşağıda olması



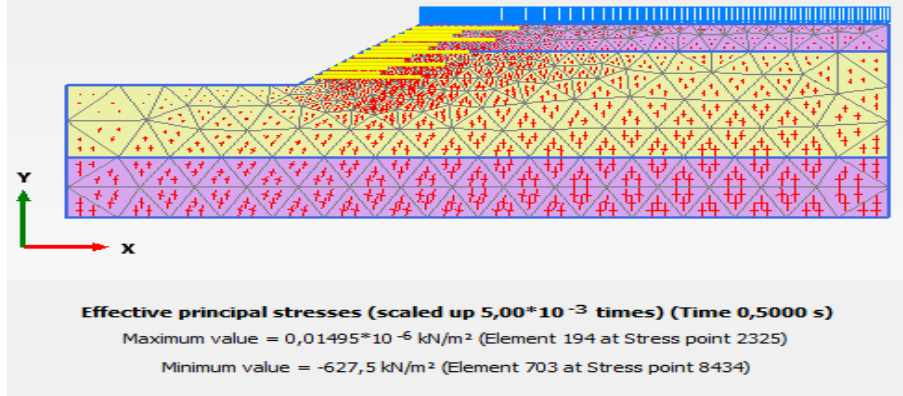
Şekil 4.150. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.151. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



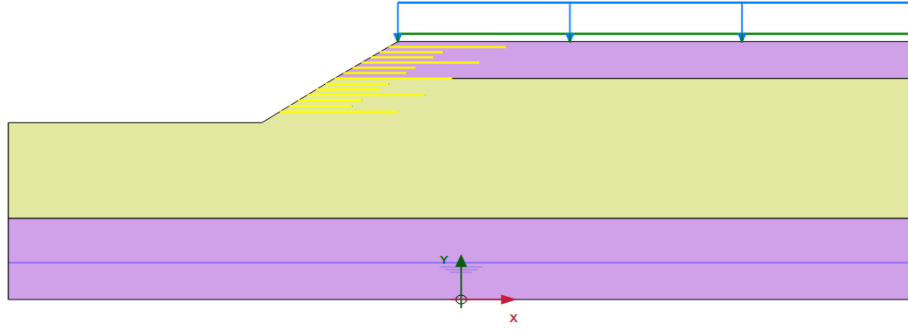
Şekil 4.152. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



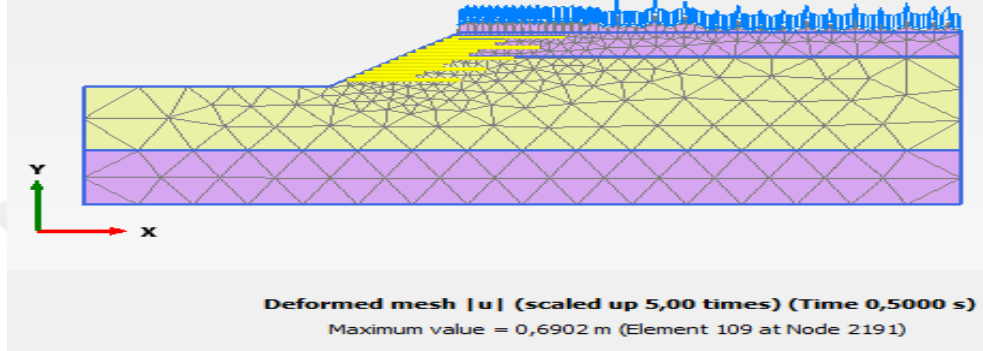
Şekil 4.153. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

Zemin Profilinden 30 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

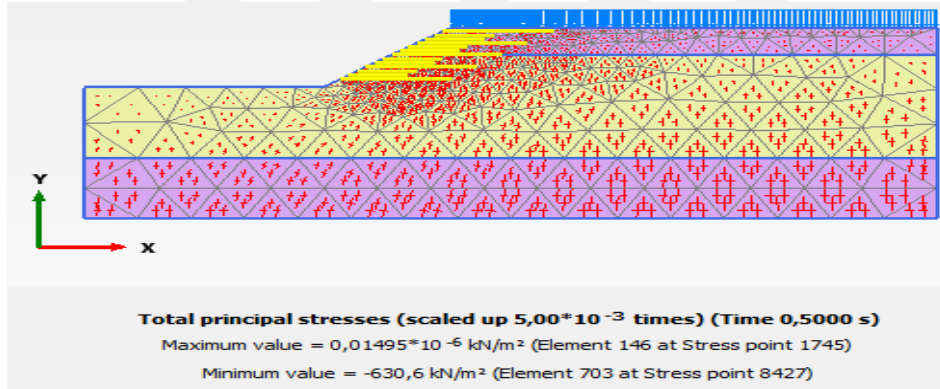
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinde 30 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa uzunlukta ve eşit aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 4.154). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,6902 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.155). Şekil 4.156-4.158' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



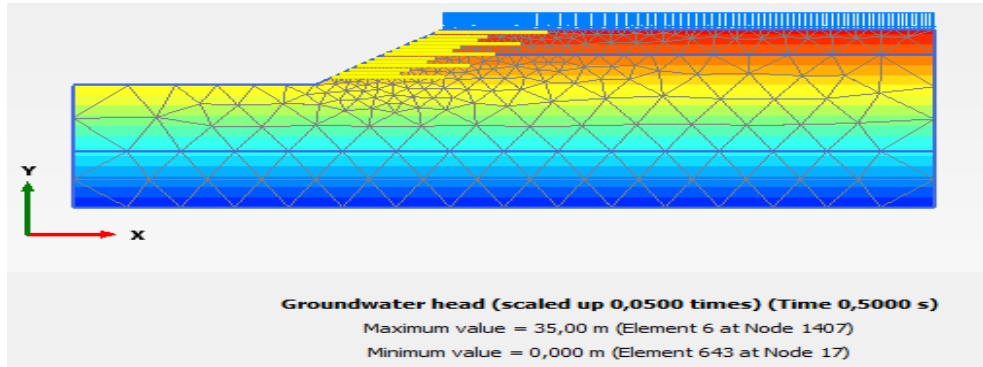
Şekil 4.154. Yer altı su seviyesinin zemin profilinden 30 m aşağıda olması



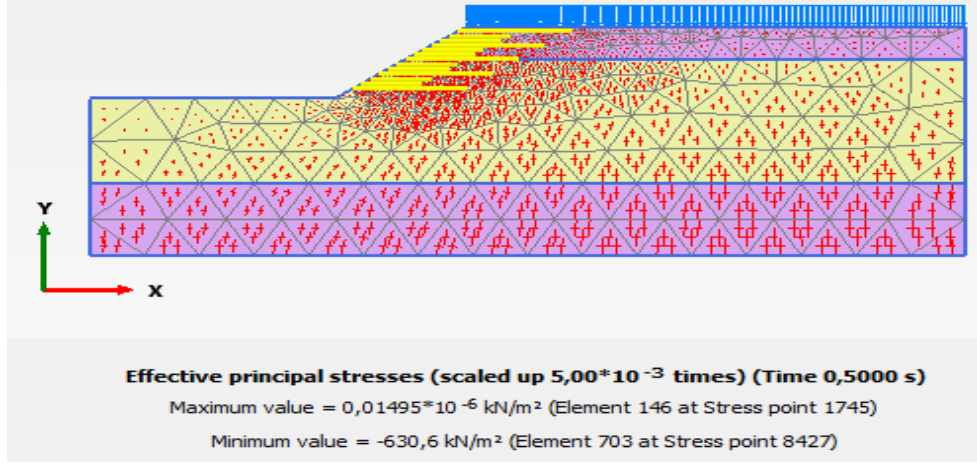
Şekil 4.155. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.156. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

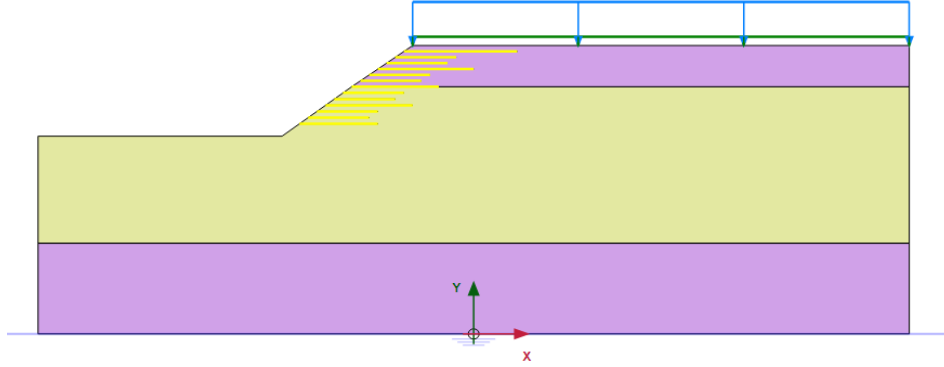


Şekil 4.157. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

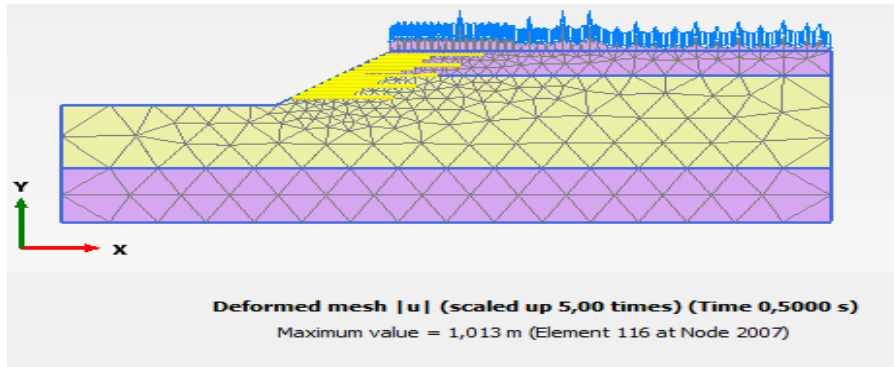


Şekil 4.158. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Geotekstil Malzemenin Bir Uzun İki Kısa Düzensiz Uzunlukta Yerleştirilmesi
E= 130 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

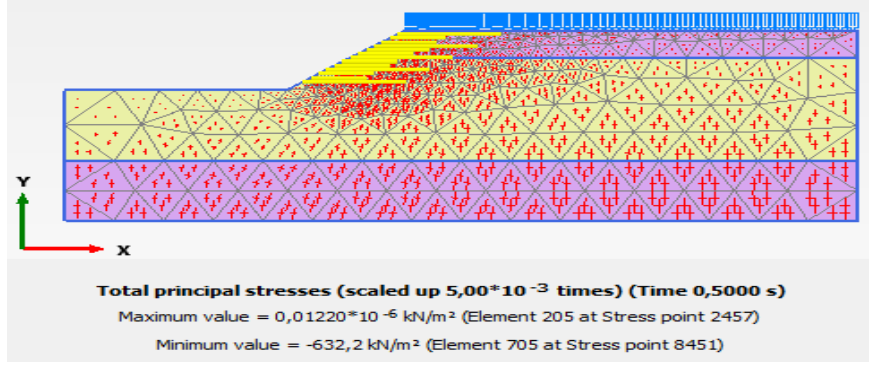
E= 130 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Şekil 4.159’ de üzerinde geotekstil yerleşimin bulunduğu model kesiti verilmiş olup, Şekil 4.160-4.163’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



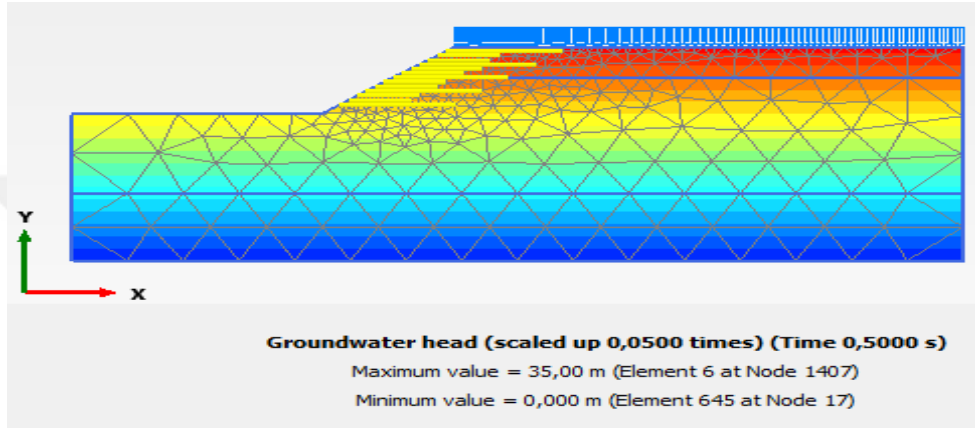
Şekil 4.159. Bir uzun iki kısa uzunlukta ve düzensiz aralıklarla şeve geotekstil yerleştirilmesi



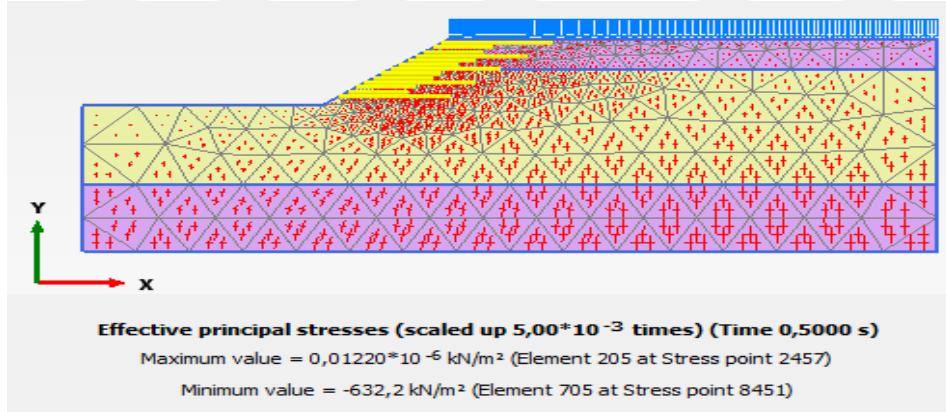
Şekil 4.160. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.161. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



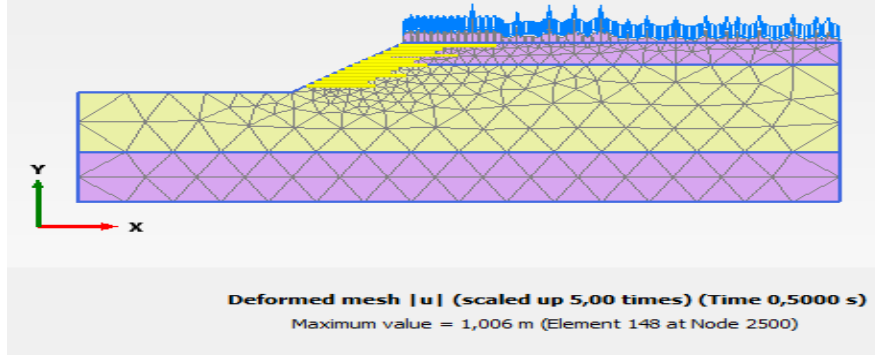
Şekil 4.162. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



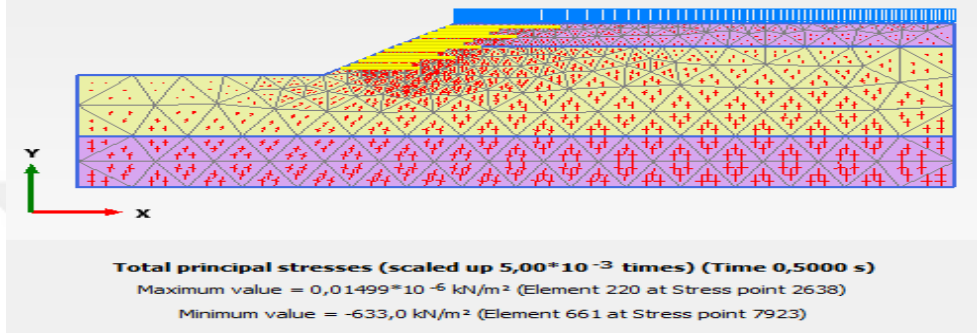
Şekil 4.163. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

E= 320 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

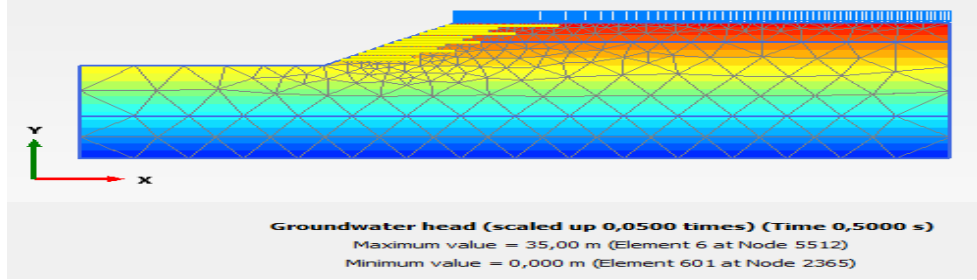
E= 320 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Şekil 4.164-4.167' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



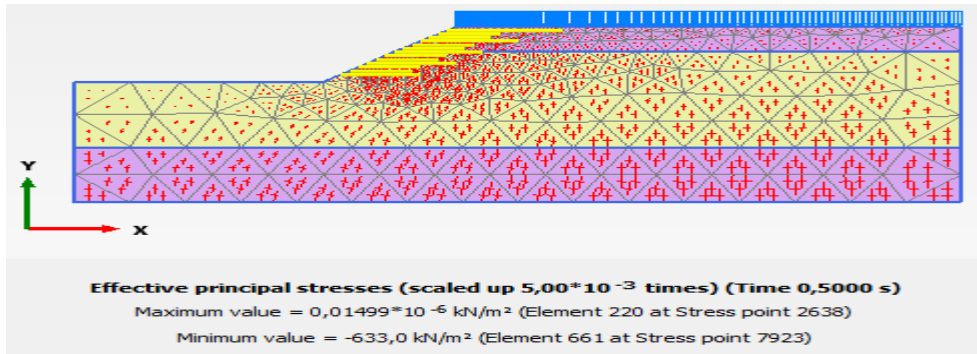
Şekil 4.164. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.165. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.166. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

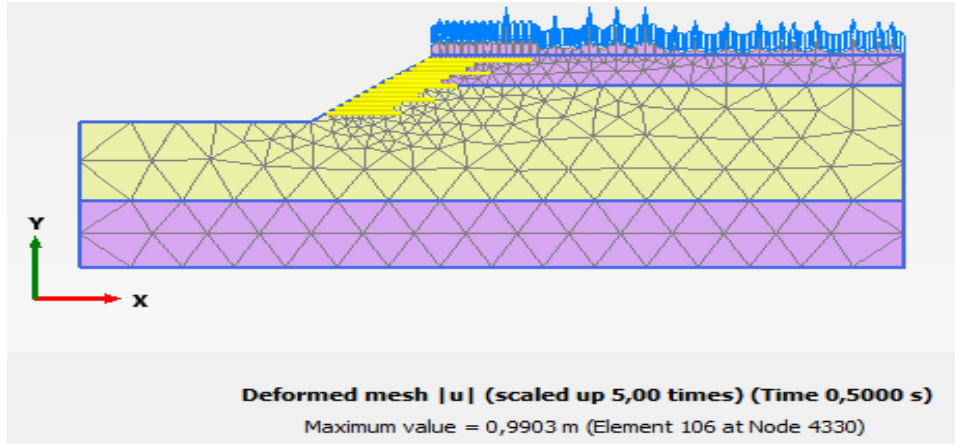


Şekil 4.167. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

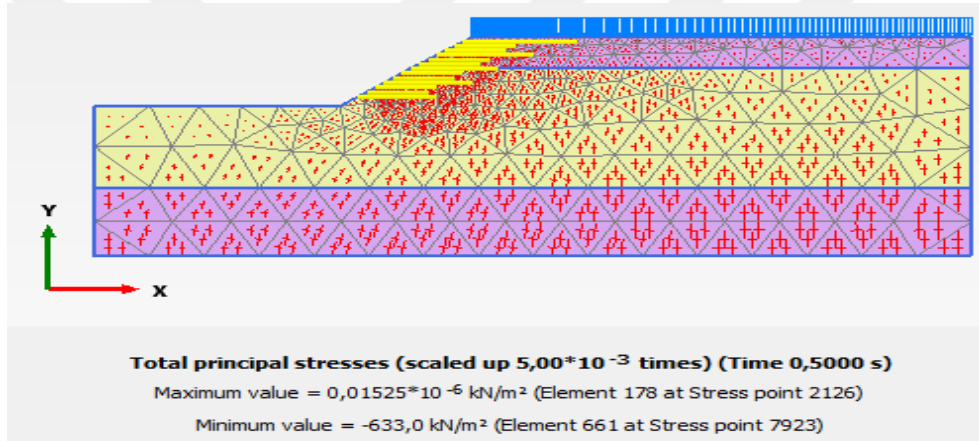
E= 640 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

E= 640 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Şekil 4.168-4.171' de oluşturulan geotekstil destekli

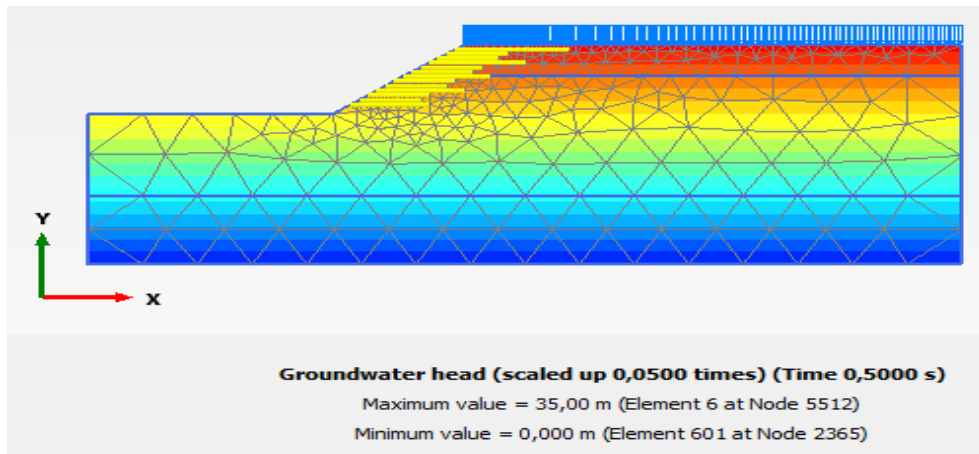
modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



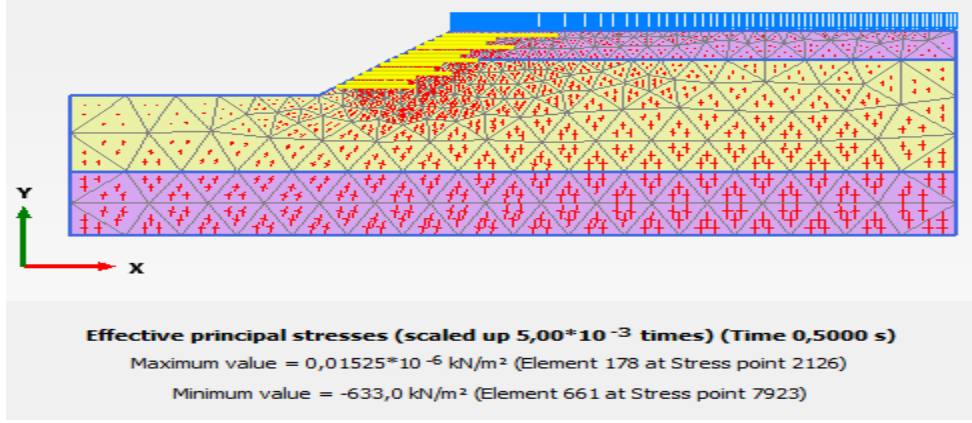
Şekil 4.168. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.169. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

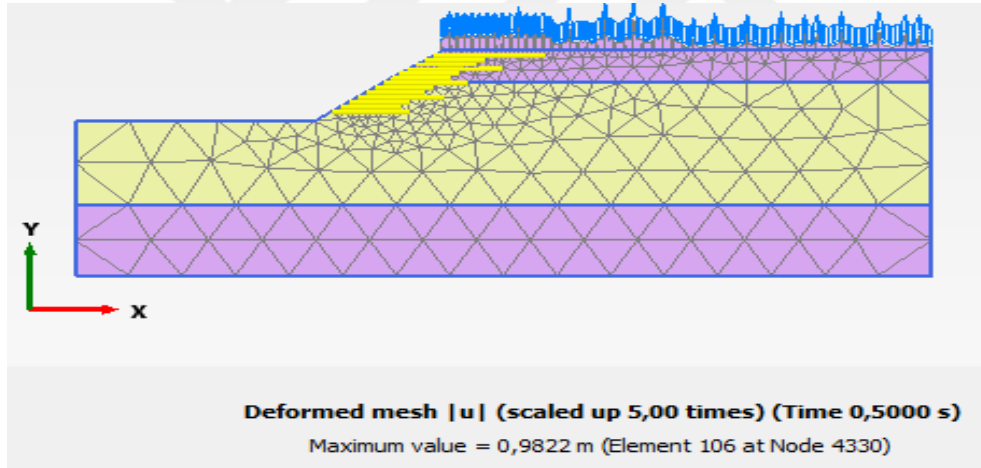


Şekil 4.170. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

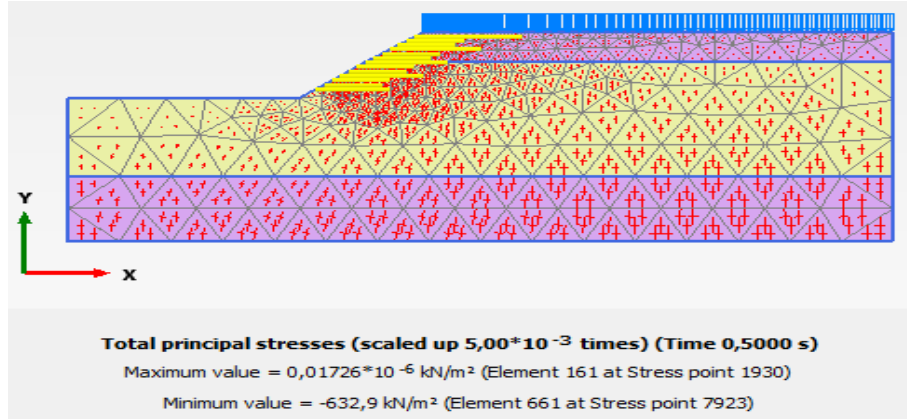


Şekil 4.171. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
E= 800 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

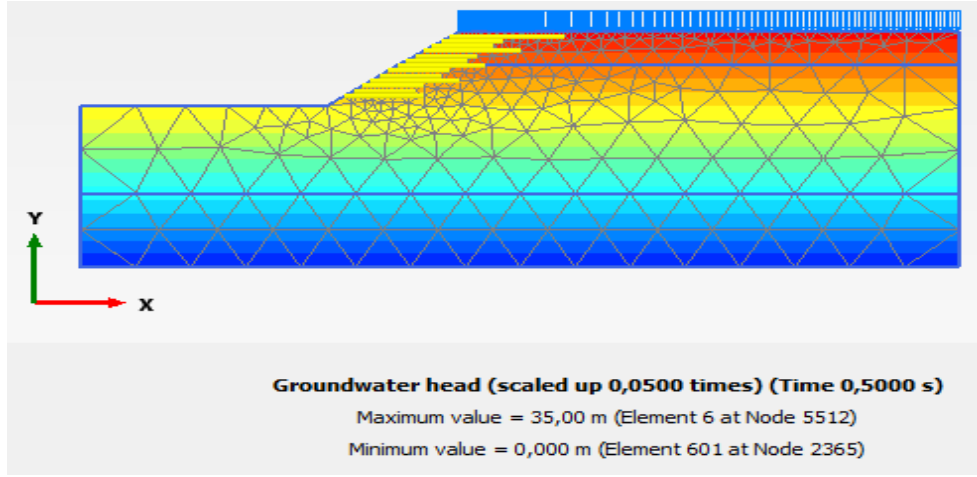
E= 800 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Şekil 4.172-4.175’ de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



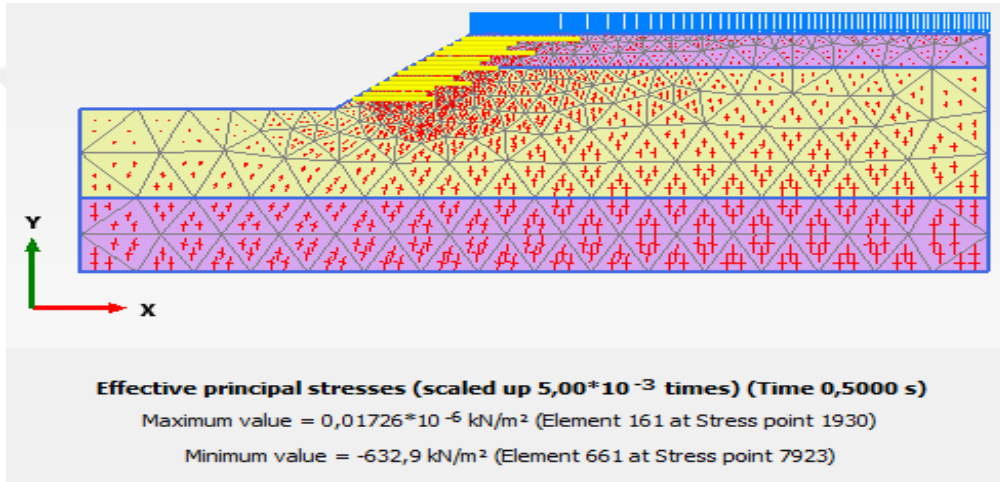
Şekil 4.172. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.173. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



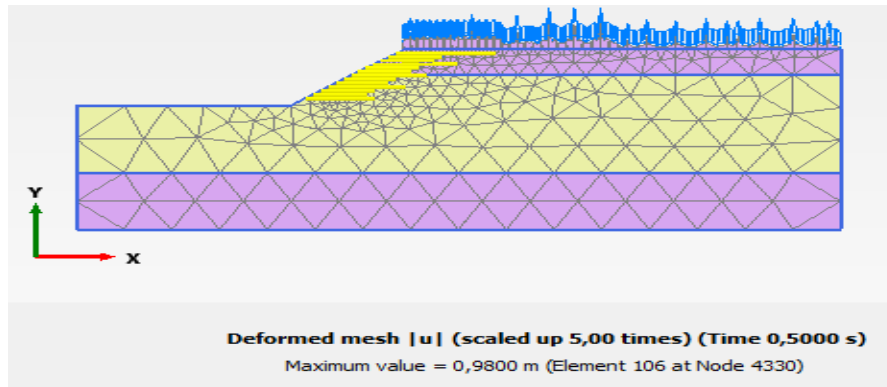
Şekil 4.174. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



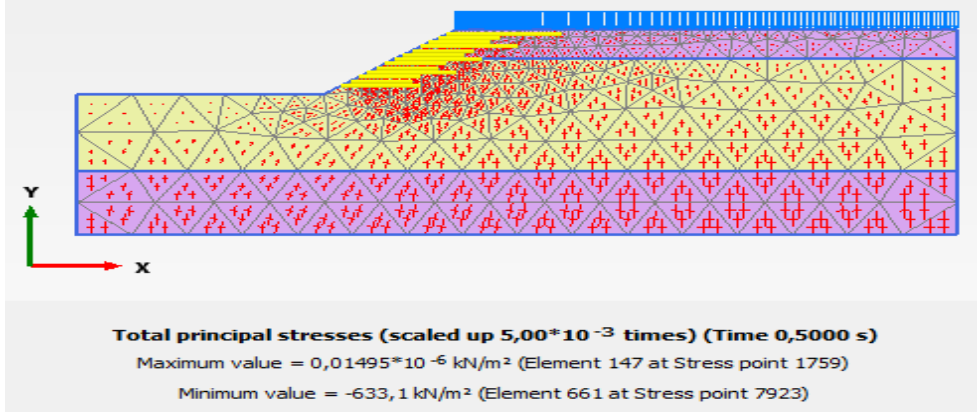
Şekil 4.175. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

E= 1000 kN/m Geotekstil Malzeme Kullanımı

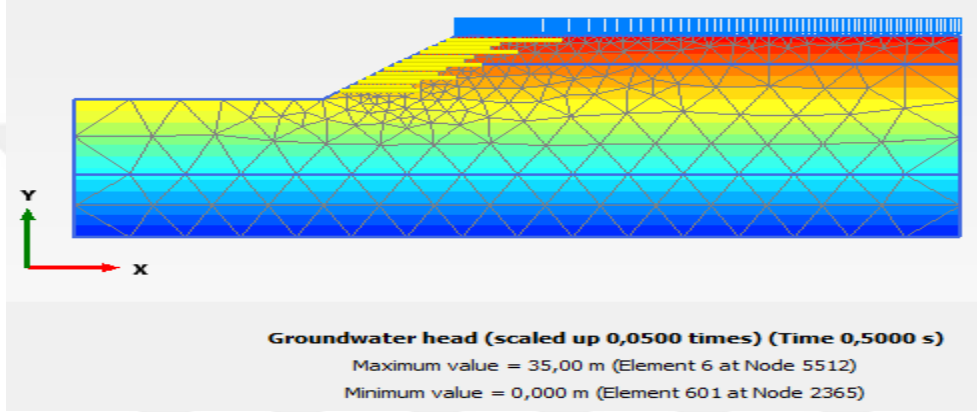
E= 1000 kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Şekil 4.176-4.179' de oluşturulan geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



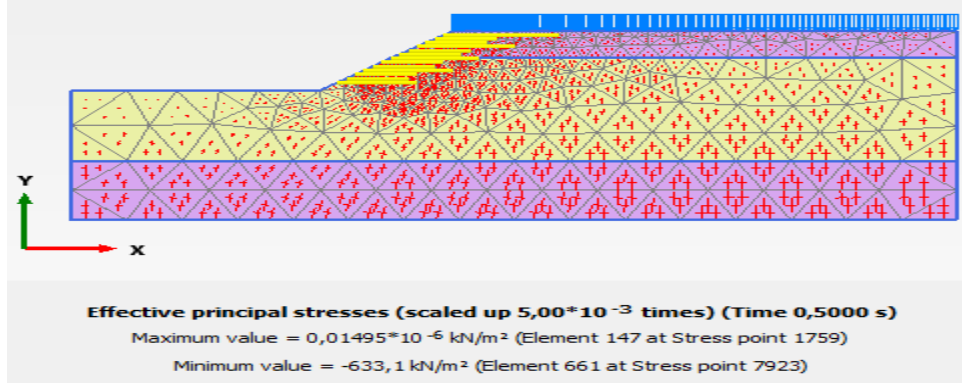
Şekil 4.176. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.177. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.178. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

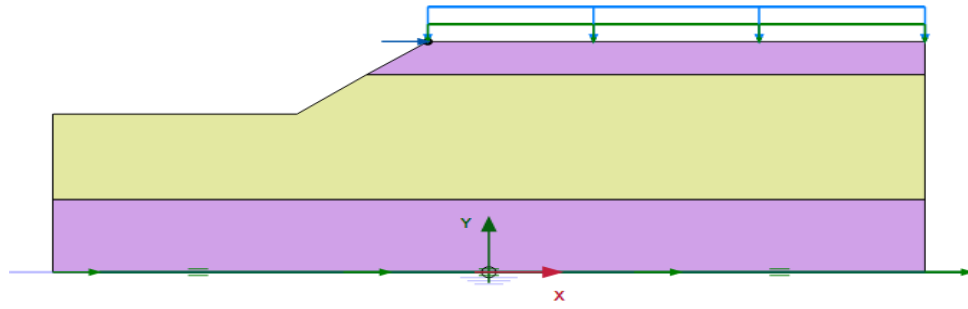


Şekil 4.179. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme

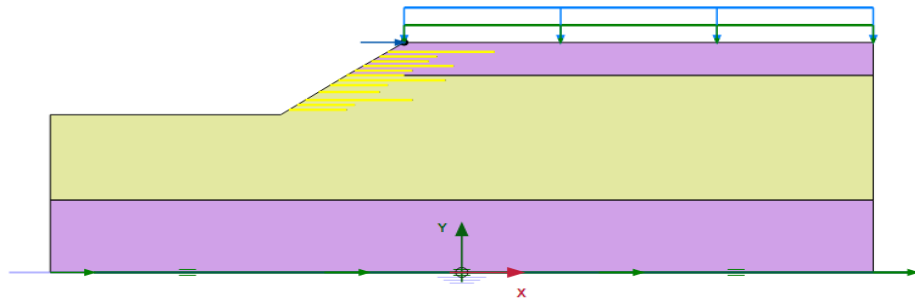
14.06.2020 Tarihli Gerçekleşen Bingöl-Karlıova Depremi ($M_w = 5,8$)

14.06.2020 tarihli gerçekleşen Bingöl-Karlıova depremi ($M_w = 5,8$) etkinde, $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Şekil 4.180' de geotekstil destekli ve desteksiz modellerin analizleri verilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 1,35 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 19,69 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.181). Şekil 4.182-4.184' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil

destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

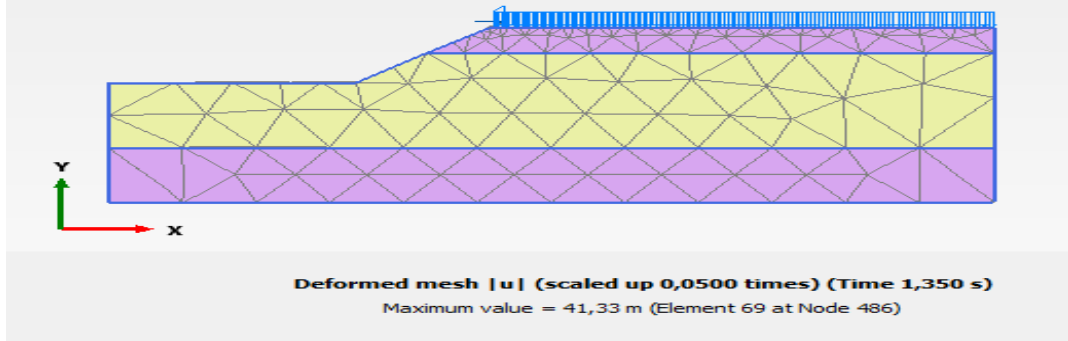


(a)

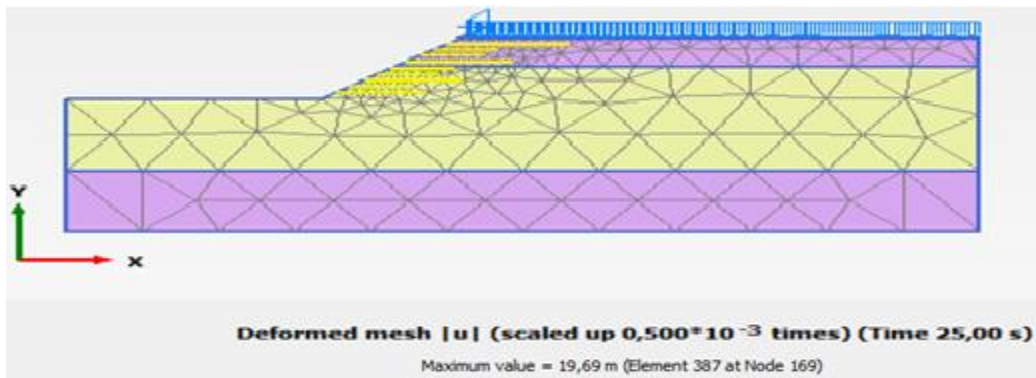


(b)

Şekil 4.180. Dinamik yük altında zemin davranışı (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli

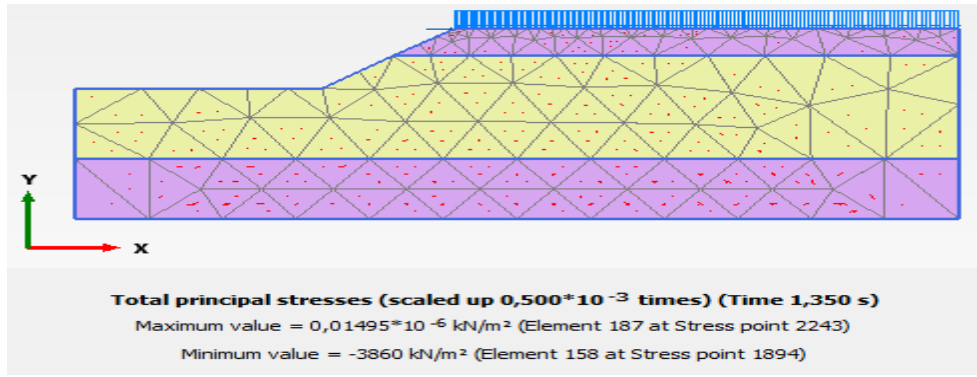


a)

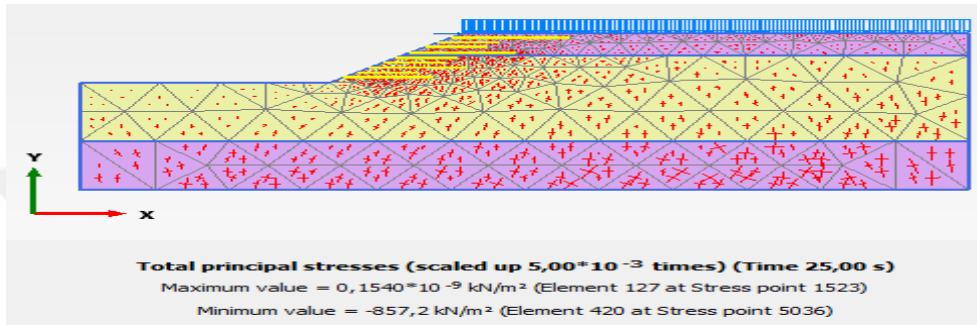


b)

Şekil 4.181. Deformasyon (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli

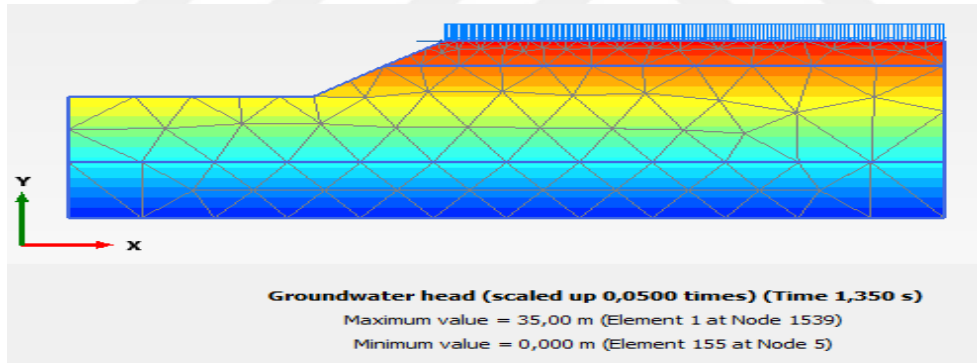


a)

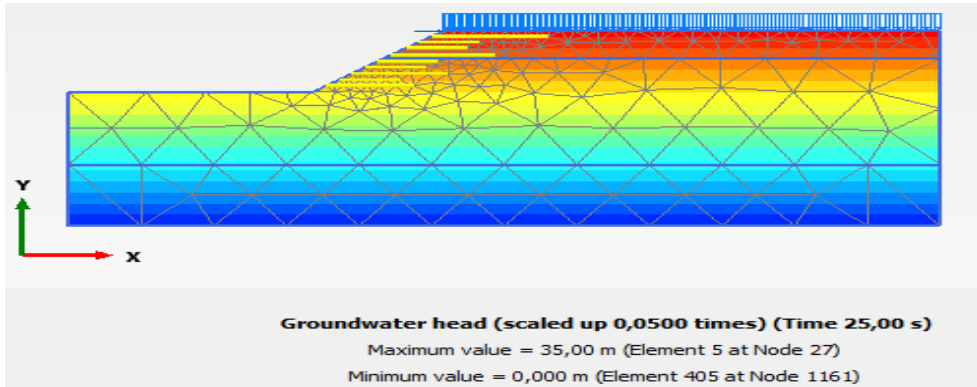


b)

Şekil 4.182. Toplam gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b) Geotekstil destekli

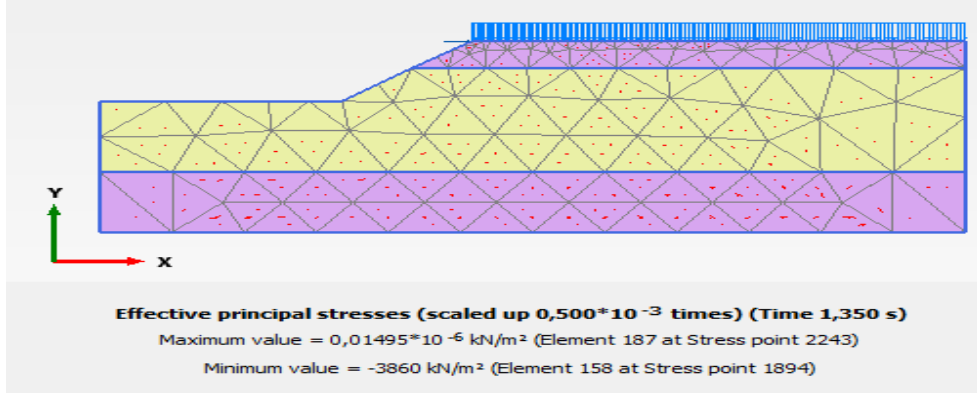


a)

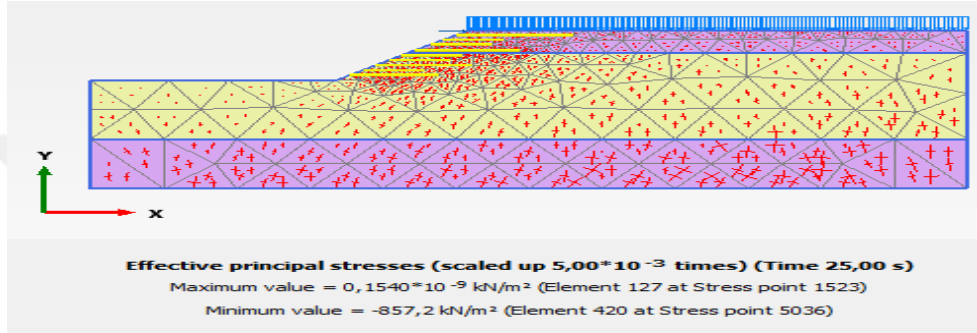


b)

Şekil 4.183. Boşluk suyu basıncı (a) Geotekstil desteksiz (b) Geotekstil destekli



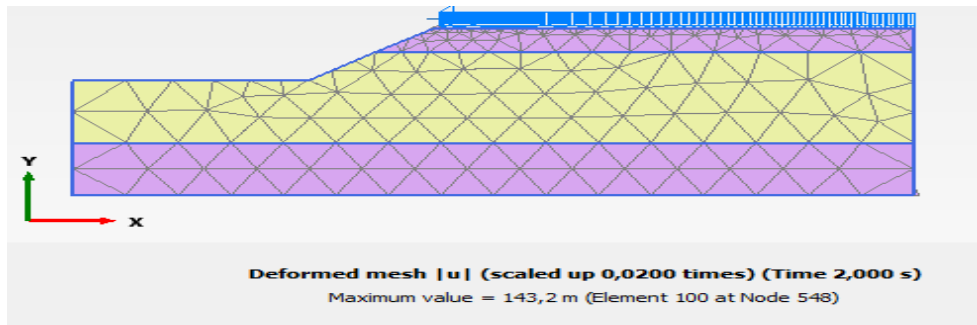
a)



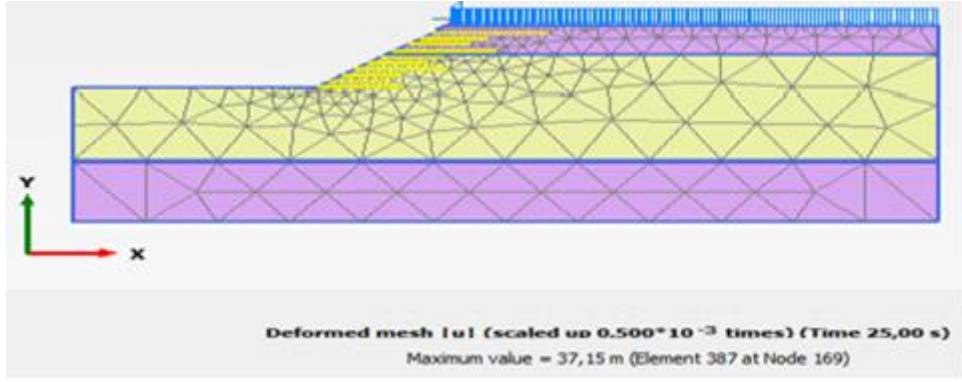
b)

Şekil 4.184. Efektif gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli
17.08.1999 Tarihli Gerçekleşen Kocaeli Depremi ($M_w = 7,4$)

17.08.1999 tarihli gerçekleşen Kocaeli depremi ($M_w = 7,4$) etkisinde, $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir. Geotekstil desteksiz oluşturulan modellerde zemin 25 s' yi tamamlayamamış 2 s sonra göçmüştür. Geotekstil destekli oluşturulan modellerde deformasyonun 37,15 m olduğu görülmüştür (Şekil 4.185). Şekil 4.186-4.188' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin deformasyon, toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve toplam efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.

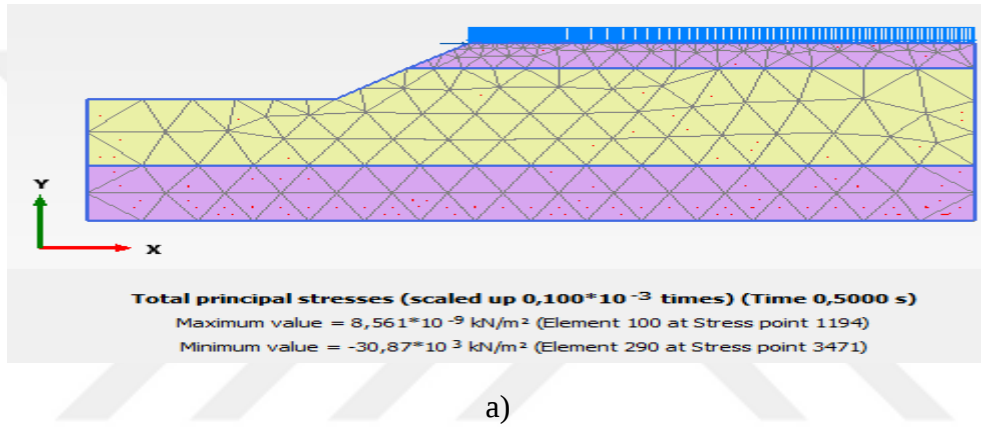


a)

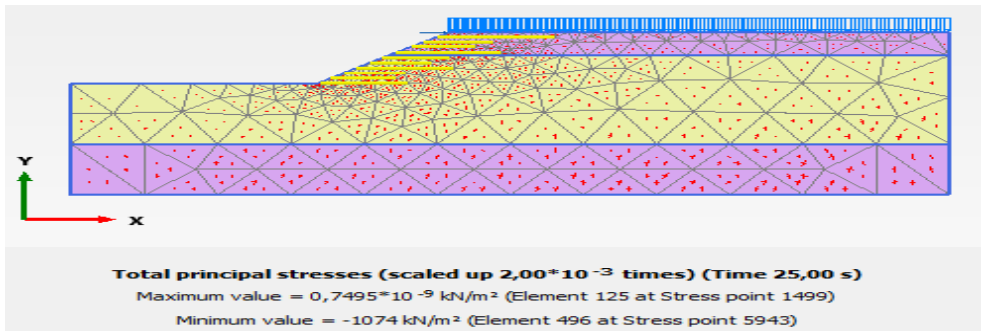


b)

Şekil 4.185. Deformasyon (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli

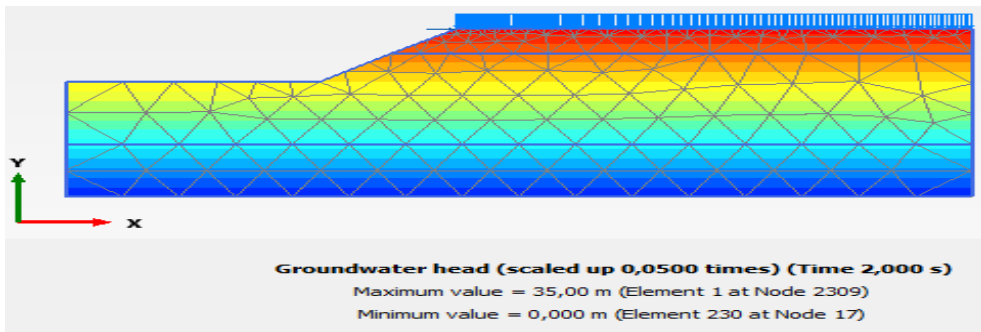


a)

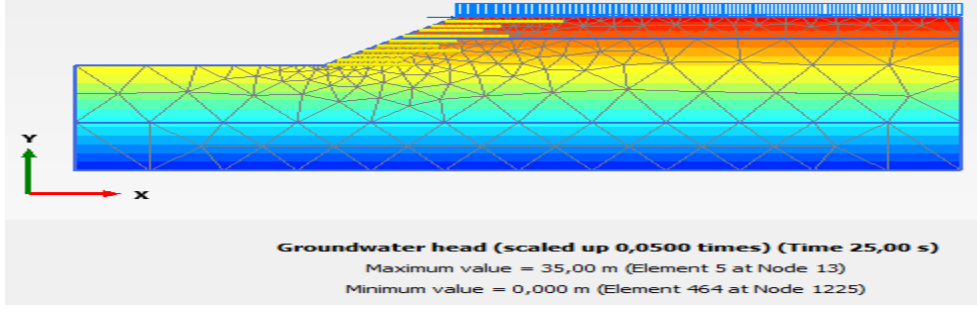


b)

Şekil 4.186. Toplam gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli

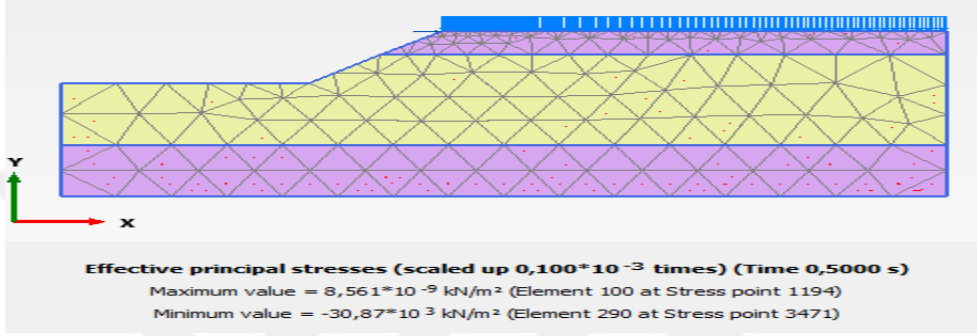


a)

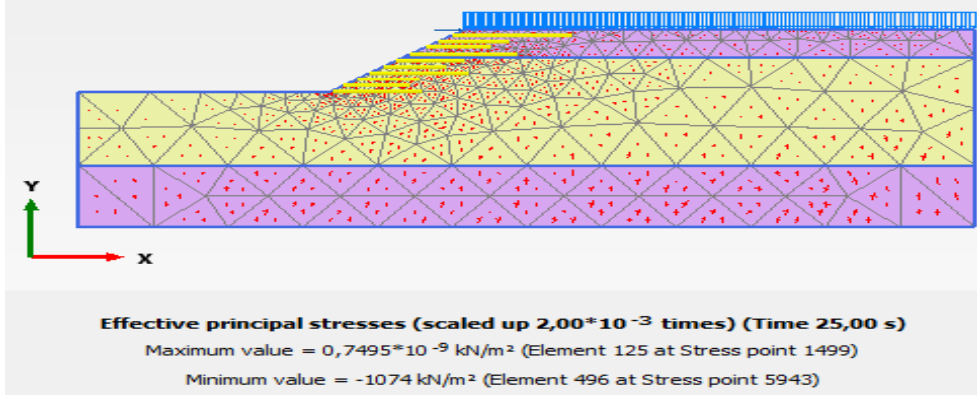


b)

Şekil 4.187. Boşluk suyu basıncı (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli



a)

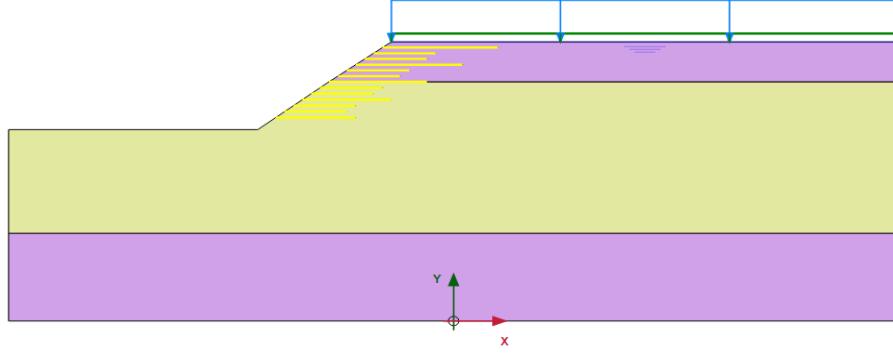


b)

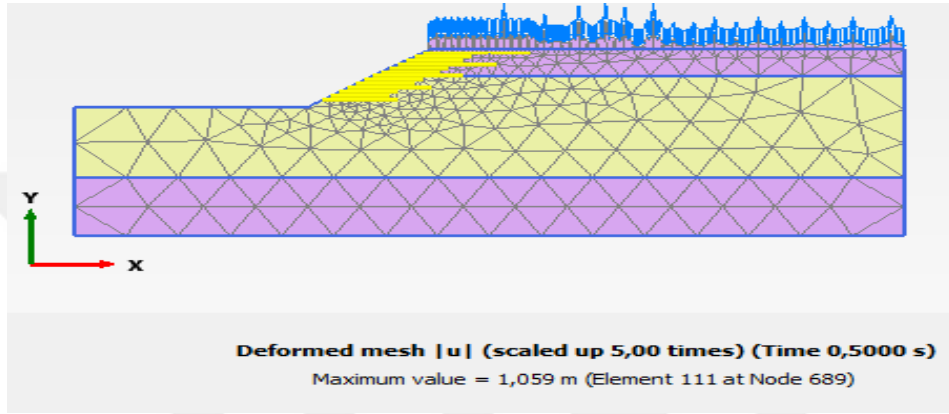
Şekil 4.188. Efektif gerilme (a) Geotekstil desteksiz (b)Geotekstil destekli

Zemin Yüzeyinde Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

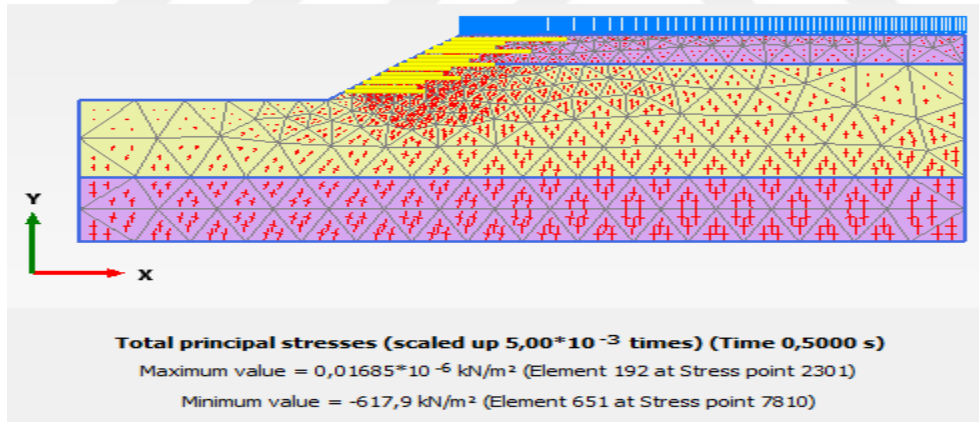
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir (Şekil 4.189). Oluşturulan modellerde deformasyonun 1,059 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.190). Şekil 4.191-4.193' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



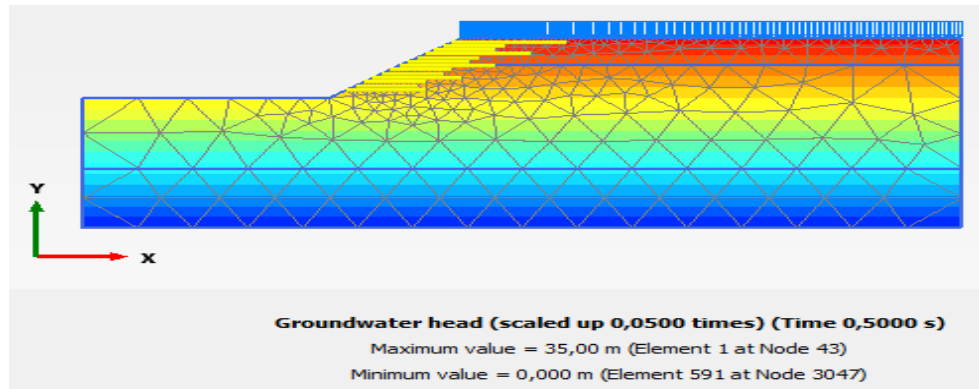
Şekil 4.189. Yer altı su seviyesinin zemin profilinin yüzeyinde olması



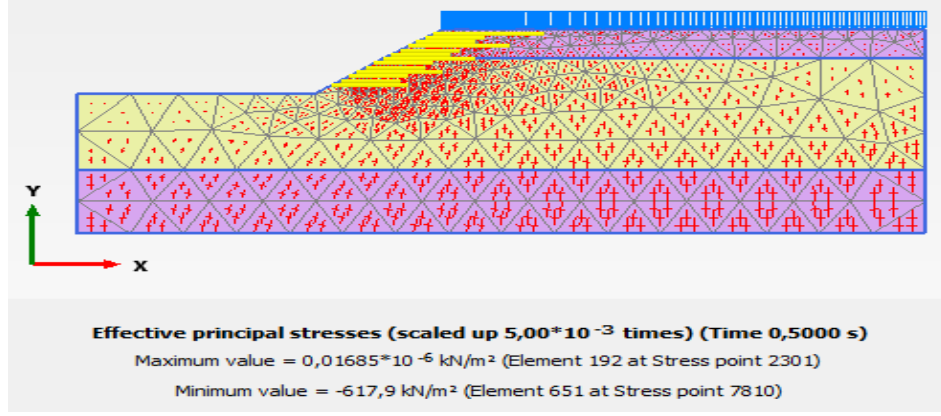
Şekil 4.190. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.191. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

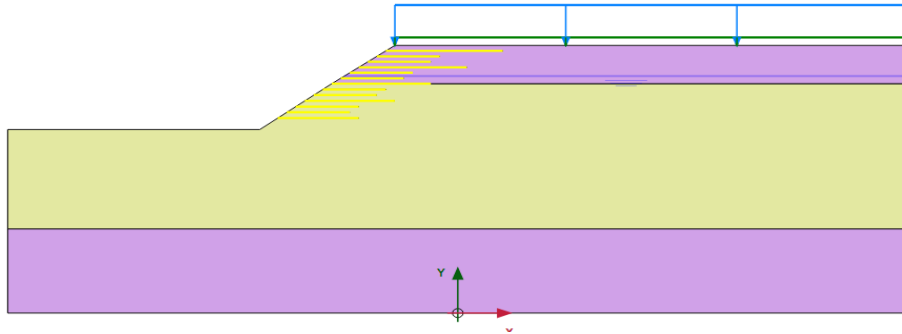


Şekil 4.192. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

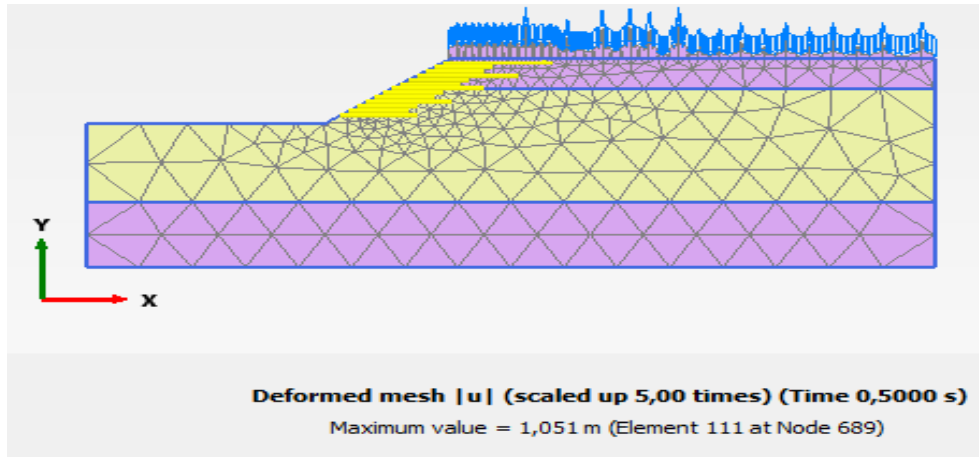


Şekil 4.193. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Profilinden 1 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

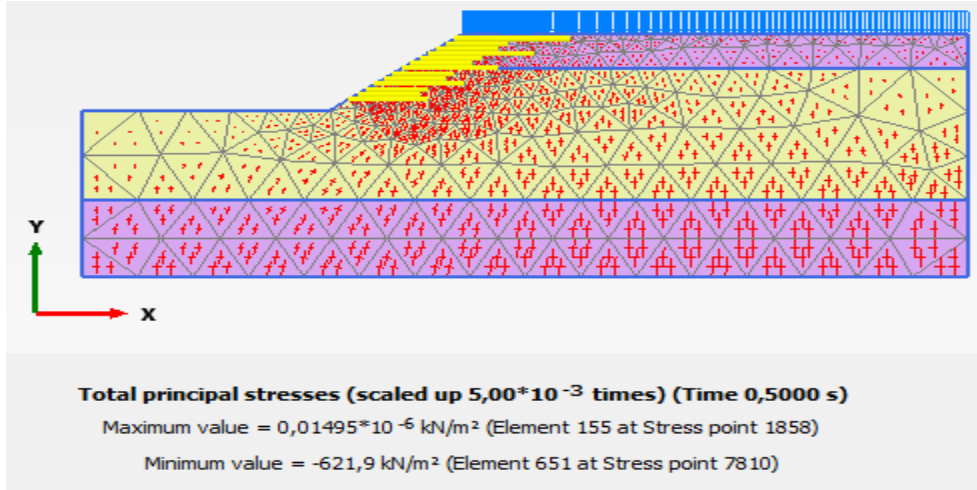
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyden 1 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir (Şekil 4.194). Oluşturulan modellerde deformasyonun 1,051 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.195). Şekil 4.196-4.198’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



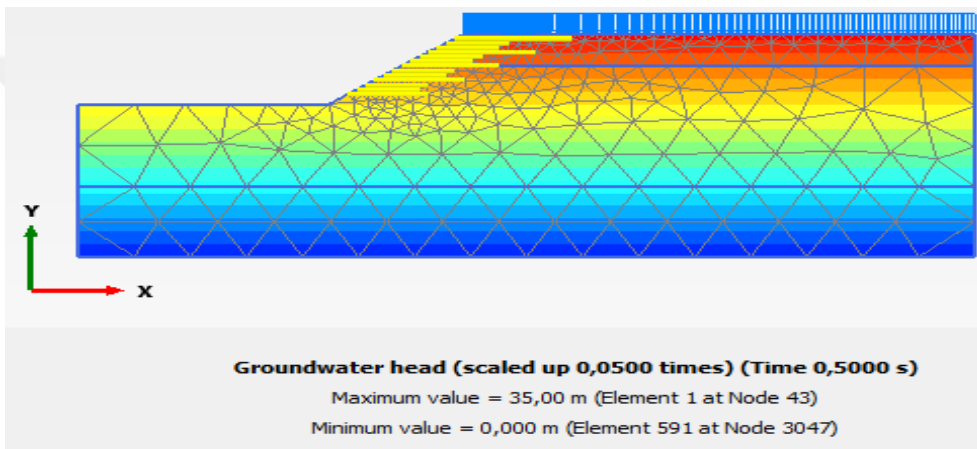
Şekil 4.194. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 1 metre aşağı tanımlanması



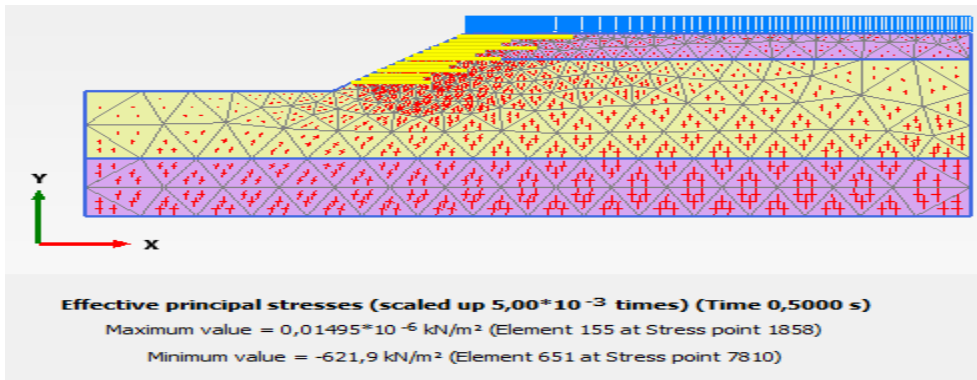
Şekil 4.195. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.196. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



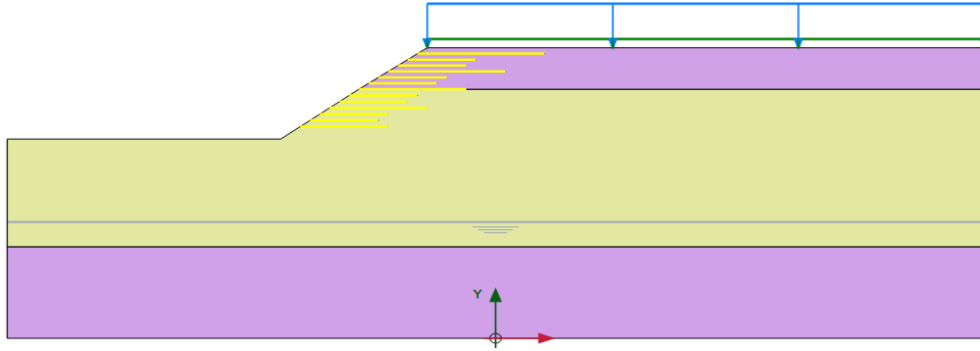
Şekil 4.197. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



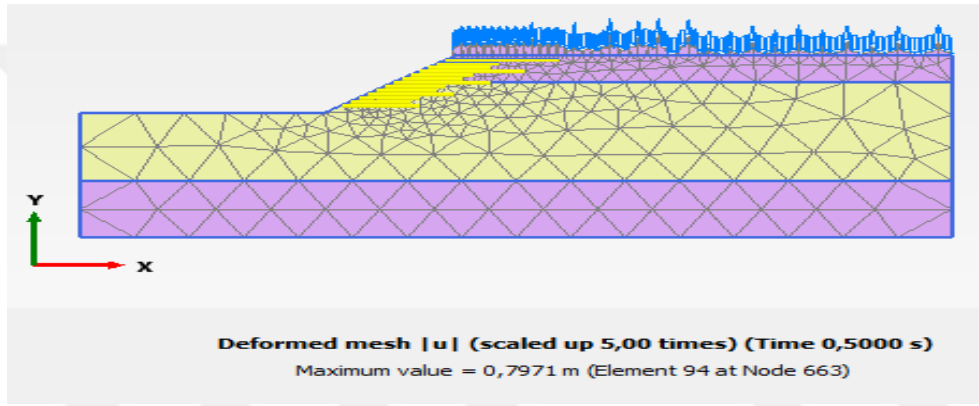
Şekil 4.198. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Profilinden 22 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyden 22 m aşağıda olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir (Şekil 4.199). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7971 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.200). Şekil 4.201-4.203' de

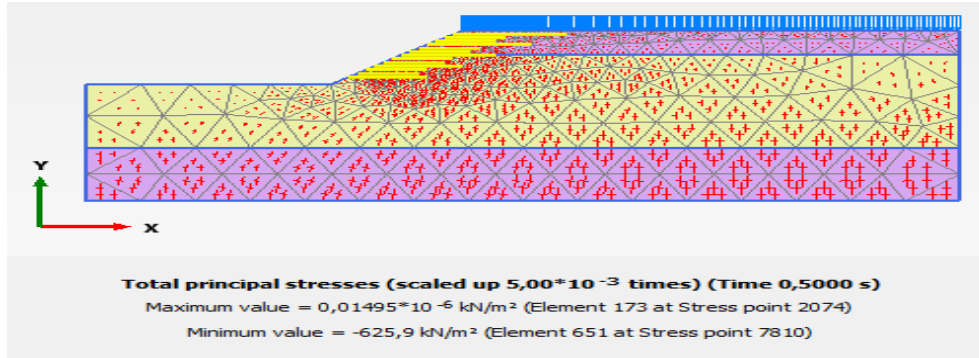
oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



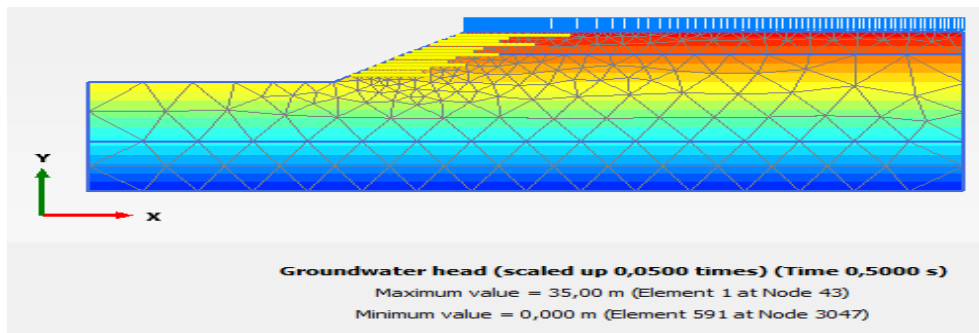
Şekil 4.199. Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 22 metre aşağıda olması



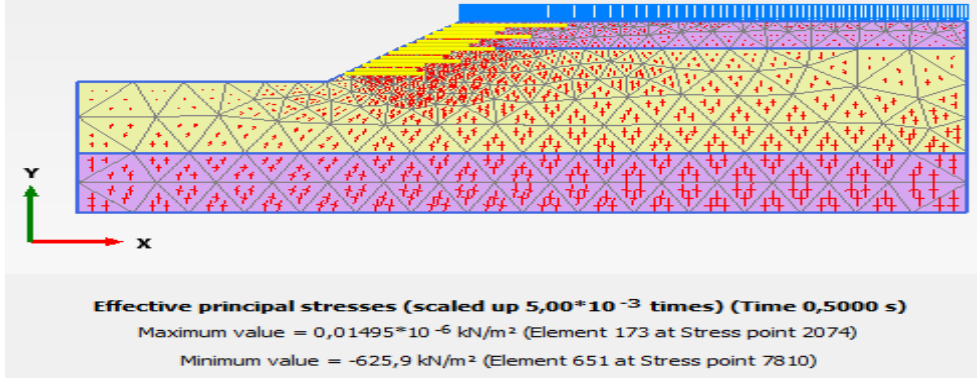
Şekil 4.200. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.201. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

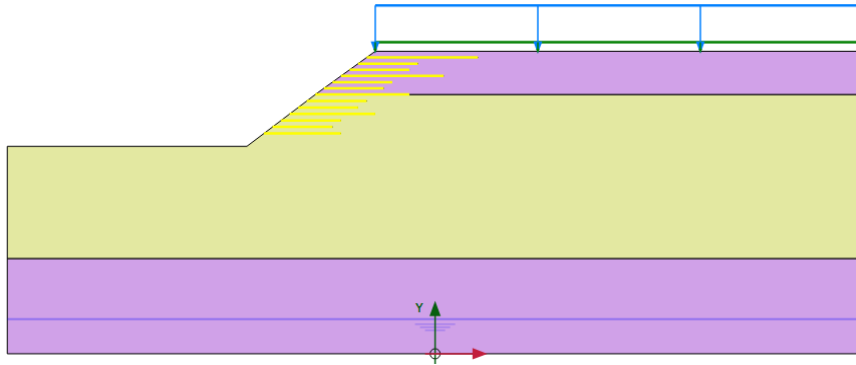


Şekil 4.202. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

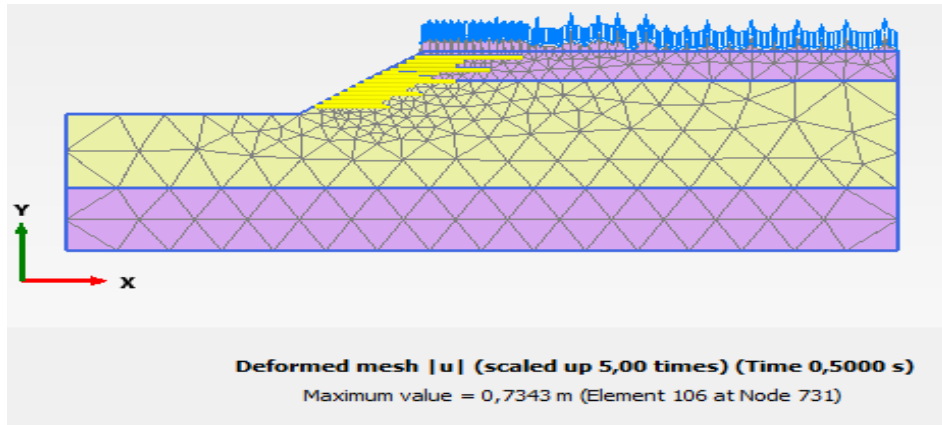


Şekil 4.203. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Profilinden 30 m Aşağıda Yer Altı Su Seviyesi Olması Durumu

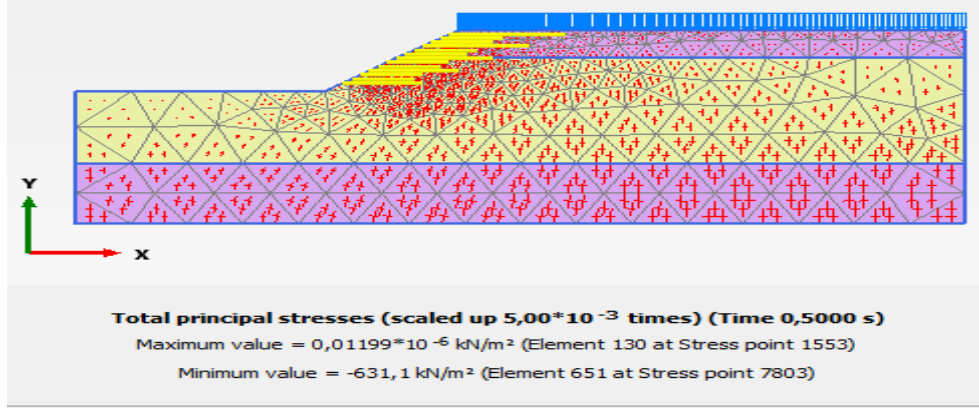
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde yer altı su seviyesinin yüzeyden 30 m aşağıda olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve bir uzun iki kısa düzensiz uzunlukta yerleştirilmiştir (Şekil 4.204). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7343 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.205). Şekil 4.206-4.208’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



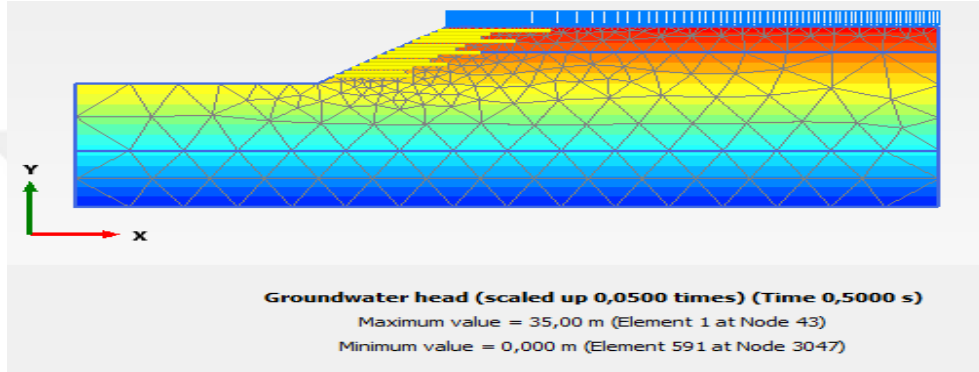
Şekil 4.204 Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyinden 30 metre aşağıda olması



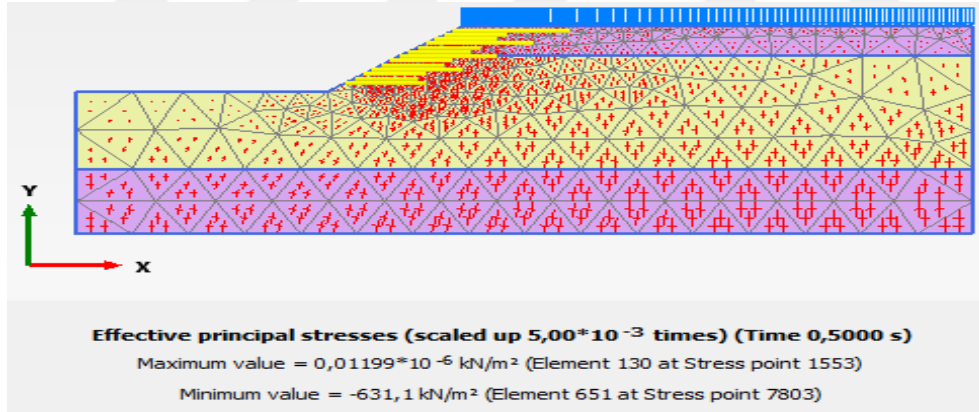
Şekil 4.205. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.206. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

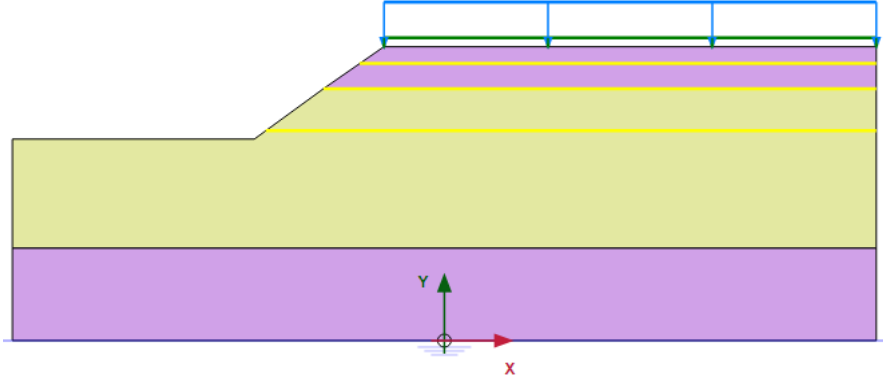


Şekil 4.207. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

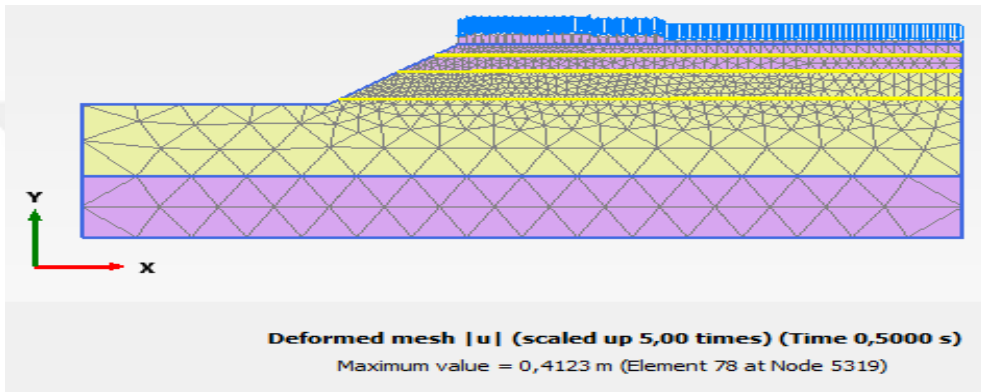


Şekil 4.208. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Modeline 3 m, 5 m ve 10 m Aşağıya Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

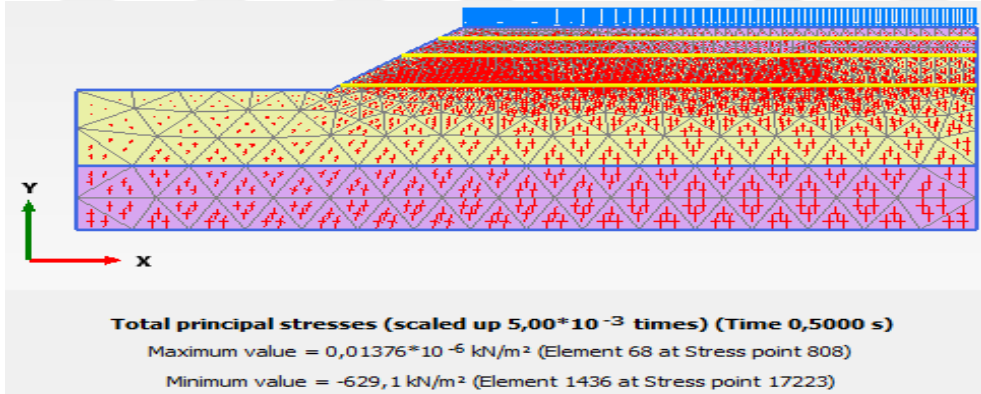
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve zemin yüzeyinden 3 m, 5 m ve 10 m aşağıya 3 sıra yerleştirilmiştir (Şekil 4.209). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,4123 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.210). Şekil 4.211-4.213' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



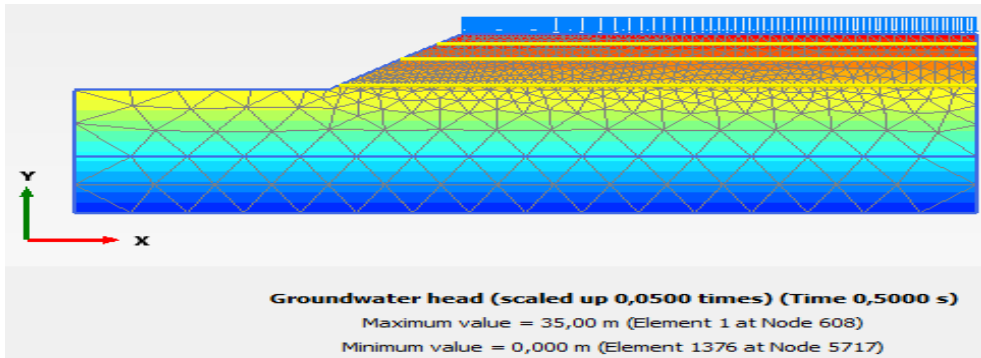
Şekil 4.209. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 3 metre, 5 metre ve 10 metre aşağıya yerleştirilmesi



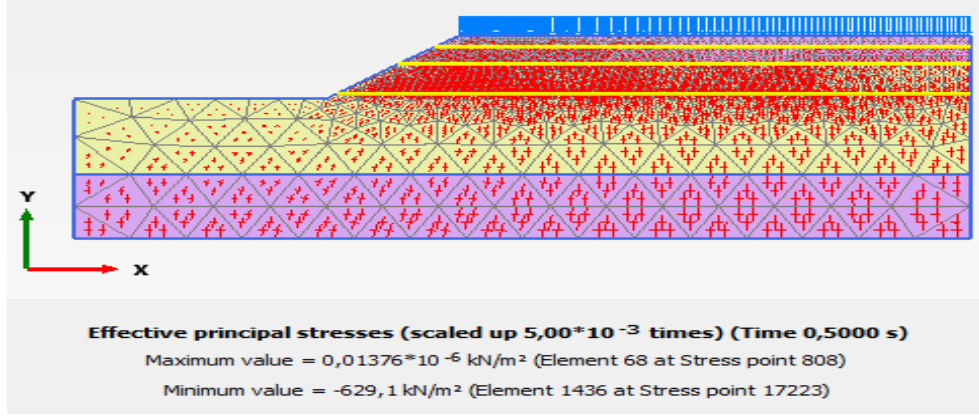
Şekil 4.210. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.211. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

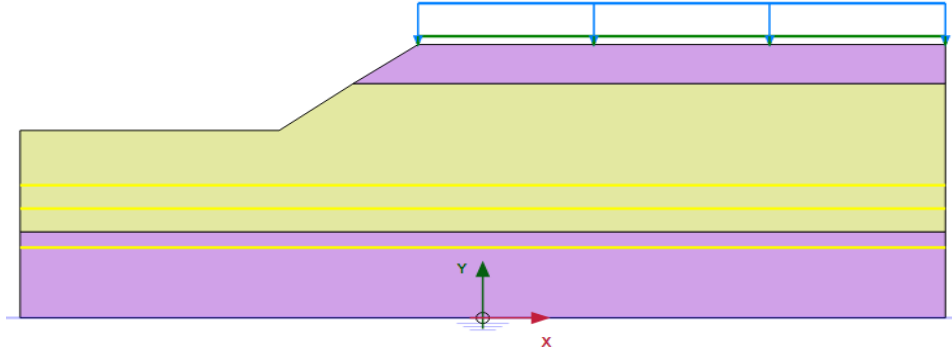


Şekil 4.212. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

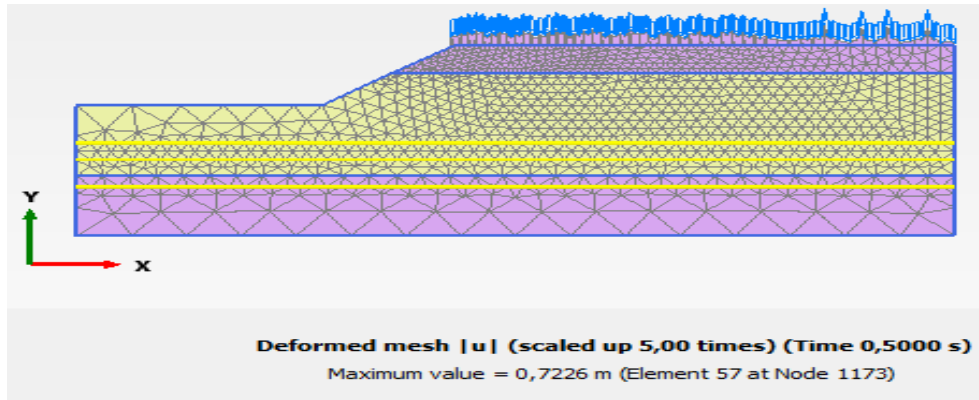


Şekil 4.213. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Modeline 18 m, 21 m ve 26 m Aşağıya Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

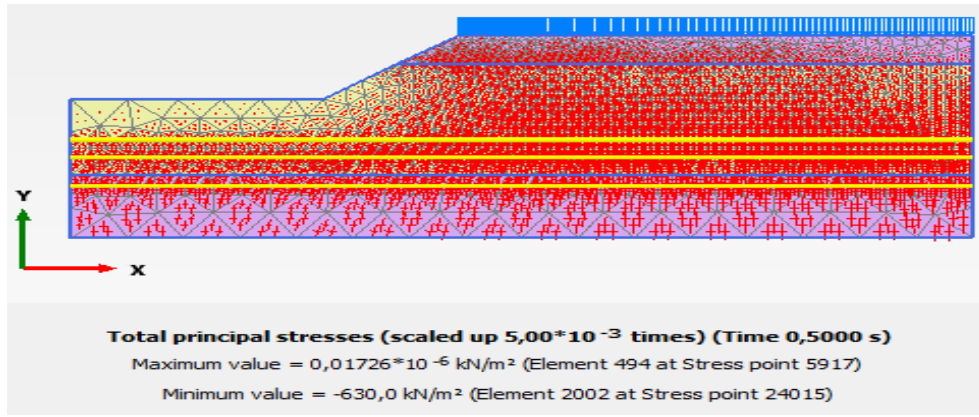
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve zemin yüzeyinden 18 m, 21 m ve 26 m aşağıya 3 sıra yerleştirilmiştir (Şekil 4.214). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7226 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.215). Şekil 4.216-4.218’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



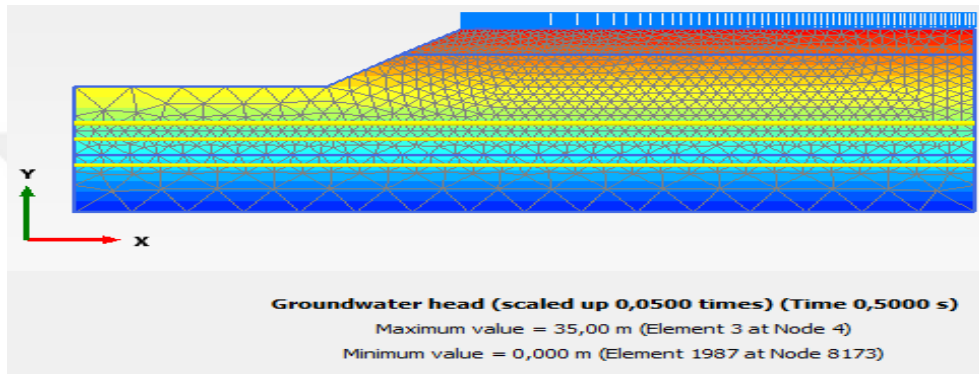
Şekil 4.214. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 18 metre, 21 metre ve 26 metre aşağıya yerleştirilmesi



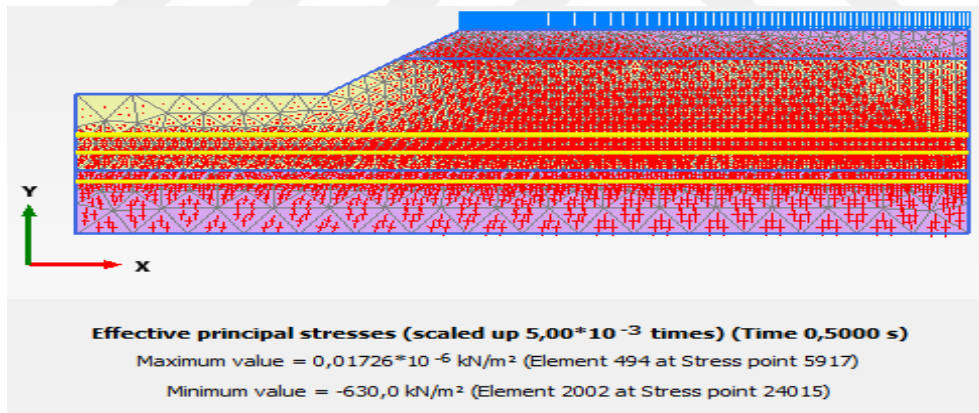
Şekil 4.215. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.216. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

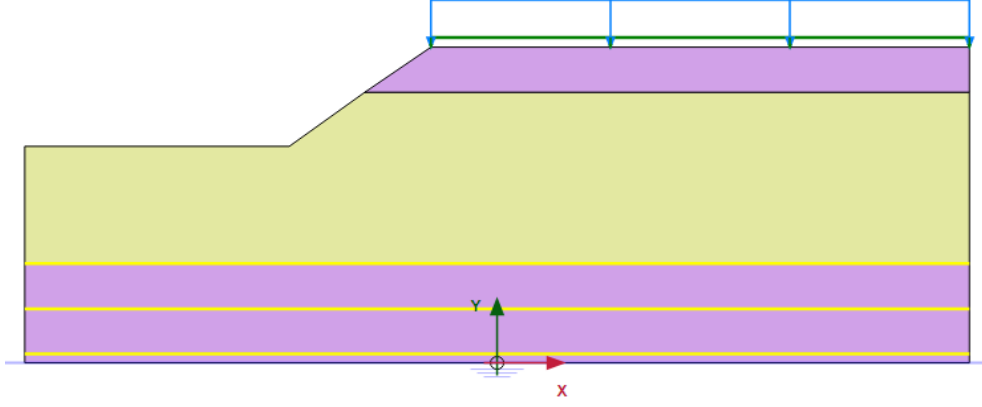


Şekil 4.217. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

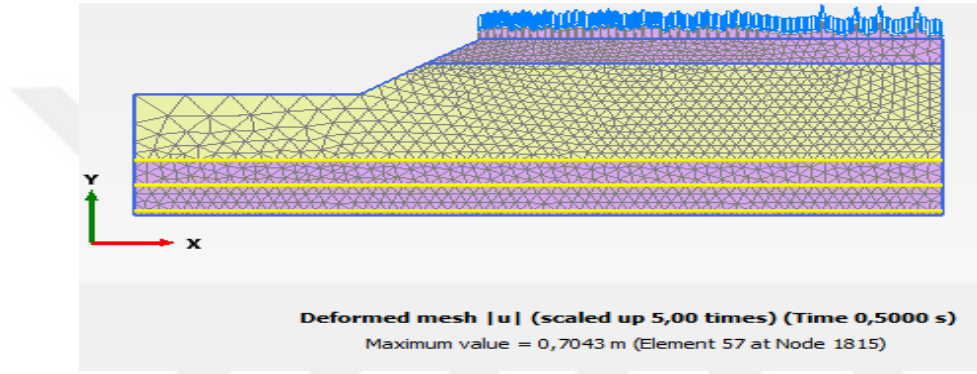


Şekil 4.218. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam efektif gerilme
Zemin Modeline 24 m, 29 m ve 34 m Aşağıya Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

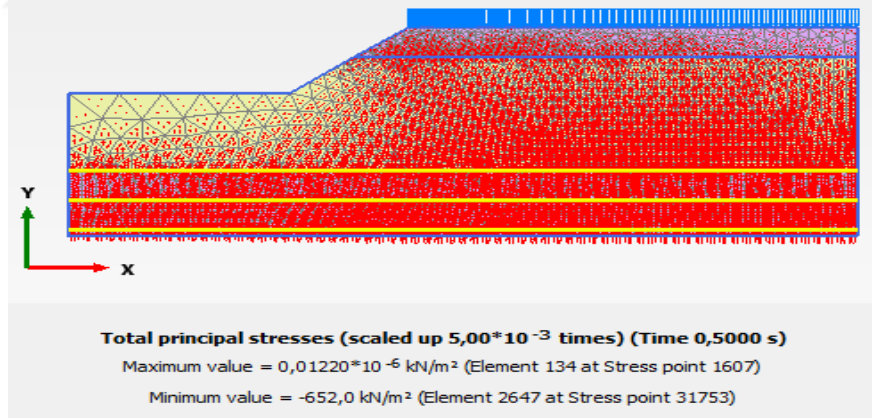
Tablo 4.2' de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130$ kN/m elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve zemin yüzeyinden 24 m, 29 m ve 34 m aşağıya 3 sıra yerleştirilmiştir (Şekil 4.219). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7043 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.220). Şekil 4.221-4.223' de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



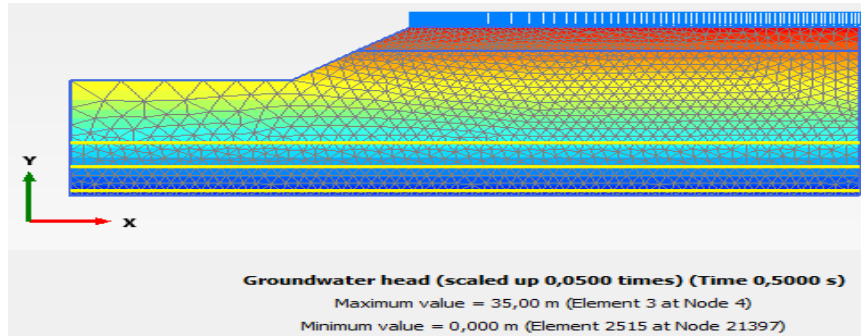
Şekil 4.219. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 24 metre, 29 metre ve 34 metre aşağıya yerleştirilmesi



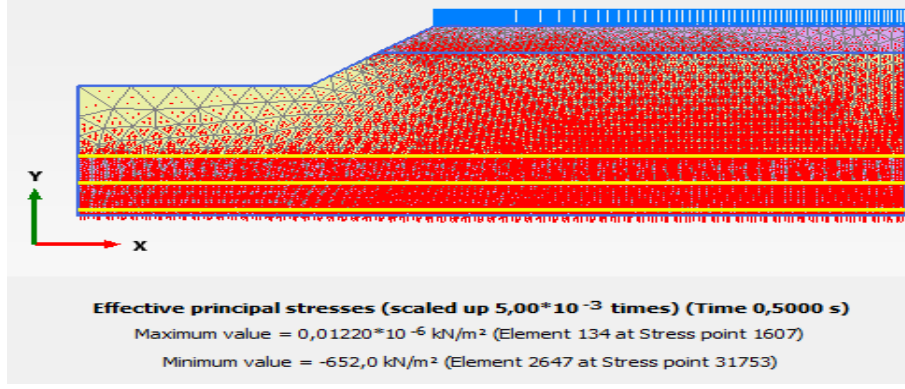
Şekil 4.220. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.221. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme

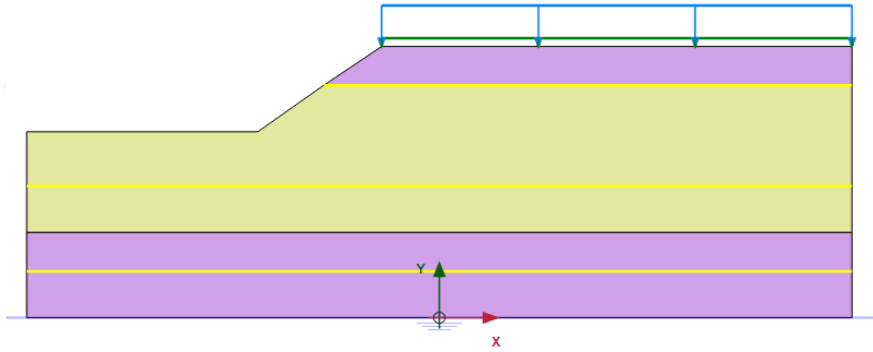


Şekil 4.222. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu

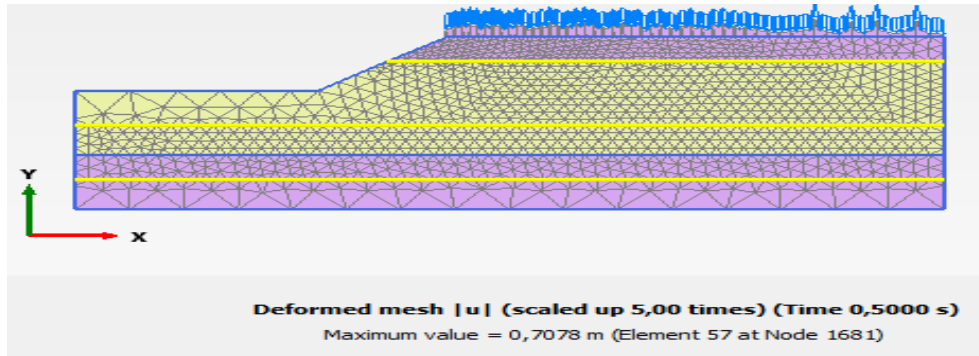


Şekil 4.223. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme
Zemin Modeline 5 m, 18 m ve 29 m Aşağıya Geotekstil Malzeme Yerleştirilmesi

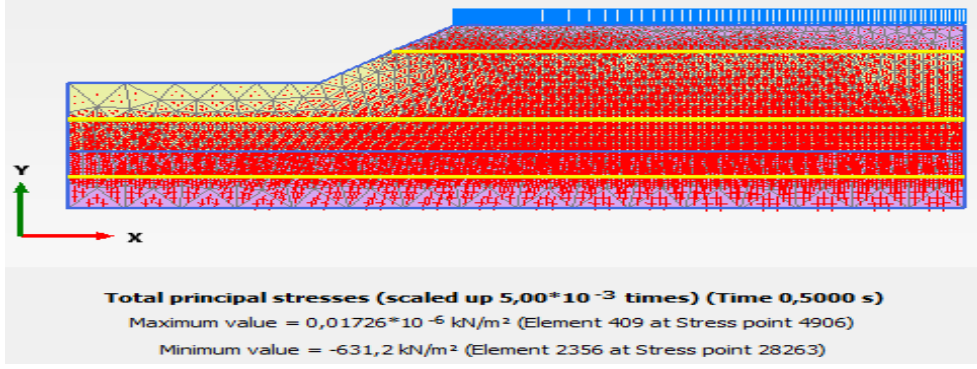
Tablo 4.2’ de verilen harmonik yük etkisinde, yer altı su seviyesinin yüzeyde olması durumunda $E = 130 \text{ kN/m}$ elastik rijitliğe sahip geotekstil 12 m yüksekliğindeki şeve zemin yüzeyinden 5 m, 18 m ve 29 m aşağıya 3 sıra yerleştirilmiştir (Şekil 4.224). Oluşturulan modellerde deformasyonun 0,7078 m olduğu görülmektedir (Şekil 4.225). Şekil 4.226-4.228’ de oluşturulan deprem etkisinde, geotekstil destekli modellerin toplam gerilme, boşluk suyu basıncı ve efektif gerilme analiz kesitleri verilmiştir.



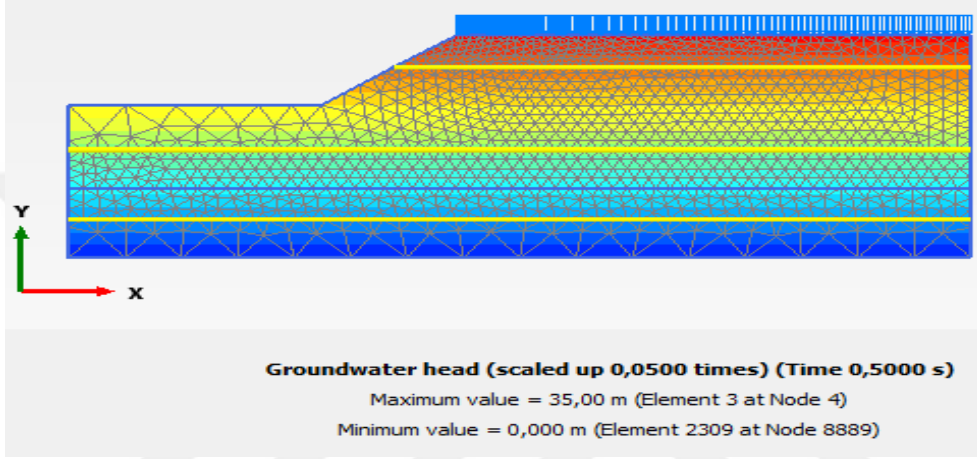
Şekil 4.224. Geotekstil malzemenin zemin yüzeyinden 5 metre, 18 metre ve 29 metre aşağıya yerleştirilmesi



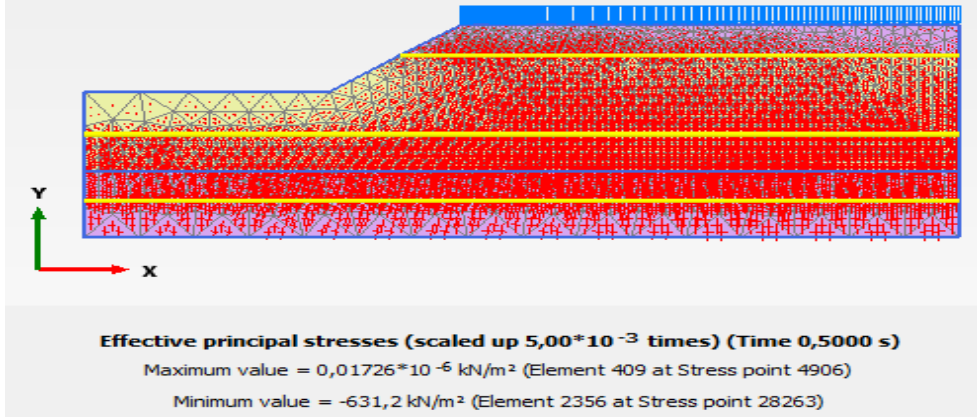
Şekil 4.225. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan deformasyon



Şekil 4.226. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan toplam gerilme



Şekil 4.227. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan boşluk suyu



Şekil 4.228. Dinamik yük altında geotekstil kullanımıyla oluşan efektif gerilme

Şev stabiltesinde yapılan analiz sonuçlarında deprem etkisi altında deformasyonun arttığı görülmüştür. Yer altı su seviyesinin aşağı inmesiyle deformasyon azalmıştır. Geotekstil desteksiz modellenen zemin profillerinde oluşan deformasyonun geotekstil kullanılarak azaldığı ve geotekstil malzemenin elastik rijitliğinin artmasıyla deformasyonun daha da azaldığı görülmüştür. Ayrıca şeve 4 farklı şekilde geotekstil malzeme eşit aralık-eşit uzunluk, farklı aralık-eşit uzunlukla yerleştirildiğinde deformasyonu azaltmak için en iyi tasarımın geotekstil malzemenin şeve eşit aralık ve eşit uzunluklarla yerleştirilmesi olduğu görülmüştür.

Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada, 2 farklı zemin problemünde, farklı zemin profillerinde, farklı yer altı su seviyelerinde, farklı deprem ivmelerinde ve farklı dayanıma sahip geotekstil kullanımında sonlu elemanlar yöntemine dayanan Plaxis 2D bilgisayar yazılımı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Böylelikle farklı durumlarda geotekstil kullanımının zemin deformasyona etkisi incelenmiştir. Yapılan analizlerin sonuçları değerlendirilerek, karşılaştırılmıştır.

Farklı zemin profillerinde geotekstil kullanıldığında ve kullanılmadığında analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- a) Karayolu dolgusu modellemesinde iki farklı zemin profili kullanılmıştır. 1. zemin profillerinde yukarıdan aşağıya sırasıyla kil ($E= 350 \text{ kN/m}^2$), kil ($E= 1000 \text{ kN/m}^2$) ve orta sıkı kum zemin tabakaları üzerine yol dolgusu yerleştirilmiştir. Bu zemin profilinde statik yük altında yol dolgusuna 1' er m aralıklar ile geotekstil malzeme yerleştirildiğinde geotekstil malzeme kullanılmadan yapılan analize göre daha az deformasyon olduğu gözlemlenmiştir. Geotekstil malzemenin elastik rijitliği arttıkça oluşan deformasyonun azaldığı görülmüştür. Aynı zemin profilinde geotekstiller zemin tabakalarına yerleştirildiğinde deformasyonda azalma görülmüştür. 2. zemin profilinde ise yukarıdan aşağıya sırasıyla kil ($E= 1000 \text{ kN/m}^2$), kil ($E= 350 \text{ kN/m}^2$) ve orta sıkı kum zemin tabakaları üzerine yol dolgusu inşa edilmiştir. Analiz aşamaları ilk zemin profili ile aynı olup geotekstil kullanımıyla deformasyonun azaldığı görülmüştür.
- b) Şev stabilitesi profilinde yukarıdan aşağıya sırasıyla kum, kil, kum zemin modelleri vardır. Statik yük altında şevde oluşan deformasyon geotekstil malzeme kullanılmadan ve geotekstil malzeme kullanılarak analiz yapılmış ve geotekstil malzemenin deformasyonun azalttığı gözlemlenmiştir. Şeve geotekstil malzeme eşit aralık-eşit uzaklık ve farklı aralık-eşit uzunluk şeklinde 4 farklı model oluşturulmuştur. Düşeyde deformasyonu azaltmak için şeve uygulanan en iyi tasarım eşit aralık-eşit uzunlukla geotekstil malzeme yerleştirilmesiyle elde edilmiştir.

(Bingöl-Karlıova $M_w=5,8$, Kocaeli $M_w=7,4$) deprem etkisinde yapılan analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- a) Karayolu dolgusu modellemesinde iki farklı zemin profili kullanılmıştır. 1. zemin profilinde kil ($E= 350 \text{ kN/m}^2$), kil ($E= 1000 \text{ kN/m}^2$) ve orta sıkı kum zemin tabakaları üzerine yol dolgusu yerleştirilmiştir. Bu profilde deprem Bingöl-Karlıova

Mw=5,8, Kocaeli Mw=7,4 yükü altında yol dolgusuna 1' er m aralıklar ile geotekstil malzeme yerleştirildiğinde geotekstil malzeme kullanılmadan yapılan analize göre daha az deformasyon oluştuğu gözlemlenmiştir. Geotekstil malzemenin elastik rijitliği arttırıldıkça oluşan deformasyonun daha da azaldığı görülmüştür. Aynı zemin modeline geotekstillere yol dolgusuna değil de zemin tabakalarına yerleştirildiğinde dinamik etki altında deformasyonda nasıl bir değişim olduğunu gözlemlemek için geotekstil malzeme zemin tabakalarına farklı şekillerde yerleştirilmiştir ve tek seferde zemin yüzeyinden 3 m, 5 m ve 10 m aşağıya geotekstil yerleştirildiğinde oluşan en az deformasyon oluşturduğu görülmüştür. 2. zemin profilinde ise yukarıdan aşağıya sırasıyla kil ($E= 1000 \text{ kN/m}^2$), kil ($E= 350 \text{ kN/m}^2$) ve orta sıkı kum zemin tabakaları üzerine yol dolgusu inşa edilmiştir. Analiz aşamaları ilk zemin profili ile aynı olup dinamik etki altında geotekstil malzeme kullanıldığında kullanılmadığı duruma göre deformasyonda azalma gözlemlenmiştir ve en az deformasyonun zemin yüzeyinin 4,5 m kazılarak 1,5 m aralıklarla geotekstil yerleştirilmesi ile olduğu gözlemlenmiştir.

- b) Şev stabilitesi modellemesinde kum, kil, kum zemin tabakaları vardır. Deprem Bingöl-Karlıova Mw=5,8, Kocaeli Mw=7,4 yükü altında şevde oluşan deformasyon geotekstil malzeme kullanılmadan ve geotekstil malzeme kullanılarak yapılan analizlerde geotekstil malzemenin deformasyonun azalttığı gözlemlenmiştir. Şeve geotekstil malzeme eşit aralık-eşit uzaklık ve farklı aralık-eşit uzunluk şeklinde 4 farklı tasarım oluşturulmuştur. Dinamik etki altında düşeyde deformasyonu azaltmak için şeve uygulanan en iyi tasarım eşit-aralıklı ve düzensiz-uzunluklu geotekstil malzeme yerleştirilmesiyle elde edilmiştir.

Farklı yer altı su seviyesi etkisinde geotekstil kullanılan analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- a) Karayolu dolgusu modellemesinde iki farklı zemin modeli kullanılmıştır. 1. zemin profilinde kil ($E= 350 \text{ kN/m}^2$), kil ($E= 1000 \text{ kN/m}^2$) ve orta sıkı kum zemin tabakaları üzerine yol dolgusu yerleştirilmiştir. 2. zemin profilinde kil ($E= 1000 \text{ kN/m}^2$), kil ($E= 350 \text{ kN/m}^2$) ve orta sıkı kum zemin tabakalarından oluşmaktadır. Geotekstil malzemenin yeri ve elastik rijitliği sabit tutularak yer altı su seviyesi sırasıyla zemin yüzeyinden 1 m, 3 m, 5 m, 7 m, 9 m ve 13 m aşağı yerleştirilmiştir. Yer altı su seviyesi aşağı doğru indikçe oluşan deformasyonda her iki zemin profili içinde azalma gözlemlenmiştir.

- b) Şev stabilitesi modellenmesinde kum, kil, kum zemin katmanları vardır. Şeve geotekstil malzeme eşit aralık-eşit uzaklık ve farklı aralık-eşit uzunluk şeklinde 4 farklı model oluşturulmuştur. Geotekstil malzemenin yeri ve elastik rijitliği sabit tutularak yer altı su seviyesi sırasıyla zemin yüzeyinde, zemin yüzeyinden 4 m, 22 m ve 30 m aşağı yerleştirilmiştir. Yer altı su seviyesi aşağı doğru indikçe oluşan deformasyonda her iki zemin profili içinde azalma gözlemlenmiştir.



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte özellikle inşaat sektöründe çok farklı yapı malzemeleri kullanılmaya başlanılmıştır. Bu yapı malzemelerinden biriside, çok fazla kullanım alanına sahip olan geotekstillerdir. Geotekstilller, istinat duvarları, dere ıslah çalışmaları, liman ve kıyıların zemin ve duvarları, zemin güçlendirme, dolgu barajları, demiryolu platformları, karayolları, erozyon bölgeleri, filtrasyon, koruma ve drenaj çalışmaları, şev stabilite güçlendirmesi, atık su ve katı atık depolama alanları gibi birçok önemli imalatta kullanılmaktadır. Geotekstillerin günümüzde yaygın olarak kullanılmasının sebebi, farklı yapı ve nitelikte üretilerek kullanım ömrünün sonuna kadar amaçlanan işlevlerini başarılı şekilde gerçekleştirmesidir. Bu çalışmada, 2 farklı zemin probleminde, farklı zemin profillerinde, farklı yer altı su seviyelerinde, farklı deprem ivmelerinde ve farklı dayanıma sahip geotekstil kullanımında sonlu elemanlar yöntemine dayanan Plaxis 2D bilgisayar yazılımı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Böylelikle farklı durumlarda geotekstil kullanımının zeminin deformasyona etkisi incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Karayolları standardına uygun yol dolgusu seçilerek statik koşullar altında yapılan analizde karayollarında zayıf zemin katmanları üzerine inşa edilen dolguda oluşan deformasyonda geotekstil malzeme kullanılmadan daha fazla deformasyon yaptığı gözlemlenmiştir, deformasyonu azaltmak için yol dolgusuna ve zemin katmanlarına geotekstil malzeme yerleştirilmiş ve en az deformasyonun en üst tabakadan 4,5 m kazılarak kil ($E = 5000 \text{ kN/m}^2$) zemin yerine kum şilte yerleştirilmesi ve bu şilteye 1,5 m aralıklarla geotekstil malzeme yerleştirilmesi ile elde edilmiştir, genel olarak yapılan analizlerin sonucunda geotekstil kullanımında deformasyon en az %65 oranında azalmıştır. Şev stabilitesinde ise, şeve geotekstil malzeme yerleştirilmeden statik koşullar altında yapılan analiz sonucu elde edilen deformasyonun geotekstil malzeme kullanılarak yapılabilecek kuyasla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre deformasyonu azaltmak için uygulanan en iyi yöntemin geotekstilin eşit aralık ve eşit uzunlukta şeve yerleştirilmesiyle elde edildiği görülmüştür, genel olarak yapılan analizlerin sonucunda geotekstil kullanımında deformasyon en az %70 oranında azalmıştır. Sonuç olarak, statik koşullar altında geotekstil malzeme kullanılmadan yapılan analiz sonuçlarının geotekstil malzeme kullanılması durumunda deformasyonlarda azalma gözlemlenmiştir.

2. Deprem etkisi altında (Bingöl-Karlıova Mw=5,8, Kocaeli Mw=7,4) yapılan analizlerde karayolları, şev ve temel modellemelerinde geotekstil malzeme kullanılmadan elde edilen analiz sonuçlarında deformasyonun daha fazla olduğu ve geotekstil malzeme kullanılarak elde edilen sonuçlara bakıldığında deformasyonun oldukça fazla azalttığı gözlemlenmiştir. Karayolu dolgusunda deprem etkisi altında oluşan deformasyon deprem büyüklüğü arttıkça artmıştır. Yol dolgusuna geotekstil malzeme yerleştirilmesiyle deprem etkisi altında oluşan deformasyonlarda azalma gözlemlenmiştir. Şev stabilitesinde ise deprem etkisi altında şevde oluşan deformasyon şevde farklı şekillerde eşit aralık-eşit uzunluk, farklı aralık-eşit uzunlukta geotekstil malzeme kullanılarak azaltılmıştır. Geotekstil malzemenin deprem etkisini en az %40 oranında azalttığı yapılan analizler için gözlemlenmiştir.
3. Karayolu ve şev modellemelerinde yer altı su seviyesi değişimiyle deformasyonda değişme görülmüştür. Zemin modellerinde geotekstil malzemenin yeri, elastik rijitliği sabit tutularak sadece yer altı su seviyesi değiştirildiğinde yer altı su seviyesi aşağı doğru indikçe tüm zemin modellerinde deformasyonda azalma gözlemlenmiştir.
4. Geotekstil malzemenin daha sık kullanılması deformasyonu daha fazla azalttığı görülmüştür. Karayolları ve şev profillerinde zemin katmanlarına yerleştirilen geotekstillerin daha sık aralıklarla yerleştirilmesiyle deformasyonların daha az olduğu gözlemlenmiştir. Geotekstil malzemenin elastik rijitliği arttıkça deformasyonun azaldığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, İ.** (1993). *Modern Yol İnşaatında Geotekstil ve Geotekstil Uygulaması Konularında Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akyıldız, H.** (2019.). Geosentetik Türlerinin İnşaat Mühendisliğindeki Uygulamaları ve Sağladığı Kolaylıklar. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10(2), 791-796.
- Anon, A.** (2002). Türkiye' de Jeoteknik Konferansları, Uluslararası Jeoteknik Konferansı, 23 Aralık, Dijital, İstanbul.
- Aslan , E.** (2021). *Geosentetiklerle Güçlendirilen Marjinal Dolguların Statik Yükler Altında Performansı*. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- ASTM Standard D4439-18. (2018).** *Standard terminology for geosynthetics*. ASTM international, west conshohocken, PA, 2018, DOI: 10.1520/D4439-18.
- Cancelli, A., Montl, R., & Rimoldi, P.** (1990). Erozyon Kontrolü için Geotekstil Konferansı, 4. Uluslararası Geotekstil Konferansı, 13-16 Mayıs, The Hague, Netherlands.
- Durukan, Z., & Tezcan, S.** (1990). *Reinforced Soil Retaining Walls*. *Araştırma Makalesi*, 11(1), 29-43.
- Emir , S.** (2005). *Donatılı Zemin İstinat Duvarlarının Statik ve Dinamik Yüklere Göre Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Göktepe, A., & Altun, S.** (2015). *Esnek Üstyapılarda Taban Zemini Dinamik Davranışının Geotekstiller ile İyileştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, İzmir.
- Karagül , Ç.** (2007). *Yol Dolgularının Geotekstil Kullanılarak İyileştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kramer, S. L.** (2003). *Geoteknik Deprem Mühendisliği*. (K. Kayabalı, Çev.). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Normaler, G.** (2018). *1999 Kocaeli Depreminde Adapazarında Yapı Yüğü Altında Zemin Davranışı*. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Özalay, M.** (1997). *Yumuşak Zemin Üzerine İnşa Edilen Dolguların Geotekstil ile Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Özer, Ç., Bayrak, E., & Perk , Ş.** (2020). *Karlıova-Bingöl Depremi Ön Sismoloji Raporu*. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Özkoç, O.** (Haziran 2006). *Geosentetik Donatılı İstinat Yapılarının Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztekin, A.** (1992). *Geotekstil Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sinmez, B.** (7-9 Kasım 2022.). *Geotekstil Takviyeli Yapı Davranışının Sonlu Elamanlar Yöntemiyle Modellenmesi*. İstanbul: Türkiye İnşaat Mühendisliği 18. Teknik Kongre ve Sergisi.
- Töremiş , İ.** (2003). *Geotekstiller ve Plaxis Sonlu Elemanlar Programı. Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tutumluer, E., Huang, H., Hashash, Y., & Ghaboussi, J.** (2006). *Aggregate shape effects on ballast tamping and railroad track lateral stability. In AREMA annual conference, Louisville, KY.*
- Türköz , M.** (2017). *DERS NOTLARI*. Eskişehir.
- Wasti , Y.** (1992). *inşaat Mühendisliğinde Geotekstil ve Geomembran Uygulamaları Eğitim Semineri*.