

**ATIK MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ZEMİNE OTURAN
YÜZEYSEL TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ**

Betül AYDIN

**ŞUBAT 2022
DİYARBAKIR**

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ZEMİNE OTURAN
YÜZEYSEL TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ**

Betül AYDIN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
ZEMİN MEKANİĞİ VE GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM
DALINDAYÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

ŞUBAT 2022

DİYARBAKIR

**ATIK MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ZEMİNE OTURAN
YÜZEYSEL TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ**

Betül AYDIN tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

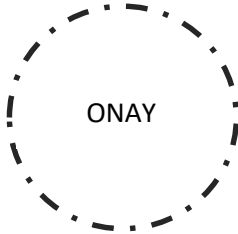
Doç. Dr. Mehmet Salih KESKİN
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Doç. Dr. Mehmet Salih KESKİN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mesut GÖR
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi



Savunma Tarihi: 17 / 02 / 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.



Aileme...

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanıyla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Betül AYDIN

İmza:

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başladığım günden itibaren tüm süreç boyunca tüm bilgi, tecrübeleriyle bana destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Salih KESKİN'e teşekkür ederim. Katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Mesut GÖR hocama teşekkür ederim. Maddi ve manevi katkıları ile her zaman yanımda olan başta annem babam olmak üzere çok değerli aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
ÖZET.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1 Yüzeysel Temeller	3
2.1.1 Yüzeysel temellerin taşıma gücü	3
2.1.2 Zeminlerde göçme tipleri	6
2.2 Şev Stabilitesi	7
2.3 Atık Lastikler	9
2.3.1 Atık lastiklerde birim hacim ağırlığı	10
2.3.2 Atık lastiklerde sıkışabilirlik	10
2.3.3 Atık lastiklerde hidrolik iletkenlik	10
2.3.4 Atık lastiklerde kayma mukavemeti	10
2.3.5 Atık lastiklerin geri dönüşümünün önemi ve kullanıldığı yerler	10
2.3.6 Atık lastiklerin inşaat mühendisliğinde kullanımı	11
2.4 Kaynak Özetleri	11
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	21
3.1.1 Geoteknik Mühendisliği'nde sonlu elemanlar yönteminin kullanımı....	22
3.2 PLAXIS Programı.....	23

3.2.1 Geometrik modelin oluşturulması.....	23
3.2.2 PLAXIS elemanları.....	24
3.2.3 Zemin modelleri.....	25
3.3 Sonlu Elemanlar Analizi.....	26
3.3.1 Geometrik model.....	26
3.3.2 Malzeme özellikleri.....	28
3.3.3 Sonlu elemanlar ağı.....	32
3.3.4 Sınır koşulları.....	32
3.3.5 Hesaplamalar.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1 Sonlu Elemanlar Analizi Sonuçları.....	34
4.1.1 Taşıma gücü analizleri.....	34
4.1.2 Şev stabilite analizleri.....	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Üst yapı-temel zemini-temel sistemi etkileşimi (Uzuner, 2007)	3
Şekil 2.2 Terzaghi taşıma gücü teorisi (Önalp ve Sert, 2006)	4
Şekil 2.3 Zeminde görülen farklı kırılma türleri (Uzuner, 2007).....	7
Şekil 2.4 Zeminde kırılma ile yük-oturma ilişkileri (Uzuner, 2007)	7
Şekil 3.1 Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması	22
Şekil 3.2 Zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonları	24
Şekil 3.3 Kiriş elemanlar.....	25
Şekil 3.4 Zemin geometrik modelinin oluşturulması.....	27
Şekil 3.5 Şevli zemin geometrik modelinin oluşturulması	27
Şekil 3.6 Sonlu elemanlar ağı.....	32
Şekil 4.1 Atık lastik içeriği – taşıma kapasitesi ilişkisi.....	35
Şekil 4.2 Atık lastik içeriği – oturma ilişkisi	36
Şekil 4.3 Atık lastik içeriği – BCR ilişkisi.....	37
Şekil 4.4 Atık lastik içeriği – SRF ilişkisi.....	38
Şekil 4.5 Deplasman dağılımı (B=1m., q=500 kPa, %100 kum).....	38
Şekil 4.6 Deplasman dağılımı (B=1m., q=500 kPa, %39.37 lastik - %60.63 kum) ..	39
Şekil 4.7 Atık lastik içeriği – taşıma kapasitesi ilişkisi (B=1.5 m)	40
Şekil 4.8 Atık lastik içeriği – oturma ilişkisi (B=1.5 m).....	41
Şekil 4.9 Atık lastik içeriği – BCR ilişkisi (B=1.5 m)	42
Şekil 4.10 Atık lastik içeriği – SRF ilişkisi (B=1.5 m).....	43
Şekil 4.11 Atık lastik içeriği – taşıma kapasitesi ilişkisi (B=2 m).....	44
Şekil 4.12 Atık lastik içeriği – oturma ilişkisi (B=2.0 m).....	45
Şekil 4.13 Atık lastik içeriği – BCR ilişkisi (B=2 m)	46
Şekil 4.14 Atık lastik içeriği – SRF ilişkisi (B=2 m).....	46
Şekil 4.15 Farklı temel genişlikleri için atık lastik içeriği – yük kapasitesi ilişkisi...	47
Şekil 4.16 Farklı temel genişlikleri için atık lastik içeriği – oturma yüzdesi ilişkisi.	47
Şekil 4.17 Karışım derinliği – taşıma kapasitesi ilişkisi	49
Şekil 4.18 Karışım derinliği – BCR ilişkisi	49
Şekil 4.19 Optimum karışım derinliği.....	50
Şekil 4.20 Karışım genişliği – taşıma kapasitesi ilişkisi	51
Şekil 4.21 Karışım genişliği – BCR ilişkisi	52

Şekil 4.22 Optimum karışım genişliği	52
Şekil 4.23 Şevli zemin geometrik modeli	54
Şekil 4.24 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=30^\circ$).....	55
Şekil 4.25 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %0 lastik - % 100 kum).....	56
Şekil 4.26 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum).....	56
Şekil 4.27 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=35^\circ$).....	57
Şekil 4.28 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %0 lastik - % 100 kum).....	58
Şekil 4.29 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum).....	58
Şekil 4.30 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=40^\circ$).....	59
Şekil 4.31 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %0 lastik - % 100 kum).....	60
Şekil 4.32 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum).....	60
Şekil 4.33 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=45^\circ$).....	61
Şekil 4.34 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %0 lastik - % 100 kum).....	62
Şekil 4.35 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum).....	62
Şekil 4.36 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=30^\circ$, dinamik).....	63
Şekil 4.37 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.1g).....	64
Şekil 4.38 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.2g).....	64
Şekil 4.39 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.3g).....	65
Şekil 4.40 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=35^\circ$, dinamik).....	66
Şekil 4.41 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.1g).....	67
Şekil 4.42 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.2g).....	67
Şekil 4.43 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.3g).....	67
Şekil 4.44 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=40^\circ$, dinamik).....	68
Şekil 4.45 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.1g).....	69
Şekil 4.46 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.2g).....	69
Şekil 4.47 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.3g).....	70
Şekil 4.48 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=45^\circ$, dinamik).....	71
Şekil 4.49 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.1g).....	72
Şekil 4.50 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.2g).....	72
Şekil 4.51 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - % 60.63 kum, 0.3g).....	72
Şekil 4.52 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (statik durum)	73

Şekil 4.53 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (dinamik durum-0.1g)	73
Şekil 4.54 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (dinamik durum-0.2g)	74
Şekil 4.55 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (dinamik durum-0.3g)	74



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Temel tabanı şekil katsayıları (Kumbasar ve Kip, 1999)	5
Tablo 2.2 Taşıma gücü katsayıları (Kumbasar ve Kip, 1999)	5
Tablo 3.1 Model zemin için MC model parametreleri (%0 lastik - %100 kum)	29
Tablo 3.2 Model zemin için MC model parametreleri (%16.5 lastik - %83.5 kum) .	30
Tablo 3.3 Model zemin için MC model parametreleri (%29.16 lastik - %70.84 kum)	30
Tablo 3.4 Model zemin için MC model parametreleri (%39.37 lastik - %60.63 kum)	30
Tablo 3.5 Model zemin için MC model parametreleri (%50 lastik - %50 kum)	31
Tablo 3.6 Model zemin için MC model parametreleri (%66.54 lastik - %33.46 kum)	31
Tablo 3.7 Model zemin için MC model parametreleri (%100 lastik - %0 kum)	31
Tablo 4.1 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü taşıma kapasitesi değerleri (B=1m)	35
Tablo 4.2 Farklı karışım oranlarında oturma değerleri (B=1m)	36
Tablo 4.3 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü taşıma kapasitesi değerleri (B=1.5m)	40
Tablo 4.4 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü oturma değerleri (B=1.5m)	41
Tablo 4.5 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü taşıma kapasitesi değerleri (B=2 m)	43
Tablo 4.6 Farklı karışım oranlarında oturma değerleri (B=2m)	44
Tablo 4.7 Optimum karışım derinliğinin belirlenmesi (%39.37 lastik - %60.63 kum, B=1 m)	48
Tablo 4.8 Optimum karışım genişliğinin belirlenmesi (%39.37 lastik - %60.63 kum, B=1 m. karışım derinliği=5B)	51
Tablo 4.9 Taşıma kapasitesi analizlerinde elde edilen optimum değerler	53
Tablo 4.10 $\beta=30^\circ$ şevde güvenlik sayıları	55
Tablo 4.11 $\beta=35^\circ$ şevde güvenlik sayıları	57
Tablo 4.12 $\beta=40^\circ$ şevde güvenlik sayıları	59
Tablo 4.13 $\beta=45^\circ$ şevde güvenlik sayıları	61

Tablo 4.14 $\beta=30^\circ$ Şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)	63
Tablo 4.15 $\beta=35^\circ$ Şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)	65
Tablo 4.16 $\beta=40^\circ$ Şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)	68
Tablo 4.17 $\beta=45^\circ$ Şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)	70



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
b	Temelin Şev Tepesine Olan Mesafesi
b_i	Dilim Genişliği
B	Temel Genişliği
c	Kohezyon
cm	Santimetre
D_f	Temel Derinliği
D_r	Sıkılık Derecesi
E	Elastisite Modülü
EA	Eksenel Rijitlik
EI	Eğilme Rijitliği
E_{c-VR}	Eşdeğer elastisite Modülü
E_i	Dilim Birincil Efektif Kuvveti
E_s	Kum Zeminin Elastisite Modülü
E_t	Atık Lastik Elastisite Modülü
E_{50}^{ref}	Referans Basınç Değerindeki Üç Eksenli Yükleme Rijitliği
E_{oed}^{ref}	Referans Basınç Değerindeki Ödometre Yükleme Rijitliği

E_{ur}^{ref}	Referans Basınç Değerindeki Üç Eksenli Boşaltma Yükleme Rijitliği
g	Yer Çekim İvmesi
GS	Güvenlik Sayısı
I	Hacim Oranı
J_i	Dilim Sızma Kuvveti
k_1, k_2	Temel Şekil Katsayıları
k_h	Yatay İvme Katsayıları
K_0	Zemin Basınç Katsayısı
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal
L	Temel Uzunluğu
m	Metre
mm	Milimetre
N_c, N_q, N_γ	Taşıma Gücü Katsayıları
N_j	Kayma Yüzeyi Üzerindeki Normal Efektif Kuvvet
q	Gerilme
q_u	Sınır Taşıma Gücü
Q	Yük
r	Dilim Taban Merkezinin o noktasına olan uzaklığı
s	Oturma

T_j	Kayma Yüzeyindeki Hareketli Kayma Mukavemeti
U_j	Boşluk Suyu Basıncının Oluşturduğu Kuvvet
u_x, u_y	x ve y yönündeki serbestlik dereceleri
W_i	Dilime Etkiyen Toplam Ağırlık
X_j	Dilim Arası Kayma Kuvveti
ϕ	İçsel Sürtünme Açısı
γ	Birim Hacim Ağırlık
α	Dilim Taban Merkezinin Yatayla Yaptığı Açısı
Δl_i	Dilim Kayma Yüzeyi Uzunluğu
β	Şev Açısı
ν	Poisson Oranı
ψ	Dilatasyon Açısı
λ^*	Modifiye Sıkışma İndeksi
κ^*	Modifiye Şişme İndeksi
μm	Mikrometre

Kısaltma**Açıklama**

ASTM

American Society for Testing and Materials

BCR

California Bearing Capacity

CD

Konsolidasyonlu Drenajlı

HS

Hardening Soil

LE

Lineer Elastik

MC

Mohr Coulomb

PLAXIS

Finite Element Code For Soil and Rock
Analysis

SRF

Stress Reduction Factor

SS

Soft Soil

ÖZET

ATIK MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ZEMİNE OTURAN YÜZEYSEL TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ

Betül AYDIN

Yüksek Lisans, Geoteknik Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Salih KESKİN

Şubat 2022, 104 sayfa

Dünya nüfusu her geçen gün artmakta ve kullanılan araç sayısında artış görülmektedir. Tüm dünyada artan araç sayısına bağlı olarak araç lastik kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Araç lastikleri kullanıldıktan sonra atık bir malzeme haline gelmekte ve ortaya çıkan bu atık malzemenin uygun bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aksi halde çevresel birtakım sorunlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sağlık açısından da sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden atık lastik günümüzde önemli bir problem olarak görülmektedir. Geoteknik mühendisliğinde, bu alanda yapılan çalışmalar ile atık lastiklerin kullanım imkanları araştırılmakta ve dayanıklılık, yüksek sürtünme direnci, düşük yoğunluk gibi özellikleri sayesinde birçok problem daha düşük maliyetler ile çözülebilmektedir. Böylece, hem çevreye katkı sağlanmakta, hem de atık malzeme yönetimi yapılmaktadır. Ayrıca ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Bu tez çalışmasında, atık lastiklerle güçlendirilmiş kum zeminlerin, sürekli temel yükleri altında, taşıma gücü ve oturma davranışları incelenmiştir. Ayrıca, atık lastiklerle güçlendirilmiş kum zeminler kullanılarak oluşturulan şevli dolguların stabilite davranışları statik ve dinamik durumlar için analiz edilmiştir. Çalışmada, analizler, sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan PLAXIS bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, kum zemin değişik oranlarda atık malzeme (%0, %16.5, %29.16, %39.37, %50, %66.54, %100) ile karıştırılarak analizler gerçekleştirilmiş ve temel zemini taşıma gücü ve oturma davranışlarını iyileştiren optimum karışım oranları ve iyileştirme derinlikleri belirlenmiştir. Şev analizlerinde ise, statik ve dinamik durumlar için şev stabilitesini arttıran optimum karışım oranları belirlenmiştir. Çalışma sonunda, elde edilen analiz sonuçlarına göre, optimum karışım oranına sahip atık lastik kullanımının, kumlu zeminlerde hem taşıma gücü ve oturma değerlerini iyileştirdiği hem de şev stabilitesine olumlu katkı sağladığı belirlenmiş ve uygulamaya yönelik gerekli öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Atık lastik, Kum-lastik karışımı, PLAXIS, Şev stabilitesi, Taşıma gücü

ABSTRACT

BEARING CAPACITY OF SHALLOW FOOTINGS ON SAND REINFORCED WITH WASTE MATERIAL

Betül AYDIN

Master of Science in Department of Geotechnical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Salih KESKİN

February 2022, 104 pages

The world population is increasing day by day and the number of vehicles used is increasing. Depending on the increasing number of vehicles all over the world, the use of vehicle tires is increasing day by day. After vehicle tires are used, they become a waste material and this waste material must be disposed of properly. Otherwise, some environmental problems arise. In addition, health problems arise. For this reason, waste tire is seen as an important problem today. In geotechnical engineering, the possibilities of using waste tires are being investigated with the studies carried out in this field, and many problems can be solved with lower costs thanks to their properties such as durability, high friction resistance and low density. Thus, it contributes both to the environment and waste material management. In addition, it contributes to the country's economy. In this thesis, the bearing capacity and settlement behavior of sand soils reinforced with waste tires under continuous foundation loads were investigated. In addition, the stability behavior of the sloped embankments formed by using sand soils reinforced with waste tires was analyzed for static and dynamic conditions. In the study, the analyzes were carried out using the PLAXIS computer program, which solves with the finite element method. Within the scope of the study, analyzes were carried out by mixing the sand soil with waste material at different rates(%0, % 16.5, %29.16, %39.37, %50, %66.54, %100), and optimum mixing ratios and improvement depths that improve the bearing capacity and settlement behavior of the foundation soil were determined. In the slope analysis, optimum mixing ratios that increase the slope stability were determined for static and dynamic conditions. At the end of the study, according to the results of the analysis, it was determined that the use of waste tires with optimum mixing ratio both improves the bearing capacity and settlement behaviour and increases the slope stability on sand, and necessary suggestions for practical application are presented.

Keywords : Waste tires, Sand-tire mix, PLAXIS, Slope stability, Bearing capacity

1. GİRİŞ

Dünyada artan araç kullanımı ile atık lastik miktarı katlanarak artmaktadır. Atık lastikler, hacim ve ağırlıklarından dolayı uygun bir şekilde depolandığında dahi depolama sahalarında büyük bir yer kaplamaktadır. Çoğunlukla düzgün bir şekilde depolanmadığından, oluşan atık lastik yığınlarının durumunu yönetmek zorlaşmaktadır. Atık lastikler, bu sebeplerden dolayı ciddi bir çevre sorunu oluşturmaktadır. Atık lastiklerin yanıcı özelliği, yangın tehlikesini ve beraberinde hava kirliliğini getirmekte, ayrıca bu yığınların olduğu bölgelerde sağlık sorunlarına neden olabilmektedir.

Günümüzde, artan kentleşme ile birlikte yapılaşma ihtiyacından dolayı yapı inşa alanları azalmakta ve normalde uygun olmayan yapı alanları da kullanılmak zorunda kalmaktadır. Bu alanlara, genellikle derin temellerle çözüm üretilmesine rağmen kazıklı temellerin yüksek maliyeti, farklı zemin iyileştirme yöntemleri ile daha ekonomik çözümleri zorunlu kılmaktadır. Bu iyileştirme yöntemlerinden birisi, katkı malzemeleri kullanılarak zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesidir. Atık lastikler, birçok geoteknik uygulamada, esneklik, dayanıklılık, yüksek sürtünme direnci, mukavemet, düşük yoğunluk, yüksek drenaj kapasitesi özellikleri ile istenen ekonomik çözümü sağlayabilmektedir. İnşaat mühendisliğinde, atık lastikler, konsolidasyon oturmasının azaltılmasında, istinat duvarları arkasında hafif dolgu malzemesi olarak, ayrıca, drenaj ve ısı yalıtımında kullanılabilir.

Tez kapsamında, kum zemine oturan sürekli temellerin taşıma kapasitesi ve oturma davranışı, kumun belli oranlarda atık lastik parçacıklarıyla karıştırılması durumunda, sayısal olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, kum zemin, hacimce farklı atık lastik yüzdeleri ile karşılaştırılmış ve taşıma kapasitesini arttıran, oturma değerlerini azaltan optimum karışım oranı belirlenmiştir. Analizlerde, temel genişliğine bağlı olarak, optimum karışım oranı uygulanacak optimum yatay ve düşey mesafeler elde edilmiştir. Bu amaçla, temel genişliğine bağlı olarak, farklı düşey derinlik ve farklı yatay mesafe değerleri için analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, farklı temel genişliklerinde gerçekleştirilerek, taşıma kapasitesi ve oturma davranışına, temel genişliği etkisi incelenmiştir. Ayrıca, optimum karışım oranı kullanılarak oluşturulmuş şevli dolguların güvenlik sayıları statik ve dinamik koşullar altında analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında, analizler, sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan, iki boyutlu, PLAXIS bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasının amacı, günümüzde giderek artan atık lastik tüketimi ve bunun beraberinde getirdiği kullanılmış lastik yığın stoğunun azaltılabilmesi amacıyla, atık lastiklerin, alternatif bir katkı malzemesi olarak geoteknik uygulamalarda kullanımını araştırmaktır. Bu sayede, geoteknik uygulamalarda görülen zeminle ilgili sorunlara, ekonomik ve çevresel çözümler sunmak amaçlanmaktadır.

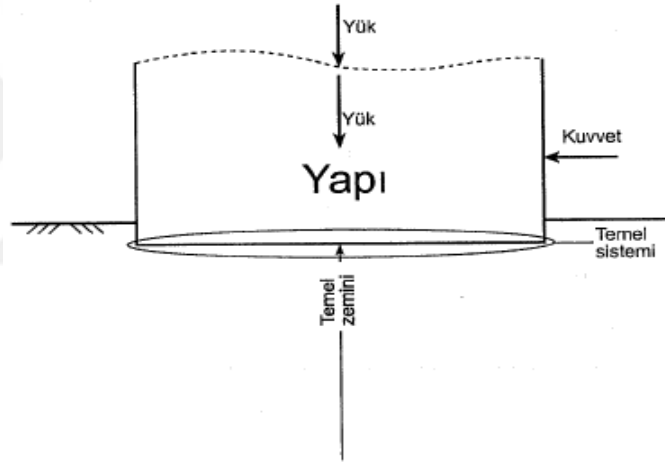


2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde yüzeysel temeller, şev stabilitesi ve atık lastikler ile ilgili bilgi sunulmuş olup konu ile ilgili önceden gerçekleştirilen çalışmalar ele alınmıştır.

2.1 Yüzeysel Temeller

Temeller, yüzeysel (sığ) ve derin olarak inşa edilebilen, yapı yüklerini zemine aktaran yapı elemanlarıdır (Şekil 2.1). Doğrudan veya temel sistemleri aracılığıyla taşınan yapı ağırlıkları temel zemin ortamını oluşturmakta ve temeller ile temel zeminleri etkileşim içerisinde olmaktadır. İnşa edilen yapılardan gelen yapı ağırlığına göre, zeminin yeterli oturma ve taşıma gücü yüzeye yakın ise yüzeysel temel, daha derinde ise derin temeller uygun olmaktadır. Tekil, şerit ve radye temeller yüzeysel temeller, kazıklı, ayak, keson temeller ise derin temeller sınıfına girmektedir.



Şekil 2.1 Üst yapı-temel zemin-temel sistemi etkileşimi (Uzuner, 2007)

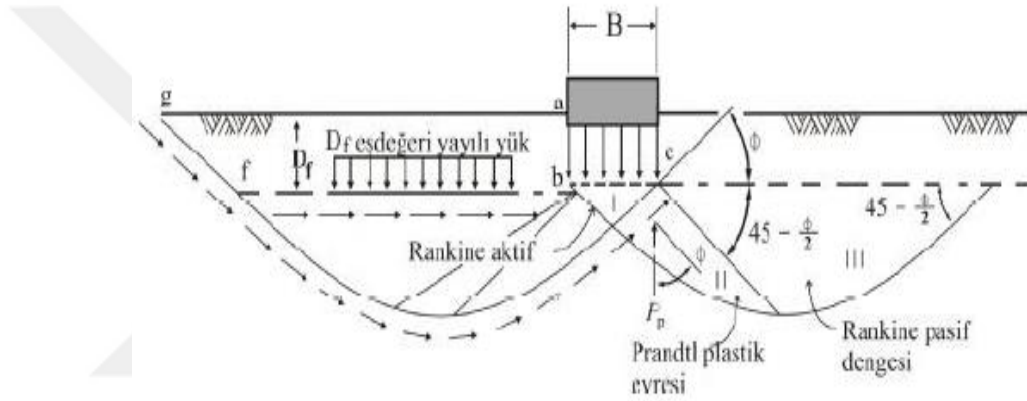
2.1.1 Yüzeysel temellerin taşıma gücü

Temeller yüklendiğinde, temel zemininde göçme ve istenmeyen oturma durumlarının meydana gelmemesi için temel zemininde güvenli taşıma gücü olmalıdır ve bu değer zeminin emniyetle taşıyabileceği gerilmelerdir. Zeminlerin taşıma gücünün belirlenmesinde literatürde çok sayıda teorik çalışma mevcuttur. Taşıma gücünün belirlenmesinde bir diğer yöntem ise, Standart Penetrasyon Deneyi, Koni Penetrasyon Deneyi, Presiyometre Deneyi vb. arazi deneyleriyle taşıma gücünün elde edilmesidir. Taşıma gücü teorilerinden Prandtl'in (1921) temel çözümünden hareketle daha sonrasında Terzaghi (1943) taşıma gücü teorisini ortaya koymuştur. Taşıma gücünü belirlemek amacıyla, farklı zemin tipleri, yükleme koşulları ve temel tipleri

kullanılarak birçok araştırmacı tarafından çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Meyerhof, Hansen, Vesic bunlardan en çok bilinenleridir (Das, 1999).

2.1.1.1 Terzaghi taşıma g¼c¼ teorisi

Terzaghi (1943) ortaya koyduğu teoride, sınır taşıma g¼c¼n¼ (q_u) tanımlarken bazı kabuller yapmıştır. şekil 2.2’de g¼r¼ld¼ė¼ gibi zemini homojen, izotrop, yarı sonsuz, temel tabanını p¼r¼zly¼, problemi 2 boyutlu, zemin y¼zeyini yatay olarak kabul etmiştir. Teoride, sığ temel in hemen altındaki aktif kama alan, kamadan uzayan kayma d¼zlemlerinin oluşturduğu logaritmik plastik alan ve dış d¼zlemsel b¼lgeden hareket eden pasif alan ele alınmıştır.



şekil 2.2 Terzaghi taşıma g¼c¼ teorisi (¼nalp ve Sert, 2006)

Terzaghi (1943) taşıma g¼c¼ teorisini aşağıdaki bağıntıyla ağıklamıştır:

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma \quad (2.1)$$

Burada;

“ q_u ” sınır taşıma g¼c¼; “ c ” kohezyon; “ ϕ ” içsel s¼rt¼nme açısı; “ D_f ” temel derinliği; “ γ ” zemin birim hacim ağırlığı; “ B ” temel genişliği; “ N_c, N_γ, N_q ” taşıma g¼c¼ katsayıları değeridir. Ayrıca “ cN_c ” taşıma g¼c¼ne kohezyonun katkısını; “ $\gamma D_f N_q$ ” taşıma g¼c¼ne s¼rřaj y¼k¼n¼n katkısını; “ $0.5\gamma B N_\gamma$ ” taşıma g¼c¼ne zeminin içsel s¼rt¼nmesinin katkısını g¼stermektedir.

Terzaghi (1943) form¼l¼n¼n genelleştirilmiş formu aşağıda verilmiştir:

$$q_U = k_1 c N_C + \gamma D_f N_q + k_2 \gamma B N_\gamma \quad (2.2)$$

Burada “ k_1, k_2 ” temel şekil katsayıları değeridir.

Yapılan araştırmalarda şerit, dikdörtgen, kare, daire farklı temel şekilleri için farklı şekillerde hesaplanmıştır. Tablo 2.1’de katsayı bilgileri verilmiştir.

Tablo 2.1 Temel tabanı şekil katsayıları (Kumbasar ve Kip, 1999)

Temel tabanı Şekli	Şerit $L = \infty$	Dikdörtgen $B < L$	Kare $B = L$	$L = B = D$ Daire
k_1	1	$1 + 0.2 \frac{B}{L}$	1.2	1.2
k_2	0.5	$0.5 - 0.1 \frac{B}{L}$	0.4	0.3

Terzaghi (1943), ortaya koyduğu teoride farklı içsel sürtünme açlarına göre taşıma gücü faktörleri belirlemiştir. Bu belirlediği taşıma gücü faktörleri Tablo 2.2’ de verilmiştir.

Tablo 2.2 Taşıma gücü katsayıları (Kumbasar ve Kip, 1999)

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
35	58	41	42
40	96	81	100
45	172	173	298
50	348	415	1153

2.1.2 Zeminlerde göçme tipleri

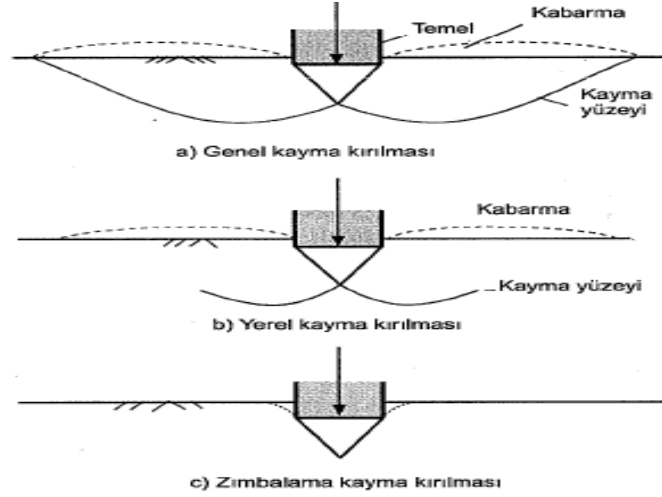
İnşa edilen yapılar ve temel zeminine iletilen yükler nedeniyle, temel zemininde düşey gerilmeler ve kayma gerilmeleri artmaktadır. Yapıdan gelen bu gerilmeleri taşıyan temel, zeminde taşıma gücü problemleri oluşturmamalıdır. Yani, temel, kırılmayı karşılayacak belli bir güvenlikte olmalıdır.

Zeminde, uygulanan yüklerden dolayı, zeminin sıkılık derecesi ve sertlik durumuna bağlı olarak farklı türde kırılmalar oluşmaktadır. Zeminlerde kırılma tipleri, genel kayma kırılması, yerel kayma kırılması ve zımbalama kayma kırılması olarak tanımlanmaktadır.

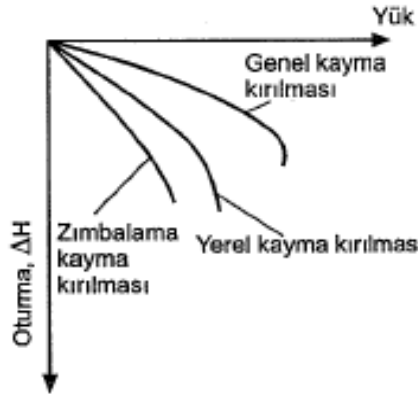
Sıkılık derecesi, $D_r > 0.70$ olan kohezyonsuz zeminler ve kohezyonlu sert zeminlerde genel kayma kırılması oluşmaktadır. Genel kayma kırılması sonucunda, zemin yüzeyine kadar uzanan belirgin kırılma yüzeyleri ve yan kısımlarda kabarmalar meydana gelmektedir (Şekil 2.3). Bu tip kırılmada, oturma-yük eğrisinde kırılma noktasının belirgindir (Şekil 2.4) ve en sık rastlanan kırılma türüdür (Uzuner, 2007).

Sıkılık derecesi, $D_r < 0.30$ olan kohezyonsuz zeminler ve kohezyonlu yumuşak zeminlerde yerel kayma kırılması oluşmaktadır. Yerel kayma kırılması sonucunda, belirgin olmayan kırılma yüzeyleri oluşmakta ve yan kısımlarda kabarma meydana gelmektedir (Şekil 2.3). Oturma - yük eğrisinde kırılma noktası belirgin değildir (Uzuner, 2007).

Sıkılık derecesi, $D_r < 0.30$ olan kohezyonsuz zeminler ve kohezyonlu yumuşak zeminlerde aynı zamanda zımbalama kayma kırılması da oluşabilmektedir. Zımbalama kayma kırılması sonucunda, kırılma yüzeyleri ve kabarma oluşmamaktadır ve aynı zamanda büyük oturmalar meydana gelmektedir (Şekil 2.3). Oturma - yük eğrisinde, kırılma noktası, yerel kayma kırılmasına benzer olarak belirgin değildir (Uzuner, 2007).



Şekil 2.3 Zeminde görülen farklı kırılma türleri (Uzuner, 2007)



Şekil 2.4 Zeminde kırılma ile yük-oturma ilişkileri (Uzuner, 2007)

2.2 Şev Stabilitesi

Şev genel anlamda, yatayla belirli bir açı yapan zemin kitlesi olarak tarif edilebilir. Şev stabilitesi analizleri, geoteknik mühendisliğinin önemli çalışma konularından birisidir. Bunun nedeni, şev stabilite bozukluklarının depremler, sel baskınları gibi doğal afetlere benzer olarak ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmesidir.

Doğal ve yapay tüm şevlerin gerek kendi ağırlıkları, gerekse uygulanan yüklerin etkisi altında göçmeye karşı stabiliteyi, elastik teoriye dayanan limit denge yöntemleriyle analiz edilmektedir (İsveç Dilim, Bishop, Janbu, Morgenstern ve Price, Spencer vb).

Bu yöntemler arasında uygulamada bazı farklılıklar olmasına rağmen, ortak özellik, bilinen veya kabul edilen bir kritik kayma yüzeyinde, kayma kütesinin dengesinin araştırılmasıdır. Pratikte kullanılan dilim yöntemleri, kayma yüzeyinin yeterli miktarda düşey dilimlere ayrılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemler arasındaki fark, dilim kuvvetleri ile ilgili yapılan kabullerden kaynaklanmaktadır. Tüm mühendislik problemlerinde olduğu gibi, şev stabilitesi analizinde de güvenlik sayısı kavramı geçerlidir. Elde edilen güvenlik sayısı (GS), bir şevin stabil olup olmadığının veya ne kadar stabil olduğunun göstergesidir.

$$GS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\bar{c}\Delta l + (W_i \cos \alpha_i - U_i) \tan \phi]}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \alpha_i} \quad (2.3)$$

Burada;

“ W_i ” dilime etkiyen toplam ağırlık; “ E_i ” dilim birincil efektif kuvvet; “ J_i ” dilim sızma kuvveti; “ N_j ” kayma yüzeyi üzerindeki normal efektif kuvvet;

“ T_j ” kayma yüzeyindeki hareketli kayma mukavemeti; “ X_j ” dilim arası kayma kuvveti;

“ U_j ” boşluk suyu basıncının oluşturduğu kuvvet; “ r ” dilim taban merkezinin o noktasına olan uzaklığı; “ α ” dilim taban merkezinin yatayla yaptığı açı; “ b_i ”

dilim genişliği; “ Δl_i ” dilim kayma yüzeyi uzunluğu değeridir.

Klasik şev stabilite analizlerinde, zemin kütlesi içerisindeki gerilmelerin analizinin yaklaşık olması, değişik yükleme koşulları ve geometrilerde hesabı güçleştirmektedir. Bilgisayar kullanımının, tüm alanlarda olduğu gibi geoteknik mühendisliğinde de yaygınlaşması ile şev stabilite analizlerinde sonlu elemanlar yöntemi artan bir şekilde kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar yaklaşımının diğer geleneksel limit denge yöntemlerine göre avantajı, şevin göçme yüzeyinin yeri ve şekli, dilimlerin şiddeti ve yönleri ile ilgili bir kabule ihtiyaç duyulmamasıdır.

Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık şev geometrileri, farklı zemin, sınır ve yükleme koşullarında iki veya üç boyutlu olarak tüm göçme mekanizması tiplerinde uygulanabilmektedir. Şev modellenirken birçok zemin malzeme modeli kullanılarak gerçeğe yakın malzeme bünye davranışı elde edilebilmekte, zeminde oluşan gerilmeler ve deplasmanlar doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Ayrıca, uzun ve kısa süreli

stabilite analizlerinde, yeraltı su seviyesi bulunması, şev in geosentetikler veya zemin çivisi gibi materyallerle güçlendirilmesi durumlarında da yöntem rahatlıkla kullanılabilir.

Sonlu elemanlar yöntemi ile şev stabilitesi analizlerinde genel olarak iki yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşım ağırlık artırma yönteminde, yerçekimi ivmesi, g şev göçünceye ve denge çözümü ortadan kalkıncaya kadar artırılır. İkinci yaklaşım mukavemet azaltma yönteminde ise, kayma mukavemeti parametreleri, c ve ϕ şev göçünceye ve denge çözümü ortadan kalkıncaya kadar azaltılır (Keskin ve Laman, 2007).

2.3 Atık Lastikler

Araç lastikleri yapı olarak doğal olan kauçuktan ve petrol türevlerinden elde edilen sentetik kauçuk kombinasyonundan oluşmaktadır. Hurda lastiklerin genel ağırlığı 9-10 kg arasında olup bu lastiklerin %35'i doğal kauçuktan geriye kalan %65'i sentetik geri dönüştürülebilir kauçuktan meydana gelmektedir. Otomobillerin lastiği yolda maruz kaldığı sürtünme kuvveti nedeniyle ağırlığından 1 kg civarı kaybetmektedir ve geriye kalan kısımdan 5.4 ile 5.9 kg arasında bir kilogram değerinde geri dönüştürülebilmektedir (Keskin, 2009). Atık lastikler lastik parçalayıcılarla elde edilmektedir. Burada American Society for Testing and Materials (ASTM) standartlarından belirlenmiştir. Farklı şekil ve boyutlarda inşaat mühendisliğinde hurda lastik kullanımına ilişkin standart uygulamalar (ASTM D6270-98) belirlenmiştir.

Atık lastiklerin adlandırılmaları, boyutlarına göre yapılmaktadır. Buna göre, atık lastik boyutları, 425 μ m-2 mm arasında olduğunda zemin kauçuğu, 425 μ m-12 mm arasında olduğunda granül, 12-50mm arasında olduğunda kırıntı, 50-305 mm arasında olduğunda parçacık, 50×50×50 mm<X<762×50×100 mm olduğunda ise, kaba parçacık olarak isimlendirilmektedir (ASTM, 1998).

2.3.1 Atık lastiklerde birim hacim ağırlığı

Alternatif hafif malzeme olarak kullanılan çeşitli sıkıştırma biçimlerindeki atık lastiklerin birim ağırlığı 2.4 ile 7.0 kN/m³ arasında bir değer almaktadır. Bu değerler ele alınan zemin birim ağırlığının 0.1-0.4 katı civarında olmaktadır (Ahmed, 1993; Ahmed ve Lovell, 1993; Humprey ve Manion, 1992).

2.3.2 Atık lastiklerde sıkışabilirlik

Yapılan çalışmalar atık lastik parçacıklarının sıkıştırılabilme özelliğini göstermiştir. Genelde sıkıştırmayı etkileyen en önemli etmenler; sıkıştırma yöntemi, lastik parçalarının dane boyutları, lastik/zemin karışım oranı (karışım olarak kullanıldıysa) ve laboratuvarda yapıldıysa kalıbın hacmidir (Ahmed, 1993). Çalışmalarda kuru birim hacim ağırlıklarının 5,94 kN/m³ – 6,84 kN/m³ arasında değiştiği görülmüştür.

2.3.3 Atık lastiklerde hidrolik iletkenlik

Atık lastiklerin geçirgenlik özelliğini incelemek için yapılan çalışmalarda yüksek geçirgenlik değerleri elde edilmiştir (Çetin ve ark., 2006). Lastik parçalarının permeabilitesi doğrudan dane çapı, yoğunluk ve uygulanan yüke bağlıdır. Yapılan çalışmalara göre lastik parçalarının permeabilitesi çok yüksektir. Bulunan sonuçların birçoğu yaklaşık olarak 10⁻² m/s mertebesinde dir. Granüler haldeki lastik parçalarında bu değer düşmektedir (Ahmed, 1993).

2.3.4 Atık lastiklerde kayma mukavemeti

Atık lastiklerin kayma mukavemeti ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, lastik boyutuna, deney tipine vb. bağlı olarak, kayma mukavemet parametrelerinin geniş sayılabilecek bir aralıkta değerler aldığı görülmektedir. Humprey ve ark. (1993) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, lastik parçacıklarının içsel sürtünme açısı değerlerinin 19°-25°, kohezyon değerlerinin ise, 7.7-8.6 kPa arasında değiştiği görülmüştür.

2.3.5 Atık lastiklerin geri dönüşümünün önemi ve kullanıldığı yerler

Dünyada aynı zamanda ülkemizde atık lastiklerin geri dönüşümü ve farklı alanlarda kullanılması, ekonominin büyümesi, nüfusun artması, otomobil endüstrisinin büyümesi, insan ihtiyaçlarının artması vb. nedenlerle güncel bir konu olmaktadır. Hızlı artan tüketim ve bu tüketime bağlı oluşan kullanım ömrünü tamamlamış lastikler önemli bir sorun olmaktadır. Bu atık lastiklerin stoğu her geçen gün artmakta ve kontrolü gittikçe zorlaşmaktadır. Bur noktada, geri dönüşüm konusu önem

kazanmakta ve atık lastiklerin farklı alanlarda kullanılmasının yanında, lastiklerin zeminde katkı malzemesi olarak değerlendirildiği araştırmalar yapılmaktadır.

Atık lastikler, inşaat mühendisliği dışında, farklı alanlarda yeniden kullanım amacıyla değerlendirilmektedir:

- Çocuk oyun parklarında,
- Yarış pistlerinde titreşim azaltıcı bariyer olarak,
- Kıyılarda, yanaşma noktaları ve bariyer olarak,
- Araç park alanlarında (Moo-Young ve ark., 2003)

2.3.6 Atık lastiklerin inşaat mühendisliğinde kullanımı

Atık lastikler, kullanılabilir mühendislik özellikleri (birim ağırlık, geçirgenlik, kayma mukavemeti vb.), ekonomik olmaları gibi sebeplerle mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Yüklenmiş şevli dolgularda, iri daneli zeminler ile kullanılması durumunda, taşıma kapasitesi ve oturma davranışında iyileşme sağladığı deneysel olarak belirlenmiştir (Keskin ve Laman, 2012). Atık lastikler, doğrudan kullanılmaktansa, uygun boyutlara parçalanmış şekilde, zemin ile karıştırıldığında elde edilen mukavemet, atık lastiklerin sahip olduğu mukavemetten daha fazladır (Benson, 1995). Atık lastikler yapıları gereği dayanma yapılarında alternatif hafif dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır (Zornberg ve ark., 2004). Parçalanmış atık lastikler, geğirgen özellikleri, toksik kimyasalları emme özelliğinden dolayı sızıntı suyu arıtma ortamı olarak değerlendirilmiştir. Çöp depolama sahalarında nihai toprak örtüsü üzerinde kullanılarak sızıntı birikimini önlemektedir. Ayrıca, depolarda ısı yalıtımı için de kullanılmaktadır (Benson, 1995).

2.4 Kaynak Özetleri

Humphrey ve ark. (1992) tarafından büyük çapta doğrudan kesme kutusu deneyleri ile 72 mm'den küçük uzunlukta 3 farklı tipte atık lastik üzerinde bu takviyenin zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi incelenmiştir. Deney verileri sonucunda atık lastiklerin kohezyon değerlerinin 7.7-8.6 kPa ve içsel sürtünme açısının 19° - 25° arasında değiştiği gösterilmiştir. Bununla birlikte bu takviyenin kullanım alanları yumuşak zeminde yapılacak dolgular, hafif malzeme, ısı yalıtımı, drenaj olarak belirtilmiştir.

Yogarajah ve ark. (1994) tarafından geogrid takviyenin birçok kısımları boyunca yük ve birim deformasyon durumunu incelemek için farklı ankraj uzunluklarında farklı çekme yer değiştirmelerinde ölçüm ve sayısal modelleme yapılmıştır. Yük ve birim deformasyon ölçüm ve modellemelerle kıyaslanmıştır. Çekme deneyi sırasında donatı davranışının yük ve birim deformasyon ölçümü ile daha iyi açıklandığı görülmüştür. Ayrıca, polimerik ilavenin visko-elastik davranışını modellemek için değişen elastik modülleri uygulama tekniğinin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Karpurapu ve ark. (1995) tarafından sonlu elemanlar yöntemi kullanarak, iki büyük boyutlu geosentetikle güçlendirilmiş istinat duvarının davranışı incelenmiştir. Standart laboratuvar testleri kullanılarak mekanik özellikler elde edilmiştir. Elde edilen bulgularla takviyeli zemin duvarlarının hem çalışma yükü hem de göçme koşullarında performansının modellenebileceği gösterilmiştir.

Foose ve ark. (1996) tarafından kumu iyileştirmek için atık lastik parçacıklarının kullanım imkanı kuru kum ve atık lastik parçacıkları üzerinde doğrudan kesme deneyleri ile araştırılmıştır. Kum-lastik karışımının kayma mukavemetine normal gerilme, birim ağırlık, lastik içeriği, lastik boyutu ve lastik yönü gibi etkenlerin tesiri değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarında kayma mukavemetine ciddi ölçüde normal gerilme, lastik içeriği ve birim ağırlık etkenlerinin etkilediği ifade edilmiştir. Yapılan tüm deneylerde lastikle güçlendirilmiş kumda güçlendirilmemiş kumun olduğu deneylere göre daha yüksek kayma dayanımı ve artan lastik içeriği ile karışımların içsel sürtünme açısının 67° 'ye kadar arttığı saptanmıştır. Ayrıca güçlendirilmiş karışımların dik şevler üzerinde sızıntı suyu toplama sistemlerinde, otoyol dolgu güçlendirilmesinde, hafif ağırlıklı dolguya gerek olan inşaat işlerinde uygulanabileceği belirtilmiştir.

Wu ve ark. (1997) tarafından 5 farklı gradasyon, parçacık şekline sahip ve 40 mm'den küçük uzunluktaki atık lastik ürünlerinin kayma dayanımı değişkenlerini tespit etmek için 3 eksenli basınç deneyleri uygulanmıştır. Deney sonuçları atık lastiklerin içsel sürtünme açısı değerlerinin 45° 'den 60° 'ye kadar değiştiği görülmüştür.

Bosscher ve ark. (1997) tarafından atık lastik parçalarının hafif dolgu malzemesi şeklinde karayolu yapımında kullanılması için tasarım aşamalarını geliştiren çalışmalar yürütülmüştür. Tasarım parametreleri laboratuvar model çalışmaları, sayısal analizler ve test dolguların saha performansına bağlı olarak verilmiştir. Verilenlere göre uygun şekilde sınırlandırıldığı takdirde lastik parçalarının karayolu uygulamalarında hafif dolgu olarak kullanımı uygun görülmüştür.

Tweedie ve ark. (1998) 3 çeşit lastik parçası yerleştirilen 4.88 m yüksekliğinde bir istinat duvarı deney düzeneği, lastiklerin istinat duvar dolgusu olarak kullanılmasını araştırmak için yapılmıştır. Ön duvarı dolgudan dışa doğru döndürülebilir ve yatay gerilimi ölçmek için ayarlanmıştır. 3 çeşit lastikte 0.01H'nın tabanı etrafında bir dönüşte yatay gerilmenin yaklaşık olarak aynı olduğu ve bu yatay gerilmenin geleneksel granüler dolguya göre yaklaşık %35 daha az olduğu saptanmıştır. Tasarım yanal toprak basıncı katsayısı ve eş değer sıvı basıncına göre yapıldığı belirtilmiştir. Kayma düzleminin yataya göre eğiminin tüm lastik çeşitleri için 61° ile 70° arasında olduğu tahmin edilmiştir.

Tatlısöz ve ark. (1998) tarafından yürütülen çalışmada temiz kum ve kumlu silt kullanılarak lastik parçacıklı ve zemin-lastik parçacıklı arka dolguların üzerinde doğrudan kesme ve çekme deneyiyle geosentetik etkileşimi ve kesme mukavemeti araştırılmıştır. Bu araştırmayla, geosentetikle güçlendirilmiş duvarlarda ve dolgular için kullanılabilme potansiyeli değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, arka dolgularda karışımlarda kullanılan zemine kıyasla zemin-lastik parçacıklı karışımların daha yüksek mukavemet, daha düşük birim hacim ağırlık ve sağlam arka dolgu-geosentetik etkileşimine sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte dolgular daha dik eğimle inşa edilebilme olanağına sahiptir. Kullanılan malzeme hacmi azalmakta, oturmalara ve yanal kaymalara karşı büyük direnç sağlanmaktadır. Ayrıca, zemin-lastik parçacıklı karışım için en yüksek kesme dayanımı değeri olmadığını fakat artan yer değiştirmelerle kesme dayanımının arttığı belirlenmiştir.

Lee ve ark. (1999) tarafından lastik parçaları ve kum-lastik karışımlarının mukavemet ve birim deformasyon ilişkisi üç eksenli deney uygulanarak araştırılmıştır. Bu

deneyden elde edilen sonuçlar ve literatürden elde edilen bilgiler, hem donatısız hem geosentetikle takviye edilmiş duvar dolgularında sayısal modelleme ile analiz edilmiştir.

Moo-Young ve ark. (2003) tarafından, lastik parçacıklarının dolgulardaki agrega yerine veya dolgu olarak mühendislik uygulamalarında kullanılması için bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Lastik parçalarının boyutu arttıkça, özgül ağırlık değerinin, 1.06-1.1 aralığında elde edildiği ve hidrolik iletkenlik değerinin, 0.2 cm/s'den 0.85 cm/s değerine yükseldiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, sıkıştırma enerjisinin artırılmasının, nihai sıkıştırma yoğunluğu üzerindeki etkisi çok az olduğu görülmüştür. İçsel sürtünme açısı değerleri, 15° ile 32° arasında, kohezyon değerleri ise 349 ile 394 N/m² arasında değişmektedir. Direkt kesme sonuçları, lastik parça boyutu arttıkça lastiğin kesme mukavemeti ve sıkıştırılabilirliğinin arttığını göstermiştir.

Yetimoğlu ve ark. (2003) tarafından lif ilave içeriğinin kesme mukavemeti üzerinde etkisini incelemek için, rastgele dağılmış ayırık liflerle takviye edilmiş kumlara doğrudan kesme deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar, kumun en yüksek kesme dayanımının ve ilk rijitliğinin lif ilavesinden kayda değer etkilenmediğini göstermiştir. Bununla birlikte pik mukavemet sonrası zemin kırılğanlığının azaltılabileceği belirlenmiştir. Lif ilavesiyle beraber kesme mukavemetinde bir artış olduğu görülmüş ve lif takviyeli zeminlerin davranışını daha iyi anlamak için, daha büyük çaplı liflerle yapılan daha büyük ölçekli testler kullanılması tavsiye edilmiştir.

Ghazavi (2004) tarafından yapılan çalışma, kesme mukavemeti özelliklerinin, atık lastik daneleri ile farklı yüzdelerde karıştırılan kumda nasıl değiştiğini göstermektedir. Ağırlıkça %0, %10, %15, %20, %50, %70 ve %100 atık lastik parçacıklarıyla takviye edilmiş kum-lastik karışımları belirlenmiş ve lastikler homojen karışım oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapılan direkt kesme deneyi sonuçlarına göre, normal gerilme, karışımın birim ağırlığı ve lastik içeriği gibi parametreler, karışımın kesme mukavemetine doğrudan etki etmektedir. Kum zemine, %15 kadar lastik taneciklerinin eklenmesinin, sıkıştırılmış kumlarda, içsel sürtünme açısını 37°'den 37.6°'ye yükselttiği tespit edilirken, gevşek karışımlarda 31.2° ile 35.3° arasında değiştirdiği görülmüştür. En büyük sürtünme açısını elde etmek için kuma %10-20 lastik

tavsiyesinin gerektiği belirtilmiştir. Bu karışımın, hafif malzeme olması sebebiyle, geoteknik uygulamalarda kullanılmasının faydalı olabileceği belirtilmiştir.

Zornberg ve ark. (2004) tarafından, büyük ölçekli bir 3 eksenli deney düzeneği ile, saf kum, lastik parçacıkları ve lastik-kum karışımından oluşan numunelerde optimum lastik parça içeriği yüzdesi ve en-boy oranının belirlenmesi için CD (konsolidasyonlu-drenajlı) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, lastik-kum karışımlarında, kayma mukavemetinin, artan lastik parça içeriği ve en-boy oranı ile arttığı tespit edilmiştir. Lastik parça içeriğinin %35 civarında olduğu durumda, kayma mukavemetinin maksimum değere ulaştığı fakat bunun ötesindeki lastik içeriklerinde azaldığı görülmüştür.

Yoon ve ark. (2004) tarafından, atık lastiklerin güçlendirme malzemesi olarak kullanımı amacıyla lastik tabanları ve lastik yan duvarları birleştirilerek mat yapılmıştır. Plaka yükleme deneyleri ile bağıl yoğunluk, gömülü derinlik, güçlendirilmiş tabaka sayısı, matın boyutu ve lastiğin türü gibi çeşitli koşullar altında güçlendirme etkisi incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda güçlendirilmiş kumun taşıma kapasitesinin, güçlendirilmemiş kuma göre 2 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Daha düşük kum yoğunluğunda, güçlendirme ve oturmanın azalması etkilerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Taşıma kapasitesindeki iyileşmenin, yoğunluk arttıkça azaldığı ve birleştirilmiş matta en yüksek taşıma kapasitesine ulaşıldığı belirlenmiştir. Çalışma sonunda, oturma değerlerindeki azalmanın, gevşek kumda %70, sıkı kumda ise %34 oranlarında olduğu görülmüştür.

Edinçliler ve ark. (2004) atık lastik ve uçucu kül toprak agregaları kullanılarak büyük ölçekli direkt kesme ve dinamik 3 eksenli basınç deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Kum zemine, atık lastik ilavesinin, düşük birim şekil değiştirmede malzemeyi sertleştirerek ve büyük birim şekil değiştirmede yumuşatarak, karışımın deformasyon davranışını değiştirdiği gözlenmiştir. Sadece atık lastik kullanılması durumunda elde edilen kesme modülü ve sönüm değerlerinin, kum-lastik karışımlarından elde edilen değerlere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Toprak agregalardan elde edilen kesme modülünün, kuma takviye edilen lastikten daha düşük olduğu, fakat sönüm değerinin, daha yüksek

olduğu belirlenmiştir. Kuma ağırlıkça %10 lastik takviyesi durumunda, kayma modülünün azaldığı ve sönümde büyük artış oluştuğu gözlenmiştir.

Youwai ve ark. (2004) tarafından gerçekteştirilen çalışmada, FLAC programı ile lastik parça kauçuk ve lastik parça kauçuk-kum karışımının sayısal modellemesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, artan donatı rijitliğiyle, yanal deformasyon azalırken donatıdaki çekme kuvveti artmıştır. Ayrıca, ara yüzeyde artan kesme rijitliği ile donatıdaki çekme kuvveti artarken, güçlendirilmiş duvarın yanal deformasyonu azalmıştır. Karışımlarda artan atık lastik içeriği ile duvar hareketi ve yanal toprak basınç katsayısı artmıştır.

Ghazavi ve ark. (2005) tarafından, atık lastik ilavesi ile iyileştirilmiş kumun kesme mukavemetini etkileyen atık lastik parça boyutlarını optimize etmek amacıyla deneysel bir çalışma gerçekteştirilmiştir. Özel kesici ile 2, 3, 4 cm eninde ve her en için farklı boylarda atık lastik parçaları hazırlanmıştır. Kum zemine, hacimce %15, %30, %50 lastik parçası ilave edilmiştir. Üç farklı lastik parçasının kesme mukavemetini kıyaslamak için, 15.5 ve 16.8 kN/m³ birim hacim ağırlık değerine sahip kum malzeme göz önüne alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, normal gerilme, kumun birim hacim ağırlığı, parça içeriği, kum-lastik karışımlarının özellikleri, parça genişliği ve lastik parçasının en-boy oranı parametrelerinin, kesme mukavemetini etkilediği görülmüştür. Bununla birlikte parça genişlikleri, sıkıştırma, parça içeriği, en-boy oranı ve bunların varyasyonlarında içsel sürtünme açısının %113.5 artışla 67°'ye yükseltilebileceği belirtilmiştir.

Abdrabbo ve ark. (2005) tarafından gerçekteştirilen deneysel çalışmada, lastik parçacıkları, mukavemet, sürtünme direnci ve esneklik gibi önemli özelliklerinden dolayı hafif katkı olarak kum zeminle karıştırılmıştır. 50 mm genişliğinde, sıklık dereceleri %50, %75, %90 olan kum-lastik karışımlı şerit temelli bir model üzerinde 40 adet laboratuvar yükleme deneyi gerçekteştirilmiştir. Temelin altında takviye içeren kum tabakasının kalınlığı, şerit temel genişliğinin 1, 2, 3 ve 5 katı olarak alınmıştır. Lastik parçalarının kuma oranı ağırlıkça %5, %10 ve %15 olarak seçilmiştir. Kum-lastik karışımı üzerinde temelin oturmasının, aynı yükleme seviyesinde saf kum durumuna göre %30 daha az olduğu ortaya konmuştur. Bunlarla

birlikte, nihai taşıma kapasitesinin, sadece saf kum olan duruma göre 7 katına kadar artış gösterdiği ve başlangıç elastisite modülünün aynı sıklıkta saf kumda elde edilen değer 2 ile 9 katı arasında arttığı tespit edilmiştir. Lastik takviyesinin, içsel sürtünme açısına belirgin derecede etki etmediği, ancak, karışıma önemli bir kohezyon değeri eklediği görülmüştür. Şerit temelin altında %10'dan fazla lastik içeriği ve 2B'den daha büyük kalınlıkta kum-lastik karışımı tavsiye edilmiştir.

Attom (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma ile, belirli koşullar altında, 3 farklı tip kum ve her bir kuma 4 farklı parçalanmış lastik, ağırlıkça belli oranlarda (%10-20-30-40-50) ilave edilerek kum ve parçalanmış lastik karışımların üzerinde doğrudan kesme deneyleri ile kesme mukavemet davranışı araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonunda, atık lastik içeriğindeki artışla beraber kumun içsel sürtünme açısı ve kesme mukavemetinin arttığı belirlenmiştir.

Çetin ve ark. (2006), kohezyonlu killi zemin ile ağırlıkça belli oranlarda (%10-20-30-40-50) karıştırılan ince ve kaba tanelenmiş lastik parçacıklarının, geoteknik özelliklerini dane boyutu, atterberg limileri, permeabilite, direkt kesme ve kompaksiyon deneyleri ile araştırmış ve hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak kullanım imkanlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonunda, %30'a kadar ince lastik parçacıkları ve %20'ye kadar kaba tanelenmiş lastik parçacıklarıyla oluşturulan karışımlarda, yüksek geçirgenlik ve yüksek kayma mukavemeti değerleri belirlenmiş ve dolgularda hafif ağırlıklı malzeme olarak uygulanabileceği saptanmıştır.

Yoon ve ark. (2006) tarafından, lastik parçası-kum karışımlarının dolgu inşaatında dolgu malzemesi olarak uygulanabilirliği incelenmiştir. Çalışmada, lastik parçası-kum karışımını eşit oranlarda karıştırmak suretiyle, yüksekliği 2.1 m, uzunluğu 20 m, genişliği 17.7 m yaklaşık değerlerinde test dolgusu inşa edilmiştir. 200 günlük karayolu trafiğinden sonra dolgunun 3 farklı kısmında, 9 oturma plakası kullanılarak oturmalar gözlenmiştir. Gözlenen en büyük oturma değeri yaklaşık 12 mm olarak bulunmuş ve bu değerlerde sabit kalmıştır. Eğimölçerlerle test dolgusunun yanal hareketi ve farklı oturumları incelenerek dolgunun tabanına göre bağlı yanal hareket maksimum 2 mm bulunmuştur ve kayda değer farklı bir yerleşim gözlenmemiştir.

Lastik malzeme kullanılmasıyla hafif, nispeten ucuz, sıkıştırılması kolay, serbest drenajlı dolgu oluşturulabileceği belirlenmiştir.

Venkatappa Rao ve ark. (2006) tarafından, atık lastik katkıların davranışını araştırmak için değişen atık lastik parça boyutu ve içeriği üzerinden sıkıştırılabilirlik, 3 eksenli basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, kum-atık lastik parça karışımlarında, %20'ye kadar atık lastik katkısının, kum-çakıl davranışı sergilediğini göstermiştir. Bununla birlikte, yaklaşık 10 m yüksekliğe kadar karayolu ve dolgu inşaatı için kullanılabilir bir malzeme olduğu görülmüştür. Tüm lastik parça tipleri için, düşey birim deformasyonun, düşey gerilme ile orantılı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, lastik parça içeriğinin %20 ve sıkıştırma yükünün 150 kPa değerinden daha fazla olduğu durumlarda, büyük deformasyonların meydana gelebileceği belirtilmiştir.

Oikonomou ve ark. (2009) tarafından, atık lastiklerin mühendislik uygulamalarında kullanımı araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda, lastik ilavesi ile çimento karışımlarının üretimi, yol yapımı, geoteknik çalışmalar, çimento fabrikalarında yakıt olarak, çimentoda agrega veya katkı maddesi olarak, dolgular için hafif dolgu ve istinat duvarları için dolgu malzemesi olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir. Ayrıca, bitüm değiştirici olarak atık lastik kullanılması ile daha iyi kayma ve tekerlek izi direnci elde edildiği ve hizmet ömürlerinin daha uzun olabileceği gözlenmiştir. İnşaat uygulamalarında, lastiğin diğer dolgu malzemelerine göre avantajının düşük yoğunluğu, yüksek dayanıklılığı, kesme mukavemetleri, ısı yalıtımları olduğu belirtilmiştir.

Huggins ve ark. (2012) tarafından, atık lastiklerin, dolgu olarak kullanıldığı istinat duvarları dinamik yükleme koşulları altında araştırılmıştır. PLAXIS programı kullanılarak, donatılı ve donatısız istinat duvarlarında, yanal toprak basınçları, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri değerlendirilmiştir. Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri laboratuvar testleri ile belirlenmiştir. Sonuçlar, dinamik koşullarda donatısız istinat duvarlarının, daha yüksek maksimum ve kalıcı sehim davranışı gösterdiği gözlenmiştir.

Tafreshi ve ark. (2012) tarafından, temel altında rastgele dağılmış lastik kauçuğun zemin mühendislik özelliklerine etkisinin incelenmesi için kare bir temelin taşıma kapasitesi laboratuvar testleri ile araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, %5 kauçuk içeriğinde hazırlanan karışım kullanılması durumunda taşıma kapasitesinin, donatısız durumda elde edilen taşıma kapasitesinin yaklaşık 2.68 katı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen optimum değerlerin, temel genişliğinin 0.5 katı donatı tabakası kalınlığı ve temel genişliğinin 0.25 katı zemin örtüsü kalınlığı olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile atık lastiklerin zemini iyileştirmek için alternatif bir yol olarak kullanılması önerilmektedir.

Keskin ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, atık lastik parçacıklarının kum şeve oturan yüzeysel temelde, taşıma kapasitesi ve oturma davranışı üzerindeki etkisini araştırmak için direkt kesme ve model yükleme deneyleri yapılmıştır. Lastik parçalarının kesme mukavemetine etkisi için hacimce %0, %5, %10, %15, %20'lik karışım oranları kullanılmış ve optimum karışım elde edilmiştir. Relatif sıklık derecesi %65 ve eğim açısı 30° olan kum şevde şerit temel üzerinde yükleme testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kum-lastik karışımlarında şerit temel oturması aynı yükleme seviyesindeki saf kumla kıyaslandığında, oturmaların %30 azaldığı görülmüştür. İçerinde ilave edilen lastik parça içeriğine göre taşıma kapasitesi oranı, 1.17'den 1.88'e yükseldiği belirlenmiştir.

Tafreshi ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, 2000×2000 mm plan boyutlarında ve 720 mm derinliğinde doğal zemine kazılmış açık hava test çukurunda 300 mm çapında dairesel plaka ile uygulanan plaka yükleme deneyleri ile çok tabakalı kauçuk-kum karışımının etkisi incelenmiştir. Temel çapının yaklaşık 0.4 katı kauçuk-kum karışımı, optimum kalınlık olarak belirlenmiş ve katmanların sayısı arttırılarak temelin taşıma kapasitesinin arttırılabileceği görülmüştür. Kauçuk-kumlu katmanlar yükü daha geniş bir alana dağıtarak temel derinliği boyunca aktarılan düşey gerilimi azaltmıştır. Sayısal analizde temeldeki pasif bölgelerin genişlemesine neden olduğu ve bununla yatak sehimini daha az yapma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Daud (2018) tarafından yapılan çalışmada, kumlu zemin ve kumlu siltli zeminde lastik ilave edilmesi durumunda, zeminin, kesme özelliği, deformasyon ve sıkıştırılabilirlik

özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Karışımlardan elde edilen sonuçların, lastik takviye edilmemiş zeminlerinkine benzer olduğu fakat karışımlarda daha fazla sıkıştırılabilirlik ve nihai kesme kuvvetlerini elde etmek için büyük deformasyonlar gerektiği, kesme mukavemetinde önemli artış gözlemlendiği belirtilmiştir. Ek olarak kumlu zeminde kesme mukavemetinde artışa sürtünme açısındaki artışın neden olduğu gösterilmiştir. Kumlu siltli karışımlar için içsel sürtünme açısının, lastik içeriğinden bağımsız olduğu görülmüştür. Kumlu siltli karışımlar için sıkıştırılabilirlik modülünün, kum karışımlar ile yapılandan daha az olduğu gösterilmiştir.

Bahloul (2019) tarafından, kum-lastik karışımının, yüzeysel temellerin taşıma gücü ve oturması üzerindeki etkileri sonlu eleman yazılımı olan PLAXIS ile sayısal olarak incelenmiştir. Temelin altına, temel genişliğinin 0.5 ve 1.5 katı kalınlıklarda lastik-kum yerleştirilmiştir. Elde edilen verilerle, lastik-kum tabakasının, temel genişliğinin 1.5 katına eşit kalınlıkta kullanılması durumunda, taşıma kapasitesinin maksimum %42'lik bir artış gösterdiği ve oturmaların azaldığı gözlemlenmiştir.

Djadouni ve ark. (2021) tarafından, farklı karışım oranlarında hazırlanmış, kum- lastik parça karışımlarının, konsol istinat duvarlarında, hafif arka dolgu malzemesi olarak kullanılması durumu nümerik olarak analiz edilmiştir. Analizler, sonlu elemanlar yöntemini kullanan RS2 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan karışım malzemesinin elastik parametreleri, homojenizasyon yöntemi ile elde edilmiş, diğer parametreler ise literatürde mevcut çalışmalardan alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, %100 kum yerine, ağırlıkça %66.54 / %33.46 veya hacimce %81 / %19 lastik parçacık/kum oranına sahip karışım kullanılmasıyla, yatay yer değiştirmeler ve yanal toprak basınçlarının %58 ve %36 oranında azaltılabileceği ve duvarın güvenlik sayısının arttığı belirlenmiştir.

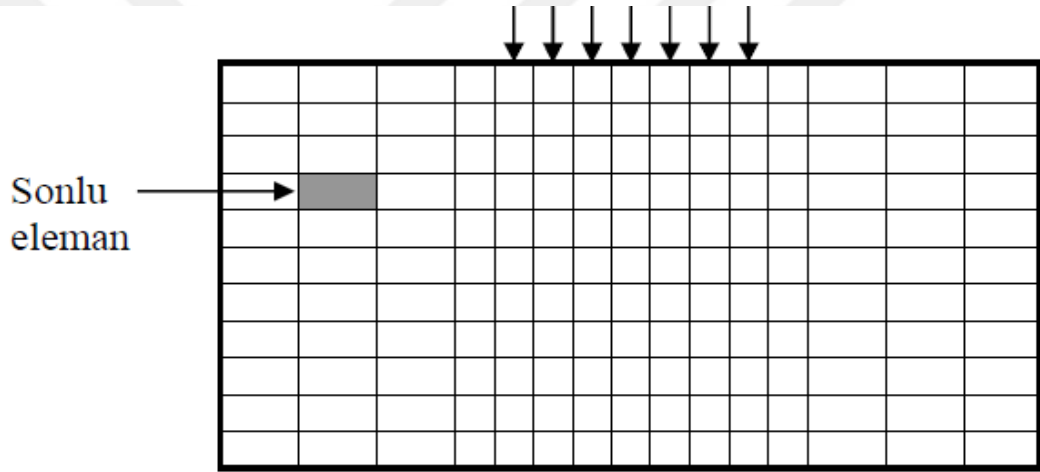
3. MATERYAL VE METOT

Tez kapsamında, kum zemine oturan sürekli temellerin taşıma kapasitesi ve oturma davranışı, kumun belli oranlarda atık lastik parçacıklarıyla karıştırılması durumunda, sayısal olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, kum zemin, hacimce farklı atık lastik yüzdeleri ile karşılaştırılmış (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum, %100 lastik - %0 kum) ve taşıma kapasitesini arttıran, oturma değerlerini azaltan optimum karışım oranı belirlenmiştir. Analizlerde, temel genişliğine bağlı olarak, optimum karışım oranı uygulanacak optimum yatay ve düşey mesafeler elde edilmiştir. Bu amaçla, temel genişliğine (B) bağlı olarak, farklı düşey derinlik (1B-2B-3B-4B-5B-6B-7B) ve farklı yatay mesafe değerleri (1B-3B-5B-7B-9B-11B) için analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, farklı temel genişliklerinde (B=1m-1.5m-2m) gerçekleştirilerek, taşıma kapasitesi ve oturma davranışına, temel genişliği etkisi incelenmiştir. Ayrıca, optimum karışım oranı kullanılarak oluşturulmuş şevli dolguların güvenlik sayıları statik ve dinamik koşullar altında analiz edilmiştir. Bu amaçla, farklı şev açlarına (β) sahip şev dolguları oluşturulmuş ($\beta=30^\circ$, $\beta=35^\circ$, $\beta=40^\circ$, $\beta=45^\circ$) ve optimum karışım değeri kullanılarak şev stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerde, şevli zemine, farklı değerlerde yatay yer ivme katsayıları ($k_n=0.1g$, $0.2g$, $0.3g$; g =yerçekimi ivmesi) etki ettirilerek güvenlik sayısındaki değişim belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, analizler, sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan, iki boyutlu, PLAXIS bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, kum ve kum-lastik karışımlarının elastik ve mühendislik parametreleri belirlenirken, literatürde mevcut, Djadouni ve ark., (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmadan yararlanılmıştır.

3.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Zeminlerde birçok teorik ve ampirik yöntemler kullanılarak zemin davranışı incelenmektedir. Zeminin komplike yapısı, birçok faktöre bağlı olan davranış özelliklerinin modellenmesi için zamanla geliştirilen bu yöntemlerde, zemin ortamı lineer-elastik ve homojen gibi varsayılp, modellemeyi kolaylaştırarak, çözüm bulunmaya çalışılmaktadır. Ancak, zeminin kompleks yapısı, anizotropi, doğrusal olmayan, zamana ve ortama bağlı davranış durumları, heterojen yapısı gibi özellikleri gerçekçi çözümler elde edilmesini çoğu durumda mümkün kılmamaktadır. Tüm

mühendislik alanlarında olduğu gibi bilgisayar teknolojisinde kaydedilen gelişmeler, geoteknik ile ilgili problemlerin çözümüne de pozitif yansımıştır. Bu sayede geoteknik uygulamalarda, sayısal yöntemler kullanılarak hem çözüm süresi kısaltılmış hem de daha gerçekçi çözümlere ulaşılmıştır. Fiziki sistemlerin davranışları diferansiyel denklemlerle belirtilmekte ve sayısal yöntemler aracılığıyla analiz edilmektedir. Bu sayısal yöntemlerin en gelişmiş ve sistematik olanlarından birisi de Sonlu Elemanlar Yöntemi'dir. Bu yöntemin, tanımı matematiksel yöntemler ile yapılmış sürekli sistemler için, genel bir çözüm yöntemi olduğu belirtilmiştir (Zeinkiewicz, 1977). Yöntemde, sürekli bir sistem, daha küçük elemanlara ayrılarak çözüme gidilmektedir (Şekil 3.1). Bu sayede, sonlu elemanlara bölünen sistem ve her bir eleman denge denklemleri yazılarak, çözüme ulaşılmaktadır.



Şekil 3.1 Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması

Böylelikle, özellikle büyük komplike sistemlerde, daha gerçekçi sonuca ulaşmak için çok sayıda eleman gerekmektedir. Dolayısıyla işlem hacminin artmasıyla çözüm süresi uzamaktadır. Bu her ne kadar dezavantaj gibi görünse de, bu durumun önüne bilgisayar yardımıyla geçilmektedir.

3.1.1 Geoteknik Mühendisliği'nde sonlu elemanlar yönteminin kullanımı

Sonlu elemanlar yönteminin, geoteknik mühendisliği problemlerine uygulanması durumunda, birçok sınırlandırmalar gerekmektedir. Sadece kısıtlı sayıda sorunlar ek iyileştirmeler olmadan yapılabilmektedir. Bu yöntemde, değişkenler arasındaki bağıntılar ile formüller oluşturulmaktadır. Fakat, geoteknik problemlerde, malzeme davranışı çoğu zaman efektif gerilmeler türünden tanımlanmaktadır. Ayrıca, çoğu geoteknik problemde yapı ile zemin arasında etkileşim bulunmaktadır ve bir ara yüzey elemanına ihtiyaç bulunmaktadır. Sonuç olarak, sonlu elemanlar yönteminin

geoteknik mühendisliğinde efektif bir şekilde uygulanabilmesi için, bazı değişikliklerin yapılmasına gereksinim duyulmaktadır (Potts ve Zdravkovic, 1999).

Sonlu eleman analizlerinin geoteknik mühendisliği problemlerinde gerçek durumu modelleyebilmesi için aşamalı çözüm (aşamalı yükleme, aşamalı kazı) yapılması gerekmektedir. Aşamalı analiz ile iki avantaj elde edilmektedir:

a) Sonlu eleman analizlerinde dolgu / kazı durumu söz konusu olduğunda, geometri değişikliği gösterdiğinden, sonlu elemanlar ağında gerekli değişiklikler yapıldığında, geometride meydana gelen bu değişimler modellenabilmektedir.

b) Sonlu eleman analizlerinde, gerilmelerin, zemin kütlesi içindeki değişimi nedeniyle her bir yükleme kademesinde zemin özelliklerinde değişiklik meydana gelmektedir.

Zeminler, gerilme-şekil değiştirme olarak non-lineer davranış göstermektedir ve gerçekçi bir modelleme için, bu davranışın göz önüne alınarak analizlerin gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Kılıç, 2000).

3.2 PLAXIS Programı

Farklı geoteknik problemlerin çözümü için sonlu elemanlar yöntemi kullanan PLAXIS(Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), deformasyon ve stabilite analizleri gerçekleştirilebilen bir bilgisayar programıdır. İlk olarak, Hollanda Delft Teknik Üniversitesi tarafından 1987 yılında geliştirilmiştir. Zamanla, kapsamı, geoteknik mühendisliğinin başka uygulama alanlarının da dahil olduğu şekilde genişletilmiştir. Bu çalışmada, statik ve dinamik koşullarda, iki boyutlu çözüm yapabilen PLAXIS 8.6 versiyonu kullanılmıştır.

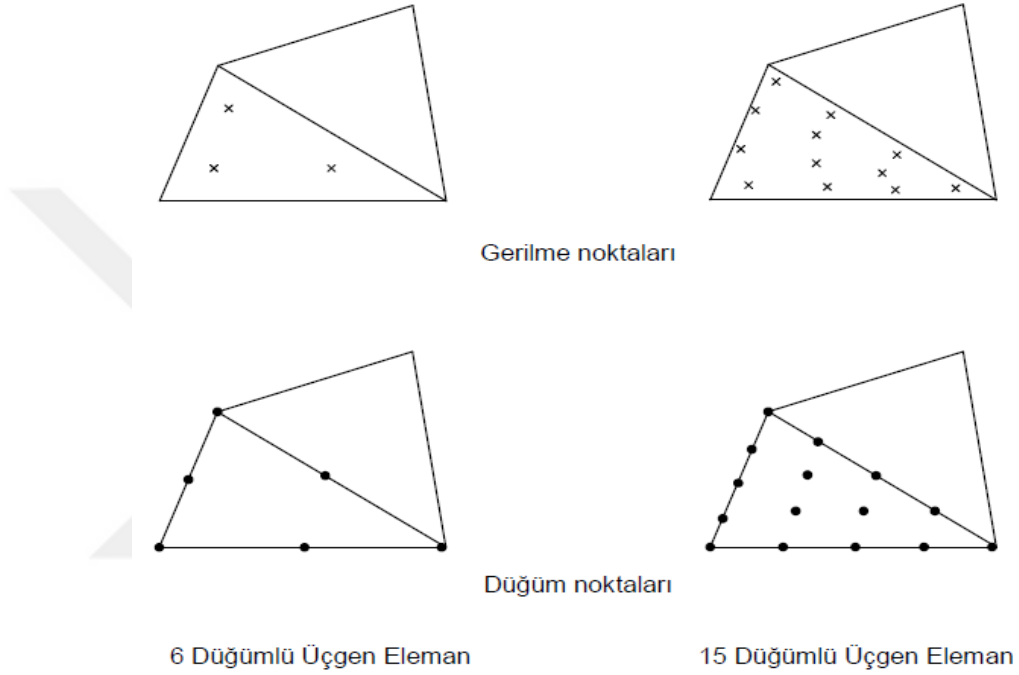
3.2.1 Geometrik modelin oluşturulması

Zemin tabakaları, kazı safhaları, yükler, yapılar ve sınır şartlarının program içindeki girişi için özel bir grafik ortamı bulunmaktadır. Bu sayede, geometrik model, gerçek durumuna yakın bir şekilde doğru ve ayrıntılı olarak oluşturulabilmektedir. Problem türüne uygun şekilde, düzlem şekil değiştirme veya eksenel simetrik geometri koşulları uygulanabilmektedir.

3.2.2 PLAXIS elemanları

3.2.2.1 Zemin elemanları

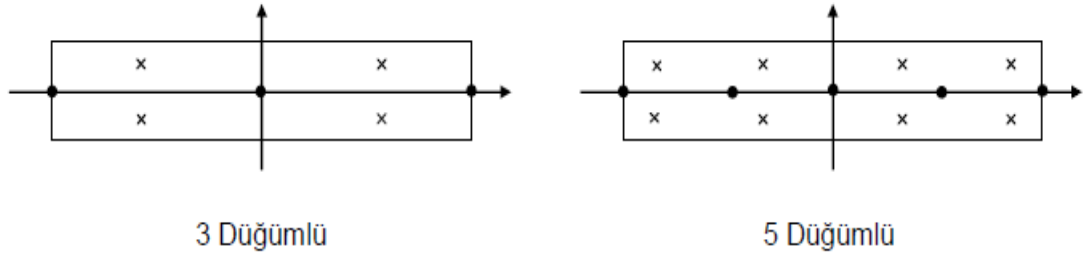
Zemin ortamı iki boyutlu üçgen elemanlara ayrılarak sonlu elemanlar ağını oluşturmaktadır. Program, 6 ve 15 düğüm noktalı iki farklı üçgen eleman içermektedir (Şekil 3.2). Aynı sonlu eleman ağında, 15 düğüm noktalı elemanlar daha hassas çözümler sunmaktadır.



Şekil 3.2 Zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonları

3.2.2.2 Kiriş elemanları

Programda, temel, plak, duvar gibi yapı elemanları 3 ve 5 düğüm noktasına sahip iki değişik kiriş elemandan yararlanılarak ifade edilir (Şekil 3.3). 6 düğümlü eleman kullanılmasına karşılık 3 düğümlü kiriş eleman, 15 düğümlü eleman kullanılmasına karşılık 5 düğümlü kiriş eleman sonlu eleman analizlerinde uygulanmaktadır. Bu elemanlar Mindlin kiriş teorisi esas alınarak geliştirilmiş olup eğilmeye ve kaymaya maruz bırakılmaktadır.



Şekil 3.3 Kiriş elemanlar

3.2.3 Zemin modelleri

Programda, 6 farklı zemin modeli, zemin davranışını tasarlamak için kullanılmaktadır.

3.2.3.1 Lineer-elastik zemin modeli (LE)

Lineer-elastik modelde zemin davranışının Hooke yasasına uyduğu kabul edilmektedir. Programda giriş bilgileri olarak, Elastisite modülü, E ve Poisson oranı, ν değerleri girilir. LE model, zemin davranışını çok sınırlı bir şekilde temsil edebilir ve genellikle zemin içindeki rijit yapıları tasarlamak için kullanılmaktadır.

3.2.3.2 Mohr-Coulomb zemin modeli (MC)

Mohr-Coulomb, elasto-plastik davranışı esas alan zemin modelidir. Başlangıç gerilme hali, doğru bir K_0 değeri seçilerek oluşturulabilir. Bu zemin modelinin avantajı, istenilen parametre sayısının az olması ve hızlı bir çözüm sunabilmesidir. Programda, giriş bilgileri olarak 5 parametre girilir. Bunlar; Elastisite modülü, E , Poisson oranı, ν , kohezyon, c , içsel sürtünme açısı, ϕ ve dilatasyon açısı, ψ 'dir.

3.2.3.3 Soft soil zemin modeli (SS)

Normal konsolide killer, killi siltler ve turba zeminleri kapsayan yumuşak zeminler, zemin mekaniğinde bu şekilde adlandırılmaktadır. Yüksek ölçülerde sıkışabilirliğe sahip bu gibi zeminlerin farklı özellikleri vardır. Modelde giriş parametreleri olarak, kohezyon, c , içsel sürtünme açısı, ϕ , dilatasyon açısı, ψ , modifiye sıkışma indeksi, λ^* , ve modifiye şişme indeksi, κ^* değerleri girilmektedir.

3.2.3.4 Hardening soil zemin modeli (HS)

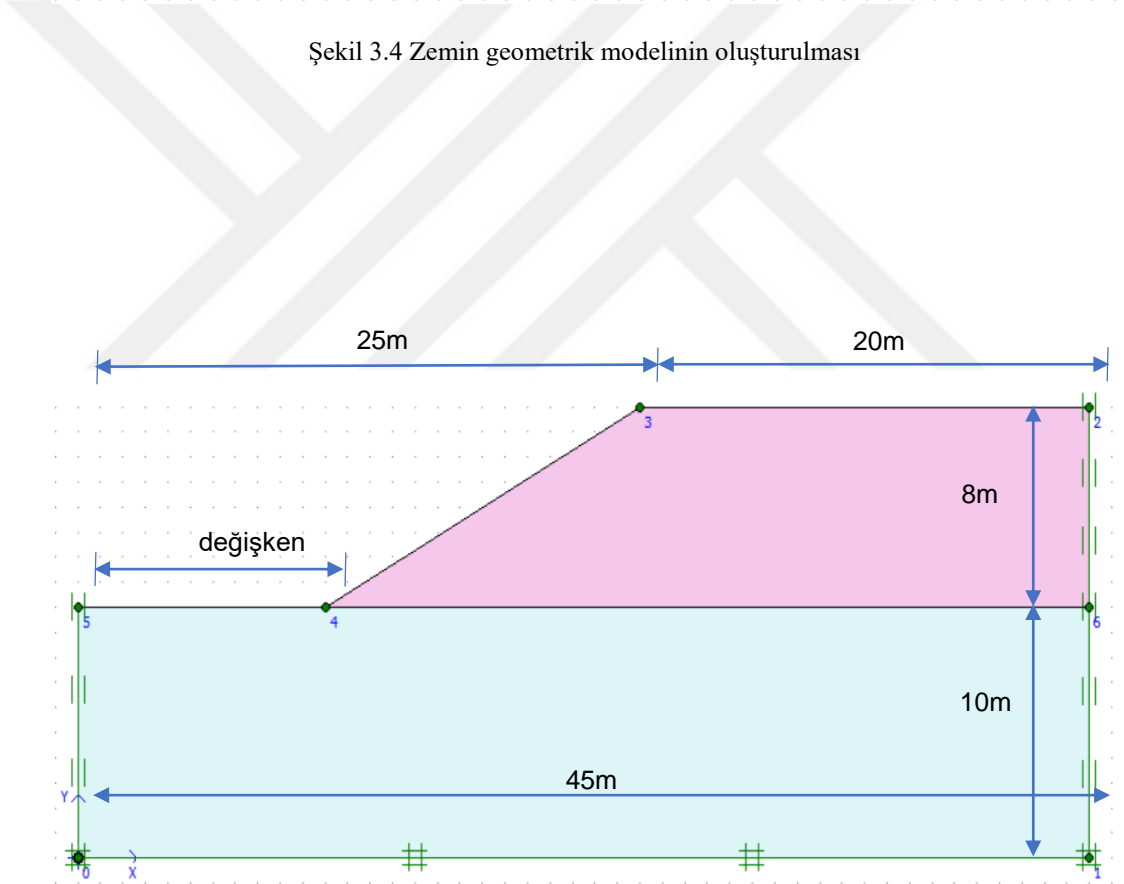
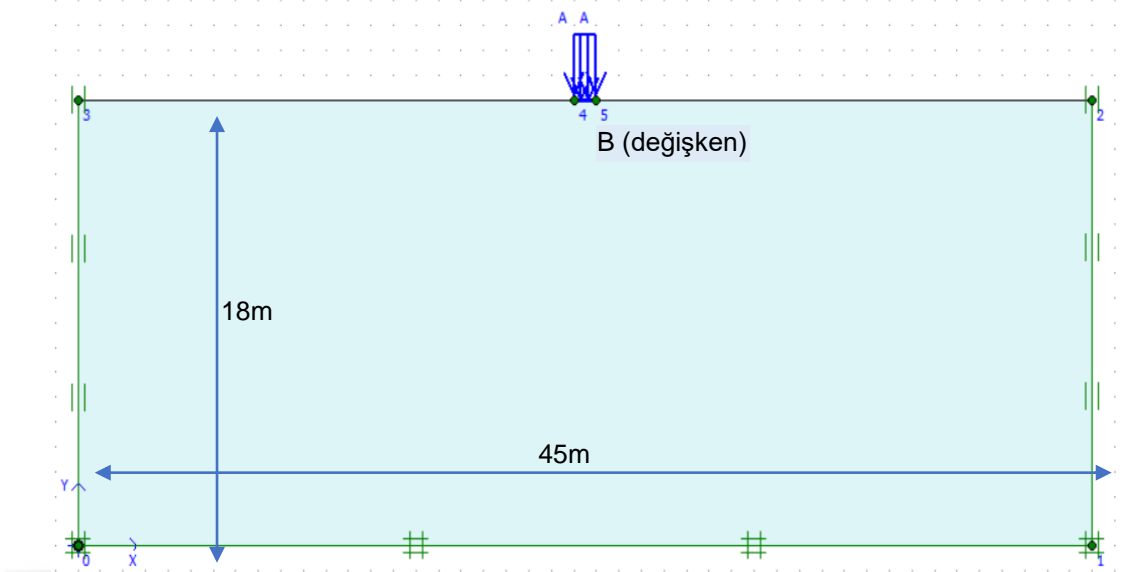
Mohr-Coulomb teorisinin kullanıldığı değişik türlerdeki zeminlerin davranışın için kullanılan gelişmiş bir model olarak tanımlanmaktadır. Bu model, ilk olarak Kondner (1963) tarafından formüle edilmiş ve zamanla Duncan ve Chang (1970) tarafından geliştirilerek hiperbolik zemin modeli olarak ifade edilmiştir. Modelde, gerilme bağımlı rijitlik (giriş parametresi m), deviatorik yükleme nedeniyle oluşan plastik deformasyonlar (giriş parametresi E_{50}^{ref}), sıkışma nedeniyle oluşan plastik deformasyonlar (giriş parametresi E_{oed}^{ref}), elastik boşaltma/yükleme (giriş parametresi E_{ur}^{ref} , ν_{ur}), Mohr-Coulomb modeline göre göçme (c , ϕ ve ψ parametreleri) parametreleri kullanılmaktadır.

3.3 Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu eleman analizlerinde, iki boyutlu PLAXIS bilgisayar programı kullanılarak bir zemin modeli oluşturulmuş ve kum zemin içerisine atık lastik parçaları karıştırılması durumunda, sürekli temeller altında taşıma kapasitesi-oturma davranışı ile lastik-kum karışımları ile oluşturulan şevli dolguların stabilitesi incelenmiştir.

3.3.1 Geometrik model

Model zemin geometrileri, PLAXIS programında düzlem-şekil değiştirme koşullarında modellenmiştir. Zemin ortamında daha hassas çözümler elde etmek için 15 düğüm noktası kullanılmıştır. Zemin modelinin genişliği 45m yüksekliği ise 18m'dir. Şekil 3.4'de oluşturulan zemin model geometrisi, Şekil 3.5'de ise şevli zemin model geometrisi görülmektedir. Şev analizlerinde farklı şev açıları için geometriler yeniden modellenmiştir.



3.3.2 Malzeme özellikleri

Bu bölümde, analizlerde kullanılan kum zemin, lastik ve kum-lastik karışımlarının malzeme parametreleri ile temel plakası malzeme parametrelerinden bahsedilmiştir.

3.3.2.1 Model zemin

Analizlerde, model zemin davranışı, Mohr-Coulomb (MC) malzeme modeli ile tanımlanmıştır. Analizlerde kullanılan kum, atık lastik ve kum-atık lastik karışımlarının malzeme parametreleri belirlenirken, Djadouni ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmadan yararlanılmıştır. Djadouni ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, konsol bir istinat duvarı arkası dolgusunda kum-lastik karışımının kullanılması durumu nümerik olarak incelenmiştir. Çalışmada, 7 farklı kum-lastik karışımı ele alınmıştır. Çalışmaya göre, sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme yapabilmek için gerekli dolgu malzemelerinin temel parametreleri, kuru birim ağırlık, kesme dayanımı ve elastik malzeme parametreleridir. Kum-lastik karışımlarının, sıkıştırılmış durumdaki kuru birim hacim ağırlık, kesme mukavemeti parametreleri (pik değerler) ve hidrolik iletkenlik değerleri, ASTM D 6270-98 tarafından yayınlanan “Standard practice for the use of scrap tires in civil engineering applications” ve Ahmed (1993) tarafından gerçekleştirilen çalışmalardan alınmıştır. Çalışmada, kum-atık lastik karışımının elastik parametreleri (Elastisite modülü ve Poisson oranı) Wang (1996) tarafından geliştirilen basitleştirilmiş homojenizasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Homojenleştirme yöntemi, karışım zeminlerin davranışını modellemek için geliştirilmiş ve mikro-gerilim/mikro-şekil değiştirmenin homojen olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım, karışım zeminlerin birim hücredeki sayısal prosedürü büyük ölçüde basitleştirmektedir. Yöntemin geçerliliği, karışım zeminler üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ve yöntemden elde edilen parametreler karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Doğrulama sonuçları, yöntemin, rasgele karıştırılmış zeminler ile yönlendirilmiş kompozit zeminlere uygulanabileceğini göstermiştir (Wang ve ark., 2002).

Analizlerde kullanılan, atık lastik, kum zemin ve atık lastik – kum karışımlarının elastik parametreleri aşağıda sunulan Wang (1996) modeli ile belirlenmiştir:

$$E_{C-VR} = E_t \left(\frac{b_s \Gamma}{\Gamma(b_s - 1)} \right) + E_s \left(\frac{1 - \Gamma}{\Gamma(b_s - 1) + 1} \right) \quad (3.1)$$

$$b_s = \sqrt{\frac{E_t}{E_s}} \quad (3.2)$$

Burada;

“ E_{c-VR} ” eşdeğer elastisite modülü; “ E_s ” kum zeminin elastisite modülü; “ E_t ” atık lastik malzemesi elastisite modülü; “ Γ ” hacim oranı (karışımdaki hacimce atık lastik miktarına bağlı) parametrelerini göstermektedir (Djadouni ve ark., 2021).

Analizlerde kullanılan lastik-kum karışımlarının (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum, %100 lastik - %0 kum) Mohr-Coulomb malzeme parametreleri Tablo 3.1 – 3.7’de görülmektedir. PLAXIS programında, kohezyon değerinin $c=0$ olarak alınması önerilmediğinden $c=0.001$ kPa değeri kullanılmıştır. Programda dilatasyon açısının, $\psi=\phi-30^\circ$ bağıntısı kullanılarak elde edilmesi önerilmiştir.

Tablo 3.1 Model zemin için MC model parametreleri (%0 lastik - %100 kum)

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	18.15
Kohezyon	c	kN/m ²	0
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(^o)	41
Dilatasyon açısı	ψ	(^o)	11
Poisson oranı	ν	-	0.30
Elastisite modülü	E	kN/m ²	47888

Tablo 3.2 Model zemin için MC model parametreleri (% 16.5 lastik - %83.5 kum)

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	16.11
Kohezyon	c	kN/m ²	13.98
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(°)	38
Dilatasyon açısı	ψ	(°)	8
Poisson oranı	ν	-	0.306
Elastisite modülü	E	kN/m ²	45145

Tablo 3.3 Model zemin için MC model parametreleri (%29.16 lastik - %70.84 kum)

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	14.89
Kohezyon	c	kN/m ²	31.21
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(°)	35
Dilatasyon açısı	ψ	(°)	5
Poisson oranı	ν	-	0.309
Elastisite modülü	E	kN/m ²	42155

Tablo 3.4 Model zemin için MC model parametreleri (%39.37 lastik - %60.63 kum)

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	13.94
Kohezyon	c	kN/m ²	42.92
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(°)	33
Dilatasyon açısı	ψ	(°)	3
Poisson oranı	ν	-	0.312
Elastisite modülü	E	kN/m ²	39513

Tablo 3.5 Model zemin için MC model parametreleri (%50 lastik - %50 kum)

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	11.41
Kohezyon	c	kN/m ²	22.11
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(^o)	27
Dilatasyon açısı	ψ	(^o)	0
Poisson oranı	ν	-	0.314
Elastisite modülü	E	kN/m ²	36037

Tablo 3.6 Model zemin için MC model parametreleri (%66.54 lastik - %33.46 kum)

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	8.59
Kohezyon	c	kN/m ²	21.91
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(^o)	17
Dilatasyon açısı	ψ	(^o)	0
Poisson oranı	ν	-	0.316
Elastisite modülü	E	kN/m ²	29980

Tablo 3.7 Model zemin için MC model parametreleri (%100 lastik - %0 kum)

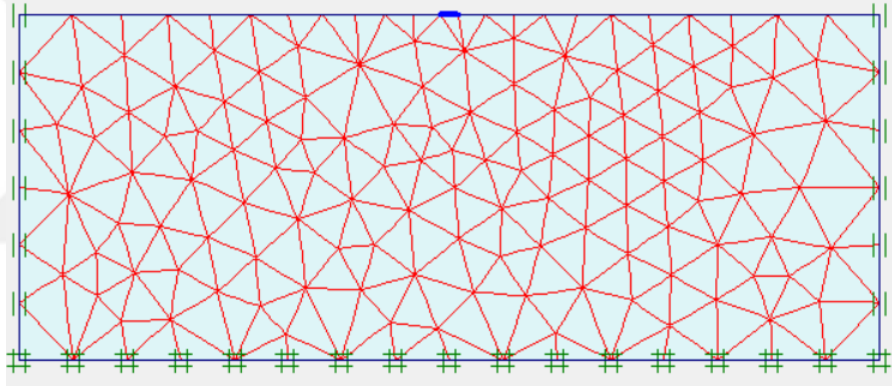
Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Birim hacim ağırlığı	γ_n	kN/m ³	6.47
Kohezyon	c	kN/m ²	24.03
Kayma mukavemet açısı	ϕ	(^o)	14
Dilatasyon açısı	ψ	(^o)	0
Poisson oranı	ν	-	0.32
Elastisite modülü	E	kN/m ²	1010

3.3.2.2 Model temel

Analizlerde, model temel plakası, kiriş eleman ile modellenmiştir. Temel elemanının malzeme özellikleri olarak, programa EI ve EA değerleri girilmektedir. $EI=166.666,66$ kNm^2/m ve $EA=2 \times 10^6$ kN/m olup, kiriş elemanlar üniform olarak yüklenmiştir.

3.3.3 Sonlu elemanlar ağı

PLAXIS programında otomatik olarak meydana getirilebilen sonlu elemanlara ayırma işlemi, manuel olarak ağ sıkılaştırması ile de yapılabilmektedir. PLAXIS programında, çok kaba, kaba, orta, hassas, çok hassas sonlu eleman ağ yapısı seçenekleri mevcuttur. Çalışmada, sonuçların sonlu eleman ağ yapısından etkilenmemesi için, tüm analizlerde orta (medium) sonlu elemanlar ağı seçilmiştir (Şekil 3.6). Şekil 3.6'da verilen model için sonlu eleman ağında, eleman sayısı 273, düğüm nokta sayısı 2287 ve ortalama eleman boyutu 1.72 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.6 Sonlu elemanlar ağı

3.3.4 Sınır koşulları

Sınır koşulları olarak, ele alınan modellere, programda mevcut olan ve geoteknik problemlerin birçoğunda geçerli olan standart sınır koşulları uygulanmıştır. Standart sınır koşullarında, geometrik modelin tabanında hem düşey hem yatay deplasmanlar engellenmekte ($u_x=0$, $u_y=0$), geometrik modelin düşey kenarlarında ise, sadece düşey harekete izin verilmektedir ($u_x=0$, $u_y=serbest$).

3.3.5 Hesaplamalar

Çalışmada, PLAXIS programı kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde, aşamalı inşaat (staged construction) çözüme gidilmiştir. Geoteknik mühendisliğinde birçok problemde başlangıç gerilmelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Zemin ağırlığından dolayı oluşan bu gerilmeler, örselenmemiş zeminin denge durumunu yansıtmaktadır. Programda, başlangıç gerilmelerinin analizi K_0 prosedürü ve ağırlık yüklemesi (gravity loading) yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. K_0 prosedürü, sadece zemin yüzeyinin yatay ve su seviyesinin yüzeye paralel olduğu durumlarda geçerli olmaktadır. Diğer tüm durumlarda ağırlık yüklemesi yöntemi kullanılmalıdır. Taşıma gücü ve oturma ile ilgili analizlerde, ilk aşamada K_0 prosedürü kullanılarak başlangıç gerilmeleri oluşturulmuştur. Sonraki aşamada ise, temel eleman ve yük / önceden tanımlı deplasman değerleri aktif hale getirilmiş ve plastik çözüm yapılmıştır.

Şev analizlerinde ise, ilk aşamada ağırlık yüklemesi yöntemi ile başlangıç gerilmeleri oluşturulmuş, ikinci aşamada ise mukavemet azaltma (ϕ -c reduction) prosedürü kullanılarak güvenlik sayıları elde edilmiştir. Dinamik durum için gerçekleştirilen analizlerde ise, ikinci aşamada yatay yer ivme katsayısı aktif hale getirilmiş üçüncü aşamada ise, güvenlik sayısı analizleri gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Sonlu Elemanlar Analizi Sonuçları

Bu bölümde, farklı atık lastik yüzdeleri ile karıştırılan kum zemin üzerine oturan sürekli temellerin taşıma gücü kapasitesi ve oturma davranışı ile aynı lastik-kum karışımli şevli dolguların stabilite analiz sonuçları sunulmaktadır.

4.1.1 Taşıma gücü analizleri

Bu bölümde, atık lastikle karıştırılmış kum zemine oturan şerit temellerin taşıma kapasitesi davranışı ile ilgili gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizi sonuçları sunulmuştur. Analizlerde, PLAXIS bilgisayar programı kullanılarak, farklı karışım oranlarında (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum, %100 lastik - %0 kum) analizler gerçekleştirilmiş ve taşıma kapasitesini arttıran, oturma değerlerini azaltan optimum karışım oranı belirlenmiştir. Analizlerde, temel genişliğine bağlı olarak, optimum karışım oranı uygulanacak optimum yatay ve düşey mesafeler elde edilmiştir. Bu amaçla, temel genişliğine (B) bağlı olarak, farklı düşey derinlik (1B-2B-3B-4B-5B-6B-7B) ve farklı yatay mesafe değerleri (1B-3B-5B-7B-9B-11B) için analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, farklı temel genişliklerinde (B=1m-1.5m-2m) gerçekleştirilerek, taşıma kapasitesi ve oturma davranışına, temel genişliği etkisi incelenmiştir.

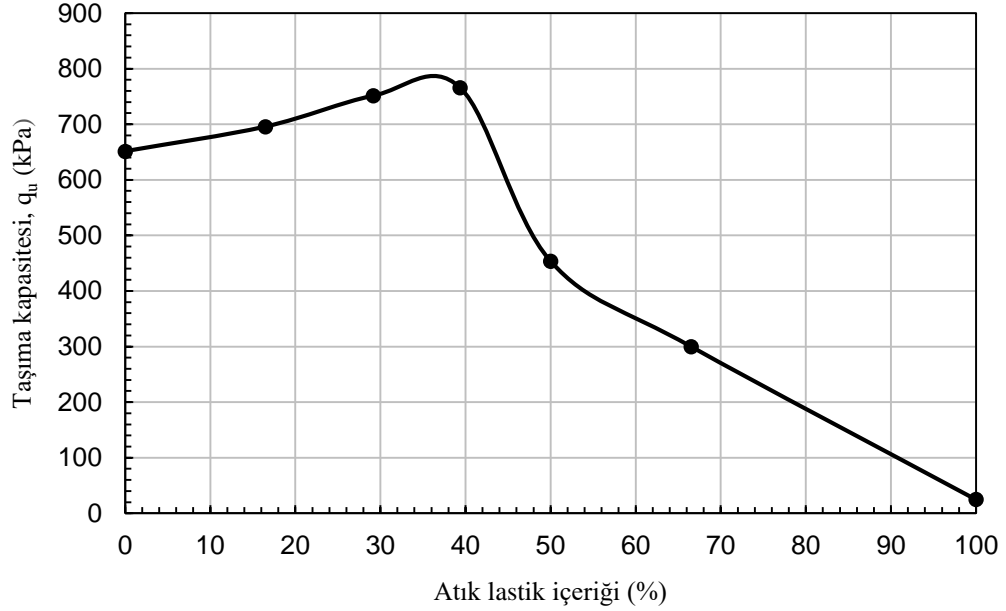
4.1.1.1 Optimum atık lastik-kum karışım oranının belirlenmesi

Analizlerde, temel genişliği, B=1 metre alınarak farklı karışım oranları için taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. İlk grup analizlerde, deplasman kontrollü çözümler yapılmış ve 5 cm. deplasmana karşılık gelen gerilme değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.1).

İkinci grup analizlerde ise, sürekli temele sabit bir gerilme (500 kPa) uygulanarak, bu gerilmeye karşılık gelen oturma değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.2). Elde edilen taşıma gücü ve oturma değerleri grafik olarak sırasıyla Şekil 4.1 ve 4.2'de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü taşıma kapasitesi değerleri (B=1m)

Karışım Oranı	Deplasman, s (cm)	Yük, Q (kN)	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa)
%0 lastik - %100 kum	5	651.36	651.36
%16.5 lastik - %83.5 kum	5	695.70	695.70
%29.16 lastik - %70.84 kum	5	751.14	751.14
%39.37 lastik - %60.63 kum	5	765.71	765.71
%50 lastik - %50 kum	5	453.77	453.77
%66.54 lastik - %33.46 kum	5	299.86	299.86
%100 lastik - %0 kum	5	24.89	24.89

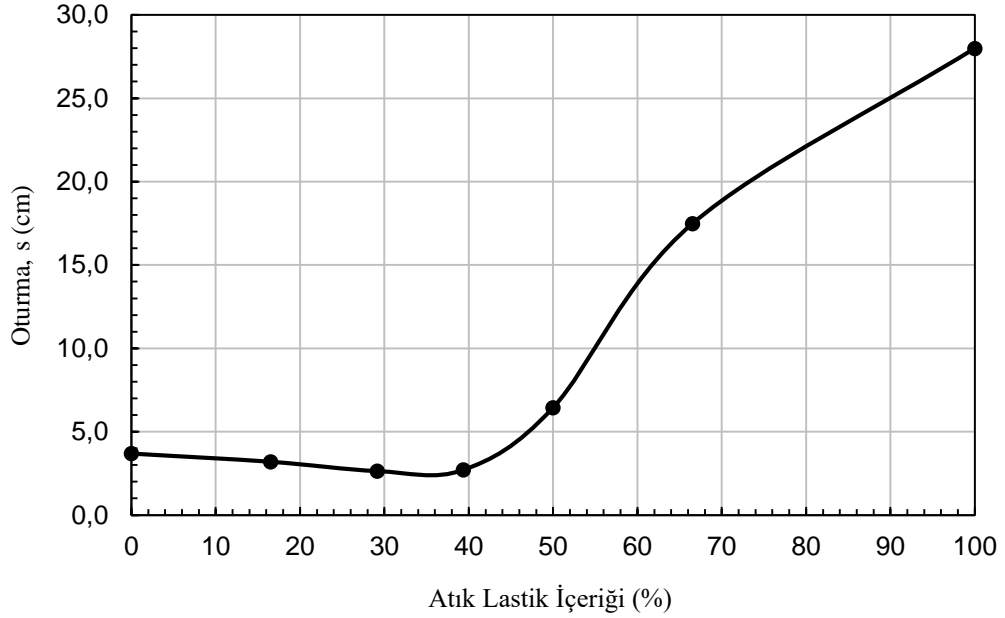


Şekil 4.1 Atık lastik içeriği – taşıma kapasitesi ilişkisi

Tablo 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla taşıma kapasitesi değerlerinin artış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, taşıma kapasitesi değerlerinde hızlı bir azalma meydana geldiği görülmektedir. En yüksek taşıma kapasitesi değerinin, karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumda elde edildiği ve bu karışım oranında, taşıma kapasitesinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %18 artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.2 Farklı karışım oranlarında oturma değerleri (B=1m)

Karışım Oranı	Uygulanan Gerilme, q (kPa)	Oturma, s (cm)
%0 lastik - %100 kum	500	3.69
%16.5 lastik - %83.5 kum	500	3.20
%29.16 lastik - %70.84 kum	500	2.64
%39.37 lastik - %60.63 kum	500	2.71
%50 lastik - %50 kum	500	6.44
%66.54 lastik - %33.46 kum	500	17.48
%100 lastik - %0 kum	500	27.99



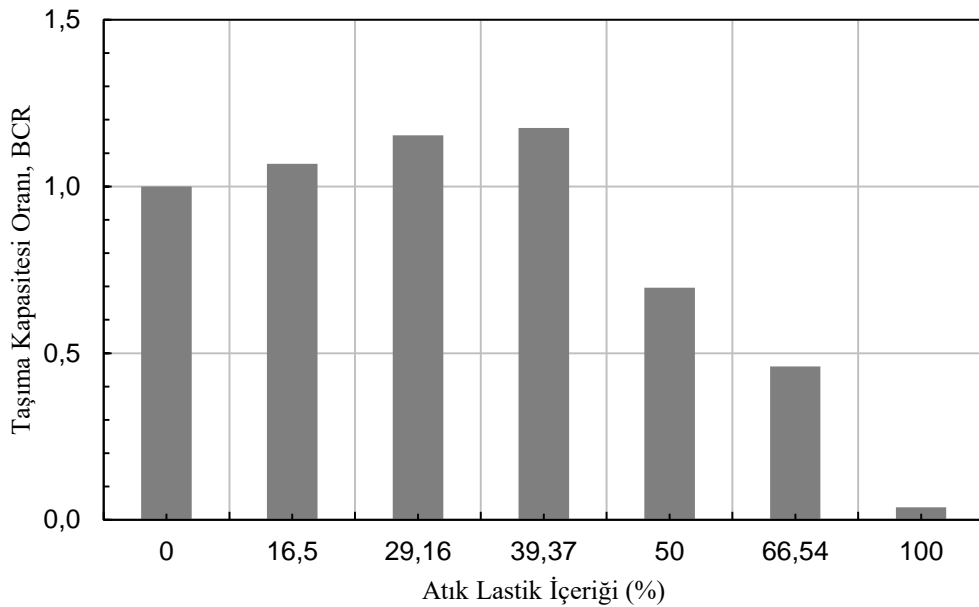
Şekil 4.2 Atık lastik içeriği – oturma ilişkisi

Tablo 4.2 ve Şekil 4.2 incelendiğinde, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla oturma değerlerinin azalış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, oturma değerlerinde hızlı bir artış meydana geldiği görülmektedir. En düşük oturma değerinin, karışım oranlarının %29.16 lastik - %70.84 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumlarda elde edildiği ve bu karışım oranlarında, oturma değerinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %25 azalma gösterdiği görülmektedir.

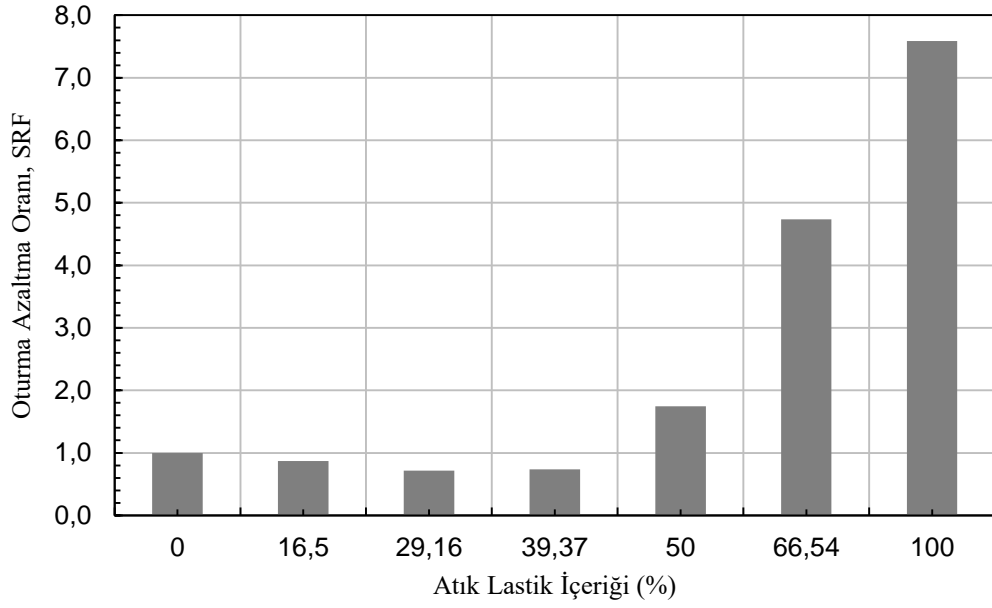
Tablo 4.1-4.2 ve Şekil 4.1-4.2’den elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, hem taşıma kapasitesi değerinde elde edilen artış hem de oturma değerlerinde görülen azalma göz önüne alındığında optimum karışım oranı olarak %39.37 lastik - %60.63 kum durumu belirlenmiştir. Bu karışım oranında, taşıma kapasitesinde yaklaşık %18, oturma değerlerinde ise, yaklaşık %25 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçların boyutsuz hale getirilmesi için, “taşıma kapasitesi oranı” (BCR) ve “oturma azaltma oranı” (SRF) ile atık lastik içerikleri arasındaki ilişki, sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.4’de sunulmaktadır. Burada, BCR (bearing capacity ratio), optimum karışım oranında elde edilen taşıma kapasitesinin, %100 kum durumunda elde edilen taşıma kapasitesine oranı, SRF (settlement reduction factor) ise, optimum karışım oranında elde edilen oturma değerinin, %100 kum durumunda elde edilen oturma değerine oranı şeklindedir.

Şekil 4.3 ve 4.4’den taşıma kapasitesi ve oturma değerlerindeki iyileştirme birlikte göz önüne alındığında, optimum değerlerin %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda elde edildiği açıktır.

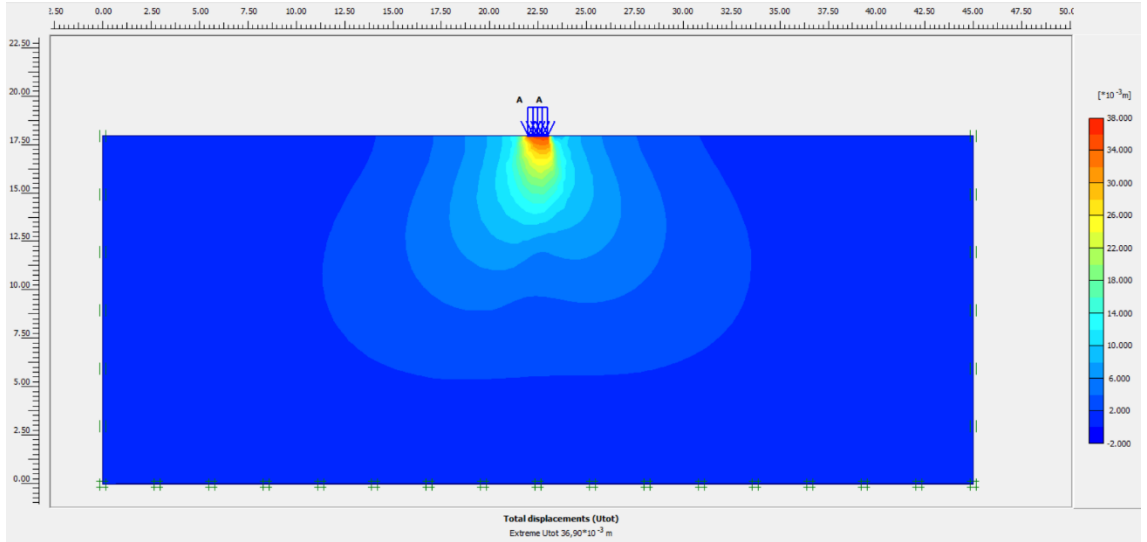


Şekil 4.3 Atık lastik içeriği – BCR ilişkisi

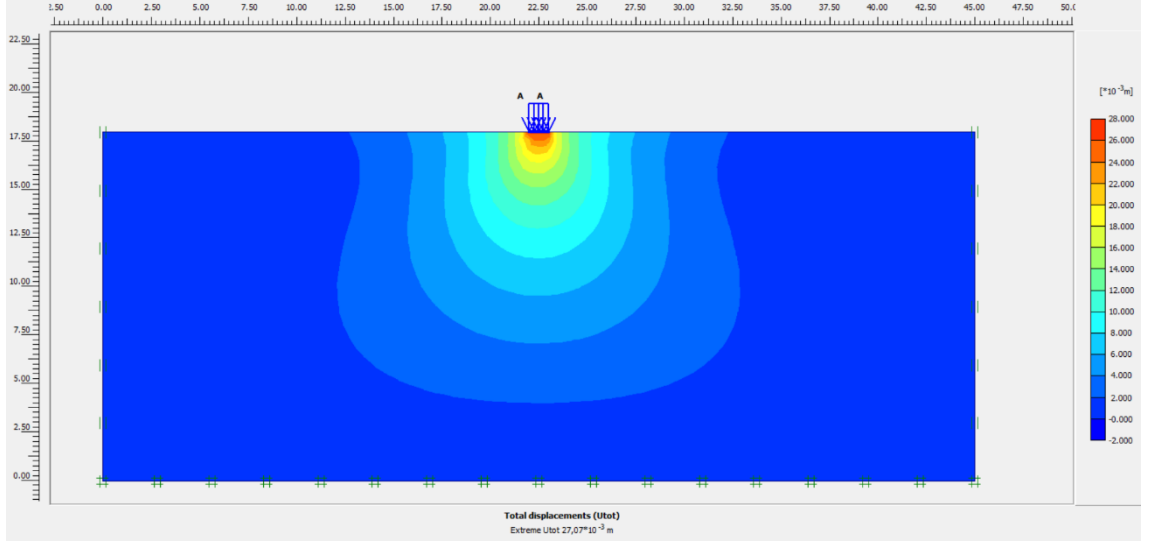


Şekil 4.4 Atık lastik içeriği – SRF ilişkisi

Şekil 4.5 ve 4.6'da, 500 kPa gerilme altında, B=1 m. genişliğindeki sürekli temel için, sırasıyla, %100 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum durumlarında elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.5 Deplasman dağılımı (B=1m., q=500 kPa, %100 kum)



Şekil 4.6 Deplasman dağılımı (B=1m., q=500 kPa, %39.37 lastik - %60.63 kum)

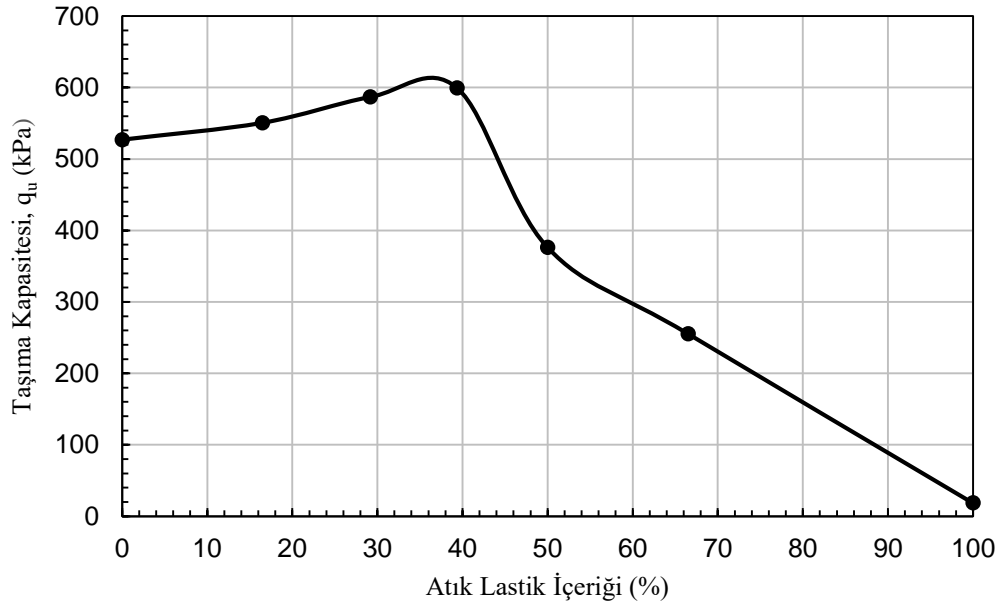
4.1.1.2 Temel genişliği etkisinin belirlenmesi

Çalışmada, lastik-kum karışımı zemine oturan sürekli temelin genişliğinin, taşıma kapasitesi ve oturma değerlerine etkisinin araştırılması amacıyla, farklı temel genişlikleri (B=1m, B=1.50 m. ve B=2 m.) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Her temel genişliği için, taşıma kapasitesi ve oturma değerlerini iyileştiren optimum karışım oranları belirlenmiştir.

Temel genişliğinin, B=1.5 metre alınarak farklı karışım oranları için taşıma gücü değerlerinin belirlendiği analizlerde, deplasman kontrollü çözümler yapılmış ve 5 cm. deplasmana karşılık gelen gerilme değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.3). Ayrıca, sürekli temele sabit bir gerilme (500 kPa) uygulanarak, bu gerilmeye karşılık gelen oturma değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.4). Elde edilen taşıma gücü ve oturma değerleri grafik olarak sırasıyla Şekil 4.7 ve 4.8’de sunulmuştur.

Tablo 4.3 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü taşıma kapasitesi değerleri (B=1.5m)

Karışım Oranı	Deplasman, s (cm)	Yük, Q (kN)	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa)
%0 lastik - %100 kum	5	790.37	526.91
%16.5 lastik - %83.5 kum	5	825.73	550.49
%29.16 lastik - %70.84 kum	5	879.87	586.58
%39.37 lastik - %60.63 kum	5	898.82	599.21
%50 lastik - %50 kum	5	564.41	376.27
%66.54 lastik - %33.46 kum	5	382.64	255.09
%100 lastik - %0 kum	5	27.72	18.48

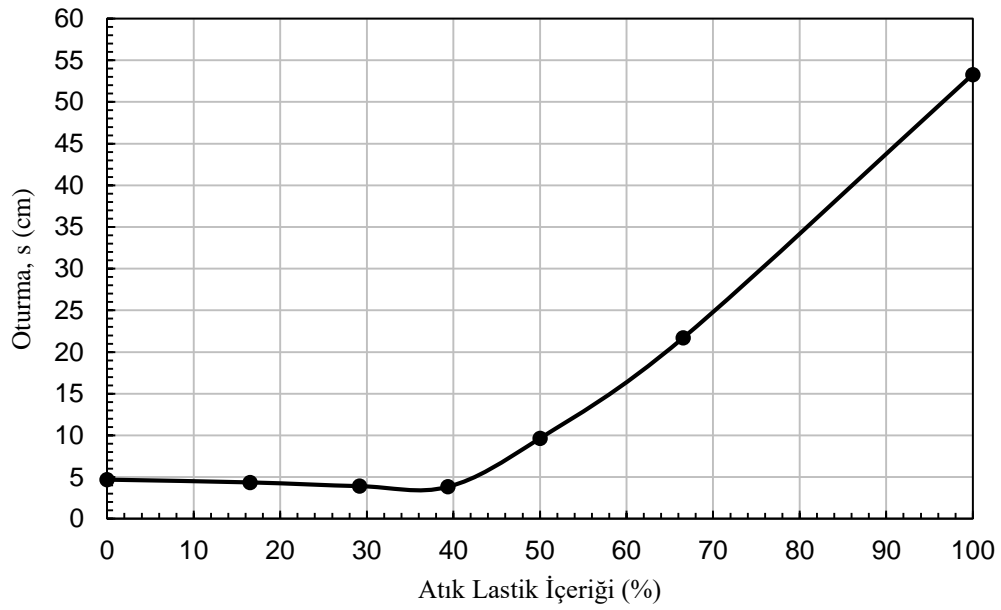


Şekil 4.7 Atık lastik içeriği – taşıma kapasitesi ilişkisi (B=1.5 m)

Tablo 4.3 ve Şekil 4.7 incelendiğinde, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla taşıma kapasitesi değerlerinin artış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, taşıma kapasitesi değerlerinde hızlı bir azalma meydana geldiği görülmektedir. En yüksek taşıma kapasitesi değerinin, karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumda elde edildiği ve bu karışım oranında, taşıma kapasitesinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %14 artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.4 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü oturma değerleri (B=1.5m)

Karışım Oranı	Uygulanan Gerilme, q (kPa)	Oturma, s (cm)
%0 lastik - %100 kum	500	4.70
%16.5 lastik - %83.5 kum	500	4.37
%29.16 lastik - %70.84 kum	500	3.92
%39.37 lastik - %60.63 kum	500	3.84
%50 lastik - %50 kum	500	9.65
%66.54 lastik - %33.46 kum	500	21.7
%100 lastik - %0 kum	500	53.29



Şekil 4.8 Atık lastik içeriği – oturma ilişkisi (B=1.5 m)

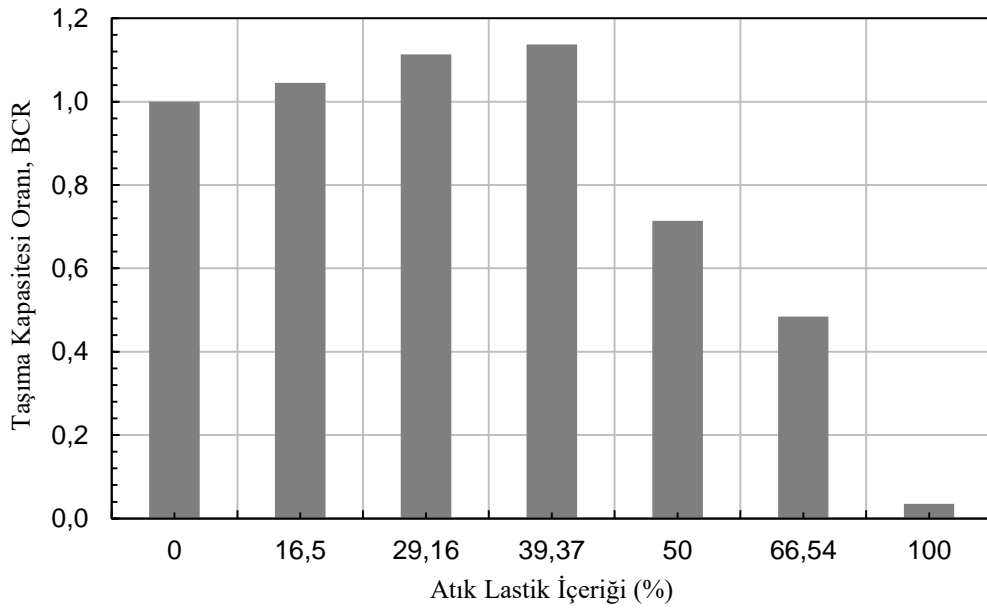
Tablo 4.4 ve Şekil 4.8 incelendiğinde, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla oturma değerlerinin azalış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, oturma değerlerinde hızlı bir artış meydana geldiği görülmektedir. En düşük oturma değerinin, karışım oranlarının %29.16 lastik - %70.84 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumlarda elde edildiği ve bu karışım oranlarında,

oturma değerinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %18 azalma gösterdiği görülmektedir.

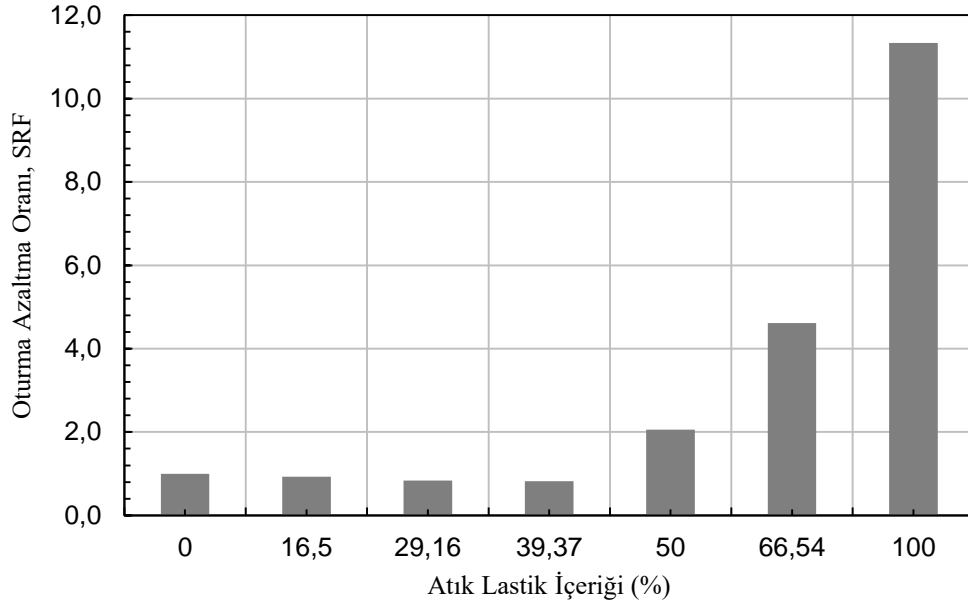
Tablo 4.3-4.4 ve Şekil 4.7-4.8'den elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, hem taşıma kapasitesi değerinde elde edilen artış hem de oturma değerlerinde görülen azalma göz önüne alındığında optimum karışım oranı olarak %39.37 lastik - %60.63 kum durumu belirlenmiştir. Bu karışım oranında, taşıma kapasitesinde yaklaşık %14, oturma değerlerinde ise, yaklaşık %18 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçların boyutsuz hale getirilmesi için, “taşıma kapasitesi oranı” (BCR) ve “oturma azaltma oranı” (SRF) ile atık lastik içerikleri arasındaki ilişki, sırasıyla Şekil 4.9 ve 4.10’da sunulmaktadır.

Şekil 4.9 ve 4.10’dan taşıma kapasitesi ve oturma değerlerindeki iyileştirme birlikte göz önüne alındığında, optimum değer %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda elde edildiği açıktır.



Şekil 4.9 Atık lastik içeriği – BCR ilişkisi (B=1.5 m)

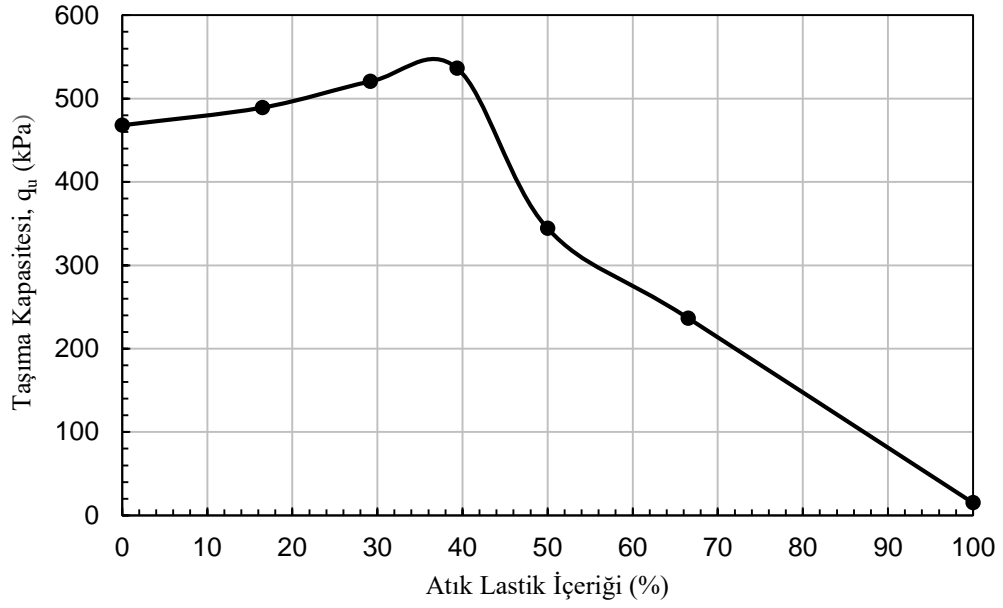


Şekil 4.10 Atık lastik içeriği – SRF ilişkisi (B=1.5 m)

Temel genişliğinin, B=2 metre alınarak, farklı karışım oranları için taşıma gücü değerlerinin belirlendiği analizlerde, deplasman kontrollü çözümler yapılmış ve 5 cm. deplasmana karşılık gelen gerilme değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.5). Ayrıca, sürekli temele sabit bir gerilme (500 kPa) uygulanarak, bu gerilmeye karşılık gelen oturma değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.6). Elde edilen taşıma gücü ve oturma değerleri grafik olarak sırasıyla Şekil 4.11 ve 4.12’de sunulmuştur.

Tablo 4.5 Farklı karışım oranlarında deplasman kontrollü taşıma kapasitesi değerleri (B=2 m)

Karışım Oranı	Deplasman, s (cm)	Yük, Q (kN)	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa)
%0 lastik - %100 kum	5	936.10	468.05
%16.5 lastik - %83.5 kum	5	978.47	489.24
%29.16 lastik - %70.84 kum	5	1041.00	520.50
%39.37 lastik - %60.63 kum	5	1073.00	536.50
%50 lastik - %50 kum	5	688.90	344.45
%66.54 lastik - %33.46 kum	5	473.28	236.64
%100 lastik - %0 kum	5	30.39	15.20

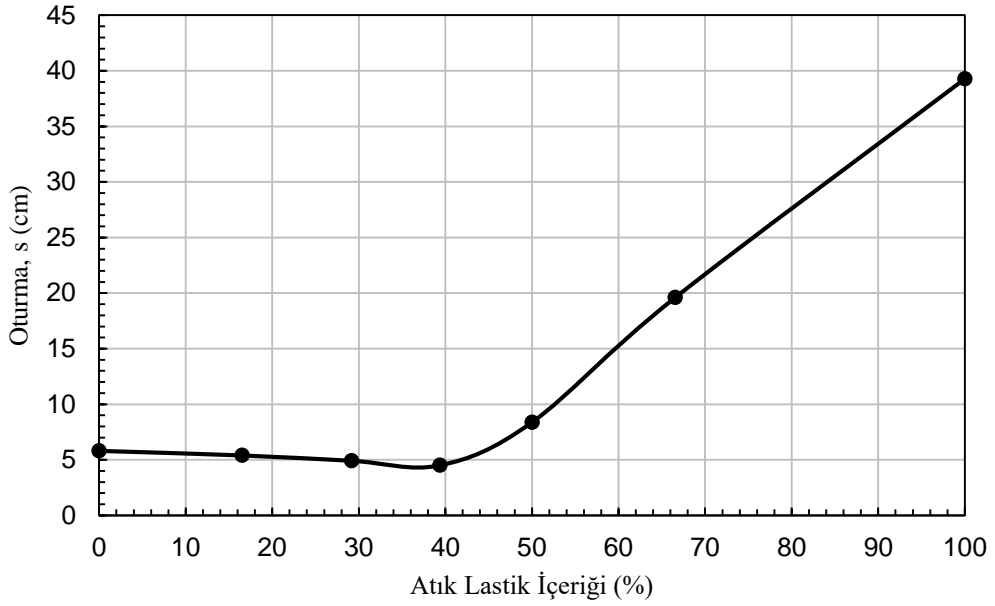


Şekil 4.11 Atık lastik içeriği – taşıma kapasitesi ilişkisi (B=2 m)

Tablo 4.5 ve Şekil 4.11 incelendiğinde, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla taşıma kapasitesi değerlerinin artış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, taşıma kapasitesi değerlerinde hızlı bir azalma meydana geldiği görülmektedir. En yüksek taşıma kapasitesi değerinin, karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumda elde edildiği ve bu karışım oranında, taşıma kapasitesinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %15 artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.6 Farklı karışım oranlarında oturma değerleri (B=2m)

Karışım Oranı	Uygulanan Gerilme, q (kPa)	Oturma, s (cm)
%0 lastik - %100 kum	500	5.81
%16.5 lastik - %83.5 kum	500	5.40
%29.16 lastik - %70.84 kum	500	4.92
%39.37 lastik - %60.63 kum	500	4.51
%50 lastik - %50 kum	500	8.38
%66.54 lastik - %33.46 kum	500	19.60
%100 lastik - %0 kum	500	39.28



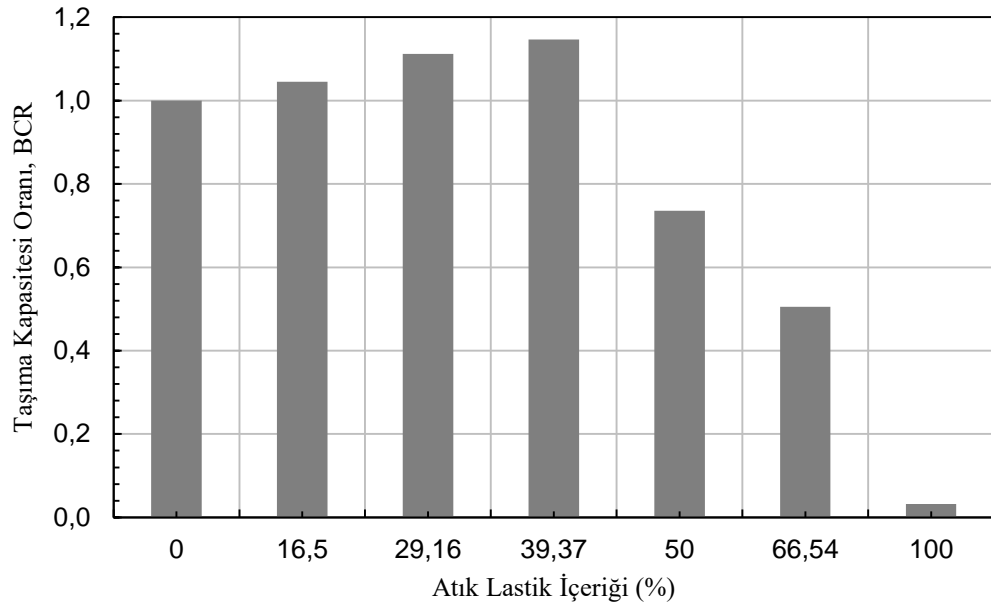
Şekil 4.12 Atık lastik içeriği – oturma ilişkisi (B=2.0 m)

Tablo 4.6 ve Şekil 4.12 incelendiğinde, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla oturma değerlerinin azalış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, oturma değerlerinde hızlı bir artış meydana geldiği görülmektedir. En düşük oturma değerinin, karışım oranlarının %29.16 lastik - %70.84 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumlarda elde edildiği ve bu karışım oranlarında, oturma değerinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %22 azalma gösterdiği görülmektedir.

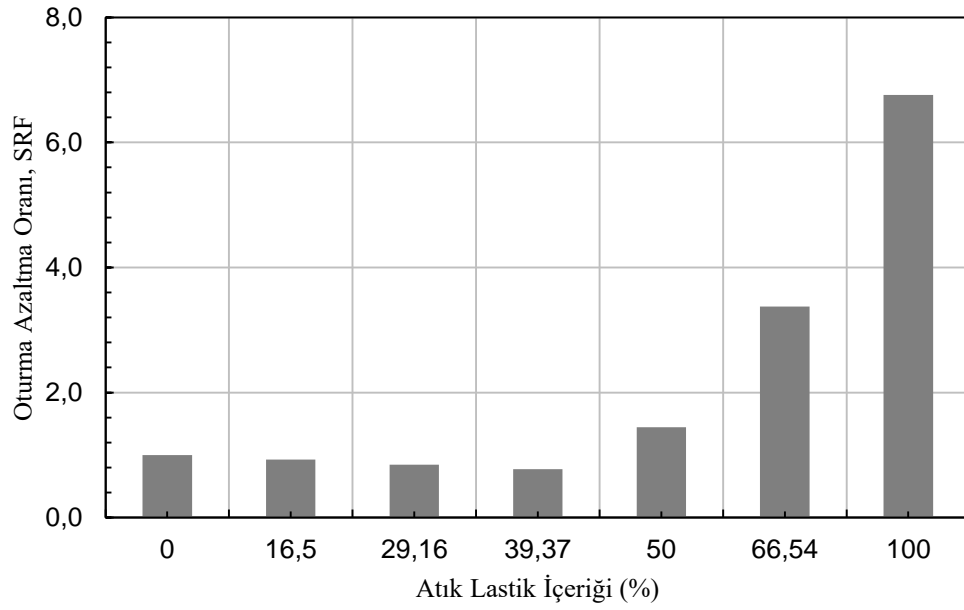
Tablo 4.5-4.6 ve Şekil 4.11-4.12’den elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, hem taşıma kapasitesi değerinde elde edilen artış hem de oturma değerlerinde görülen azalma göz önüne alındığında optimum karışım oranı olarak %39.37 lastik - %60.63 kum durumu belirlenmiştir. Bu karışım oranında, taşıma kapasitesinde yaklaşık %15, oturma değerlerinde ise, yaklaşık %22 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçların boyutsuz hale getirilmesi için, “taşıma kapasitesi oranı” (BCR) ve “oturma azaltma oranı” (SRF) ile atık lastik içerikleri arasındaki ilişki, sırasıyla Şekil 4.13 ve 4.14’de sunulmaktadır.

Şekil 4.13 ve 4.14’den taşıma kapasitesi ve oturma değerlerindeki iyileştirme birlikte göz önüne alındığında, optimum değer %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda elde edildiği açıktır.

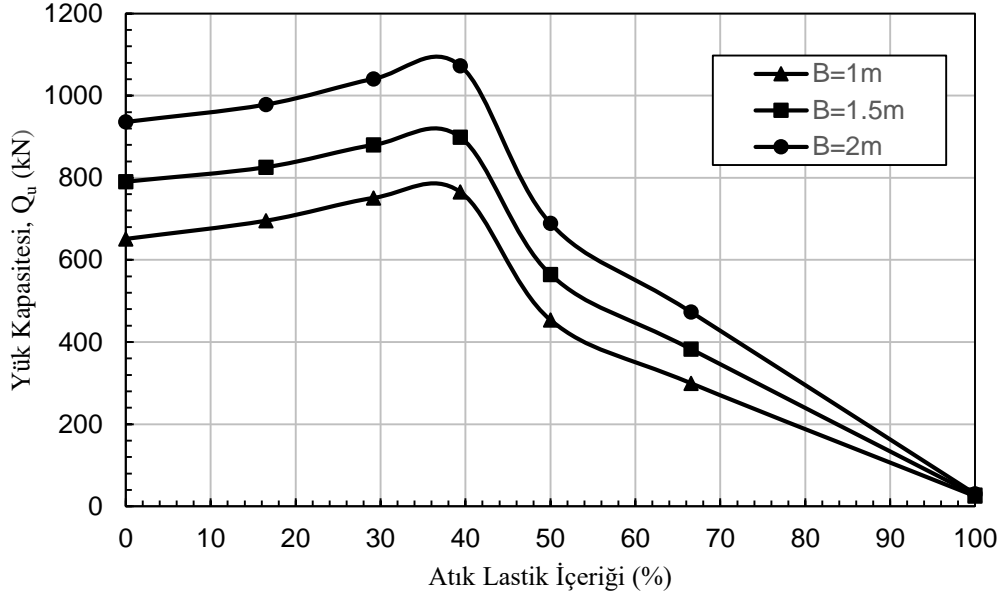


Şekil 4.13 Atık lastik içeriği – BCR ilişkisi (B=2 m)

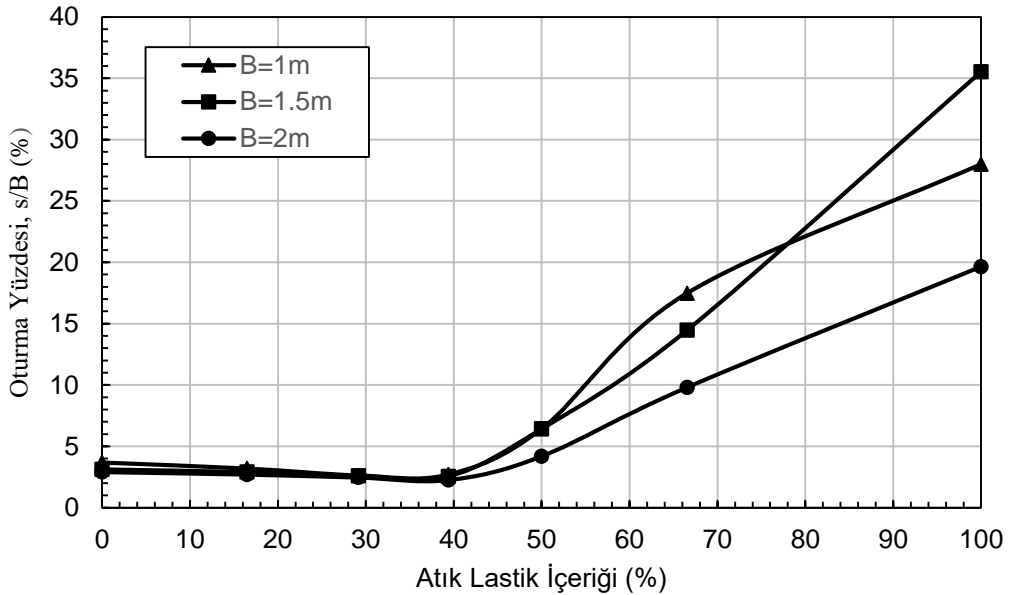


Şekil 4.14 Atık lastik içeriği – SRF ilişkisi (B=2 m)

Şekil 4.15’de, optimum karışım oranında elde edilen, temel genişliği – yük kapasitesi ilişkisi, Şekil 4.16’da ise optimum karışım oranında elde edilen, temel genişliği – oturma yüzdesi ilişkisi sunulmaktadır.



Şekil 4.15 Farklı temel genişlikleri için atık lastik içeriği – yük kapasitesi ilişkisi



Şekil 4.16 Farklı temel genişlikleri için atık lastik içeriği – oturma yüzdesi ilişkisi

Şekil 4.15’den temel genişliği arttıkça, aynı deplasman değerine (5 cm) karşılık gelen yük taşıma kapasitesinin arttığı görülmektedir. Şekil 4.16’da, optimum karışım oranında farklı temel genişlikleri için, aynı gerilme değeri altında (500 kPa) elde edilen

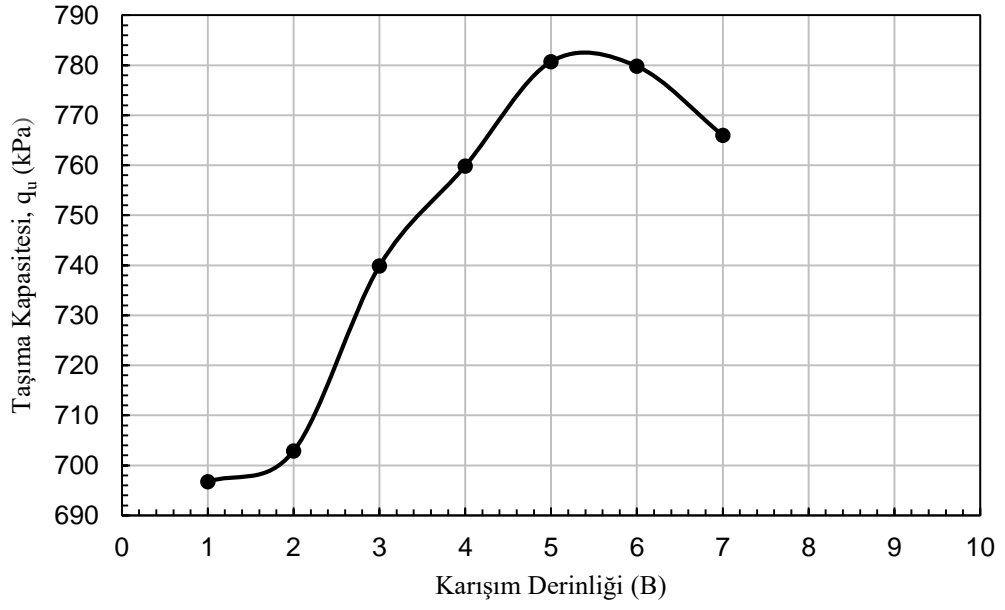
oturma değerleri temel genişliği değerine bölünerek oturma yüzdesi cinsinden yazılmış ve temel genişliği – oturma yüzdesi ilişkisi ortaya konmuştur. Şekil 4.16’dan, temel genişliğinin artmasına bağlı olarak, oturma yüzdelerinin azaldığı görülmektedir.

4.1.1.3 Optimum karışım derinliğinin belirlenmesi

Çalışmada, optimum karışım derinliğinin belirlenmesi amacıyla, temel genişliği (B) değerinin farklı katları (1B-2B-3B-4B-5B-6B-7B) Şeklinde derinlikler seğilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde B=1 m. olarak seğilmiştir. Karışım oranı olarak ise, önceden belirlenen optimum karışım oranı değeri (%39.37 lastik - %60.63 kum) kullanılmıştır. Taşıma kapasiteleri değeri belirlenirken, 5 cm. deplasman değerine karşılıklı gelen değerler kullanılmıştır. Tablo 4.7, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’ de elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Tablo 4.7 ve Şekil 4.17 incelendiğinde, karışım derinliğinin 5B olması durumunda taşıma kapasitesinin en büyük değere ulaştığı görülmektedir. Buna göre, karışımın uygulanacağı optimum derinlik, temel tabanından itibaren 5B olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19). Optimum karışım derinliğinde, (%39.37 lastik - %60.63 kum karışım oranı kullanılması durumunda, taşıma kapasitesi değeri (780.70 kPa), %100 kum durumuna göre (651.36 kPa), yaklaşık %20 artmaktadır.

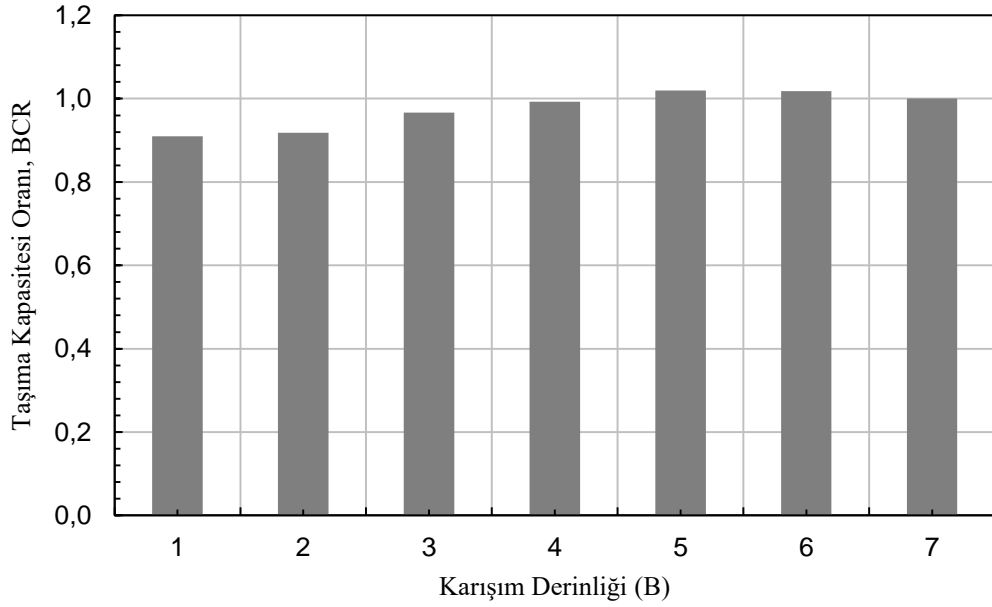
Tablo 4.7 Optimum karışım derinliğinin belirlenmesi (%39.37 lastik - %60.63 kum, B=1 m)

Derinlik	Deplasman, s (cm)	Yük, Q (kN)	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa)
1B	5	696.69	696.69
2B	5	702.85	702.85
3B	5	739.84	739.84
4B	5	759.84	759.84
5B	5	780.70	780.70
6B	5	779.78	779.78
7B	5	765.97	765.97

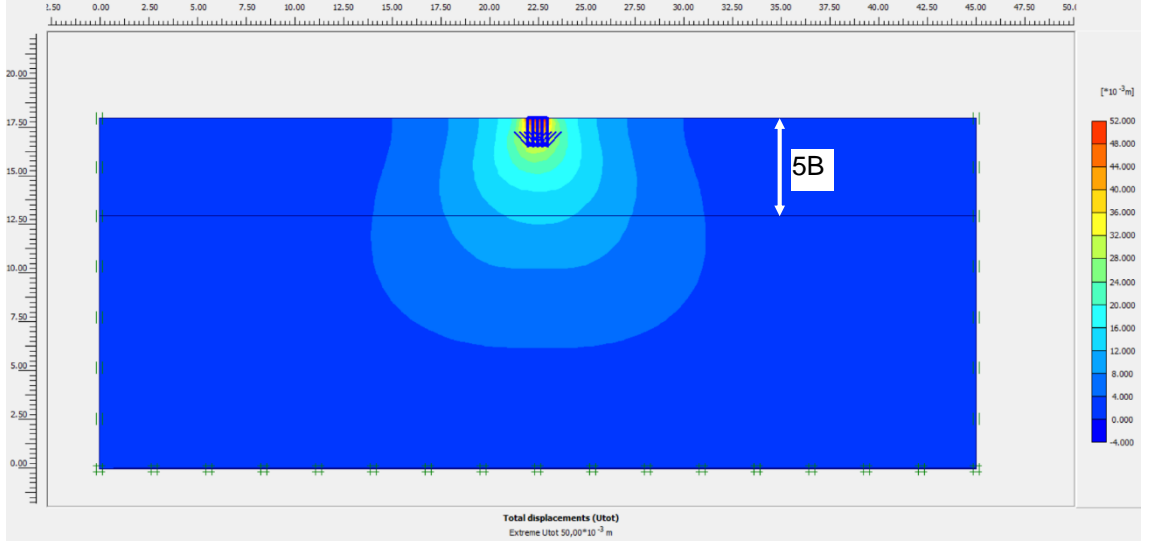


Şekil 4.17 Karışım derinliği – taşıma kapasitesi ilişkisi

Şekil 4.18’de taşıma kapasitesi oranı – karışım derinliği ilişkisi görülmektedir.



Şekil 4.18 Karışım derinliği – BCR ilişkisi



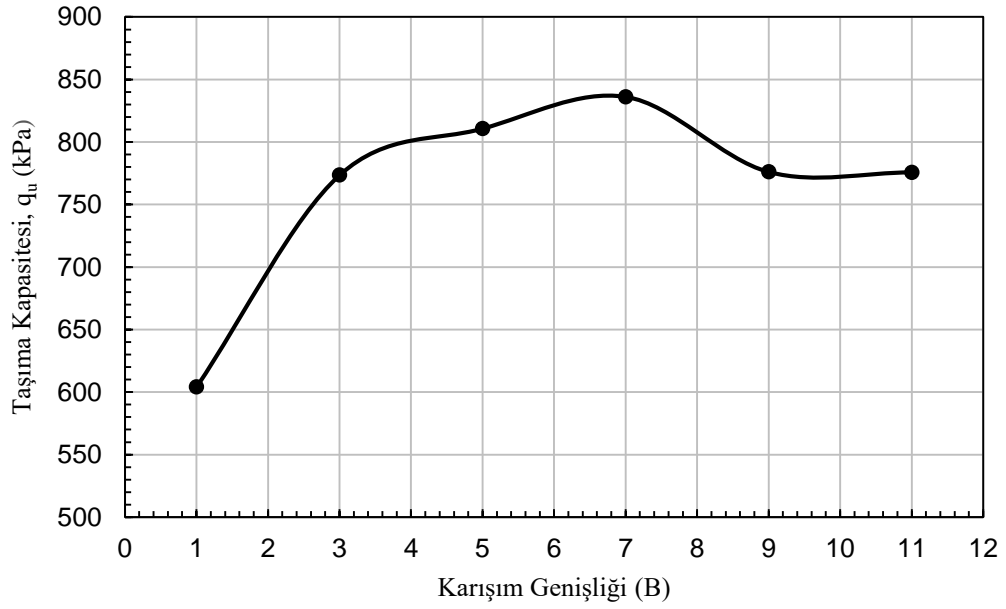
Şekil 4.19 Optimum karışım derinliği

4.1.1.4 Optimum karışım genişliğinin belirlenmesi

Çalışmada, optimum karışım genişliğinin belirlenmesi amacıyla, temel genişliği (B) değerinin farklı katları (1B-3B-5B-7B-9B-11B) şeklinde yatay mesafeler seçilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde B=1 m. olarak seçilmiştir. Karışım oranı olarak ise, önceden belirlenen optimum karışım oranı değeri (%39.37 lastik - %60.63 kum) kullanılmıştır. Karışım derinliği olarak, önceden belirlenen optimum karışım derinliği (5B) seçilmiştir. Taşıma kapasiteleri değeri belirlenirken, 5 cm. deplasman değerine karşılık gelen değerler kullanılmıştır. Tablo 4.8 ve Şekil 4.20’ de elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Tablo 4.8 ve Şekil 4.20 incelendiğinde, karışım genişliğinin 7B olması durumunda taşıma kapasitesinin en büyük değere ulaştığı görülmektedir. Buna göre, karışımın uygulanacağı optimum genişlik, temel merkezinden yanlara doğru yatayda $3.5B + 3.5B=7B$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.22). Optimum karışım genişliğinde (7B), optimum karışım derinliği (5B) ve %39.37 lastik - %60.63 kum optimum karışım oranı kullanılması durumunda, taşıma kapasitesi değeri (836.20 kPa), %100 kum durumuna göre (651.36 kPa), yaklaşık %28 artmaktadır.

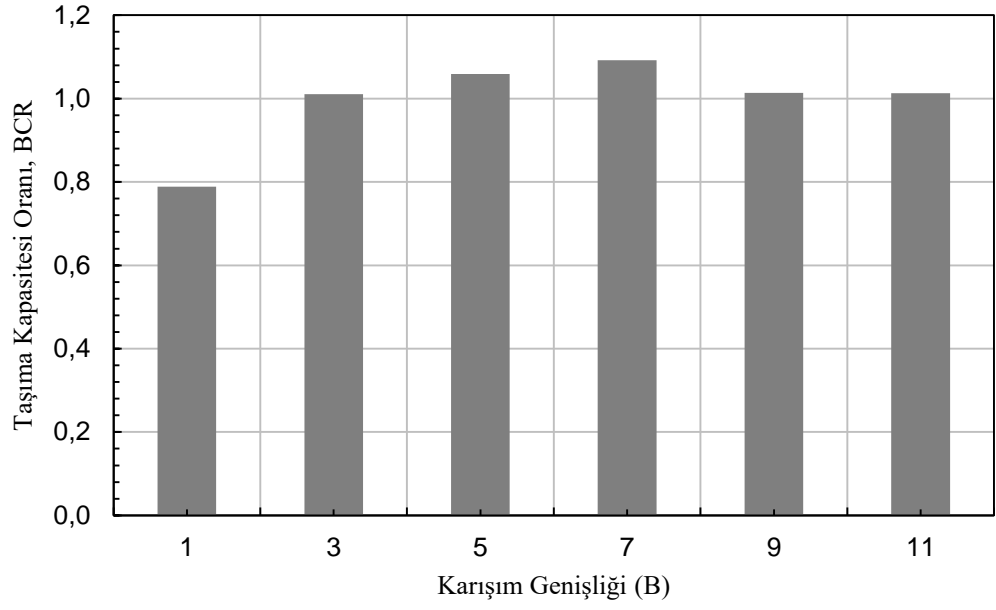
Tablo 4.8 Optimum karışım genişliğinin belirlenmesi (%39.37 lastik - %60.63 kum, B=1 m. karışım derinliği=5B)

Genişlik	Deplasman, s (cm)	Yük, Q (kN)	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa)
1B	5	604.11	604.11
3B	5	773.55	773.55
5B	5	810.75	810.75
7B	5	836.20	836.20
9B	5	776.15	776.15
11B	5	775.78	775.78

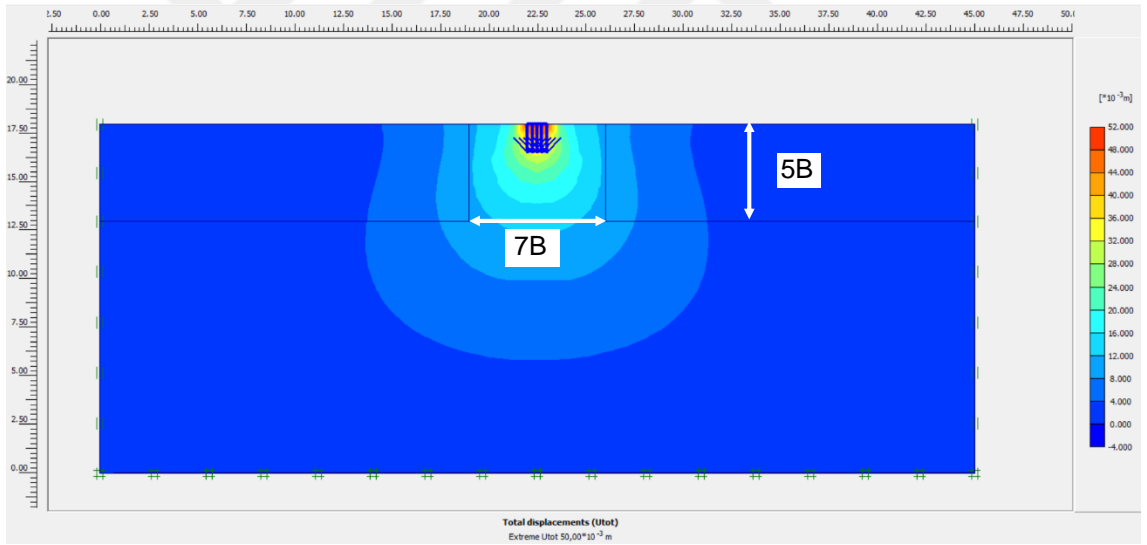


Şekil 4.20 Karışım genişliği – taşıma kapasitesi ilişkisi

Şekil 4.21’de taşıma kapasitesi oranı – karışım derinliği ilişkisi görülmektedir.



şekil 4.21 Karışım genişliği – BCR ilişkisi



şekil 4.22 Optimum karışım genişliği

Taşıma kapasitesi ile ilgili geręekleřtirilen analizler sonucunda elde edilen optimum değerler Tablo 4.9’da sunulmaktadır.

Tablo 4.9 Taşıma kapasitesi analizlerinde elde edilen optimum değerler

Parametre	Optimum Değerler	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa)	Taşıma Kapasitesi, q_u (kPa) (% 100 kum)
Karışım Oranı	%39.37 lastik - %60.63 kum	765.71	
Karışım Derinliği	5B	780.70	651.36
Karışım Genişliği	7B	836.20	

Çalışmada, taşıma gücü ile ilgili gerçekleştirilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde, başlangıçta, karışımda atık lastik oranının artmasıyla taşıma kapasitesi değerlerinin artış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, taşıma kapasitesi değerlerinde hızlı bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Oturma değerlerinin ise, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla azalış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, oturma değerlerinde hızlı bir artış meydana geldiği görülmektedir. Farklı temel genişliklerinde gerçekleştirilen analizlerde de benzer bir davranış gözlenmiştir.

Bu durum, atık lastiklerin belli bir orana kadar kum zemin ile karıştırılması durumunda, kum zeminde güçlendirme etkisi gösterdiği ve taşıma gücü ile oturma özelliklerini iyileştirdiğini göstermektedir. Atık lastik parçacıkları ile kum zemin kompozit bir malzeme gibi davranmakta ve bu da mukavemet ve elastik parametrelerinin artmasını sağlamaktadır. Daha fazla atık lastik karıştırılması durumunda ise etkileşim efektif olarak gerçekleşmemekte ve mukavemet ile elastik parametre değerlerinde azalma oluşmaktadır.

Optimum karışım derinliği ve genişliğinin elde edilmesi için gerçekleştirilen analizler sonucunda ise, etkili derinlik ve genişlik değerlerinin, sürekli temele etkiyen yük değerinin etkili olduğu alanlar içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Daha derin ve yatayda daha fazla mesafelerde, karışımın etkisi azalmaktadır.

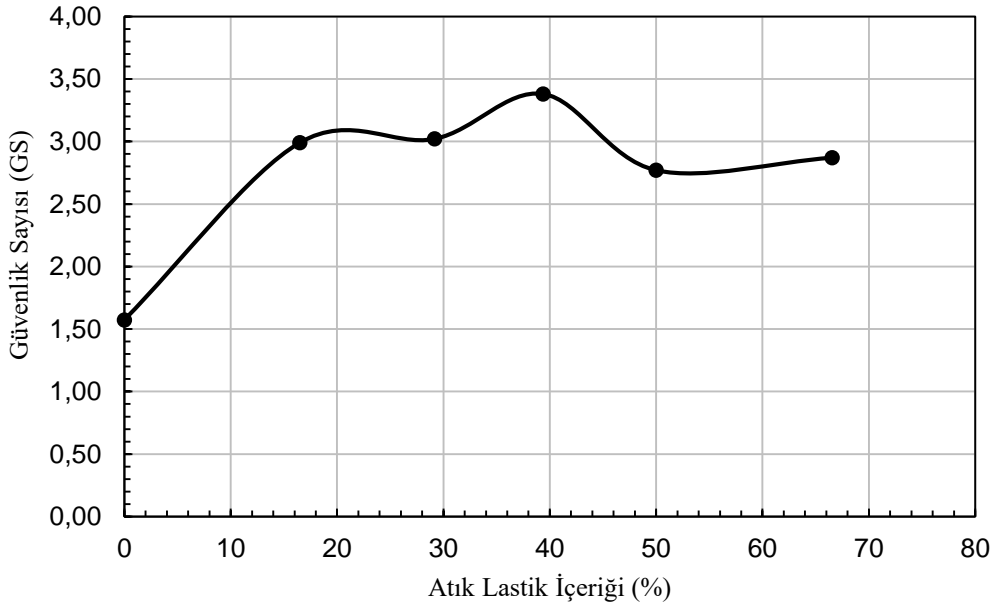
Tablo 4.9'dan, optimum değerlerin kullanılması durumunda, taşıma kapasitesi değerinin, %100 kum durumuna göre %28 oranında arttırılabileceği görülmektedir.

4.1.2.1 $\beta=30^\circ$ Şev için stabilite analizi (statik durum)

$\beta=30^\circ$ açı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş Şev dolgusu izerinde statik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı karışım oranlarında elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.10 ve Şekil 4.24’de görülmektedir.

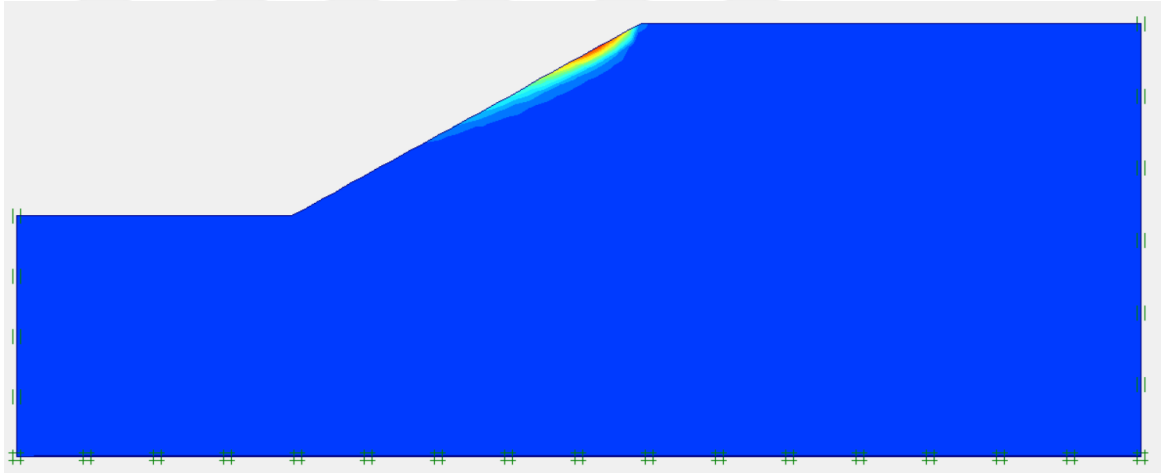
Tablo 4.10 $\beta=30^\circ$ Şevde güvenlik sayıları

Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)
%0 lastik - %100 kum	1.57
%16.5 lastik - %83.5 kum	2.99
%29.16 lastik - %70.84 kum	3.02
%39.37 lastik - %60.63 kum	3.38
%50 lastik - %50 kum	2.77
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.87

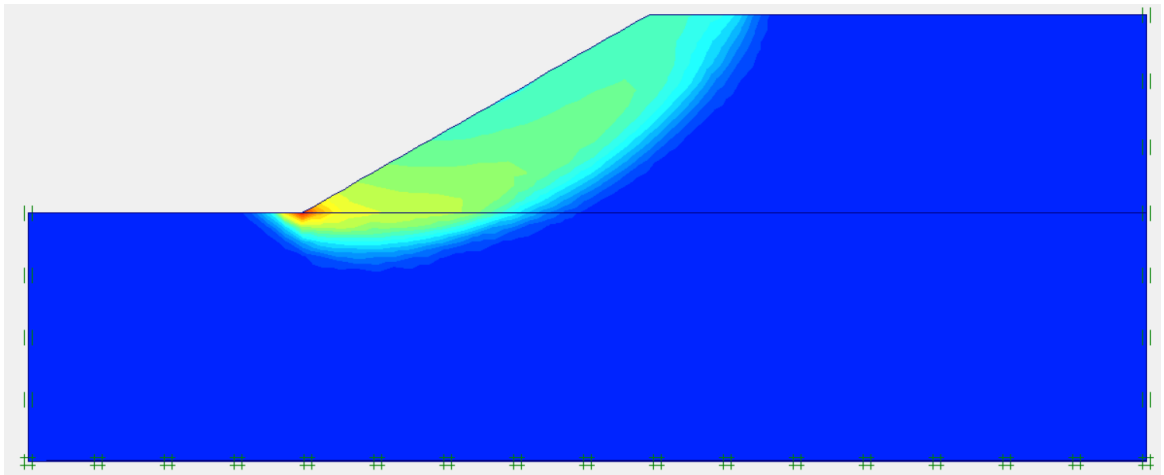


Şekil 4.24 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=30^\circ$)

Tablo 4.10 ve Şekil 4.24'den, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.10 ve Şekil 4.24 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, şevin güvenlik sayısı değeri (GS=3.38), %0 lastik - %100 kum durumuna göre (GS=1.57) yaklaşık 2.15 kat artmaktadır. Şekil 4.25 ve 4.26'da, sırasıyla, %0 lastik - %100 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum durumlarında elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir. Deplasman dağılımları incelendiğinde, %0 lastik - %100 kum durumunda, deplasmanların şev tepesine, kayma dairesinin ise yüzeye yakın bölgede olduğu görülmektedir. %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda, deplasmanlar ve kayma dairesinin daha geniş bir alana yayıldığı görülmektedir.



Şekil 4.25 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %0 lastik - %100 kum)



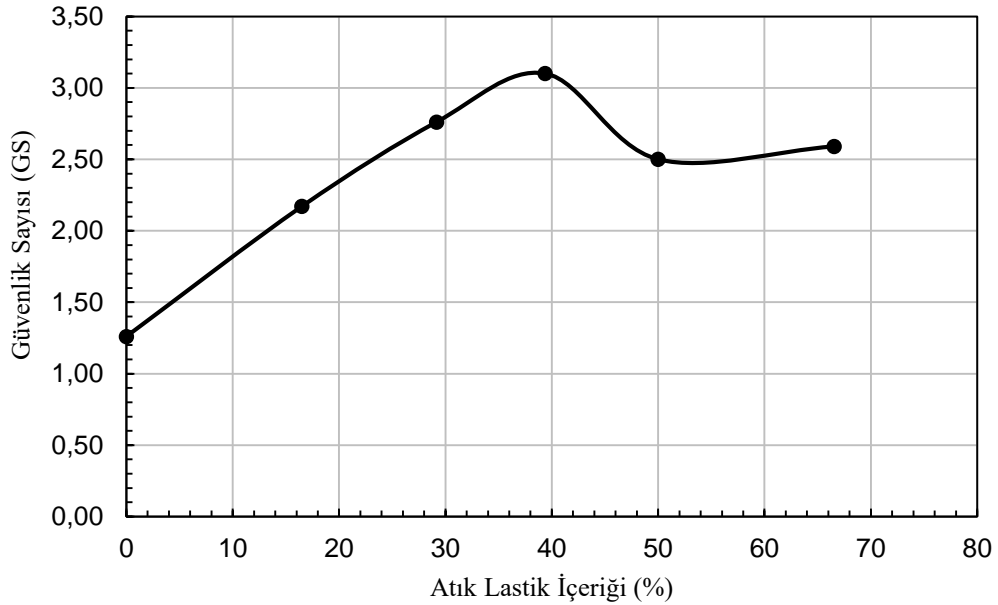
Şekil 4.26 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum)

4.1.2.2 $\beta=35^\circ$ Şev için stabilite analizi (statik durum)

$\beta=35^\circ$ açı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş Şev dolgusu izerinde statik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı karışım oranlarında elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.11 ve Şekil 4.27’de görülmektedir.

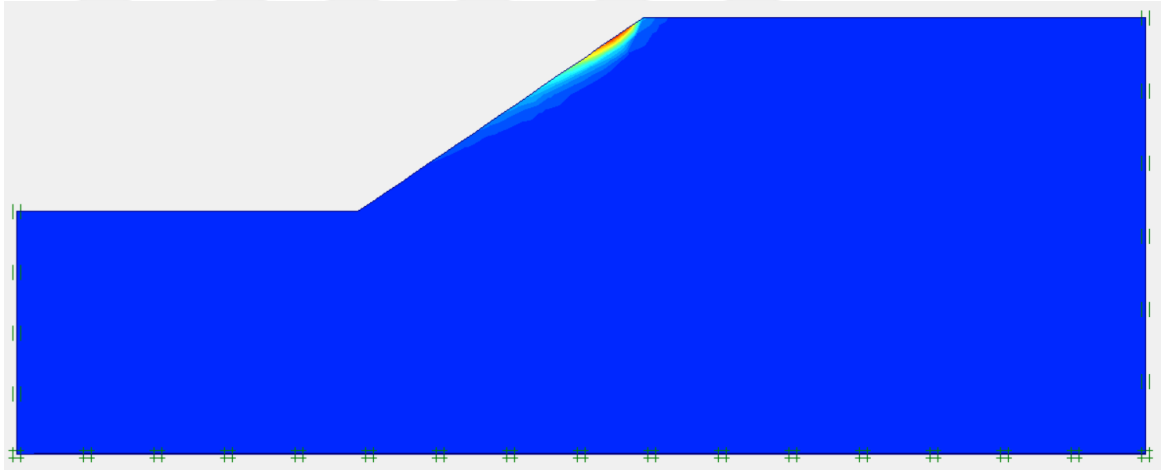
Tablo 4.11 $\beta=35^\circ$ Şevde güvenlik sayıları

Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)
%0 lastik - %100 kum	1.26
%16.5 lastik - %83.5 kum	2.17
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.76
%39.37 lastik - %60.63 kum	3.10
%50 lastik - %50 kum	2.50
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.59

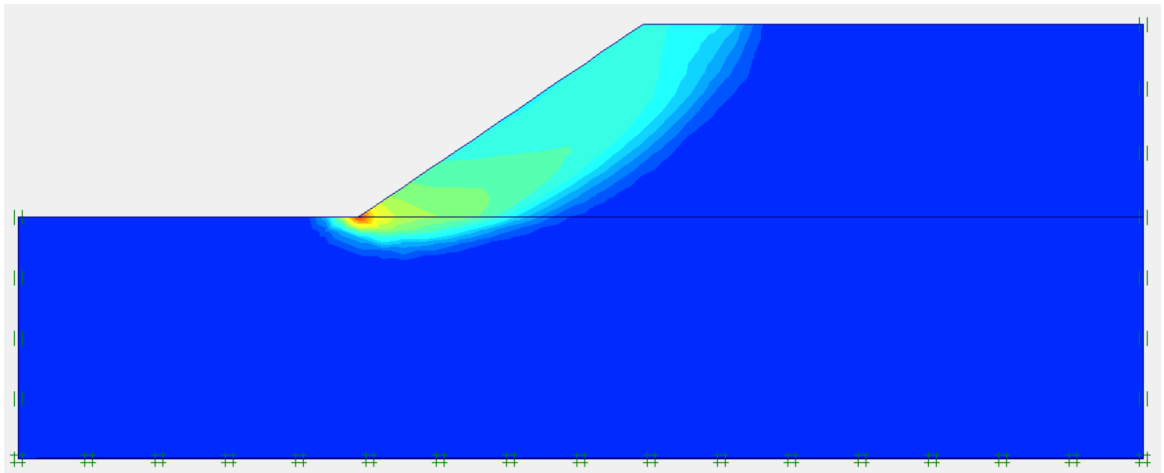


Şekil 4.27 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=35^\circ$)

Tablo 4.11 ve Şekil 4.27’den, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.11 ve Şekil 4.27 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, şevin güvenlik sayısı değeri (GS=3.10), %0 lastik - %100 kum durumuna göre (GS=1.26) yaklaşık 2.45 kat artmaktadır. Şekil 4.28 ve 4.29’da, sırasıyla, %0 lastik - %100 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum durumlarında elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir. Deplasman dağılımları incelendiğinde, %0 lastik - %100 kum durumunda, deplasmanların şev tepesine, kayma dairesinin ise yüzeye yakın bölgede olduğu görülmektedir. %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda, deplasmanlar ve kayma dairesinin daha geniş bir alana yayıldığı görülmektedir.



Şekil 4.28 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %0 lastik - %100 kum)



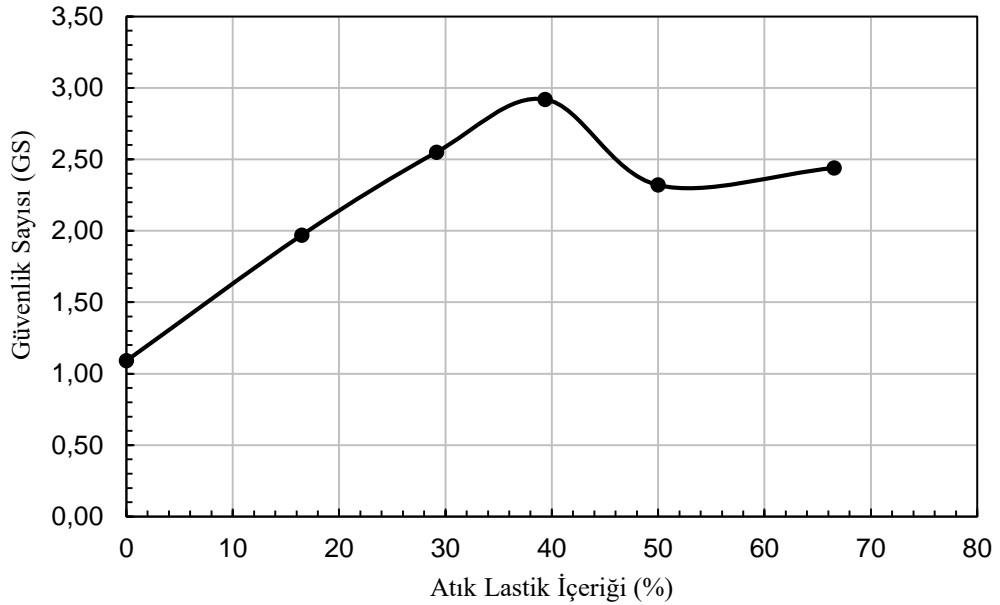
Şekil 4.29 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum)

4.1.2.3 $\beta=40^\circ$ şev için stabilite analizi (statik durum)

$\beta=40^\circ$ açı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş şev dolgusu üzerinde statik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı karışım oranlarında elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.12 ve Şekil 4.30’da görülmektedir.

Tablo 4.12 $\beta=40^\circ$ şevde güvenlik sayıları

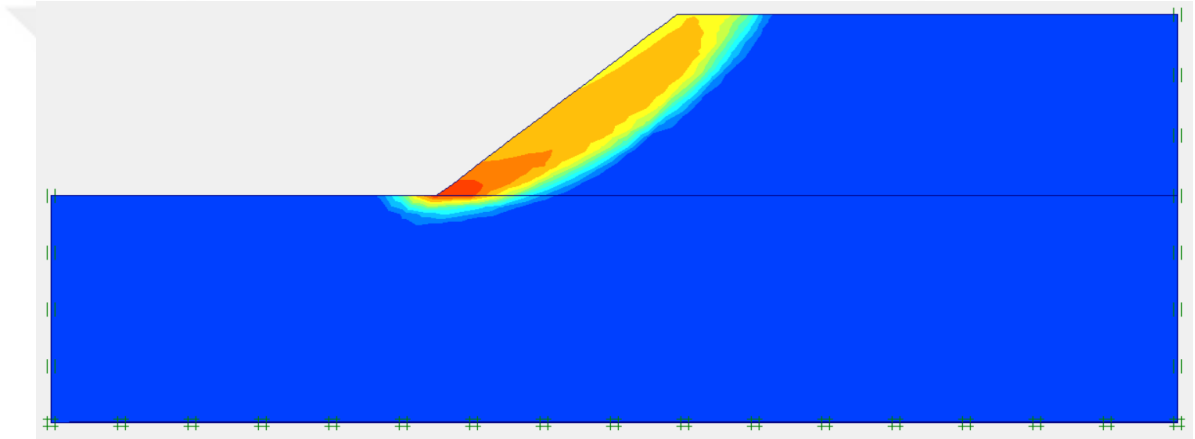
Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)
%0 lastik - %100 kum	1.09
%16.5 lastik - %83.5 kum	1.97
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.55
%39.37 lastik - %60.63 kum	2.92
%50 lastik - %50 kum	2.32
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.44



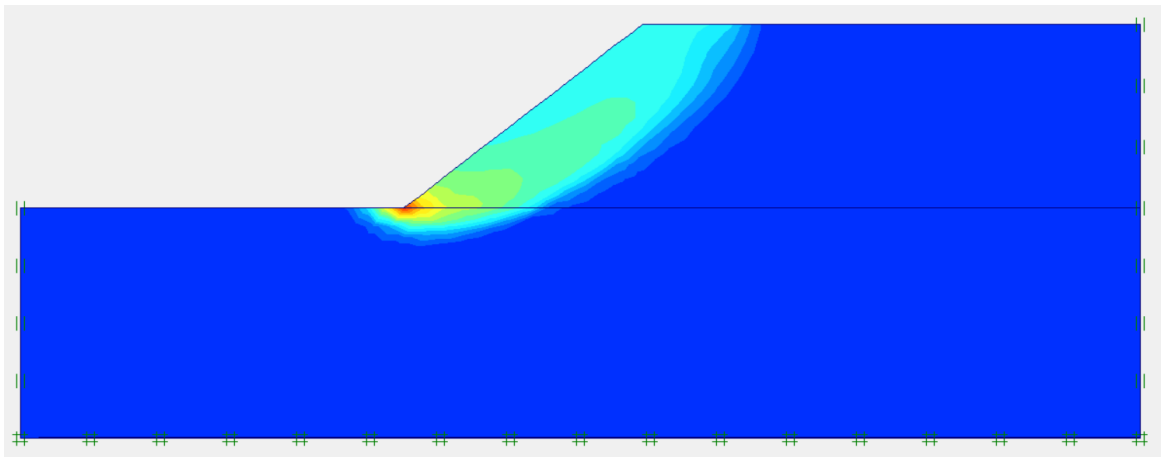
Şekil 4.30 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=40^\circ$)

Tablo 4.12 ve Şekil 4.30’dan, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde

ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.12 ve Şekil 4.30 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, şevin güvenlik sayısı değeri (GS=2.92), %0 lastik - %100 kum durumuna göre (GS=1.09) yaklaşık 2.68 kat artmaktadır. Şekil 4.31 ve 4.32’de, sırasıyla, %0 lastik - %100 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum durumlarında elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir. Deplasman dağılımları incelendiğinde, %0 lastik - %100 kum durumunda, güvenlik sayısının sınırda olmasından dolayı göçme durumuna benzer deplasman dağılımının olduğu görülmektedir. %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda, deplasmanlar ve kayma dairesinin daha geniş bir alana yayıldığı görülmektedir.



Şekil 4.31 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %0 lastik - %100 kum)



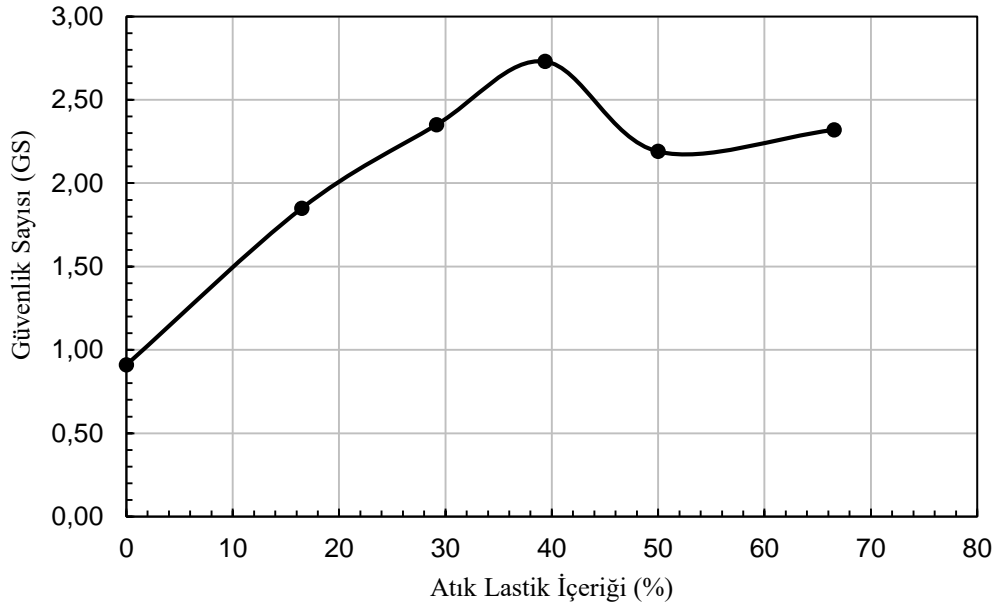
Şekil 4.32 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum)

4.1.2.4 $\beta=45^\circ$ şev için stabilite analizi (statik durum)

$\beta=45^\circ$ açı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş şev dolgusu üzerinde statik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı karışım oranlarında elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.13 ve Şekil 4.33’de görülmektedir.

Tablo 4.13 $\beta=45^\circ$ şevde güvenlik sayıları

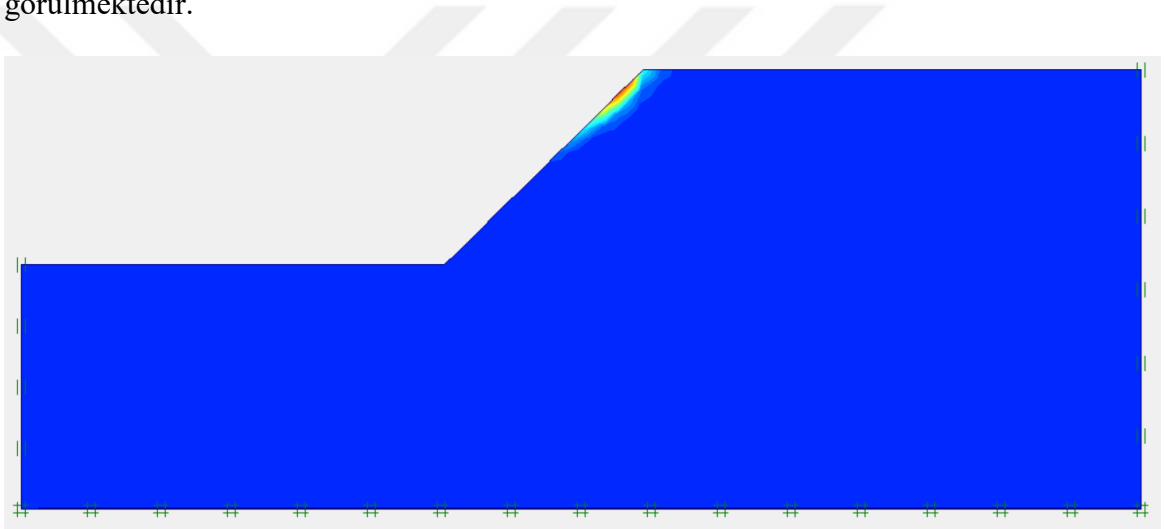
Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)
%0 lastik - %100 kum	0.91
%16.5 lastik - %83.5 kum	1.85
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.35
%39.37 lastik - %60.63 kum	2.73
%50 lastik - %50 kum	2.19
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.32



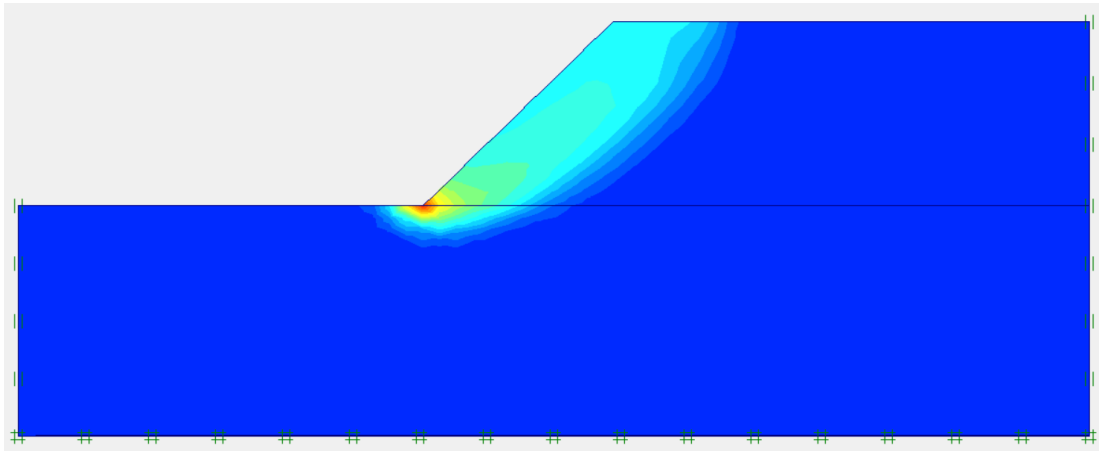
Şekil 4.33 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=45^\circ$)

Tablo 4.13 ve Şekil 4.33’den, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde

ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.13 ve Şekil 4.33 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, şevin güvenlik sayısı değeri (GS=2.73), %0 lastik - %100 kum durumuna göre (GS=0.91) yaklaşık 3 kat artmaktadır. Bu açı değerinde, %0 lastik - %100 kum durumunda şev göçmektedir. Şekil 4.34 ve 4.35’de, sırasıyla, %0 lastik - %100 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum durumlarında elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir. Deplasman dağılımları incelendiğinde, %0 lastik - %100 kum durumunda, güvenlik sayısının sınırda olmasından dolayı göçme durumuna benzer deplasman dağılımının olduğu görülmektedir. %39.37 lastik - %60.63 kum durumunda, deplasmanlar ve kayma dairesinin daha geniş bir alana yayıldığı görülmektedir.



Şekil 4.34 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %0 lastik - %100 kum)



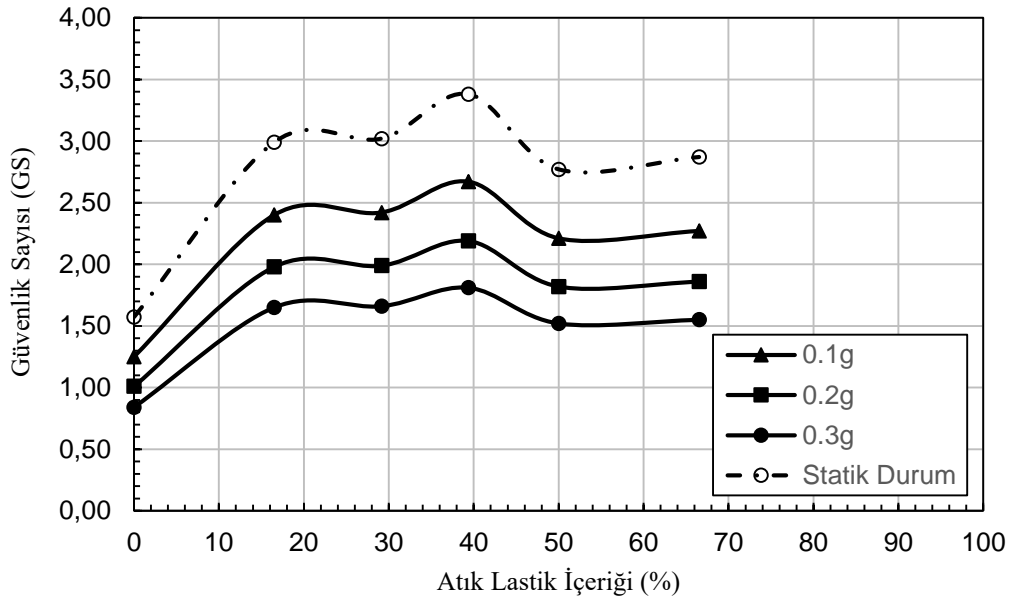
Şekil 4.35 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum)

4.1.2.5 $\beta=30^\circ$ şev için stabilite analizi (dinamik durum)

$\beta=30^\circ$ açılı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş şev dolgusu üzerinde dinamik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerde, şevli zemine, 0.1g-0.2g-0.3g değerlerinde yatay yer ivmeleri uygulanmıştır. Farklı karışım oranlarında dinamik durum için elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.14 ve Şekil 4.36’da görülmektedir.

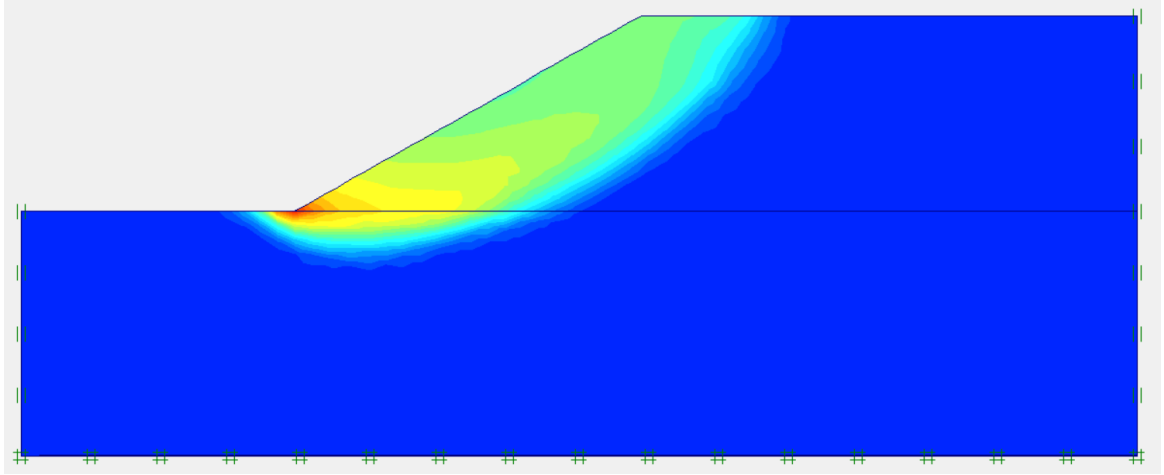
Tablo 4.14 $\beta=30^\circ$ şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)

Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)		
	0.1g	0.2g	0.3g
%0 lastik - %100 kum	1.25	1.01	0.84
%16.5 lastik - %83.5 kum	2.40	1.98	1.65
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.42	1.99	1.66
%39.37 lastik - %60.63 kum	2.67	2.19	1.81
%50 lastik - %50 kum	2.21	1.82	1.52
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.27	1.86	1.55

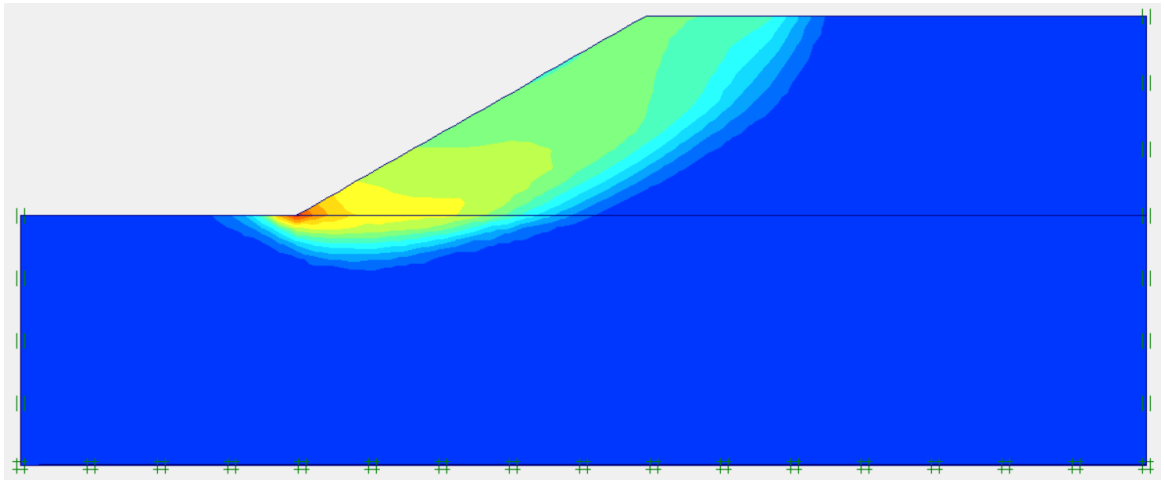


Şekil 4.36 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=30^\circ$, dinamik)

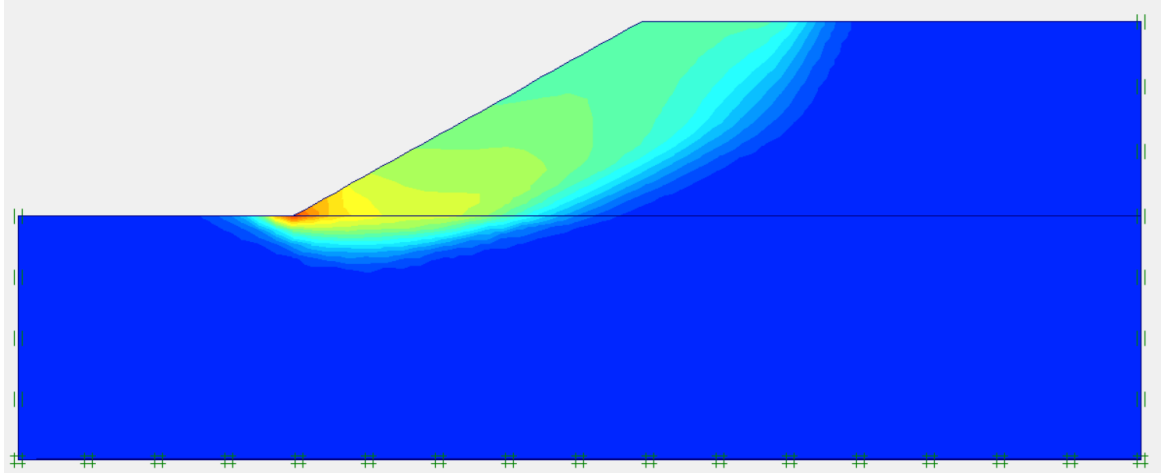
Tablo 4.14 ve Şekil 4.36'dan, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.14 ve Şekil 4.36 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, dinamik durum için, şevin güvenlik sayısı değeri, 0.1g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.13 kat, 0.2g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.17 kat, 0.3g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.15 kat artmaktadır. Ayrıca, statik duruma göre, güvenlik sayılarında gözlenen azalma Şekil 4.36'de görülmektedir. Şekil 4.37, 4.38 ve 4.39'da, optimum karışım oranı için (%39.37 lastik - %60.63 kum), sırasıyla, 0.1g, 0.2g ve 0.3g ivme değerleri için elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.37 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.1g)



Şekil 4.38 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.2g)



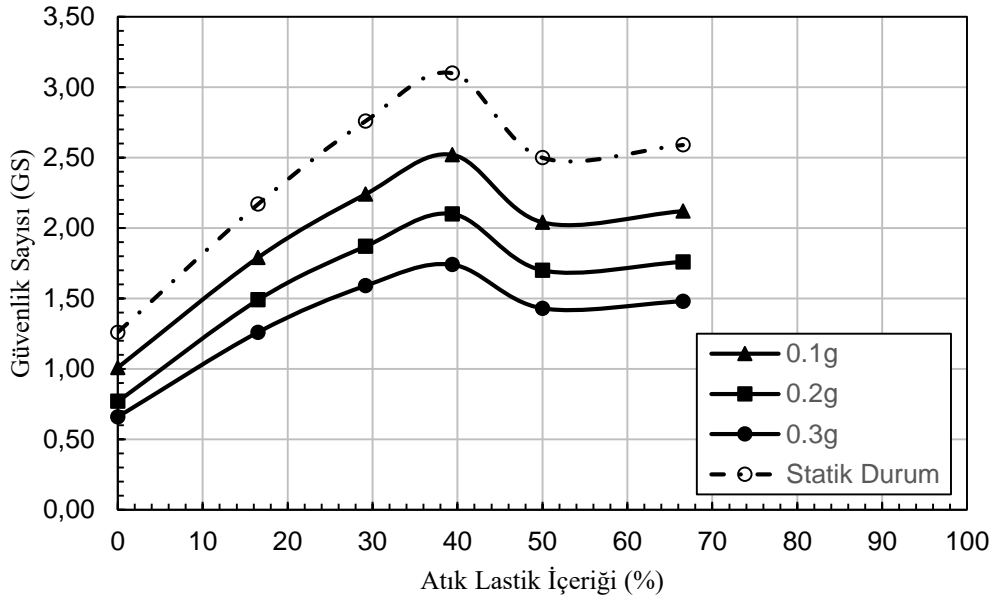
Şekil 4.39 Deplasman dağılımı ($\beta=30^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.3g)

4.1.2.6 $\beta=35^\circ$ şev için stabilite analizi (dinamik durum)

$\beta=35^\circ$ açı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş şev dolgusu üzerinde dinamik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerde, şevli zemine, 0.1g-0.2g-0.3g değerlerinde yatay yer ivmeleri uygulanmıştır. Farklı karışım oranlarında dinamik durum için elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.15 ve Şekil 4.40’da görülmektedir.

Tablo 4.15 $\beta=35^\circ$ şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)

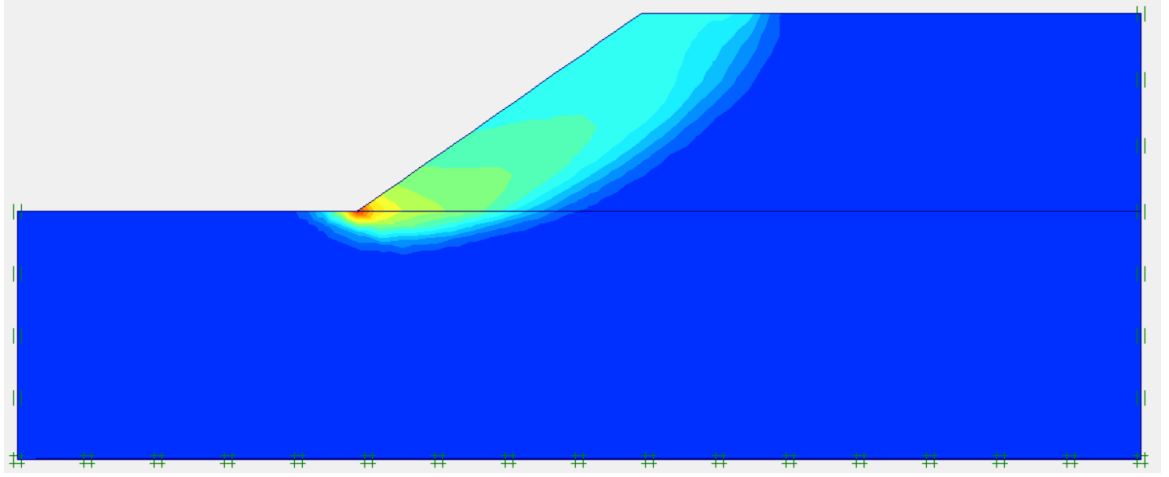
Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)		
	0.1g	0.2g	0.3g
%0 lastik - %100 kum	1.01	0.77	0.66
%16.5 lastik - %83.5 kum	1.79	1.49	1.26
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.24	1.87	1.59
%39.37 lastik - %60.63 kum	2.52	2.10	1.74
%50 lastik - %50 kum	2.04	1.70	1.43
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.12	1.76	1.48



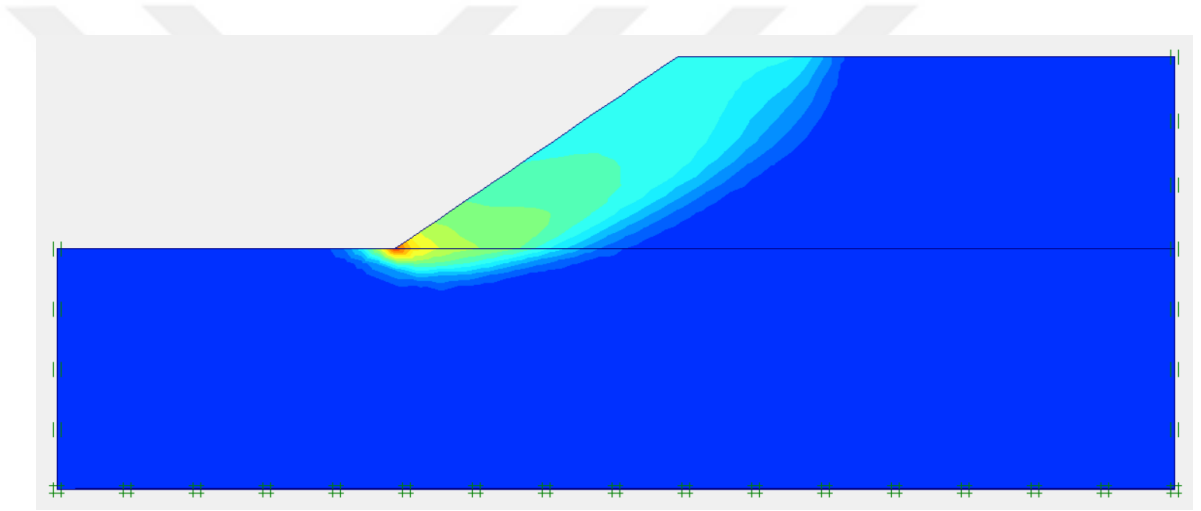
Şekil 4.40 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=35^\circ$, dinamik)

Tablo 4.15 ve Şekil 4.40'dan, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.15 ve Şekil 4.40 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, dinamik durum için, şevin güvenlik sayısı değeri, 0.1g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.5 kat, 0.2g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.7 kat, 0.3g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.6 kat artmaktadır. Ayrıca, statik duruma göre, güvenlik sayılarında gözlenen azalma Şekil 4.40'da görülmektedir.

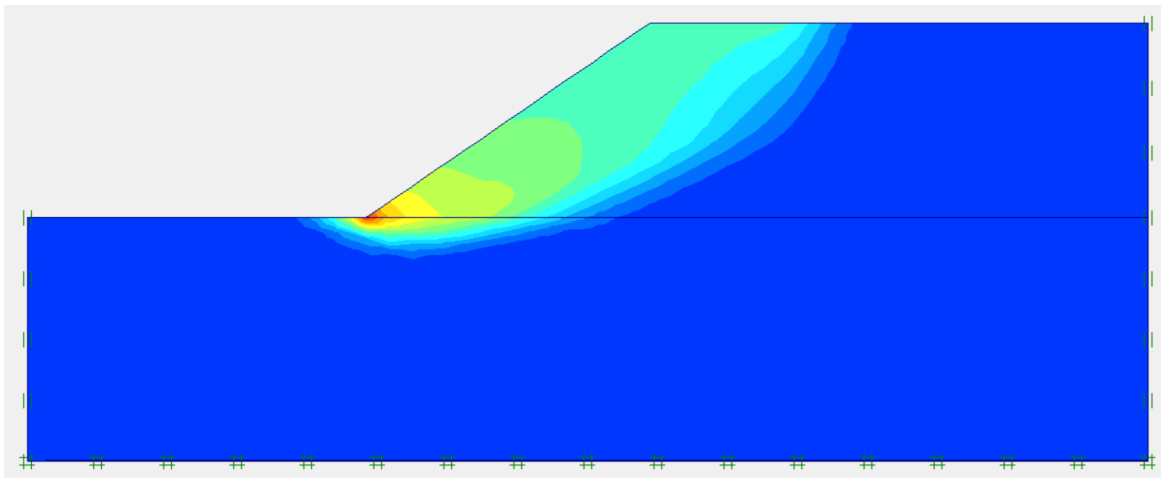
Şekil 4.41, 4.42 ve 4.43'de, optimum karışım oranı için (%39.37 lastik - %60.63 kum), sırasıyla, 0.1g, 0.2g ve 0.3g ivme değerleri için elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.41 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.1g)



Şekil 4.42 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.2g)



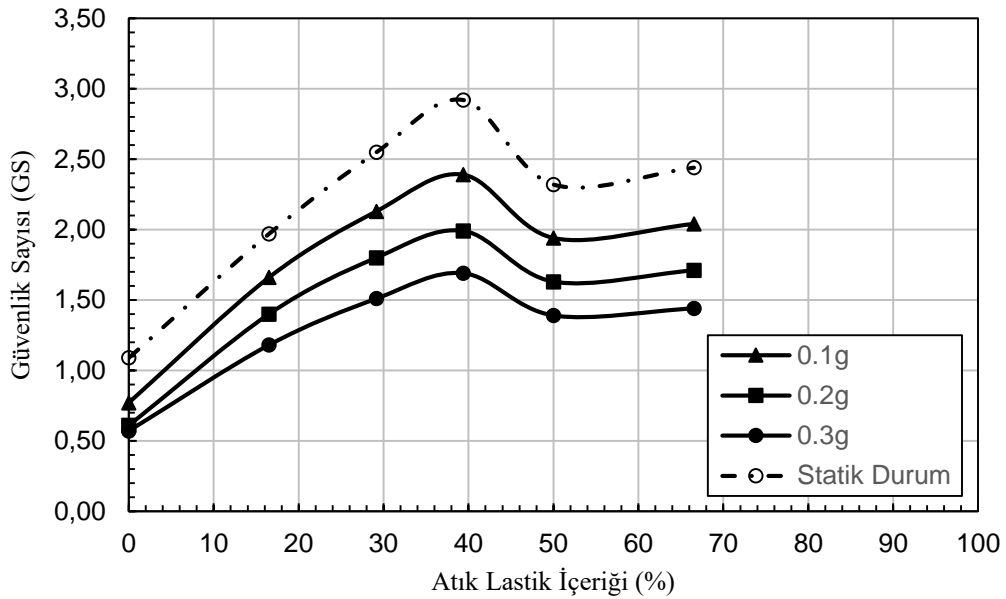
Şekil 4.43 Deplasman dağılımı ($\beta=35^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.3g)

4.1.2.7 $\beta=40^\circ$ Şev için stabilite analizi (dinamik durum)

$\beta=40^\circ$ açı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş Şev dolgusu üzerinde dinamik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerde, Şevli zemine, 0.1g-0.2g-0.3g değerlerinde yatay yer ivmeleri uygulanmıştır. Farklı karışım oranlarında dinamik durum için elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.16 ve Şekil 4.44’de görülmektedir.

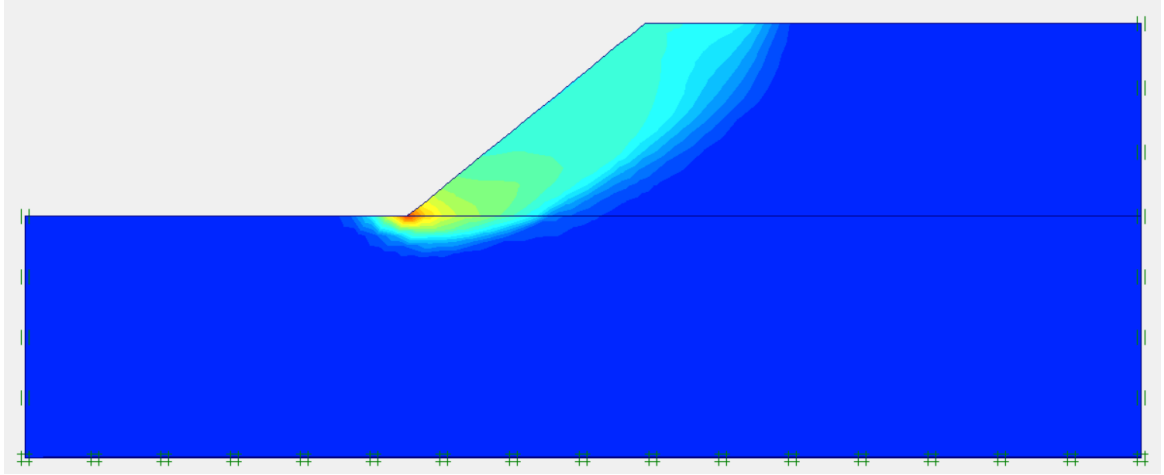
Tablo 4.16 $\beta=40^\circ$ Şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)

Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)		
	0.1g	0.2g	0.3g
%0 lastik - %100 kum	0.77	0.61	0.57
%16.5 lastik - %83.5 kum	1.66	1.40	1.18
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.13	1.80	1.51
%39.37 lastik - %60.63 kum	2.39	1.99	1.69
%50 lastik - %50 kum	1.94	1.63	1.39
%66.54 lastik - %33.46 kum	2.04	1.71	1.44

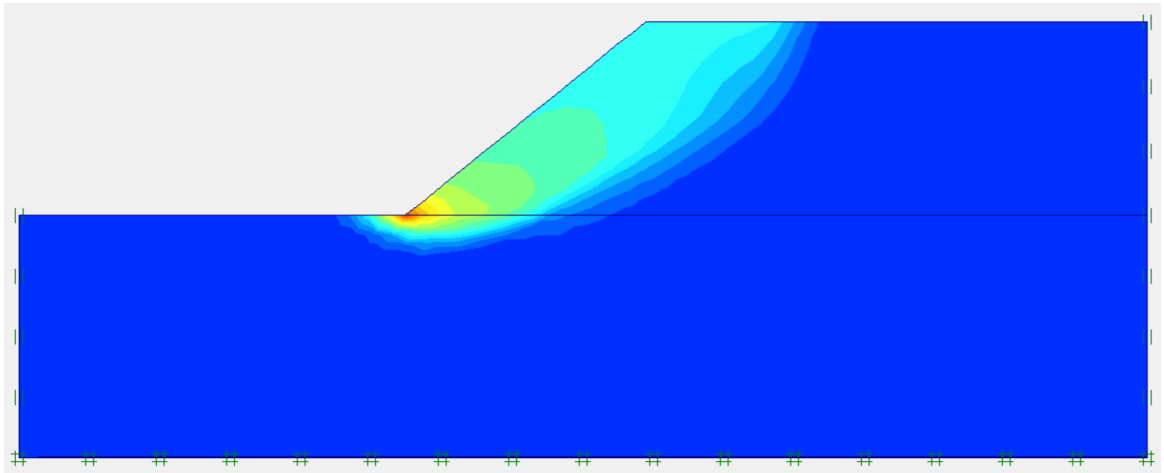


Şekil 4.44 Atık lastik içeriği – güvenlik sayıları ilişkisi ($\beta=40^\circ$, dinamik)

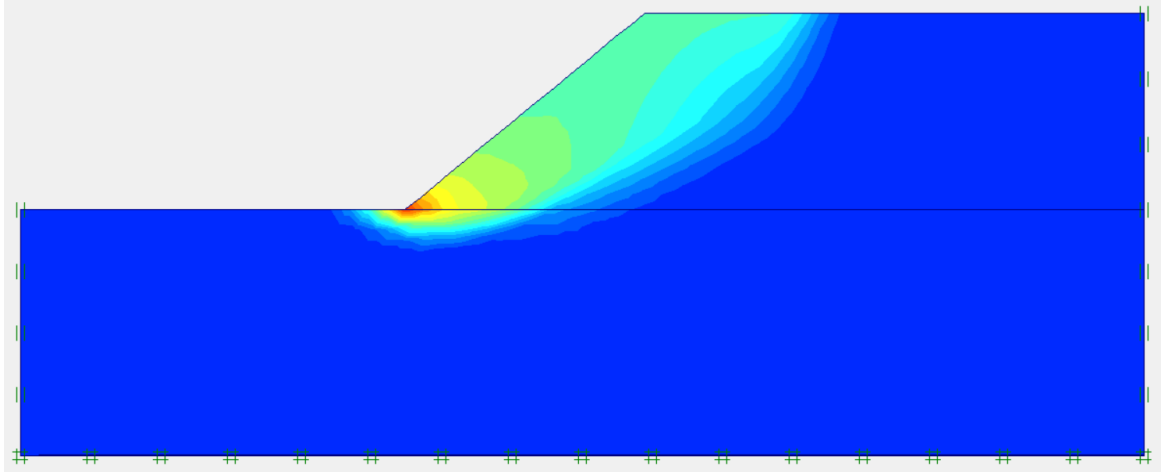
Tablo 4.16 ve Şekil 4.44'den, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde ise azaldığı görülmektedir. Tablo 4.16 ve Şekil 4.44 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, dinamik durum için, şevin güvenlik sayısı değeri, 0.1g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 3.10 kat, 0.2g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 3.26 kat, 0.3g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 2.96 kat artmaktadır. Ayrıca, statik duruma göre, güvenlik sayılarında gözlenen azalma Şekil 4.44'de görülmektedir. Şekil 4.45, 4.46 ve 4.47'de, optimum karışım oranı için (%39.37 lastik - %60.63 kum), sırasıyla, 0.1g, 0.2g ve 0.3g ivme değerleri için elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.45 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.1g)



Şekil 4.46 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.2g)



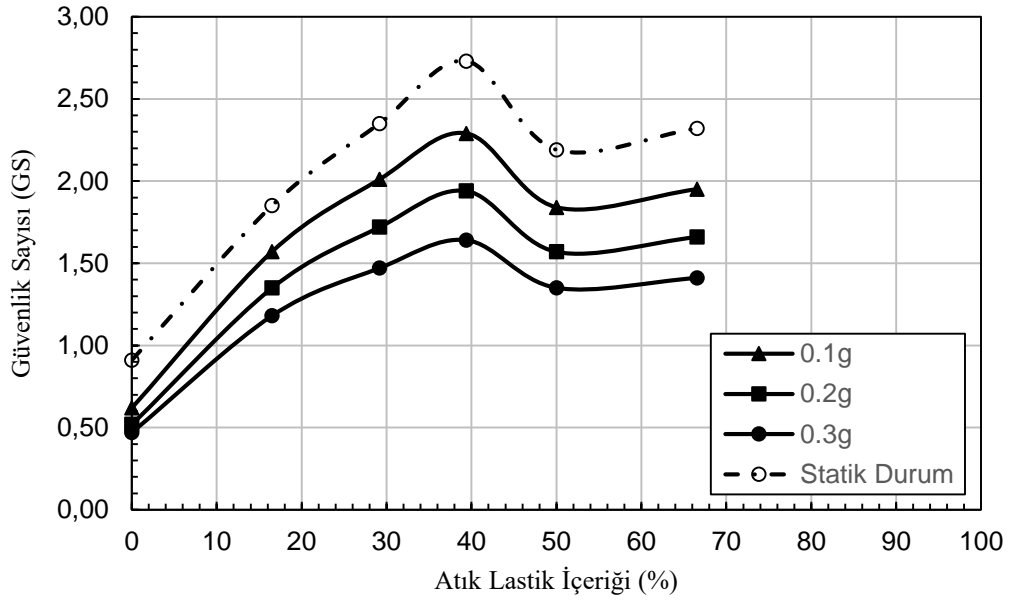
Şekil 4.47 Deplasman dağılımı ($\beta=40^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.3g)

4.1.2.8 $\beta=45^\circ$ şev için stabilite analizi (dinamik durum)

$\beta=45^\circ$ açılı ve farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum) oluşturulmuş şev dolgusu üzerinde dinamik durum için stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerde, şevli zemine, 0.1g-0.2g-0.3g değerlerinde yatay yer ivmeleri uygulanmıştır. Farklı karışım oranlarında dinamik durum için elde edilen güvenlik sayıları, Tablo 4.17 ve Şekil 4.48’de görülmektedir.

Tablo 4.17 $\beta=45^\circ$ şevde güvenlik sayıları (dinamik durum)

Karışım Oranı	Güvenlik Sayısı (GS)		
	0.1g	0.2g	0.3g
%0 lastik - %100 kum	0.62	0.52	0.47
%16.5 lastik - %83.5 kum	1.57	1.35	1.18
%29.16 lastik - %70.84 kum	2.01	1.72	1.47
%39.37 lastik - %60.63 kum	2.29	1.94	1.64
%50 lastik - %50 kum	1.84	1.57	1.35
%66.54 lastik - %33.46 kum	1.95	1.66	1.41

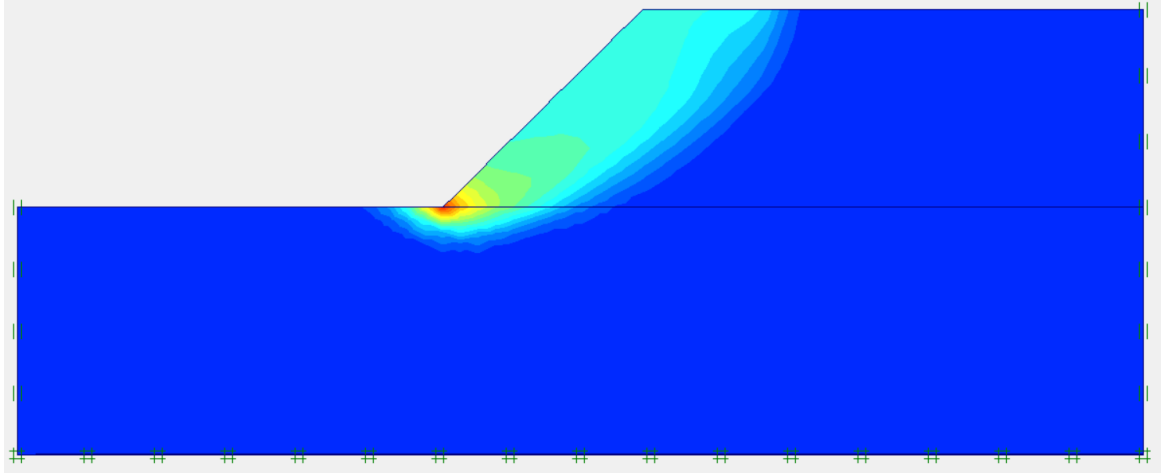


Şekil 4.48 Atık lastik içeriği – güvenlik sayısı ilişkisi ($\beta=45^\circ$, dinamik)

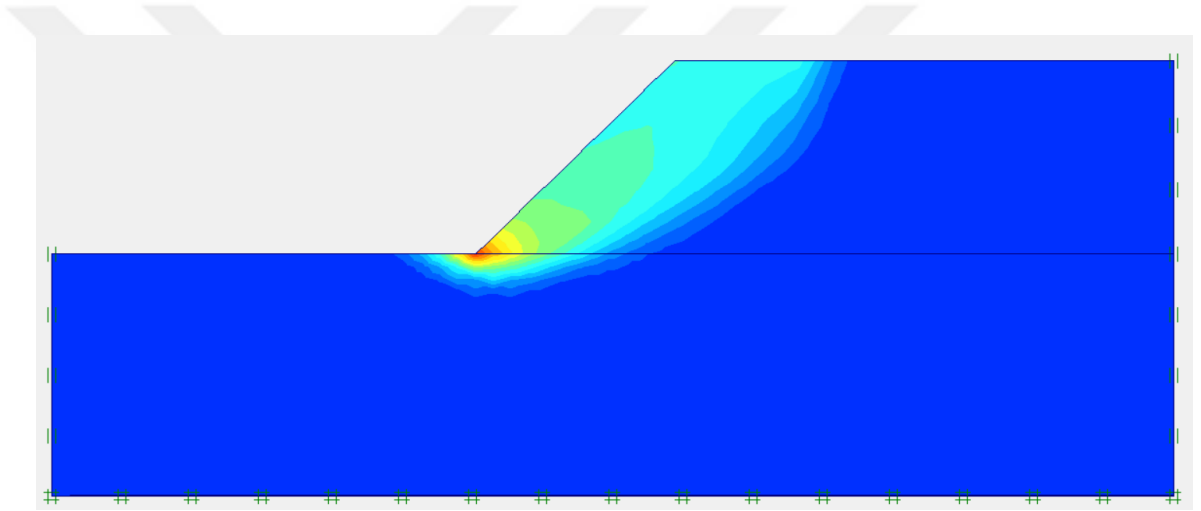
Tablo 4.17 ve Şekil 4.48’den, şevin güvenlik sayısının, kum zeminin belli bir değere kadar atık lastik ile karıştırılması durumunda arttığı, daha fazla atık lastik ilavesinde ise azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.17 ve Şekil 4.48 incelendiğinde, en büyük güvenlik sayısını veren karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu gözlenmektedir. Bu karışım oranında, dinamik durum için, şevin güvenlik sayısı değeri, 0.1g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 3.70 kat, 0.2g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 3.70 kat, 0.3g etkisi altında, %100 kum durumuna göre yaklaşık 3.50 kat artmaktadır. Ayrıca, statik duruma göre, güvenlik sayılarında gözlenen azalma Şekil 4.48’de görülmektedir.

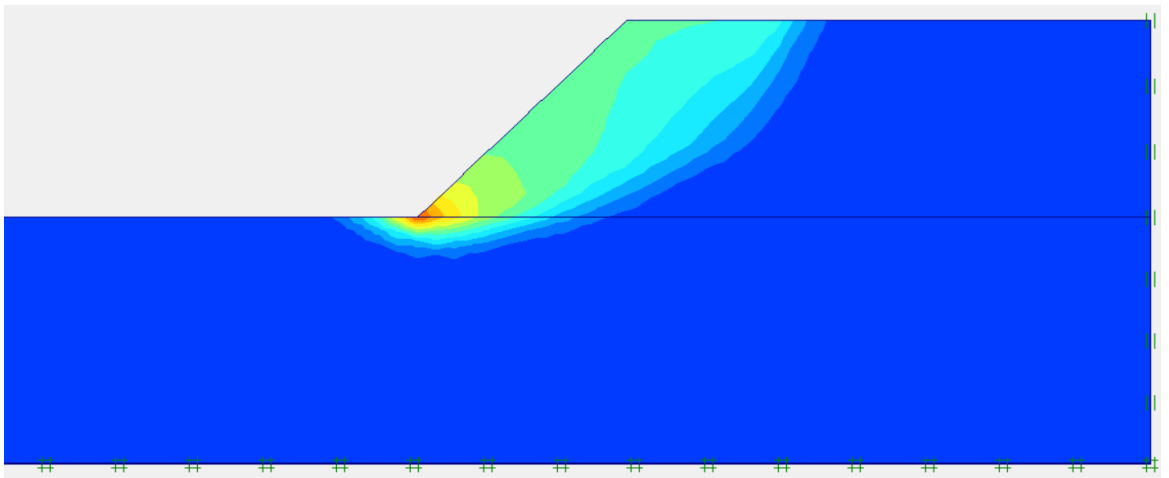
Şekil 4.49, 4.50 ve 4.51’de, optimum karışım oranı için (%39.37 lastik - %60.63 kum), sırasıyla, 0.1g, 0.2g ve 0.3g ivme değerleri için elde edilen deplasman dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.49 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.1g)



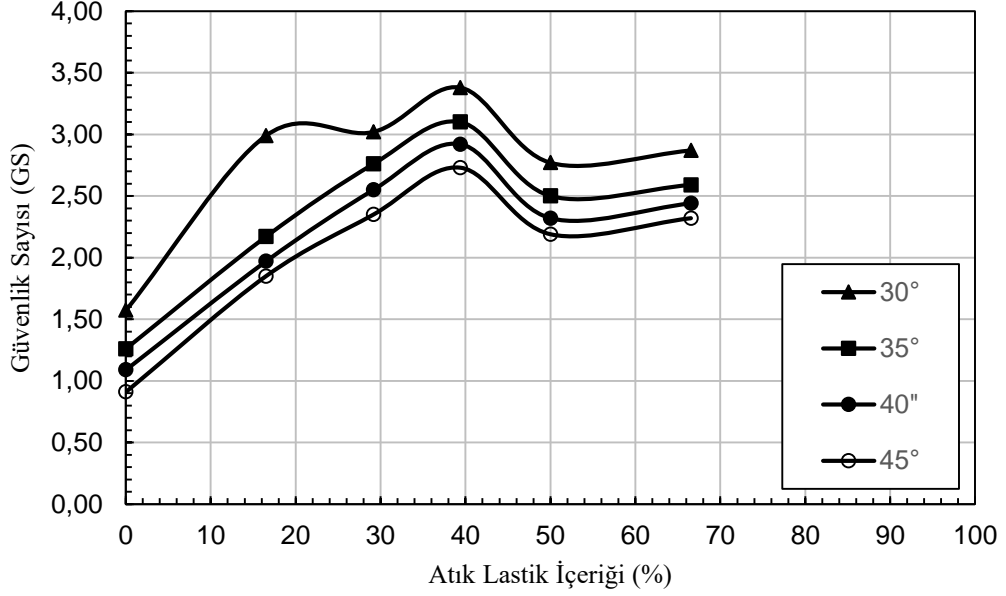
Şekil 4.50 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.2g)



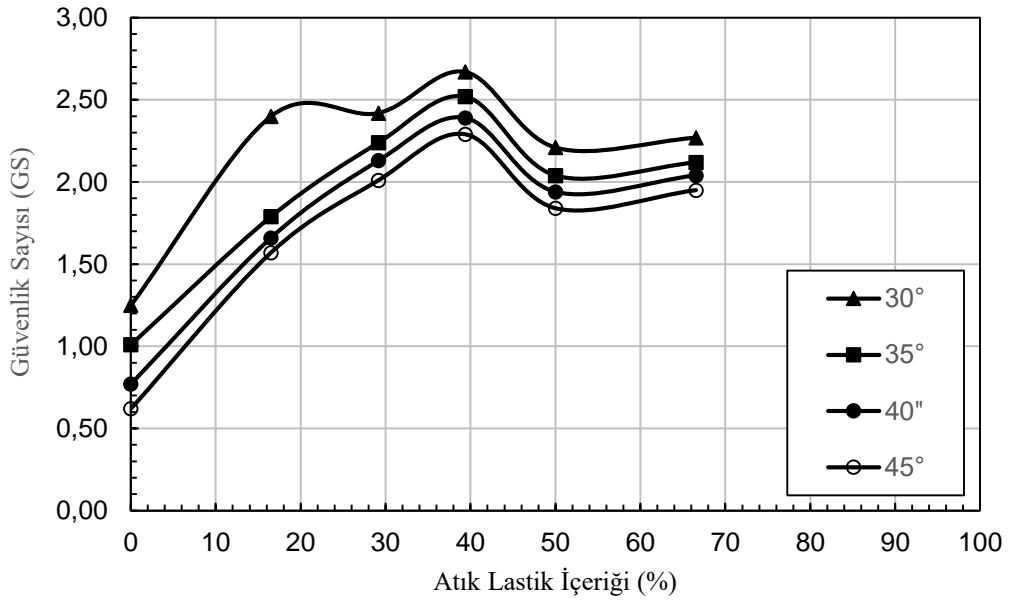
Şekil 4.51 Deplasman dağılımı ($\beta=45^\circ$, %39.37 lastik - %60.63 kum, 0.3g)

4.1.2.9 Şev stabilite analiz sonuçlarının karşılaştırılması

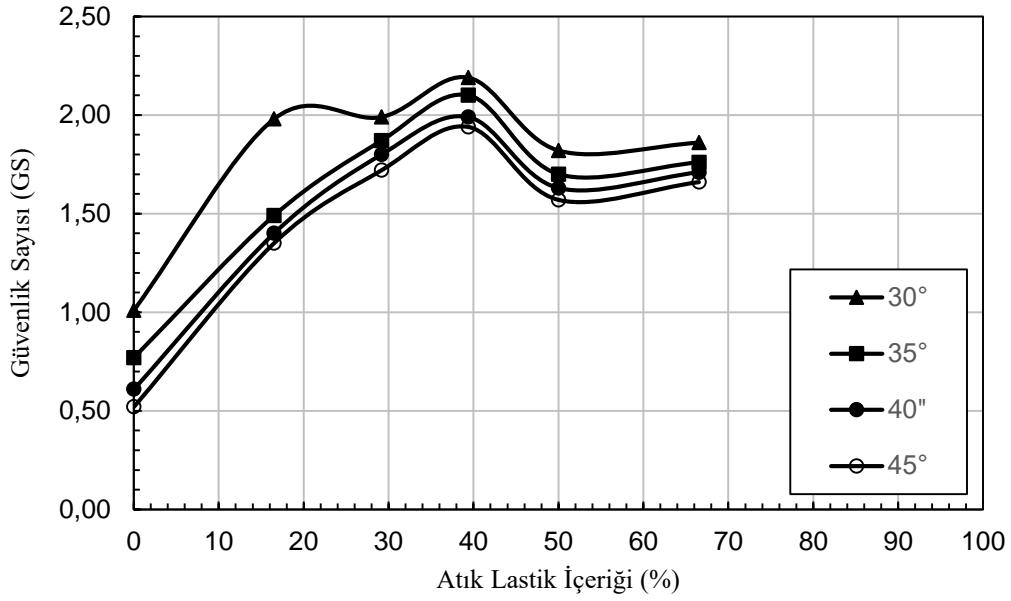
Şekil 4.52’de, farklı karışım oranlarında, farklı şev açıları için elde edilen statik analiz, Şekil 4.53, 4.54 ve 4.55’de ise, farklı karışım oranlarında, farklı şev açıları için elde edilen, sırasıyla, 0.1g, 0.2g ve 0.3g değerinde yatay yer ivmeleri için dinamik analiz sonuçları görülmektedir.



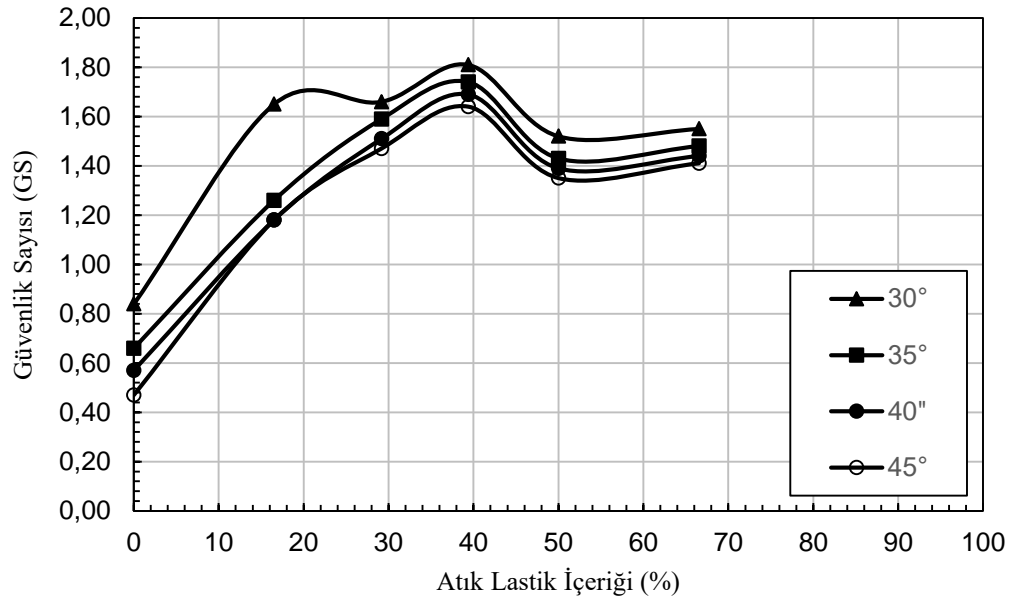
Şekil 4.52 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (statik durum)



Şekil 4.53 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (dinamik durum-0.1g)



Şekil 4.54 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (dinamik durum-0.2g)



Şekil 4.55 Güvenlik sayısı – atık lastik içeriği ilişkisi (dinamik durum-0.3g)

Şekil 4.52, 4.53, 4.54 ve 4.55 incelendiğinde, beklendiği gibi, şev açılarının artmasına bağlı olarak güvenlik sayılarının azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde, dinamik analizlerde, yatay yer ivmesinin artmasıyla, güvenlik sayıları azalmaktadır.

Analiz sonuçları incelendiğinde, başlangıçta, kum zeminde atık lastik oranının artmasıyla güvenlik sayılarının arttığı, daha fazla atık lastik içeriğinde ise güvenlik

sayısında azalma olduğu görülmektedir. Tüm analizlerde, %39.37 lastik - %60.63 kum karışım oranında en yüksek güvenlik sayıları elde edilmektedir.

Statik durum için analiz sonuçları incelendiğinde, güvenlik sayısının $GS=1.50$ alınması durumunda, %100 kum zeminin, sadece $\beta=30^\circ$ olduğu durumda bu şartı sağladığı ($GS=1.57$), $\beta=35^\circ$ durumunda ($GS=1.26$), $\beta=40^\circ$ durumunda ($GS=1.09$) ve $\beta=45^\circ$ durumunda (0.91) $GS \geq 1.50$ şartını sağlayamadığı görülmektedir. Bununla birlikte, tüm atık lastik ile karıştırılmış kum şevlerde bu şartın sağlandığı görülmektedir.

Dinamik durum için analiz sonuçları incelendiğinde, güvenlik sayısının $GS=1.00$ alınması durumunda, %100 kum zeminin, sadece $\beta=30^\circ$ şev açısında, $0.1g$ ($GS=1.25$) ve $0.2g$ ($GS=1.01$) ile $\beta=35^\circ$ şev açısında, $0.1g$ ($GS=1.01$) durumunda bu şartı sağladığı diğer şev açısı ve yatay yer ivmesi durumlarında $GS \geq 1.00$ şartını sağlayamadığı görülmektedir. Bununla birlikte, tüm atık lastik ile karıştırılmış kum şevlerde bu şartın sağlandığı görülmektedir.

Şev stabilite analizlerinde, kum zemin – atık lastik karışımının stabiliteyi artırması durumu, literatürde mevcut deneysel çalışmalar ve bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçlarına göre açıklanabilir. Kum zeminin, lastik parçacıkları ile belli oranlarda karıştırılması durumunda kayma mukavemeti özellikleri iyileştirilebilmektedir. Lastik-kum karışımlarında, lastik parçacıkları, zemin ile arasında oluşan sürtünme dirençleri nedeniyle donatı malzemesi gibi davranarak kumun kayma mukavemetini arttırmaktadır. Kayma mukavemetinde meydana gelen artış, karışımın, kayma bölgesindeki göçme davranışıyla açıklanabilir. Lastik parçacıkları karışımın kayma bölgesinde oluşan göçme yüzeyi üzerinde rastgele dağılmış ve yönlendirilmiş bir halde bulunmaktadırlar. Kayma başladığında, karışımdaki lastik parçacıkları, kum zemin ile etkileşime girmekte ve oluşan kaymaya karşı bir direnç göstermektedir. Yani lastik parçacıkları, donatıya benzer bir davranış göstermekte ve bu da kayma mukavemetinin dolayısıyla şevin stabilitesinin artmasını sağlamaktadır. Daha fazla lastik içeriklerinde ise kum ile lastik parçacıkları arasındaki etkileşim efektif olarak gerçekleşmemekte ve kayma mukavemetinde dolayısıyla şevin stabilitesinde azalma meydana gelmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, kum zemine oturan sürekli temellerin taşıma kapasitesi ve oturma davranışı, kumun belli oranlarda atık lastik parçacıklarıyla karıştırılması durumunda, sayısal olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, kum zemin, hacimce farklı atık lastik yüzdeleri ile karşılaştırılmış (%0 lastik - %100 kum, %16.5 lastik - %83.5 kum, %29.16 lastik - %70.84 kum, %39.37 lastik - %60.63 kum, %50 lastik - %50 kum, %66.54 lastik - %33.46 kum, %100 lastik - %0 kum) ve taşıma kapasitesini arttıran, oturma değerlerini azaltan optimum karışım oranı belirlenmiştir.

Analizlerde, temel genişliğine bağlı olarak, optimum karışım oranı uygulanacak optimum yatay ve düşey mesafeler elde edilmiştir. Bu amaçla, temel genişliğine (B) bağlı olarak, farklı düşey derinlik (1B-2B-3B-4B-5B-6B-7B) ve farklı yatay mesafe değerleri (1B-3B-5B-7B-9B-11B) için analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, farklı temel genişliklerinde (B=1m-1.5m-2m) gerçekleştirilerek, taşıma kapasitesi ve oturma davranışına, temel genişliği etkisi incelenmiştir.

Ayrıca, optimum karışım oranı kullanılarak oluşturulmuş şevli dolguların güvenlik sayıları statik ve dinamik koşullar altında analiz edilmiştir. Bu amaçla, farklı şev açlarına (β) sahip şev dolguları oluşturulmuş ($\beta=30^\circ$, $\beta=35^\circ$, $\beta=40^\circ$, $\beta=45^\circ$) ve optimum karışım değeri kullanılarak şev stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerde, şevli zemine, farklı değerlerde yatay yer ivme katsayıları ($k_h=0.1g, 0.2g, 0.3g$; g =yerçekimi ivmesi) etki ettirilerek güvenlik sayısındaki değişim belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

1. Kum zemine oturan sürekli temellerin taşıma kapasitesi ile ilgili, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla taşıma kapasitesi değerlerinin artış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, taşıma kapasitesi değerlerinde hızlı bir azalma meydana geldiği görülmektedir. En yüksek taşıma kapasitesi değerinin, karışım oranının %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumda elde edildiği ve bu karışım oranında, taşıma kapasitesinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %18 artış gösterdiği görülmektedir.

2. Kum zemine oturan sürekli temellerin oturma davranışı ile ilgili, farklı atık lastik – kum karışımları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerden, başlangıçta, atık lastik oranının artmasıyla oturma değerlerinin azalış gösterdiği ve belli bir değerden sonra atık lastik miktarının artmasıyla, oturma değerlerinde hızlı bir artış meydana geldiği görülmektedir. En düşük oturma değerinin, karışım oranlarının %29.16 lastik - %70.84 kum ve %39.37 lastik - %60.63 kum olduğu durumlarda elde edildiği ve bu karışım oranlarında, oturma değerinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık %25 azalma gösterdiği görülmektedir.
3. Hem taşıma kapasitesi değerinde elde edilen artış hem de oturma değerlerinde görülen azalma göz önüne alındığında optimum karışım oranı olarak %39.37 lastik - %60.63 kum durumu belirlenmiştir. Bu karışım oranında, taşıma kapasitesinde yaklaşık %18, oturma değerlerinde ise, yaklaşık %25 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.
4. Temel genişliği arttıkça, aynı deplasman değerine (5 cm) karşılık gelen yük taşıma kapasitesinin arttığı görülmektedir. Optimum karışım oranında farklı temel genişlikleri için, aynı gerilme değeri altında (500 kPa) elde edilen oturma değerleri temel genişliği değerine bölünerek oturma yüzdesi cinsinden yazılmış ve temel genişliği – oturma yüzdesi ilişkisi ortaya konmuştur. Temel genişliğinin artmasına bağlı olarak, oturma yüzdelerinin azaldığı görülmüştür.
5. Karışımın uygulanacağı optimum derinlik, temel tabanından itibaren 5B olarak belirlenmiştir. Optimum karışım derinliğinde, (%39.37 lastik - %60.63 kum karışım oranı kullanılması durumunda, taşıma kapasitesi değeri (780.70 kPa), %100 kum durumuna göre (651.36 kPa), yaklaşık %20 artmaktadır.
6. Karışım genişliğinin 7B olması durumunda taşıma kapasitesinin en büyük değere ulaştığı görülmektedir. Buna göre, karışımın uygulanacağı optimum genişlik, temel merkezinden yanlara doğru yatayda $3.5B + 3.5B = 7B$ olarak belirlenmiştir. Optimum karışım genişliğinde (7B), optimum karışım derinliği (5B) ve %39.37 lastik - %60.63 kum optimum karışım oranı kullanılması durumunda, taşıma kapasitesi değeri (836.20 kPa), %100 kum durumuna göre (651.36 kPa), yaklaşık %28 artmaktadır.

7. Şev açılarının artmasına bağlı olarak güvenlik sayılarının azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde, dinamik analizlerde, yatay yer ivmesinin artmasıyla, güvenlik sayıları azalmaktadır.
8. Analiz sonuçları incelendiğinde, başlangıçta, kum zeminde atık lastik oranının artmasıyla güvenlik sayılarının arttığı, daha fazla atık lastik içeriğinde ise güvenlik sayısında azalma olduğu görülmektedir. Tüm analizlerde, %39.37 lastik - %60.63 kum karışım oranında en yüksek güvenlik sayıları elde edilmektedir.
9. Statik durum için analiz sonuçları incelendiğinde, güvenlik sayısının $GS=1.50$ alınması durumunda, %100 kum zeminin, sadece $\beta=30^\circ$ olduğu durumda bu şartı sağladığı ($GS=1.57$), $\beta=35^\circ$ durumunda ($GS=1.26$), $\beta=40^\circ$ durumunda ($GS=1.09$) ve $\beta=45^\circ$ durumunda (0.91) $GS \geq 1.50$ şartını sağlayamadığı görülmektedir. Bununla birlikte, tüm atık lastik ile karıştırılmış kum şevlerde bu şartın sağlandığı görülmektedir.
10. Dinamik durum için analiz sonuçları incelendiğinde, güvenlik sayısının $GS=1.00$ alınması durumunda, %100 kum zeminin, sadece $\beta=30^\circ$ şev açısında, $0.1g$ ($GS=1.25$) ve $0.2g$ ($GS=1.01$) ile $\beta=35^\circ$ şev açısında, $0.1g$ ($GS=1.01$) durumunda bu şartı sağladığı diğer şev açısı ve yatay yer ivmesi durumlarında $GS \geq 1.00$ şartını sağlayamadığı görülmektedir. Bununla birlikte, tüm atık lastik ile karıştırılmış kum şevlerde bu şartın sağlandığı görülmektedir.
11. Sonuç olarak, kum zeminin, lastik parçacıkları ile belli oranlarda karıştırılması durumunda taşıma kapasitesi, oturma ve stabilite özellikleri iyileştirilebilmektedir.
12. İleride gerçekleştirilecek çalışmalar için aşağıdaki öneriler göz önüne alınabilir:
 - Kil vb. farklı zemin tipleri kullanılarak deneysel ve nümerik çalışmalar gerçekleştirilebilir.
 - Çalışmada, 2 boyutlu analizler gerçekleştirilmiştir. 3 boyutlu analizler yapılabilir.
 - Karışım parametrelerinin deneysel olarak elde edilmesi halinde daha gerçekçi analizler gerçekleştirilebilir.

- Atık lastiklerin, inşaat ve geoteknik uygulamalarında kullanılması durumunda, çevreye olası etkileri üzerinde çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Ahmed, I. (1993). Laboratory Study on Properties of Rubber Soils. Purdue University: Joint Highway Research Project.
- Ahmed, I., ve Lovell, C.W. (1993). Rubber Soils as Lightweight Geomaterial. *Transportation Research Record*, 1422, 61-70.
- Abdrabbo, F. M., Abouseeda, H. M., Gaaver, K. E., ve El-Marassi, M.A. (2005). Behavior of Strip Footings Resting on Sand Reinforced with Tire-Chips. In *Slopes and Retaining Structures Under Seismic and Static Conditions. Geo-Frontiers Congress* (pp. 1-14). Texas, United States.
- Attom, M. F. (2006). The Use of Shredded Waste Tires to Improve the Geotechnical Engineering Properties of Sands. *Environmental Geology*, 49(4), 497-503.
- ASTM. (1998). ASTM D6270-98 Standard Practice for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Benson, C. (1995). Using Shredded Scrap Tires in Civil and Environmental Construction. *Resource Recycling*, 5(2), 2-9.
- Bosscher, P. J., Edil, T. B., ve Kuraoka, S. (1997). Design of Highway Embankments Using Tire Chips. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(4), 295-304.
- Bahloul, K.M. (2019). Numerical Study of Foundation Behaviour on Reinforced Soil with Waste Tire Shreds. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies*, 7(10), 4086-4089.
- Çetin, H., Fener, M., ve Günaydın, O. (2006). Geotechnical Properties of Tire-Cohesive Clayey Soil Mixtures. *Engineering Geology*, 88(1-2), 110-120.
- Duncan, J. M., ve Chang, C. Y. (1970). Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils. *Journal of Soil Mechanics and Foundations*, 96(5), 1629-1653.
- Daud, K. A. (2018). Soil Improvement Using Waste Tire Chips. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(8), 1338-1345.
- Das, B. M. (1999). *Shallow Foundation: Bearing Capacity and Settlement*. CRC Press.
- Djadouni, H., Trouzine, H., Gomez Correia, A., ve Miranda, T. F. D. S. (2021). 2D Numerical Analysis of a Cantilever Retaining Wall Backfilled with Sand-Tire Chips Mixtures. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 25(6), 1119-1135.
- Edinçliler, A., Baykal, G., ve Dengili, K. (2004). Determination of Static and Dynamic Behavior of Recycled Materials for Higways. Resources, *Conservation and Recycling*, 42(3), 223-237.
- Foose, G. J., Benson, C. H., ve Bosscher, P. J. (1996). Sand Reinforced with Shredded Waste Tires. *Journal of Geotechnical Engineering*, 122(9), 760-767.
- Ghazavi, M. (2004). Shear Strenght Characteristics of Sand-Mixed with Granular Rubber. *Geotechnical and Geological Engineering*, 22(3), 401-416.

- Ghazavi, M., ve Sakhi, M. A. (2005). Influence of Optimized Tire Shreds on Shear Strength Parameters of Sand. *International Journal of Geomechanics*, 5(1), 58-65.
- Humphrey, D. N., ve Manion, W. P. (1992). Properties of Tire Chips for Lightweight Fill. *Grouting, Soil Improvement and Geosynthetics* (pp. 1344-1355).
- Humphrey, D.N., Sandford, T. C., Cribbs, M. M., ve Manion, W. P. (1993). Shear Strength and Compressibility of Tire Chips for Use as Retaining Wall Backfill. *Transportation Research Record*, (1422).
- Huggins, E., ve Ravichandran, N. (2012). Numerical Study on the Dynamic Behavior of Retaining Walls Backfilled with Shredded Tires. *In Geo-Risk 2011* (pp. 955-962). Atlanta, Georgia, United States.
- Kumbasar, V., ve Kip, V. (1999). *Zemin Mekaniği Problemleri*. Çağlayan Kitapevi.
- Keskin, M. S. (2009). Güçlendirilmiş Kumlu Şevlere Oturan Yüzeysel Temellerin Deneysel ve Teorik Analizi. (Yayımlanmış Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Keskin, M. S., ve Laman, M. (2007). Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Şev Stabilitesi Problemlerinin Analizinde Kullanılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1), 101-114.
- Keskin, M. S., ve Laman, M. (2012). Atık Lastik-Kum Karışımlarının Kayma Mukavemetinin Laboratuvar Deneyleriyle İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 27-36.
- Keskin, M. S., ve Laman, M. (2014). Experimental Study of Bearing Capacity of Strip Footing on Sand Slope Reinforced with Tire Chips. *Geomechanics and Engineering*, 6(3), 249-262.
- Karpurapu, R., ve Bathurst, R. J. (1995). Behaviour of Geosynthetic Reinforced Soil Retaining Walls Using the Finite Element Method. *Computers and Geotechnics*, 17(3), 279-299.
- Kılıç, H. (2000). Yumuşak Zeminler Üzerine Oturan Dolgu Barajlarda Deformasyonların Deneysel ve Nümerik Yöntemlerle Belirlenmesi. (Yayımlanmış Doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kondner, R. L. (1963). Hyperbolic Stress-Strain Response: Cohesive Soils. *Journal of Soil Mechanics and Foundations*, 89(1), 115-143.
- Lee, J. H., Salgado, R., Bernal, A., ve Lovell, C. W. (1999). Shredded tires and rubber-sand as lightweight backfill. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(2), 132-141.
- Moo-Young, H., Sellasie, K., Zeroka, D., ve Sabnis, G. (2003). Physical and Chemical Properties of Recycled Tire Shreds for Use in Construction. *Journal of Environmental Engineering*, 129(10), 921-929.
- Moghaddas Tafreshi, S.N., Joz Dorabi, N., Tavakoli Mehrjardi, G., ve Dawson, A. (2016). Experimental and Numerical Investigation of Footing Behaviour on Multi-Layered Rubber-Reinforced Soil. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 23(1), 29-52.

- Moghaddas Tafreshi, S. M., ve Norouzi, A. H. (2012). Bearing Capacity of a Square Model Footing on Sand Reinforced with Shredded Tire. *Construction and Building Materials*, 35, 547-556.
- Oikonomou, N., ve Mavridou, S. (2009). The Use of Waste Tyre Rubber in Civil Engineering Works. *Civil and Structural Engineering*, 213-238.
- Önalp, A., ve Sert, S. (2006). *Geoteknik Bilgisi 3-Bina Temelleri*. Birsen Yayınevi.
- PLAXIS, (2002). User Manual. 2D version8, Delf University of Technology8PLAXIS b.v. The Netherlands.
- Potts, D. M., ve Zdravkovic, L. T. (1999). *Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering: Theory*. Thomas Telford Publishing.
- Prandtl, L. (1921). Über die Eindringungs Festigkeit Plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden. *ZAMM- Journal of Applied Mathematics and Mechanics / Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, 1(1),15-20.
- Rao, G. V., Dutta, R. K. (2006). Compressibility and Strenght Behaviour of Sand-Tyre Chip Mixtures. *Geotechnical and Geological Engineering*, 24(3), 711-724.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics* (s.510). Villey, Newyork.
- Tweedie, J. J., Humphrey, D. N., ve Sandford, T. C. (1998). Tire Shreds as Lightweight Retaining Wall Backfill: Active Conditions. *Journal of Geotechnical and Geoenviromental Engineering*, 124(11), 1061-1070.
- Tatlisöz, N., Edil, T. B., ve Benson, C. H. (1998). Interaction Between Reinforcing Geosynthetics and Soil-Tire Chip Mixtures. *Journal of Geotechnical and Geoenviromental Engineering*, 124(11), 1109-1119.
- Uzuner, B. A. (2007). *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği*. Derya Kitapevi.
- Yogarajah, I., ve Yeo, K. C. (1994). Finite Element Modelling of Pull-Out Tests with Load and Strain Measurements. *Geotextiles and Geomembranes*, 13(1), 43-54.
- Yetimoğlu, T., ve Salbas, O. (2003). A Study on Shear Strenght of Sands Reinforced with Randomly Distributed Discrete Fibers. *Geotextiles and Geomembranes*, 21(2), 103-110.
- Yoon, S., Prezzi, M., Siddiki, N. Z., ve Kim, B. (2006). Construction of a Test Embankment Using a Sand-Tire Shred Mixture as Fill Material. *Waste Management*, 26(9), 1033-1044.
- Yoon, Y. W., Cheon, S. H., ve Kang, D. S. (2004). Bearing Capacity and Settlement of Tire Reinforced Sands. *Geotextiles and Geomembranes*, 22(5), 439-453.
- Youwai, S., ve Bergado, D. T. (2004). Numerical Analysis of Reinforced Wall Using Rubber Tire Chips-Sand Mixtures as Backfill Material. *Computers and Geotechnics*, 31(2), 103-114.
- Wang, J. G. (1996). A Homogenization Theory for Geomaterials: Nonlinear effect and water flow. (Dr. Eng. Thesis). Nagoya University, Japan.
- Wang, J. G., Leung, C. F., ve Ichikawa, Y. (2002). A Simplified Homogenisation Method for Composite Soils. *Computers and Geotechnics*, 29(6), 477-500.

Wu, W. Y., Benda, C. C., ve Cauley, R. F. (1997). Triaxial Determination of Shear Strength of Tire Chips. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(5), 479-482.

Zornberg, J. G., Cabral, A. R., ve Viratjandr, C. (2004). Behavior of Tire Shred-Sand Mixtures. *Canadian Geotechnical Journal*, 41(2), 227-241.

Zeinkiewicz, O. C. (1977). *The Finite Element Method*. McGraw-Hill Book Co.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

AYDIN, BETÜL

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

-

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	DİCLE ÜNİVERSİTESİ	2022
Lisans	FIRAT ÜNİVERSİTESİ	2018
Lise	ÇUBUKBEY ANADOLU LİSESİ	2013

İş Denevimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
-		

Yabancı Dil

İNGİLİZCE-C1

ALMANCA-A2

Yayınlar

1.-

2.

3.

4.

Özel İlgiler

FOTOĞRAFÇILIK

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Betül AYDIN
Öğrenci No	19806014
Ana Bilim Dalı	İnş. Müh. / Zemin Mek ve Geoteknik Mühendisliği
Program Türü	Proje <input type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input checked="" type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/>
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Mehmet Salih KESKİN
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	
Tez Başlığı	Atık Malzeme ile Güçlendirilmiş Zemine Oturan Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü
RAPOR BİLGİLERİ	
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası
Sayfa Sayısı	104
Raporlama Tarihi	14.03.2022
Benzerlik Oranı (%)	% 18

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 104 sayfalık kısmına ilişkin, 14/03/2022 tarihinde tez danışmanım tarafından TURNİTİN isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
Kaynaklar hariç
Alıntılar hariç/dâhil
Diğer (her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Betül AYDIN

Tarih: 17.03.2022

İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Doç. Dr. M. Salih KESKİN

İmza:

Tarih: 17.03.2022

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK

İmza:

Tarih: 17.03.2022