



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Gökhan ALTAY

**GEOCELL KULLANILARAK OLUŞTURULAN
DAYANMA DUVARLARININ DENEYSEL
VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANIYE – 2019

**T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ**

**GEOCELL KULLANILARAK OLUŞTURULAN
DAYANMA DUVARLARININ DENEYSEL VE NÜMERİK
OLARAK İNCELENMESİ**



Gökhan ALTAY

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANIYE
KASIM-2019**

TEZ ONAYI

GEOCELL KULLANILARAK OLUŞTURULAN DAYANMA DUVARLARININ DENEYSEL VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

Gökhan ALTAY tarafından Prof. Dr. Cafer KAYADELEN danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Cafer KAYADELEN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Prof. Dr. Hanifi ÇANAKCI
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, GAÜN

Üye: Prof. Dr. Hamza GÜLLÜ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, GAÜN

Üye: Doç. Dr. Murat ÖRNEK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE

Üye: Doç. Dr. Tuğrul TALASLIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Gökhan ALTAY



ÖZET

GEOCELL KULLANILARAK OLUŞTURULAN DAYANMA DUVARLARININ DENEYSSEL VE NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

Gökhan ALTAY
Doktora, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Cafer KAYADELEN

Kasım 2019, 174 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında geocell kullanımı ile farklı konfigürasyonlarda ve açılarda, 90 cm yüksekliğinde dayanma duvarları oluşturularak model deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, duvarların arkasında, kum zemine oturan, farklı çaplardaki dairesel temeller farklı uzaklıklarda konumlandırılmış ve monotonik olarak yüklenmiştir. Temele uygulanan bu düşey yükleme sonucunda, 4 farklı tipte imal edilen duvarlar üzerinde meydana gelen yatay ötelenmeler irdelenmiştir. Duvar üzerinde en alt, orta ve en üste yerleştirilen deplasman ölçerler yardımıyla farklı noktalardaki ötelenmeler incelenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Örneğin, aynı şartlar altında, oluşturulan kademeli duvarlarda düz olanlara kıyasla daha az ötelenme görülmüştür. Aynı şekilde 75⁰'lik açı ile oluşturulan kademeli duvarlarda 90⁰'lik duvarlara göre daha az ötelenme olduğu görülmüştür. Buna ek olarak deneyler sonlu elemanlar yöntemi kullanan PLAXİS programı ile iki boyutlu olarak modellenmiş ve nümerik analizler yapılmıştır. Deney sonuçlarının nümerik analiz sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca duvar üzerindeki ötelenmeler istatistiksel yöntemler olan MLR ve M5T ile tahmin edilmiştir. M5T yönteminin MLR yöntemine kıyasla daha iyi tahmin sonuçları verdiği ve bu yöntemin tahmin değerlerinin deney sonuçları ile oldukça uyumlu çıktığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dayanma Duvarları, Geocell, Nümerik Analiz, Sonlu Elemanlar Yöntemi, MLR ve M5T.

ABSTRACT

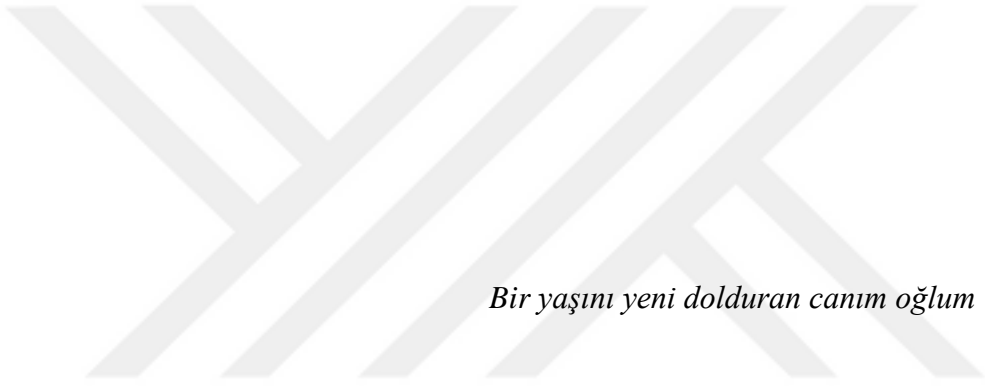
EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF GEOCELL RETAINING WALL

Gökhan ALTAY
PhD, Department of Civil Engineering
Supervisor: Prof.Dr Cafer KAYADELEN

November 2019, 174 pages

Within the scope of this thesis, retaining walls having 90 cm height in different configurations and angles were created by using geocell and model experiments were performed. In the experiments, circular footings of different diameters, placed on the sand soil behind the walls, were positioned at different distances to the wall and loaded monotonically. As a result of this vertical loading applied to the footing, horizontal displacements occurring on the walls that, produced 4 different types, are examined. The displacements were examined and comparisons were made with the help of displacement sensors placed at the bottom, middle and top of the wall. For example, under the same conditions, there was less displacement in the formed stepped walls than in the straight ones. Likewise, it was observed that the stepped walls formed at an angle of 75° had less displacement than the 90° walls. In addition the experiments were modeled in two dimensions with PLAXIS program using finite element method and numerical analysis were performed. Experimental results were found to be compatible with numerical analysis results. Furthermore, the displacements on the wall were estimated by statistical methods MLR and M5T. It has been found that the M5T method gives better estimation results compared to MLR method and the estimation values of this method are found to be quite compatible with the experimental results.

Key Words: Retaining Walls, Geocell, Numerical Analysis, Finite Element Method, MLR and M5T.



Bir yaşını yeni dolduran canım oğlum Göktuğ'a...

TEŞEKKÜR

Başta bu süreçte yanımda olup beni destekleyen aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütülmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cafer KAYADELEN'e ve tez izleme komitesinde bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Hanifi ÇANAKÇI ve Tuğrul TALASLIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın bütünündeki desteklerinden dolayı Öğr. Gör. Hakan ERKEK, Arş. Gör. Dr. Bahadır OK, Arş. Gör. Yunus Ziya KAYA, Arş. Gör. İbrahim KARATAŞ, Arş. Gör. Emriye ÇINAR, Arş. Gör. Mitat ÖZTÜRK ve Arş. Gör. Esra Zeynep ŞENSOY'a teşekkürü bir borç bilmekteyim.

Deneylerde, gece gündüz demeden çalışmalara katılan öğrencilerden Yasin KILIÇ, Ersel ER, Burhan SEVER, Yusuf SERİN, Aydın Murat KELEŞ, Gökhan YILDIRIM, Baran GÜCEYÜ, İlknur Hatice GÜRBÜZ, Onuralp SARAR ve Muhittin YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Deneyler için hazırlamış olduğum deney kasasının yapımında baştan sona yardım eden Turgut Reis ÜLKÜ'ye, kum eleme için gerekli olan eleğin imalatında ve yağmurlama sisteminin yapımında büyük özveri gösteren Ali AYUR'a, deney düzeneğinin kurulumunda baştan sona yardımlarını esirgemeyen Ethem YILDIRIM'a, geocell malzemelerinin temini için her türlü desteği esirgemeyen GEOPLAS firmasına ve çalışanlarına, aynı şekilde duvar imalatında geocell ile birlikte kullanılan agregaların temini için yardımcı olan OYAK BETON firmasına teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bölümdeki çalışmalarım süresince beni destekleyen diğer bölüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	
TEZ BİLDİRİMİ.....	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xxiv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MALZEME ve YÖNTEM.....	14
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	30
4.1. Deneysel Bulgular.....	30
4.1.1 Tip 1 Duvar ile Yapılan Deneylerin Sonuçlarının İncelenmesi	30
4.1.2. Tip 2 Duvar ile Yapılan Deneylerin Sonuçlarının İncelenmesi	40
4.1.3. Tip 3 Duvar ile Yapılan Deneylerin Sonuçlarının İncelenmesi	49
4.1.4. Tip 4 Duvar ile Yapılan Deneylerin Sonuçlarının İncelenmesi	59
4.1.5. Duvar Tiplerinin Karşılaştırılması	69
4.2. Nümerik Analizler.....	77
4.2.1. Tip 1 Duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler.....	82
4.2.2. Tip 2 duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler.....	95
4.2.3. Tip 3 duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler.....	107
4.2.4. Tip 4 duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler.....	120
4.3. Deney Sonuçlarının İstatistiksel Yöntemlerle Doğrulanması.....	132
4.3.1. Tip 1 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması.....	140
4.3.2. Tip 2 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması.....	144
4.3.3. Tip 3 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması.....	147
4.3.4. Tip 4 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması.....	151
4.4. Temel Taşıma Güçlerinin Teorik Formüllerden Hesaplanması ve Karşılaştırılması	154
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	157

5. 1. Sonuçlar	157
5. 2. neriler	160
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ	171



ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 3.1. Agrega malzemesinin özellikleri	15
Tablo 3.2. Kum zeminin özellikleri	18
Tablo 3.3. Geocell malzemesinin özellikleri	26
Tablo 3.4. Deney Programı	29
Tablo 4.1. Nümerik analizler için PLAXİS programına girilen veriler	78
Tablo 4.2. MLR ve M5T istatistiksel yöntemlerin karşılaştırılması	139
Tablo 4.3. Deneysel Bulgularla Elde Edilen Temel Taşıma Gücünün Teorik Formüllerle Kıyaslanması	156



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Geocell duvarın plan görünümü (PRS Geo-Technologies 2009)	1
Şekil 1.2. Geocell dayanma duvarının 2. kademesi inşa edilirken görüntüsü (PRS Geotechnologies 2009)	2
Şekil 1.3. Geocell dayanma duvarının 3. kademesi inşa edilirken görüntüsü (PRS Geotechnologies 2009)	2
Şekil 2.1. Geocell malzemesinin kullanımının zemin üzerindeki etkisinin gösterimi (Siabil S.M.A.G vd. 2019)	7
Şekil 2.2. Köprü Ayağının Bulunduğu Geosentetik Donatılı Zemin (Xiao C. vd. 2015)	8
Şekil 2.3. Model Deneyler İçin Kurulan Sistem (Xiao C. vd. 2015)	8
Şekil 2.4. Deneyleri Doğrulamak İçin Kurulan Nümerik Model (Chen vd. 2013)	9
Şekil 2.5. Alamshahi S. ve Hataf N isimli araştırmacıların deneysel çalışmalarında kullanmış oldukları sistem (Alamshahi S. ve Hataf N. 2009)	10
Şekil 2.6. El Sawwaf M. A. isimli araştırmacının deneysel çalışmasında kullanmış olduğu sistem (El Sawwaf M. A. 2007)	11
Şekil 2.7. Analizler için kullanılan FLAC 2D programında kurulan model (Mehdipour I. vd. 2013)	12
Şekil 2.8. Donatılı ve donatısız şevde kayma düzlemleri (Mehdipour I. vd. 2013)	12
Şekil 3.1. Deney kasası	14
Şekil 3.2. Duvar imalatı için kullanılan agrega malzemesi.....	15
Şekil 3.3. Agrega malzemesinin dane çapı dağılım eğrisi	15
Şekil 3.4. Kum zemini kurutma işlemi	16
Şekil 3.5. Kum eleme makinesi	17
Şekil 3.6. Kum zeminin dane çapı dağılım eğrisi	18
Şekil 3.7. Kum zemin üzerinde yapılan üç eksenli basınç (UU) deneyi.....	19
Şekil 3.8. Kum yağmurlama sistemi	20
Şekil 3.9. Kum tankı ve yükleme sistemi.....	21
Şekil 3.10. D=25 cm, L=25 cm olan deney için hazırlanan duvar.....	22
Şekil 3.11. Sınır etkileri gözlemlemek için kullanılan basınç ölçer.....	23

Şekil 3.12. Duvar ile geocell arasına yerleştirilen köpük ve gress yağı.....	24
Şekil 3.13. Kontrol paneli ve data logger (Ok, B. 2014)	24
Şekil 3.14. Geocell malzemesinin nominal hücre uzunluğu ve genişliği	25
Şekil 3.15. Tip 1 duvar (Düz ve 90 ⁰)	26
Şekil 3.16. Tip 2 duvar (Düz ve 75 ⁰)	27
Şekil 3.17. Tip 3 duvar (Kademeli ve 90 ⁰).....	27
Şekil 3.18. Tip 4 duvar (Kademeli ve 75 ⁰).....	28
Şekil 4.1. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, L=5 cm, tip 1 duvar	31
Şekil 4.2. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, L=15 cm, tip 1 duvar	31
Şekil 4.3. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, L=25 cm, tip 1 duvar	32
Şekil 4.4. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, L=5 cm, tip 1 duvar	33
Şekil 4.5. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, L=15 cm, tip 1 duvar	33
Şekil 4.6. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, L=25 cm, tip 1 duvar	34
Şekil 4.7. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=15 cm, tip 1 duvar	35
Şekil 4.8. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 1 duvar	35
Şekil 4.9. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=5 cm, tip 1 duvar.....	36
Şekil 4.10. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=45 cm, tip 1 duvar.....	37
Şekil 4.11. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar.....	37
Şekil 4.12. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=5 cm, tip 1 duvar.....	38
Şekil 4.13. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=45 cm, tip 1 duvar.....	39
Şekil 4.14. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar.....	39

Şekil 4.15. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları $D=15$ cm, $L=5$ cm, tip 2 duvar	40
Şekil 4.16. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları $D=15$ cm, $L=15$ cm, tip 2 duvar	41
Şekil 4.17. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları $D=15$ cm, $L=25$ cm, tip 2 duvar	41
Şekil 4.18. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları $D=25$ cm, $L=5$ cm, tip 2 duvar	42
Şekil 4.19. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları $D=25$ cm, $L=15$ cm, tip 2 duvar	43
Şekil 4.20. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları $D=25$ cm, $L=25$ cm, tip 2 duvar	43
Şekil 4.21. Temelin gerilme-deplasman grafiği: $D=15$ cm, tip 2 duvar	44
Şekil 4.22. Temelin gerilme-deplasman grafiği: $D=25$ cm, tip 2 duvar	45
Şekil 4.23. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=15$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar.....	46
Şekil 4.24. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=15$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar.....	46
Şekil 4.25. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=15$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar.....	47
Şekil 4.26. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=25$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar.....	48
Şekil 4.27. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=25$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar.....	48
Şekil 4.28. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=25$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar.....	49
Şekil 4.29 Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=15$ cm, $L=5$ cm, tip 3 duvar	50
Şekil 4.30. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=15$ cm, $L=15$ cm, tip 3 duvar	51
Şekil 4.31. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: $D=15$ cm, $L=25$ cm, tip 3 duvar	51

Şekil 4.32. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, L=5 cm, tip 3 duvar	52
Şekil 4.33. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, L=15 cm, tip 3 duvar	53
Şekil 4.34. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, L=25 cm, tip 3 duvar	53
Şekil 4.35. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=15 cm, tip 3 duvar	54
Şekil 4.36. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 3 duvar	55
Şekil 4.37. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=5 cm, tip 3 duvar.....	56
Şekil 4.38. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=45 cm, tip 3 duvar.....	56
Şekil 4.39. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=85 cm, tip 3 duvar.....	57
Şekil 4.40. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=5 cm, tip 3 duvar.....	58
Şekil 4.41. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=45 cm, tip 3 duvar.....	58
Şekil 4.42. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=85 cm, tip 3 duvar.....	59
Şekil 4.43. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları D=15 cm, L=5 cm, tip 4 duvar	60
Şekil 4.44. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları D=15 cm, L=15 cm, tip 4 duvar	60
Şekil 4.45. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları D=15 cm, L=25 cm, tip 4 duvar	61
Şekil 4.46. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları D=25 cm, L=5 cm, tip 4 duvar	62
Şekil 4.47. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları D=25 cm, L=15 cm, tip 4 duvar	62
Şekil 4.48. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları D=25 cm, L=25 cm, tip 4 duvar	63
Şekil 4.49. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=15 cm, tip 4 duvar	64

Şekil 4.50. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 4 duvar	64
Şekil 4.51. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=5 cm, tip 4 duvar.....	65
Şekil 4.52. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=45 cm, tip 4 duvar.....	66
Şekil 4.53. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=15 cm, H=85 cm, tip 4 duvar.....	66
Şekil 4.54. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=5 cm, tip 4 duvar.....	67
Şekil 4.55. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=45 cm, tip 4 duvar.....	68
Şekil 4.56. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları: D=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar.....	68
Şekil 4.57. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm	70
Şekil 4.58. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm	70
Şekil 4.59. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm	71
Şekil 4.60. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm	72
Şekil 4.61. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm	72
Şekil 4.62. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm	73
Şekil 4.63. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük- deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm.....	74
Şekil 4.64. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük- deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm.....	74
Şekil 4.65. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük- deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm.....	75
Şekil 4.66. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük- deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm.....	76

Şekil 4.67. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük- deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm.....	76
Şekil 4.68. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük- deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm.....	77
Şekil 4.69. Tip 1 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü	78
Şekil 4.70. Tip 1 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında yükleme sonrası görüntüsü	79
Şekil 4.71. Tip 2 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü	79
Şekil 4.72. Tip 2 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında yükleme sonrası görüntüsü	80
Şekil 4.73. Tip 3 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü	80
Şekil 4.74. Tip 3 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında yükleme sonrası görüntüsü	81
Şekil 4.75. Tip 4 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü	81
Şekil 4.76. Tip 4 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında yükleme sonrası görüntüsü	82
Şekil 4.77. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 1 duvar	83
Şekil 4.78. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 1 duvar	83
Şekil 4.79. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar	84
Şekil 4.80. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 1 duvar	84

Şekil 4.81. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 1 duvar	85
Şekil 4.82. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 1 duvar	85
Şekil 4.83. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=5$ cm, tip 1 duvar	86
Şekil 4.84. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=45$ cm, tip 1 duvar	86
Şekil 4.85. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 1 duvar	87
Şekil 4.86. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 1 duvar	87
Şekil 4.87. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=45$ cm, tip 1 duvar	88
Şekil 4.88. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 1 duvar	88
Şekil 4.89. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=5$ cm, tip 1 duvar	89
Şekil 4.90. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 1 duvar	89
Şekil 4.91. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 1 duvar	90

Şekil 4.92. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 1 duvar	90
Şekil 4.93. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 1 duvar	91
Şekil 4.94. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar	91
Şekil 4.95. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, tip 1 duvar.....	92
Şekil 4.96. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, tip 1 duvar.....	92
Şekil 4.97. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, tip 1 duvar.....	93
Şekil 4.98. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, tip 1 duvar.....	93
Şekil 4.99. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, tip 1 duvar.....	94
Şekil 4.100. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, tip 1 duvar.....	94
Şekil 4.101. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 2 duvar	95
Şekil 4.102. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 2 duvar	96
Şekil 4.103. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 2 duvar	96
Şekil 4.104. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 2 duvar	97

Şekil 4.105. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar	97
Şekil 4.106. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	98
Şekil 4.107. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar	98
Şekil 4.108. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar	99
Şekil 4.109. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	99
Şekil 4.110. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar	100
Şekil 4.111. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar	100
Şekil 4.112. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	101
Şekil 4.113. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar	101
Şekil 4.114. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar	102
Şekil 4.115. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	102

Şekil 4.116. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar	103
Şekil 4.117. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=45$ cm, tip 2 duvar	103
Şekil 4.118. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	104
Şekil 4.119. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, tip 2 duvar.....	104
Şekil 4.120. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, tip 2 duvar.....	105
Şekil 4.121. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, tip 2 duvar.....	105
Şekil 4.122. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, tip 2 duvar.....	106
Şekil 4.123. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, tip 2 duvar.....	106
Şekil 4.124. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, tip 2 duvar.....	107
Şekil 4.125. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 3 duvar	108
Şekil 4.126. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=45$ cm, tip 3 duvar	108
Şekil 4.127. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	109
Şekil 4.128. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=5$ cm, tip 3 duvar	109

Şekil 4.129. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 3 duvar	110
Şekil 4.130. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	110
Şekil 4.131. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=5$ cm, tip 3 duvar	111
Şekil 4.132. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=45$ cm, tip 3 duvar	111
Şekil 4.133. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	112
Şekil 4.134. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 3 duvar	112
Şekil 4.135. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=45$ cm, tip 3 duvar	113
Şekil 4.136. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	113
Şekil 4.137. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=5$ cm, tip 3 duvar	114
Şekil 4.138. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 3 duvar	114
Şekil 4.139. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	115

Şekil 4.140. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=5$ cm, tip 3 duvar	115
Şekil 4.141. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=45$ cm, tip 3 duvar	116
Şekil 4.142. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	116
Şekil 4.143. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, tip 3 duvar.....	117
Şekil 4.144. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, tip 3 duvar.....	117
Şekil 4.145. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, tip 3 duvar.....	118
Şekil 4.146. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, tip 3 duvar.....	118
Şekil 4.147. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, tip 3 duvar.....	119
Şekil 4.148. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=25$ cm, tip 3 duvar.....	119
Şekil 4.149. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar	120
Şekil 4.150. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=45$ cm, tip 4 duvar	121
Şekil 4.151. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	121
Şekil 4.152. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar	122

Şekil 4.153. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 4 duvar	122
Şekil 4.154. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	123
Şekil 4.155. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar	123
Şekil 4.156. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=45$ cm, tip 4 duvar	124
Şekil 4.157. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	124
Şekil 4.158. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar	125
Şekil 4.159. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=45$ cm, tip 4 duvar	125
Şekil 4.160. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	126
Şekil 4.161. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar	126
Şekil 4.162. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=45$ cm, tip 4 duvar	127
Şekil 4.163. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	127

Şekil 4.164. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 4 duvar	128
Şekil 4.165. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 4 duvar	128
Şekil 4.166. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar	129
Şekil 4.167. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, tip 4 duvar.....	129
Şekil 4.168. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, tip 4 duvar.....	130
Şekil 4.169. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, tip 4 duvar.....	130
Şekil 4.170. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, tip 4 duvar.....	131
Şekil 4.171. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, tip 4 duvar.....	131
Şekil 4.172. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, tip 4 duvar.....	132
Şekil 4.174. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar	141
Şekil 4.175. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar	141
Şekil 4.176. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar	142
Şekil 4.177. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar	142

Şekil 4.178. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 1 duvar	143
Şekil 4.179. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 1 duvar	143
Şekil 4.180. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	144
Şekil 4.181. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	145
Şekil 4.182. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	145
Şekil 4.183. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	146
Şekil 4.184. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	146
Şekil 4.185. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 2 duvar	147
Şekil 4.186. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	148
Şekil 4.187. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	148
Şekil 4.188. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	149

Şekil 4.189. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	149
Şekil 4.190. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	150
Şekil 4.191. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 3 duvar	150
Şekil 4.192. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	151
Şekil 4.193. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	152
Şekil 4.194. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=15$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	152
Şekil 4.195. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=5$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	153
Şekil 4.196. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=15$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	153
Şekil 4.197. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: $D=25$ cm, $L=25$ cm, $H=85$ cm, tip 4 duvar	154

SİMGELER ve KISALTMALAR

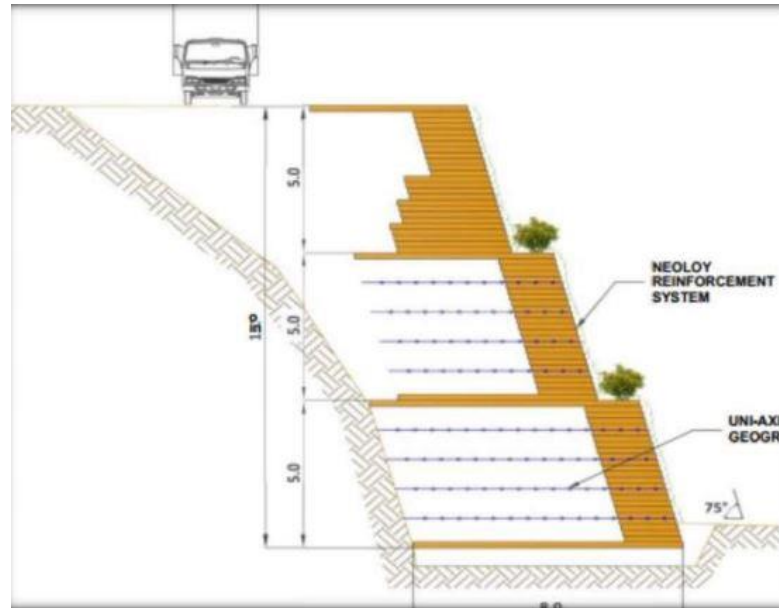
B	Nominal hücre uzunluk	(mm)
c	Kohezyon	(kPa)
Cc	Eğrilik katsayısı	(-)
Cu	Üniformluk katsayısı	(-)
D	Temel çapı	(cm)
E	Elastisite modülü	(kPa)
L	Duvarın temele olan uzaklığı	(cm)
V	Hacim	(m ³)
W	Nominal hücre genişlik	(mm)
Φ	İçsel sürtünme açısı	(derece)
$\gamma_{k_{max}}$	Maksimum birim hacim ağırlık	(t m ⁻³)
$\gamma_{k_{min}}$	Minimum birim hacim ağırlık	(t m ⁻³)
γ_s	Dane birim hacim ağırlık	()
Δl	Temelde meydana gelen düşey deplasman	(mm)
ΔX	Duvarda meydana gelen yatay deplasman	(mm)
σ_{temel}	Temelde meydana gelen gerilme	(mm)

1. GİRİŞ

Geosentetikler geçmiş yıllarda literatürde zemin ile birlikte sıkça kullanılmış ve zemin ile etkileşimi incelenmiştir. Özellikle de geogrid ve geotekstil üzerinde birçok deneysel ve nümerik çalışma gerçekleştirilmiştir. Son olarak yakın geçmişte geocell malzemesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Zemin iyileştirilmesinde kullanımı gün geçtikçe artan geocell malzemesinin inşaat mühendisliğinde temel altındaki zeminde statik ve tekrarlı yükler altında, esnek yol kaplamalarında temel ve alt temel zemininde ve şevlerin stabilitesinde gözle görülür bir pozitif etki gösterdiği görülmüştür.

Şevlerin stabilitesi ve dayanma duvarları için geocell kullanımı bazı nedenlerden dolayı çok fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Geocell malzemesinin ekonomik olması bunun en büyük sebeplerinden biri olarak gösterilebilir. Ayrıca zemin ile etkileşimi ve kolay kurulumu da diğer dayanma yapılarına karşı geocell ile oluşturulan duvarları bir adım öne çıkarmaktadır. Tüm bunların yanında geocell duvarların çevresinin yeşillendirilebilmesi ve bu yüzden duvar imalatından sonra duvarın olduğu bölgenin dış görünüşünün göze hoş gelmesi bu yapıları çok cazip kılmaktadır.

Örneğin, Şekil 1.1.'de 2009 yılında bir firma tarafından İstanbul'da inşa edilen 15 metre yüksekliğinde kademeli geocell dayanma duvarının planı görülmektedir.



Şekil 1.1. Geocell duvarın plan görünümü (PRS Geo-Technologies 2009)

Beş metre yüksekliğinde üç kademe oluşturulan duvarın yapımı sırasında farklı zamanlarda ki görüntüsü Şekil 1.2. ve Şekil 1.3.'te gösterilmiştir. Şekil 1.2.'de 2. Kademe Şekil 1.3'te ise duvarın son kademesi inşa edilirken görüntüsü verilmiştir. Yaklaşık beş katlı bir bina yüksekliğinde inşa edilen bu dayanma duvarı on yıl önce yapımı tamamlanmıştır ve hali hazırda hemen üzerinde şev tepesine yakın bir konumda bir yol geçmektedir. Yolun hemen arkasında ise otopark mevcuttur.



Şekil 1.2. Geocell dayanma duvarının 2. kademesi inşa edilirken görüntüsü (PRS Geotechnologies 2009)



Şekil 1.3. Geocell dayanma duvarının 3. kademesi inşa edilirken görüntüsü (PRS Geotechnologies 2009)

Geocell malzemesi kullanılarak imal edilen duvarların tasarımı için yol gösterici bir standart ya da kaynak net bir şekilde henüz ortaya koyulabilmiş değildir. Hem zeminin davranışının zemin çeşidine göre farklılık göstermesi ve malzeme olarak düşünüldüğünde karmaşık bir davranışa sahip olması, hem de imal edilecek olan duvarın geometrisinin araziye göre değişmesi, bu duvarların imalatı öncesi tasarım parametrelerinin tahminini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu açıdan bakıldığında bu malzemenin zemin ile birlikte kullanımıyla farklı geometrilerde imal edilen duvarlar üzerinde çok fazla deneysel veriye ihtiyaç olduğu ortadadır.

Bu çalışmada farklı geometrilerde imal edilen duvarlar arkasında bulunan kum zemin üzerine oturan dairesel temellerin monotonik yüklenmesi ile duvar üzerindeki ötelenmeler deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel bulgular nümerik analizler ve istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnşaat mühendisliğinde yapı malzemeleri, gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar doğrultusunda, her geçen gün farklılaşmakta ve sayıca artmaktadır. Yalıtım, drenaj, stabilite gibi problemleri ekonomik bir şekilde çözebilmek için kullanılan bu malzemelerin başında geosentetikler gelmektedir. Özellikle de Geoteknik mühendisliğinde son yıllarda oldukça popüler olan geosentetikler birçok çalışmada araştırılarak literatürde yerini almıştır (Huang J. ve Han J. 2009, Bhandari A. ve Han J. 2010, Han J. ve Leshchinsky D., 2010, Pokharel S. K. vd. 2010, Dong Y. L., vd. 2011, Yang X. vd. 2012, Thakur J. K. vd. 2012, Guo J. vd. 2015, Sun X. vd. 2015, Wang F. vd. 2017, Gu M. vd. 2017, Satyal S. R. vd. 2018, Kadhim S. T. vd. 2018, Liu Y. vd. 2018, Çanakcı H. vd. 2019).

Üst yapılar için çok büyük önem arz eden temel sistemlerinin yüksek maliyeti nedeniyle zemin iyileştirme yöntemleri son yıllarda giderek daha önemli hale gelmiştir. Zemini iyileştirme yöntemlerinden biri, zeminin mühendislik özelliklerini geocell kullanımıyla güçlendirmektir. Geocell ile güçlendirilmiş zemin iyileştirme yöntemi, çeşitli geoteknik tasarımlarda kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları güçlendirilmiş şevler, toprakarme duvarlar, yol uygulamalarında tasarlanan temel ve alt temeller ve dolgulardır. Bu geoteknik uygulamalarda geosentetik ve topraktan oluşan kompozit sistemlerin ara-yüzey sürtünme özellikleri tasarım için büyük önem arz etmekte olan parametrelerdir. Geçmiş çalışmalarda literatürde bazı araştırmacılar zemin-geosentetik ara-yüzey etkileşim özelliklerini incelenmişlerdir (Silvano ve Lopes 2005; Brown ve diğ. 2007; Oh and Shin ve diğ. 2007; Liu ve diğ. 2009; Anubhav ve Basudhar 2010; Khoury ve diğ. 2011; Vieira ve diğ. 2013; Cuelho ve diğ. 2014; Ferreira ve diğ. 2015; Hatami ve Esmaili 2015; Góngora ve Palmeira 2016; Kayadelen ve diğ. 2018; Takegawa ve diğ. 2019; Altay ve diğ. 2019).

Geocell-zemin kompozit malzemesinin kayma mukavemetini belirlemek için üç eksenli deneylerin kullanıldığı birçok makale yayınlanmıştır (Bathurst ve Karpurapu, 1993; Rajagopal ve diğ. 1999; Krishnaswamy ve diğ. 2000; Dash ve diğ. 2001; Dash ve diğ. 2003; Dash ve diğ. 2007; Shen 2005; Zhou ve Wen 2008; Chen ve diğ. 2013;

Wang ve diğ. 2008; Manju ve Madhavi Latha 2013; Leshchinsky ve Ling 2013). Bu çalışmalar sonucunda zemin-geocell kompozit malzemesinde geocell kullanımının kayma mukavemetini belirgin bir şekilde arttırdığı görülmüştür. Buna ek olarak, pek çok araştırma, geocell malzemesi ile güçlendirilmiş zeminde temellerin taşıma kapasitesini araştırmıştır (Cowland and Wong. 1993; Yang and Yu 2004; Xie ve diğ. 2004; Latha ve diğ. 2006; Latha ve Murthy 2007; Dash ve diğ. 2007; Sitharam ve diğ. 2007; Wang ve diğ. 2008; Moghaddas Tafreshi ve Dawson 2010; Yang ve diğ. 2012; Tavakoli Mehrjardi ve diğ. 2012; Tanyu ve diğ. 2013; Dash ve Chandra 2013; Chen ve diğ. 2013; Huang 2014; Song ve diğ. 2014; Han ve Thakur 2014; Moghaddas Tafreshi ve diğ. 2015; Avesani Neto ve diğ. 2015; Aboobacker ve diğ. 2015; Biabani ve diğ. 2016; Kumar ve Saride 2016; Sireesh ve diğ. 2016; Hegde ve diğ. 2016; Thakur ve diğ. 2016; Mehrjardi ve diğ. 2019). Bu çalışmaların sonucunda geocell ile güçlendirilmiş zeminde, sıg temellerin taşıma kapasitesi incelemelerinde geocell kullanımıyla zeminin taşıma gücünün arttığı ortaya çıkmıştır.

Wang ve diğ. (2008), geocell malzemesinin zeminin geoteknik parametreleri üzerindeki uyum ve içsel sürtünme açısı gibi etkilerini anlamak için kapsamlı deneyler yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kohezyonda 2,24 kat artış olduğu ve içsel sürtünme açısında önemli bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Diğer araştırmacı, Chen ve diğ. (2013) farklı türdeki geocell malzemelerinin zemin mukavemetine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada dairesel, dikdörtgen ve altıgen şeklinde geocell malzemesi kullanılmıştır. Sonuç olarak, bütün geocell geometrilerinde, sadece zemin kullanılan duruma göre, dayanımın belirgin bir şekilde arttığını göstermişlerdir. Ayrıca, en yüksek dayanımın dairesel geocell malzemelerinden elde edildiği vurgulanmaktadır.

Zhang ve diğ. (2006) geocell malzemesi ve kumlu zemin arasındaki etkileşimi belirlemek için bir dizi deney yapmıştır. Deneylerde çalışılan zeminin geocell malzemesi ile kullanımı sonucunda içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Geocell malzemesi ile güçlendirilmiş kumlu zeminlerde içsel sürtünme açısının ve kohezyonun arttığı belirlenmiştir.

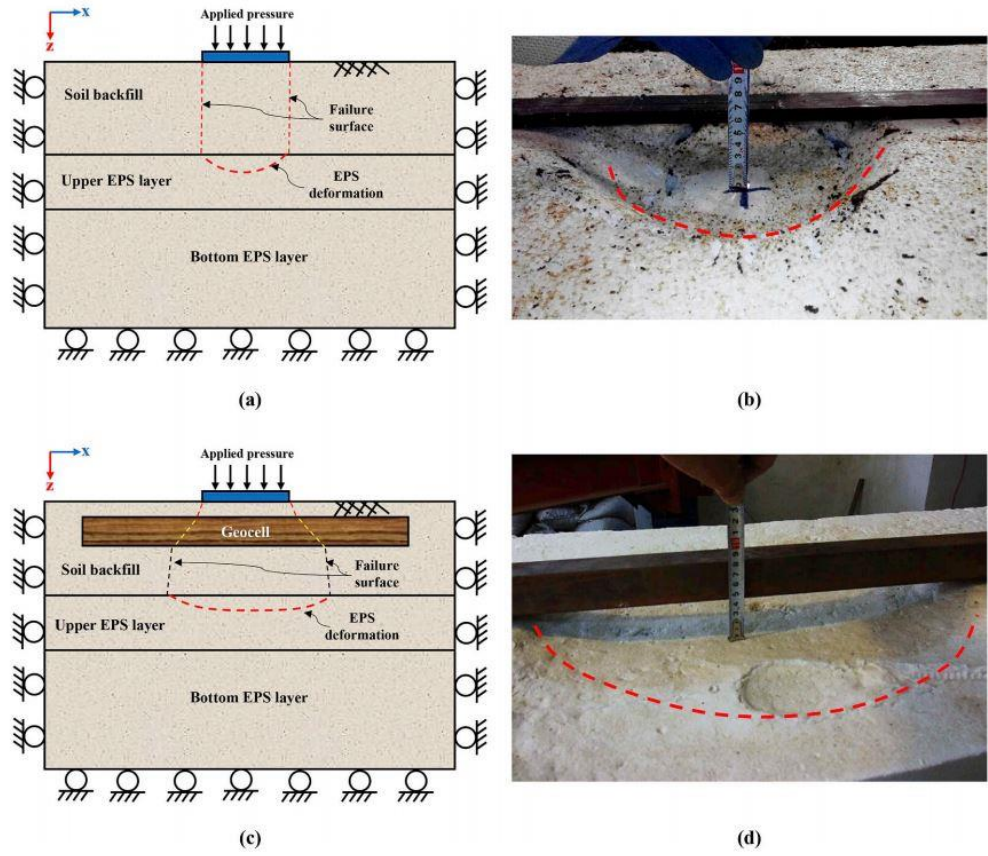
Manju ve Madhavi Latha (2013), kumlu zeminlerin geocell malzemesi ile ara-yüzey dayanım parametrelerini incelemek için birtakım deneyler yapmışlardır. Deneylerde iki farklı çekme dayanımına sahip olan geocell malzemesi kullanılmıştır. Geocell malzemesi kullanılması sonucu kumlu zeminin kohezyonunda bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, kumlu zeminin içsel sürtünme açılarında düşük mertebelerde de olsa bir artış görüldüğünü belirtmişlerdir.

Geocell malzemesinin kullanımının granüler zeminlerin ara-yüzey etkileşim özellikleri üzerindeki etkisi Mehrjardi ve Motarjemi (2018) tarafından araştırılmıştır. Farklı dane çapı büyüklüklerine (3, 6 ve 12 mm) sahip kötü derecelenmiş zemin, farklı normal gerilmeler (100, 200 ve 300 kPa) altında, farklı sıklıklarda (%50 ve %70) kayma düzleminde içsel sürtünme açısı ve kohezyon dahil kayma mukavemeti özelliklerini incelemiş ve değerlendirmişlerdir. Orta büyüklükteki dane miktarı ve zeminin rölatif sıklığının artırılmasıyla geocell-zemin ara yüzeyindeki kayma dayanımının artırıldığı görülmüştür.

Burada verilen tüm çalışmalar göz önüne alındığında, zeminin geocell malzemesi ile güçlendirilmesi sırasında sürtünme özelliklerinin nasıl değiştiğine odaklandığı görülmektedir. Bu amaçla, farklı tip geocell malzemeleri ile farklı tip zeminler üzerinde deneyler yapılmıştır. Benzer deney yöntemlerinde farklı boyutlarda yapılan deney sonuçları birbiri ile uyumlu çıkmış ve sonuç olarak hepsinde geocell malzemesinin zemin üzerinde pozitif etkisinden bahsedilmiştir.

Siabil S.M.A.G vd. (2019) esnek yol kaplamaları altında kullanılan temel ve alt temel zemini üzerinde büyük ölçekli tekrarlı yükleme deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Geocell malzemesinin zemin ile birlikte kullanımı durumunda zemindeki iyileşmeyi gözlemlemişlerdir. Geocell malzemesinin sağladığı yanıl sınırlama sayesinde geocell malzemesinin olmadığı duruma göre tekerlik izin derinliğinde kayda değer bir azalma görüldüğünü belirtmişlerdir (Şekil 2.1.). Tekrarlı yüklemelerin artmasıyla geocell malzemesinden kaynaklanan iyileşmenin daha net görüldüğünü belirtmişlerdir.

Araştırmacılar ayrıca ABAQUS programı ile deneyleri doğrularak parametrik çalışma yapmışlardır.

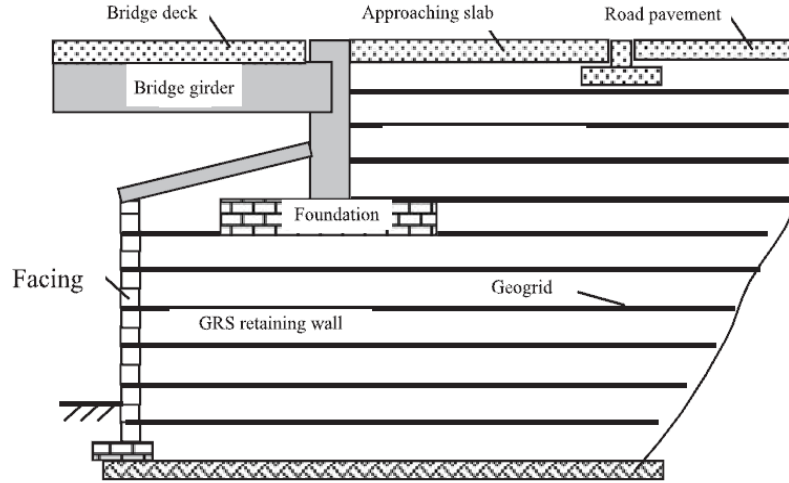


Şekil 2.1. Geocell malzemesinin kullanımının zemin üzerindeki etkisinin gösterimi
(Siabil S.M.A.G vd. 2019)

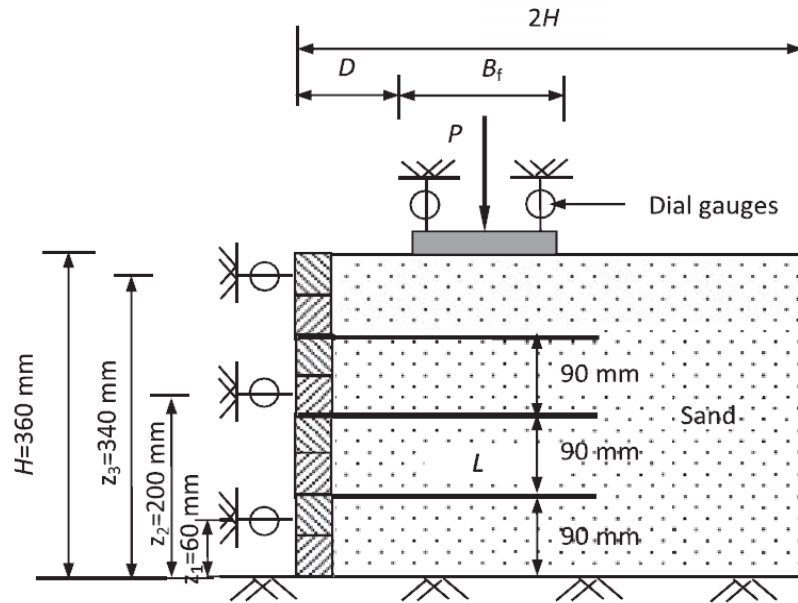
Araştırmacılar geogrid ve geotekstil gibi geosentetikleri irdeleyerek bu iki malzemenin zemin ile etkileşimini detaylı bir şekilde incelemişlerdir. Fakat literatürde geocell ile ilgili araştırmalarda deneysel çalışma bu iki malzemeye göre oldukça az sayıdadır. Özellikle de şevlerin stabilitesi problemlerini gidermek için uygun bir yapıya sahip olan geocell malzemelerinin tasarım parametrelerine ulaşabilmek için deneysel veriye ihtiyaç olduğu açıkça ortadadır.

Xiao C. vd. (2015) köprü ayağının yerleştirilmiş olduğu zeminde geosentetik kullanarak taşıma gücü ve oturma parametrelerini incelemiştir. Yine aynı çalışmada nümerik model kurularak şevin yüksekliği, temelin genişliği gibi değişkenler değiştirilerek parametrik çalışılmıştır. Sonuç olarak geosentetikle donatılmış olan zeminin donatısız duruma göre gerek oturma gerekse taşıma kapasitesi açısından

çok daha iyi durumda olduğu görülmüştür. Şekil 2.2. ve Şekil 2.3.'te Xiao ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada köprü ayağının oturduğu zemin ve model deneyler için kurulan sistem görülmektedir.

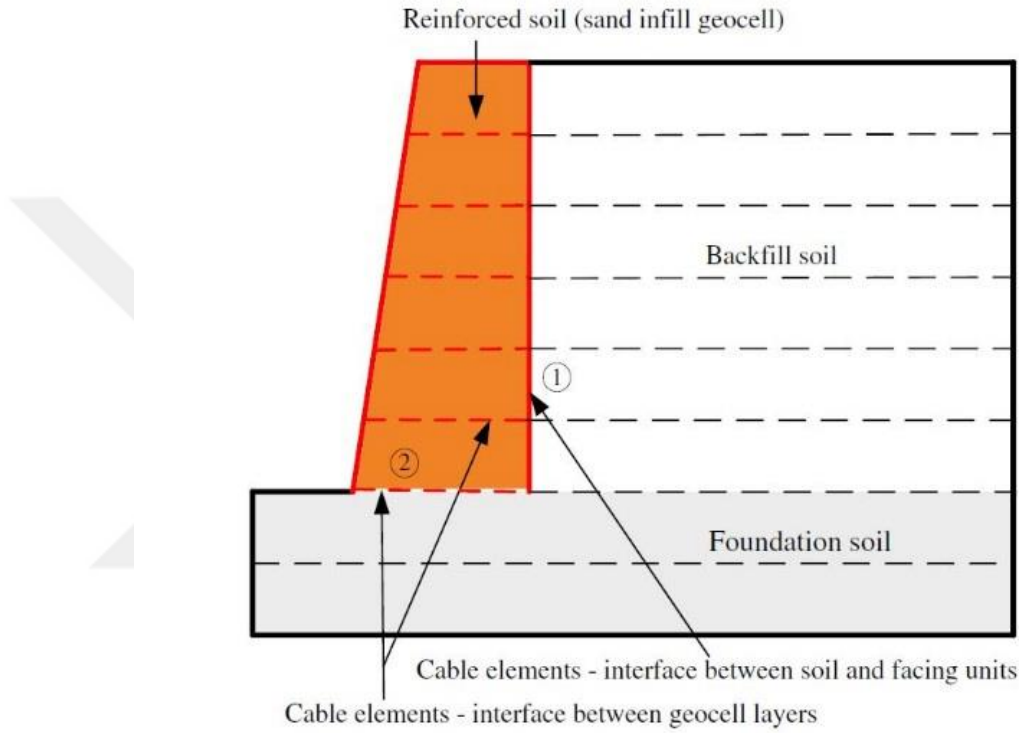


Şekil 2.2. Köprü Ayağının Bulunduğu Geosentetik Donatılı Zemin (Xiao C. vd. 2015)



Şekil 2.3. Model Deneyler İçin Kurulan Sistem (Xiao C. vd. 2015)

Chen vd. (2013) yaptıkları çalışmada geosentetikle güçlendirilmiş dayanma yapıları üzerinde nümerik model kurarak birtakım analizler yapmışlardır (Şekil 2.4.). Analizlerde zeminin yenilme mekanizması, yanal deplasman ve oturma davranışını incelemişlerdir. Sonuç olarak geosentetikle donatılmış zeminde, zemine uygulanan düşey yük arttıkça, donatısız zemine göre yenilmenin daha yüksek yük mertebelerinde olduğu görülmüştür.

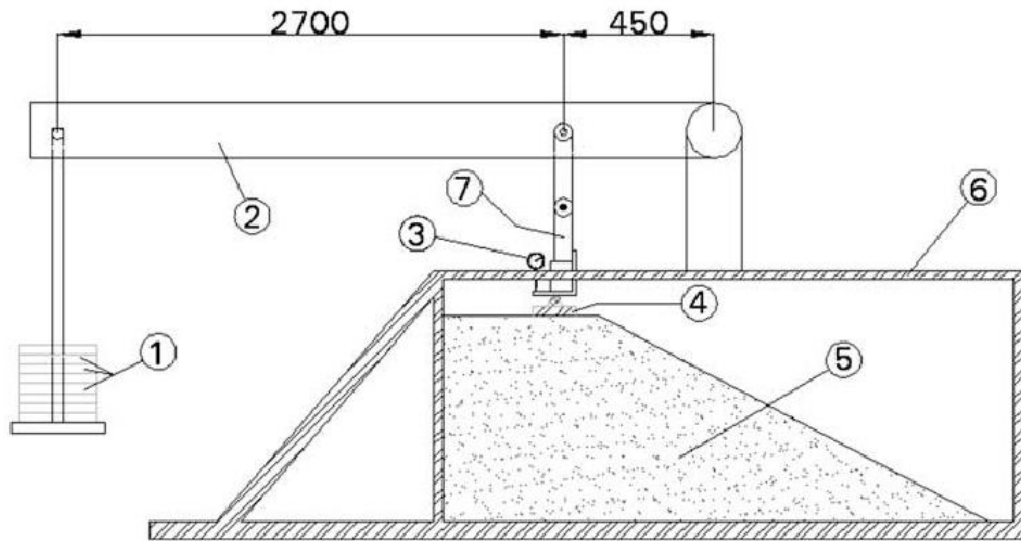


Şekil 2.4. Deneysel yapıyı doğrulamak için kurulan nümerik model (Chen vd. 2013)

S. N. Tafreshi M. vd. (2015) statik yükler altında geocell ile güçlendirilmiş kohezyonsuz zeminlerin oturma davranışlarını incelemek için bir metod geliştirmişlerdir. Mevcut metodu önceki çalışmalarla karşılaştırmış ve tutarlı sonuçlar elde etmişlerdir. Sonuç olarak donatılı zeminde, donatısız duruma göre oturma miktarının daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Bilgin Ö. 2009 yılında geogridle güçlendirilmiş zemin dayanma yapılarının yenilme mekanizmasını incelemek için yaptığı teorik çalışmada, güçlendirme için kullanılacak olan gerekli en kısa geogrid uzunluğunun belirlenmesinde en önemli etkiye sahip parametrenin zeminin içsel sürtünme açısı olduğunu belirtmiştir. Oliaei M. ve Kouzegaran S. 2016 yılında yaptıkları çalışmada

temel tasarımında geosentetik kullanımının verimliliğini incelemişlerdir ve geocellerin taşıma kapasitesini arttırmada ve oturmaları azaltmada düzlemsel geosentetiklere (geogrid, geotekstil vb.) göre daha verimli olduğunu belirtmişlerdir.

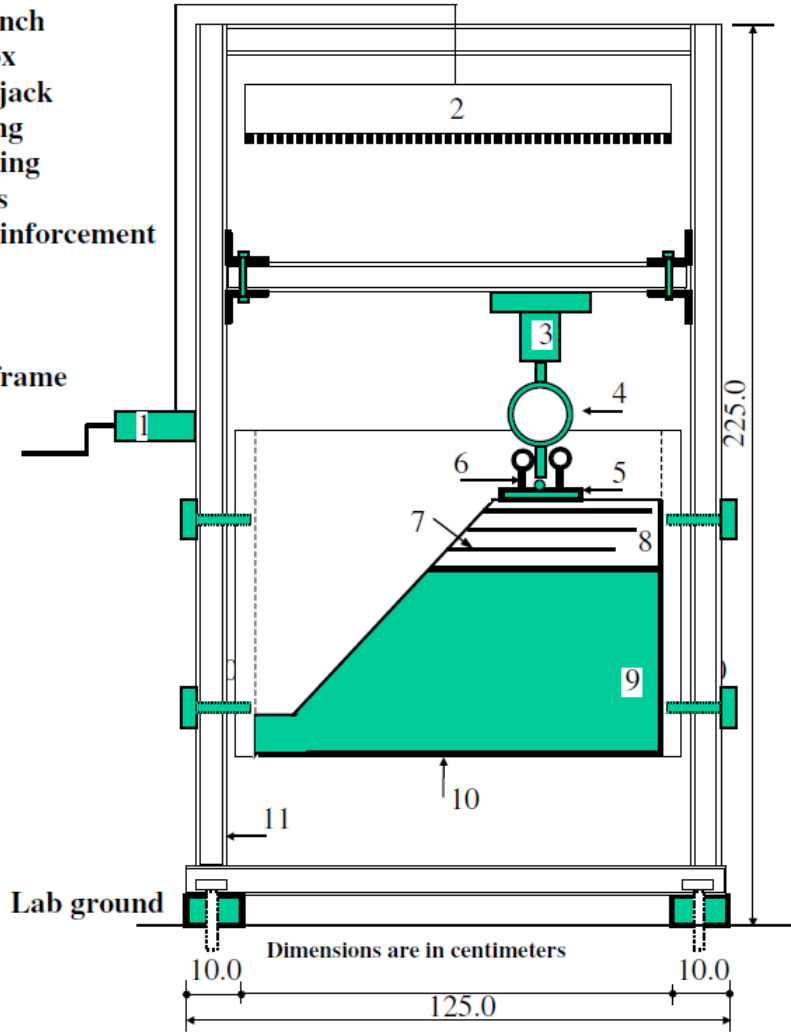
Alamshahi S. ve Hataf N. (2009) ve El Sawwaf M. A. (2007) yaptıkları çalışmada şev üzerine yerleştirilen sürekli temel üzerinde birtakım deneyler yapmışlardır. Yapılan deneylerde zemini güçlendirmek için donatı olarak farklı tiplerde geogridler kullanılmıştır. Geogrid sayısı, geogridler arasındaki düşey yönde mesafe ve yerleştirilen ilk geogridin en üst tabakaya olan mesafesi gibi parametreler taşıma gücü açısından incelenmiştir. Kullanılan geogridlerin taşıma gücüne önemli ölçüde olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca deneysel çalışma Plaxis programı ile modellenip nümerik analizler yapılmıştır. Deneysel ve nümerik analiz sonuçlarının oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacıların deney düzenekleri ayrıntılı bir biçimde Şekil 2.5. ve Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.



1- Weights, 2- Lever Arm, 3- Displacement Gauge, 4- Steel Footing, 5- Sand Slope, 6- Steel Box, 7- Loading Ram

Şekil 2.5. Alamshahi S. ve Hataf N isimli araştırmacıların deneysel çalışmalarında kullanmış oldukları sistem (Alamshahi S. ve Hataf N. 2009)

- 1-Manual winch
- 2-Raining box
- 3-Hydraulic jack
- 4-Proving ring
- 5-Model footing
- 6-Dial gauges
- 7-Geogrid reinforcement
- 8-Sand
- 9-Soft clay
- 10-Test tank
- 11-Loading frame

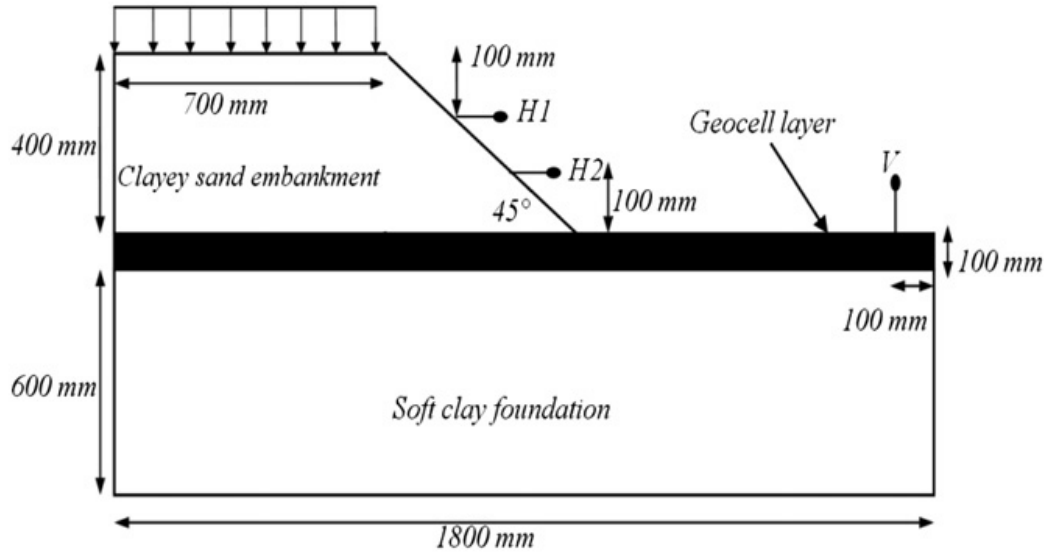


Şekil 2.6. El Sawwaf M. A. isimli araştırmacının deneysel çalışmasında kullanmış olduğu sistem (El Sawwaf M. A. 2007)

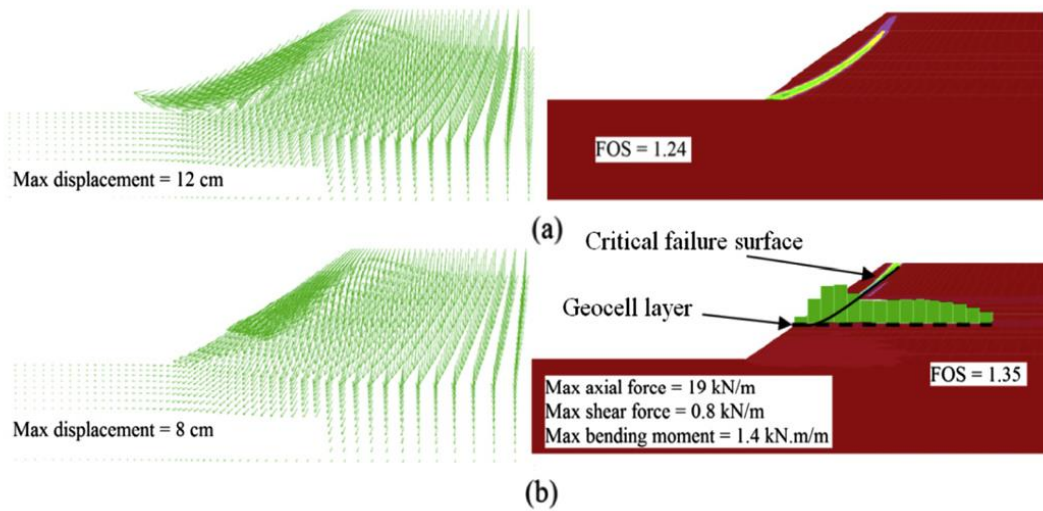
Mohamed M.H.A. (2010) 50 cm X 50 cm X 20 cm boyutlarına sahip deney kasası üzerinde donatılı ve donatısız kum zemin üzerinde oturan temellerde yapmış olduğu 42 deney ile taşıma kapasitesi üzerinde çalışmıştır. Kum zeminin altında zayıf zemin bölgesi olup olmaması durumuna da bakan araştırmacı, zayıf zemin bölgesinin boyutları ve kum zeminde donatı bulunup bulunmaması durumlarını incelemiştir. Sonuç olarak araştırmacı zayıf zemin bölgesinin var olduğu durumda taşıma kapasitesinde kayda değer bir azalma olduğunu belirtmiştir.

Mehdipour I. vd. (2013) yılında geocell ile güçlendirilmiş zemin üzerinde yaptıkları nümerik çalışmada, geocell malzemesinin eğilme etkisini incelemek için birtakım

analizler yapmışlardır. Analizler için FLAC 2D programı ile kurulan modelde yumuşak kil üzerine geocell yerleştirilmiş ve geocell tabakasının üzerinde de killi kum ile şev oluşturulmuştur (Şekil 2.7.). Analiz sonuçlarına göre geocell ile güçlendirme yapılan şevde güvenlik sayısının daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca güçlendirilmiş şevde meydana gelen maksimum deformasyonların azaldığı da net bir şekilde görülmüştür (Şekil 2.8.).



Şekil 2.7. Analizler için kullanılan FLAC 2D programında kurulan model (Mehdipour I. vd. 2013)



Şekil 2.8. Donatılı ve donatısız şevde kayma düzlemleri (Mehdipour I. vd. 2013)

Bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmada geocell kullanılarak belirli açılarda ve geometrilerde oluşturulan dayanma duvarları incelenmiştir. Geocell duvarın performansı, duvarın arkasındaki geri dolgu olarak kullanılan kum zemin üzerine oturan dairesel temelin belirli uzaklıklarda konumlandırılarak yüklenmesi sonucu gözlenmiştir. Temelin yüklenmesi ile duvar üzerindeki ötelenmeler tespit edilerek yorumlanmıştır. Deneysel sonuçlar nümerik ve istatistiksel yöntemlerle doğrulanmış ve kıyaslanmıştır.



3. MALZEME ve YÖNTEM

Geocell ile oluşturulan dayanma duvarlarının (GRW, Geocell Retaining Wall) deneysel olarak incelenmesi için kullanılan deney kasası Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Deney kasası boyutları 110*110*150 cm'dir. Yatayda 150 cm uzunluğundaki deney kasasının bir yüzüne 5+5 mm 'lik kalınlıkta lamina cam yerleştirilmiştir. Deney kasası her deney için yaklaşık 300 kg agrega ve 2 ton kum ile doldurulduğundan kasanın herhangi bir noktasında deformasyon olmaması için en alt, en üst ve orta noktadan kuşaklar atılmıştır. Kasa doldurulduktan sonra ve kum zemin üzerine oturan temelin yüklenmesi sırasında kasanın dış duvarları kontrol edilmiş ve herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. Ayrıca kasanın alt kısmına kirişler atılarak kasanın alt kısmında yükün kirişler üzerinde dağılması sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Deney kasası

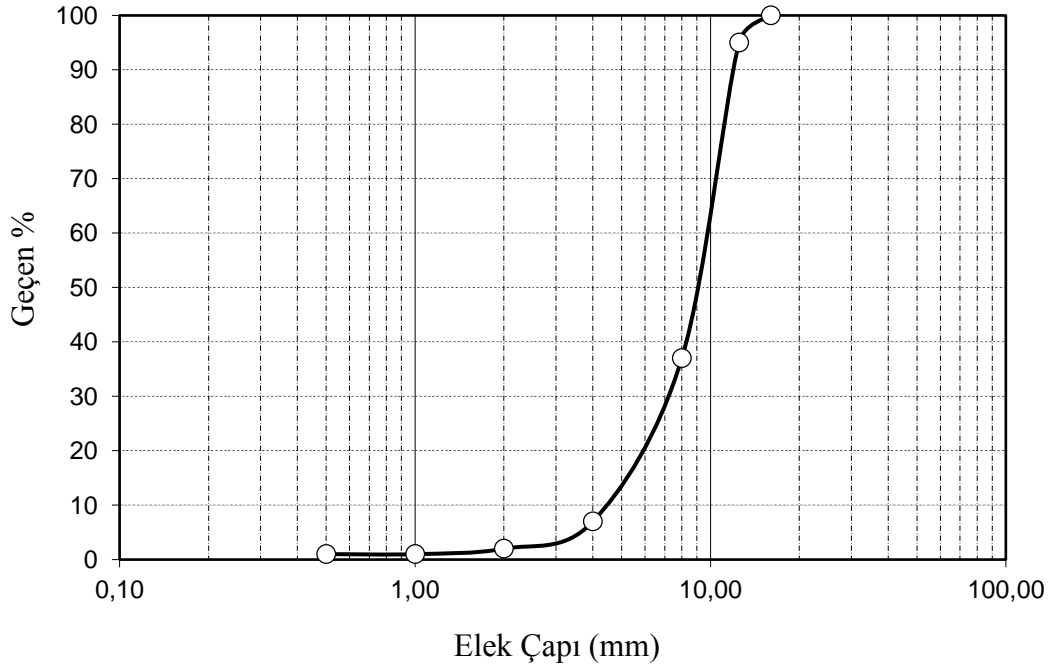
Deneyleerde kullanılan agrega malzemesi yıkanmış ve 24 saat etüvde bırakılmıştır (Şekil 3.2.). Daha sonra geocell malzemesi agrega ile doldurularak deneyler için gerekli duvarlar imal edilmiştir. Agrega malzemesinin dane çapı dağılım eğrisi Şekil 3.3.'te malzeme özellikleri ise Tablo 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Duvar imalatı için kullanılan agrega malzemesi

Tablo 3.1. Agrega malzemesinin özellikleri

Özellik	Değer
Metilen mavisi, (ml/g)	0.45
Yassılık indeksi, (%)	9.00
Su emme, (%)	0.70
Los angeles, (%)	21
Özgül ağırlık	2.77



Şekil 3.3. Agrega malzemesinin dane çapı dağılım eğrisi

Deneylerde kullanılması için gerekli olan iki ton kum zeminin elde edilmesinde yaklaşık dokuz ton kum elenmiştir. Eleme öncesi kum zemin güneşte bırakılarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4.).

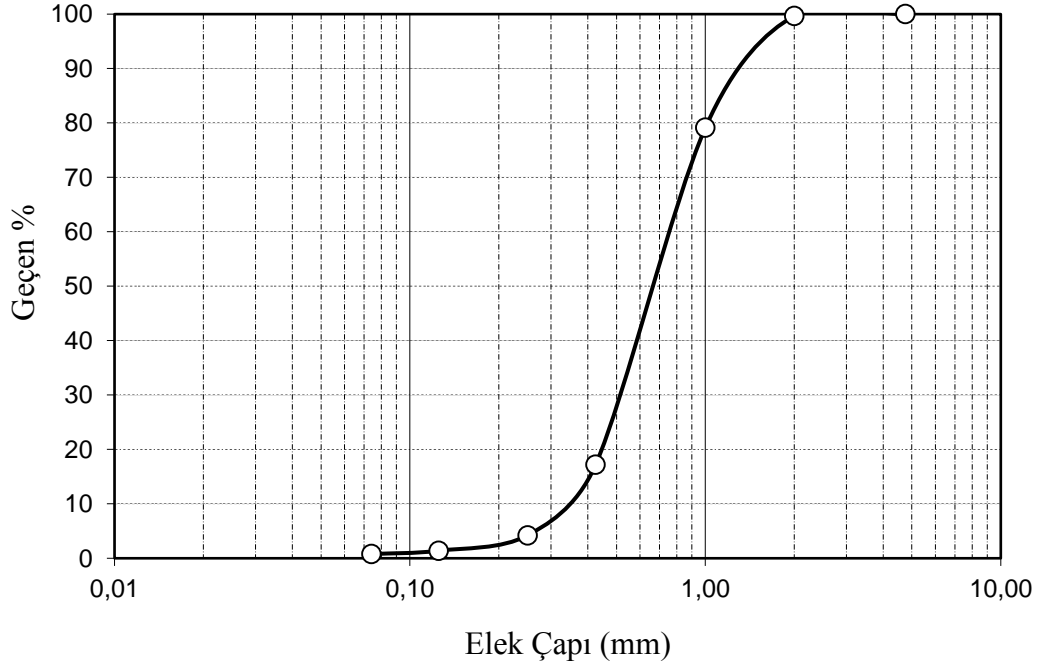


Şekil 3.4. Kum zemini kurutma işlemi

Klasik zemin elekleri ile eleme işlemi çok uzun süreceği için Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Laboratuvarında imal edilen (Şekil 3.5.) eleme makinesi ile bu işlem pratik bir şekilde kolayca yapılmıştır. Böylece eleme işlemi üç gün gibi kısa bir süre içerisinde tamamlanmıştır. Eleme işlemi sonrası kum zeminin dane dağılım eğrisi Şekil 3.6.'da gösterilmiştir. Kum zeminin sınıfı TS 1500 ve USCS'ye (Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi) göre kötü derecelenmiş kum zemin (SP) olarak tespit edilmiştir ve kum zemine ait özellikler Tablo 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Kum eleme makinesi



Şekil 3.6. Kum zeminin dane çapı dağılım eğrisi

Tablo 3.2. Kum zeminin özellikleri

Özellik	Değer
D ₁₀ (mm)	0.38
D ₃₀ (mm)	0.50
D ₆₀ (mm)	0.70
Üniformluk katsayısı, C _u	1.84
Eğrilik katsayısı, C _c	0.94
Dane birim hacim ağırlık	2.74
Maksimum kuru birim ağırlık (kN/m ³)	16.97
Minimum kuru birim ağırlık (kN/m ³)	14.12
İçsel sürtünme açısı (derece)	42
Kohezyon, c (kPa)	0.00

Bütün deneylerde aynı sıklığı elde etmek için yağmurlama sistemi kullanılmıştır. Şekil 3.8.'de yağmurlama sistemi için tasarlanan makine görülmektedir. Tasarlanan makine bir tarafından üstüne monte edilen kol yardımıyla aşağı ve yukarı hareket edebilmektedir. Böylece kum her seferinde belirli yükseklikten kasaya düşürülebilmektedir. Makine yatay yönde küçük tekerlekler yardımıyla hareket edebilecek şekilde yükleme sistemine monte edilmiştir. Deneylerde kum zemin her

seferinde 100 cm yükseklikten düşürülerek %52 sıklık elde edilmiştir ve bu sıklıkta kesme kutusu deneyleri yapılarak kumun içsel sürtünme açısı 42° olarak tespit edilmiştir.

Nümerik analizlerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan kumun elastisite modülü üç eksenli basınç deneyi (UU) yapılarak $1 \cdot 10^4$ kPa olarak bulunmuştur. Şekil 3.7.'da üç eksenli basınç deneyi öncesi ve sonra kum zemin gösterilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.7. Kum zemin üzerinde yapılan üç eksenli basınç (UU) deneyi

Deneylerde kullanılan agrega malzemesi üzerinde kesme kutusu deneyi yapılarak elastisite modülü $3 \cdot 10^5$ kPa ve içsel sürtünme açısı 45° olarak bulunmuştur. PLAXİS programında bu değerler girdi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Kum yağmurlama sistemi

Şekil 3.9.'da kum zemin üzerine oturtulacak olan dairesel temelin y¼klenmesi i¼in kullanılan ¼elik ¼er¼eve sistemi ve blower ile birlikte kullanılan kum tankı g¼r¼lmektedir. Kum tankı 5 m y¼kseklikte bulunmaktadır. Deney başlangıcında valf yardımıyla kum yağmurlama sistemi ile kasaya aktarılmaktadır. Deney bitiminde ise blower yardımı ile kum tekrar 5 metre y¼ksekliđe yani kum tankına ¼ekilmektedir.



Şekil 3.9. Kum tankı ve yükleme sistemi

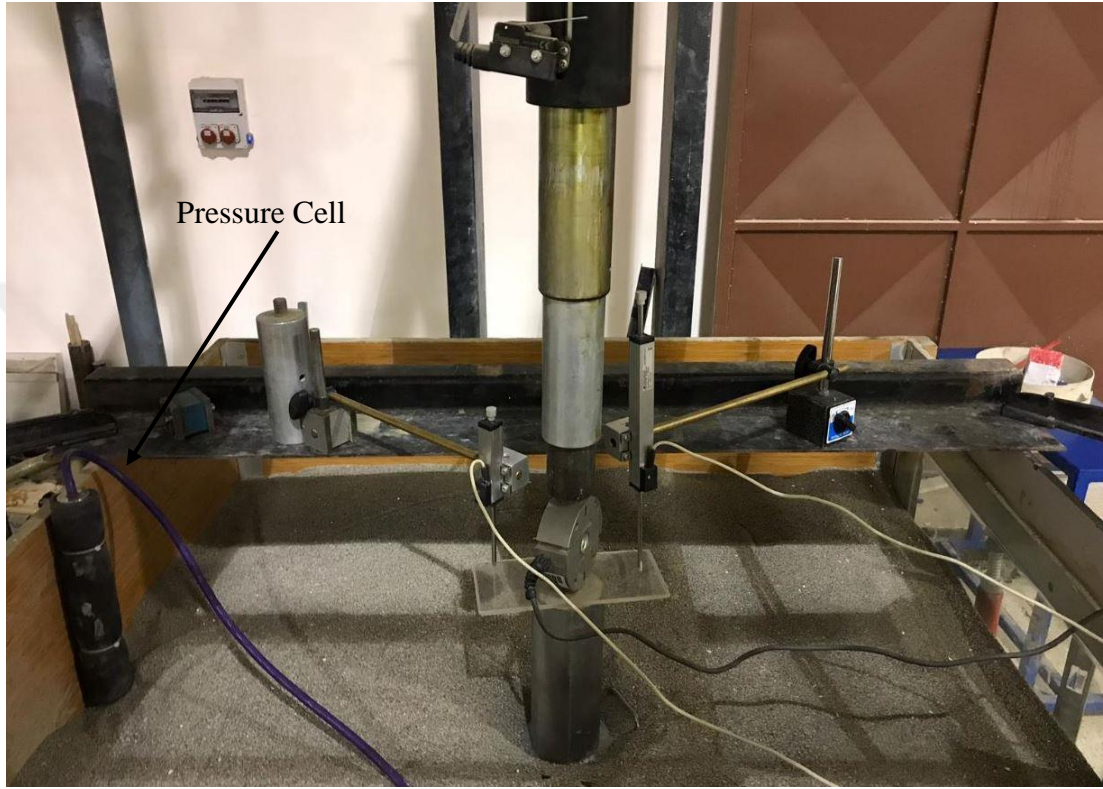
Şekil 3.10.'da 25 cm çapında dairesel temelin duvara 25 cm uzaklıkta konumlandırılmasıyla yapılan deneye ait fotoğraflar görülmektedir. Oluşturulan duvar ve daha sonrasında arkasına yağmurlama sistemi ile aktarılan kum, duvara 25 cm uzaklıkta konumlandırılan temel ve deplasman ölçerlerle birlikte gösterilmiştir.

Deplasman ölçerler yerden yükseklikleri 5 cm, 45 cm ve 85 cm olmak üzere duvarın yatay ötelenmesini ölçmek amacıyla yerleştirilmiştir. Ayrıca iki adet deplasman ölçer de bir adet yük ölçerle birlikte temele yerleştirilerek kum zeminin yük-deplasman eğrileri elde edilmiştir.



Şekil 3.10. D=25 cm, L=25 cm olan deney için hazırlanan duvar

Sınır etkisinin gözlenmesi için basınç ölçer deney kasesında dört bir kenara yerleştirilmiş ve yine data logger yardımı ile okumalar alınmıştır (Şekil 3.11.). Sonuçlar incelendiğinde herhangi bir sınır etkisinin olmadığı görülmüştür. Deneylerde dairesel temel hidrolik yükleme sistemi yardımıyla dakikada 2.38 mm düşey yönde hareket edecek şekilde monotonik olarak yüklenmiştir.



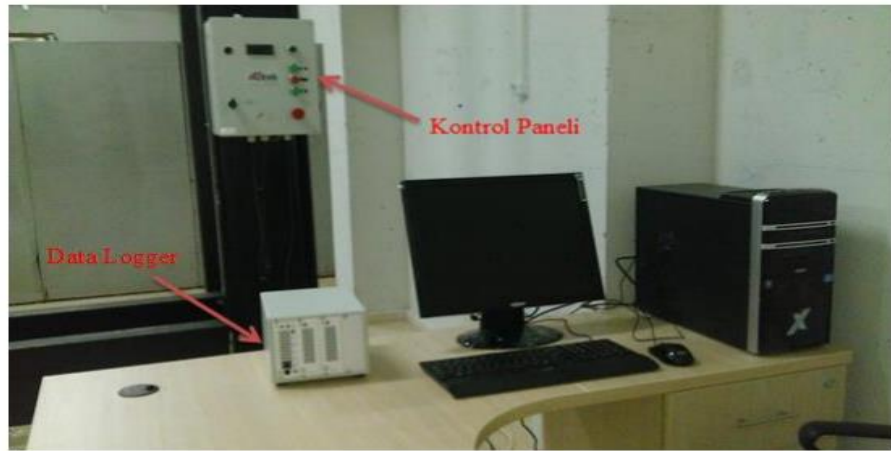
Şekil 3.11. Sınır etkileri gözlemek için kullanılan basınç ölçer

Duvar ile kasa arasında kalan boşluklar köpük ile doldurulmuştur. Böylece akıcı olan kuru kum zeminin duvarın önüne geçmesi önlenmiştir. Ayrıca kasa ile köpük arasında gres yağı sürülerek sürtünmeler minimize edilmeye çalışılmıştır. Şekil 3.12.'den de net bir şekilde görüldüğü gibi yükleme nedeniyle, deney sonrası, köpüklerin kolayca duvar ile birlikte ötelendiği görülmüştür. Şekil 3.12.'de köpüğün sola doğru ötelendiği cam üzerinde kalan gres yağının izinden anlaşılmaktadır.



Şekil 3.12. Duvar ile geocell arasına yerleştirilen köpük ve gress yağı

Şekil 3.13.'de kontrol paneli ve data logger cihazı gösterilmektedir. Kontrol paneli hidrolik yükleme sistemine bağlıdır. Dakikada 2.33 mm aşağı ya da yukarı yönde yükleme yapabilen sistem 15 ton kapasiteli çelik çerçeve sistemine monte edilmiş ve yatay yönde hareket edebilmektedir.



Şekil 3.13. Kontrol paneli ve data logger (Ok, B. 2014)

Tablo 3.3.'te geocell malzemesine ait özellikler verilmiştir. Deneylerde Geocel 33 olarak adlandırılan kaynak mesafesi 33 cm olan geocell tipi kullanılmıştır. Et kalınlığı 1.5 mm olan geocell malzemesinin çekme dayanımı 10 kN/m'dir. Geocell malzemesinin nominal hücre uzunluğu ve genişliği ise 21 cm ve 25 cm'dir (Şekil 3.14.).



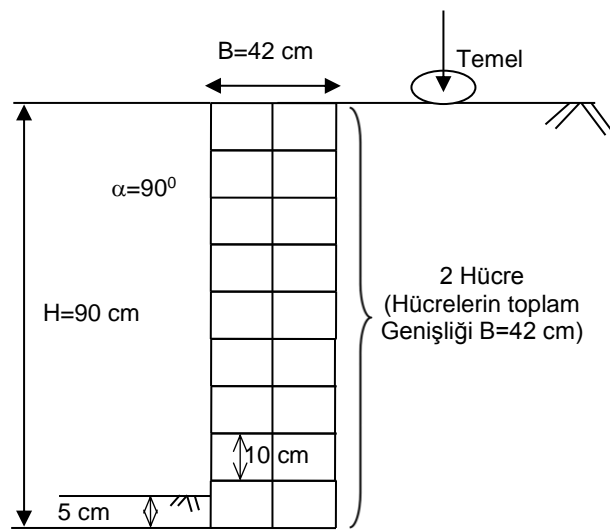
Şekil 3.14. Geocell malzemesinin nominal hücre uzunluğu ve genişliği

Tablo 3.3. Geocell malzemesinin özellikleri

Geocell Tipleri		Geocell 33	Geocell 40	Geocell 60
Özellik	Birim	Değer		
Kaynak mesafesi	cm	33	40	60
Nominal hücre uzunluk/genişlik (B/W)	mm	210*250	250*300	350*450
Hücre alanı	cm ²	275	382	846
Hücre yüksekliği	mm	50-100-150-200		
Polimer yoğunluğu	gr/cm ³	0.935-0.965		
Kalınlık	mm	1.5	1.5	1.5
Çekme dayanımı	kN/m	10	10	10

Deneyleerde imal edilen dayanma duvarları Şekil 3.15.-3.18.'de gösterilmiştir. Bütün deneyleerde hücre genişliği doğrultusunda 3 hücre olacak şekilde duvar oluşturulmuştur. Dolayısıyla bu doğrultuda duvar uzunluğu 75 cm olacak şekilde bütün deneyleer gerçekleştirilmiştir. Tip 1 ve Tip 2 duvarın ağırlıkları 268 kg iken tip 3 ve tip 4 duvar ağırlıkları 349 kg olarak bulunmuştur.

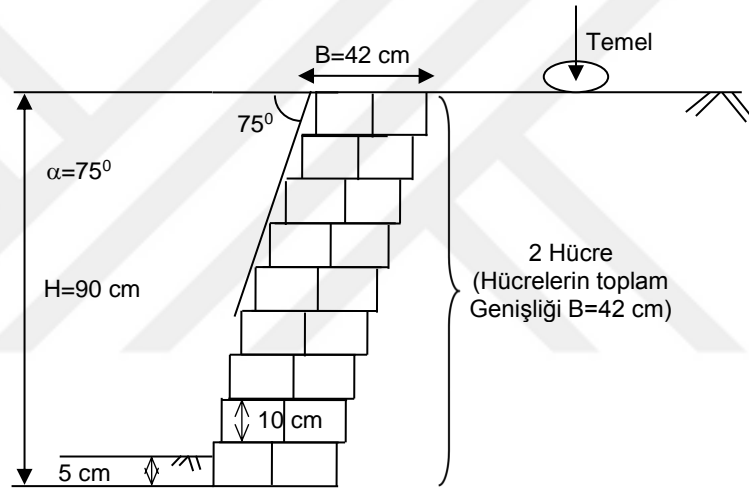
Şekil 3.15.'te iki sıra hücre olarak yerleştirilen geocell malzemeleri agrega ile doldurularak duvar oluşturulmuştur. Yatayla 90⁰ olarak oluşturulan duvar düşeyde üst üste dokuz sıra geocell olacak şekilde toplamda 90 cm yüksekliğinde duvar oluşturulmuştur. Tip 1 olarak isimlendirilen bu duvarda çapı D=15 cm ve D=25 cm olan temellerin her ikisi de duvara 3 farklı uzaklıkta (L=5 cm, L=15cm, L=25 cm) konumlandırılarak ilk 6 deney gerçekleştirilmiştir.



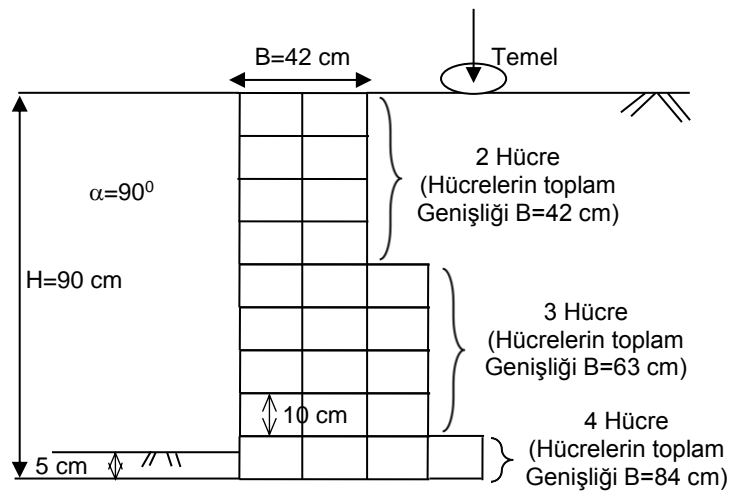
Şekil 3.15. Tip 1 duvar (Düz ve 90⁰)

Şekil 3.16.'da Tip 2 duvar gösterilmektedir. Tip 2 duvarın Tip 1 duvardan tek farkı duvarın yatayla yaptığı açıdır. Tip 1 duvar 90^0 olarak imal edilmişken Tip 2 duvar 75^0 olarak imal edilmiştir. Tıpkı Tip 1 duvarda olduğu gibi iki farklı çapa sahip temel üç farklı uzaklığa konularak aynı şartlar altında duvarın yatayla yaptığı açının duvardaki ötelenmelere etkisi incelenmiştir.

Tip 3 duvar ilk iki tip duvara göre farklı geometriye sahiptir. Yatayda yine 75 cm uzunlukta 3 hücre olan duvarda diğer doğrultuda, en altta 4 hücreli geocell, üstündeki 4 sıra boyunca 3 hücreli geocell ve üstündeki 4 sıra 2 hücreli geocell olmak üzere kademeli bir duvar oluşturulmuştur (Şekil 3.17.). Yatayla 90^0 oluşturulan duvarda yine 6 adet deney yapılarak duvar üzerindeki ötelenmeler incelenmiştir.

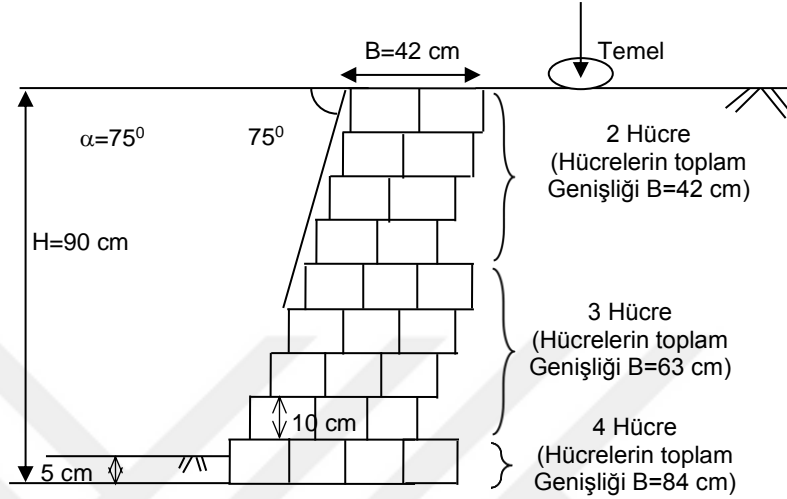


Şekil 3.16. Tip 2 duvar (Düz ve 75^0)



Şekil 3.17. Tip 3 duvar (Kademeli ve 90^0)

Tip 4 duvar Tip 3 duvar ile aynı geometriye sahip olup sadece yatayla yaptıkları açılar farklıdır (Şekil 3.18.). Tip 3 duvar yatayla 90^0 açı yapacak şekilde imal edilmişken Tip 4 duvar yatayla 75^0 açı yapacak şekilde imal edilmiştir. Aynı şartlar altında Tip 4 duvar üzerinde de 6 adet deney yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.18. Tip 4 duvar (Kademeli ve 75^0)

Yapılan 24 deney Tablo 4'te toplu halde gösterilmiştir. Farklı tipteki duvarların, arkasında bulunan kum zemin üzerine oturan farklı çaptaki dairesel temeller, duvara farklı uzaklıklarda konumlandırılarak deneyler yapılmış ve sonuçlar grafiksel olarak incelenmiştir. Temelin üzerinde meydana gelen gerilmelere karşılık duvarın ötelenmesini 3 farklı noktada gösteren grafikler yorumlanarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Tablo 3.4. Deney Programı

Deney No	Duvar Geometrisi	Duvar Açısı (Derece)	Temel Çapı (cm)	Temel Konumu (Duvar-Temel arası mesafe, cm)
1	Tip 1	90° Açılı Duvar	D=15	L=5
2	Tip 1	90° Açılı Duvar	D=15	L=15
3	Tip 1	90° Açılı Duvar	D=15	L=25
4	Tip 1	90° Açılı Duvar	D=25	L=5
5	Tip 1	90° Açılı Duvar	D=25	L=15
6	Tip 1	90° Açılı Duvar	D=25	L=25
7	Tip 2	70° Açılı Duvar	D=15	L=5
8	Tip 2	70° Açılı Duvar	D=15	L=15
9	Tip 2	70° Açılı Duvar	D=15	L=25
10	Tip 2	70° Açılı Duvar	D=25	L=5
11	Tip 2	70° Açılı Duvar	D=25	L=15
12	Tip 2	70° Açılı Duvar	D=25	L=25
13	Tip 3	90° Açılı Duvar	D=15	L=5
14	Tip 3	90° Açılı Duvar	D=15	L=15
15	Tip 3	90° Açılı Duvar	D=15	L=25
16	Tip 3	90° Açılı Duvar	D=25	L=5
17	Tip 3	90° Açılı Duvar	D=25	L=15
18	Tip 3	90° Açılı Duvar	D=25	L=25
19	Tip 4	70° Açılı Duvar	D=15	L=5
20	Tip 4	70° Açılı Duvar	D=15	L=15
21	Tip 4	70° Açılı Duvar	D=15	L=25
22	Tip 4	70° Açılı Duvar	D=25	L=5
23	Tip 4	70° Açılı Duvar	D=25	L=15
24	Tip 4	70° Açılı Duvar	D=25	L=25

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

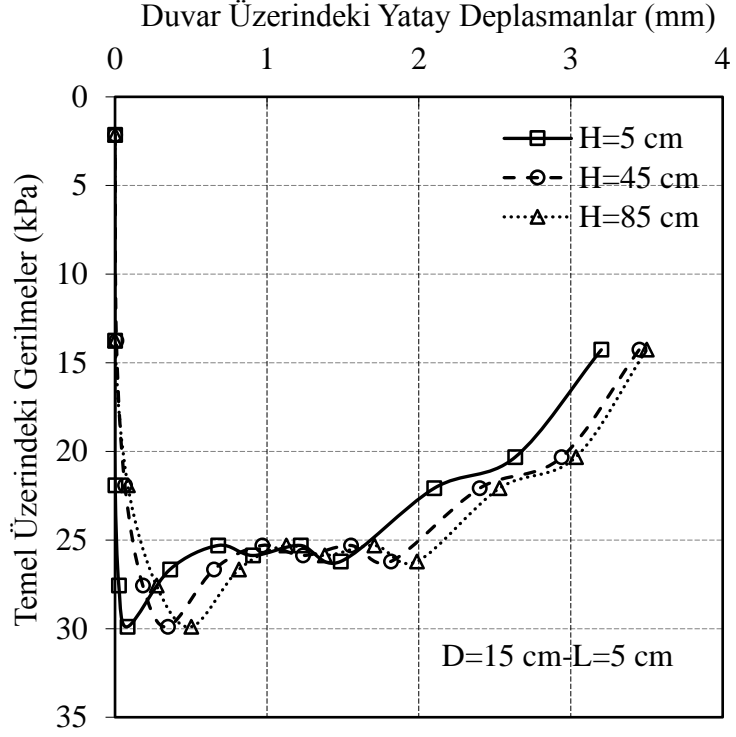
Tez kapsamında 4 farklı tip duvar üzerinde 6'şar deney gerçekleştirilerek toplamda 24 deney yapılmıştır. Duvar üzerindeki en alt, orta ve en üstteki noktalarda olmak üzere üç farklı noktada deplasman ölçerler yardımıyla okumalar alınarak duvardaki ötelenmeler incelenmiştir. Ötelenmeleri tespit etmek için kullanılan deplasman ölçerlerin (LVDT) yerden yükseklikleri H=5 cm, H=45 cm ve H=85 cm olarak belirlenmiştir.

4.1. Deneysel Bulgular

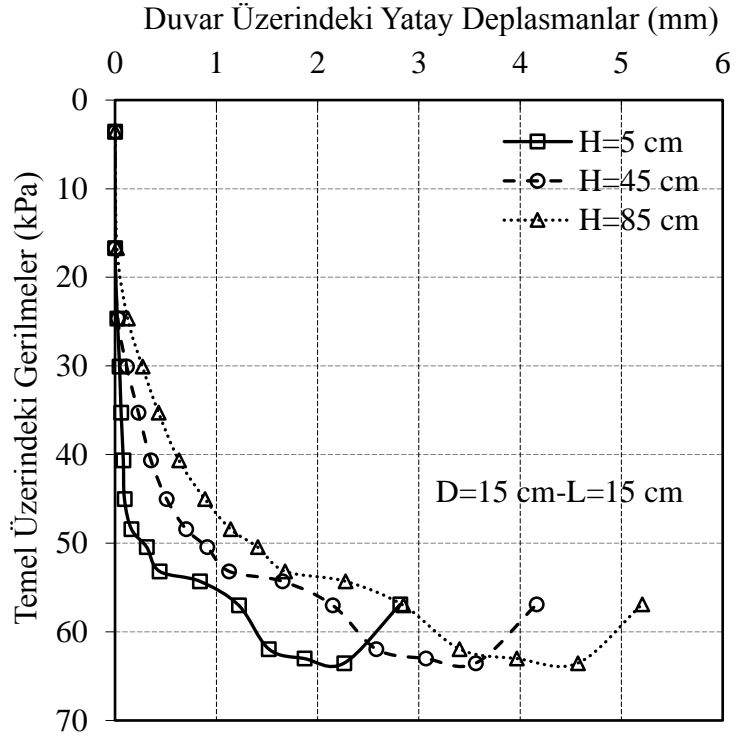
4.1.1 Tip 1 Duvar ile Yapılan Deneylerin Sonuçlarının İncelenmesi

İlk etapta Tip 1 duvar üzerinde D=15 cm çapında dairesel temel duvara L=5 cm uzaklıkta yerleştirilerek ilk deney gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı temel duvara L=15 cm ve L=25 cm uzaklıkta yerleştirilerek ilk üç deney tamamlanmıştır. Şekil 4.1.'de bu ilk üç deney ile ilgili temel üzerindeki gerilmelere karşılık duvar üzerindeki üç farklı yükseklikte alınan deplasman okumaları gösterilmiştir. Aynı gerilme altında duvar üzerindeki deplasmanlara bakıldığında duvarın en üst noktasındaki ötelenmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı şekilde duvarın en alt noktasının daha az ötelendiği bulunmuştur.

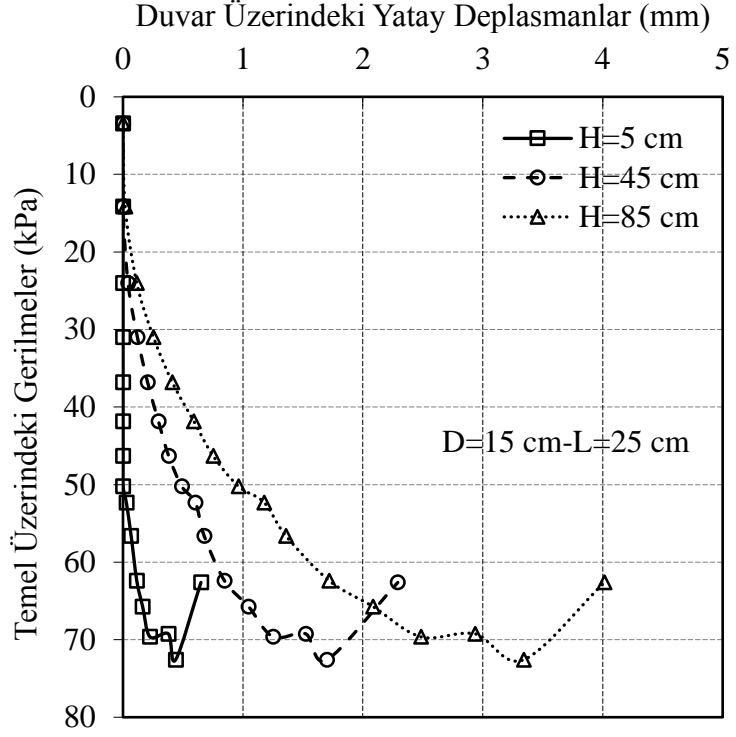
Şekil 4.2.'de temel duvara L=15 cm uzaklıkta yerleştirilerek yüklenmiş ve duvardaki ötelenmeler incelenmiştir. Şekil 4.1. ile kıyaslandığında duvar üzerindeki ötelenmeleri gösteren eğriler birbirlerinden biraz daha uzaklaşmış durumdadır. Bu da duvar üzerindeki farklı noktaların ötelenmelerinin arasındaki farkın daha net görülmesi anlamına gelmektedir. Bu durum Şekil 4.3.'te daha net bir şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.1. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, L=5 cm, tip 1 duvar

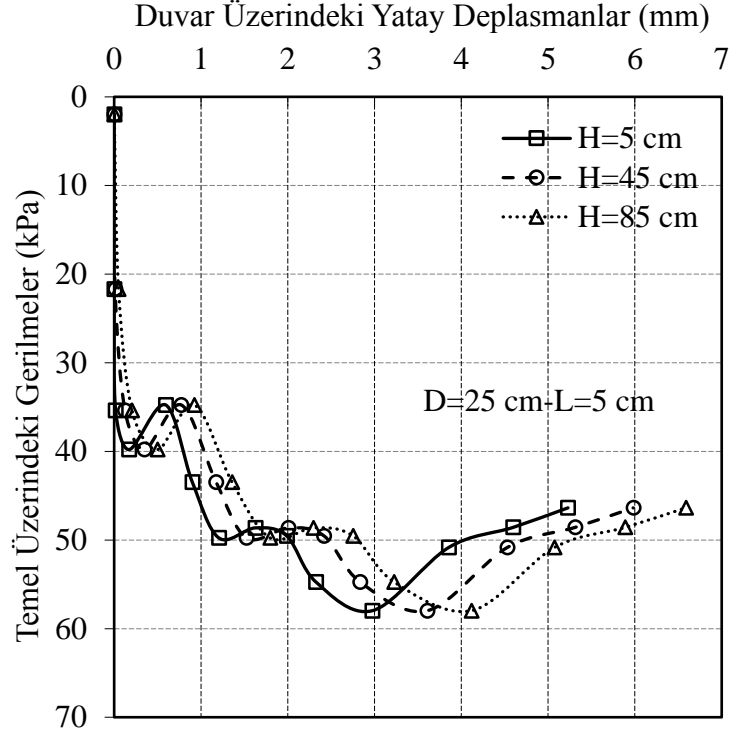


Şekil 4.2. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, L=15 cm, tip 1 duvar

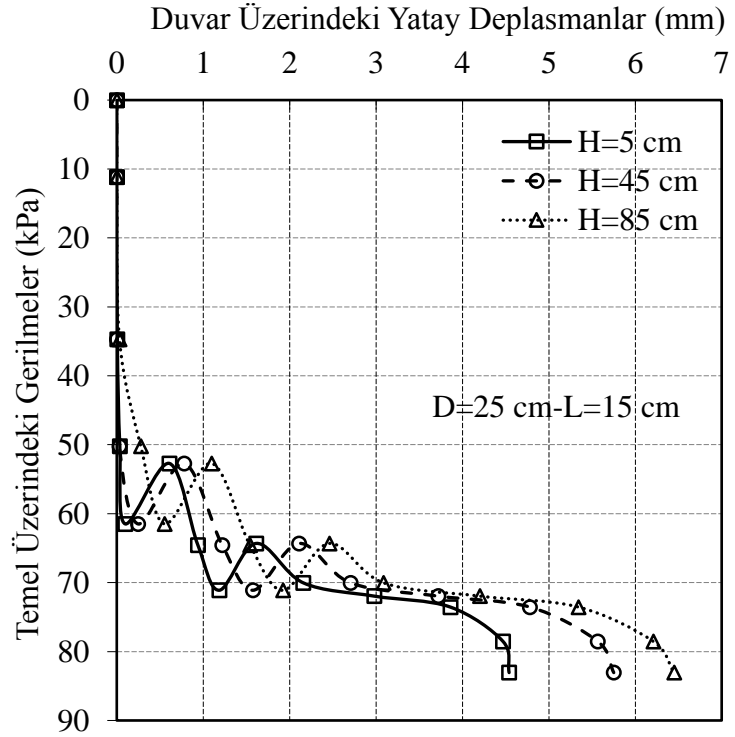


Şekil 4.3. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, L=25 cm, tip 1 duvar

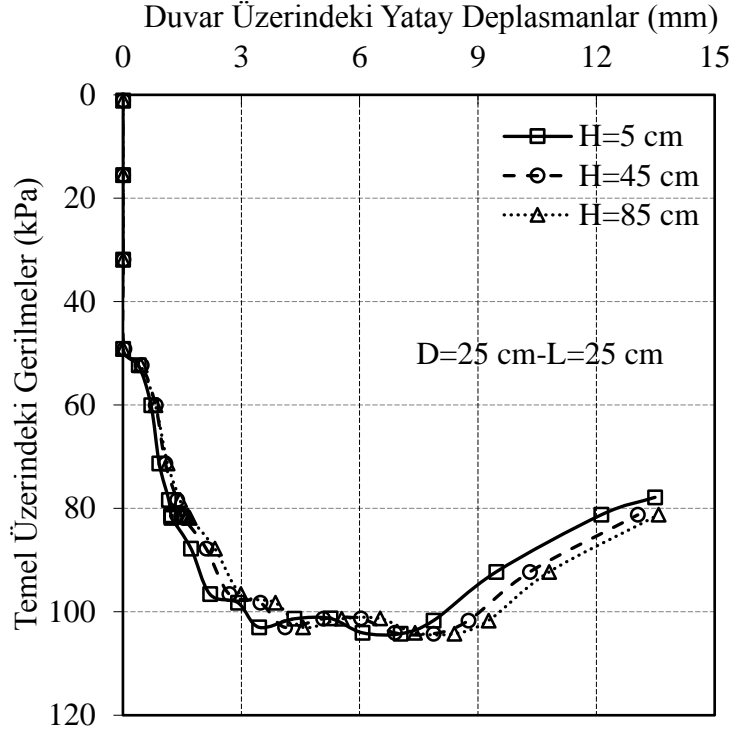
Şekil 4.4.-4.6'da verilen grafiklerde çapı D=25 cm olan temel duvara üç farklı uzaklıkta (L=5 cm, L=15 cm ve L=25 cm) olmak üzere gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarını göstermektedir. Aynı şartlar altında çapı 15 cm olan temele kıyasla bu üç grafiğe bakıldığında duvardaki ötelenmelerin daha fazla olduğu görülmüştür. Duvara olan uzaklıklar arttıkça, temelin göçme yükleri dikkate alındığında, temeldeki pik gerilmelere karşılık gelen ötelenmelerin arttığı görülmüştür. Örneğin Şekil 4.6.'da yani duvara en uzak noktada pik gerilmelere karşılık gelen ötelenmeler yaklaşık olarak 9 mm iken Şekil 4.4.'te yaklaşık 3 mm civarındadır.



Şekil 4.4. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
 D=25 cm, L=5 cm, tip 1 duvar

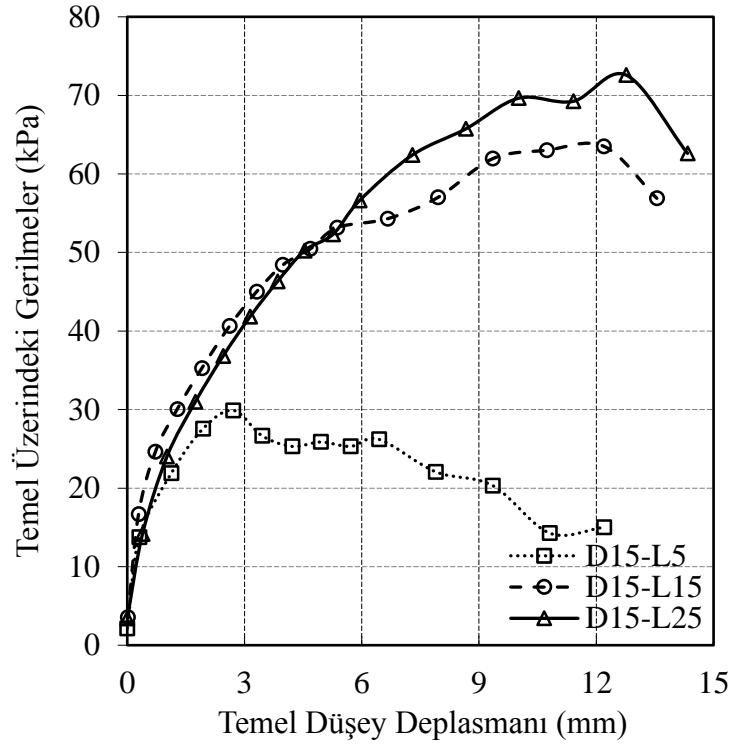


Şekil 4.5. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
 D=25 cm, L=15 cm, tip 1 duvar

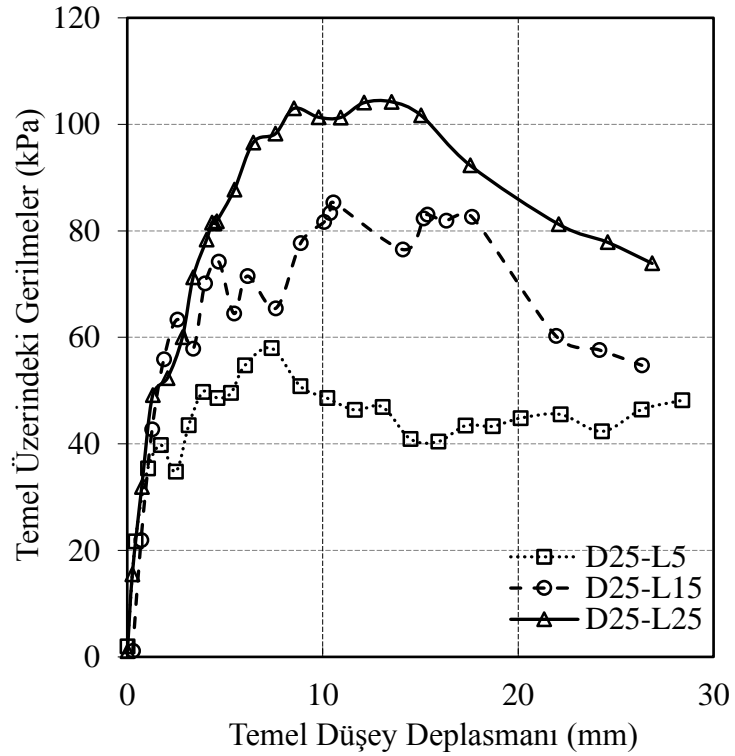


Şekil 4.6. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, L=25 cm, tip 1 duvar

Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de tip 1 duvar üzerinde yapılan deneylerde temellerin gerilme-deplasman eğrileri gösterilmektedir. Hem 15 cm çapındaki temelde hem de 25 cm çapındaki temelde duvara olan mesafe arttıkça temeldeki gerilmelerin arttığı görülmektedir. Temel üzerindeki gerilmeler genelde 10 mm'lik deplasman değerlerine karşılık gelirken, 15 cm çapındaki temelde bu değer yaklaşık 3-9 mm olarak bulunmuştur.

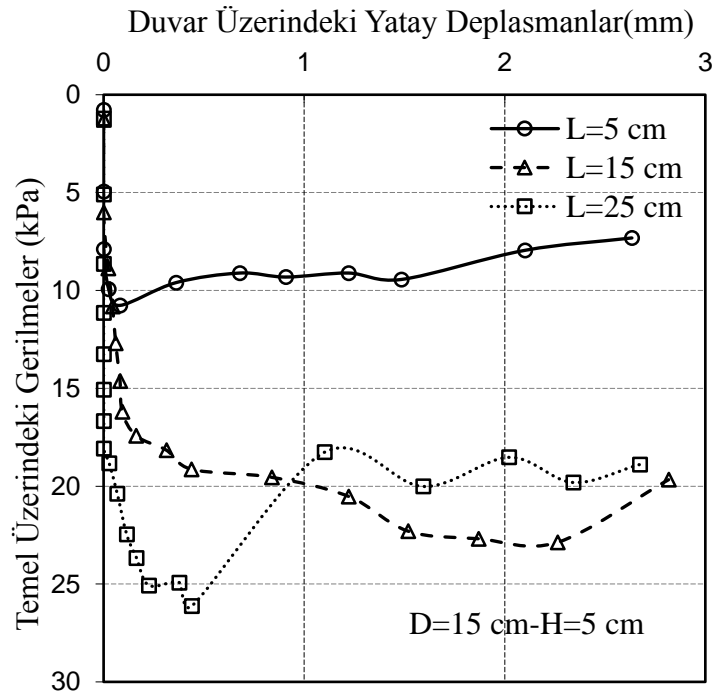


Şekil 4.7. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=15 cm, tip 1 duvar

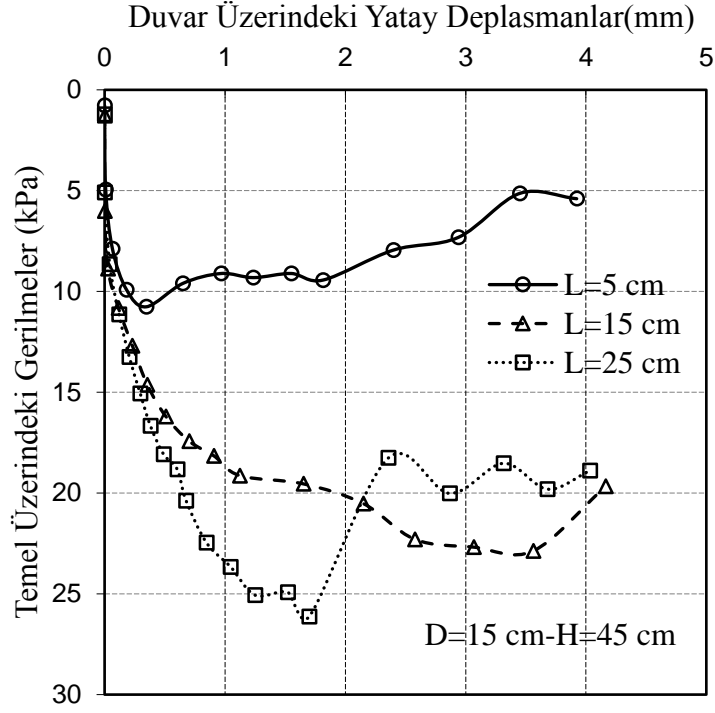


Şekil 4.8. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 1 duvar

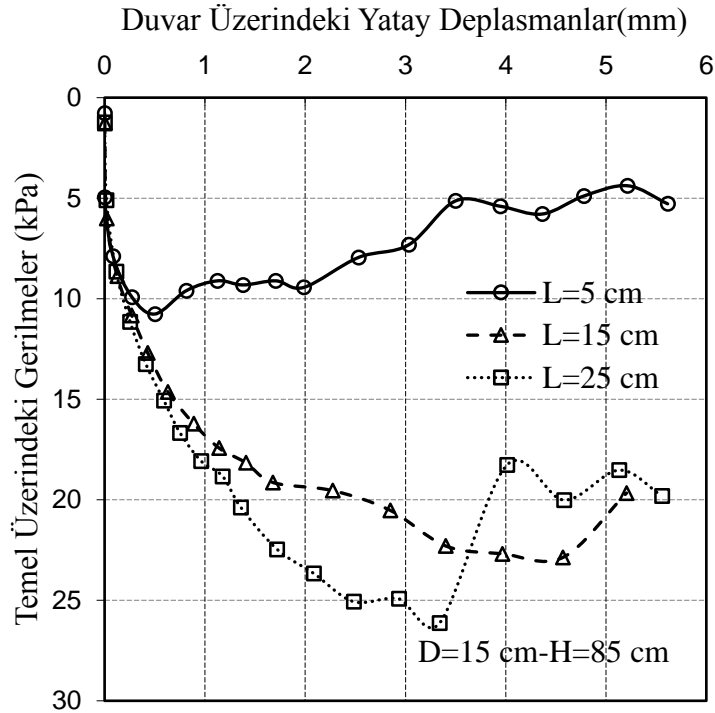
Şekil 4.9.-Şekil 4.14.'de duvar üzerinde üç farklı yüksekliğe yerleştirilen deplasman ölçerlerin, temelin duvara olan mesafeleri ile değişimini veren grafikleri göstermektedir. Şekil 4.9.'da çapı $D=15$ cm olan temelin üç farklı uzaklıkta yüklenmesi ile gerçekleştirilen deneyde duvarın en alt noktasındaki ($H=5$ cm) deplasman ölçer verileri ile elde edilen grafikler gösterilmektedir. Benzer şekilde duvarın orta ($H=45$ cm) ve en üst ($H=85$ cm) kısmına yerleştirilen deplasman ölçerlerin verileri ile elde edilen grafikler de sırasıyla Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Temel üzerindeki pik gerilmeler dikkate alındığında en fazla ötelenmenin ölçüldüğü nokta duvarın en üst kısmında konumlandırılmış olan $H=85$ cm'de görülmüştür.



Şekil 4.9. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
 $D=15$ cm, $H=5$ cm, tip 1 duvar

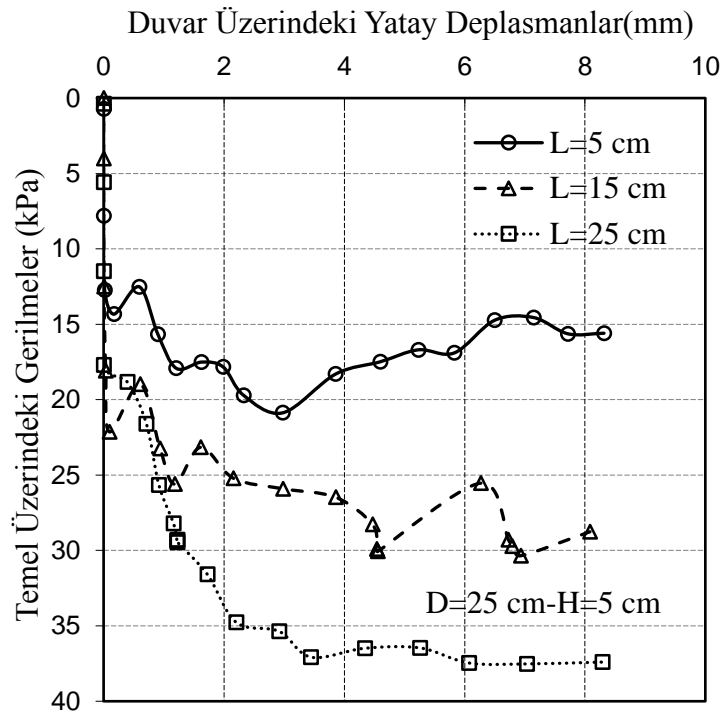


Şekil 4.10. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



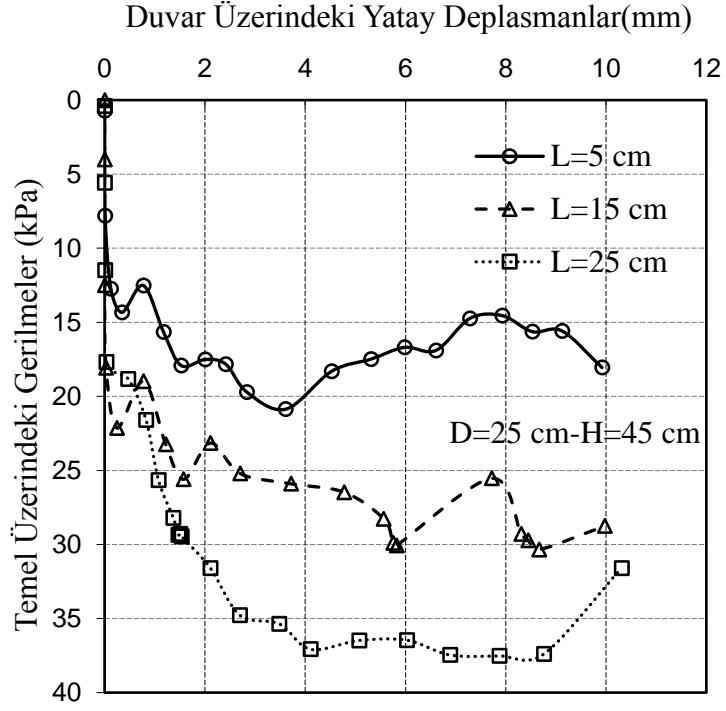
Şekil 4.11. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar

Şekil 4.12.-Şekil 4.14.'te deplasman ölçerlerden elde edilen veriler bu kez çapı D=25 cm olan temel için alınarak grafikler oluşturulmuştur. Çapı D=15 cm olan temele benzer şekilde en faz ötelenme H=85 cm'de konumlandırılmış olan deplasman ölçerlerde görülmüştür. Temel çapının büyümesi ile duvardaki ötelenmeler de artmıştır. Temel çapı D=25 cm iken temelde pik gerilmelere ulaşıldıktan sonra duvardaki ötelenmeler çapı D=15 cm olan temele kıyasla daha fazla olduğu bu grafikler sayesinde görülmektedir.

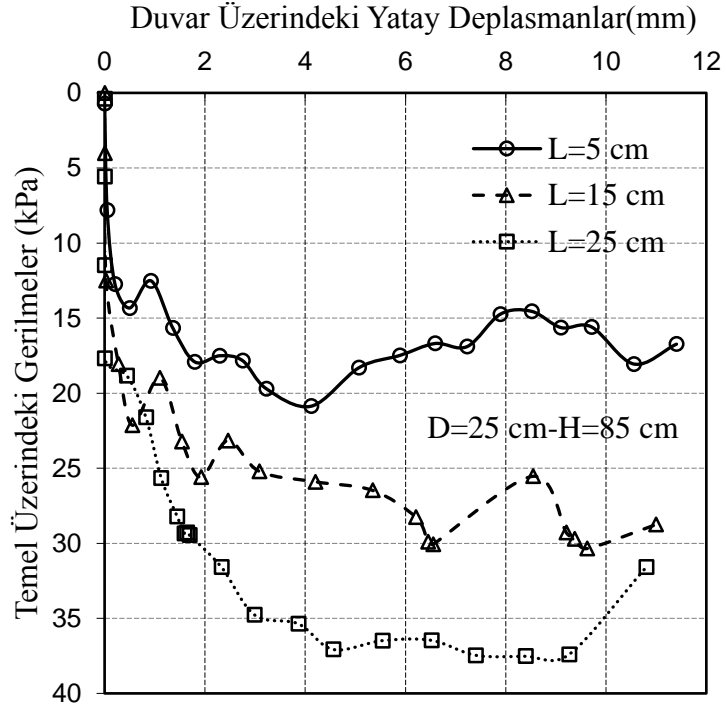


Şekil 4.12. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:

D=25 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



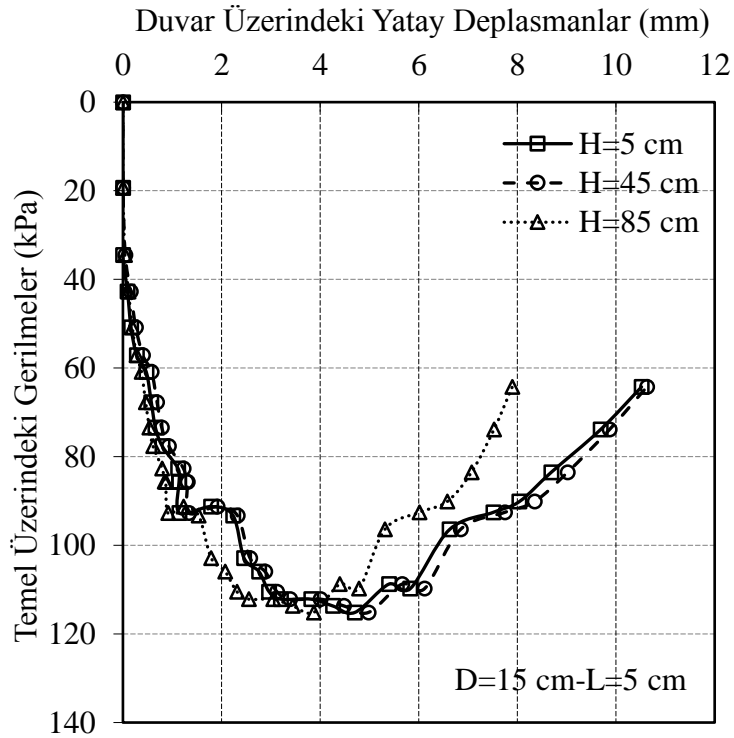
Şekil 4.13. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



Şekil 4.14. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar

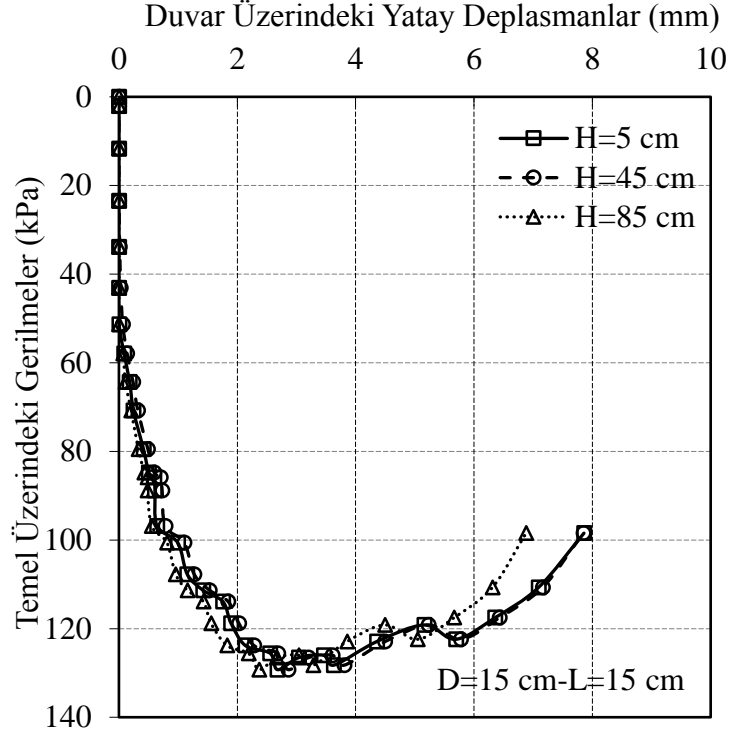
4.1.2. Tip 2 Duvar ile Yapılan Deneylerin Sonuçlarının İncelenmesi

Şekil 4.15.-4.17.'de çapı $D=15$ cm olan dairesel temel duvara üç farklı uzaklıkta konumlandırılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Tip 1 duvardan farklı olarak bu kez duvar yatayla 75^0 açı yapacak şekilde imal edilmiştir. Bu üç grafiğe bakıldığında duvarın üzerindeki üç noktada alınan deplasman okumalarının birbirine çok yakın olduğu söylenebilir. Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da temelde göçme meydana geldikten sonra duvarın en üst noktasındaki ötelenme diğer noktalara kıyasla daha az olmaktadır. Bunun sebebi duvarın yatayla yaptığı açı ve bundan kaynaklanan zeminin yenilme davranışdır.

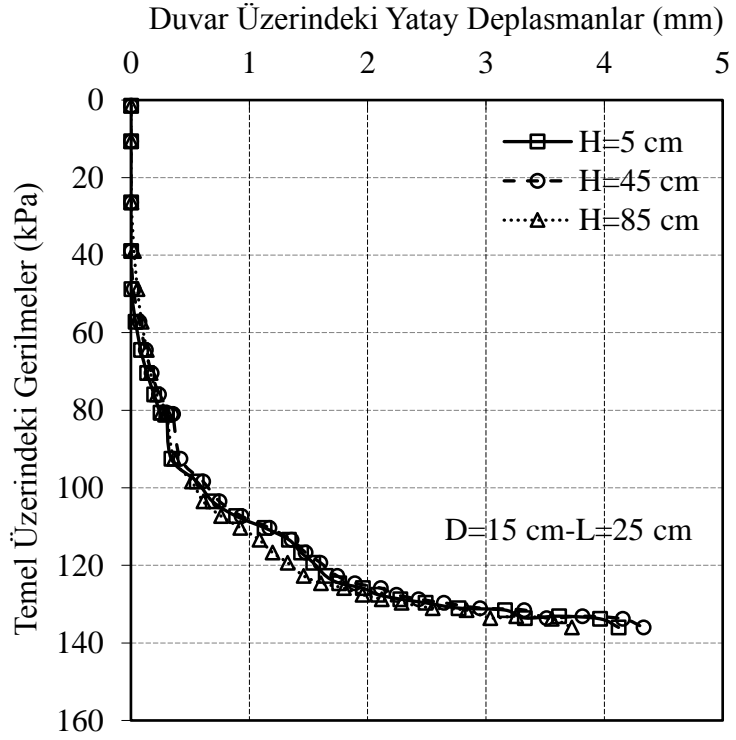


Şekil 4.15. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=15 cm, L=5 cm, tip 2 duvar

Şekil 4.17'ye bakıldığında Şekil 4.15. ve Şekil 4.16 görülen davranıştan farklı olarak duvardaki ötelenmelerin birbirine çok yakın çıkmış olduğu görülmektedir. Bunun sebebi duvara olan uzaklığın artmasıyla temelin duvar üzerindeki etkisinin azalması ve bununla birlikte ötelenmelerin daha da az mertebelerde gerçekleşmesidir.

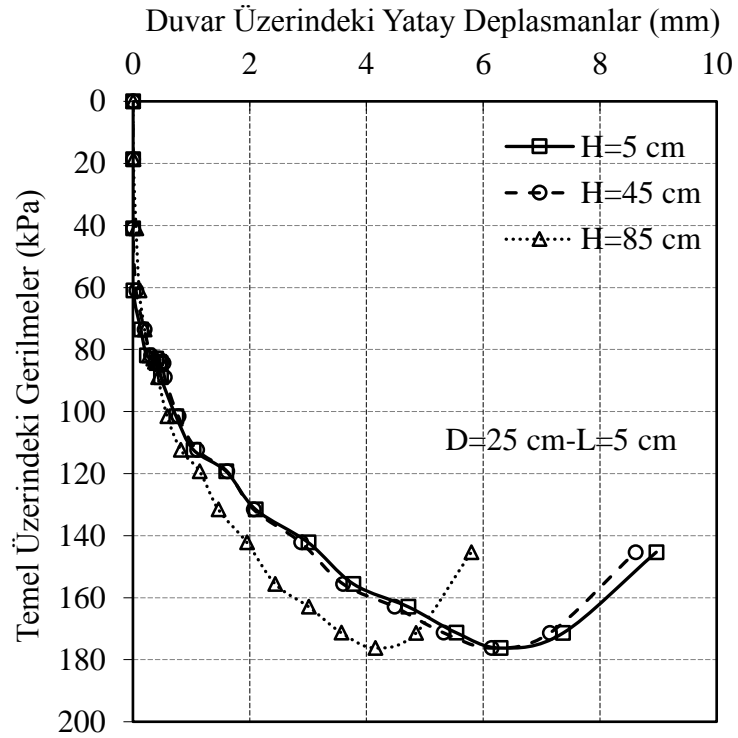


Şekil 4.16. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=15 cm, L=15 cm, tip 2 duvar

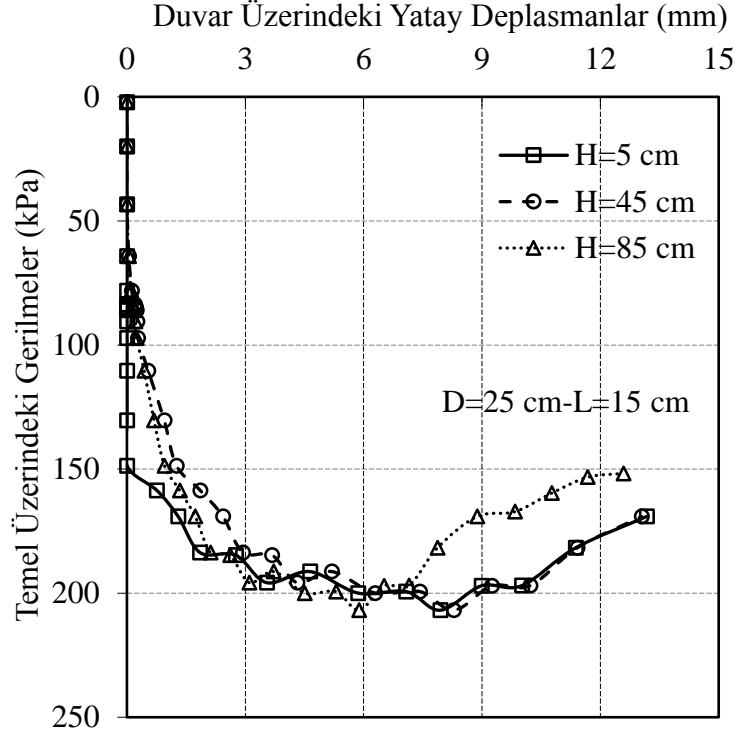


Şekil 4.17. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=15 cm, L=25 cm, tip 2 duvar

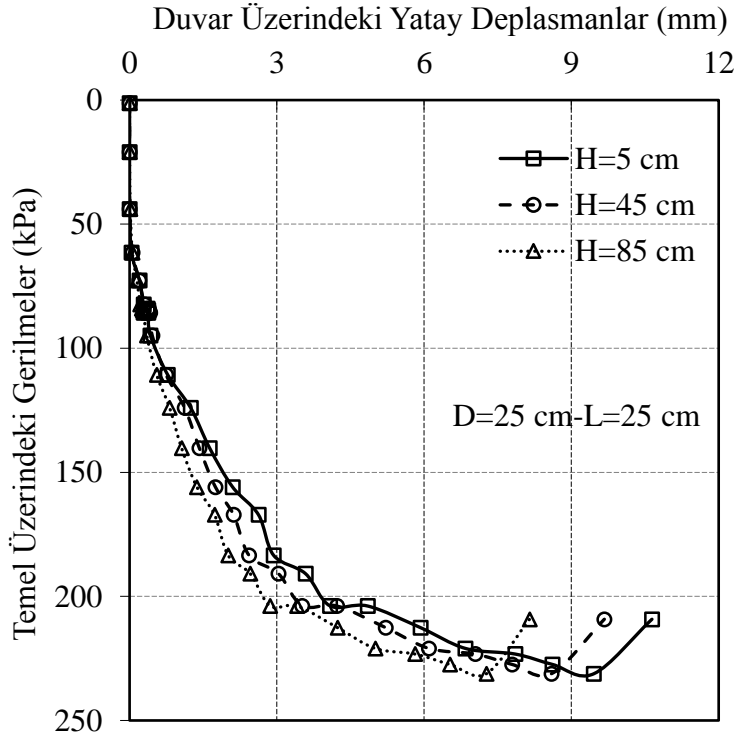
Şekil 4.18.-Şekil 4.20.'de çapı $D=25$ cm olan dairesel temel üç farklı uzaklıkta konumlandırılarak 75^0 eğimli duvar üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Temel üzerindeki pik gerilmeler dikkate alındığında duvar üzerindeki ötelenmelerin hemen hemen birbirine yakın olduğu söylenebilir. Fakat duvarda meydana gelen toplam ötelenmeler göz önüne alındığında en fazla ötelenme temel $L=15$ cm uzaklığında iken gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca aynı şartlar altında, çapı $D=15$ cm ile yapılan önceki üç deneyin gösterildiği Şekil 4.15.-4.17.'deki davranışa benzer olarak duvarın en üst noktalarının daha az ötelenmediği görülmektedir. Hatta Şekil 4.17.'de çap $D=15$ cm iken duvara olan uzaklıkta $L=25$ cm olduğu için bu davranışın çok net bir şekilde görülemediğinden bahsedilmişti. Burada çap $D=25$ cm olduğunda aynı şartlar altında Şekil 4.20.'de bu davranış görülebilmektedir.



Şekil 4.18. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
 $D=25$ cm, $L=5$ cm, tip 2 duvar



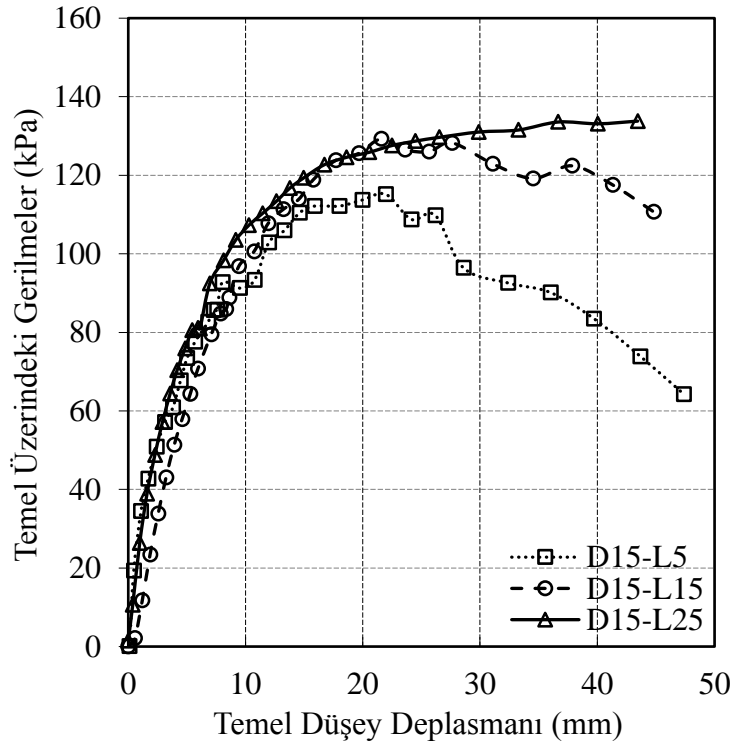
Şekil 4.19. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=25 cm, L=15 cm, tip 2 duvar



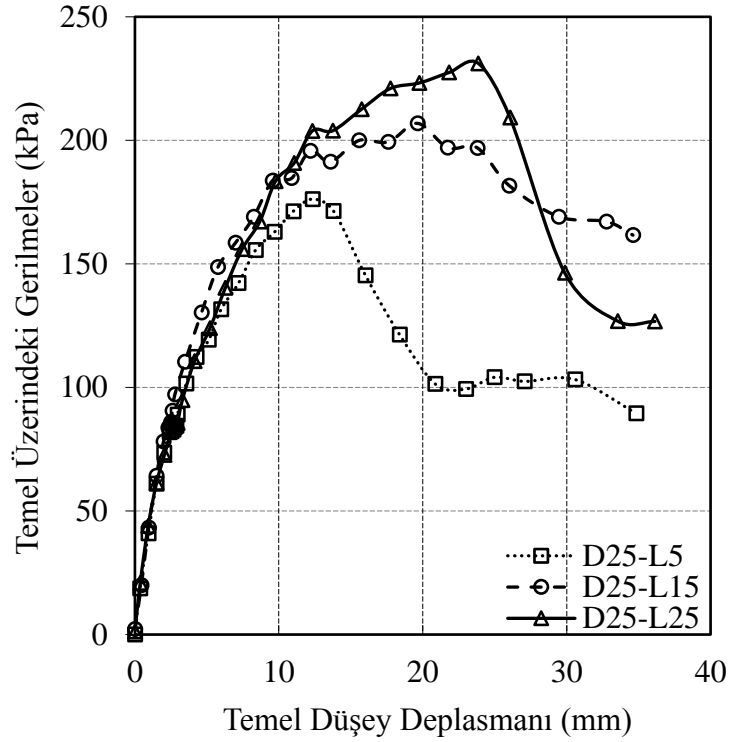
Şekil 4.20. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=25 cm, L=25 cm, tip 2 duvar

Şekil 4.21. ve Şekil 4.22.'de Tip 2 duvar ile yapılan altı deneyde temelde meydana gelen gerilmeler gösterilmiştir. Şekil 4.21.'de gösterilen eğriler temel çapı D=15 cm olan durumu temsil ederken Şekil 4.22.'deki eğriler temel çapının D=25 cm olduğu durumu göstermektedir. Duvardan uzaklaştıkça temelde meydana gelen gerilmelerin arttığı görülmektedir. Şekil 4.21'de temel L=25 cm'de iken, yani duvara en uzak konumdayken, temelde meydana gelen düşey gerilmeler 20 mm mertebelerine geldiğinde yatayla asimptot yaparak devam etmiştir. Diğer iki eğri de, özellikle de duvara en yakın durumda (L=5 cm) gerilmeler pik noktasına ulaştıktan sonra hızla düşüşe geçmiştir. Bunun nedeni temelin duvara yakın olması nedeniyle temel altındaki göçme yüzeyinin tam oluşamaması olarak değerlendirilebilir.

Bu tip duvarda geoceller iki sıra olacak şekilde ve 75^0 eğimle imal edildiğinden, yükleme başladıktan belli bir süre sonra stabilite problemi söz konusu olduğu için, duvarın orta ve en alt noktasını temsilen alınan okumaların birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

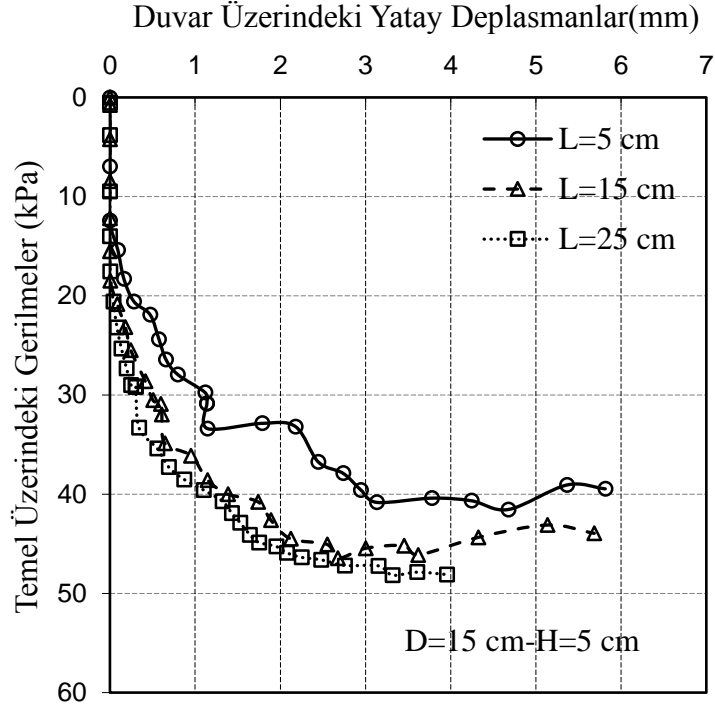


Şekil 4.21. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=15 cm, tip 2 duvar

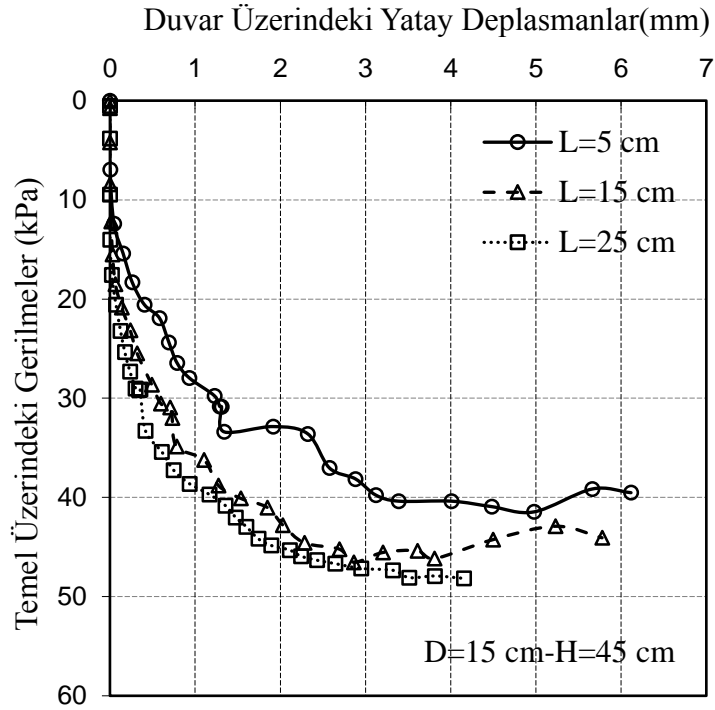


Şekil 4.22. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 2 duvar

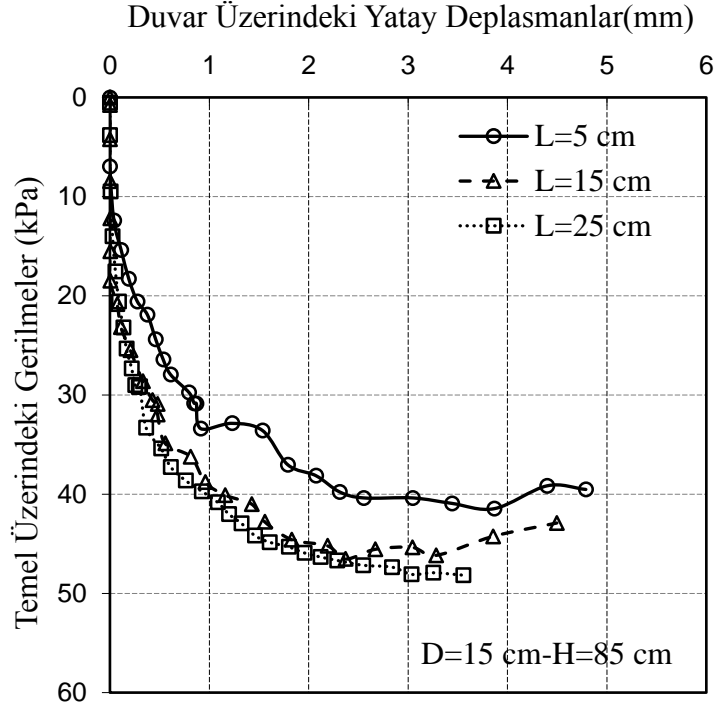
Şekil 4.23.-Şekil 4.25.'te çapı D=15 cm olan dairesel temelin duvara üç farklı uzaklıkta konumlandırılarak yapılan deneyler de üç farklı deplasman ölçerinde meydana gelen yatay ötelenmelerin grafikleri gösterilmiştir. İlk olarak duvarın alt noktası olan yerden yüksekliği H=5 cm'deki deplasman ölçerinin verileri uzaklık değişimi ile birlikte Şekil 4.23.'te gösterilmiştir. Daha sonra yerden yükseklikleri H=45 cm ve H=85 cm'de olan deplasman ölçerlerden alınan okumalar sırasıyla Şekil 4.24. ve Şekil 4.25.'te duvara olan uzaklıklarla birlikte grafiksel olarak gösterilmiştir. Her üç grafikten de görüleceği üzere duvara en yakın durumda, yani temel L=5 cm konumunda iken, aynı gerilme değerlerine karşılık gelen ötelenmeler L=15 cm ve L=25 cm'ye göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Yine üç grafikte de dairesel temel L=15 cm ve L=25 cm'de iken elde edilen grafiklerin eğrilerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durumda belirli bir mesafeden sonra temelin duvara olan uzaklığının duvardaki ötelenmeleri çok fazla değiştirmedeği söylenebilir.



Şekil 4.23. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=5 cm, tip 2 duvar

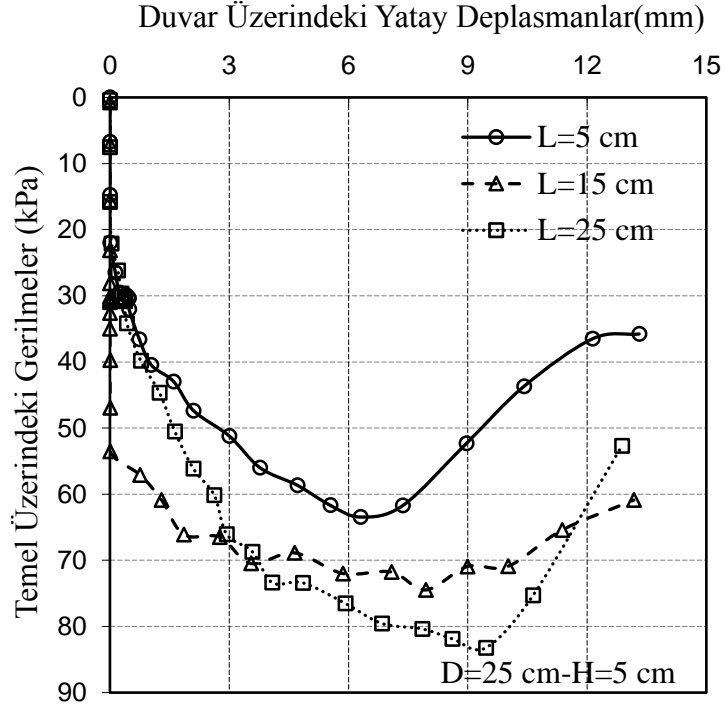


Şekil 4.24. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=45 cm, tip 2 duvar

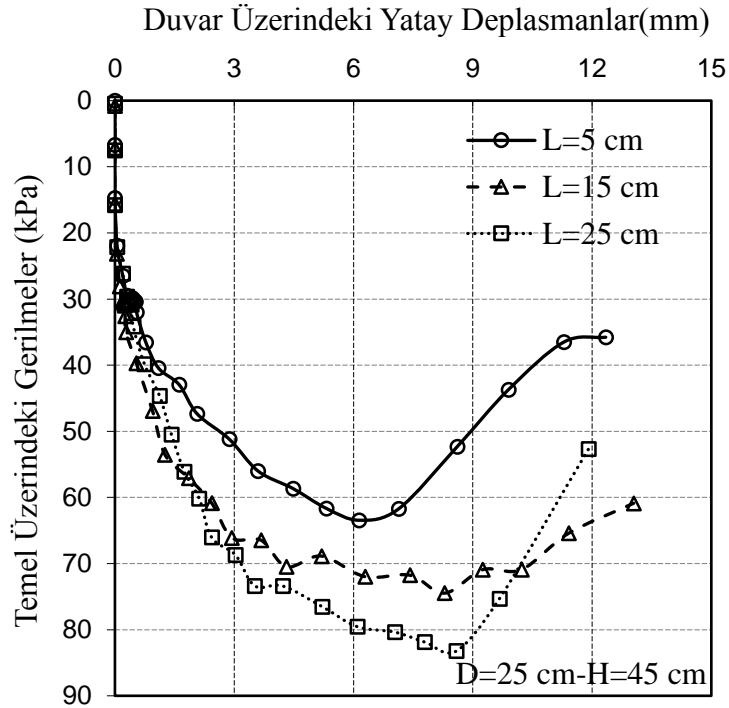


Şekil 4.25. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=85 cm, tip 2 duvar

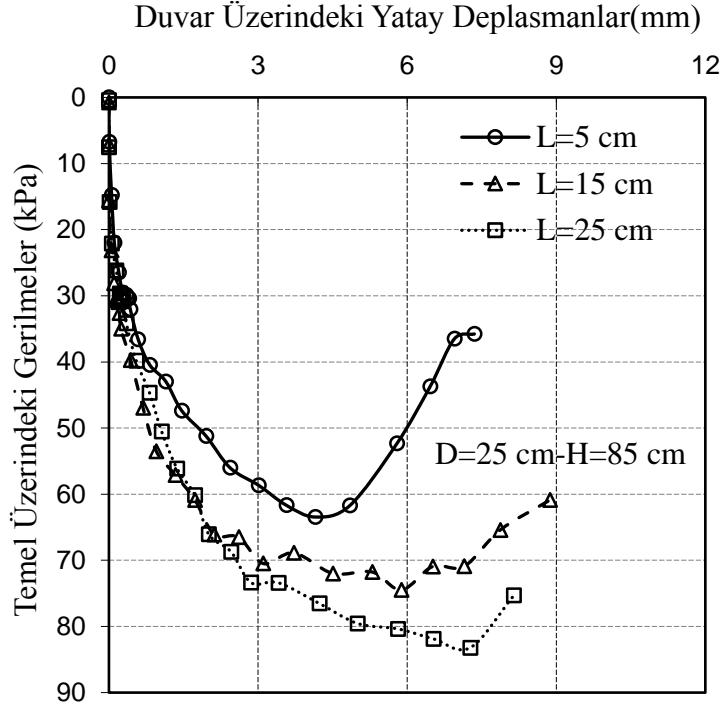
Şekil 4.26.-Şekil 4.28.'te çapı D=25 cm olan dairesel temelin üç farklı uzaklıkta konumlandırılmasıyla elde edilen sonuçlardan, aynı deplasman ölçerinin farklı uzaklıktaki değerlerine karşılık verileri ile çizilen eğrileri göstermektedir. Bir önceki üç deneyde çap D=15 cm iken duvardaki ötelenmeler L=15 cm ve L=25 cm olması durumunda çok değişmezken, burada yani çap D=25 cm iken L=25 cm olması durumunda duvarda daha az ötelenme olduğu görülmektedir. Yani çap D=25 cm iken L=25 cm durumu diğerlerine göre stabilite açısından daha güvenilir durumu temsil etmektedir.



Şekil 4.26. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=5 cm, tip 2 duvar



Şekil 4.27. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



Şekil 4.28. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=85 cm, tip 2 duvar

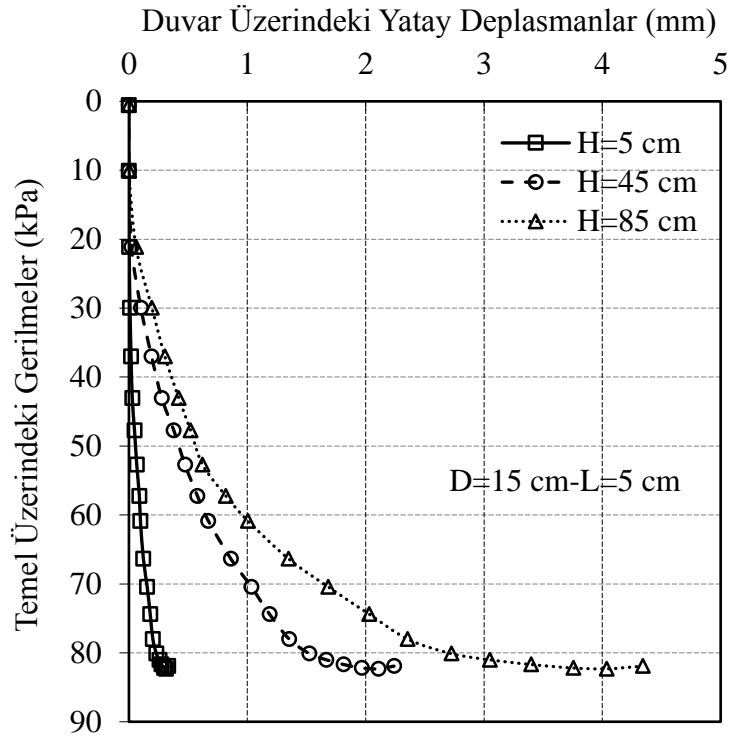
4.1.3. Tip 3 Duvar ile Yapılan DeneYlerin SonuÇlarının İncelenmesi

Tip 3 duvar daha önce malzeme yöntem kısmında Şekil 3.16'da gösterildiği gibi kademeli ve yatayla 90^0 açı yapacak şekilde imal edilmiştir. Duvarın en alt kısmında 10 cm yüksekliğinde 4 sıra geocell, hemen üstünde 40 cm yüksekliğinde 3 sıra geocell ve son olarak 40 cm yüksekliğinde 2 sıra geocell kullanılarak kademeli duvar oluşturmuştur. Bütün deneylerde olduğu gibi diğer doğrultuda 3 sıra geocell olduğuna göre en alta yerleştirilen geocell malzemesinde 12 hücre varken üstünde bulunan 3 sıra geocell malzemesinde 9 ve son olarak en üstteki 2 sıra geocell malzemesinde 6 hücreli petek yapısı oluşmuştur.

Şekil 4.29.-Şekil 4.31.'de çapı D=15 cm olan dairesel temelin farklı "L" uzaklıklarında yerleştirilmesi ile gerçekleştirilen deneylerin grafikleri gösterilmektedir. Önemli bulgulardan biri, L=25 cm'de iken duvarın en alt noktasının hiç ötelenmemiş olmasıdır. Deneyde kullanılan deplasman ölçerler micron bazında ölçüm yaptıkları için, aslında bu deney sırasında duvarın en alt noktasında micron mertebesinde

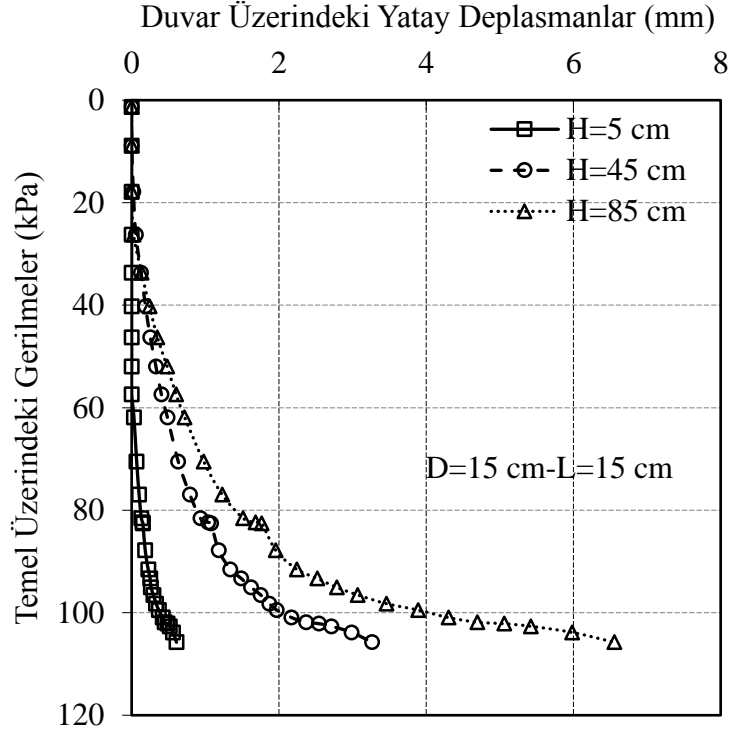
ötenmeler görülmüştür. Bu veriler grafiğe yansıtıldığında Şekil 4.31.'de de görüldüğü üzere, diğer "H" mesafelerinde ötenme H=5 cm'ye göre çok fazla olduğu için, duvarın en alt noktası ötenmiyor gibi görünmektedir. Oysaki ötenme vardır fakat ötenmeler 0,01 mm mertebesindedir.

Önceki duvarlardan olan tip 1 duvar ile kıyaslandığında tip 3 kademeli duvarın bazı durumlarda daha az ötelendiği, dolayısıyla performansının daha iyi olduğu görülmektedir. Oluşturulan duvarların ağırlık duvarları olduğu düşünüldüğünde bu davranışın beklenen bir davranış olduğu söylenebilir. Çünkü tip 3 duvarın imalatındaki geocell petek sayısı tip1 duvardan sayıca fazladır. Bu yüzden tip 3 duvar imalatı sırasında kullanılan agrega ağırlıkça daha fazladır.

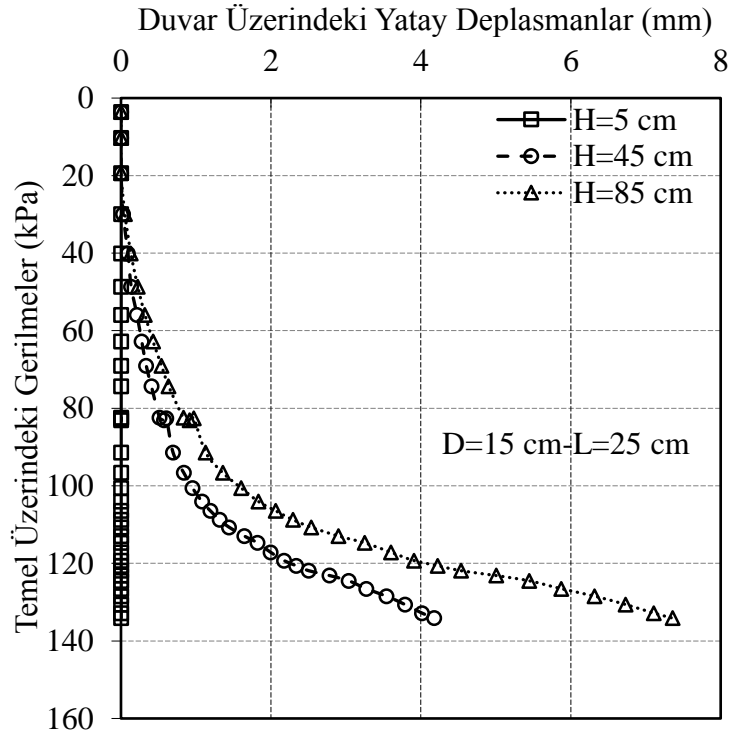


Şekil 4.29 Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:

D=15 cm, L=5 cm, tip 3 duvar

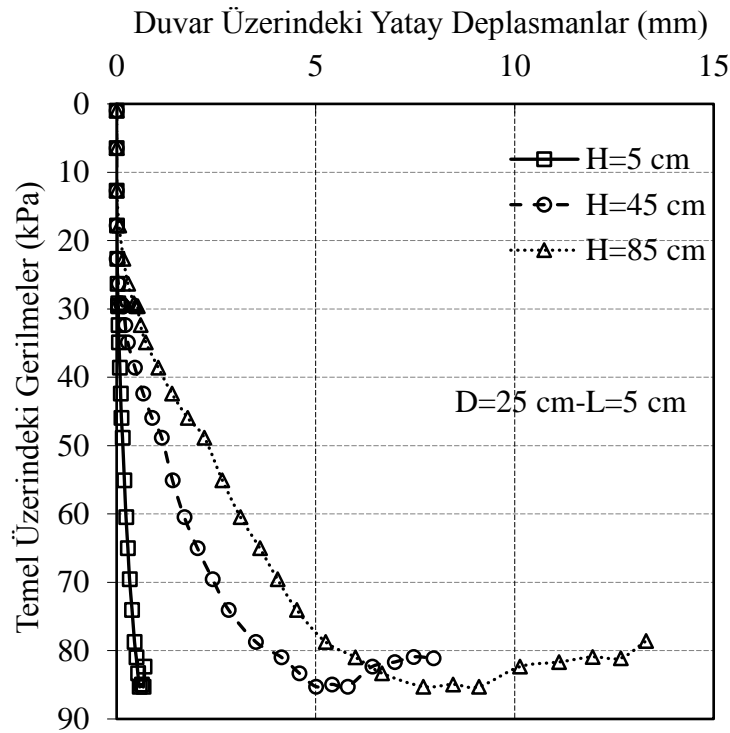


Şekil 4.30. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, L=15 cm, tip 3 duvar



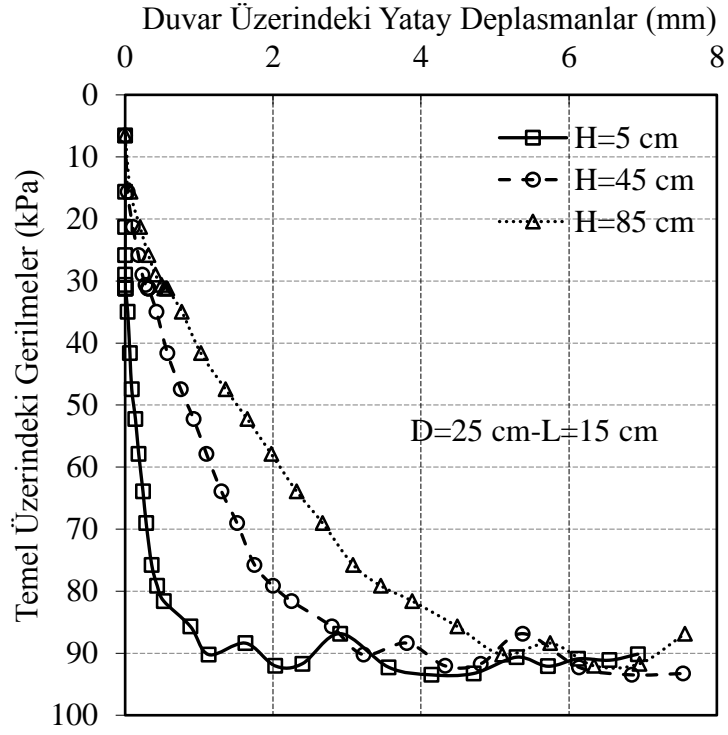
Şekil 4.31. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, L=25 cm, tip 3 duvar

Şekil 4.32-4.34'te tip 3 duvarın $D=25$ cm çaplı dairesel temel kullanılarak, temelin duvara olan uzaklığının değişimi ile duvarda meydana gelen deplasmanlar, temelde meydana gelen gerilmeler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.34.'te duvara olan uzaklık $L=25$ cm iken duvarın en alt noktasındaki ötelenmenin yaklaşık 1 mm olduğu görülmüştür. Temel çapı $D=15$ cm iken aynı şartlar altında duvarın en alt noktasında neredeyse hiç ötelenme olmadığından Şekil 4.31. referans verilerek bahsedilmiştir. Burada temel çapındaki artışın etkisine bakıldığında, $L=25$ cm uzaklıkta bu etkinin yaklaşık 1 mm'lik bir fark olarak görülmüştür. Yine Şekil 4.32.'de temele çok yaklaşıldığı zaman, yani $L=5$ cm'lik mesafede iken, duvarın en alt noktasındaki ötelenmenin düşük mertebelerde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi dairesel temelin kademeli duvarda üç sıra ve 4 sıra geocell malzemesinin üstüne denk gelerek bir nevi duvarın ötelenmesini engellemiş olmasıdır.

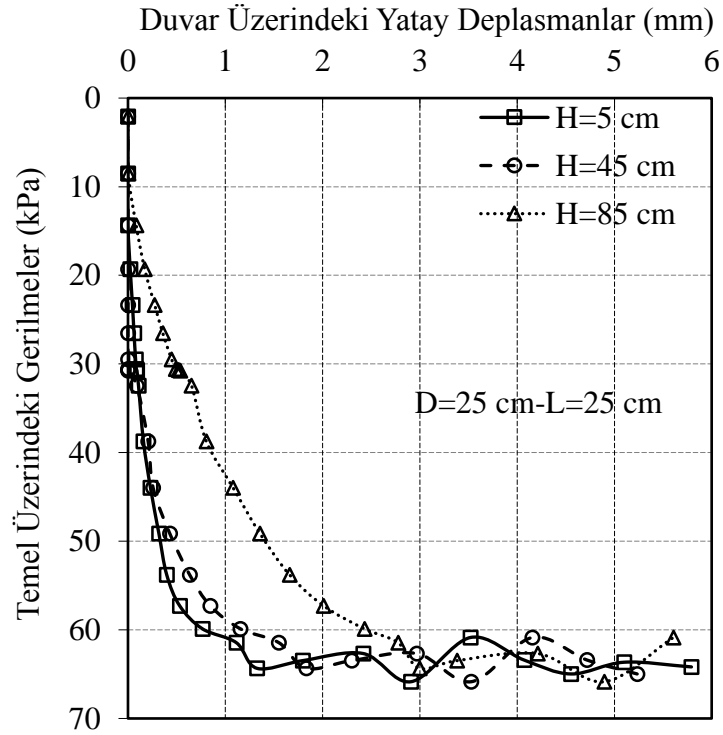


Şekil 4.32. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:

$D=25$ cm, $L=5$ cm, tip 3 duvar

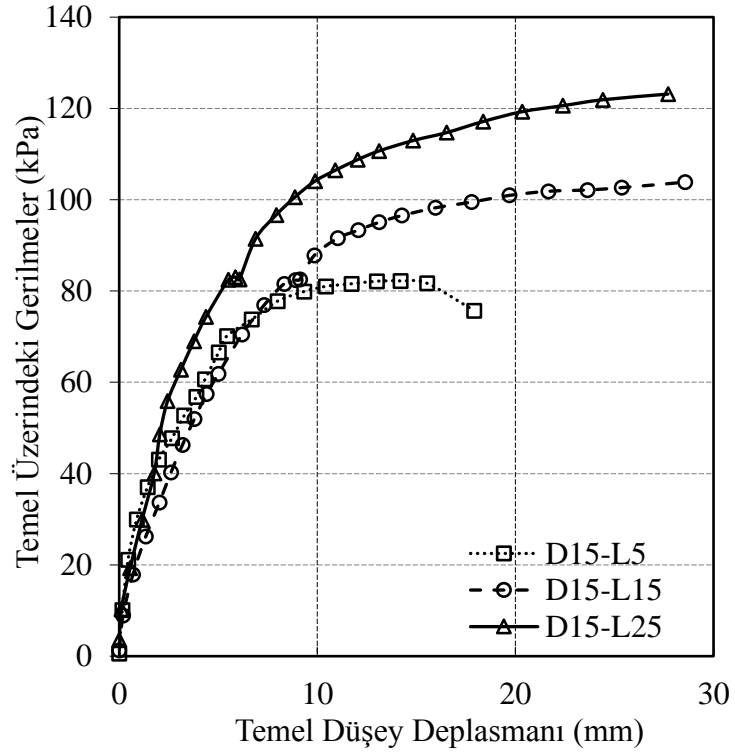


Şekil 4.33. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, L=15 cm, tip 3 duvar

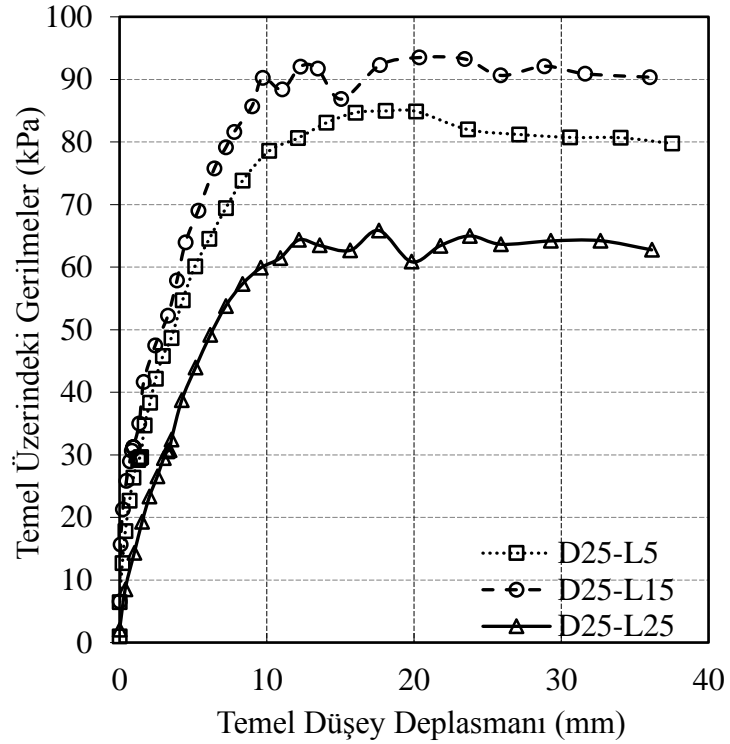


Şekil 4.34. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, L=25 cm, tip 3 duvar

Şekil 4.35 ve 4.36’da Tip 3 duvarda çapı $D=15$ cm ve $D=25$ cm olan temeller ile yapılan deneylerde bu temellerde oluşan gerilmelerin, duvara olan mesafeler ile değişimi gösterilmektedir. Şekil 4.35’te temel çapı $D=15$ cm iken duvara olan uzaklık arttıkça temelde oluşan gerilmelerin arttığı görülmüştür. Şekil 4.36 ise temel çapı $D=25$ cm iken temelden uzaklaştıkça gerilmenin arttığı söylenmez. Çünkü duvara olan uzaklık $L=25$ cm iken gerilmeler diğer “L” mesafelerinde elde edilen gerilmelerden daha düşüktür. Bunun sebebi de temelin $L=25$ cm’de mesafede yüklenmesi sırasında tamamen kum zemin üzerine otururken, duvara yaklaşıldığında, yani $L=5$ cm ve $L=15$ cm’de temelin kademeli duvarın üzerine denk gelmesi temeldeki gerilmelerin artmasına sebep olmuştur.

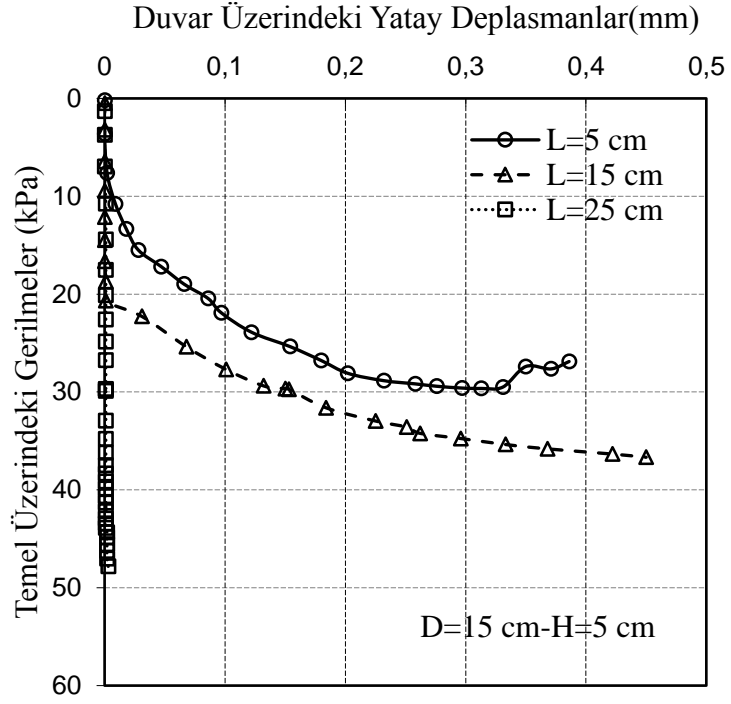


Şekil 4.35. Temelin gerilme-deplasman grafiği: $D=15$ cm, tip 3 duvar

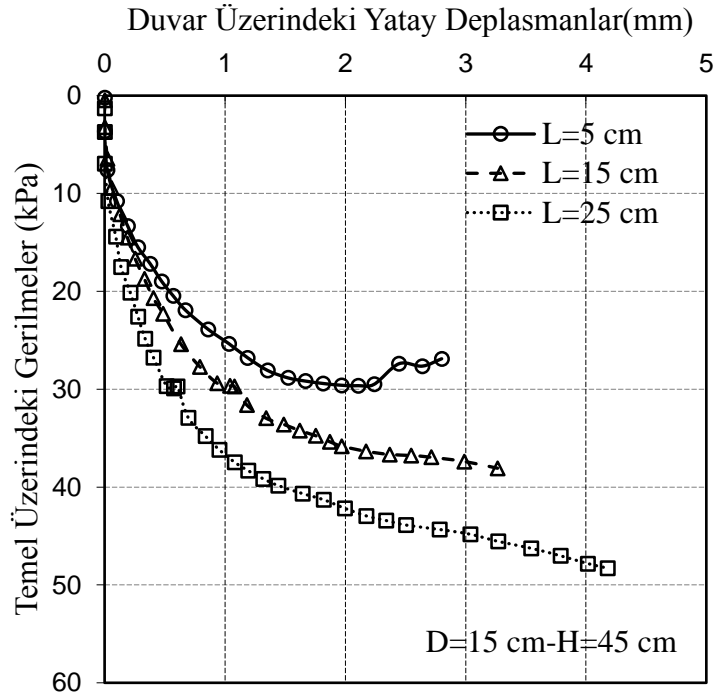


Şekil 4.36. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 3 duvar

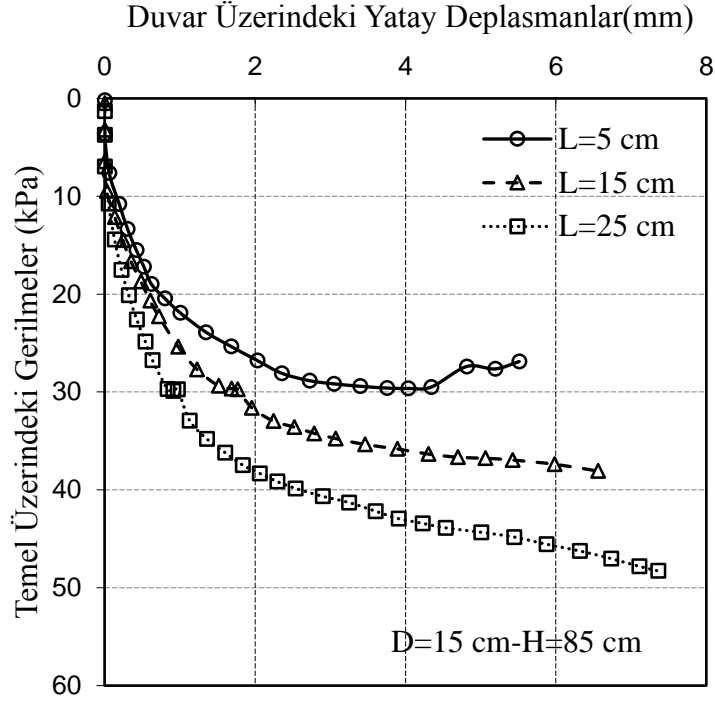
Şekil 4.37-4.39'da tip 3 duvarda temel çapı D=15 cm olması durumunda duvarın en alt, orta ve en üst kısmında meydana gelen ötelenmeler duvara olan uzaklıklarla birlikte gösterilmiştir. Daha önce Şekil 4.31.'de de bahsedildiği üzere L=25 cm olması durumunda, yani Şekil 4.37.'de de duvarın en alt noktasındaki ötelenme neredeyse sıfır mm olarak tespit edilmiştir. Yine Şekil 4.37'de temele olan diğer mesafeler L=15 cm ve L=25 cm'de ötelenmeler çok düşük mertebelerde gerçekleşmiştir. Oysaki duvarın en üst noktasında bulunan deplasman ölçerinin verileri ile oluşturulmuş Şekil 4.39'a bakıldığında ötelenmelerin en alt noktaya kıyasla çok daha fazla olduğu görülmektedir. En alt noktada yaklaşık 0.4 mm olan ötelenmeler aynı şartlar altında en üst noktada yaklaşık 15 kat daha fazla olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.37. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=5 cm, tip 3 duvar

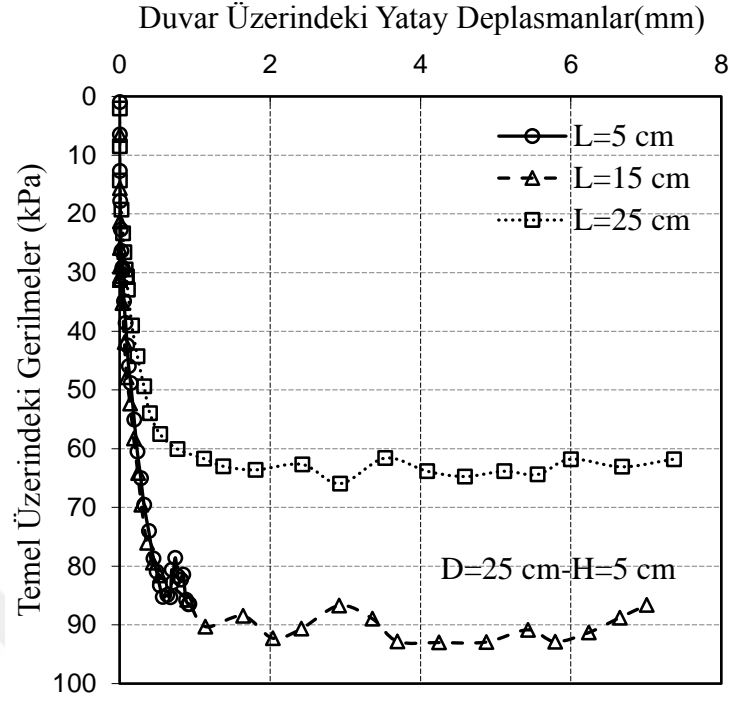


Şekil 4.38. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=45 cm, tip 3 duvar

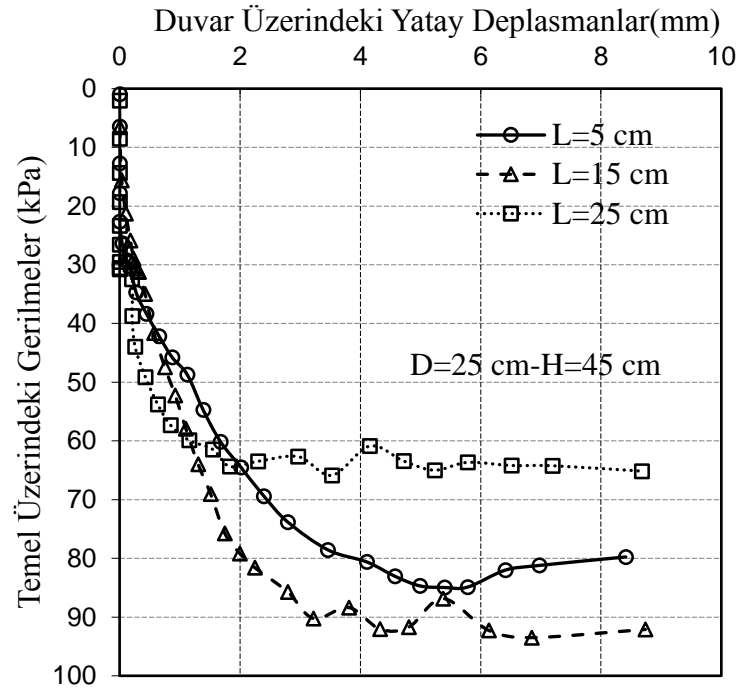


Şekil 4.39. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=85 cm, tip 3 duvar

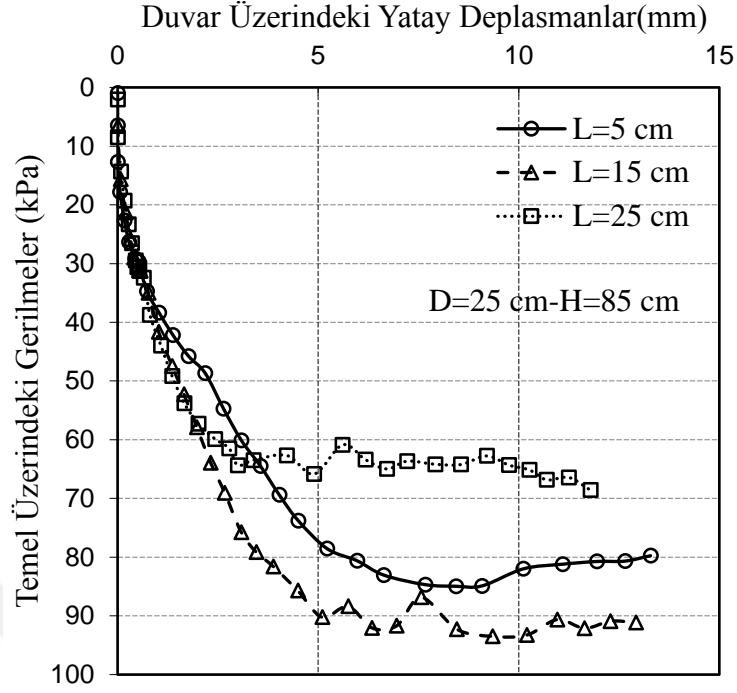
Şekil 4.40-4.42’de tip 3 duvarda temel çapı D=25 cm olması durumunda duvarın en alt, orta ve en üst kısmında meydana gelen ötelenmeler duvara olan uzaklıklarla birlikte gösterilmiştir. Temel üzerindeki gerilmelerde pik noktalara karşılık gelen ötelenmeler dikkate alındığında duvarın alt noktasından üst noktasına doğru yatay ötelenmelerde artış olduğu görülmüştür. H=5 cm’de bu değerler yaklaşık olarak 2 mm iken, H=45 cm’de 4 mm ve H=85 cm’de 7 mm olduğu görülmektedir. Her üç noktada da alınan deplasman okumalarına bakıldığında, temelde göçme meydana geldikten sonra ötelenmelerin devam ettiği görülmüştür. Hatta temelde göçme meydana gelene kadar ötelenmelerin yaklaşık olarak % 40’ı gerçekleşirken göçmelerin gerçekleşmesiyle birlikte kalan % 60’lık ötelenmeler gerçekleşmiştir. Şekil 4.40’da göçme öncesi ötelenmeler diğer iki şekle göre daha da az mertebelerdedir. Göçme öncesi ötelenmeler bu grafikte yaklaşık %20 mertebelerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.40. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



Şekil 4.41. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=45 cm, tip 3 duvar

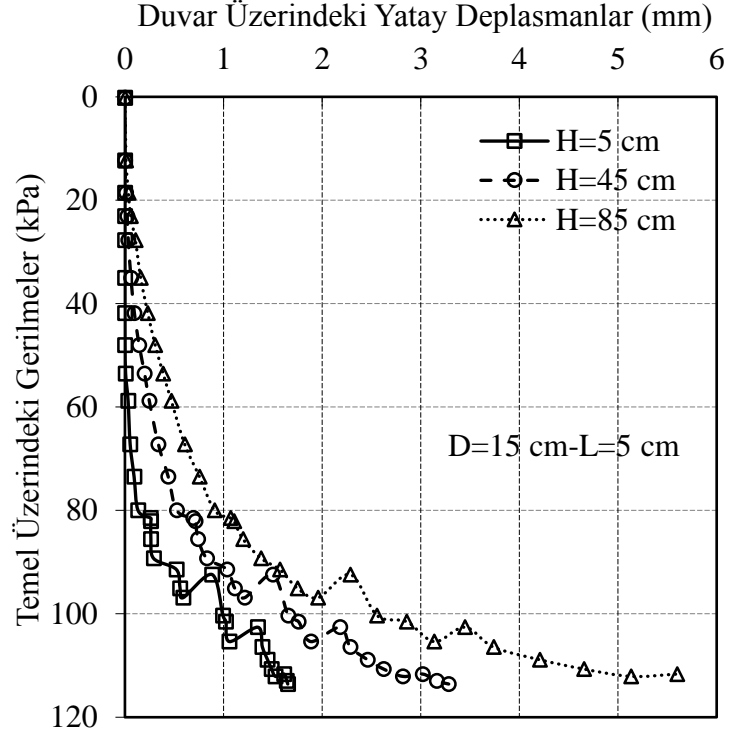


Şekil 4.42. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=85 cm, tip 3 duvar

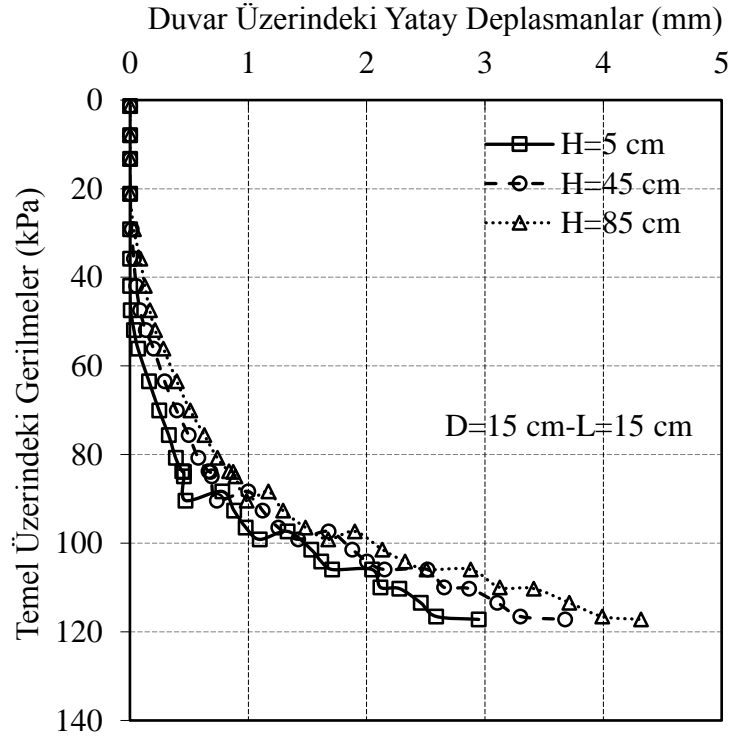
4.1.4. Tip 4 Duvar ile Yapılan DeneYlerin Sonuçlarının İncelenmesi

Tip 4 duvar daha önce malzeme yöntem kısmında Şekil 3.17’de gösterildiği gibi kademeli ve yatayla 75° açı yapacak şekilde imal edilmiştir. Tip 4 duvarın tip 3 duvardan farkı yatayla yaptığı açıdır.

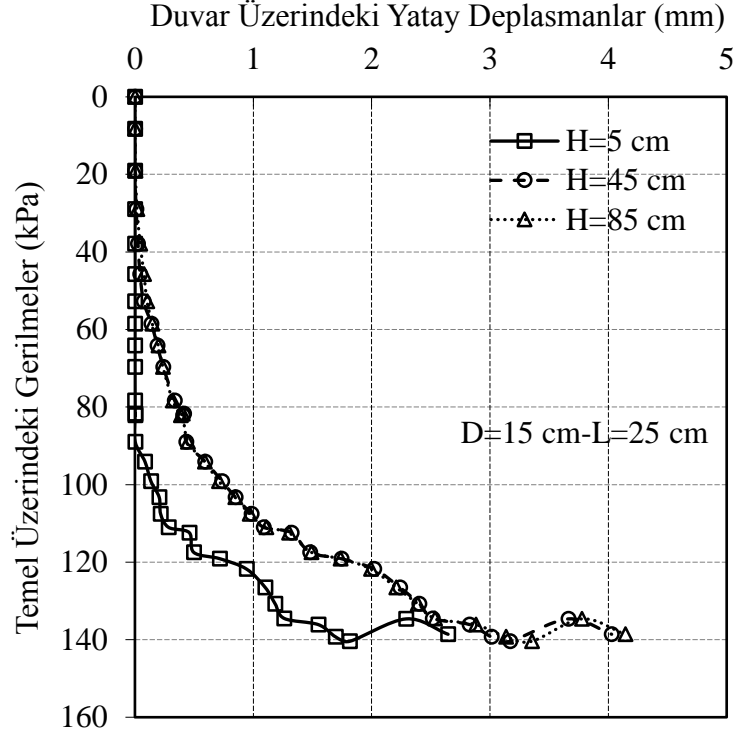
Şekil 4.43-4.45’te tip 4 duvarın önünde D=15 cm çapında kuma oturan dairesel temelin yüklenmesi sonucu duvardaki ötelenmelerin temelde meydana gelen gerilmeler ile grafiği verilmiştir. Duvardan uzaklaştıkça eğrilerin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir. Hatta Şekil 4.45’te duvardan en uzak durumda (L=25 cm) H=45 cm ve H=85 cm’nin eğrilerinin üst üste olduğu çıkmıştır. Bunun sebebi duvardan uzaklaştıkça temelin duvar üzerindeki etkisinin azalarak deplasmanların düşük mertebede olması olarak açıklanabilir. Düşük mertebede gerçekleşen deplasman değerlerinden dolayı aradaki farklar da küçük olmakta ve eğriler birbirine yaklaşmaktadır.



Şekil 4.43. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=15 cm, L=5 cm, tip 4 duvar

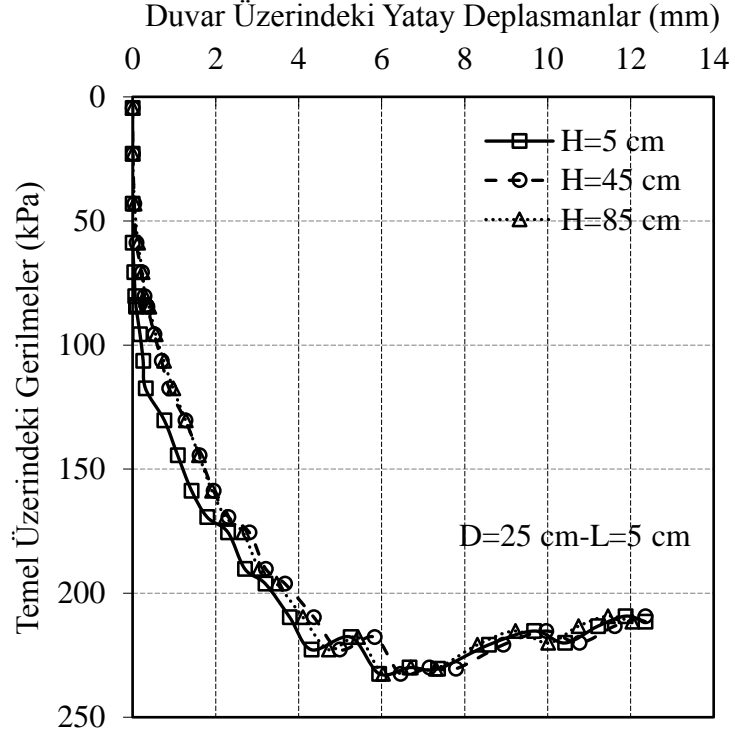


Şekil 4.44. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=15 cm, L=15 cm, tip 4 duvar

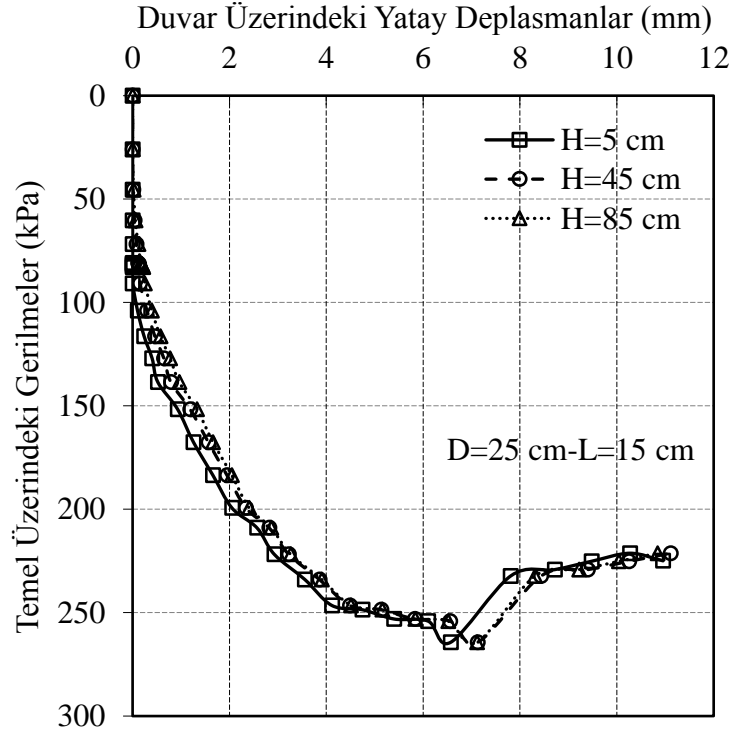


Şekil 4.45. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=15 cm, L=25 cm, tip 4 duvar

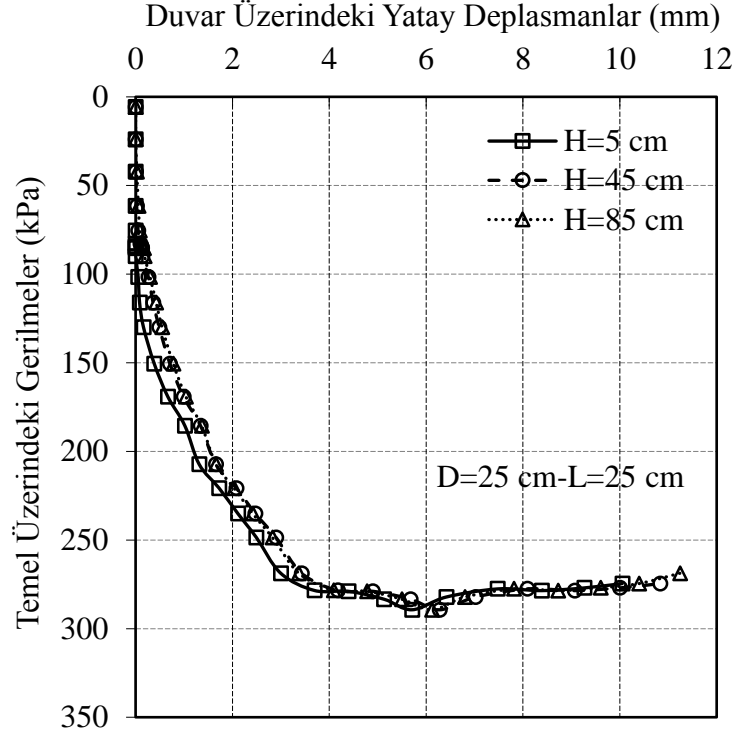
Şekil 4.46-4.48’de tip 4 duvar ile yapılan deneylerde temel çapı D=25 cm olduğu durumda temeldeki gerilmelerin duvardaki ötelenmeler ile birlikte gösterimi verilmiştir. Bu geometriye sahip duvarda D=25 cm’lik temel kullanıldığında her üç şekilde de grafiklerin birbirine çok yakın olduğu bulunmuştur. Aynı eğilim bu geometriye benzeyen tip 2 duvarda da görülmüştür. Fakat tip 4 duvarda her üç grafikte de bu kadar net görülmesinin sebebi tip 2 duvardan daha da ağır olmasıdır. Temel üzerindeki gerilmelerde pik noktalar göz önünde bulundurulduğunda yine her üç grafikte de yatay ötelenmeler yaklaşık olarak 6 mm civarında bulunmuştur.



Şekil 4.46. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
 D=25 cm, L=5 cm, tip 4 duvar

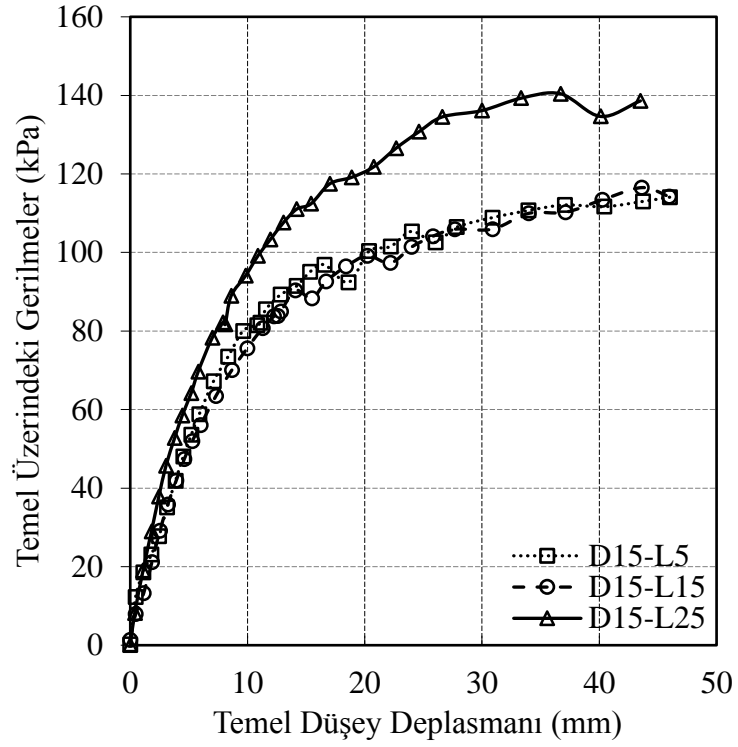


Şekil 4.47. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
 D=25 cm, L=15 cm, tip 4 duvar

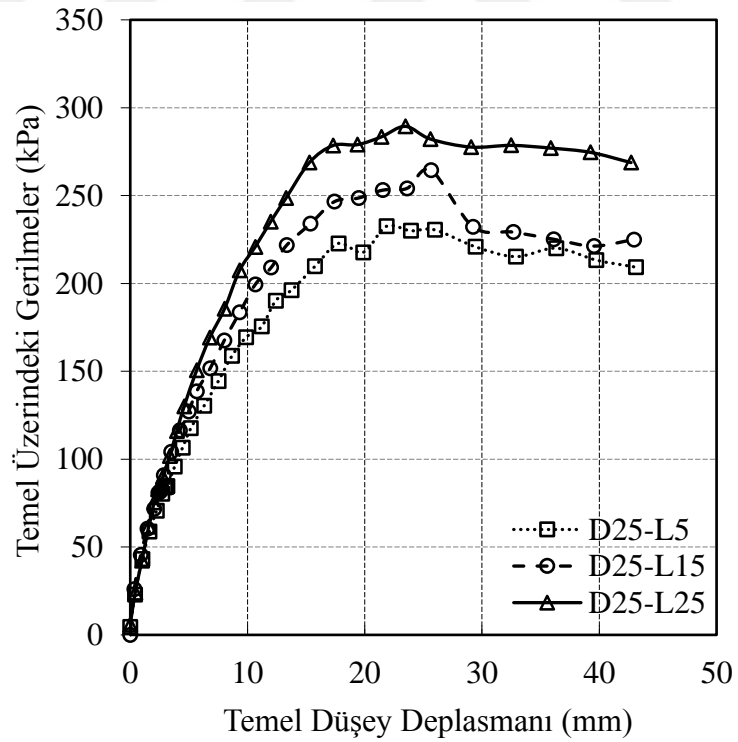


Şekil 4.48. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları
D=25 cm, L=25 cm, tip 4 duvar

Şekil 4.49 ve 4.50’de tip 4 duvar önünde temelin yüklenmesi ile elde edilen temelin yük-deplasman eğrileri temelin duvara olan uzaklığına bağlı olarak verilmiştir. Şekil 4.49’da eğrileri oluşturmak için deneylerde kullanılan temel çapı D=15 cm iken Şekil 4.50’de 25 cm’dir. Grafıklere bakıldığında temel çapının 15 cm olması durumunda pik değerlere karşılık gelen deplasman değerleri yaklaşık olarak 40 mm mertebelerindeyken temel çapının 25 cm olması durumunda ise bu değer yaklaşık 20 mm mertebelerindedir.

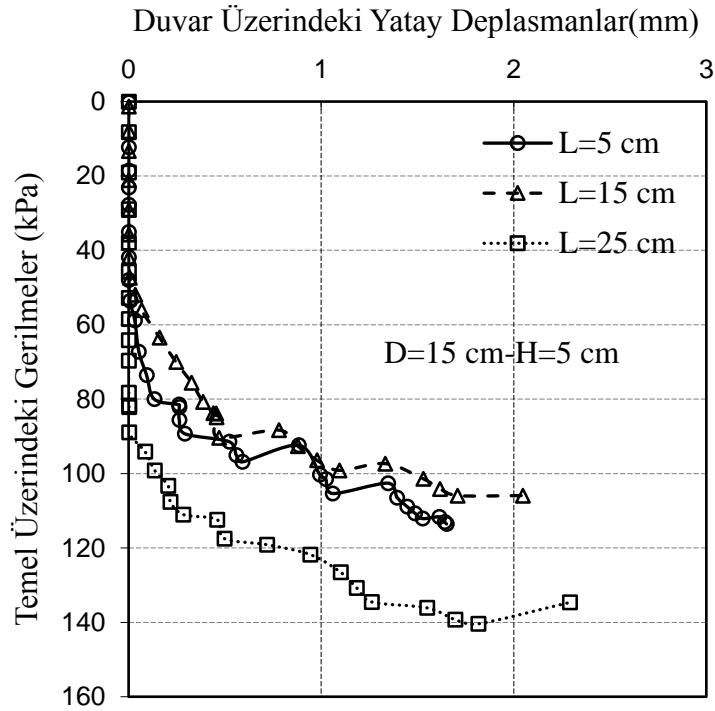


Şekil 4.49. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=15 cm, tip 4 duvar



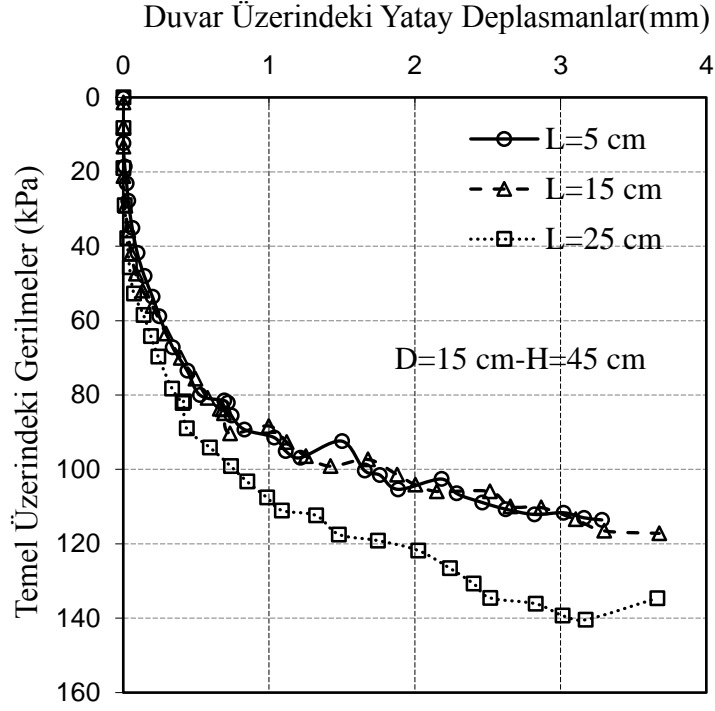
Şekil 4.50. Temelin gerilme-deplasman grafiği: D=25 cm, tip 4 duvar

Şekil 4.51 ve 4.53’de tip 4 duvar üzerinde uzaklığın değişimi ile deplasman ölçerlerden alınan okumalara karşılık temelde meydana gelen gerilmeler grafiksel olarak gösterilmektedir. Duvarın en alt noktasının verilerinin gösterildiği Şekil 4.51.’de ötelenmelerin diğerlerine göre daha az mertebelerde olduğu görülmektedir. Fakat bu farkın çok az düzeylerde olduğu net bir şekilde söylenebilir. H=5 cm iken ötelenmeler 2 mm civarındayken H=45 cm’de yaklaşık 3.5 mm ve H=85 cm’de 4.5 mm civarındadır. Bu değerler tip 4 duvarın neredeyse bir bütün olarak ötelenmediğini gösterir niteliktedir. Çünkü duvarın en alt noktası ve en üst noktasındaki ötelenmelerin birbirine bu kadar yakın olması bu duvarın bir bütün olarak ötelenmesi sonucunu desteklemektedir. Ayrıca temel yüklenirken belirli yük kademelerine kadar duvarda ötelenme olmaması duvarın stabilitesi için pozitif bir durumu ortaya koymaktadır. Örneğin Şekil 4.51.’de 60 kPa mertebelerine kadar duvarda herhangi bir ötelenme görülmemiştir. Yine Şekil 4.52.’de 40 kPa ve Şekil 4.53.’te 30 kPa mertebelerine kadar neredeyse hiç ötelenme olmadığı söylenebilir.

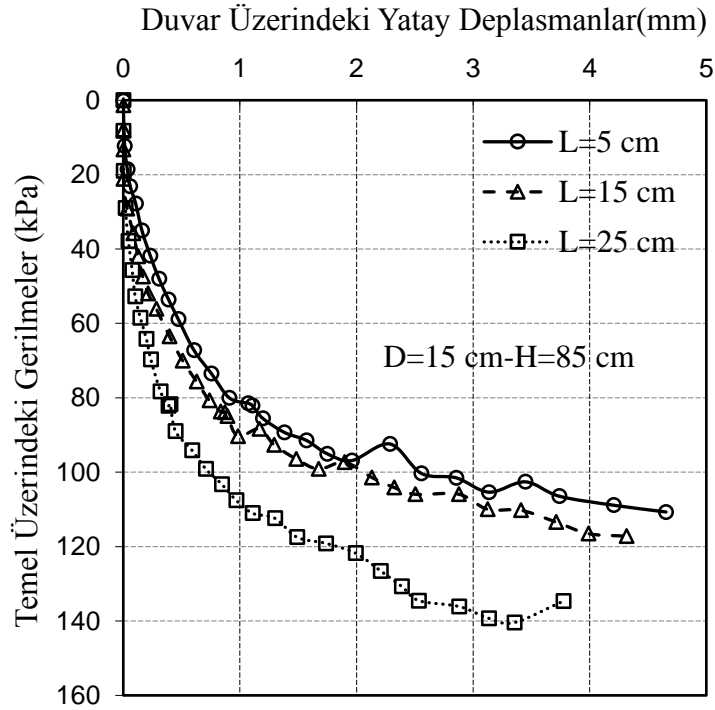


Şekil 4.51. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:

D=15 cm, H=5 cm, tip 4 duvar

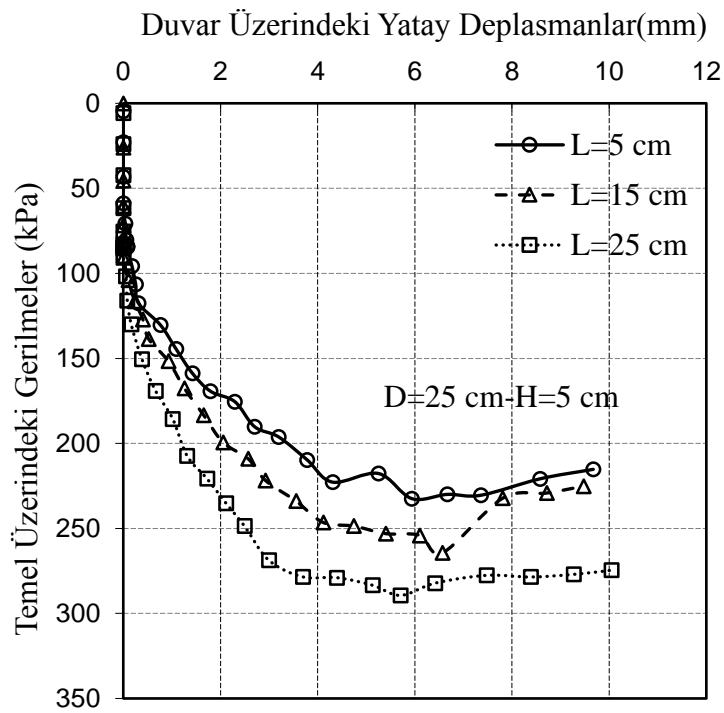


Şekil 4.52. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=45 cm, tip 4 duvar

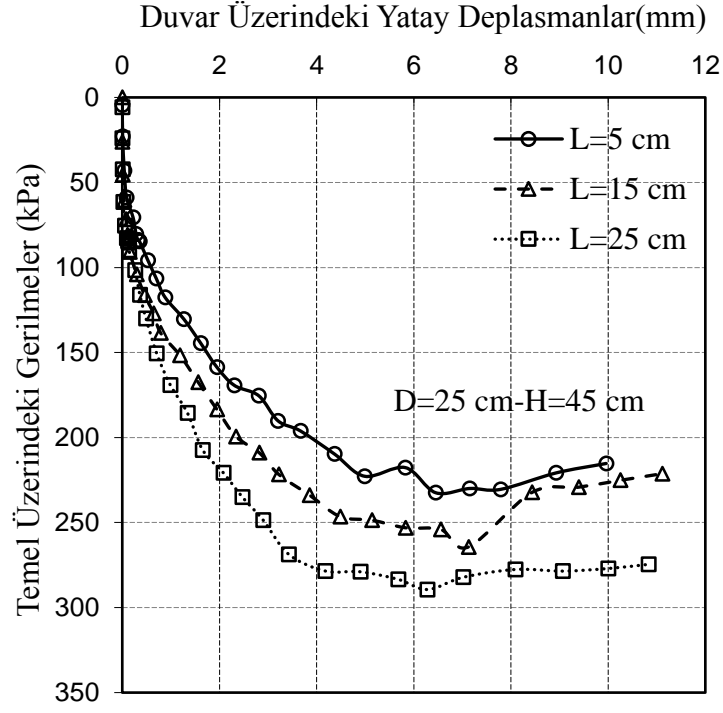


Şekil 4.53. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=15 cm, H=85 cm, tip 4 duvar

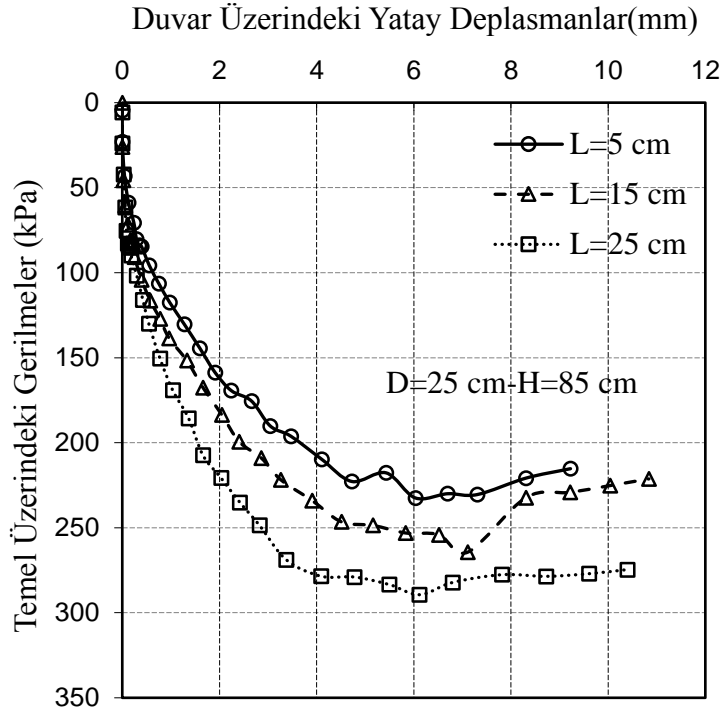
Şekil 4.54 ve 4.56’da tip 4 duvar temel çapı $D=25$ cm iken temeldeki gerilmelere karşılık duvarda meydana gelen ötelenmeler uzaklık değişimi ile verilmiştir. Temel çapının $D=15$ cm olması durumuna benzer şekilde belirli gerilme değerlerine ulaşıncaya kadar herhangi bir ötelenmenin gerçekleşmediği söylenebilir. Temeldeki gerilmelere bakıldığında pik değerlere karşılık gelen ötelenmeler birbirlerine oldukça yakındır. Her üç “H” yüksekliğinde de yaklaşık olarak 6 mm ötelenen duvar temel çapının $D=15$ cm olması durumuna nazaran duvarın bir bütün olarak ötelenmediğini daha net bir şekilde göstermektedir.



Şekil 4.54. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
 $D=25$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar



Şekil 4.55. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=45 cm, tip 4 duvar

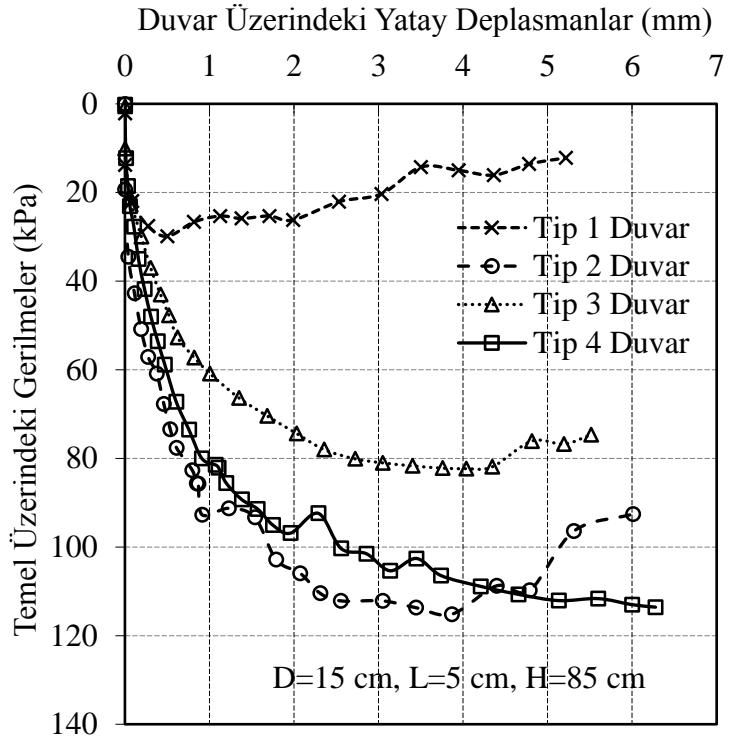


Şekil 4.56. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanları:
D=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar

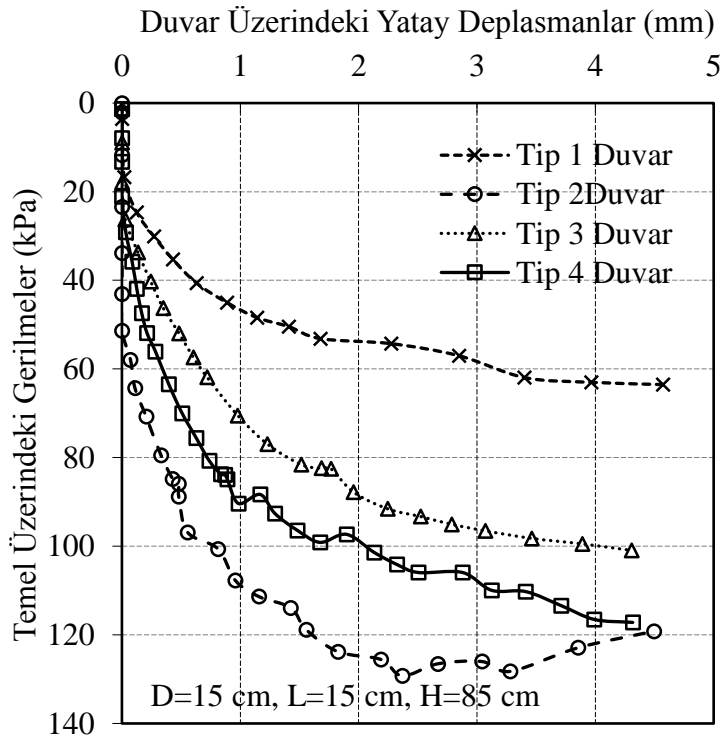
4.1.5. Duvar Tiplerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde farklı tip duvarların aynı şartlar altında karşılaştırılması yapılabilmesi için Şekil 4.57.-Şekil 4.62.'deki grafikler hazırlanmıştır. Duvarın en kritik noktası olan en üst kısımdaki ötelenmeler dikkate alınmıştır. Bu yüzden duvarda bulunan en üstteki ($H=85$ cm) deplasman ölçerlerden alınan okumalar kullanılmıştır. Grafikler, aynı çaptaki temellerin duvara aynı uzaklıkta bulunmaları durumunda sadece duvar tipinin değişimi ile elde edilmiştir. Böylece duvar tipinin değişmesi ile duvardaki ötelenmelerde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Yine aynı şartlar altında duvar tipinin değişimi ile temelde görülen gerilme-deplasman eğrileri de bu bölüme eklenmiştir. Şekil 4.63.-Şekil 4.68.'de temelin gerilme deplasman eğrileri görülmektedir.

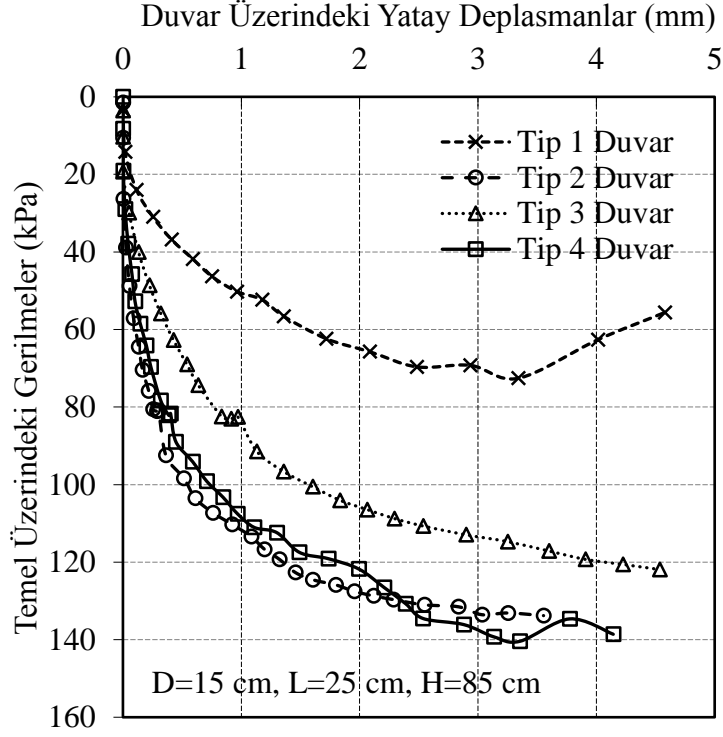
Temel çapı $D=15$ cm iken üç farklı L uzaklığında elde edilen grafikler Şekil 4.57.-Şekil 4.59.'da verilmiştir. Üç grafikte de yatayla 75^0 yapan duvarlar, yani Tip 2 ve Tip 4 duvarların arkasındaki temellerin daha fazla yük aldıkları görülmektedir. Ayrıca belirli bir gerilme değeri esas alındığında bu iki duvarın diğerlerine göre daha az ötelendiği görülmüştür. Tip 1 duvar türünde temelin diğer duvar türlerine göre daha az yük aldığı görülmektedir. Tip 3 duvarın ise ortalama değerinde bir performans gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.57. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması:
D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm

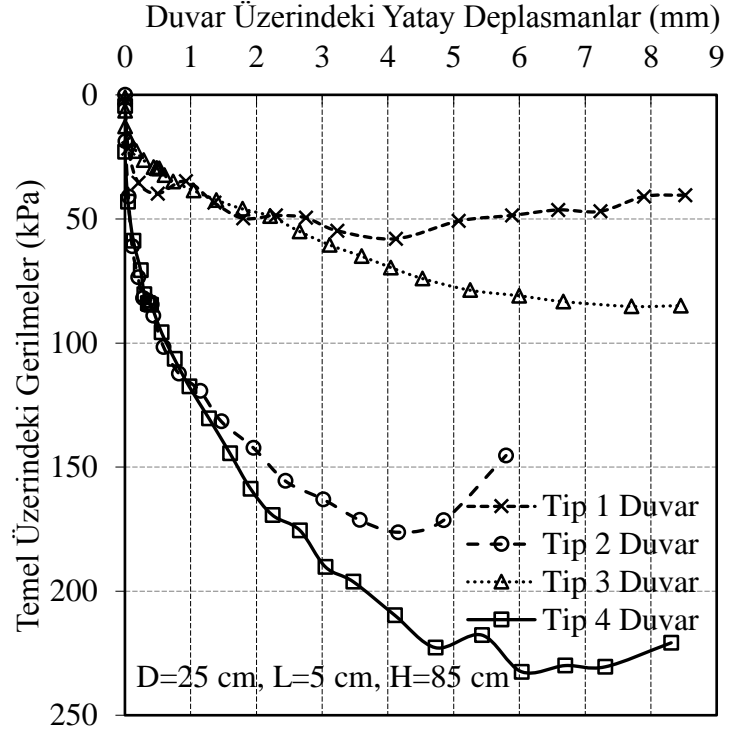


Şekil 4.58. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması:
D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm

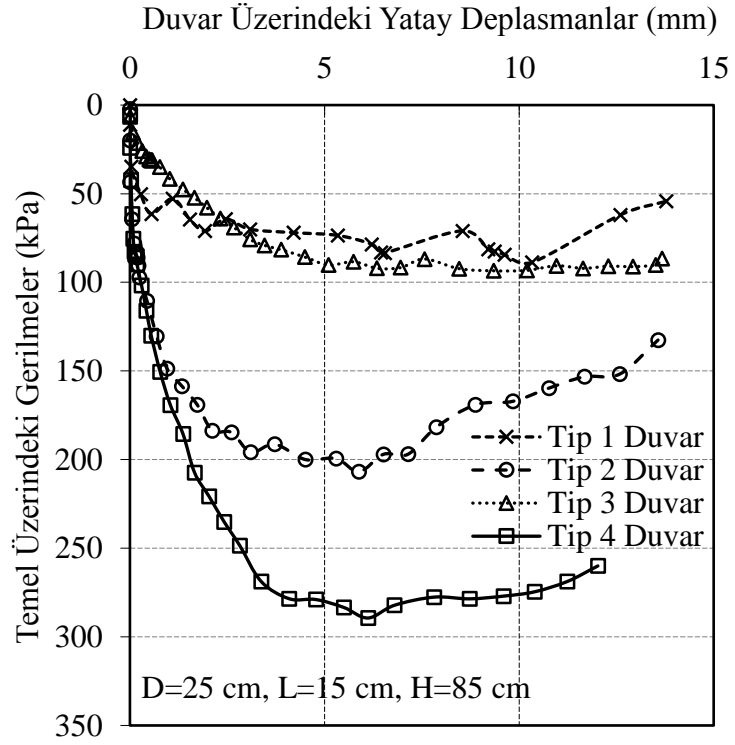


Şekil 4.59. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması:
D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm

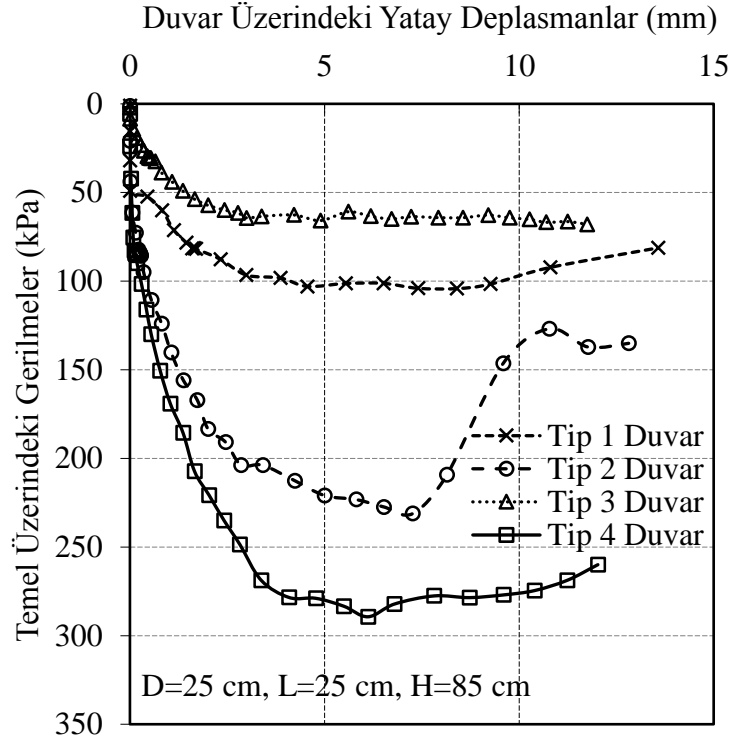
Şekil 4.60.-Şekil 4.62.'de temel çapı D=25 cm iken duvar üç farklı uzaklıkta konumlandırılan temelin yüklenmesi sonucu elde edilen grafikler dört farklı duvar tipi için gösterilmektedir. Temel çapının D=15 cm olduğu duruma benzer şekilde tip 2 ve tip 4 duvarların aynı gerilme düzeyine bakıldığında diğerlerine göre daha az ötelendikleri görülmektedir. Temel çapının D=15 cm olması durumundan farklı olarak da Tip 4 duvarın performansının diğerlerine göre daha belirgin bir şekilde iyi çıkmış olmasıdır. Özellikle de duvara olan uzaklık attıkça yani Şekil 4.62.'ye bakıldığında bu çok daha net görülmektedir. Bu grafikte performans olarak tip 4 duvara en yakın olan yine tip 2 duvar olmuştur. Bu iki duvar türü performans açısından diğer iki duvar türüne göre her zaman daha iyi performans göstermişlerdir.



Şekil 4.60. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması:
D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm

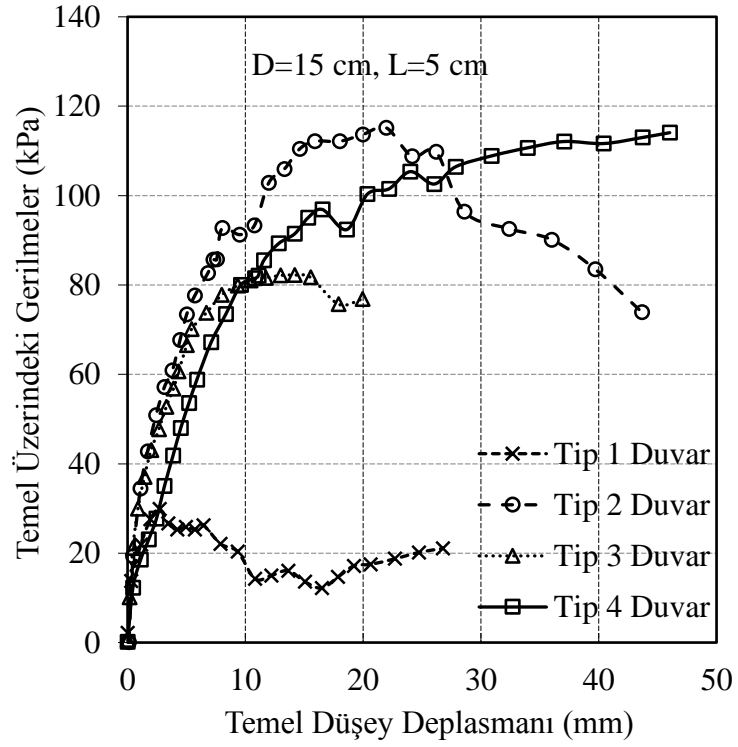


Şekil 4.61. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması:
D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm

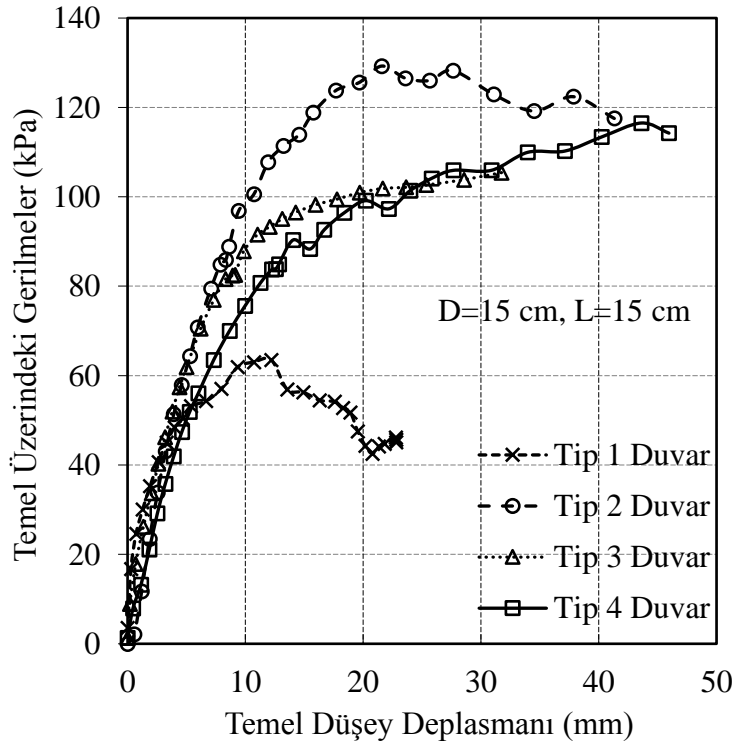


Şekil 4.62. Farklı tip duvarların en üst noktalarının ötelenmelerinin karşılaştırılması:
D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm

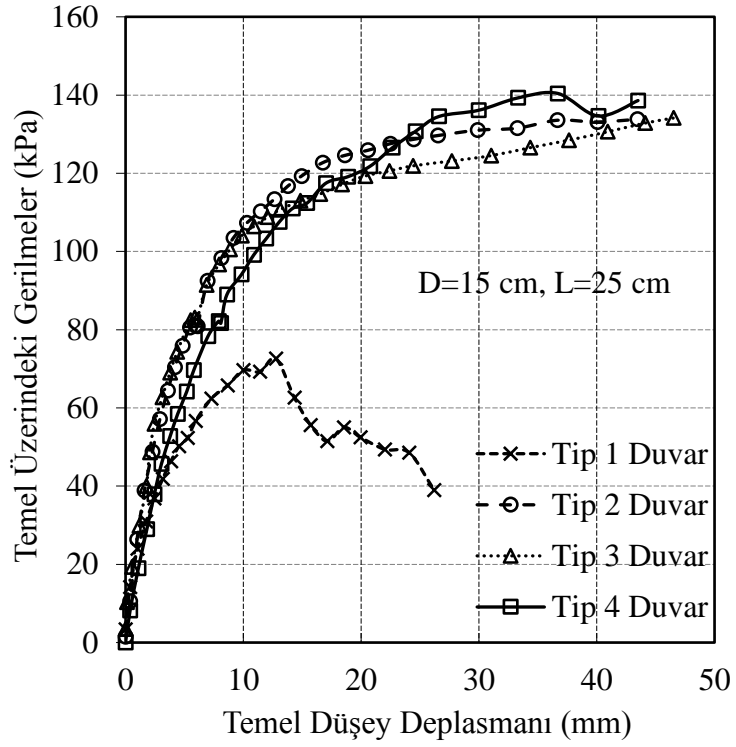
Şekil 4.63.-Şekil 4.65.'te temelde meydana gelen gerilmelerin temeldeki düşey deplasman ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.63.'te yani duvara en yakın durumda tip 2 ve tip 4 duvarların arkasında kuma oturan dairesel temellerin aldıkları yüklerin daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu temellerde meydana gelen gerilmeler daha fazladır. Duvara en uzak durumda yani Şekil 4.65.'te tip 1 duvar hariç diğer duvarlar yaklaşık olarak aynı trendi göstermişlerdir.



Şekil 4.63. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm

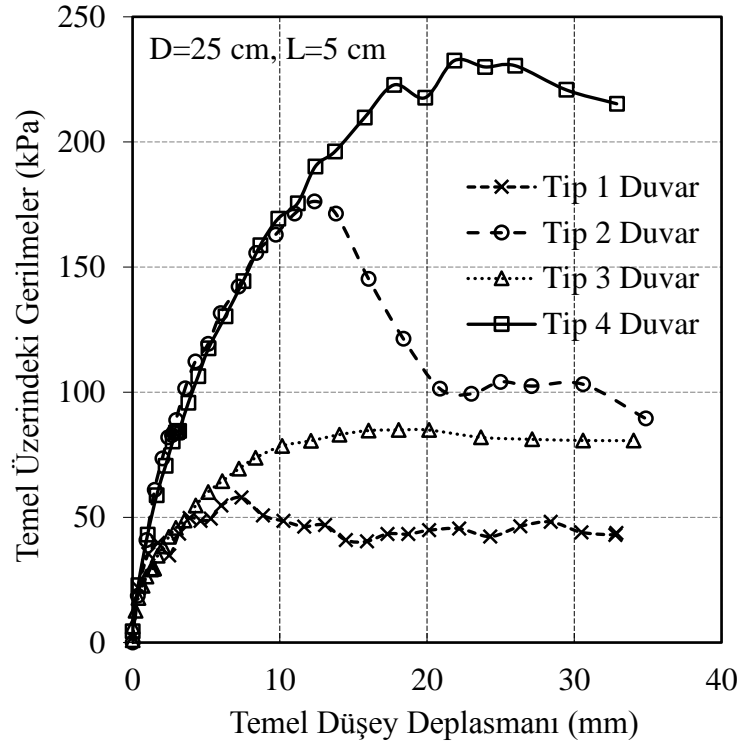


Şekil 4.64. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm

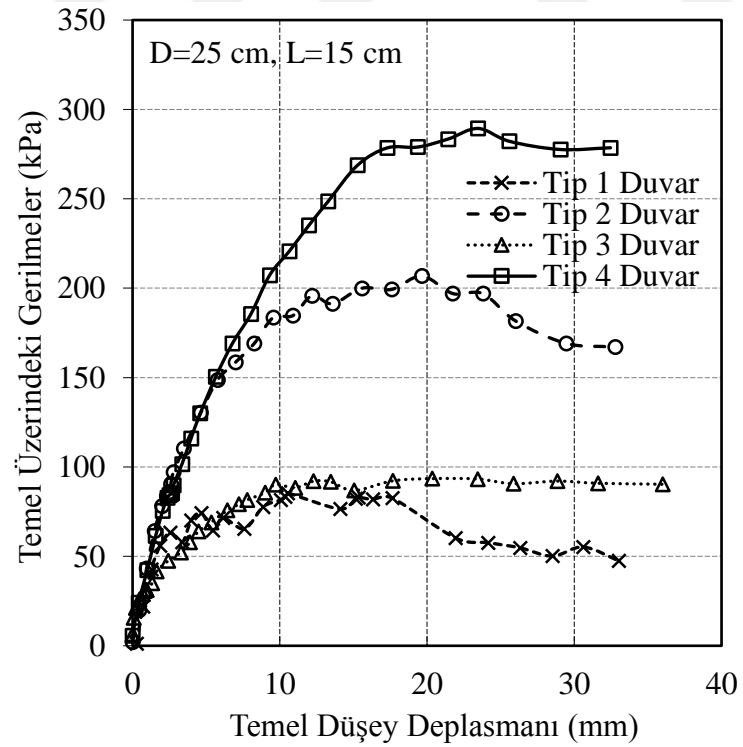


Şekil 4.65. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm

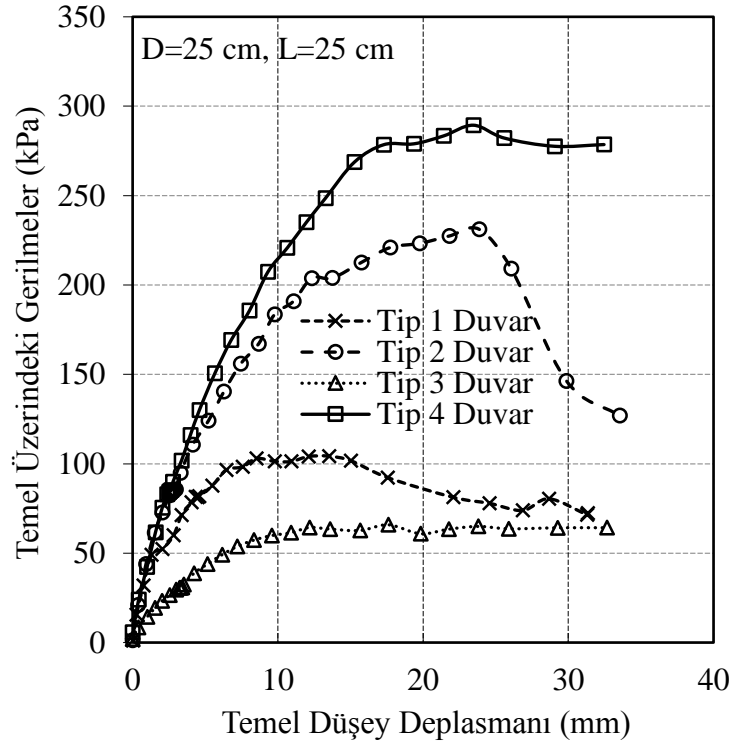
Şekil 4.66.-Şekil 4.68.'de temel çapının D=25 cm olması durumunda temellerin gerilme-düşey deplasman eğrileri gösterilmektedir. Duvara olan her üç uzaklıkta da hemen hemen benzer bir davranış görülmektedir. Eğrilere bakıldığı zaman tip 2 ve tip 4 duvarların arkasında bulunan temellerde ki gerilmelerin en fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.66. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm



Şekil 4.67. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm



Şekil 4.68. Farklı tip duvarların arkasında yüklenen dairesel temelin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm

4.2. Nümerik Analizler

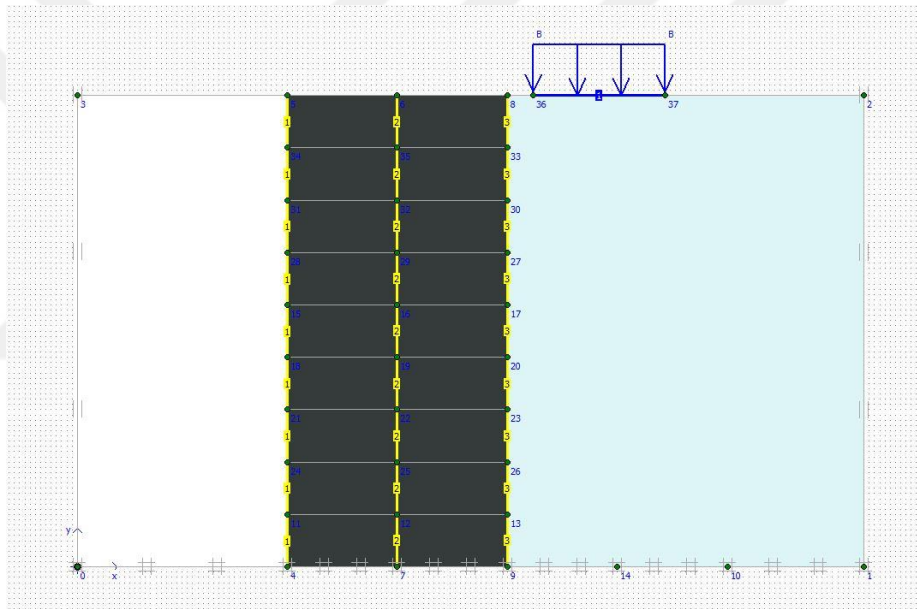
Tez kapsamında gerçekleştirilen deneyler PLAXIS programında iki boyutlu olarak modellenmiş ve nümerik analizler gerçekleştirilmiştir. Bütün duvar tiplerinde toplamda yapılan 24 deneyin hepsi nümerik programda modellenmiş ve analiz sonuçları deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Malzeme modeli olarak “hardening-soil” kullanılmıştır ve kum zemin için elastisite modülü $1 \cdot 10^4$ kPa olarak programa girilmiştir. Aynı şekilde geocell malzemesinin içine yerleştirilen agreganın elastisite modülü $3 \cdot 10^5$ kPa olarak programa girilmiştir. Yine aynı şekilde deneysel bulgularla elde edilen kum zeminin içsel sürtünme açısı 42° ve agreganın içsel sürtünme açısı 45° olarak programa girilmiştir. Grid eleman olarak kullanılan malzemenin EA değeri $1 \cdot 10^8$ kPa olarak girilmiştir. Tablo 4.1.’de programda girdi olarak alınan, modelde kullanılan malzemelerin özellikleri gösterilmektedir.

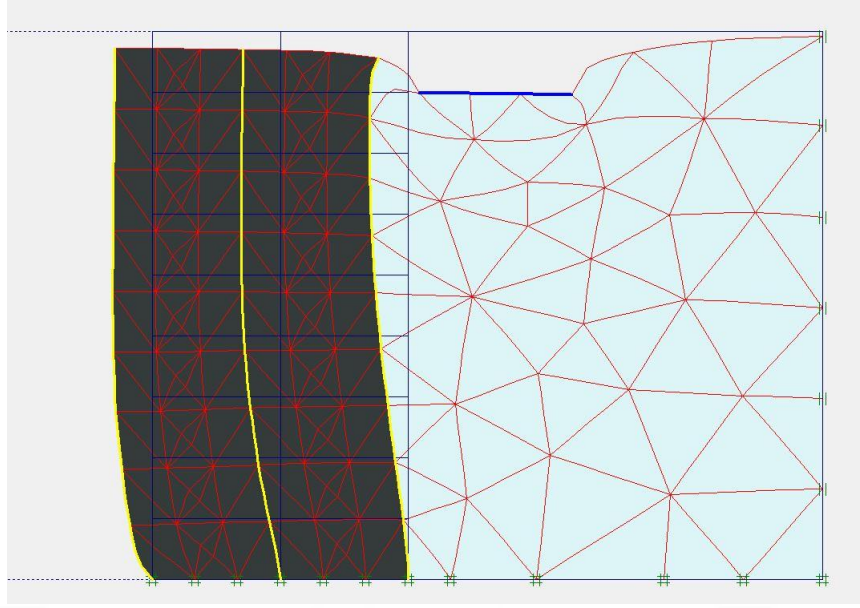
Tablo 4.1. Nümerik analizler için PLAXİS programına girilen veriler

	Kum	Agrega
E_{50}^{ref} (kPa)	1×10^4	3×10^5
E_{oed}^{ref} (kPa)	1×10^4	$2,8 \times 10^5$
E_{ur}^{ref} (kPa)	3×10^4	6×10^5
ϕ (derece)	42	45

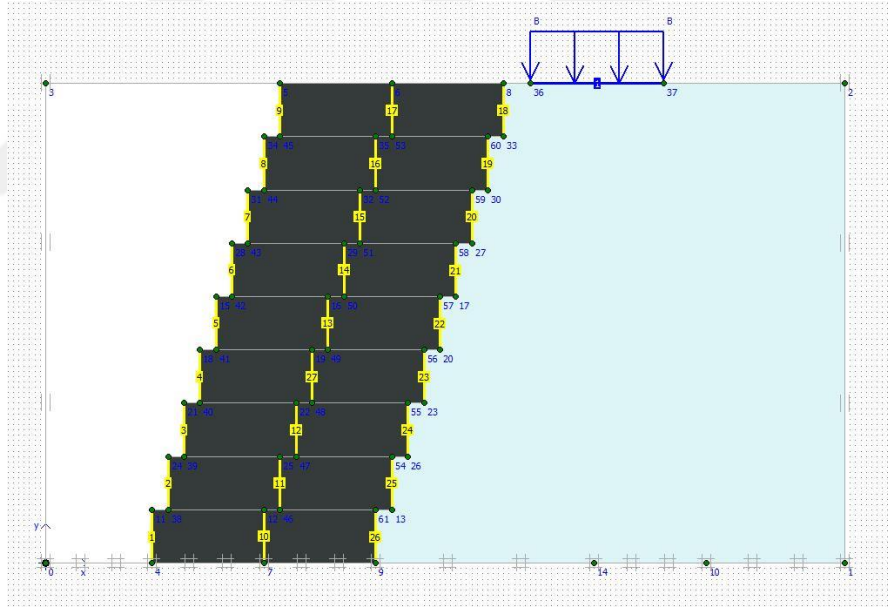
Şekil 4.69.-4.76.'da PLAXİS programında bütün duvar tiplerinin modellenmiş görselleri ve yükleme sonrası deforme olmuş durumları gösterilmektedir.



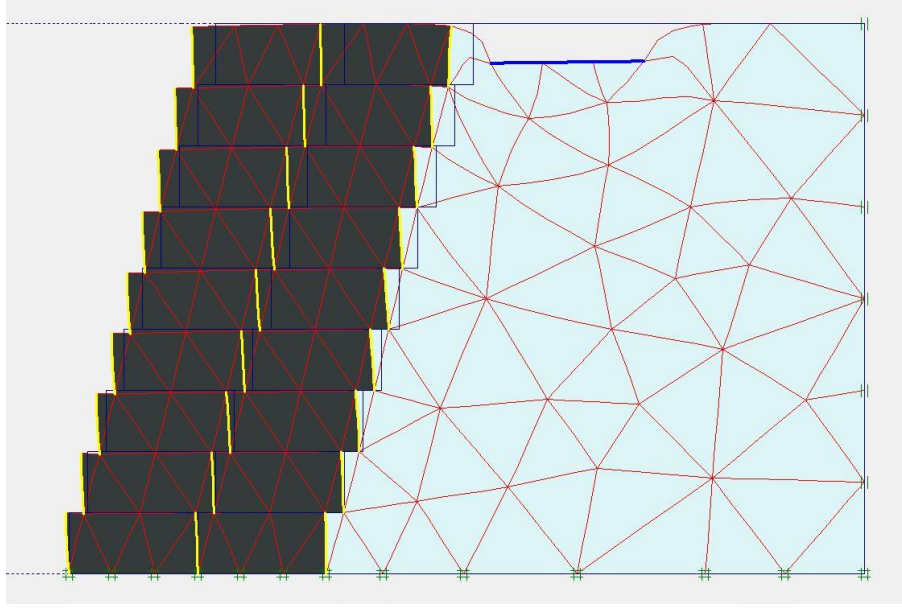
Şekil 4.69. Tip 1 duvarda D=25 cm, L=5 cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü



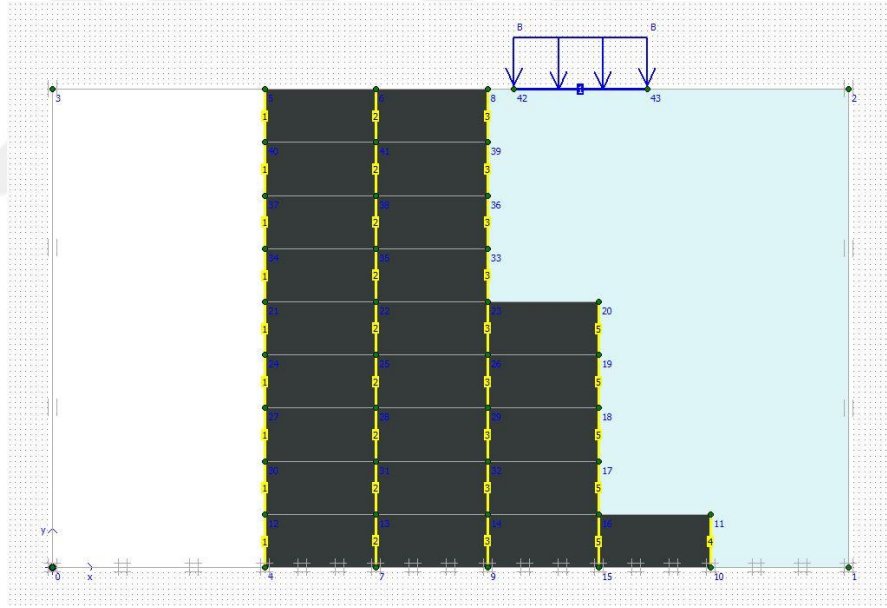
Şekil 4.70. Tip 1 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXIS programında yükleme sonrası görüntüsü



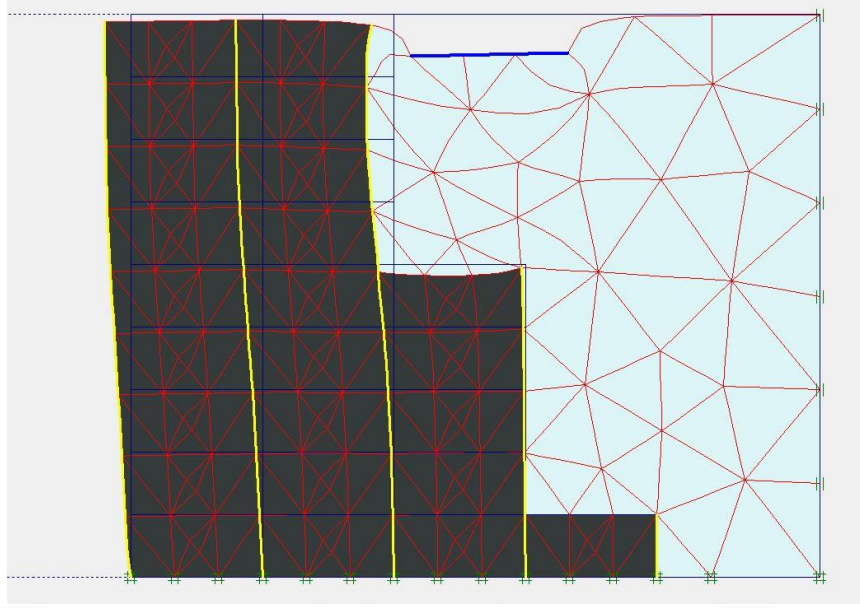
Şekil 4.71. Tip 2 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXIS programında model görüntüsü



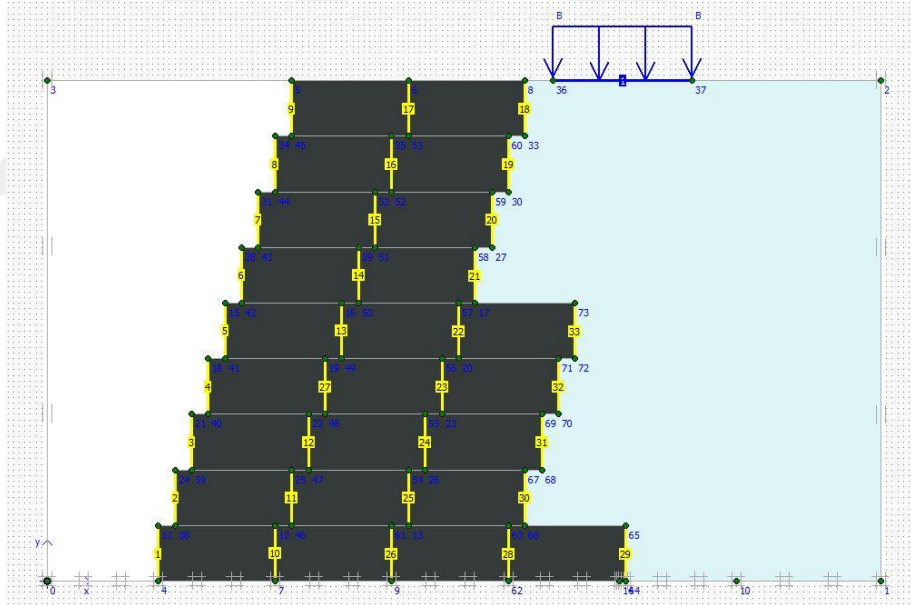
Şekil 4.72. Tip 2 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXİS programında yükleme sonrası görüntüsü



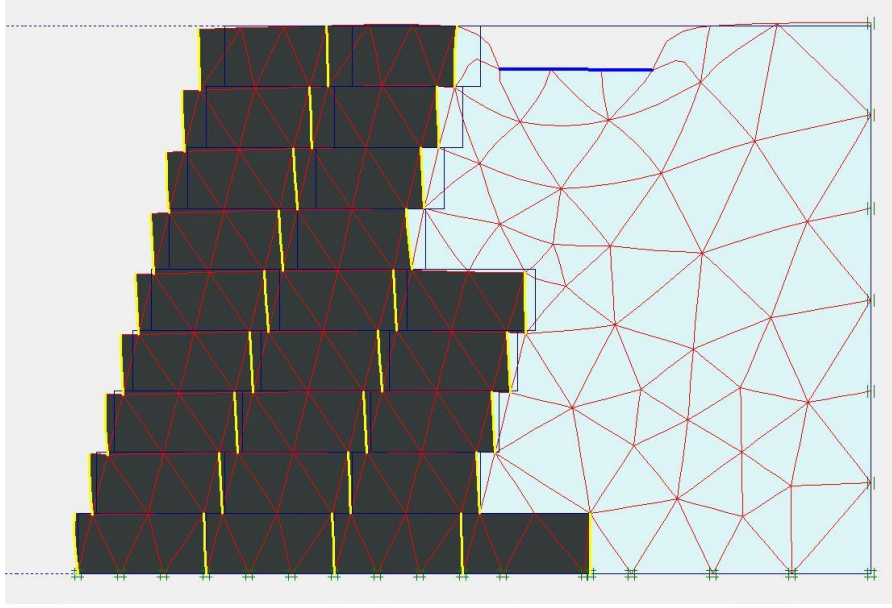
Şekil 4.73. Tip 3 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü



Şekil 4.74. Tip 3 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXİS programında yükleme sonrası görüntüsü



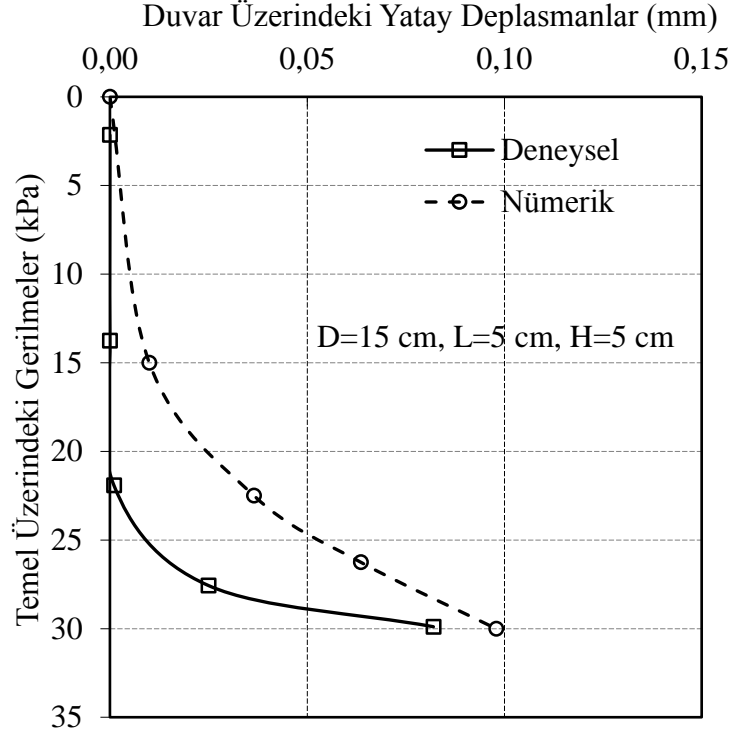
Şekil 4.75. Tip 4 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXİS programında model görüntüsü



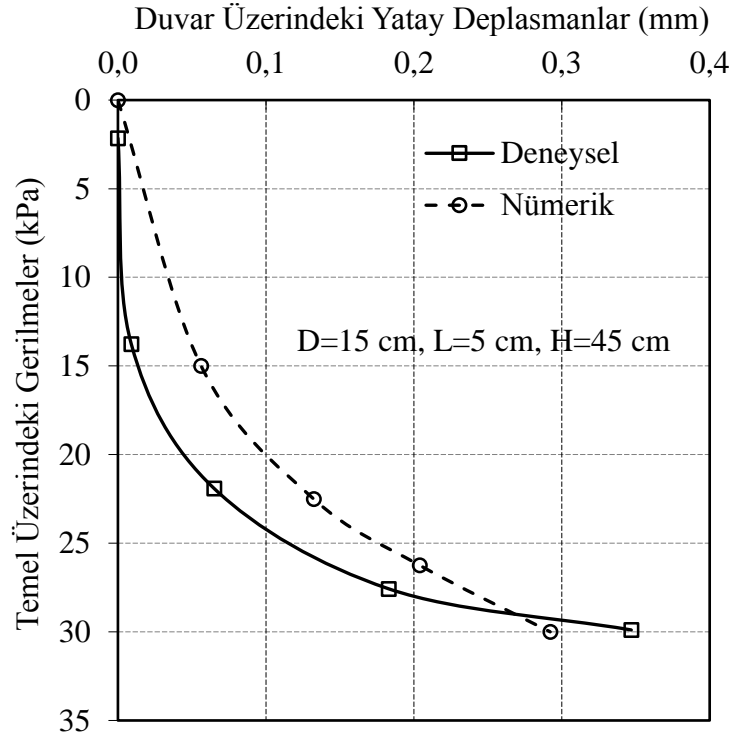
Şekil 4.76. Tip 4 duvarda $D=25$ cm, $L=5$ cm durumunda PLAXIS programında yükleme sonrası görüntüsü

4.2.1. Tip 1 Duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler

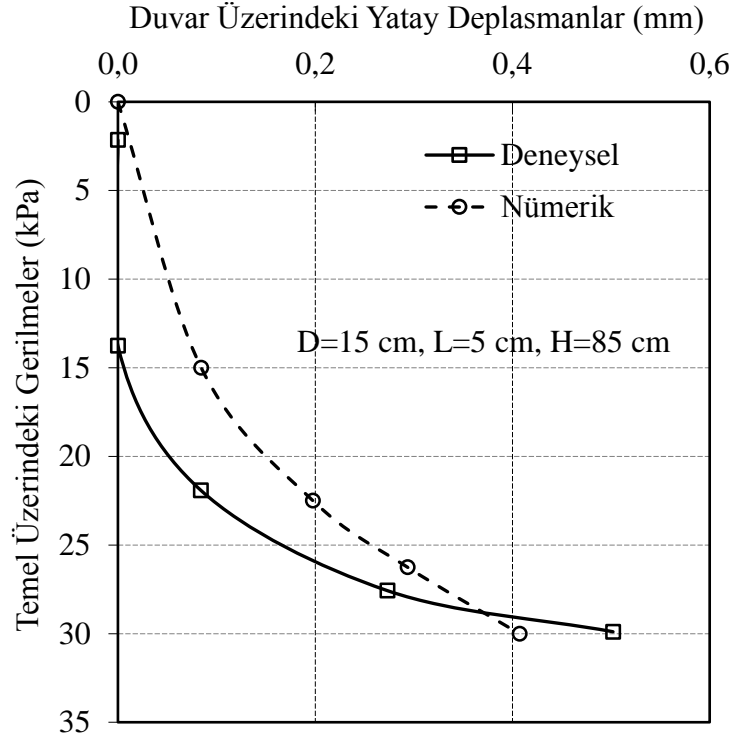
Şekil 4.77.- Şekil 4.100.'de tip 1 duvar üzerinde yapılan nümerik analizler verilmiştir. Şekil 4.77.- Şekil 4.85'te temel çapı $D=15$ cm olan durum gösterilirken Şekil 4.85.- Şekil 4.94.'te temel çapının $D=25$ cm olan durumda analiz sonuçları görülmektedir. Temelin gerilme – deplasman eğrilerinin deneysel ve nümerik karşılaştırmaları ise Şekil 4.95.-Şekil 4.100.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarının deneysel bulgularla uyumlu olduğu söylenebilir. Özellikle de Şekil 4.92.'de temel çapı $D=25$ cm, duvara olan uzaklık $L=25$ cm olması halinde duvarın en alt noktasının $H=5$ cm'deki okumalara bakıldığında, belirli bir yatay ötelenme değerine kadar deneysel ve nümerik eğrilerin birbirine oldukça yakın çıktığı tespit edilmiştir.



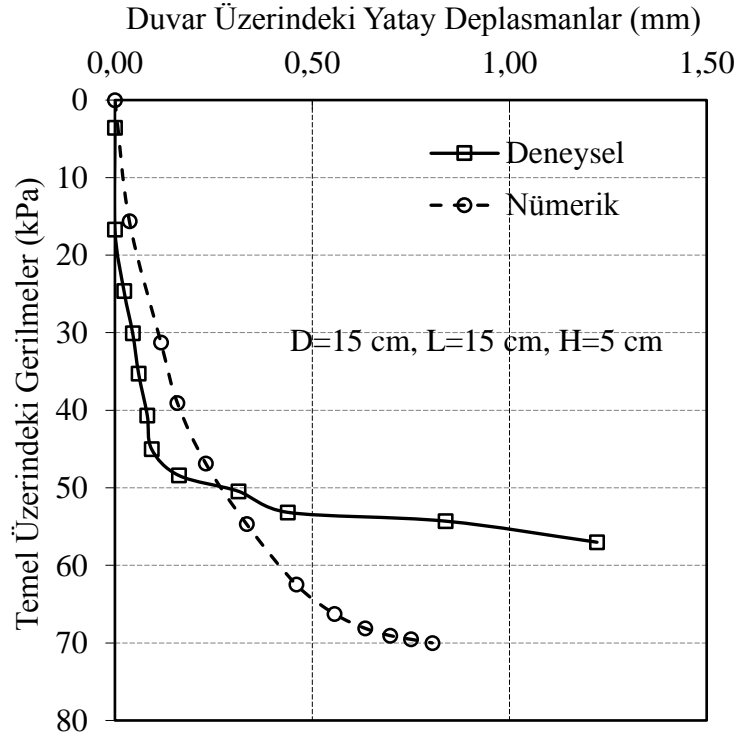
Şekil 4.77. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



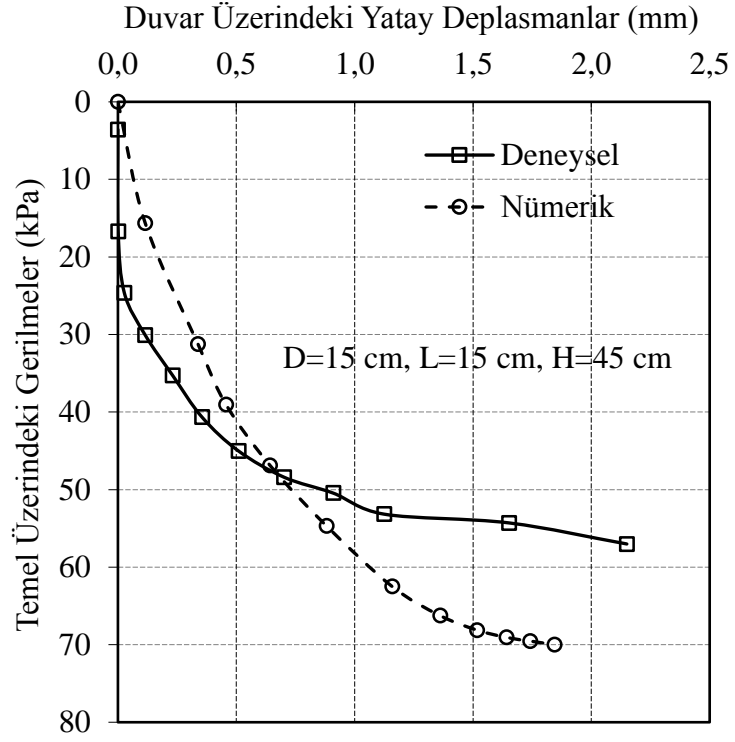
Şekil 4.78. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



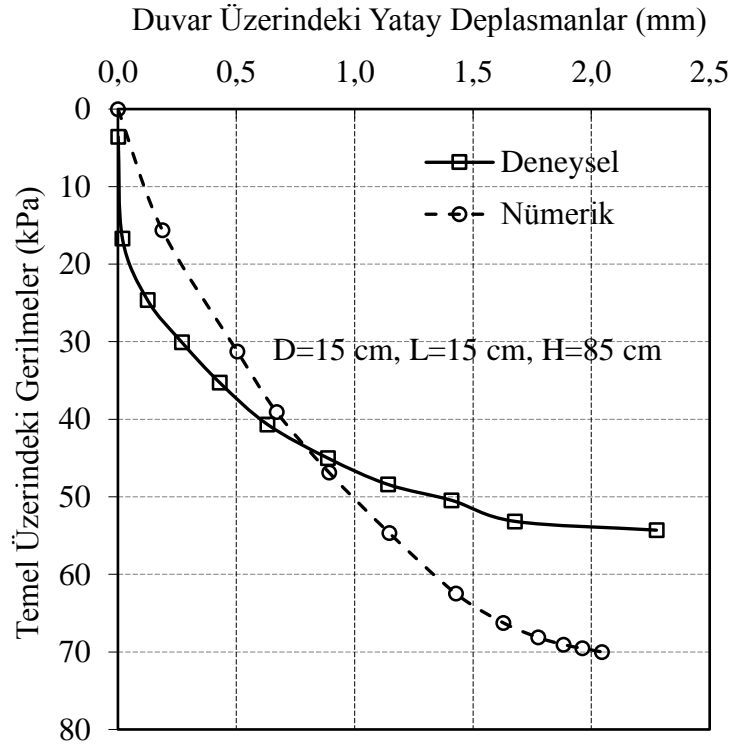
Şekil 4.79. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



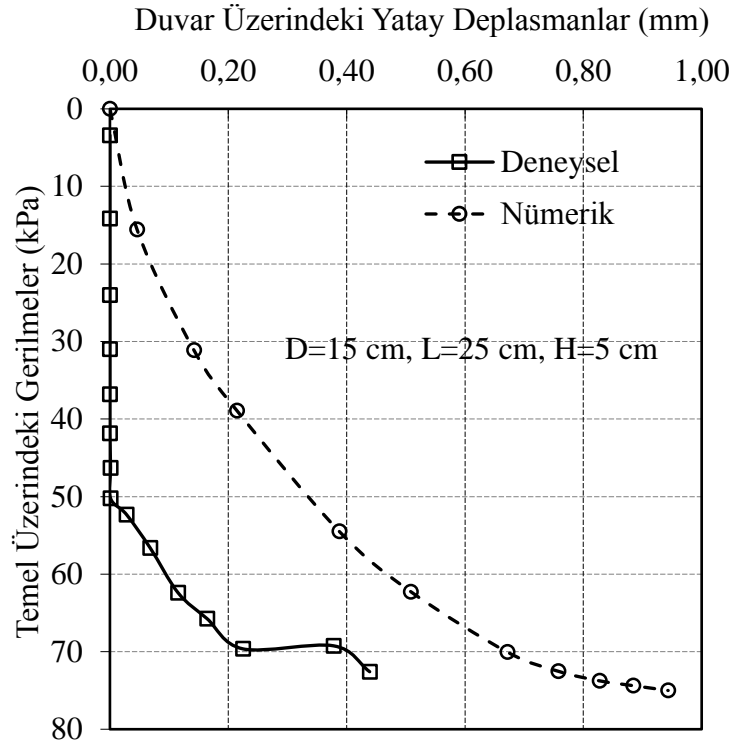
Şekil 4.80. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



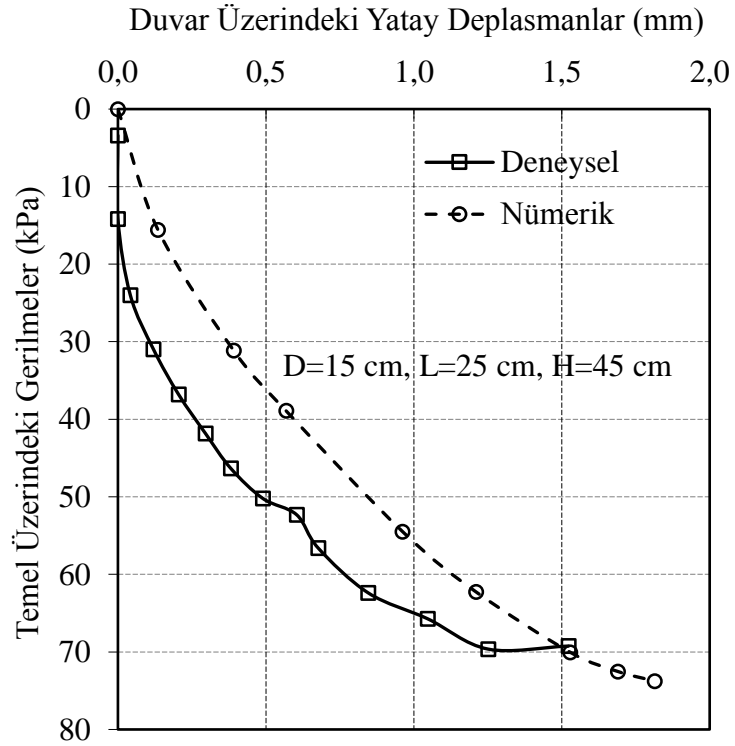
Şekil 4.81. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



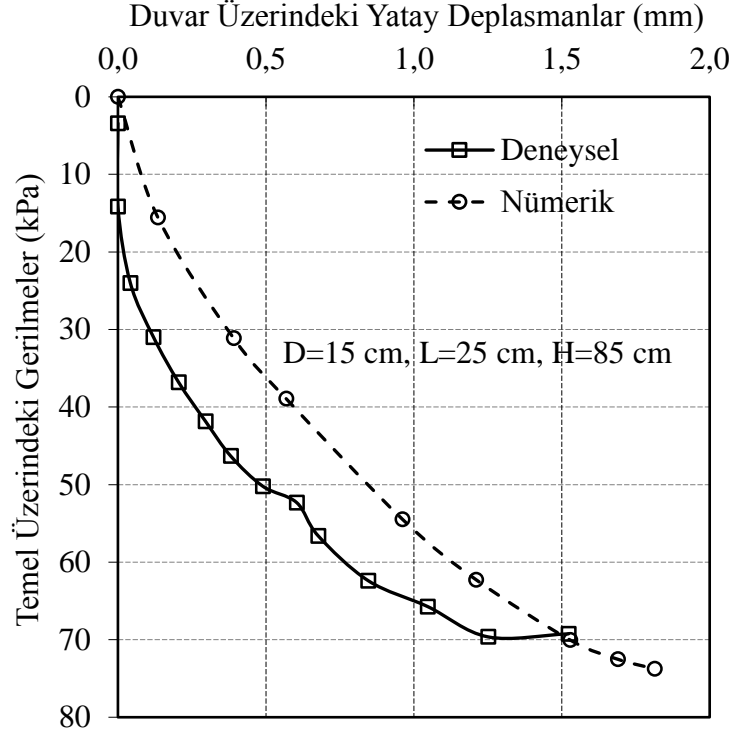
Şekil 4.82. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



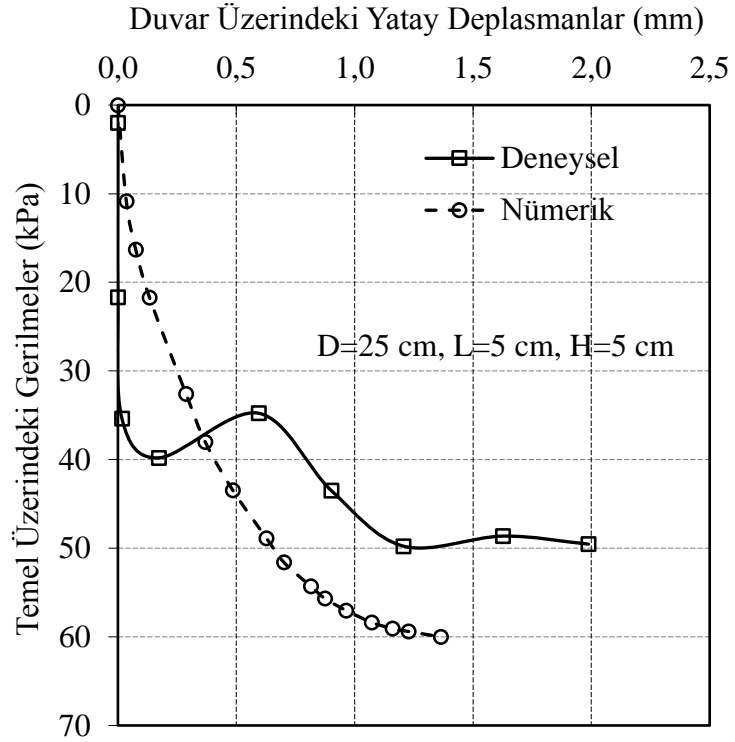
Şekil 4.83. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



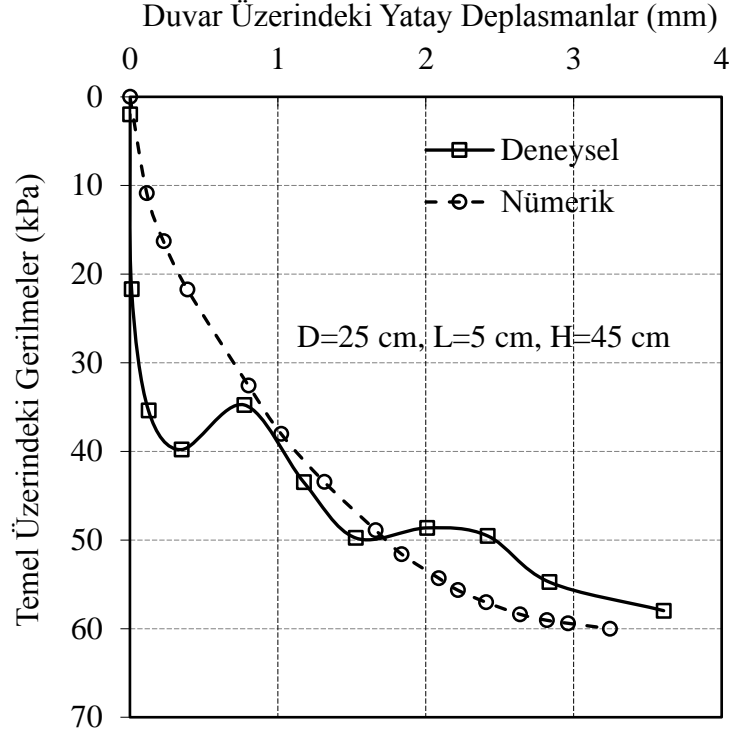
Şekil 4.84. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



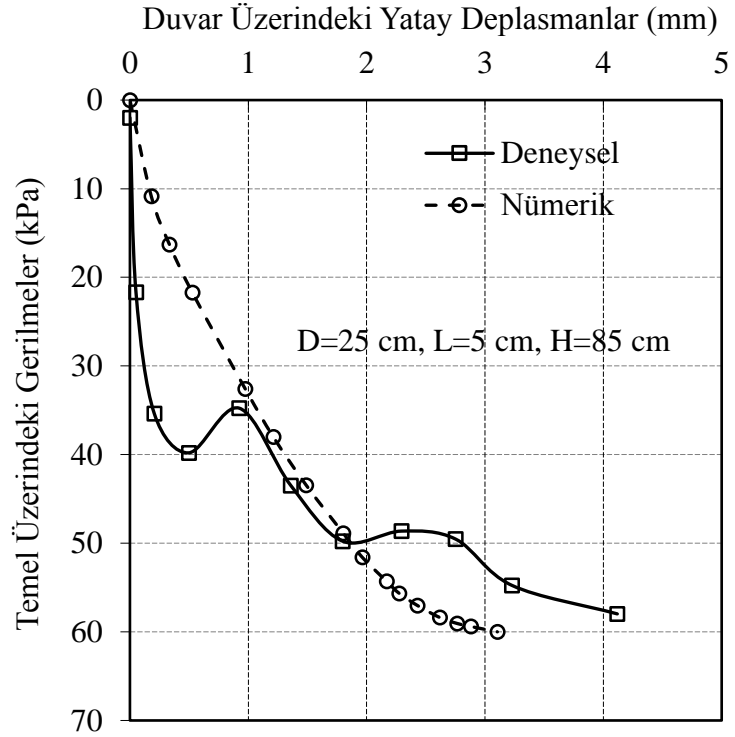
Şekil 4.85. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



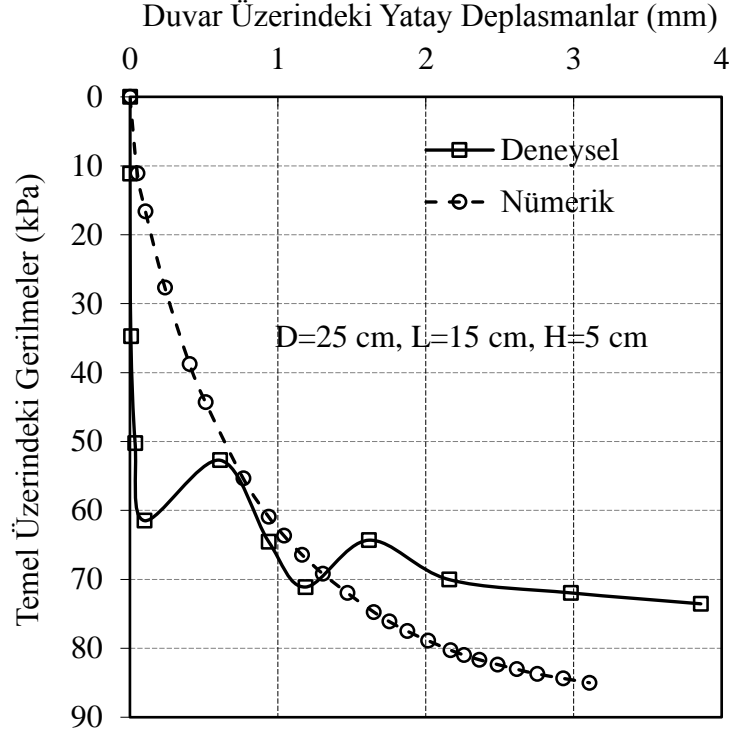
Şekil 4.86. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



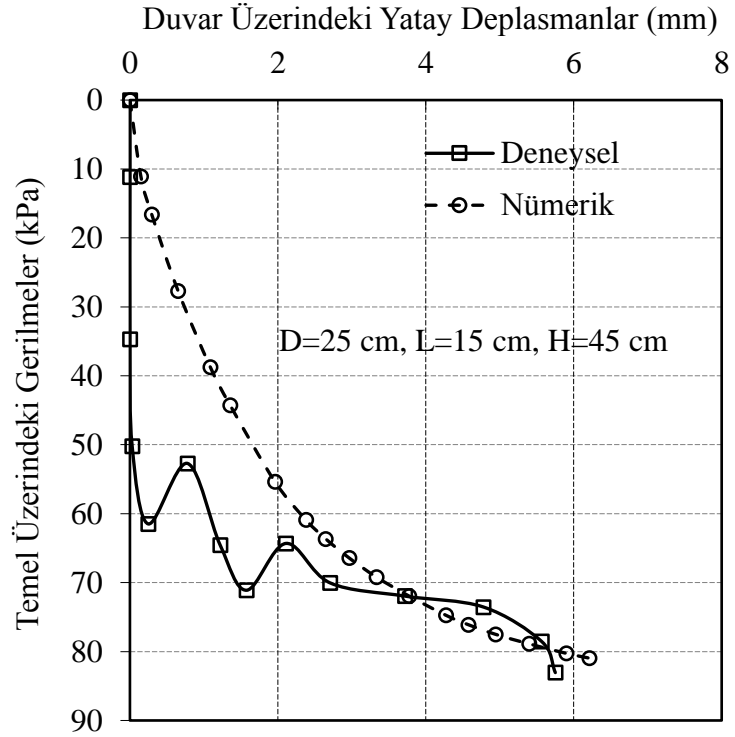
Şekil 4.87. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



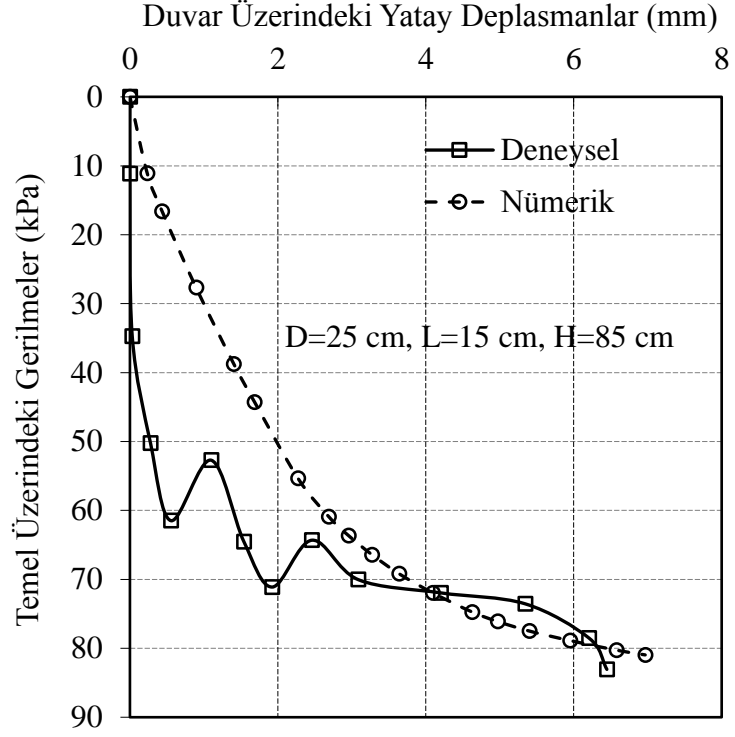
Şekil 4.88. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



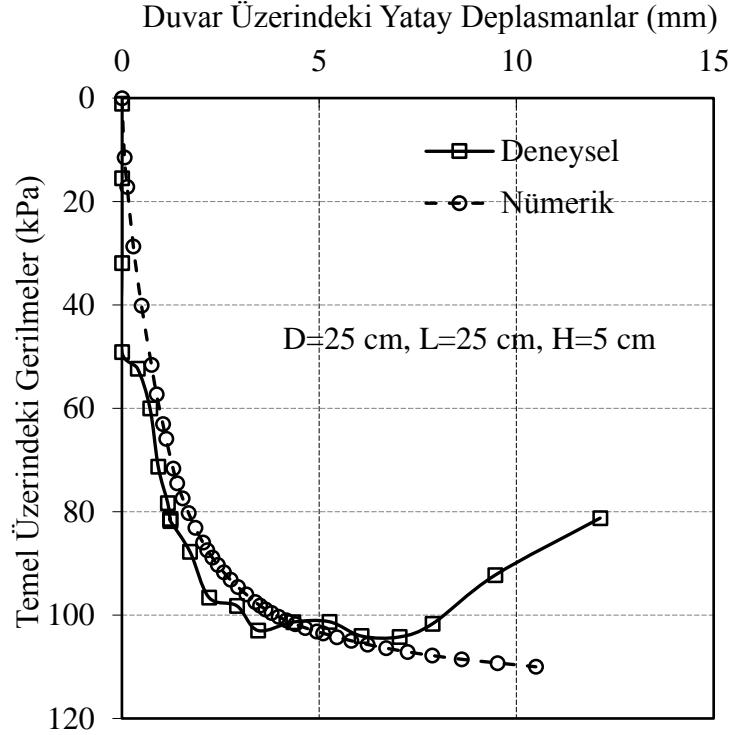
Şekil 4.89. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



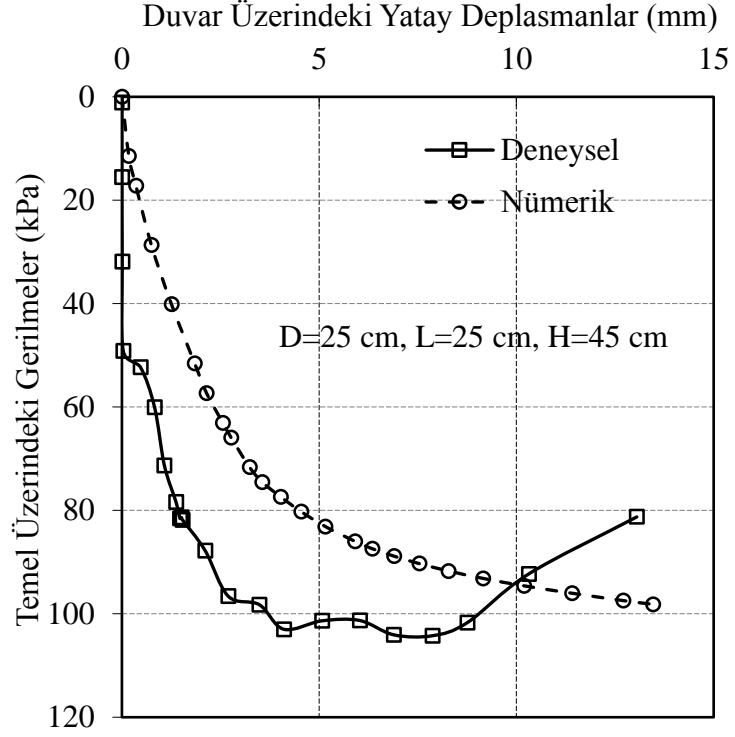
Şekil 4.90. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



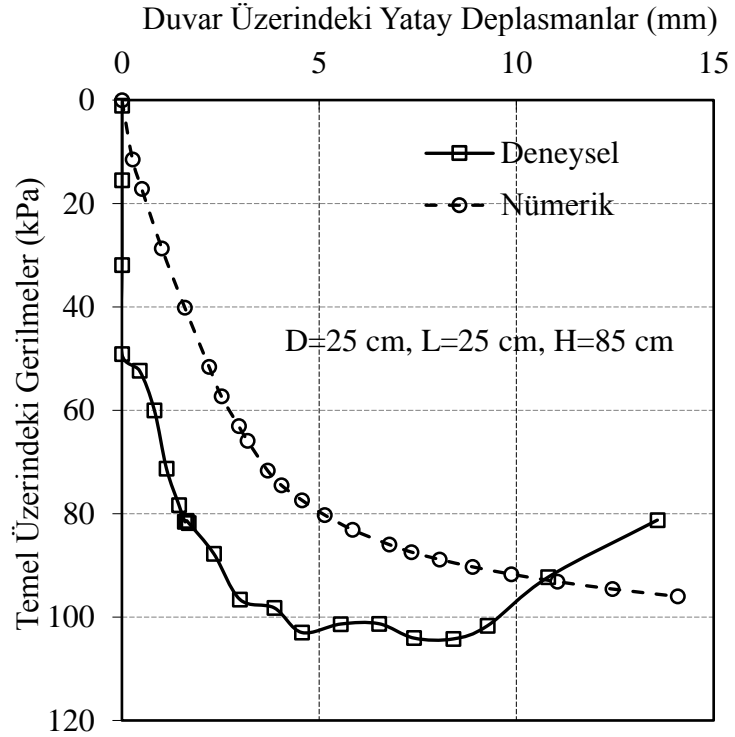
Şekil 4.91. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



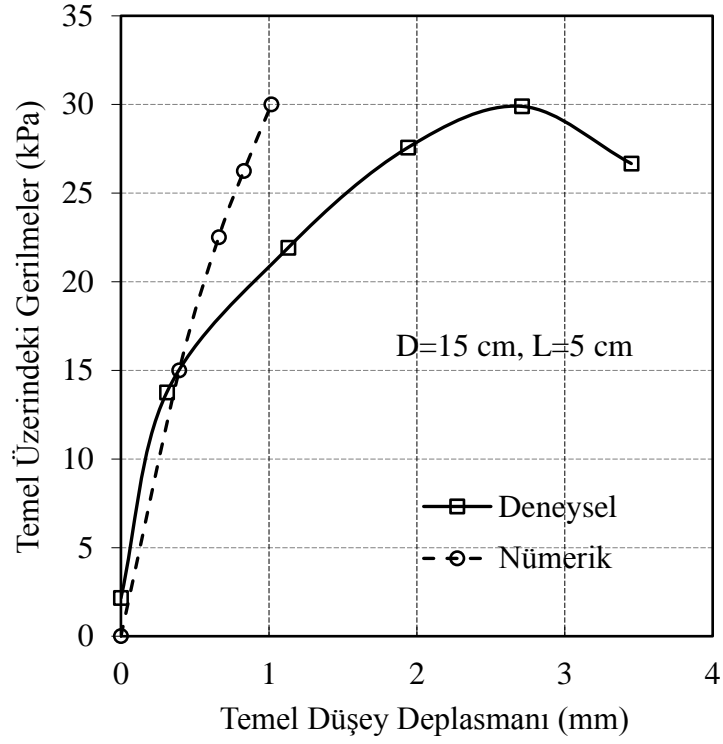
Şekil 4.92. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 1 duvar



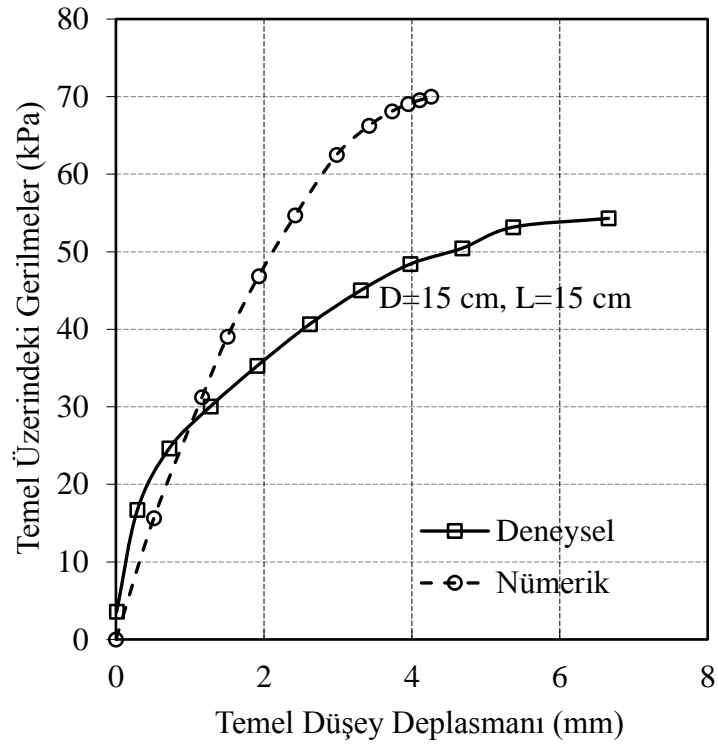
Şekil 4.93. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 1 duvar



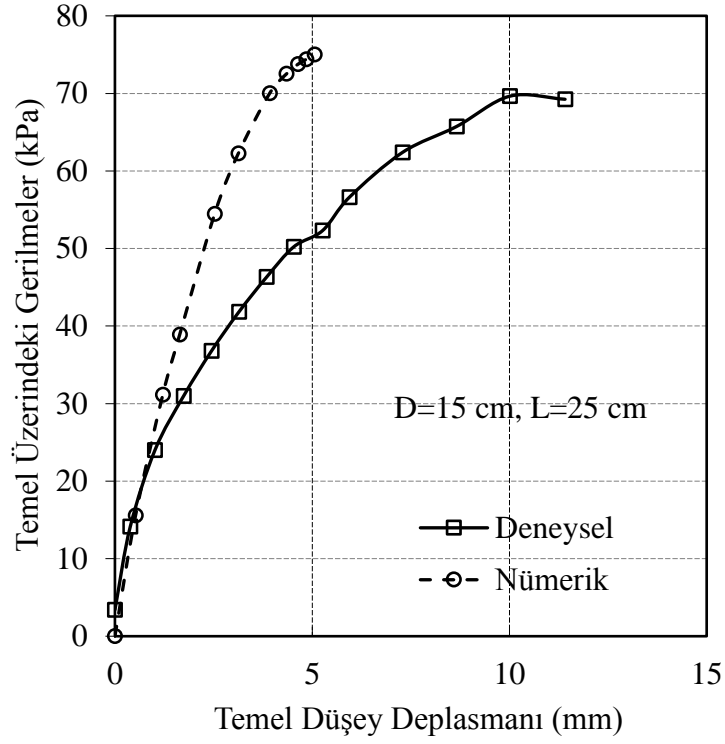
Şekil 4.94. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



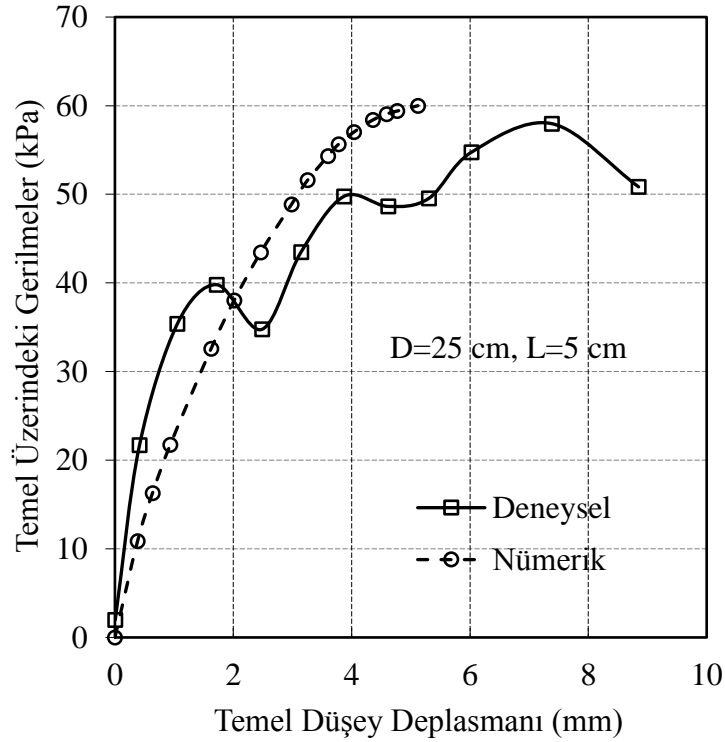
Şekil 4.95. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, tip 1 duvar



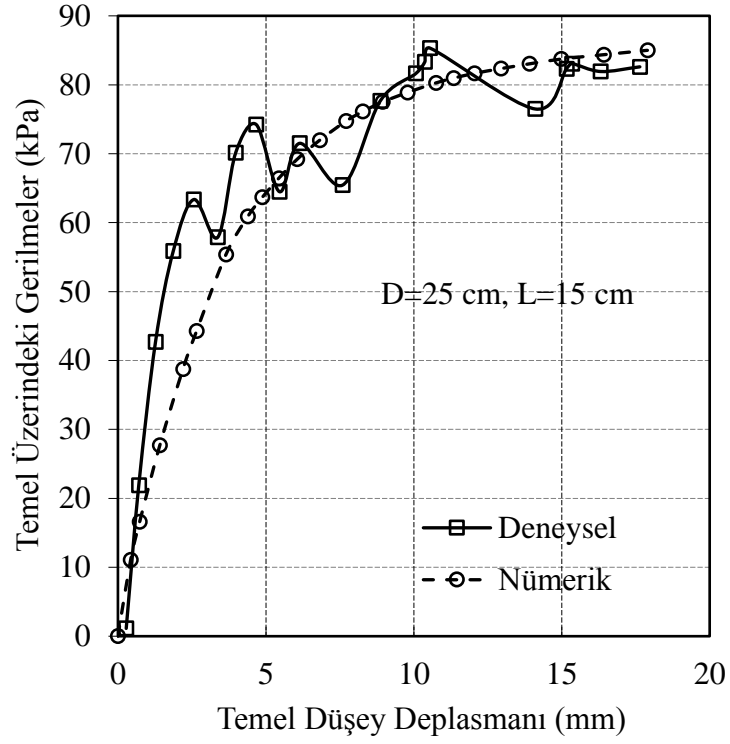
Şekil 4.96. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, tip 1 duvar



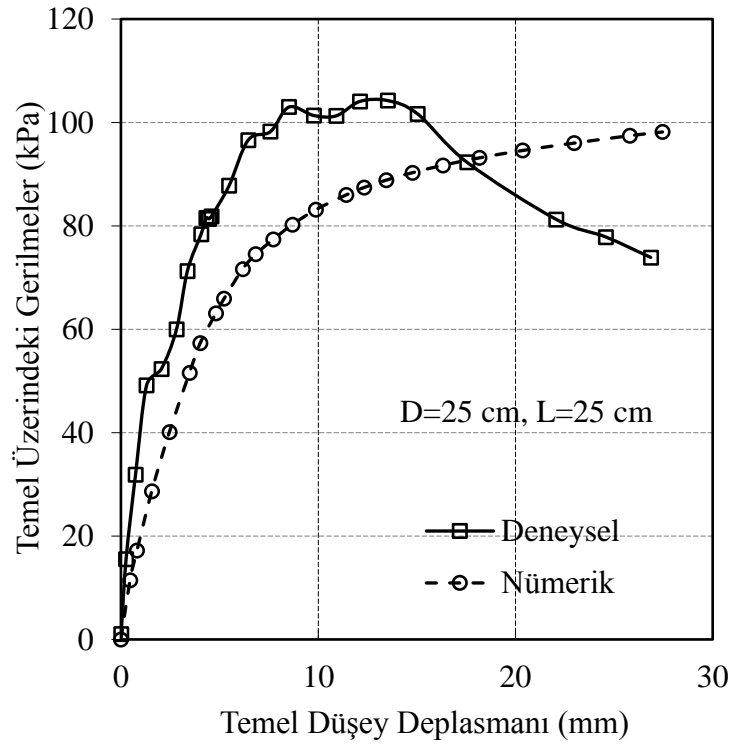
Şekil 4.97. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, tip 1 duvar



Şekil 4.98. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, tip 1 duvar



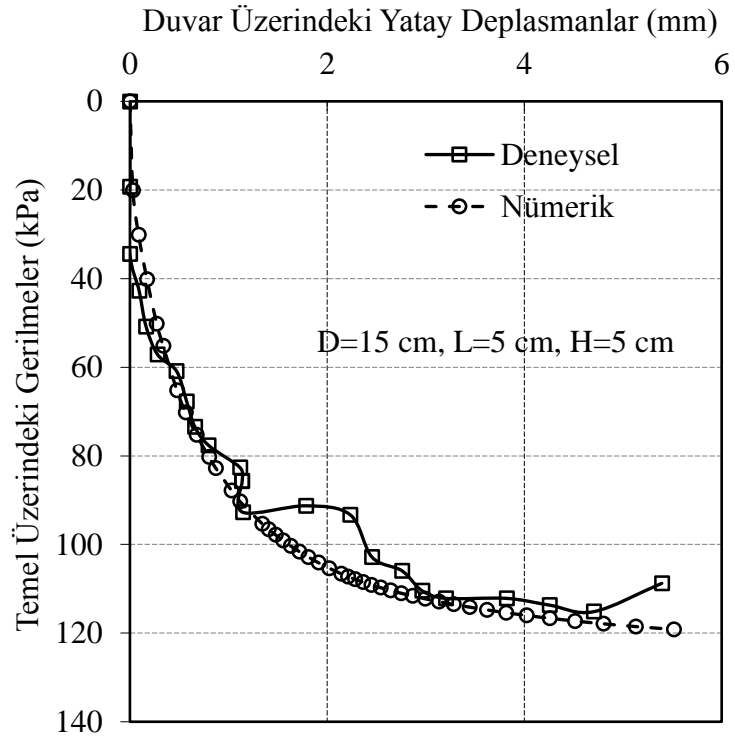
Şekil 4.99. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, tip 1 duvar



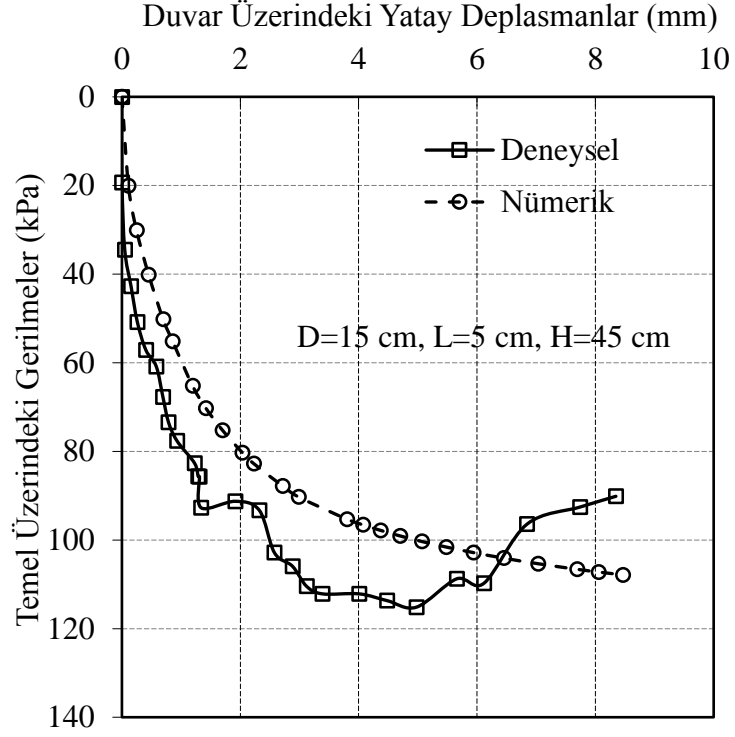
Şekil 4.100. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, tip 1 duvar

4.2.2. Tip 2 duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler

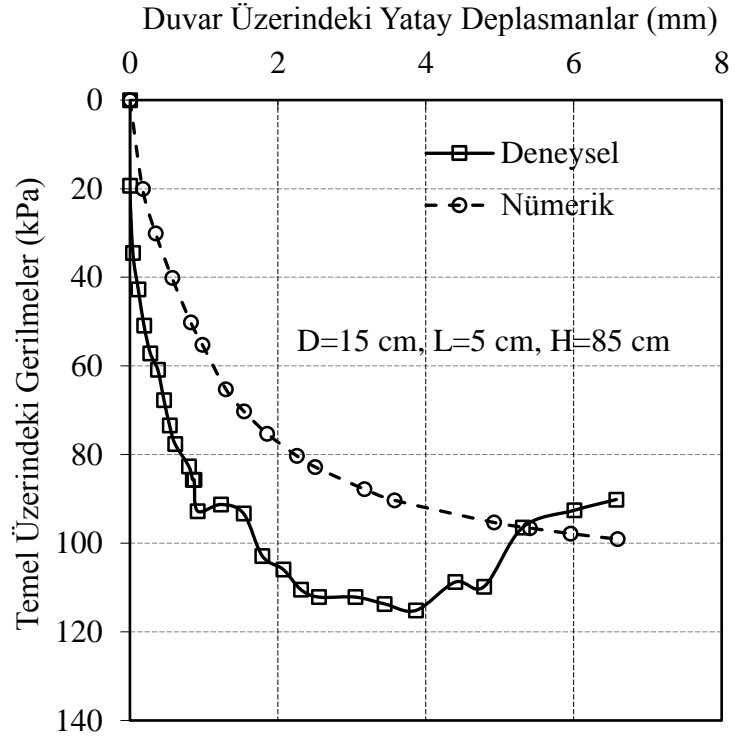
Şekil 4.101.- Şekil 4.100.'de tip 2 duvar üzerinde yapılan nümerik analizler deneysel sonuçlarla birlikte verilmiştir. Şekil 4.101.- Şekil 4.109'da temel çapı $D=15$ cm olan durum gösterilirken Şekil 4.110.-Şekil 4.118'de temel çapının $D=25$ cm olan durumda analiz sonuçları görülmektedir. Şekil 4.119.-Şekil 4.124.'te her iki çapa sahip temellerin gerilme – deplasman eğrileri deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılmıştır. Temel çapının $D=15$ cm olması durumunda duvara olan her üç uzaklıkta da deneysel bulgular nümerik analiz sonuçları ile örtüşmektedir. Şekil 4.21.'de duvara olan uzaklık 25 cm iken yapılan karşılaştırmada sonuçların hemen hemen aynı çıktığı, bu yüzden eğrilerin birbirine oldukça uyumlu olduğu bulunmuştur.



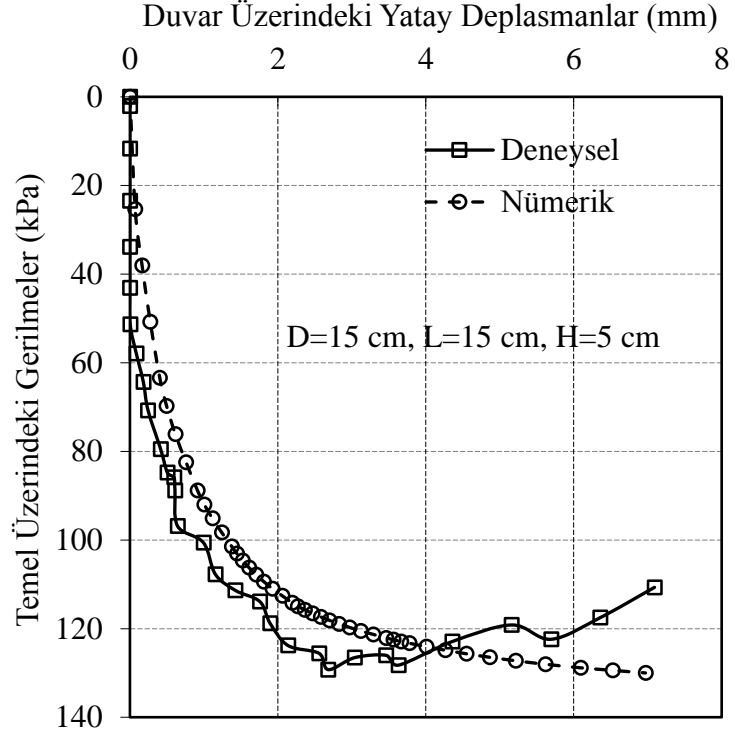
Şekil 4.101. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 2 duvar



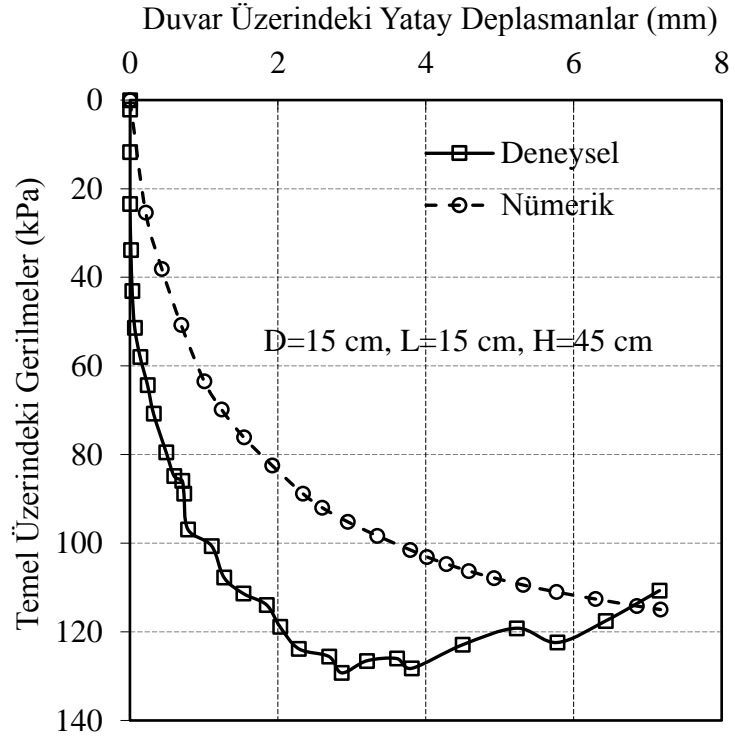
Şekil 4.102. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



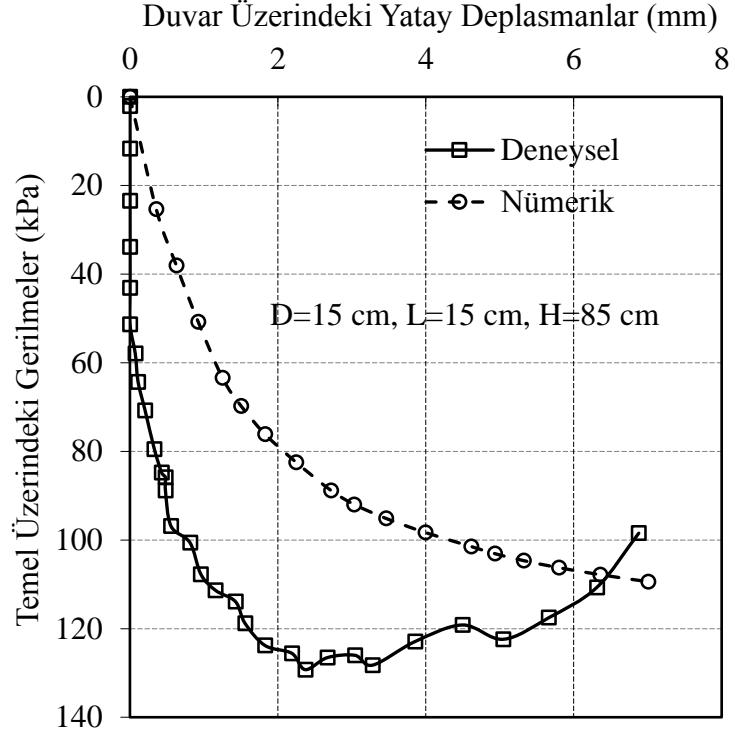
Şekil 4.103. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



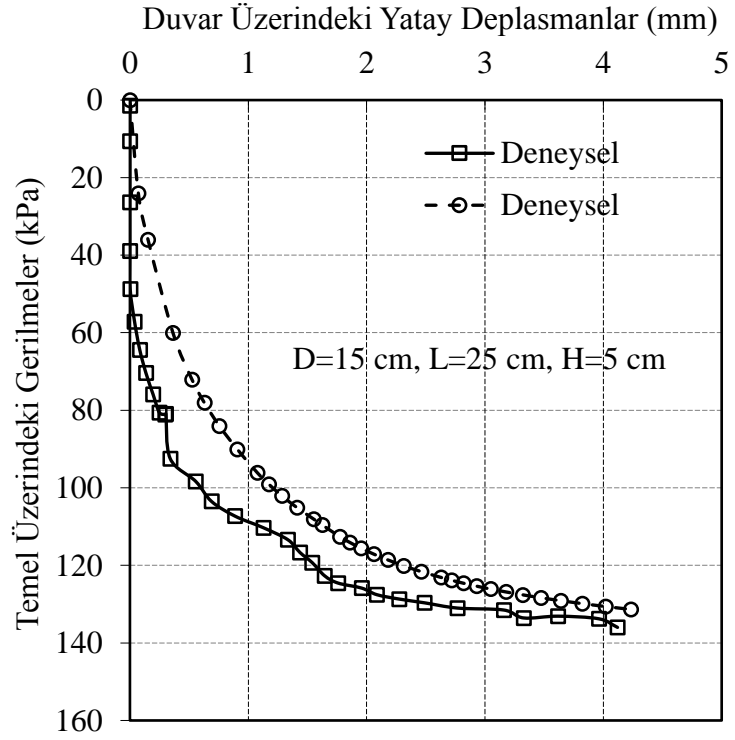
Şekil 4.104. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 2 duvar



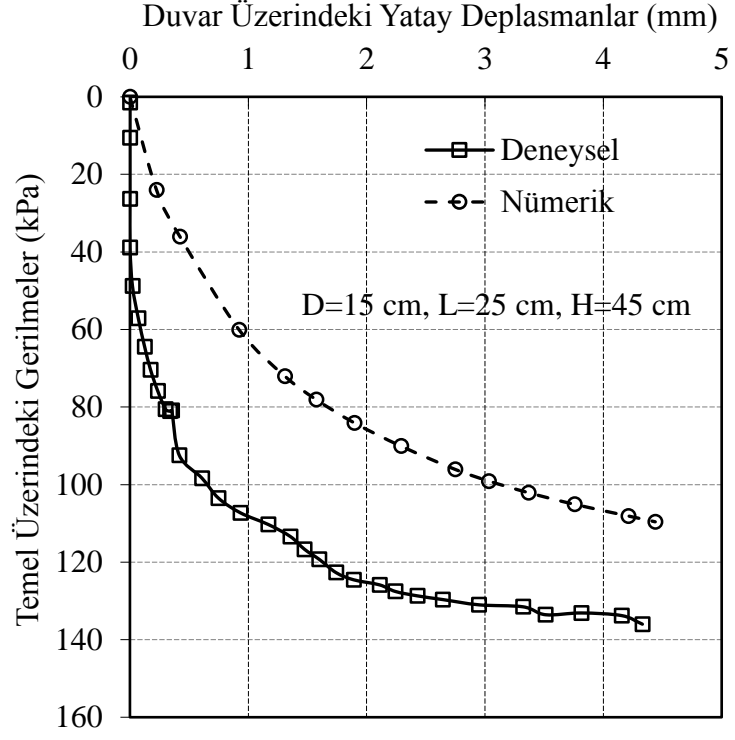
Şekil 4.105. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



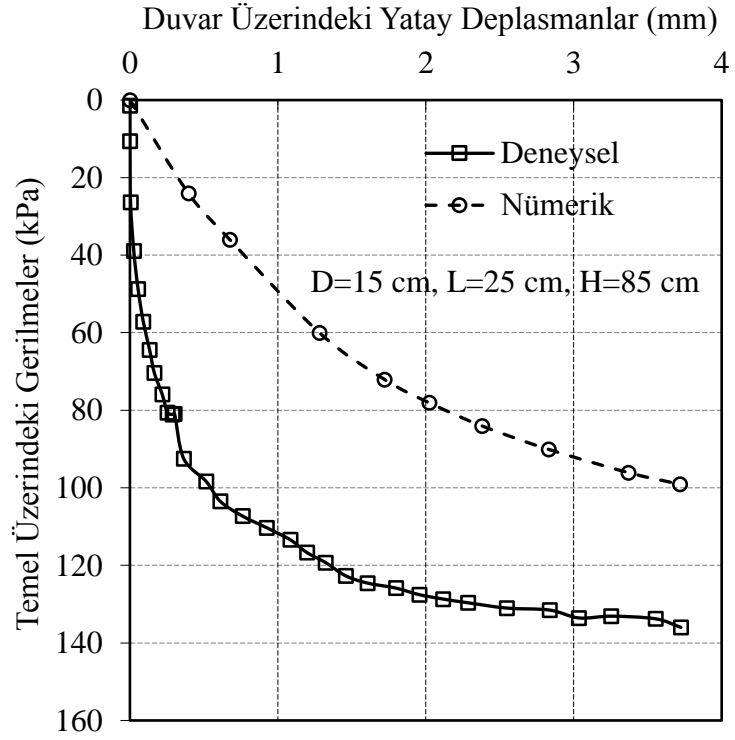
Şekil 4.106. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



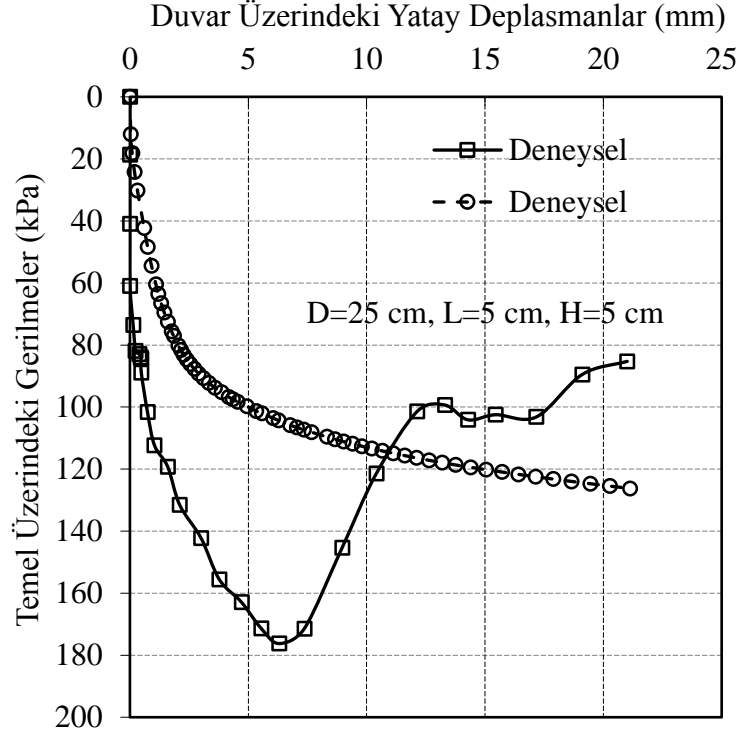
Şekil 4.107. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 2 duvar



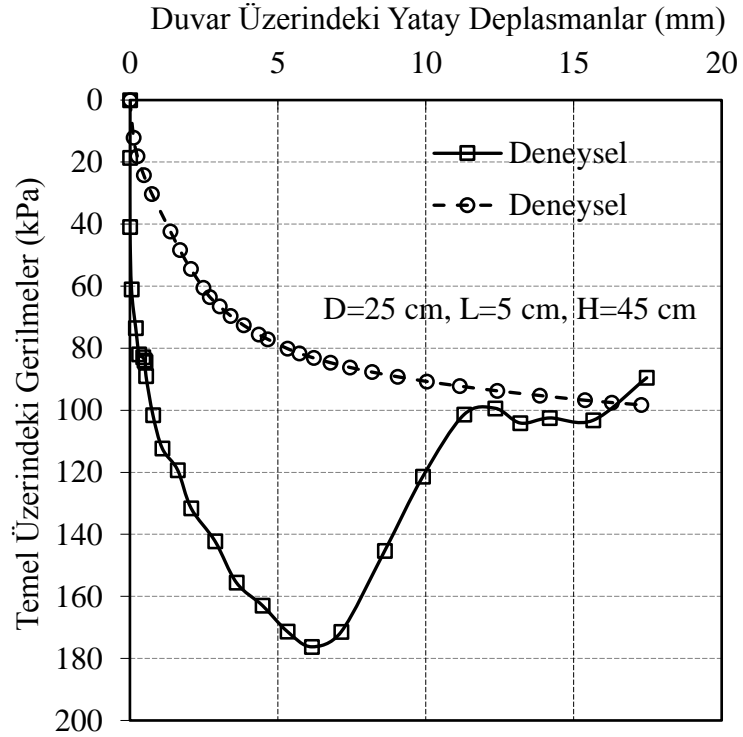
Şekil 4.108. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



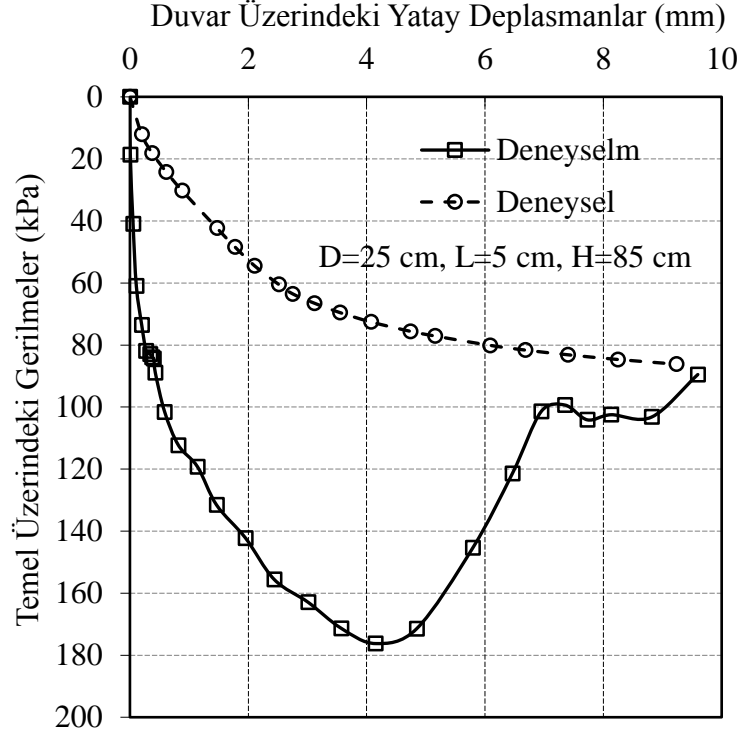
Şekil 4.109. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



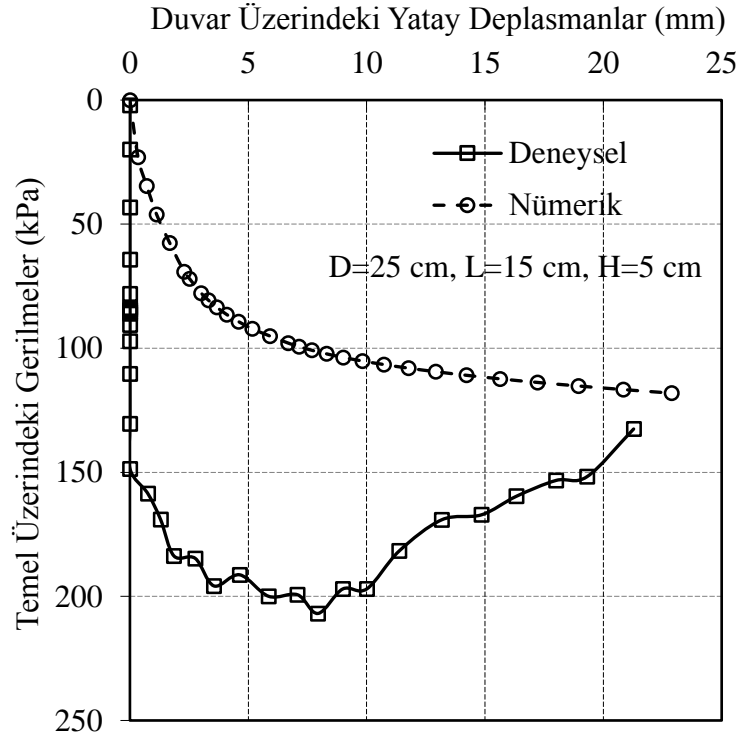
Şekil 4.110. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 2 duvar



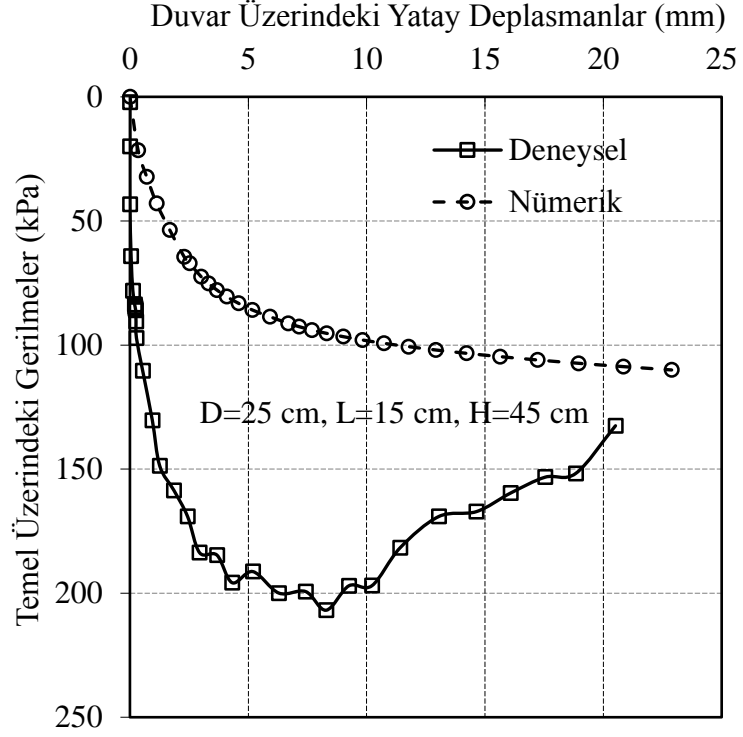
Şekil 4.111. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



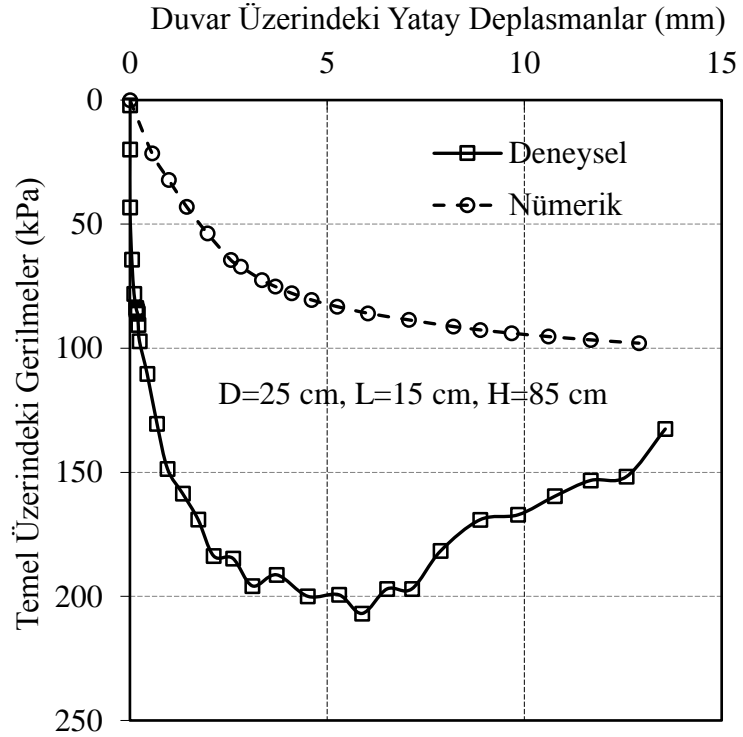
Şekil 4.112. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



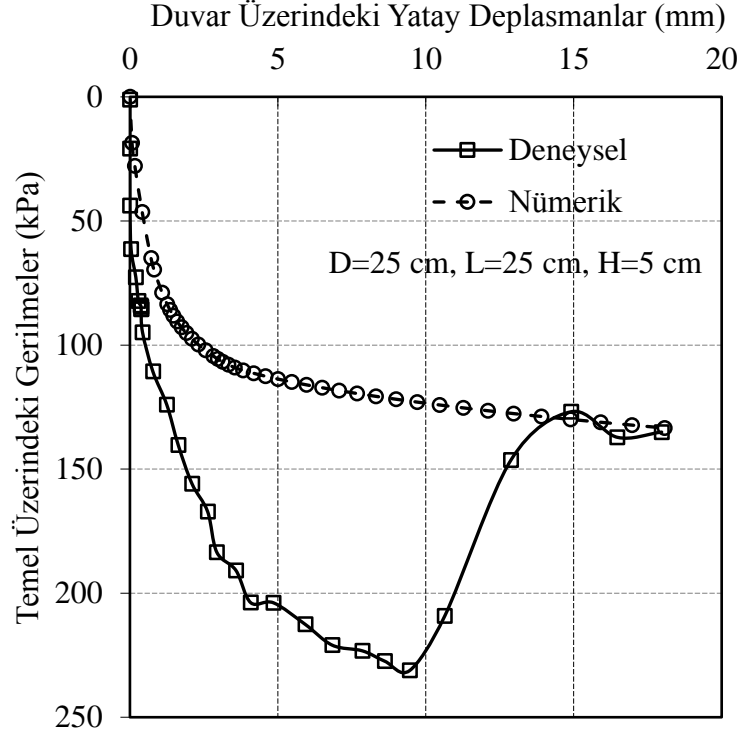
Şekil 4.113. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 2 duvar



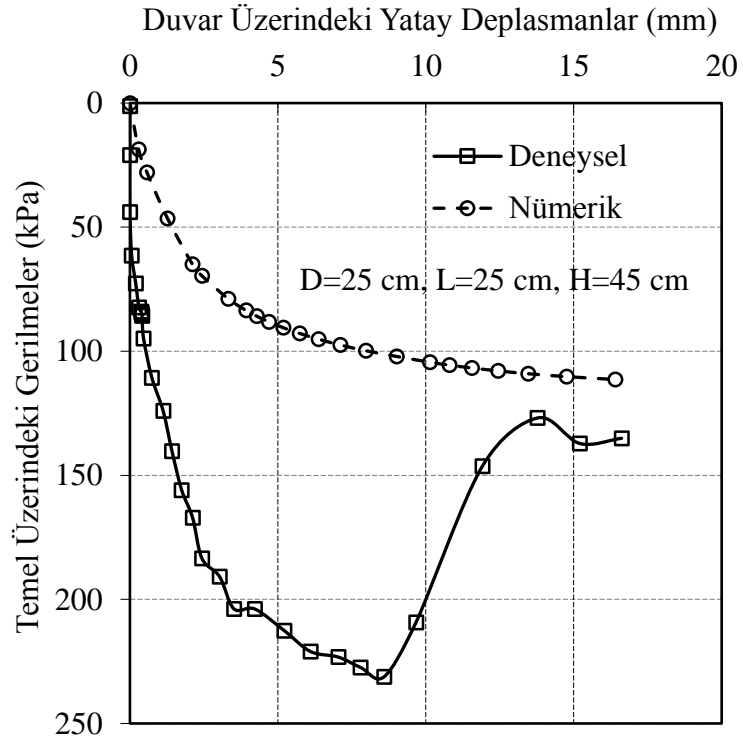
Şekil 4.114. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



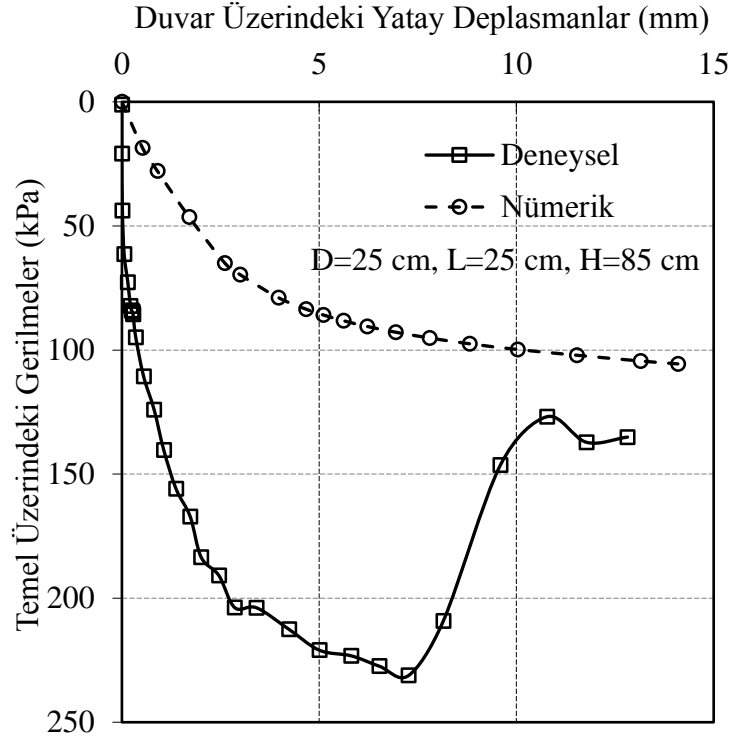
Şekil 4.115. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



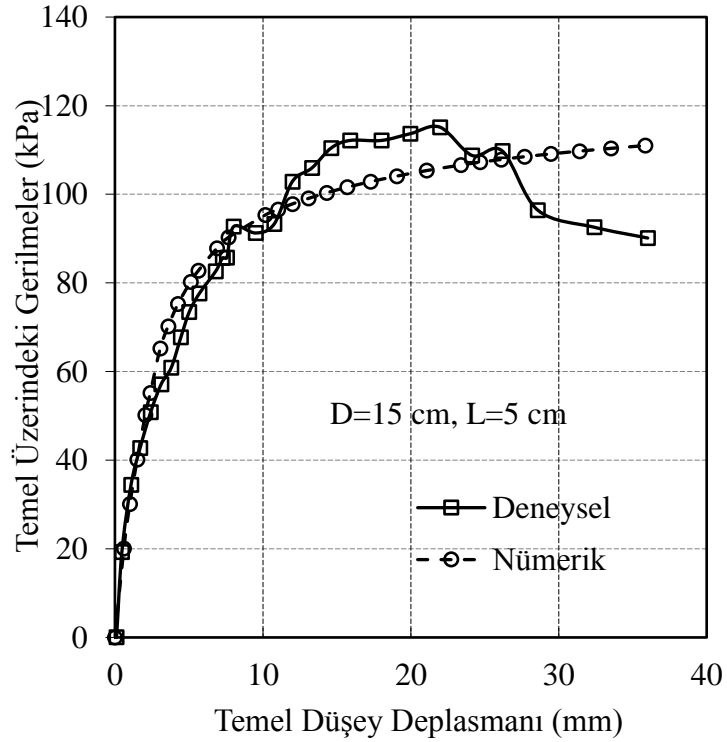
Şekil 4.116. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 2 duvar



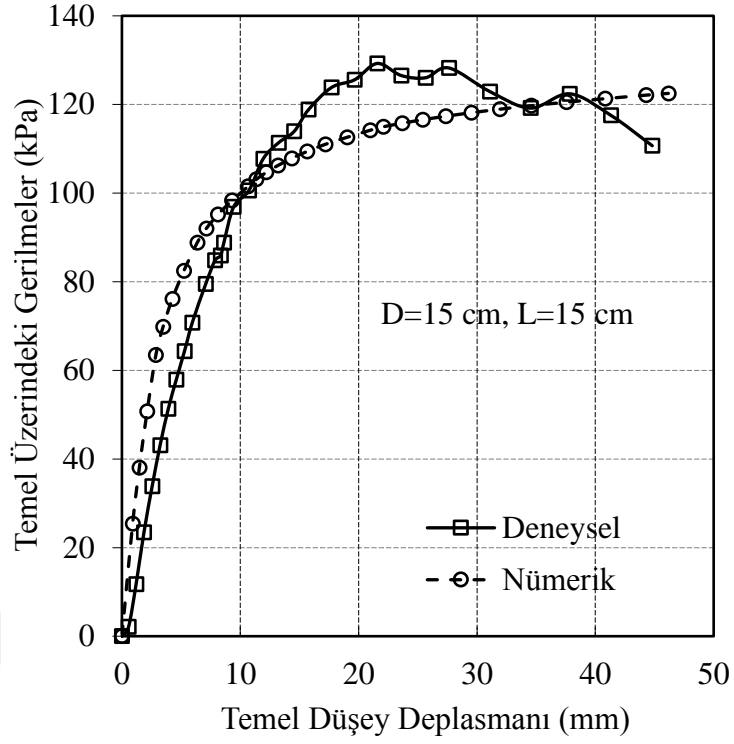
Şekil 4.117. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 2 duvar



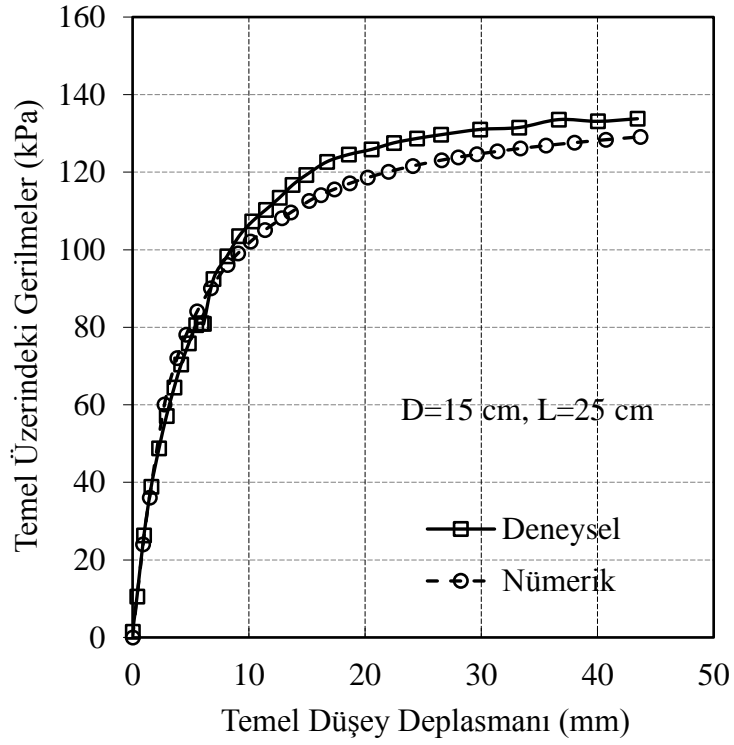
Şekil 4.118. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



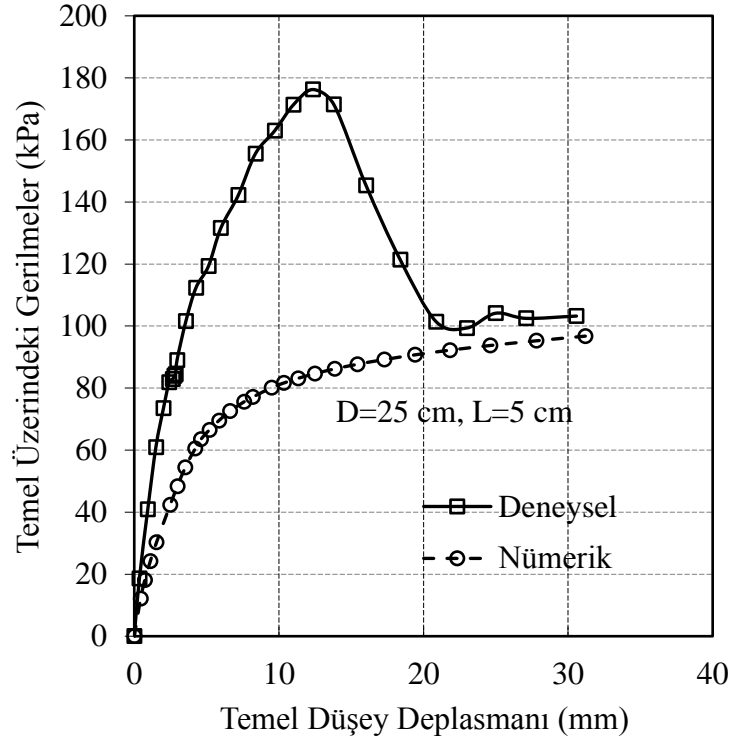
Şekil 4.119. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, tip 2 duvar



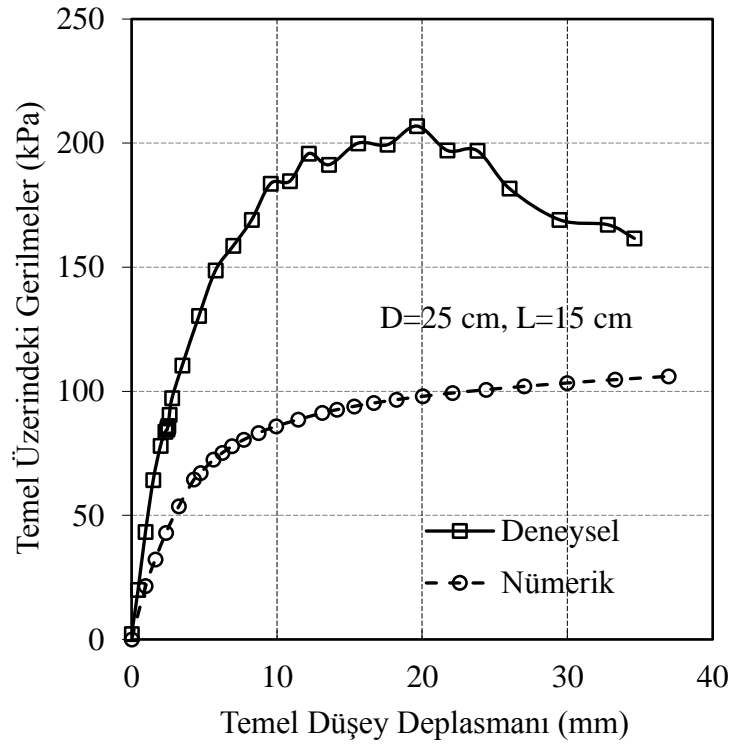
Şekil 4.120. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, tip 2 duvar



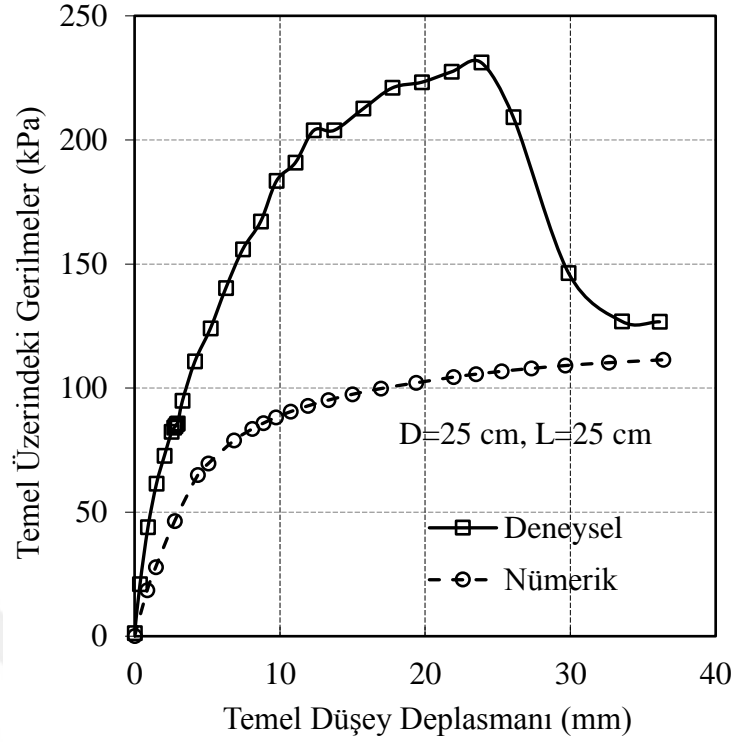
Şekil 4.121. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, tip 2 duvar



Şekil 4.122. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, tip 2 duvar



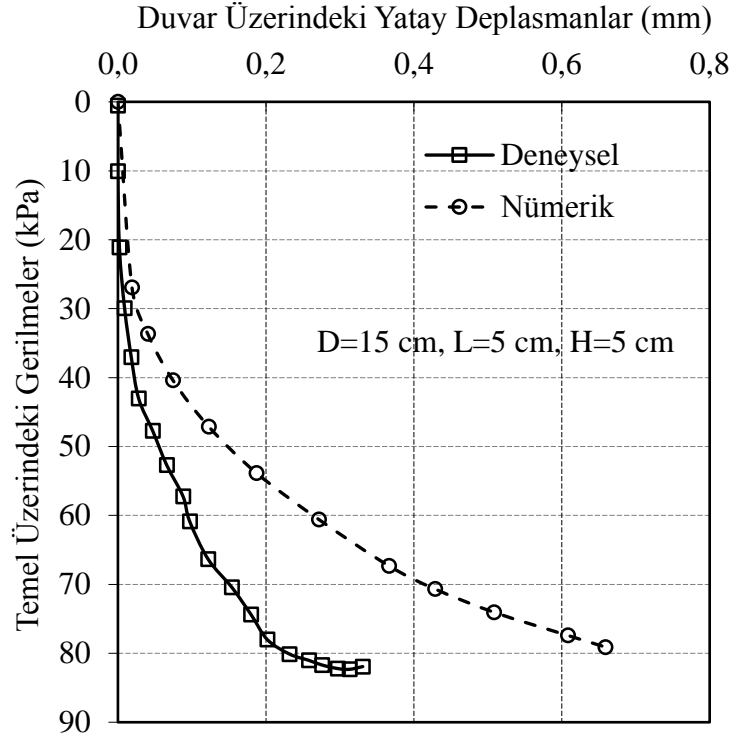
Şekil 4.123. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, tip 2 duvar



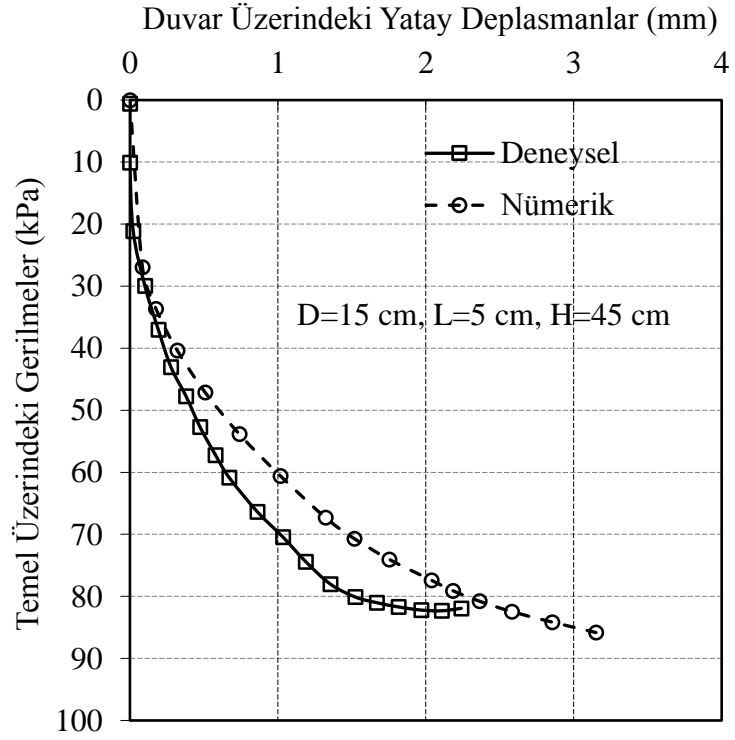
Şekil 4.124. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, tip 2 duvar

4.2.3. Tip 3 duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler

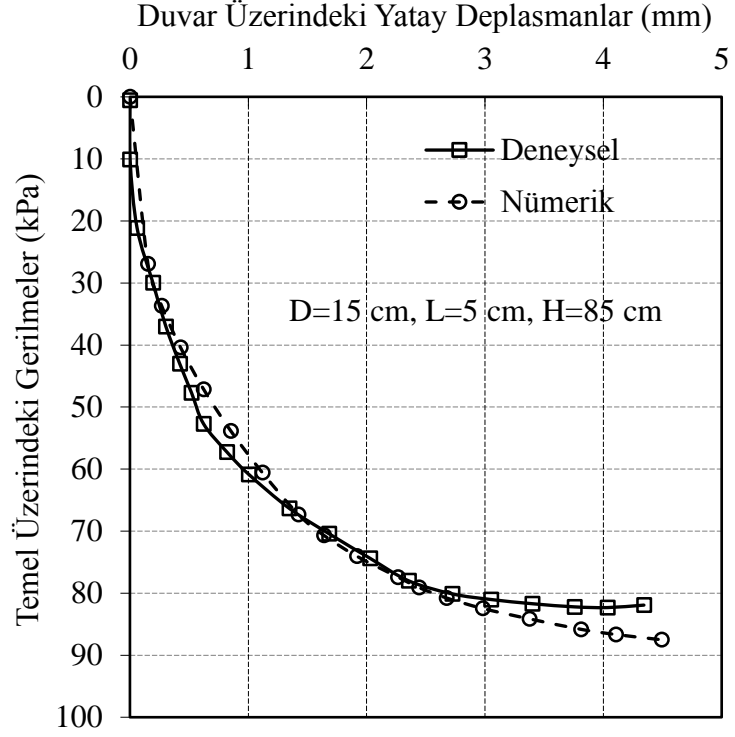
Şekil 4.125.- Şekil 4.148.'de tip 3 duvar üzerinde yapılan nümerik analizler deneysel sonuçlarla birlikte verilmiştir. Şekil 4.125.- Şekil 4.133'te temel çapı D=15 cm olan durum gösterilirken Şekil 4.134.-Şekil 4.142'de temel çapının D=25 cm olan durumda analiz sonuçları görülmektedir. Şekil 4.143.-Şekil 4.148.'te her iki çapa sahip temellerin gerilme – deplasman eğrileri deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 4.131.'e bakıldığında deneysel sonuçlarla elde edilen eğride duvar üzerinde neredeyse hiç ötelenme olmadığı görülürken, nümerik analiz sonuçlarında yaklaşık 4 mm kadar bir ötelenme olduğu görülmektedir. Buna karşılık temellerin gerilme – deplasman eğrilerini gösteren grafiklerde sonuçların oldukça uyumlu olduğu bulunmuştur.



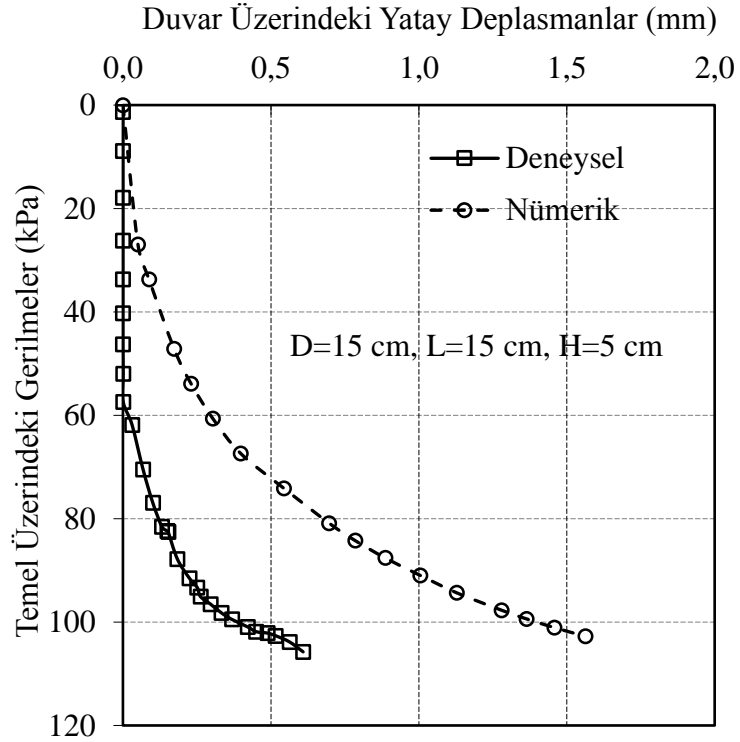
Şekil 4.125. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



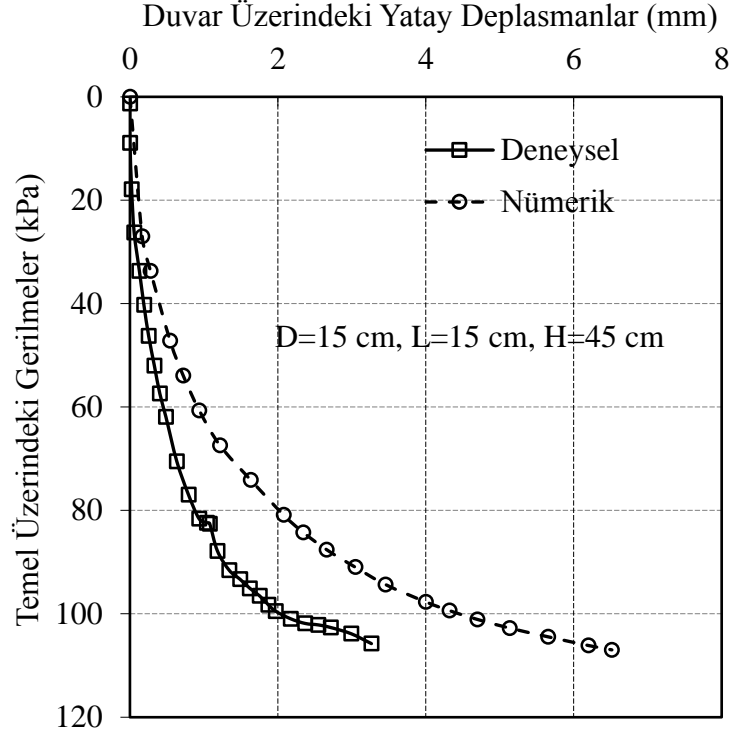
Şekil 4.126. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 3 duvar



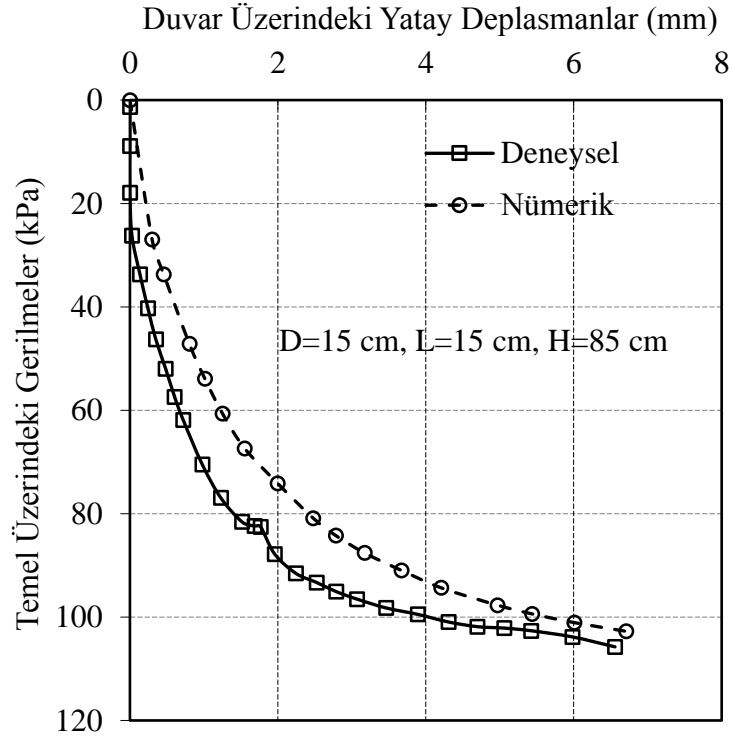
Şekil 4.127. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



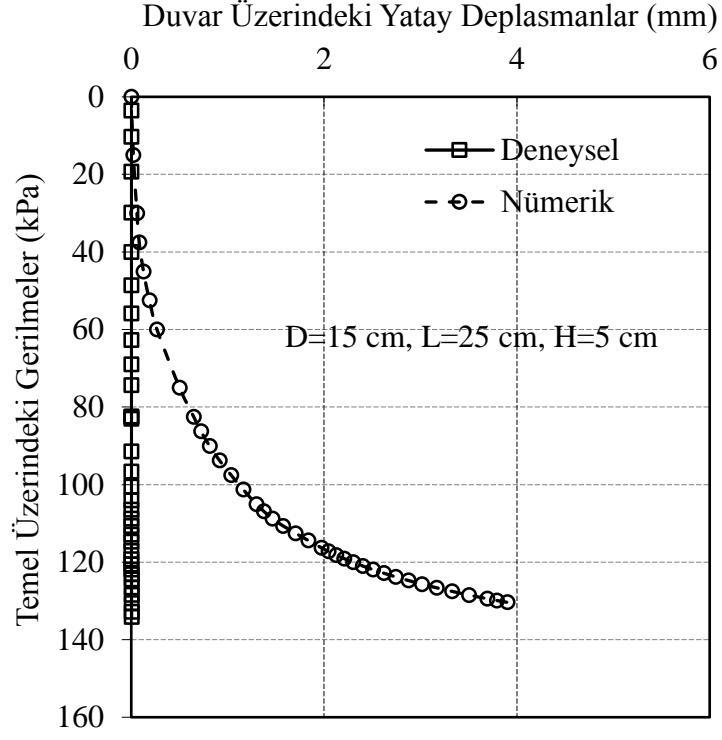
Şekil 4.128. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



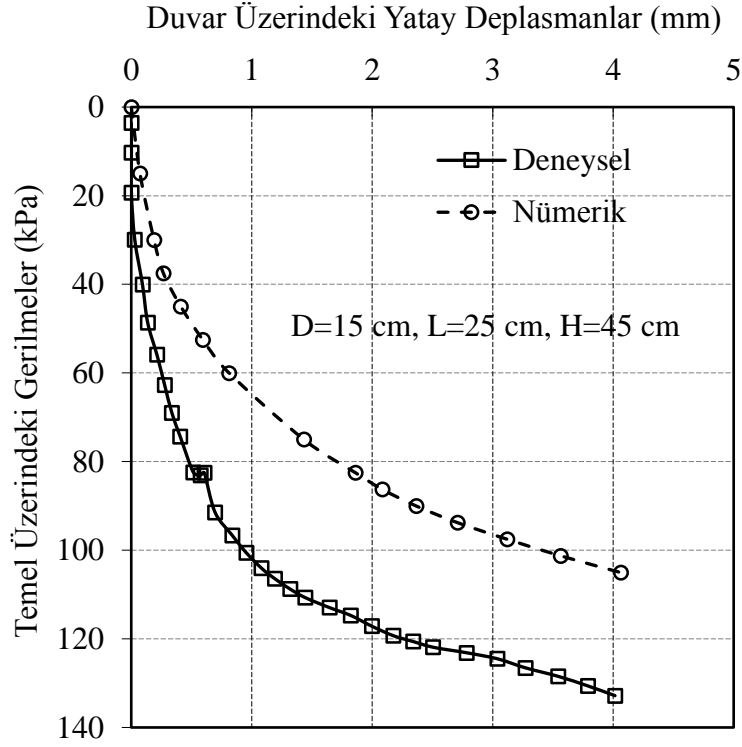
Şekil 4.129. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 3 duvar



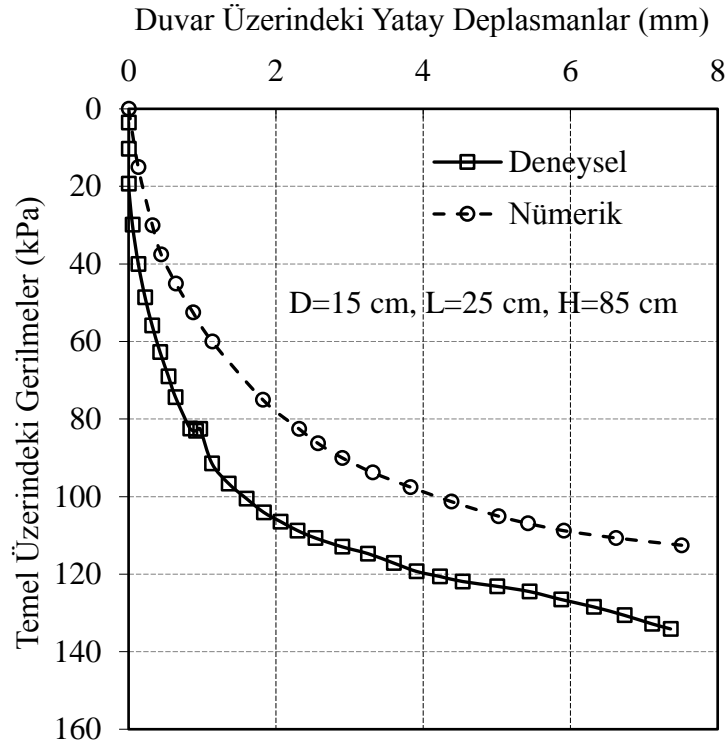
Şekil 4.130. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



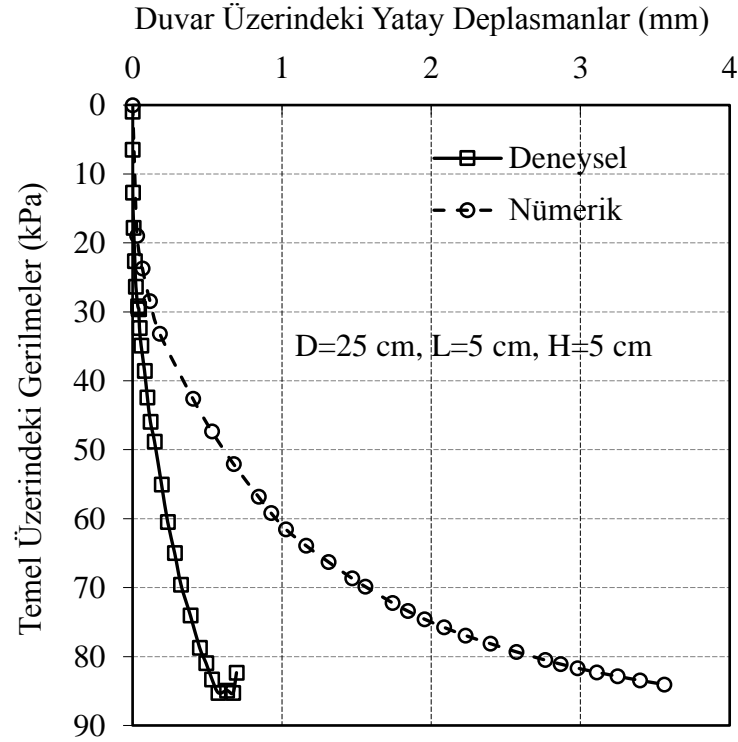
Şekil 4.131. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



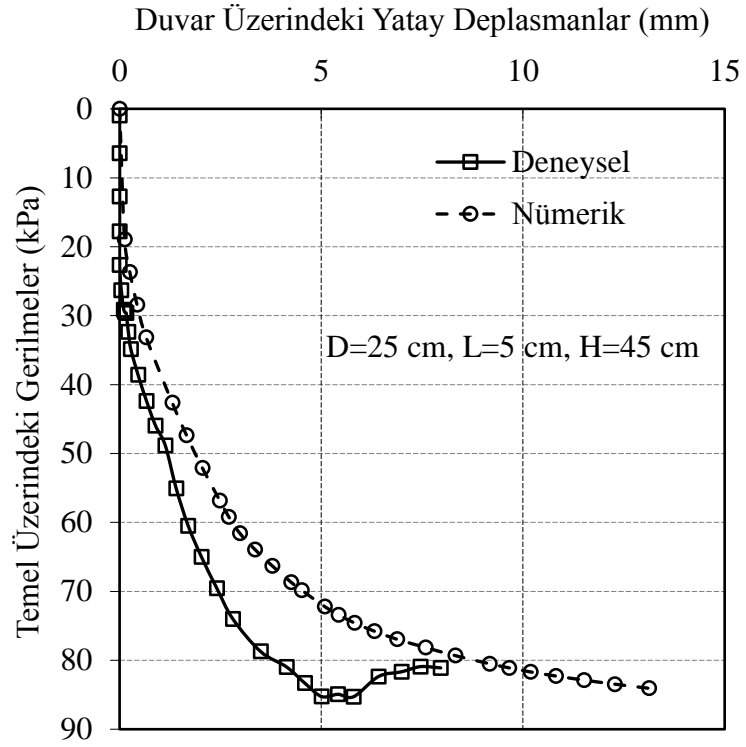
Şekil 4.132. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 3 duvar



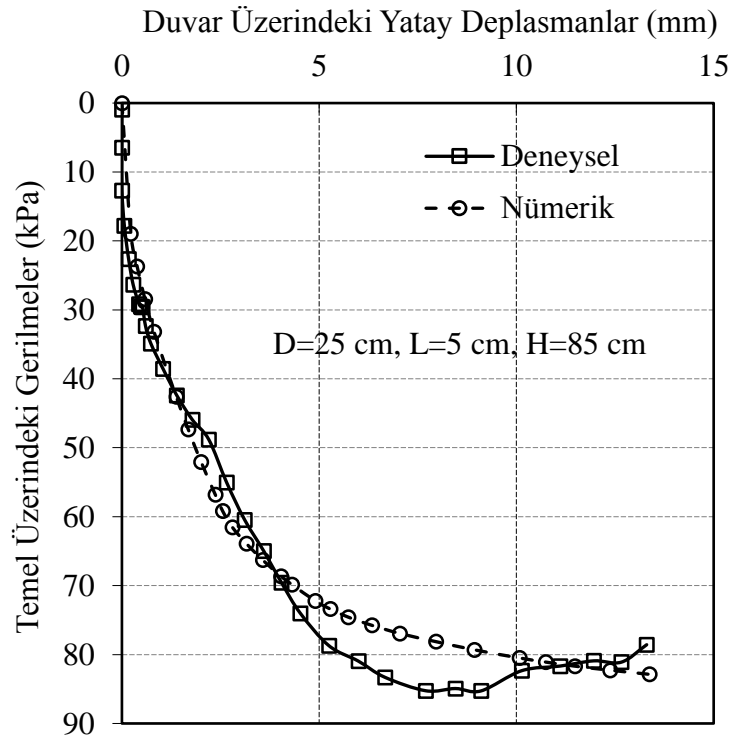
Şekil 4.133. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



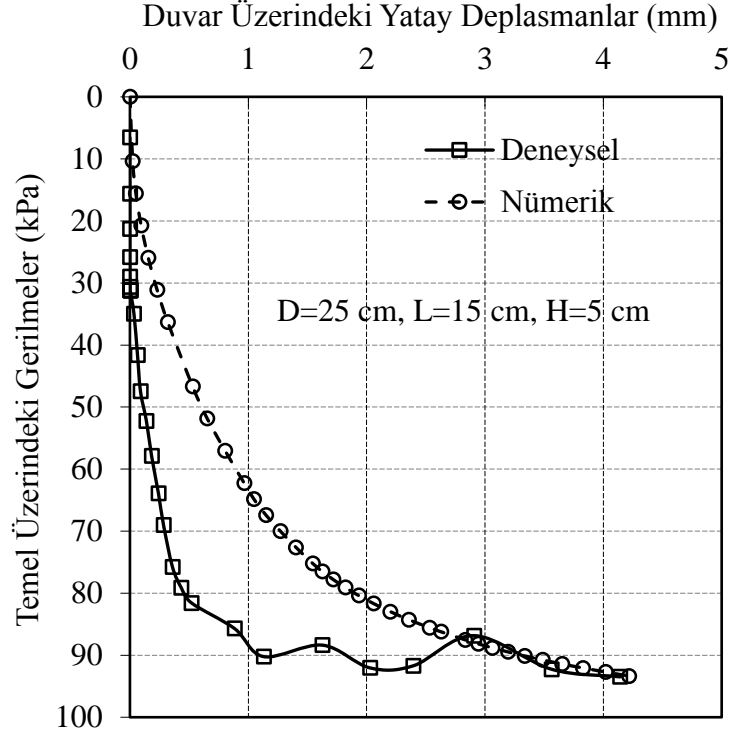
Şekil 4.134. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



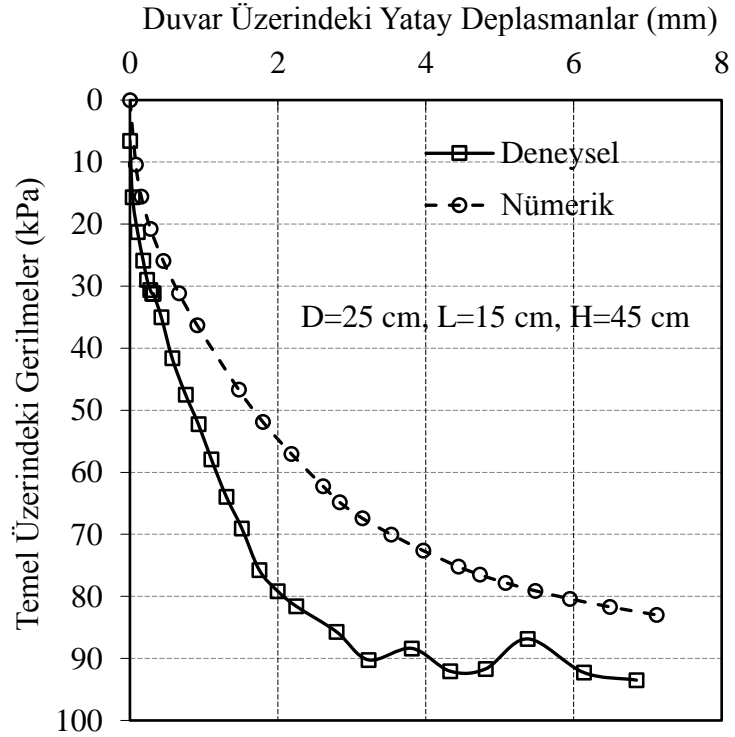
Şekil 4.135. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 3 duvar



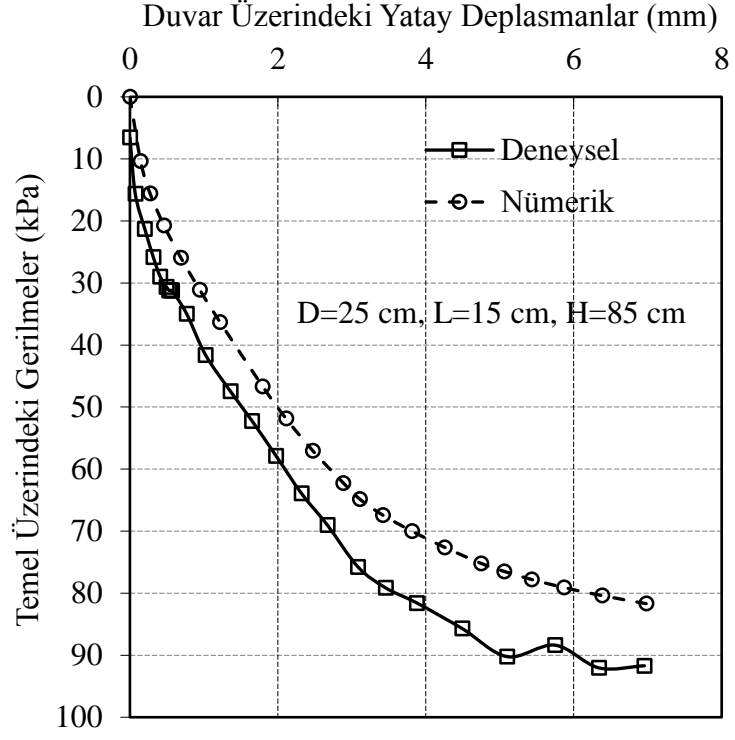
Şekil 4.136. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



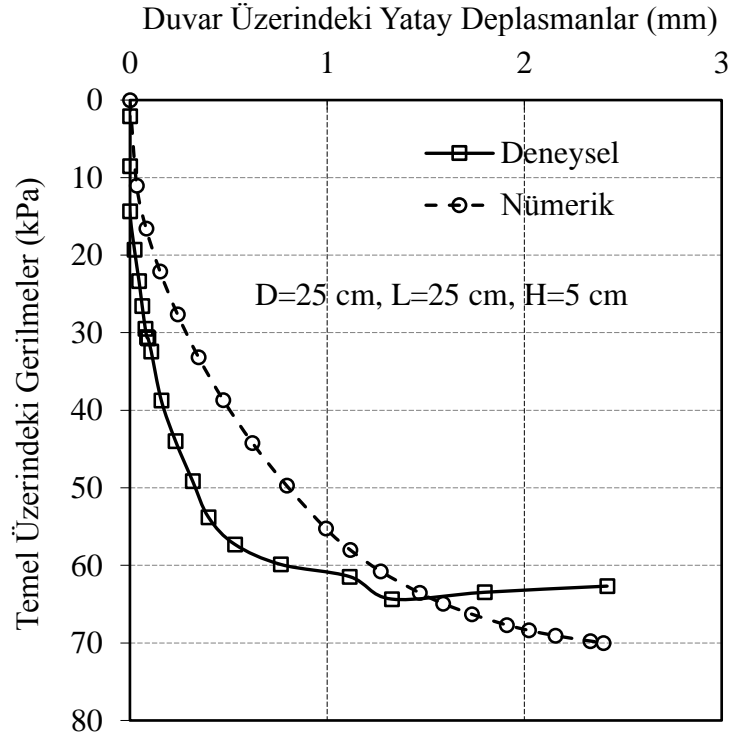
Şekil 4.137. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



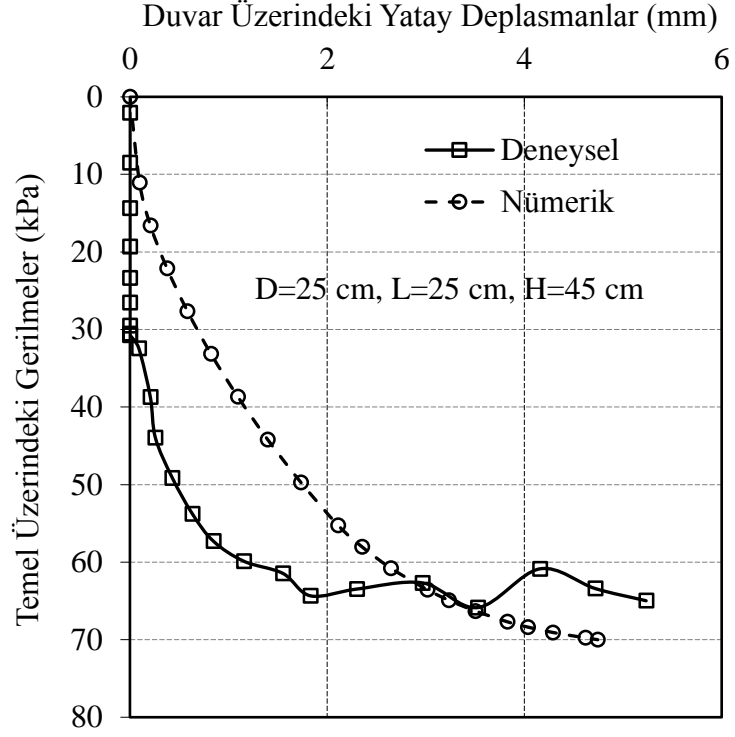
Şekil 4.138. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 3 duvar



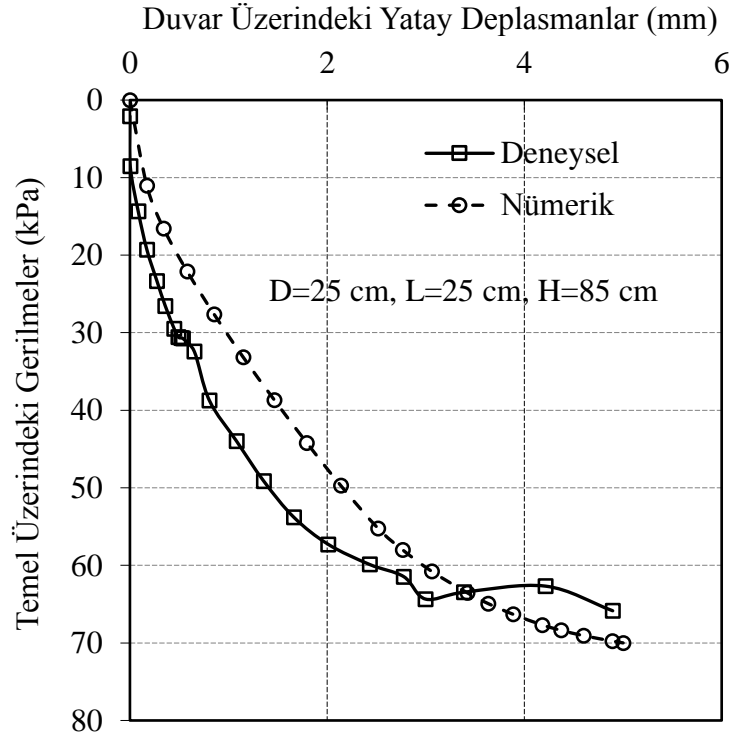
Şekil 4.139. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



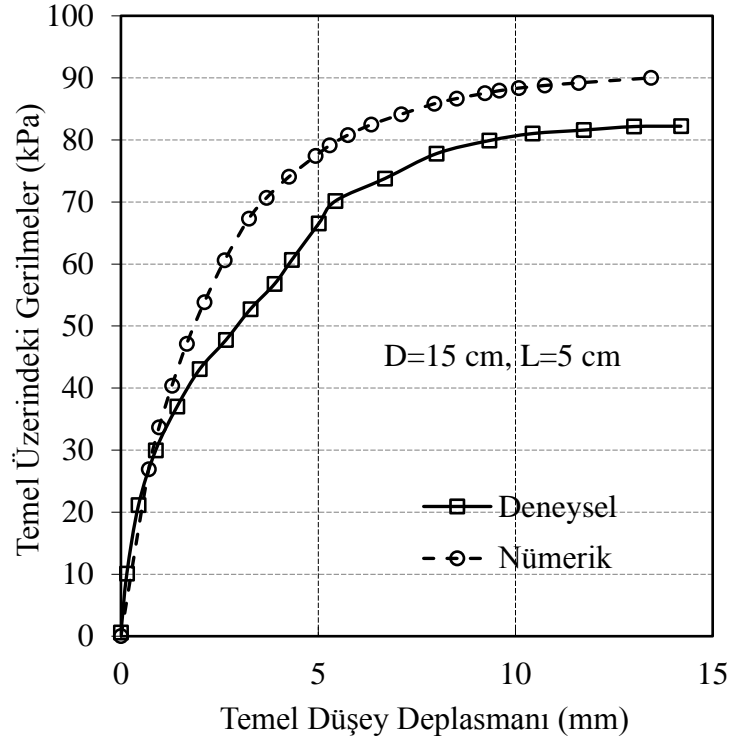
Şekil 4.140. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 3 duvar



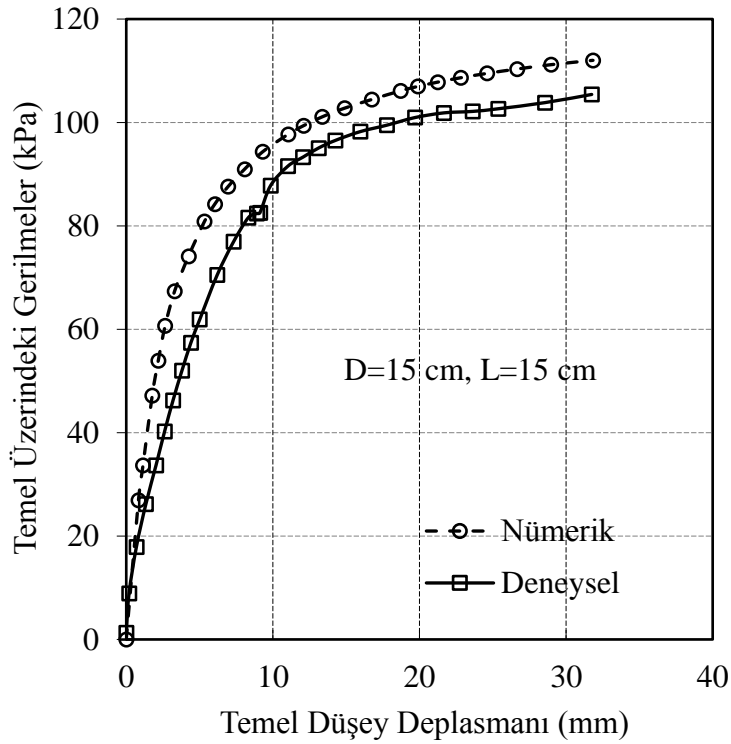
Şekil 4.141. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 3 duvar



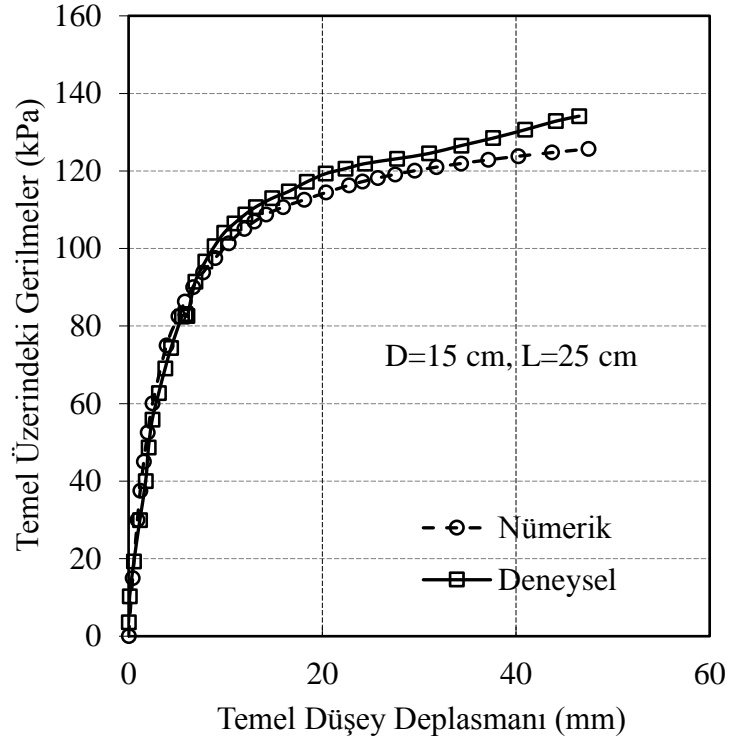
Şekil 4.142. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



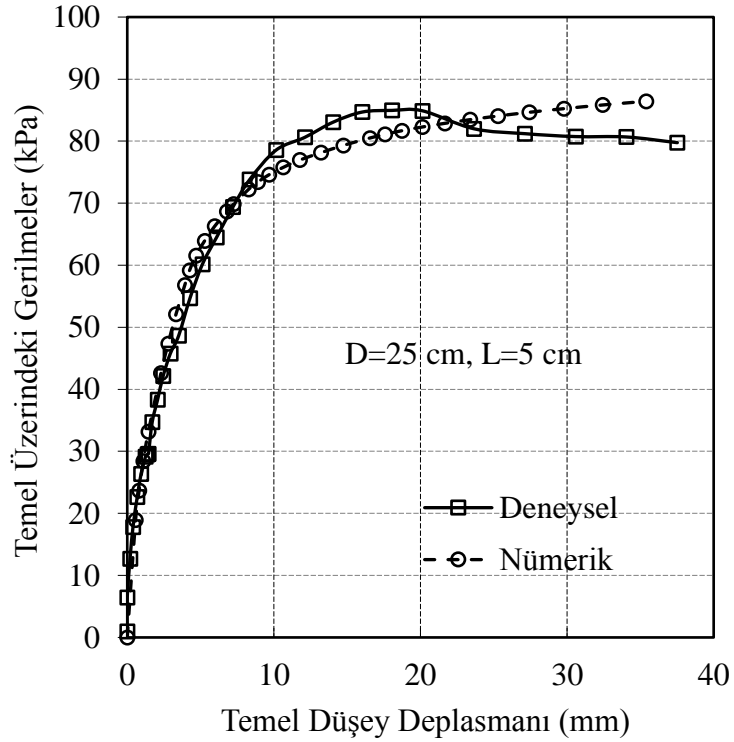
Şekil 4.143. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, tip 3 duvar



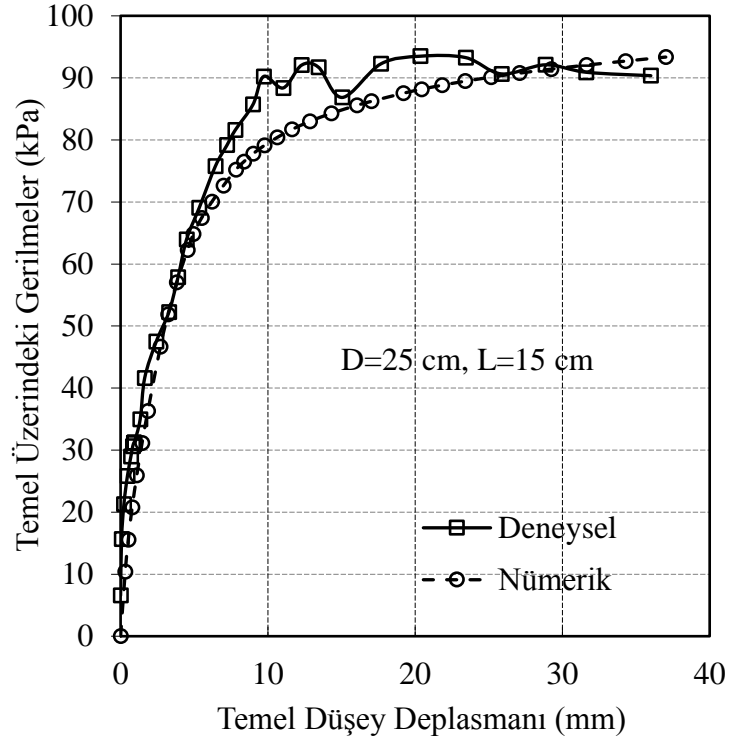
Şekil 4.144. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, tip 3 duvar



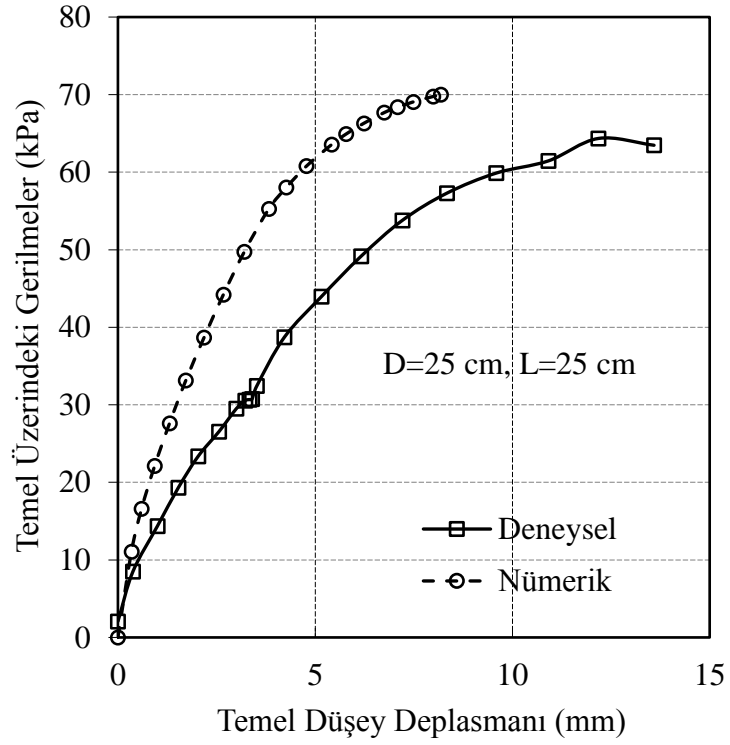
Şekil 4.145. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, tip 3 duvar



Şekil 4.146. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, tip 3 duvar



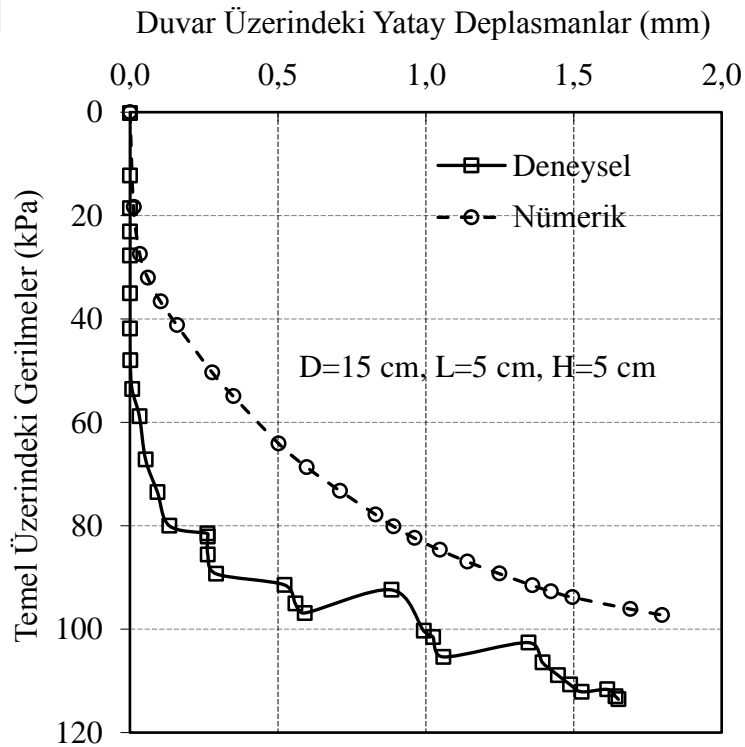
Şekil 4.147. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, tip 3 duvar



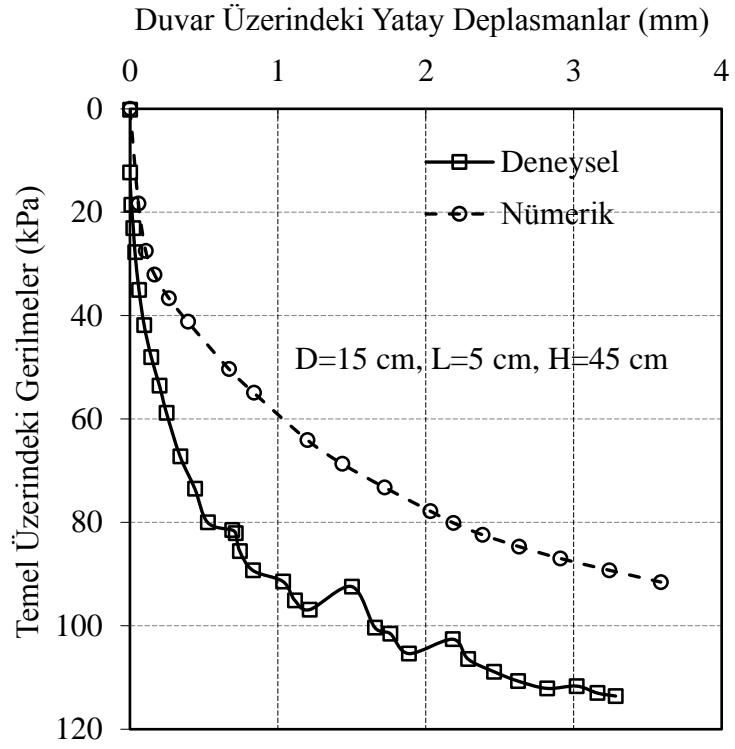
Şekil 4.148. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, tip 3 duvar

4.2.4. Tip 4 duvar Üzerinde Yapılan Nümerik Analizler

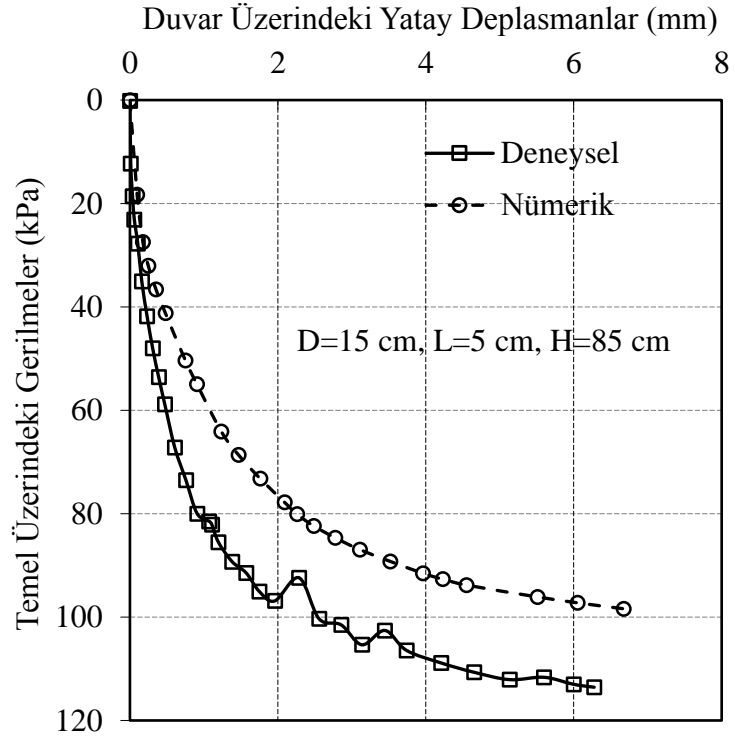
Şekil 4.149.- Şekil 4.172.'de tip 4 duvar üzerinde yapılan nümerik analizler deneysel sonuçlarla birlikte verilmiştir. Şekil 4.149.- Şekil 4.157.'de temel çapı $D=15$ cm olan durum gösterilirken Şekil 4.158.-Şekil 4.166.'da temel çapının $D=25$ cm olan durumda analiz sonuçları görülmektedir. Şekil 4.167.-Şekil 4.172.'de her iki çapa sahip temellerin gerilme – deplasman eğrileri deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılmıştır. Grafiklere bakıldığında temel çapının $D=25$ cm olması durumunda deneysel ve nümerik analiz sonuçlarının eğrilerinin temel çapının $D=15$ cm olması durumuna göre birbirine daha uzak olduğu görülmektedir. Bu fark özellikle de temelin gerilme – deplasman eğrilerinin verildiği grafiklerde daha net ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi nümerik analizlerde temelin göçme yükünün daha düşük mertebelerde gerçekleşmiş olmasıdır. Temel çapının $D=15$ cm olması durumunda temelin gerilme – deplasman eğrileri belirli bir deplasman değerinden sonra hemen hemen aynı değerleri verecek şekilde deneysel ve nümerik sonuçların birbirleriyle uyumlu oldukları bulunmuştur.



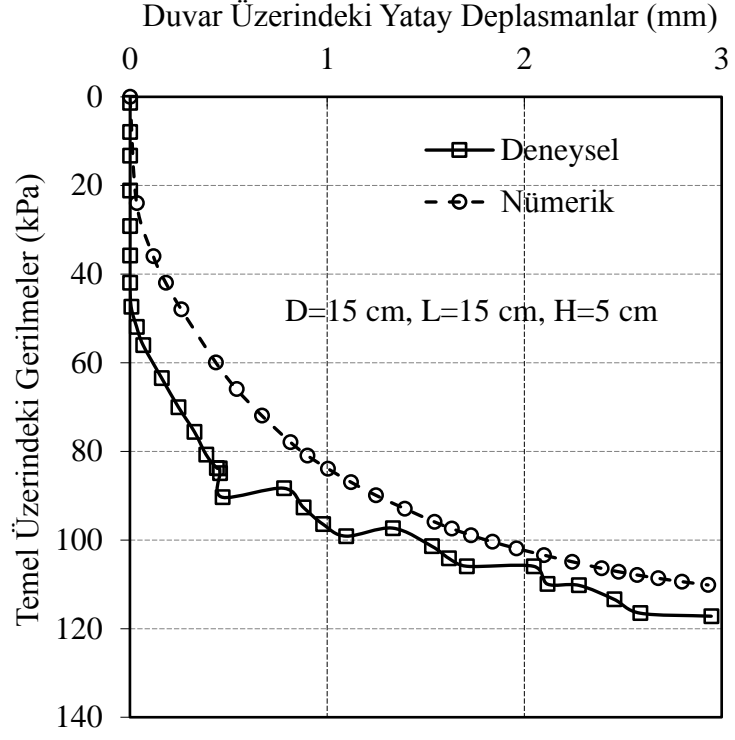
Şekil 4.149. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: $D=15$ cm, $L=5$ cm, $H=5$ cm, tip 4 duvar



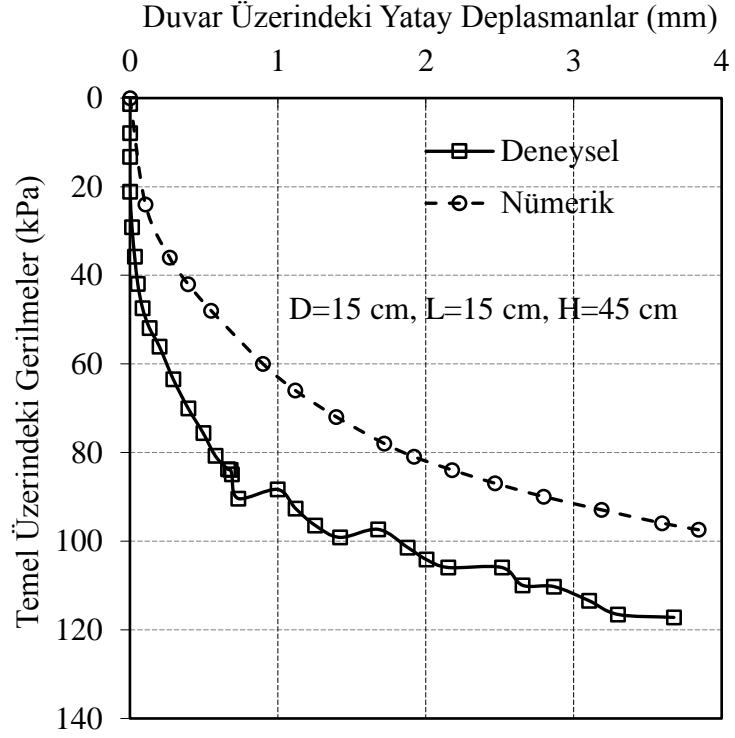
Şekil 4.150. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 4 duvar



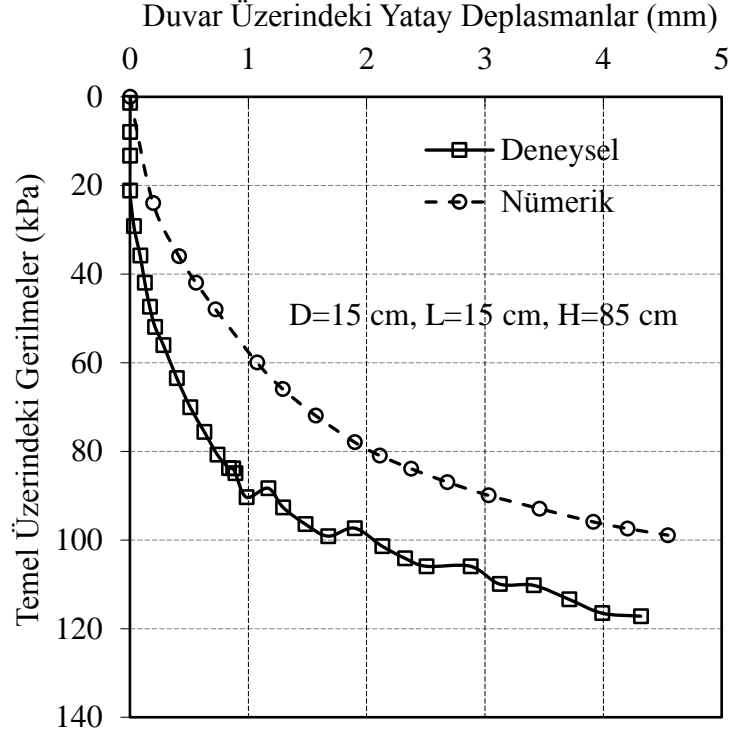
Şekil 4.151. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



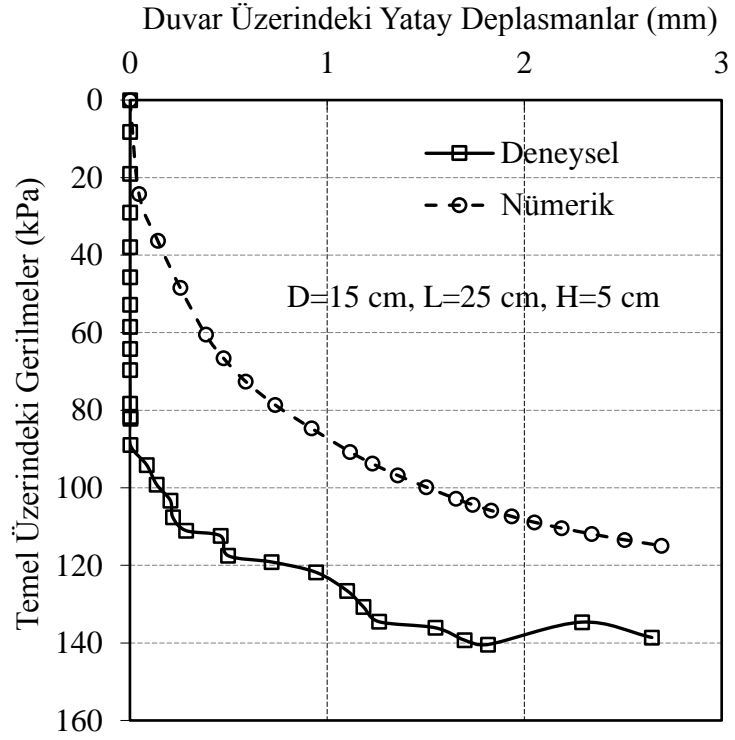
Şekil 4.152. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 4 duvar



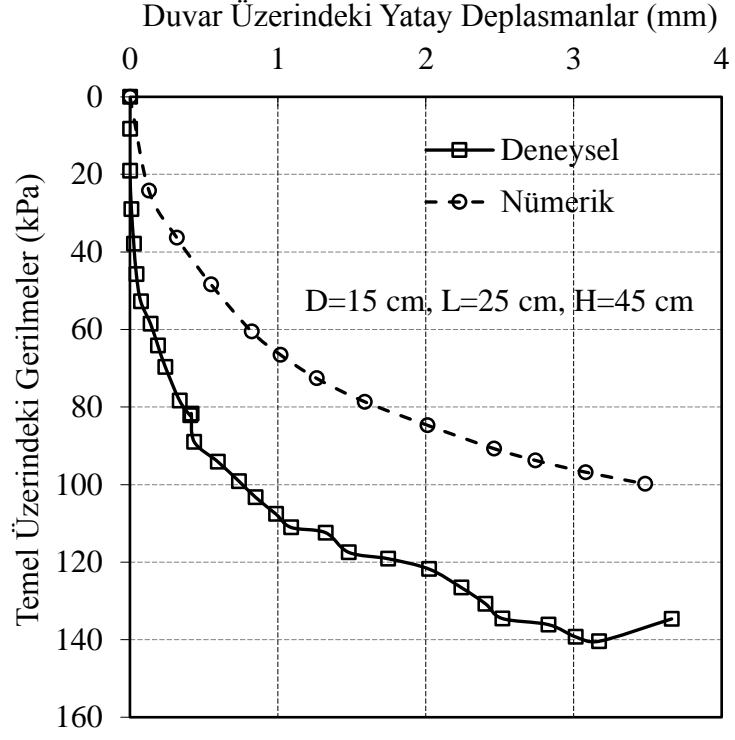
Şekil 4.153. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 4 duvar



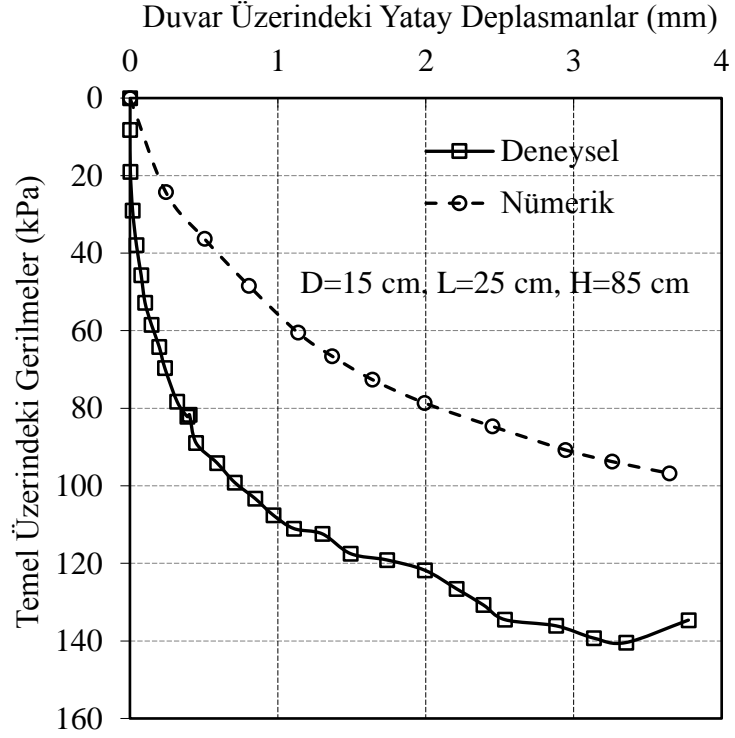
Şekil 4.154. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



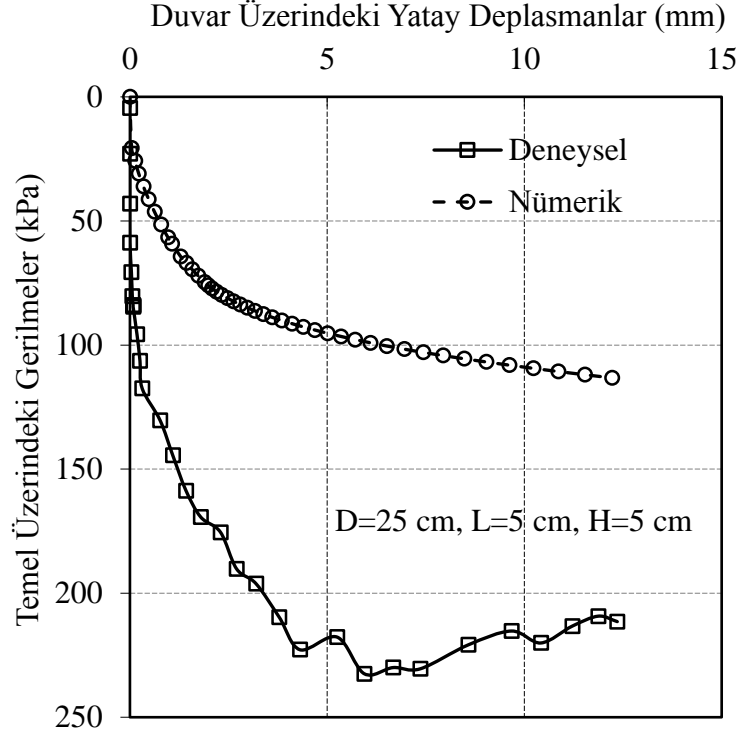
Şekil 4.155. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 4 duvar



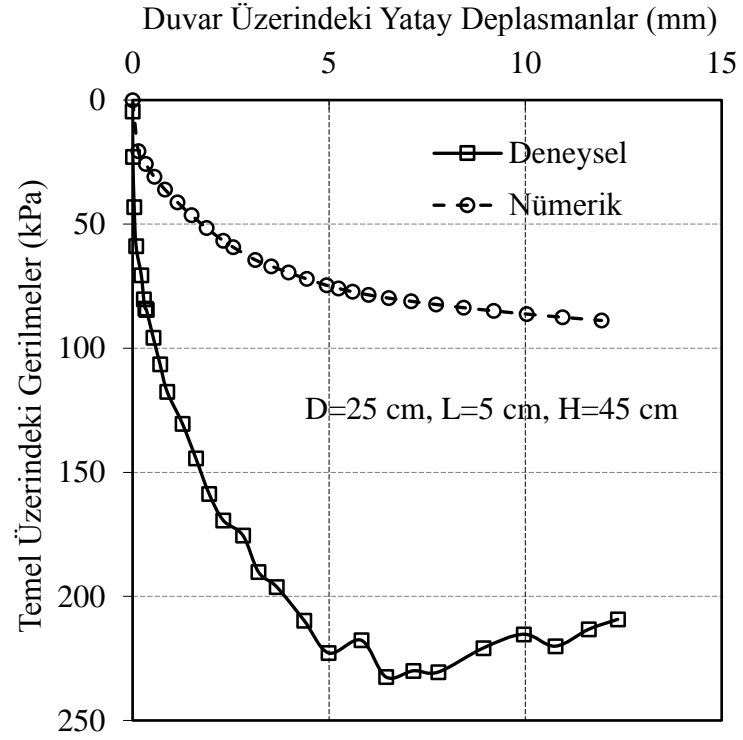
Şekil 4.156. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 4 duvar



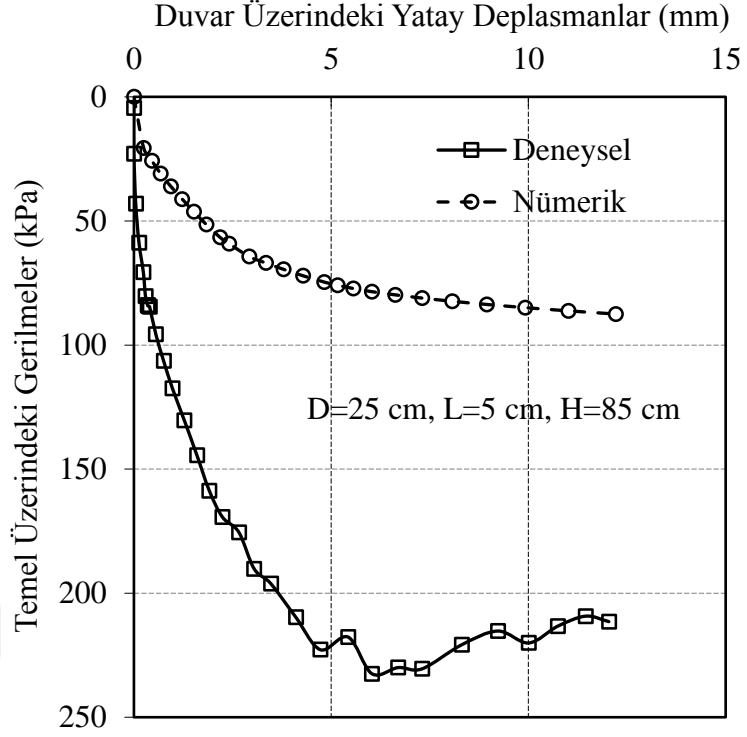
Şekil 4.157. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



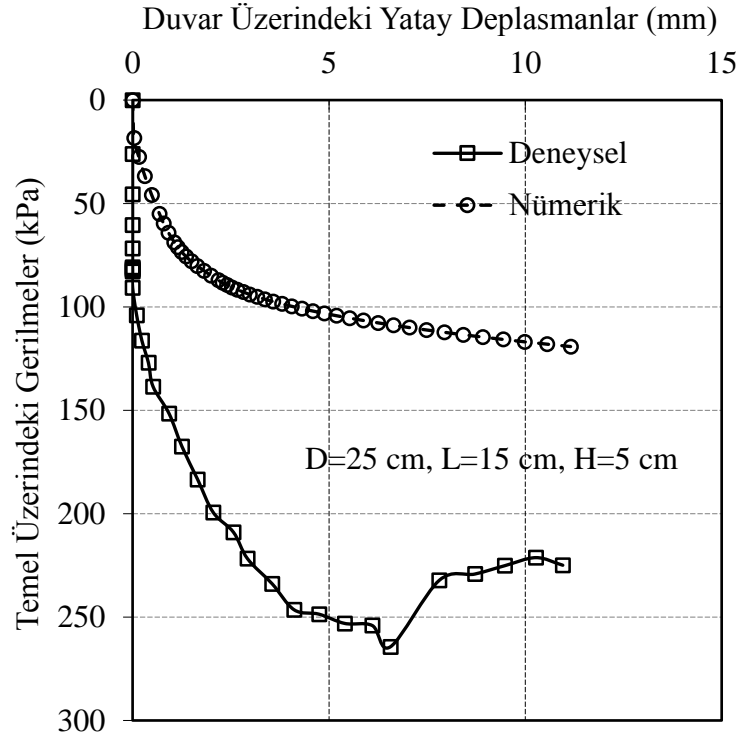
Şekil 4.158. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=5 cm, tip 4 duvar



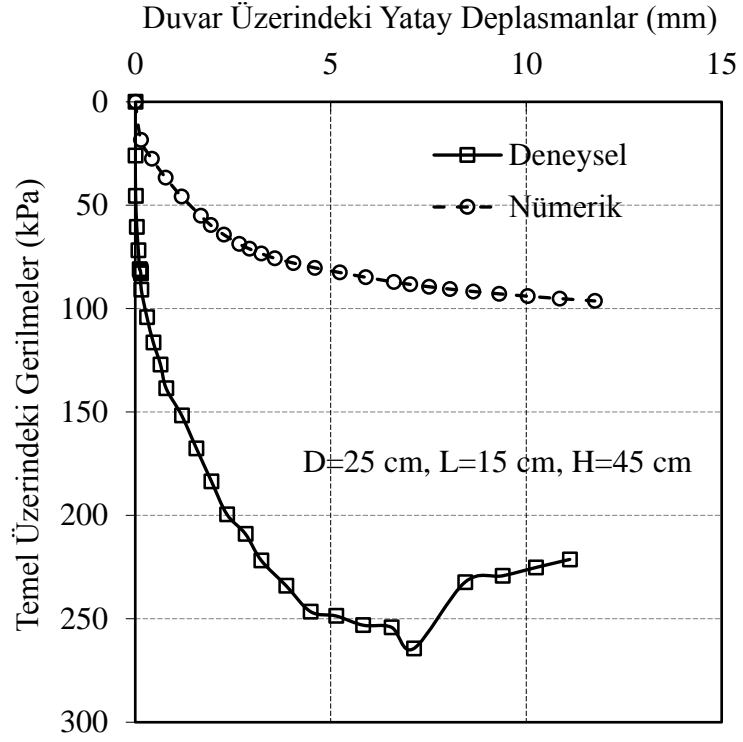
Şekil 4.159. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=45 cm, tip 4 duvar



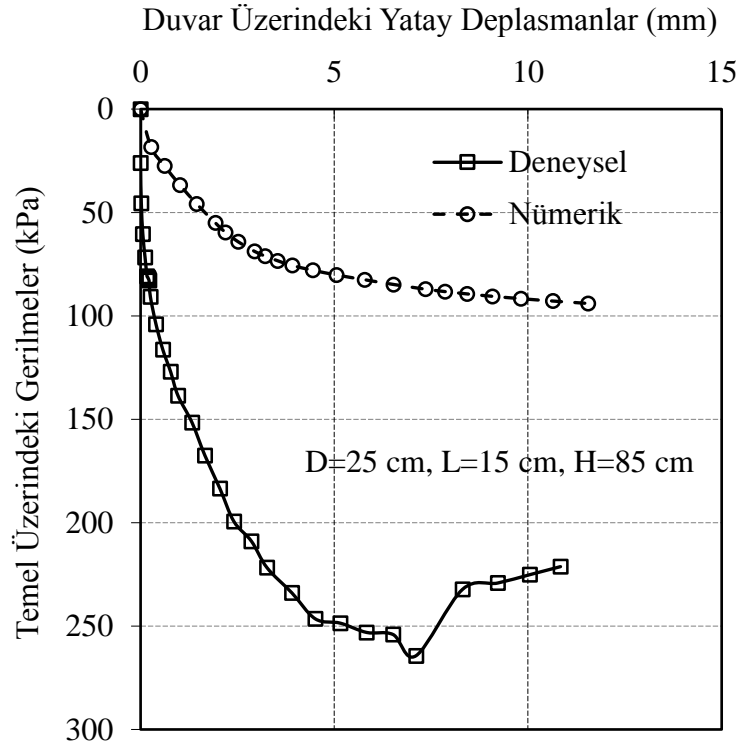
Şekil 4.160. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



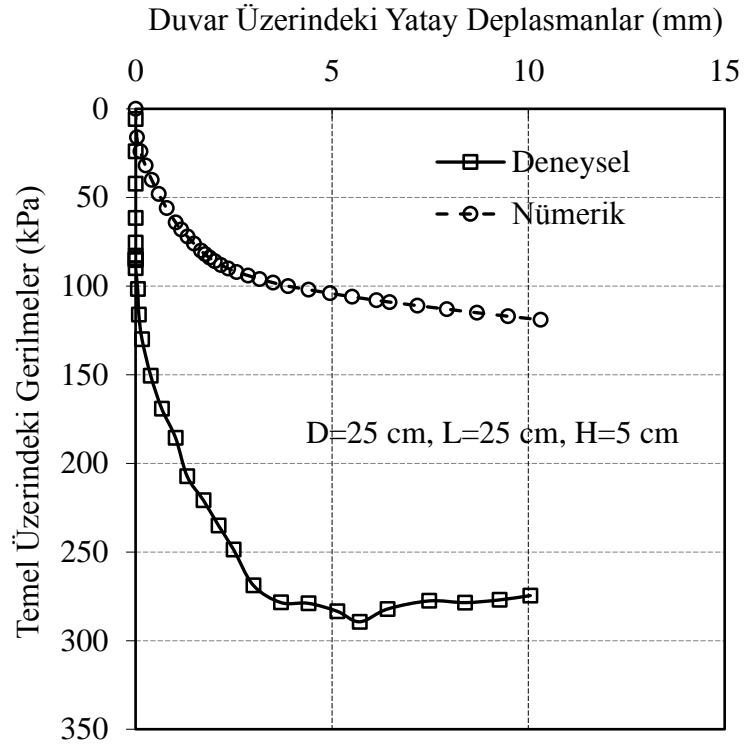
Şekil 4.161. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=5 cm, tip 4 duvar



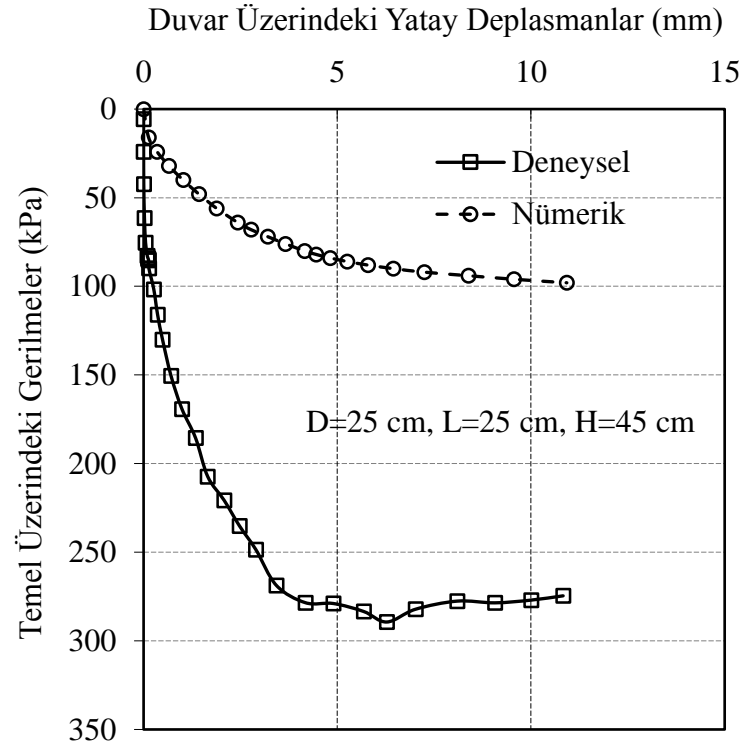
Şekil 4.162. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=45 cm, tip 4 duvar



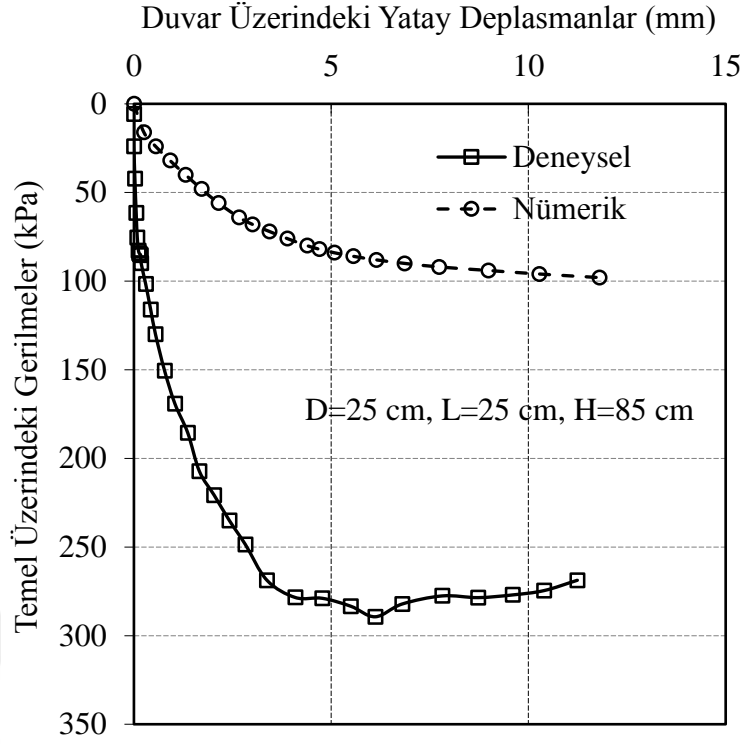
Şekil 4.163. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



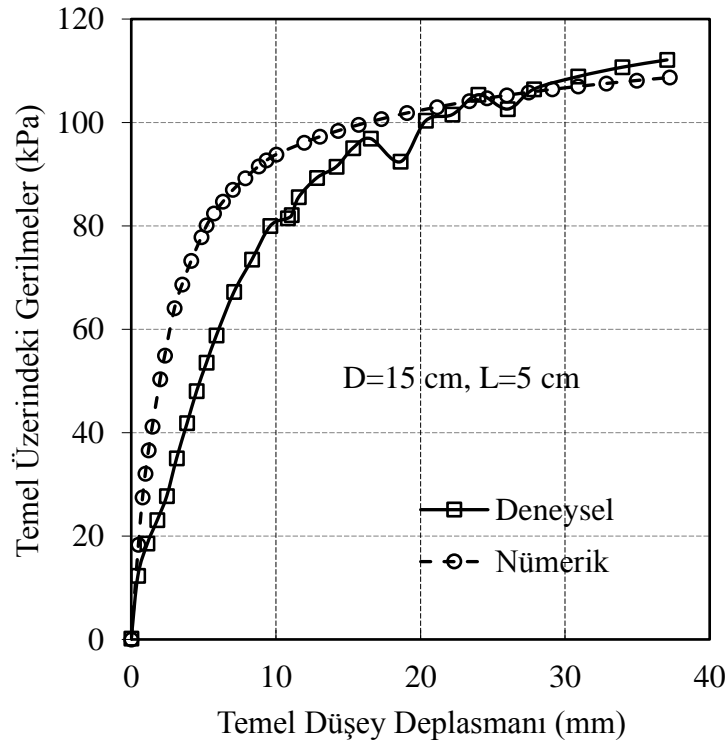
Şekil 4.164. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=5 cm, tip 4 duvar



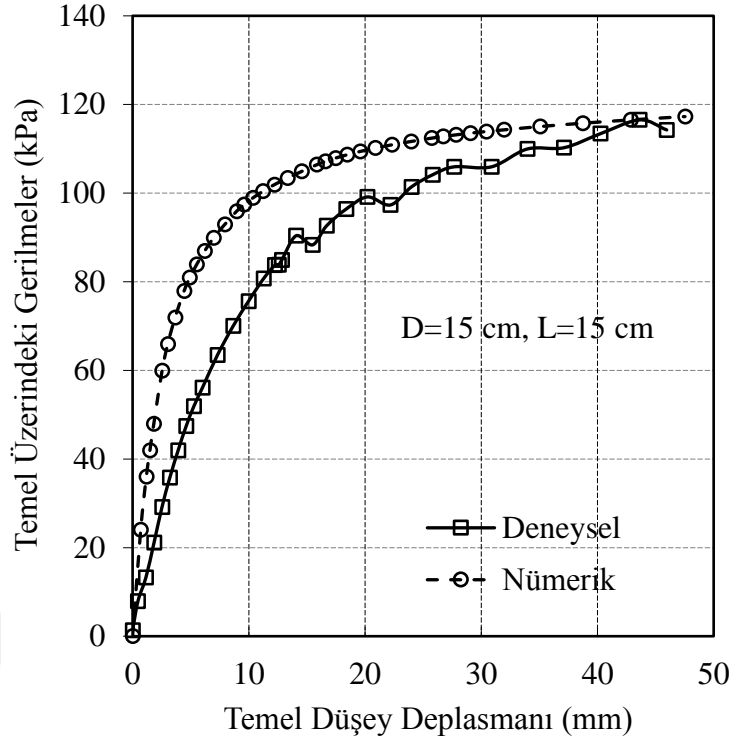
Şekil 4.165. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=45 cm, tip 4 duvar



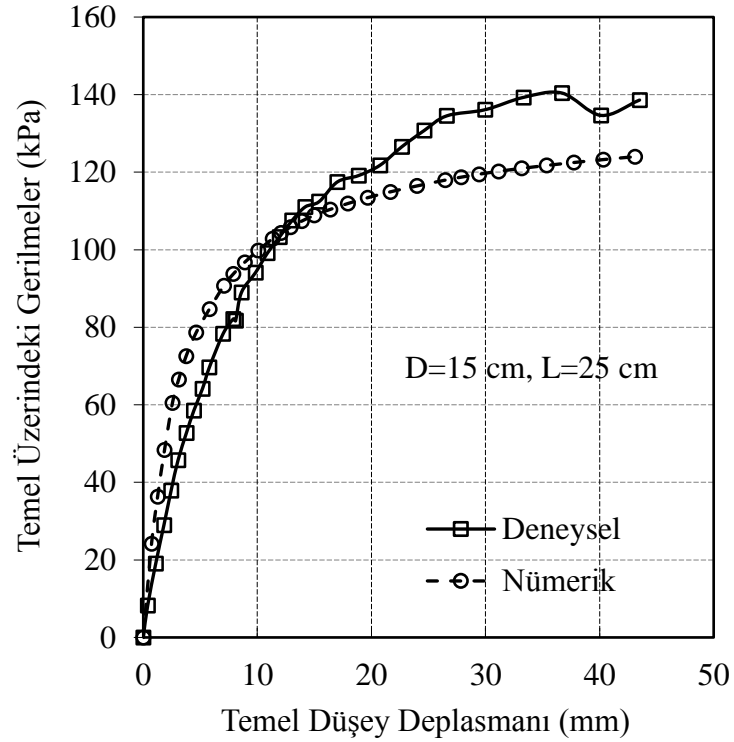
Şekil 4.166. Temel üzerindeki gerilmelerle duvardaki yatay deplasmanların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



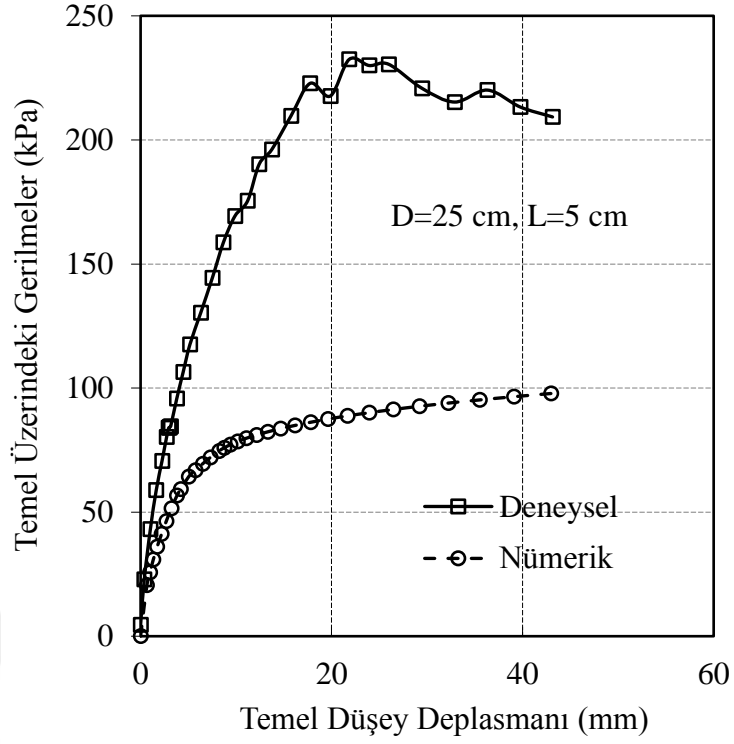
Şekil 4.167. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=5 cm, tip 4 duvar



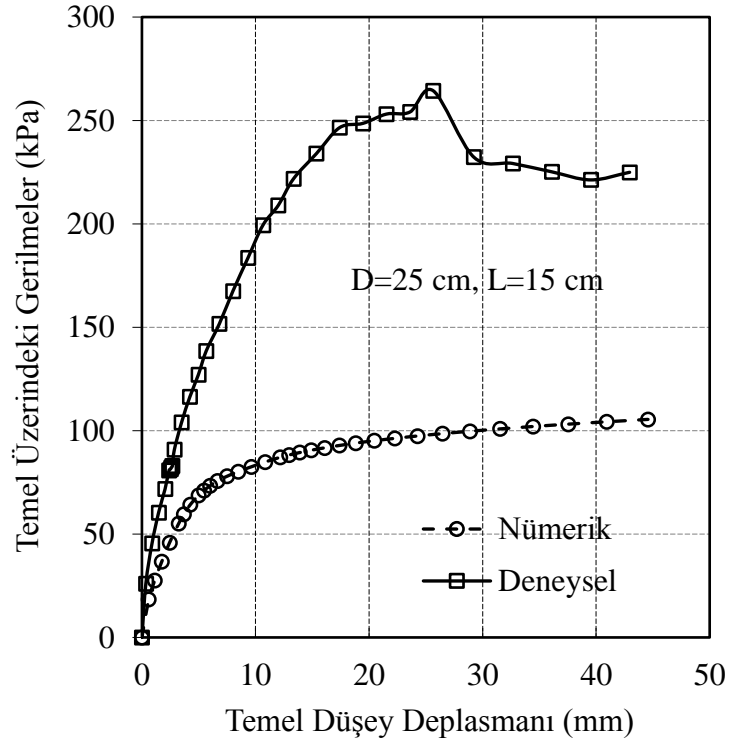
Şekil 4.168. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=15 cm, tip 4 duvar



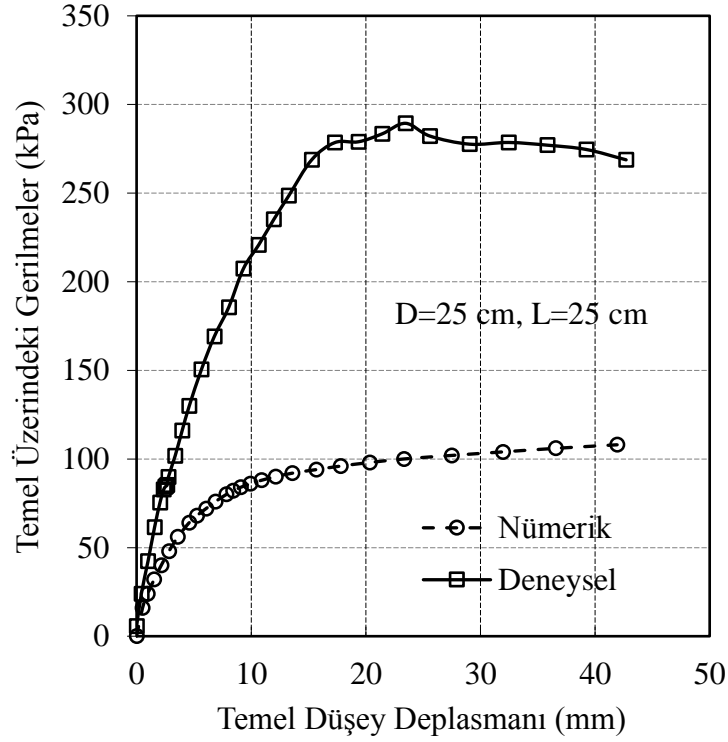
Şekil 4.169. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=15 cm, L=25 cm, tip 4 duvar



Şekil 4.170. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=5 cm, tip 4 duvar



Şekil 4.171. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=15 cm, tip 4 duvar



Şekil 4.172. Temel üzerindeki gerilme - deplasman değerlerinin deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması: D=25 cm, L=25 cm, tip 4 duvar

4.3. Deneysel Sonuçlarının İstatistiksel Yöntemlerle Doğrulanması

Deneyden elde edilen veriler kullanılarak, deney verilerinin tutarlılığı, sonuçların istatistiksel bir yaklaşımla elde edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Çalışmanın bu kısmında çoklu lineer regresyon yöntemi ve karar ağacı algoritmalarından olan M5 algoritması kullanılmıştır. Çalışmada Waikato üniversitesinde JAVA ile açık kaynak kodlu olarak geliştirilen istatistiksel analiz için kullanılan WEKA yazılımı seçilmiştir.

Duvar üzerinde en kritik bölge olan en üst noktadaki deplasman ölçer verileri tahmin için kullanılmıştır. Temel çapı (D), temelin duvara olan uzaklığı (L), temelde meydana gelen gerilme ve temelde meydana gelen düşey deplasman parametreleri girdi olarak alınmıştır. WEKA yazılımı ile yapılan analizlerde eğitim kümesi aynı zamanda test kümesi olarak da kullanılabilirdiğinden deneye ait bütün veriler hem eğitim hem test için kullanılmıştır.

Mühendislik problemlerinin tanımlanmasında ve çözümünde ilgili parametreler arasındaki ilişkinin anlaşılması önemlidir. Bu kapsamda problem iki değişkenli ise ve değişkenlerden biri bağımlı (y), diğeri bağımsız (x) ise regresyon denklemi basit regresyon olarak ifade edilir. Ancak bağımlı değişken sayısı bir iken birden fazla bağımsız değişken söz konusu ise bu durumda regresyon denklemi çoklu regresyon denklemi şeklini alır. Matematiksel açıdan regresyon analizlerinde doğrusal bir ilişki kullanılması daha kolaydır ve tercih edilen bir yöntemdir. Basit regresyon analizinde, iki değişken arasındaki ilişki $y=ax+b$ şeklinde belirtilmektedir. “a” ve “b” ifadeleri regresyon katsayıları olarak adlandırılır. Çoklu lineer regresyon denklemi aşağıdaki gibi verilmiştir (Ok B. 2018):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_j x_j + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (4.1.)$$

Denklem 4.1.'de; y_i bağımlı değişken, $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$ bağımsız değişkenler, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ bağımsız değişkenlerin bilinmeyen parametreleri, ε_i hata, $i=1,2,\dots, n$ 'e kadar olan n tane gözlemi temsil etmektedir. Bu denklemde $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ katsayılarının pozitif ya da negatif olması bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Bu katsayılardan herhangi birinin negatif olması durumunda, katsayıya bağlı bağımsız değişken arttıkça bağımlı değişken azalır. Pozitif olması durumunda ise tam tersi durum söz konusudur (Demir, 2011).

MLR yöntemi kullanılarak duvarda meydana gelen yatay ötelenme ΔX için tahmin denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\Delta X = 0.2738D + 0.0197L + 0.2932\Delta l - 0.0157\sigma_{temel} - 4.2684 \quad (4.2.)$$

Bu denklemde, ΔX : Duvarda meydana gelen yatay ötelenme, D: Temel çapı, L: Temelin duvara olan uzaklığı, Δl : Temelde meydana gelen düşey deplasman ve σ_{temel} : Temelde meydana gelen gerilmeyi göstermektedir.

M5 algoritması kullanılarak elde edilen karar ağacı Şekil 4.173.'te verilmiştir. Karar ağacında en yukarıda yer alan parametre kök parametre olarak adlandırılır ve M5

algoritmasına göre olay üzerinde en etkili olan yani ana parametreyi belirtir. Buna göre karar ağacında sınıflandırma “deplasman” parametresine göre oluşturulduğundan alt regresyon denklemlerinin de belirleyici unsuru “deplasman” değişkenidir. Karar ağaçları oluşturulurken aşırı öğrenmeden kaynaklanan aşırı dallanma gözlenebilir. Bu durumun önüne geçmek ve matematiksel olarak kullanışlı ve daha basit denklemler elde edebilmek adına budama (pruning) işlemi gerçekleştirilir. Bu doğrultuda M5 algoritması ve WEKA yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde budama işlemi gerçekleştirilmesine rağmen sadece duvarın üst kısmındaki deplasman ölçer verilerinin tahmini için 26 lineer regresyon denklemi elde edilmiştir.

Karar ağacı oluşturulurken veri kümesi sınıflandırılır. Sınıflandırma ve alt kümelere ayırma işlemi dolayısıyla düğümler ve kök düğüm belirlenme işlemi standart sapmadaki azalma miktarına göre belirlenir. Denklem aşağıdaki gibidir. (Pal ve Deswal, 2009).

$$SDR = sd(T) - \sum \frac{|T_i|}{|T|} sd(T_i) \quad (4.3.)$$

Denklemdaki T bir örnek kümesi, T_i ise örneklerin potansiyel alt kümesidir. Ayrıca buradaki sd terimi ise standart sapmayı ifade etmektedir (Frank ve ark., 1998; Rahimikhoob ve diğ., 2013; Kaya ve diğ., 2017). Her bir sınıflandırmanın nihai aşaması bir lineer regresyon denklemidir (Ok B. 2018).

Deney verileri kullanılarak oluşturulan Şekil 4.173.’te ki karar ağacı algoritması ile birlikte verilmiştir. Algoritmada bulunan 26 denklemin hangi şartlarda kullanılacağı algoritma üzerinde görülmektedir. M5T yöntemi kullanılarak duvarda meydana gelen yatay ötelenme ΔX için tahmin denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\Delta X = 0.0218D - 0.0034L + 0.099\Delta I - 0.0029\sigma_{temel} - 0.327 \quad (4.4.)$$

$$\Delta X = 0.0251D - 0.0044L + 0.1213\Delta I - 0.0038\sigma_{temel} - 0.3219 \quad (4.5.)$$

$$\Delta X = 0.0289D + 0.0003L + 0.2714\Delta I - 0.0098\sigma_{temel} - 0.2427 \quad (4.6.)$$

$$\Delta X = 0.0289D - 0.0073L + 0.1819\Delta I - 0.0006\sigma_{temel} - 0.2578 \quad (4.7.)$$

$$\Delta X = 0.0602D - 0.0062L + 0.1483\Delta I - 0.0001\sigma_{temel} - 0.9317 \quad (4.8.)$$

$$\Delta X = 0.0273D - 0.0047L + 0.1287\Delta I - 0.0046\sigma_{temel} - 0.2387 \quad (4.9.)$$

$$\Delta X = 0.0394D - 0.0050L + 0.3113\Delta I - 0.0188\sigma_{temel} - 0.2460 \quad (4.10.)$$

$$\Delta X = 0.0409D - 0.0356L + 0.4783\Delta I - 0.0053\sigma_{temel} - 0.5120 \quad (4.11.)$$

$$\Delta X = 0.0409D - 0.0315L + 0.5153\Delta I - 0.0102\sigma_{temel} - 0.3058 \quad (4.12.)$$

$$\Delta X = 0.0409D - 0.0533L + 0.4324\Delta I + 0.0059\sigma_{temel} - 0.6153 \quad (4.13.)$$

$$\Delta X = 0.0409D - 0.0227L + 0.3727\Delta I - 0.0082\sigma_{temel} - 0.5668 \quad (4.14.)$$

$$\Delta X = 0.0902D - 0.1006L + 0.3957\Delta I + 0.0241\sigma_{temel} - 1.9205 \quad (4.15.)$$

$$\Delta X = 0.0902D + 0.0017L + 0.2667\Delta I - 0.0317\sigma_{temel} + 0.1367 \quad (4.16.)$$

$$\Delta X = 0.0983D - 0.0314L + 0.3690\Delta I - 0.0018\sigma_{temel} - 0.1169 \quad (4.17.)$$

$$\Delta X = 0.0983D - 0.0373L + 0.3682\Delta I + 0.0086\sigma_{temel} - 1.0762 \quad (4.18.)$$

$$\Delta X = 0.0983D - 0.0373L + 0.3836\Delta I + 0.0082\sigma_{temel} - 1.1348 \quad (4.19.)$$

$$\Delta X = 0.0983D + 0.0216L + 0.3122\Delta I - 0.0164\sigma_{temel} + 1.4309 \quad (4.20.)$$

$$\Delta X = 0.0983D - 0.0116L + 0.2939\Delta I + 0.0070\sigma_{temel} - 0.0366 \quad (4.21.)$$

$$\Delta X = 0.0983D - 0.0007L + 0.3878\Delta I - 0.0192\sigma_{temel} - 0.2177 \quad (4.22.)$$

$$\Delta X = 0.1256D + 0.0157L + 0.0747\Delta I - 0.026\sigma_{temel} + 5.2378 \quad (4.23.)$$

$$\Delta X = 0.1256D + 0.0067L + 0.1391\Delta I - 0.0412\sigma_{temel} + 2.9104 \quad (4.24.)$$

$$\Delta X = 0.1249D + 0.0885L + 0.1887\Delta I - 0.0517\sigma_{temel} + 6.6106 \quad (4.25.)$$

$$\Delta X = 0.1249D - 0.0007L + 0.0951\Delta I + 0.0798\sigma_{temel} + 0.2303 \quad (4.26.)$$

$$\Delta X = 0.1249D - 0.0007L + 0.0929\Delta I + 0.0798\sigma_{temel} + 0.3083 \quad (4.27.)$$

$$\Delta X = 0.1249D - 0.0007L + 0.1214\Delta I + 0.1013\sigma_{temel} - 0.9667 \quad (4.28.)$$

$$\Delta X = 0.1249D + 0.0240L + 0.2155\Delta I - 0.0185\sigma_{temel} + 2.5011 \quad (4.29.)$$

Bu denklemlerde;

D: Temel çapı,

L: Temelin duvara olan uzaklığı,

ΔI : Temelde meydana gelen düşey deplasman,

σ_{temel} : Temelde meydana gelen gerilmeyi ve

ΔX : Duvarda meydana gelen yatay ötelenmeyi göstermektedir.

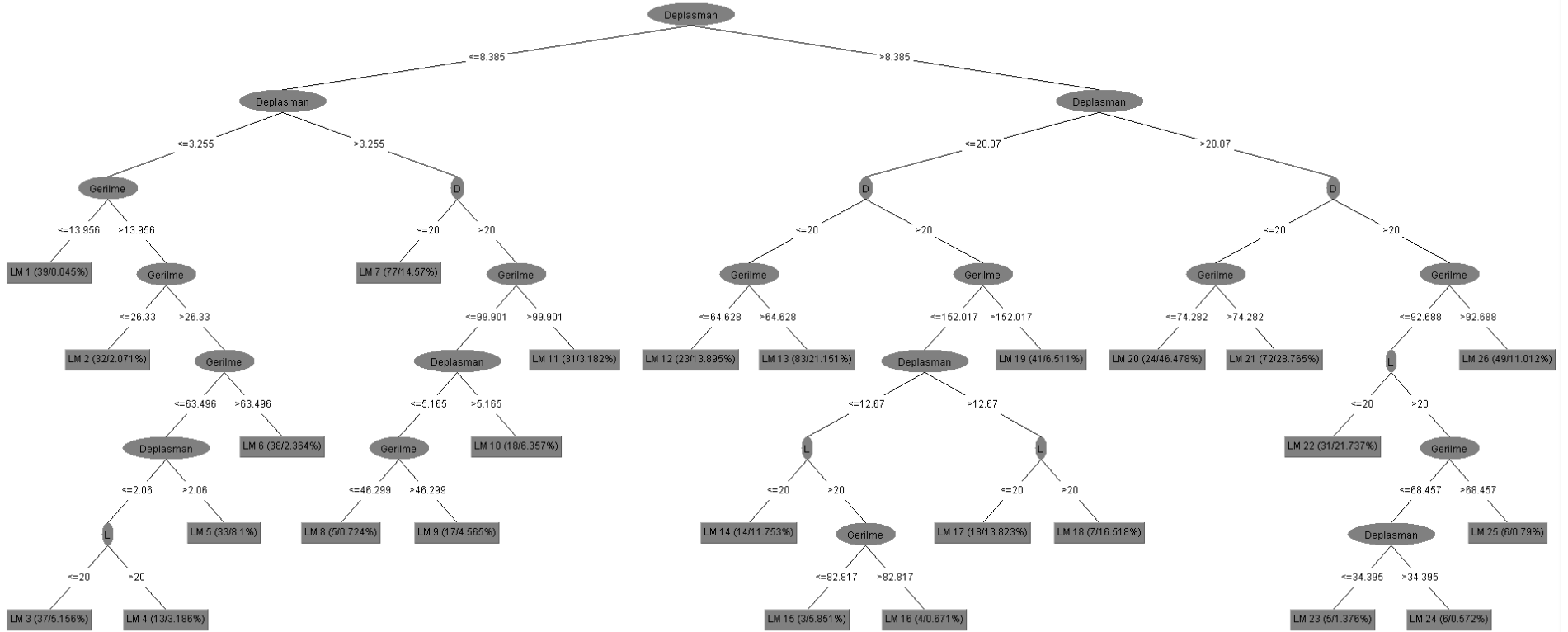
Şekil 4.173.'te verilen karar ağacı algoritmasında “deplasman” terimi mm cinsinden temelde meydana gelen düşey gerilmeyi, “D” cm cinsinden temel çapını, “L” cm cinsinden duvarın temel olan uzaklığını ve “gerilme” terimi temelde meydana gelen gerilmeyi kPa cinsinden ifade etmektedir. Bu denklemlerden örneğin 16 numaralı olanının kullanımından bahsedilecek olunursa;

İlk önce karar ağacının en üst kısmında temelde ki düşey deplasman değeri 8.385 mm'den büyükse tekrar aynı deplasman değerine bakılır. Deplasman değeri bu kez 20.07 veya daha küçükse bir diğer parametre olan temel çapı D'ye bakılır. D=20 cm'den büyükse, yani temel çapı 25 cm ise temelde meydana gelen gerilmeye bakılır.

Gerilme 152.017 kPa veya daha küçükse tekrar temelde meydana gelen düşey deplasmana bakılır. Düşey deplasman değeri 12.67 mm veya daha küçükse temelin duvara olan uzaklığı L parametresine bakılır. L değeri 20 cm'den büyükse tekrar temelde meydana gelen gerilmeye bakılır. Gerilme değeri 82.817 kPa'dan büyükse 16 numaralı denklem kullanılarak duvardaki ötelenme mm cinsinden tespit edilir.

Başka bir denklem olarak 1 numaralı denklemin algoritma üzerinden kullanımı için izlenecek yolu verecek olursak;

Yine ilk olarak, en tepede temelin düşey deplasmanına bakılır. Bu değer 8.385 mm'den küçükse tekrar deplasman değerine bakılır ve bu değer 3.255 mm'den de küçükse temeldeki gerilme değerine gidilir. Gerilme değeri 13.956 kPa'dan küçükse 1 numaralı denklem kullanılır.



Şekil 4.173. M5 yöntemi ile elde edilen karar ağacı.

Tablo 4.2.'de her iki istatistiksel metodun sonuçlarına dair korelasyon katsayısı, ortalama mutlak hata, kök ortalama kare hatası, mutlak bağıl hata ve kök bağıl kare hatası verilmiştir. Tablodaki verilere göre, hata değerleri ve korelasyon katsayısı göz önüne alındığında alt sınıflandırma yapması sebebiyle M5 karar ağacı sonuçları beklendiği üzere çoklu lineer regresyon denkleminde daha tutarlı çıkmıştır. Tabloda verilen ortalama mutlak hata denklem 4.30.'da ki gibi hesap edilmiştir.

Tablo 4.2. MLR ve M5T istatistiksel yöntemlerin karşılaştırılması

	MLR	M5T
Korelasyon katsayısı	0.8618	0.9689
Ortalama mutlak hata	1.466	0.6066
Ortalama kök karesel hata	2.0231	0.9922
Mutlak bağıl hata	% 46	% 19
Bağıl kök karesel hata	% 50	% 25

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \quad (4.30.)$$

Burada y tahmin değerlerini, x deney sonuçlarını temsil ederken i ise $i=1,2,\dots,n$ 'e kadar olmak üzere n tane gözlem anlamına gelmektedir.

Tablo 4.2.'de verilen ortalama kök karesel hata denklem 4.31.'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2} \quad (4.31.)$$

Burada \hat{y}_i tahmin edilen değerler anlamına gelirken y deney sonuçlarını temsil etmektedir ve i ise $i=1,2,\dots,n$ 'e kadar olmak üzere n tane gözlem anlamına gelmektedir.

Tablo 4.2.'de verilen bir diğer hata çeşidi olan mutlak bağıl hata denklem 4.32. ve denklem 4.33.'te verilen ifadeler ile hesap edilmiştir.

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n |y_{ij} - x_i|}{\sum_{j=1}^n |x_j - \bar{x}|} \quad (4.32.)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.33.)$$

Denklem 4.32. ve denklem 4.33.'te y tahmin değerini x deney sonuçlarını temsil etmektedir ve i ve j ise i,j=1,2,...,n'e kadar olmak üzere n tane gözlem anlamına gelmektedir.

Tablo 4.2.'de verilen son hata çeşidi ise bağıl kök karesel hatadır. Denklem 4.34. ve denklem 4.35.'te bu hatanın nasıl hesaplandığı gösterilmiştir.

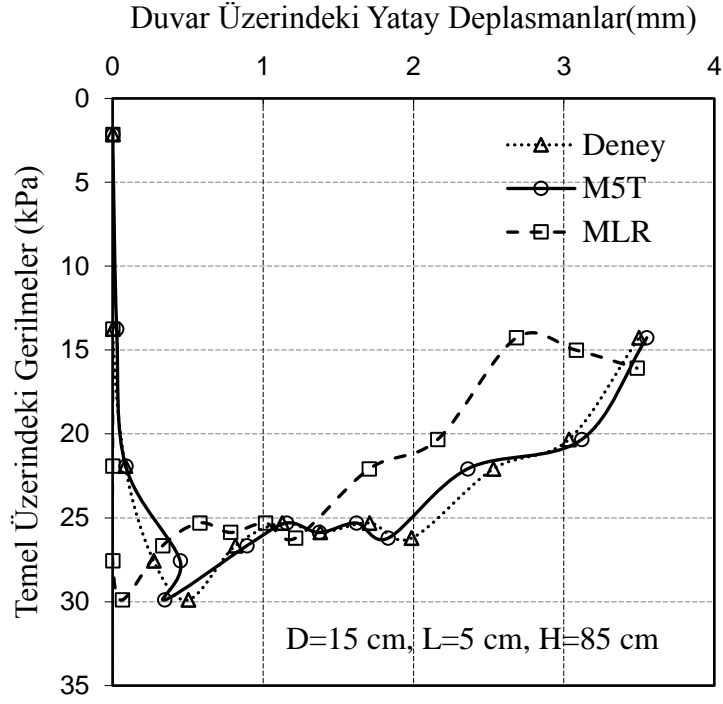
$$E_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - x_i)^2}{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}} \quad (4.34.)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.35.)$$

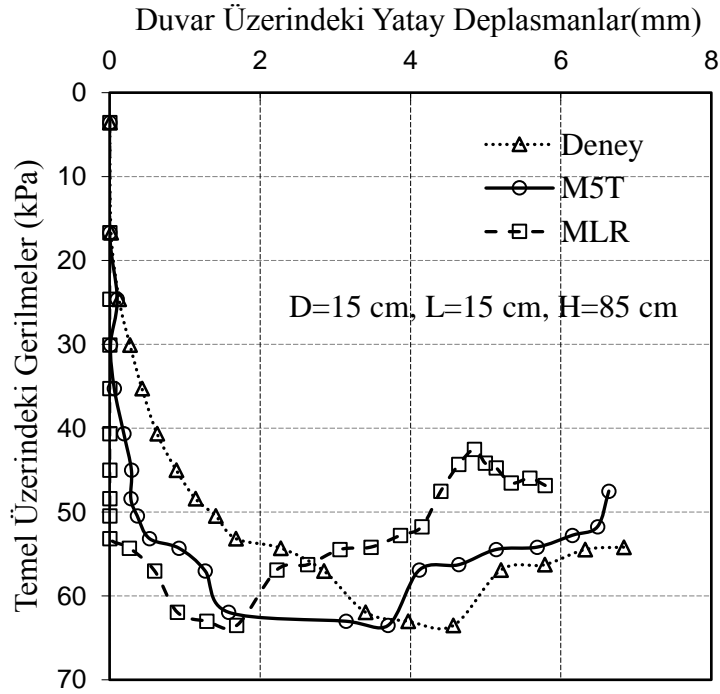
Denklem 4.34. ve denklem 4.35.'te y tahmin değerini x deney sonuçlarını temsil etmektedir ve i ve j ise i,j=1,2,...,n'e kadar olmak üzere n tane gözlem anlamına gelmektedir.

4.3.1. Tip 1 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması

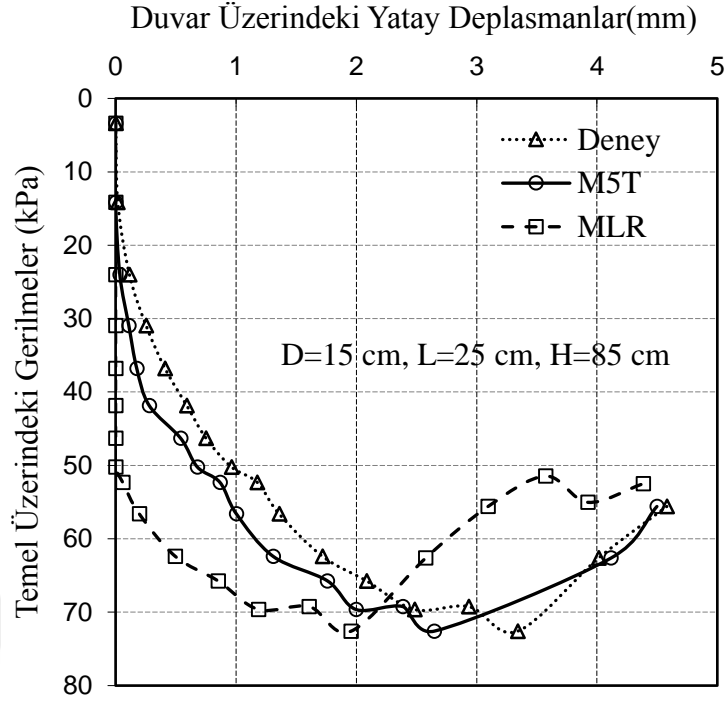
Şekil 4.174.-Şekil 4.179'da tip 1 duvar üzerinde deneysel sonuçlardan elde edilen eğriler ile istatistiksel sonuçlardan elde edilen eğriler birlikte verilmiştir. Grafiklerde her iki temel çapında ve duvara olan 3 farklı uzaklığın dikkate alındığı durumda duvar üzerindeki en kritik nokta olan duvarın en üst kısmında bulunan deplasman ölçerden alınan veriler ile elde edilen eğriler gösterilmiştir. Grafiklere bakıldığında M5T yöntemi ile elde edilen eğrilerin MLT yöntemine kıyasla deneysel verilerle daha uyumlu olduğu görülmektedir. Temel çapının D=25 cm olması durumunda bu uyum daha net görülmektedir. Çünkü MLT yöntemi ile elde edilen eğriler temel çapının D=25 cm olması durumunda deneysel eğrilerden çok daha uzak çıkmıştır.



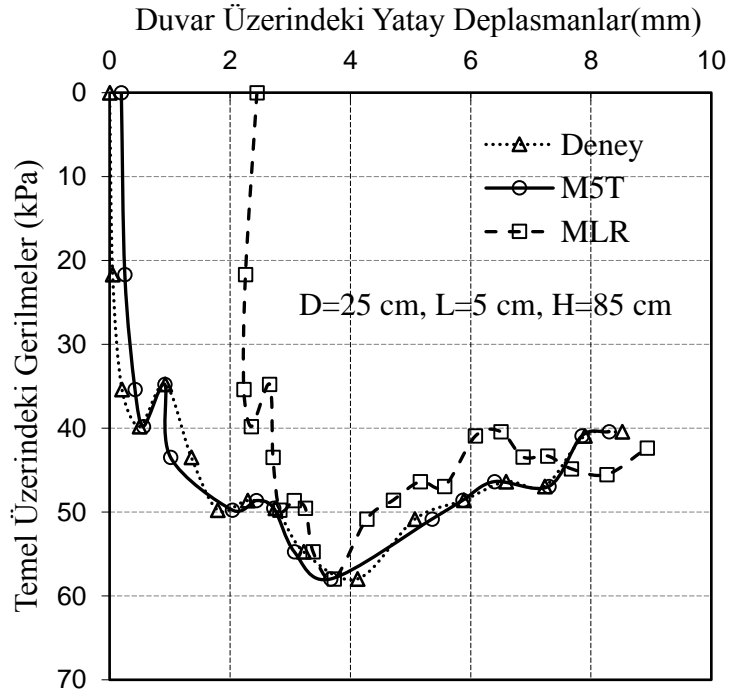
Şekil 4.174. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



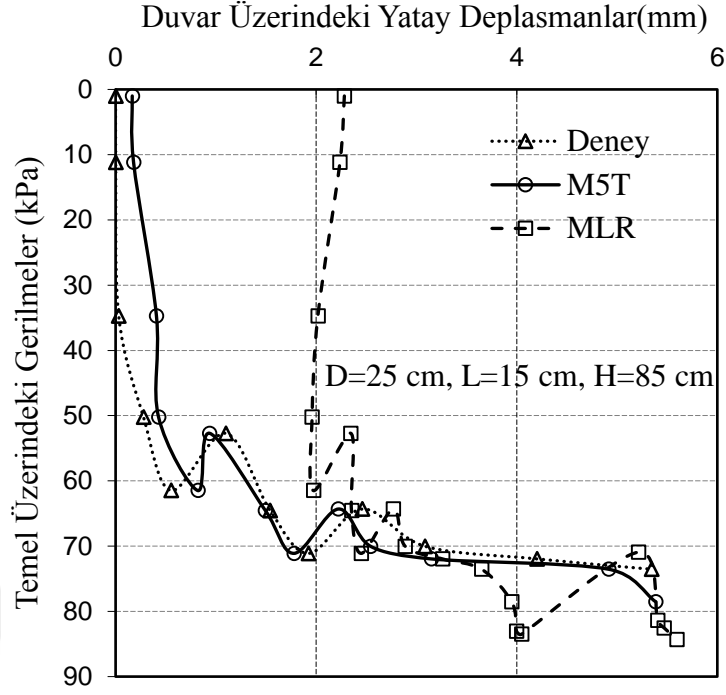
Şekil 4.175. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



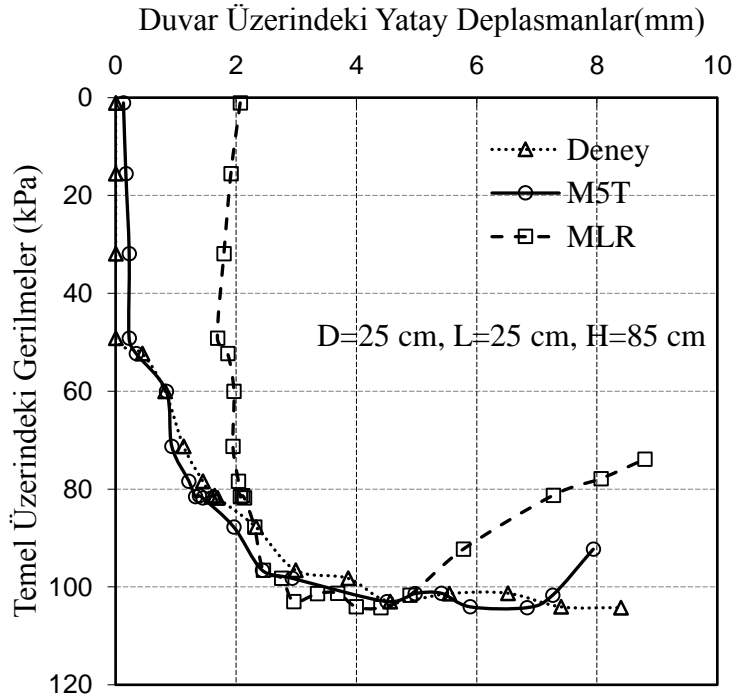
Şekil 4.176. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



Şekil 4.177. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



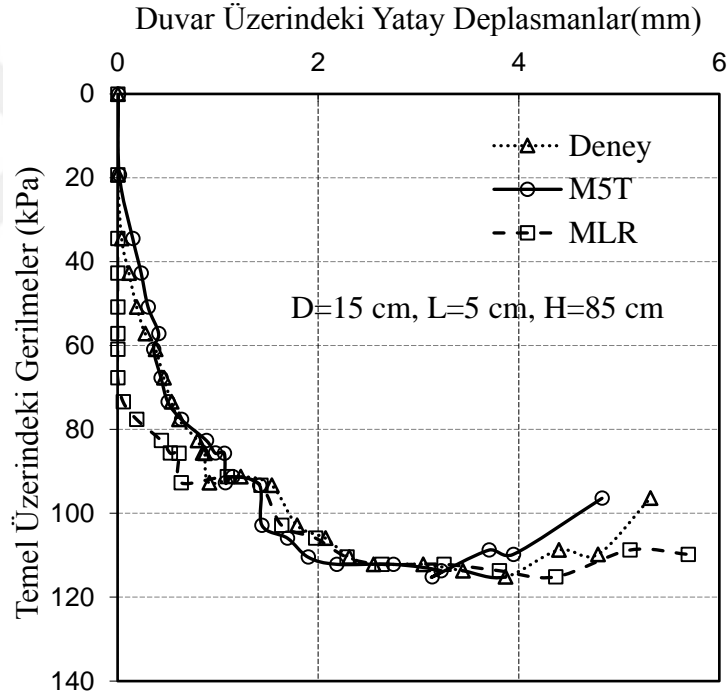
Şekil 4.178. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 1 duvar



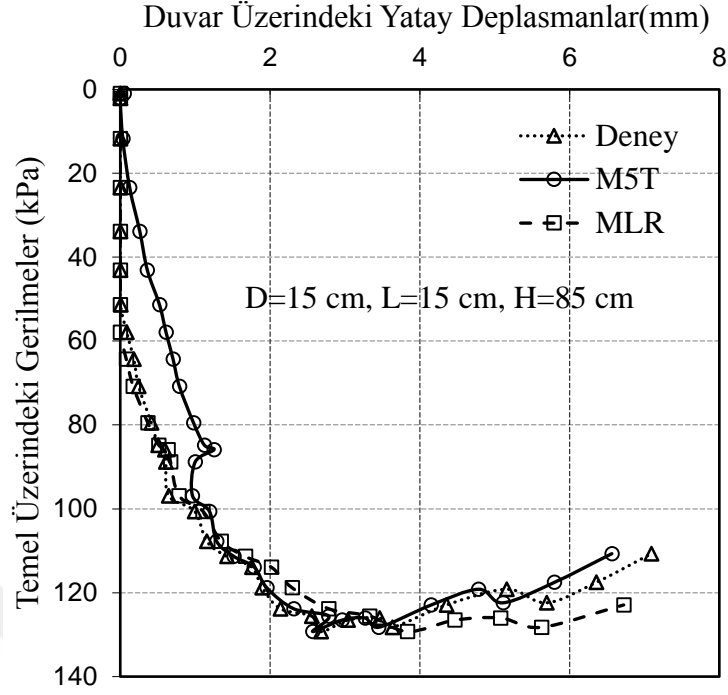
Şekil 4.179. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 1 duvar

4.3.2. Tip 2 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması

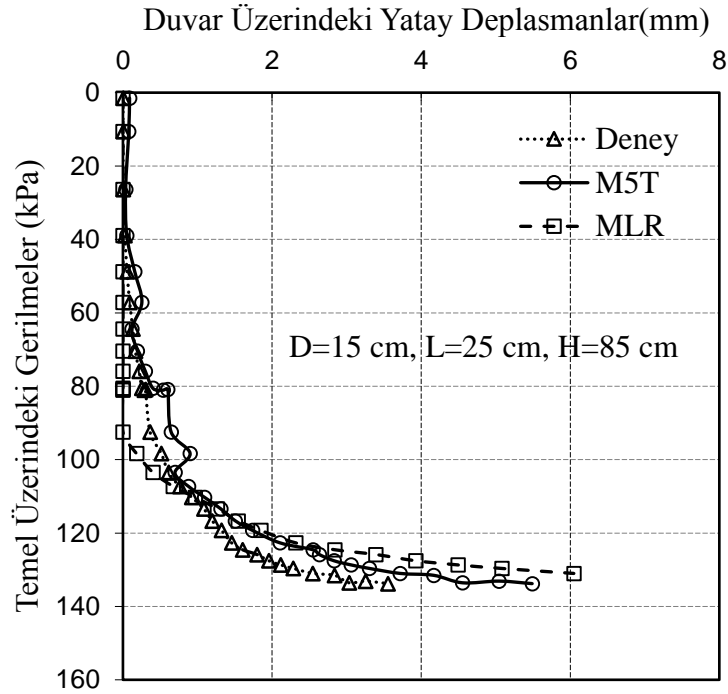
Şekil 4.180.-Şekil 4.185'te tip 2 duvar üzerinde deneysel sonuçlardan elde edilen eğriler ile aynı verilerin istatistiksel sonuçlarından bulunan eğriler birlikte verilmiştir. Grafiklerde her iki temel çapında ve duvara olan 3 farklı uzaklığın dikkate alındığı durumda duvar üzerindeki en kritik nokta olan duvarın en üst kısmında bulunan deplasman ölçerden alınan veriler ile elde edilen eğriler gösterilmiştir. Tip 1 duvardaki sonuçlara benzer şekilde M5T yöntemi MLR yöntemine kıyasla daha uyumlu sonuçlar vermiştir. Özellikle de Şekil 4.182. ve Şekil 4.184.'te deneysel bulgularla çizilen eğrinin M5T yöntemi ile çizilen eğriyle hemen hemen aynı olduğu bulunmuştur. Bu sonuç M5T'nin iyi derecede tutarlı sonuçlar verdiğinin göstergesidir.



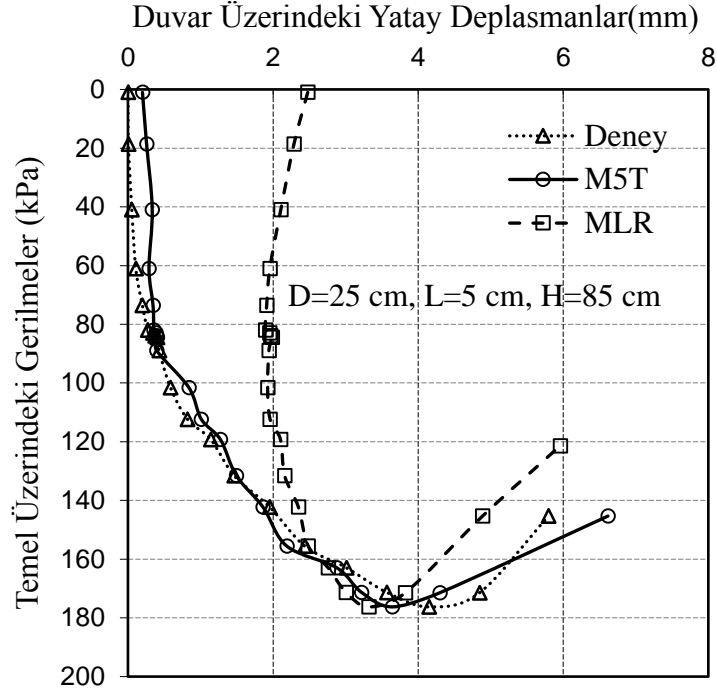
Şekil 4.180. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



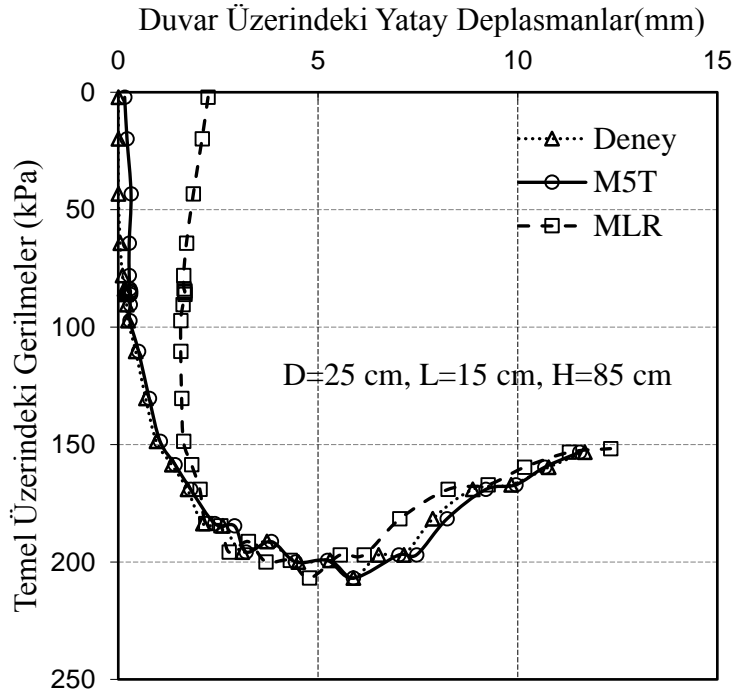
Şekil 4.181. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



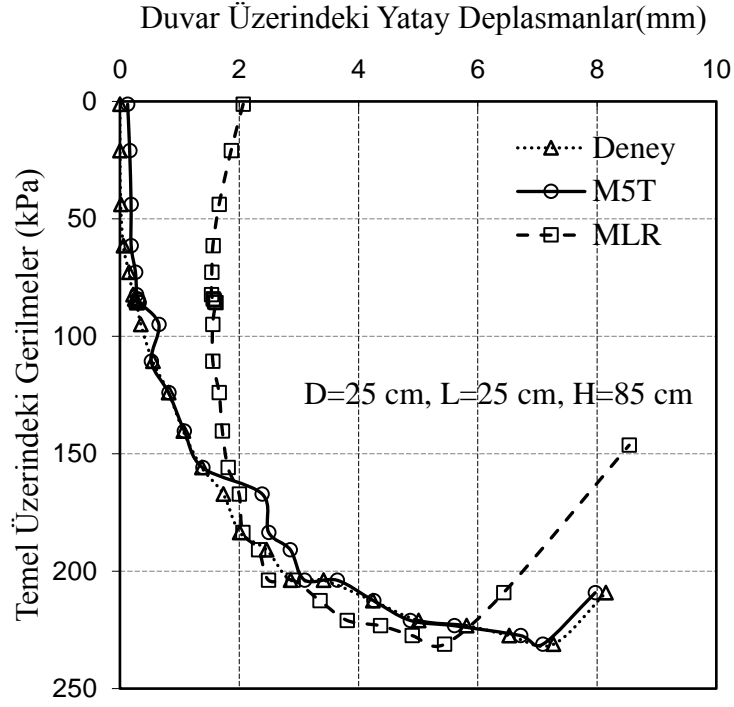
Şekil 4.182. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



Şekil 4.183. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



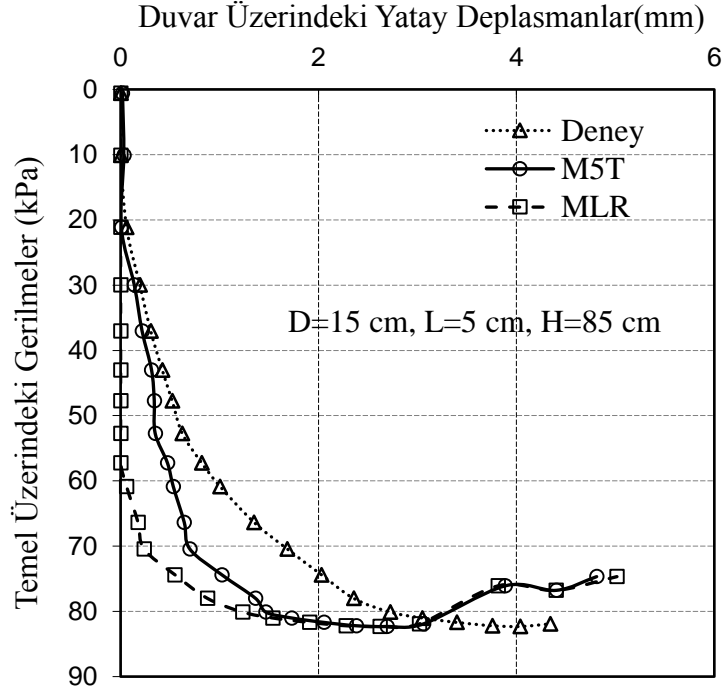
Şekil 4.184. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 2 duvar



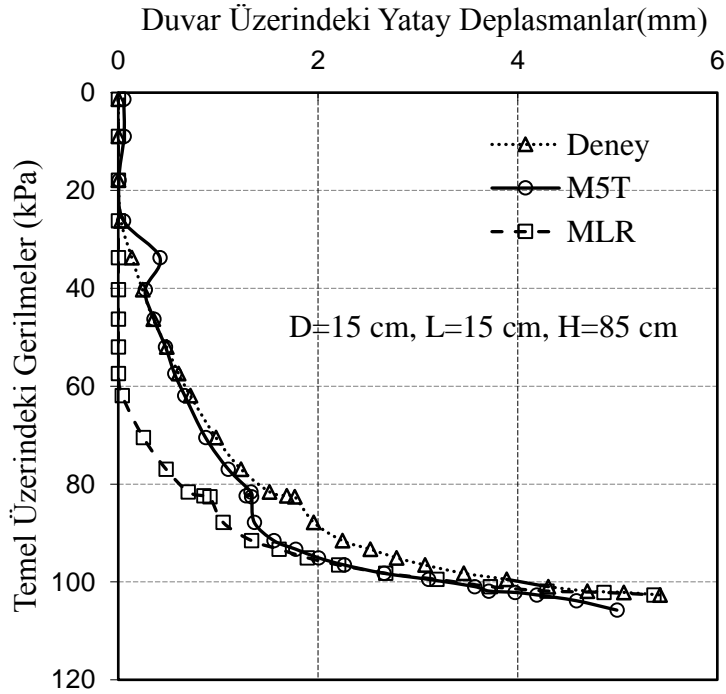
Şekil 4.185. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 2 duvar

4.3.3. Tip 3 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması

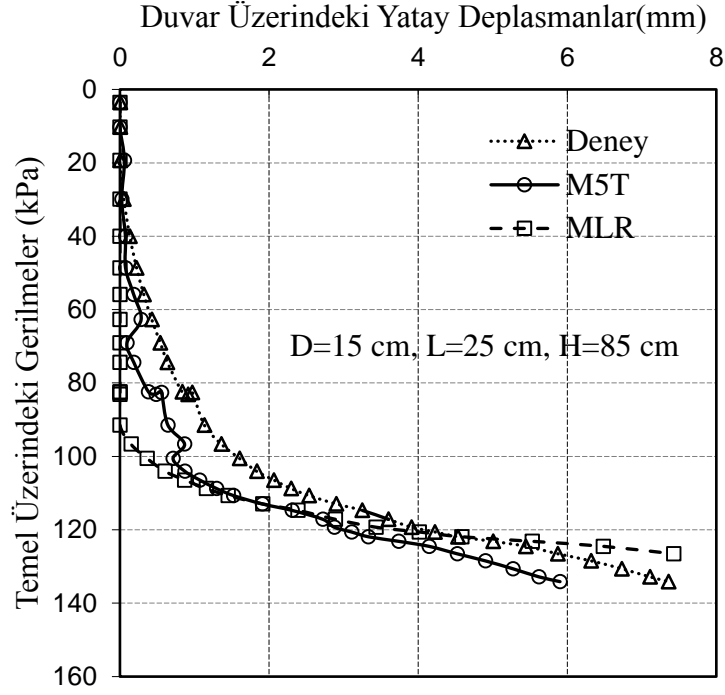
Şekil 4.186.-Şekil 4.191.'de tip 3 duvar üzerinde deneysel sonuçlardan elde edilen eğriler ile aynı verilerin istatistiksel sonuçlarından bulunan eğriler birlikte verilmiştir. Grafiklerde her iki temel çapında ve duvara olan 3 farklı uzaklığın dikkate alındığı durumda duvar üzerindeki en kritik nokta olan duvarın en üst kısmında bulunan deplasman ölçerden alınan veriler ile elde edilen eğriler gösterilmiştir. Grafiklere bakıldığında belirli bir yatay ötelenmeden sonra her üç eğrinin de yaklaşık aynı değeri verdiği görülmektedir. Örneğin Şekil 4.190. ve Şekil 4.191.'de 5 mm ve daha büyük deplasman mertebelerinde hem deneysel eğri hemde istatistiksel eğriler hemen hemen aynı değerleri göstermektedir. Fakat yine bu iki grafikte başlangıç kısımlarında MLR yöntemi ile çizilen eğriler çok da uyumlu denilemeyecek derecede sonuçlar verdiği görülmüştür.



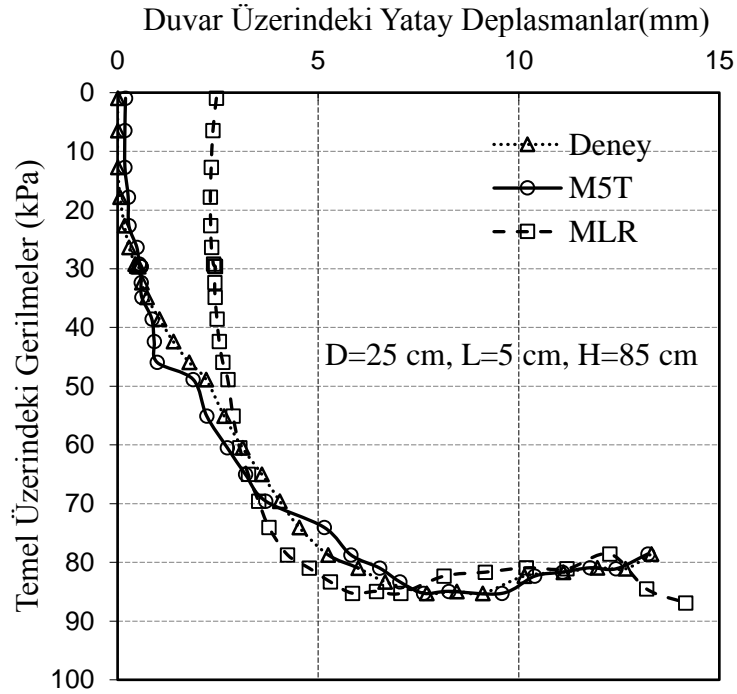
Şekil 4.186. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



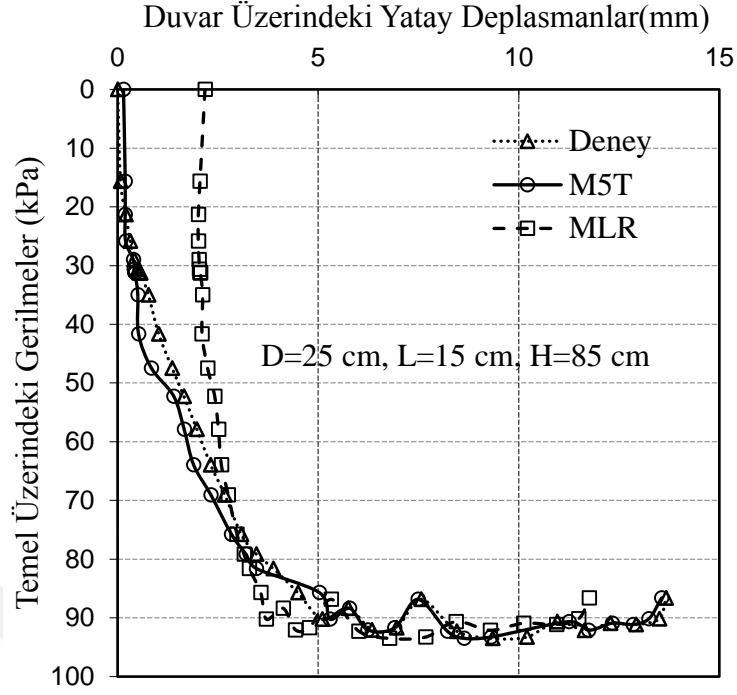
Şekil 4.187. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



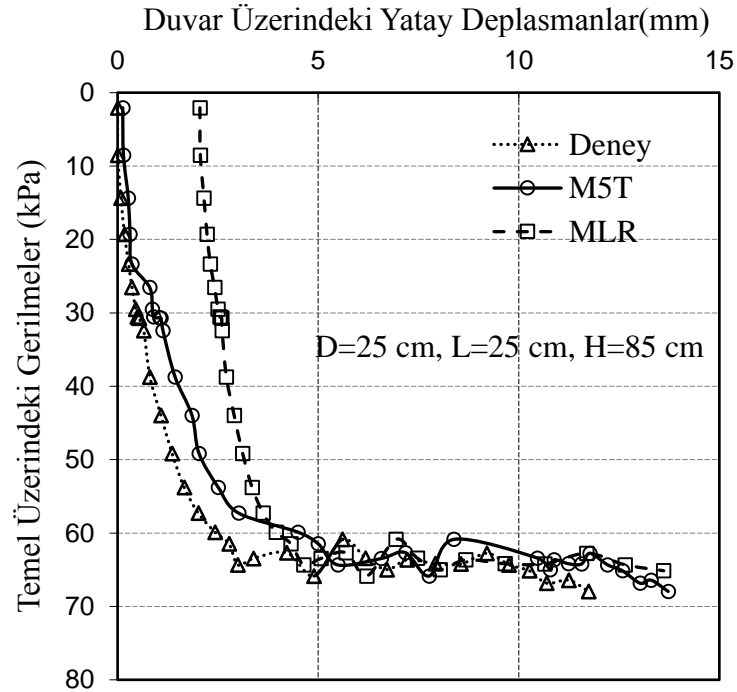
Şekil 4.188. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



Şekil 4.189. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



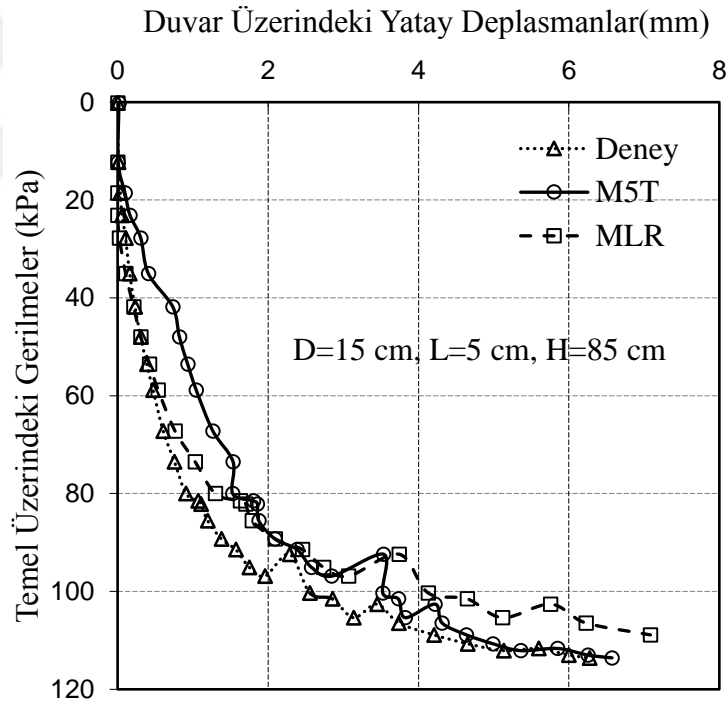
Şekil 4.190. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 3 duvar



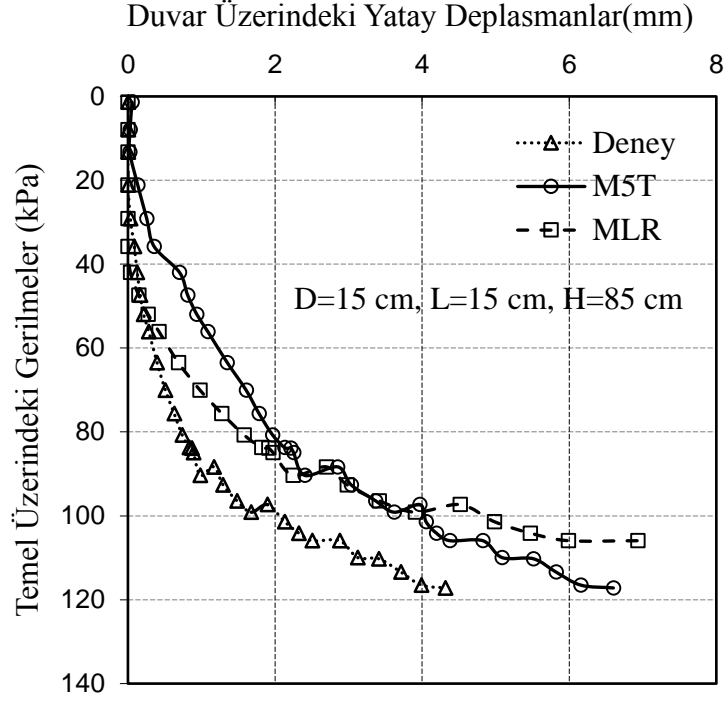
Şekil 4.191. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 3 duvar

4.3.4. Tip 4 Duvarda Deneysel ve İstatistiksel Verilerin Karşılaştırılması

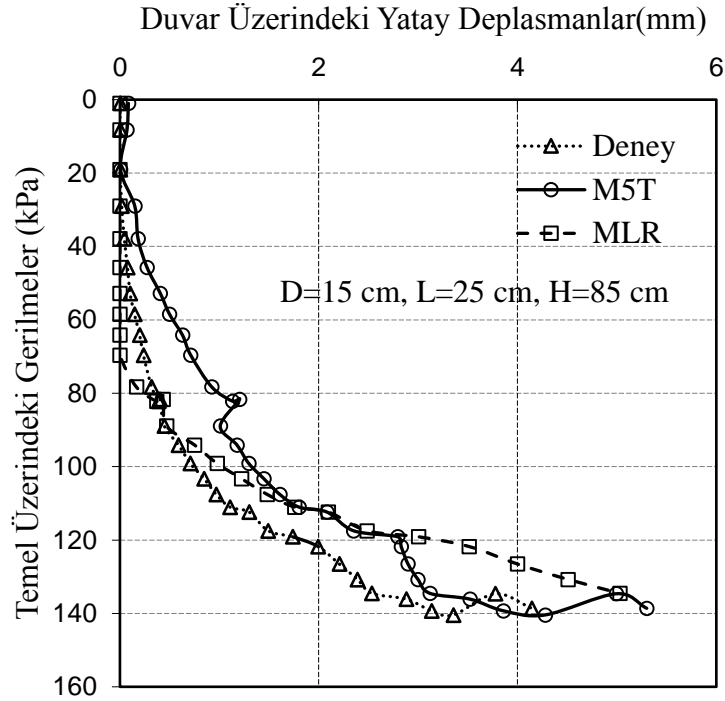
Şekil 4.192.-Şekil 4.197.'de tip 4 duvar üzerinde deneysel sonuçlardan elde edilen eğriler ile aynı verilerin istatistiksel sonuçlarından bulunan eğriler birlikte verilmiştir. Grafiklerde her iki temel çapında ve duvara olan 3 farklı uzaklığın dikkate alındığı durumda duvar üzerindeki en kritik nokta olan duvarın en üst kısmında bulunan deplasman ölçerden alınan veriler ile elde edilen eğriler gösterilmiştir. Genel itibari ile önceki duvar tiplerinde olduğu gibi M5T yöntemi ile çizilen eğrilerin MLR yöntemi ile çizilenlere kıyasla daha uyumlu olduğu bulunmuştur. Fakat Şekil 4.192.-Şekil 4.193.'e bakıldığında duvar üzerindeki yatay deplasmanların ilk 2 mm değerlerine kadar olan kısmında MLR yönteminin M5T'ye göre daha uyumlu sonuç verdiği bulunmuştur.



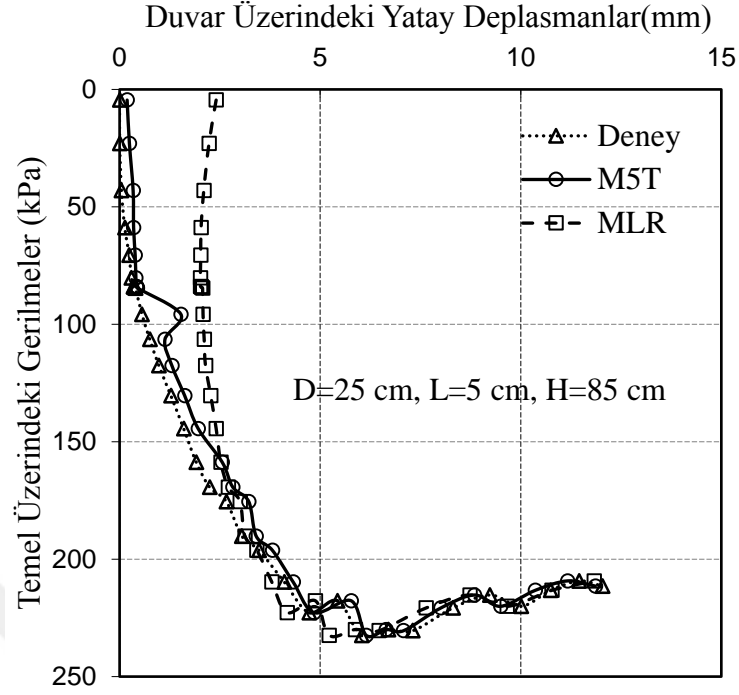
Şekil 4.192. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanının deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



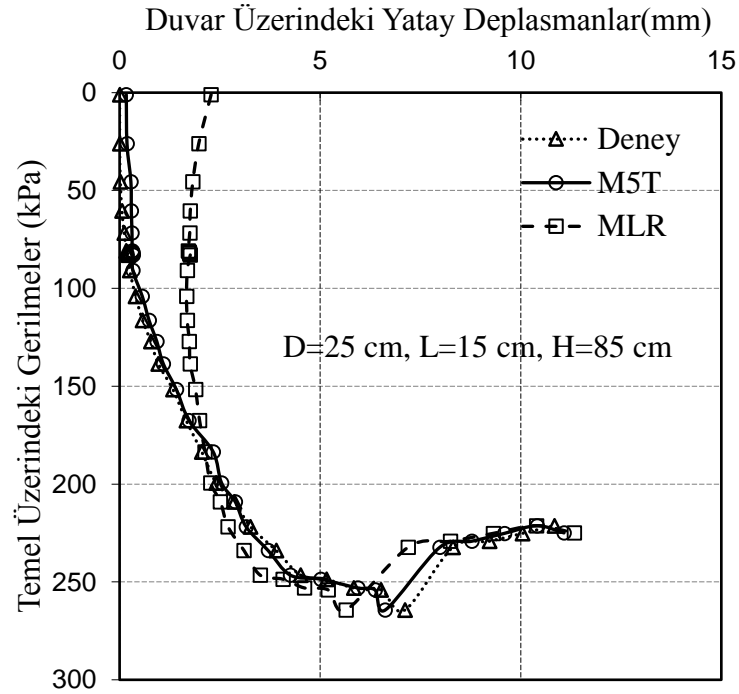
Şekil 4.193. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



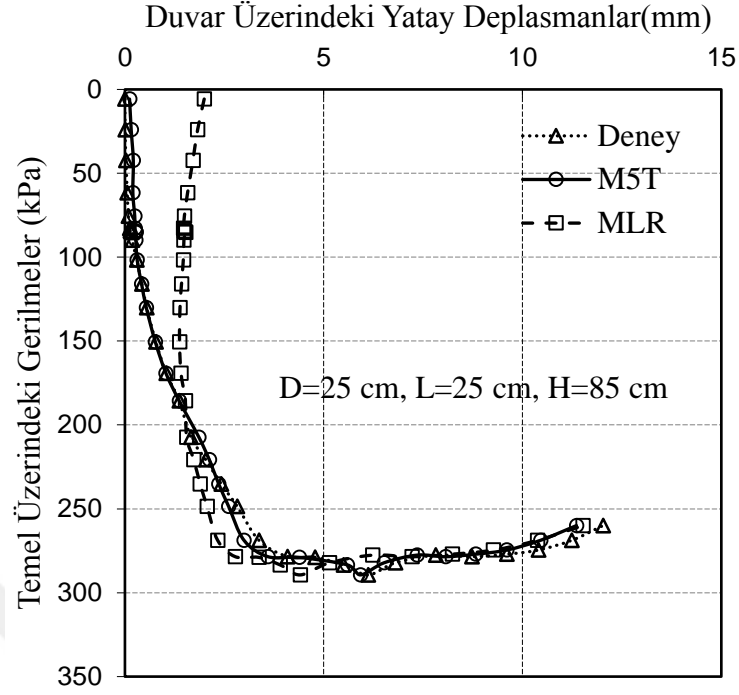
Şekil 4.194. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=15 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



Şekil 4.195. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=5 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



Şekil 4.196. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=15 cm, H=85 cm, tip 4 duvar



Şekil 4.197. Temel üzerindeki gerilmelere karşılık gelen duvarın yatay deplasmanın deneysel ve istatistiksel gösterimi: D=25 cm, L=25 cm, H=85 cm, tip 4 duvar

4.4. Temel Taşıma Güçlerinin Teorik Formüllerden Hesaplanması ve Karşılaştırılması

Deneysel olarak duvara farklı uzaklıktaki durumlarda kullanılan farklı iki çapa sahip dairesel temellerin üzerinde meydana gelen gerilmelerin teoride yaygın olarak kullanılan Terzaghi ve Meyerhof'un taşıma gücü formülleri ile hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Terzaghi ve Meyerhof formülleri denklem 4.36. ve denklem 4.37.'de sırasıyla verilmiştir. Burada zemin kohezyonsuz ve temelin gömülme derinliği "0 m" olduğu için denklemlerde ilk iki bileşenden herhangi bir katkı alınmamaktadır. Dolayısıyla belirleyici olan denklemlerin son bileşeni olacaktır. Hesaplamalarda zeminin birim ağırlığı $\gamma=16,15 \text{ kN/m}^3$ ve içsel sürtünme açısı $\phi=42^\circ$ olarak alınmıştır. Yine hesaplamalar için gerekli olan N_γ değerleri bu iki araştırmacının taşıma gücü tablolarından Terzaghi için 171,99 Meyerhof için 139,32 alınmıştır. Meyerhof formülünde bulunun şekil (s_γ), derinlik (d_γ) ve eğim (i_γ) faktörleri denklem 4.38.-4.40.'da verilmiştir.

$$q_u = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.3\gamma DN_\gamma \quad (\text{Terzaghi 1943}) \quad (4.36.)$$

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + \gamma D_f N_q s_q d_q i_q + 0.5\gamma DN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (\text{Meyerhof 1963}) \quad (4.37.)$$

$$s_\gamma = 1 + 0.1 \frac{B}{L} \tan^2(45 + \phi/2), \phi > 10^\circ \text{ için } (\text{Meyerhof 1963}) \quad (4.38.)$$

$$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D_f}{L} \tan(45 + \phi/2), \phi > 10^\circ \text{ için } (\text{Meyerhof 1963}) \quad (4.39.)$$

$$i_\gamma = (1 - \beta/\phi)^2, \phi > 0^\circ \text{ için } (\text{Meyerhof 1963}) \quad (4.40.)$$

Tablo 4.3.'te verilen karşılaştırma değerlerine bakıldığında, son iki sütunda elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere oranlandığı görülmektedir. Bu oranın bazı durumlarda 1'e çok yakın çıktığı görülmüştür. Hatta tip 1 duvarda D=15 cm L= 15 cm durumunda bu değer 1 çıktığı görülmektedir. Bu da deneysel sonuçların teoride kullanılan hesapla yöntemleriyle oldukça tutarlı olduğunu göstermektedir. Yine tabloya bakıldığında Terzaghi taşıma gücü formülünün Meyerhof'un formülüne kıyasla deneysel sonuçlara daha yakın değerler verdiği görülmektedir.

Cüre vd. şeve yakın oturan temellerin sınır taşıma gücünde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bu tez çalışması kapsamında geocell malzemesi kullanılarak imal edilen duvarlarda aynı şekilde duvara yaklaştıkça sınır taşıma gücünde bir azalma olduğu Tablo 4.3.'te görülmektedir. Duvara olan uzaklık azaldıkça temeldeki gerilmelerin azaldığı buna karşılık duvardan uzaklaştıkça da gerilmelerin arttığı tespit edilmiştir. Terzaghi ve Meyerhof ile yapılan kıyaslama sonucu deneysel sonuçların teorik sonuçlara oranlanmasıyla elde edilen katsayılar, taşıma gücü düzeltme katsayıları olarak alınabilir. Böylece duvara olan L uzaklığının temelin çapı D'ye oranına bağlı bir düzeltme katsayısı verilerek duvara olan mesafe değişimi ile taşıma gücünün değişimi yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

Tablo 4.3. Deneysel Bulgularla Elde Edilen Temel Taşıma Gücünün Teorik Formüllerle Kıyaslanması

	Temel Çapı (cm)	Duvarın Temele Olan Uzaklığı (cm)	L/D	Sınır Taşıma Gücü Değerleri			Taşıma Gücü Düzeltme Katsayısı	
				Terzaghi (kPa)	Meyerhof (kPa)	Deney (kPa)	Deney/ Terzaghi (1943)	Deney/ Meyerhof (1963)
Tip 1 Duvar	D=15	L=5	0,33	125	254	82	0,65	0,32
	D=15	L=15	1,00	125	254	105	0,84	0,41
	D=15	L=25	1,67	125	254	125	1,00	0,49
	D=25	L=5	0,20	209	423	60	0,29	0,14
	D=25	L=15	0,60	209	423	85	0,41	0,20
	D=25	L=25	1,00	209	423	105	0,50	0,25
Tip 2 Duvar	D=15	L=5	0,33	125	254	115	0,92	0,45
	D=15	L=15	1,00	125	254	129	1,03	0,51
	D=15	L=25	1,67	125	254	134	1,07	0,53
	D=25	L=5	0,20	209	423	176	0,84	0,42
	D=25	L=15	0,60	209	423	206	0,99	0,49
	D=25	L=25	1,00	209	423	232	1,11	0,55
Tip 3 Duvar	D=15	L=5	0,33	125	254	30	0,24	0,12
	D=15	L=15	1,00	125	254	37,5	0,30	0,15
	D=15	L=25	1,67	125	254	45	0,36	0,18
	D=25	L=5	0,20	209	423	85	0,41	0,20
	D=25	L=15	0,60	209	423	95	0,45	0,22
	D=25	L=25	1,00	209	423	65	0,31	0,15
Tip 4 Duvar	D=15	L=5	0,33	125	254	110	0,88	0,43
	D=15	L=15	1,00	125	254	115	0,92	0,45
	D=15	L=25	1,67	125	254	140	1,12	0,55
	D=25	L=5	0,20	209	423	232	1,11	0,55
	D=25	L=15	0,60	209	423	264	1,26	0,62
	D=25	L=25	1,00	209	423	290	1,39	0,69

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5. 1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında geocell malzemesi kullanılarak inşa edilen dayanma duvarı üzerinde laboratuvarında model deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, duvar geometrisi değiştirilerek, dört farklı tipte duvarın, hemen arkasında bulunan kum zemine oturan dairesel temelin düşey yüklenmesi sırasında performansı irdelenmiştir. Aynı şartlar altında iki farklı çapta dairesel temel kullanılmıştır. Temel çapları $D=15$ cm ve $D=25$ cm olan dairesel temeller yine aynı şartlar altında duvara üç farklı L uzaklığında ($L=5$ cm, 15 cm ve 25 cm) konumlandırılarak duvarın yatay ötelenmeleri gözlenmiştir. Deneyler sonlu elemanlar yöntemini kullanan PLAXIS paket programında modellenmiş ve nümerik analizler gerçekleştirilmiştir. Deneyden elde edilen sonuçlar nümerik analiz sonuçları ile birlikte aynı grafik üzerinde verilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Aynı şekilde deneysel bulgular istatistiksel metotlar kullanılarak tahminler yapılmıştır. Kullanılan iki istatistiksel metot olan MLR ve M5T yöntemleri hem deneysel bulgularla hem de birbirleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. İstatistiksel ve deneysel bulgular aynı grafiklerde verilmiş ve deneysel sonuçların M5T yöntemi ile yapılan istatistiksel tahminlerle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Aynı şartlar altında kıyaslama yapıldığında en iyi performans gösteren duvarların Tip 2 ve Tip 4 duvar olduğu bulunmuştur. Bu duvar türleri üzerinde meydana gelen ötelenmeler diğer duvar türlerine göre hep daha az çıkmıştır. Bunun en önemli sebebi bu iki duvar türünün yatayla 75^0 açı yapıyor olmasıdır. Diğer duvar türlerinin yatayla yaptıkları açı 90^0 'dir.
- Tip 2 ve Tip 4 duvarlar arasında bir kıyas yapılacak olursa; temel çapı $D=15$ cm iken tip 2 duvar üzerinde meydana gelen ötelenmeler tip 4'e göre daha az çıkarken, temel çapı $D=25$ cm iken tam tersi çıkmıştır. Dolayısıyla 15 cm'lik temel ile yapılan deneylerde tip 2 duvarın performansı daha iyiyken, çap 25 cm'ye çıktığında tip 4 duvar daha iyi bir performans göstermiştir.

- Temel çapı $D=15$ cm iken duvara olan her üç L uzaklığında da temelde meydana gelen aynı gerilme mertebelerine bakıldığında tip 1 duvar diğer duvar tiplerine göre çok daha fazla ötelenmiştir. Tip 1 duvarın 2 sıra geocell malzemesinden oluşuyor olması ve 90^0 dik bir şekilde imal edilmesi alınan bu sonucun iki önemli sebebidir.
- Yatayla 90^0 açılı oluşturulan bir diğer duvar olan tip 3 duvar temel çapının 25 cm olması durumunda tip 1 ile birlikte en çok ötelenen iki duvardır. Her iki duvarda temelde meydana gelen aynı gerilme mertebelerine karşılık gelen yatay ötelenmelerin birbirine yakın olduğu bulunmuştur.
- Temelde meydana gelen pik gerilmelere bakıldığında her iki çaptaki dairesel temelde de tip 1 duvarın arkasında konumlandırıldıkları deneylerde, diğerlerine göre oldukça düşük mertebelerde gerilmeler görülmüştür. Temel çapı 15 cm iken temelde görülen pik gerilmeler diğer üç duvar tipinde hemen hemen yakın pik değerlerinde bulunmuşken tip 1'de düşük olduğu görülmüştür. Temel çapı 25 cm iken ise tip 4 duvarın gerisindeki temelde gerilmeler diğerlerine kıyasla çok daha fazla çıkmıştır.
- Temelde meydana gelen gerilmeler L uzaklığı ile de değişiklik göstermiştir. Genel olarak duvardan uzaklaştıkça gerilmeler artarken duvara yaklaştıkça temelde gözlenen gerilmeler azalmıştır. Tablo 4.2.'de bu değerler net bir şekilde görülmektedir. Tablo 2'de verilen deney sonuçları teorik formüllerle kıyaslanmış ve oranlanmıştır. Temele yaklaşma ya da uzaklaşma durumunda teorik hesaplamalarda bir değişiklik söz konusu değildir. Bu yüzden bu duvar tipleri için bu oranlar teorik formüllerle hesaplanan değerleri düzeltme katsayısı olarak alınabilirler.
- Tip 3 duvar türünde temel çapı $D=15$ cm iken duvara en uzak $L=25$ cm mesafesinde duvarın en alt noktasında neredeyse yok denecek kadar az ötelenme olduğu görülmüştür.
- Tip 4 duvarda, duvardan uzaklaştıkça eğrilerin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir. Hatta duvardan en uzak durumda ($L=25$ cm) $H=45$ cm ve $H=85$

cm’de bulunan deplasman ölçer verilerinin eğrilerinin hemen hemen üst üste olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi duvardan uzaklaştıkça temelin duvar üzerindeki etkisinin azalarak deplasmanların düşük mertebede olması olarak açıklanabilir. Düşük mertebede gerçekleşen deplasman değerlerinden dolayı aradaki farklar da küçük olmakta ve eğriler birbirine yaklaşmaktadır. Bu geometriye sahip duvarda D=25 cm’lik temel kullanıldığında her üç şekilde de grafiklerin birbirine çok yakın olduğu bulunmuştur. Aynı eğilim bu geometriye benzeyen tip 2 duvarda da görülmüştür. Fakat tip 4 duvarda her üç grafikte de bu kadar net görülmesinin sebebi tip 2 duvardan daha da ağır olmasıdır. Temel üzerindeki gerilmelerde pik noktalar göz önünde bulundurulduğunda yine her üç grafikte de yatay ötelenmeler yaklaşık olarak 6 mm civarında bulunmuştur.

- PLAXIS programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan iki boyutlu nümerik analizlerde genel itibari ile sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Bazı durumlarda deneysel sonuçlar ile nümerik analiz sonuçları oldukça uyumlu iken az sayıda da olsa ufak uyumsuzluklar ortaya çıkmıştır. Örneğin Tip 1 duvarda temel çapı 15 cm iken temelin gerilme deplasman eğrileri dikkate alındığında deneysel ve nümerik sonuçlarda tam olarak uyum elde edilememiştir. Nümerik programda temelin göçme eğrisi net bir şekilde görülemediği. Buna karşılık tip 2 duvarda temelin çapı 15 cm iken temelin gerilme deplasman eğrilerine bakıldığında nümerik analiz sonuçları ve deneysel sonuçlar oldukça uyumlu çıkmıştır.
- İstatistiksel sonuçlar irdelendiğinde M5T yöntemi ile yapılan tahminlerin deneysel sonuçlara oldukça yakın çıktığı bulunmuştur. Buna paralel olarak deneysel sonuçlar ve M5T tahmin değerleri ile çizilen eğrilerin birbirine yakın olacak şekilde uyumlu çıktığı görülmüştür.
- MLR ile elde edilen tahmin değerlerinin çoğunun deneysel sonuçlara yakın değerler olduğu fakat M5T ile kıyaslandığında, M5T yöntemi ile bulunan tahmin değerlerinin deneysel sonuçlara daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Her iki yönteme dair hata değerleri tablo halinde verilerek karşılaştırılmış ve M5T yönteminde hata değerlerinin daha az çıktığı gösterilmiştir. Örneğin ortalama mutlak hata MLR yönteminde 1.466 iken M5T yönteminde bu rakam 0.6066’dır.

Yine mutlak bağıl hata değerlerine bakıldığında MLR yönteminde %46 çıkmışken, M5T yönteminde %19 civarında bulunmuştur.

- M5T yönteminde korelasyon katsayısı 0.9689 iken MLR yönteminde bu katsayı 0.8618'dir. M5T yönteminin daha iyi olduğunu kanıtlaması açısından bu bulgu önemlidir.

5. 2. Öneriler

Bu tez kapsamında yapılabilecek öneriler aşağıda yer almaktadır:

- Daha fazla deney yaparak geocell duvara olan mesafe ile taşıma gücü düzeltme katsayısı hesabı yapılabilir. Bununla ilgili ampirik bir denklem önerilebilir.
- Çekme dayanımı daha yüksek olan, daha rijit farklı geocel tipleri ile deneyler yapılarak mevcut geocell malzemeleri ile kıyaslanabilir. Bu geocell sayesinde ortaya çıkacak olan iyileşme durumuna göre önerilerde bulunulabilir.
- Geri dolgunun kil zemin olması durumunda aynı deneyler yapılarak duvardaki ötelenmelerin değişimi ve duvarın davranışı gözlemlenebilir.
- Şerit temeller kullanılarak aynı deneyler yapılabilir. Şerit temel ile duvarın davranışı gözlenerek dairesel temel ile kıyaslama yapılabilir.
- Aynı şartlarda temel tekrarlı yüklere maruz kalması durumunda duvarda meydana gelen ötelenmeler incelenebilir.
- Farklı duvar geometrileri denenerek mevcut geometriye sahip duvarlarla karşılaştırılabilir. Optimum duvar geometrisi için çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

Alamshahi S., Hataf N., “Bearing capacity of strip footings on sand slopes reinforced with geogrid and grid-anchor”. *Geotextile and Geomembranes* 27, 217-226, 2009.

Altay, G., Kayadelen, C., Taşkıran T., Kaya Y. Z. A laboratory study on pull-out resistance of geogrid in clay soil. *Measurement* 139 301–307, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.02.065>.

Anubhav, Basudhar, P.K., Modeling of soil-woven geotextile interface behavior from direct shear test results. *Geotext. Geomembranes* 28 (4), 403–408, 2010.

ASTM D 6913-04. Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis¹, 2004.

ASTM Standard D2487, "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2000, DOI: 10.1520/D2487-00, www.astm.org., 2000.

Bahndari A., Han J., “Investigation of geotextile–soil interaction under a cyclic vertical load using the discrete element method”. *Geotextile and Geomembranes* 28, 33-43, 2010.

Bathurst, R.J., Karpurapu, R., Large-scale triaxial compression testing of geocellreinforced granular soils. *Geotech. Test J.* 16 (3), 296–303, 1993.

Bilgin Ö., “Failure mechanisms governing reinforcement length of geogrid reinforced soil retaining walls”. *Engineering Structures* 31, 1967-1975, 2009.

Brown, S.F., Kwan, J., Thom, N.H., Identifying the key parameters that influence geogrid reinforcement of railway ballast. *Geotext. Geomembranes* 25 (6), 326–335, 2007.

Canakci H., Güllü H. and Alhashemy A., Performances of Using Geopolymers Made with Various Stabilizers for Deep Mixing. *Materials*, 12, 2542, 2019.

Chen, R.H., Huang, Y.W., Huang, F.C., Confinement effect of Geocells on sand samples under triaxial compression. *Geotext. Geomembranes* 37, 35–44, 2013.

Chen R. H., Chiu Y. M., “Model Tests of Geocell Retaining Structure”. *Geotextile and Geomembranes* 26, 56-70, 2007.

Chen R. H., Wu C. P., Huang F. C., Shen C. W., “Numerical Analysis of Geocell Reinforced Retaining Structure”. *Geotextile and Geomembranes* 39, 51-62, 2013.

Cowland, J.W., Wong, S.C.K., Performance of a road embankment on soft clay supported on a geocell cushion foundation. *Geotextiles and Geomembranes* 12, 687–705, 1993.

Cuelho, E., Perkins, S., Morris, Z., Relative Operational Performance of Geosynthetic Used as Subgrade Stabilization. Final Project Report, FHWA/MT-14-002/7712-251, Research Programs. State of Montana Department of Transportation, Montana, USA, 2014.

Cure E., Şadoglu E., Turker E. ve Uzuner B. A., Decrease trends of ultimate loads of eccentrically loaded model strip footings close to a slope. *Geomechanics and Engineering*, Vol. 6, No. 5 469-485., 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.12989/gae.2014.6.5.469>

Dash, S.K., Chandra, B.M., Improved performance of soft clay foundations using stone columns and Geocell-sand mattress. *Geotext. Geomembranes* 41 (November), 26–35, 2013.

Dash, S.K., Krishnaswamy, N.R., Rajagopal, K., Bearing capacity of strip footings supported on geocell-reinforced sand. *Geotextiles and Geomembranes* 19, 235–256, 2001.

Dash, S.K., Rajagopal, K., Krishnaswamy, N.R., Behaviour of geocell reinforced sand beds under strip loading. *Can. Geotech. J.* 44 (7), 905–916, 2007.

Dash, S.K., Sireesh, S., Sitharam, T.G., Model studies on circular footing supported on geocell reinforced sand underlain by soft clay. *Geotextiles and Geomembranes* 21, 197–219, 2003.

Davarci B, Ornek M. and Turedi Y., Model studies of multi-edge footings on geogrid-reinforced sand. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, Vol. 18, No. 2, 190–205, 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2013.854726>.

Demir, A. Yumuşak Kil Zemin Üzerinde Güçlendirilmiş Stabilize Dolguya Oturan Yüzeysel Temellerin Analizi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 443 sf., 2011.

Dong Y. L., Han J., Bai X. H., “Numerical analysis of tensile behavior of geogrids with rectangular and triangular apertures”. *Geotextile and Geomembranes* 29, 83-91, 2011.

El Sawwaf M. A., “Behavior of strip footing on geogrid-reinforced sand over a soft clay slope”. *Geotextile and Geomembranes* 25, 50-60, 2007.

Ferreira, F.B., Vieira, C.S., Lopes, M.L., Direct shear behaviour of residual soil-geosynthetic interfaces – influence of soil moisture content, soil density and geosynthetic type. *geosynthetics Int* 22 (3), 257–272, 2015.

Frank, E., Wang, Y., Inglis, S., Holmes, G., Witten, I. H., Using Model Trees for Classification. *Machine Learning*, 32(1):63–76, 1998.

Ghotbi Siabil S.M.A., Moghaddas Tafreshi S.N., Dawson A.R., Response of pavement foundations incorporating both geocells and expanded polystyrene (EPS) geofoam. *Geotextiles and Geomembranes*, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2019.103499>.

Góngora, I.A.M.G., Palmeira, E.M., Assessing the influence of some soil-reinforcement interaction parameters on the performance of a low fill on compressible subgrade. Part II: influence of surface maintenance. *Int. J. Geosynthet. Ground Eng.* 2(1), 18–29, 2016.

Gu M., Collin J. G., Han J., Zhang Z., Tanyu B. F., Leshchinsky D., Ling H. I., Rimoldi P., “Numerical analysis of instrumented mechanically stabilized gabion walls with large vertical reinforcement spacing”. *Geotextile and Geomembranes* 45, 294-306, 2017.

Guo J., Han J., Schrock S. D., Parsons R. L., “Field evaluation of vegetation growth in geocell-reinforced unpaved shoulders”. *Geotextile and Geomembranes* 43, 403-411, 2015.

Hatami, K., Esmaili, D., Unsaturated soil–woven geotextile interface strength properties from small-scale pullout and interface tests. *Geosynth. Int.* 22 (2), 161–172, 2015.

Han J., Leshchinsky D., “Analysis of back-to-back mechanically stabilized earth walls”. *Geotextile and Geomembranes* 28, 262-267, 2010.

Huang j., Han j., “3D coupled mechanical and hydraulic modeling of a geosynthetic-reinforced deep mixed column-supported embankment”. *Geotextile and Geomembranes* 27, 270-280, 2009.

Huang, C.C., Force equilibrium-based finite displacement analyses for reinforced slopes: formulation and verification. *Geotext. Geomembranes* 42 (4), 394–404, 2014.

Karl Terzaghi, “Theoretical Soil Mechanics”. Wiley Publishing, New York, USA, 1943. doi: 10.1002/9780470172766

Kaya, Y. Z., Mamak, M., Üneş, F., Demirci, M., Evapotranspiration Prediction Using M5T Method and Ritchie Equation for St. Johns, FL, USA, Environmental Engineering 10th International Conference, April 27- 28, Lithuania, 2017.

Kayadelen, C., Önal, T.Ö., Altay, G., Experimental study on pull-out response of geogrid embedded in sand. *Measurement* 117 390–396, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.12.024>

Kadhim S. T., Parsons R. L., Han J., “Three-dimensional numerical analysis of individual geotextile-encased sand columns with surrounding loose sand”. *Geotextile and Geomembranes* 46, 836-847, 2018.

Khoury, C.N., Miller, G.A., Hatami, K. Unsaturated soil – geotextile interface behavior. *Geotext. Geomembranes* 29 (1), 17–28, 2011.

Krishnaswamy, N.R., Rajagopal, K., Madhavi, L.G., Model studies on geocell supported embankments constructed over soft clay foundation. *Geotechnical Testing Journal* 23, 45–54, 2000.

Latha, G.M., Murthy, V.S., Effects of reinforcement from on the behavior of geosynthetic reinforced sand. *Geotextiles and Geomembranes* 25, 23–32, 2007.

Latha, G.M., Rajagopal, K., Krishnaswamy, N.R., Experimental and theoretical investigations on geocell-supported embankments. *International Journal of Geomechanics* 6(1), 30–35, 2006.

Leshchinsky, B., Ling, H., Effects of Geocell confinement on strength and deformation behaviour of gravel. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* 139 (2), 340–352, 2013.

Liu Y., Deng A., Jaksa M., “Three-dimensional modeling of geocell-reinforced straight and curved ballast embankments”. *Computer and Geotechnics* 102, 53-65, 2018.

Liu, S.Y., Han, J., Zhang, D.W., Hong, Z.S., A combined DJM-PVD method for soft ground improvement. *Geosynthetics International* 15 (1), 43–54, 2008.

Manju, G.S., Madhavi Latha, G., Interfacial friction properties of Geocell reinforced sand. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2 (1), 25–31, 2013.

Meyerhof, G.G., Some recent research on the bearing capacity of foundations. Canadian Geotechnical Journal, 1(1), 16-26, 1963.

Mehrjardi, G.T., Behrad R. and Moghaddas Tafreshi S.N., Scale effect on the behavior of geocell-reinforced soil. Geotext. Geomembranes 47, 154-163, 2019.

Mehdipour I., Ghazavi M., Moayed R. Z., “Numerical study on stability analysis of geocell reinforced slopes by considering the bending effect”. Geotextile and Geomembranes 37, 23-34, 2013.

Moghaddas Tafreshi, S.N., Dawson, A.R., Comparison of bearing capacity of a strip footing on sand with geocell and with planar forms of geotextile reinforcement. Geotext. Geomembranes 28 (1), 72–84, 2010.

Mohamed M.H.A., “Two dimensional experimental study for the behaviour of surface footings on unreinforced and reinforced sand beds overlying soft pockets”. Geotextile and Geomembranes 28, 589-596, 2010.

Rahimikhoob, A., Asadi, M., Mashal, M., A Comparison between Conventional and M5 Model Tree Methods for Converting Pan Evaporation to Reference Evapotranspiration for Semi-Arid Region. Water Resources Management, 27(14): 4815–4826, 2013.

Oh I. Y. and Shin E. C., Reinforcement and Arching Effect of Geogrid Reinforced and Pile-Supported Embankment on Marine Soft Ground. Marine Georesources and Geotechnology, 25:2, 97-118, 2007. DOI: 10.1080/10641190701359591.

Ok, B. Ankraj Plakalarının Farklı Zemin Koşullarındaki Çekme Kapasitelerinin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Osmaniye, 171 sf., 2014.

Ok, B. Geosentetiklerle Güçlendirilmiş İnşaat ve Yıkıntı Atığı Dolguların Statik ve Tekrarlı Yükler Altındaki Davranışının İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Adana, 414 sf., 2018.

Oliaei M. and Kouzegaran S., “Efficiency of cellular geosynthetics for foundation reinforcement”. *Geotextile and Geomembranes* 45, 11-22, 2016.

Pal, M., Deswal, S., M5 Model Tree Based Modelling of Reference Evapotranspiration. *Hydrological Processes*, 23(10):1437–1443, 2009.

Pokharel S. K., Han J., Leshchinsky D., Parsons R. L., Halahmi I., “Investigation of factors influencing behavior of single geocell-reinforced bases under static loading”. *Geotextile and Geomembranes* 28, 570-578, 2010.

PRS Geo-Technologies Company. “Geocell ile imal edilen örnek dayanma duvarı”. Erişim adresi <https://www.prs-med.com/casestudies/15m-retaining-wall-residential-buildings/>, 2009.

Rajagopal, K., Krishnaswamy, N.R., Madhavi Latha, G., Behaviour of sand confined with single and multiple Geocells. *Geotext. Geomembranes* 8 (1), 55–62, 1999.

Satyal S. R., Leshchinsky B., Han J., Neupane M., “Use of cellular confinement for improved railway performance on soft subgrades”. *Geotextile and Geomembranes* 46, 190-205, 2018.

Shen, C.W., The Mechanical Characteristics of Geocell-reinforced Earth. M.Sc Thesis. Department of Civil Engineering, National Taiwan University (in Chinese), 2005.

Silvano, R.P.S., Lopes, M.L., Soil/geosynthetic interface characterization through direct shear tests. In: In Proceedings of 6th International Conference on Ground Improvement, Techniques, Coimbra, Portugal, pp. 555–560, 2005.

Sitharam, G., Sireesh, S., Dash, S.K., Performance of surface footing on geocellreinforced soft clay beds. *Geotech. Geol. Eng.* 25 (5), 509–524, 2007.

Song, F., Xie, Y.L., Yang, Y.F., Yang, X.H., Analysis of failure of flexible Geocellreinforced retaining walls. *Geosynth. Int.* 21 (6), 342–351, 2014.

Sun X., Han J., Kwon J., Parsons R. L., Wayne M. H., “Radial stresses and resilient deformations of geogrid-stabilized unpaved roads under cyclic plate loading tests”. *Geotextile and Geomembranes* 43, 440-449, 2015.

Tafreshi M., Shaghaghi T., Gh Mehrjardi T., Dawson A. R. and Ghadrddan M., “A Simplified Method for Predicting the Settlement of Circular Footings on Multi-Layered geocell-reinforced non-cohesive soils”. *Geotextile and Geomembranes* 43, 332-344, 2015.

Takegawa N., Sawada Y., Kawabata T., Geogrid-based countermeasures against scour behind coastal dikes under tsunami overflow. *Marine Georesources & Geotechnology*, 2019. DOI: 10.1080/1064119X.2018.1552998.

Tanyu, B.F., Aydilek, A.H., Lau, A.W., Edil, T.B., Benson, C.H., Laboratory evaluation of Geocell-reinforced gravel subbase over poor subgrades. *Geosynth. Int.* 20 (2), 47–61, 2013.

Tavakoli Mehrjardi, Gh, Moghaddas Tafreshi, S.N., Dawson, A.R., Combined use of Geocell reinforcement and rubber–soil mixtures to improve performance of buried pipes. *Geotext. Geomembranes* 34 (October), 116–130, 2012.

Tavakoli Mehrjardi, Gh, Motarjemi, F., Interfacial properties of Geocell-reinforced granular soils. *Geotext. Geomembranes* 46 (4), 384–395, 2018.

Thakur J. K., Han J., Pokharel S. K., Parsons R. L., “Performance of geocell-reinforced recycled asphalt pavement (RAP) bases over weak subgrade under cyclic plate loading”. *Geotextile and Geomembranes* 35, 14-24, 2012.

Thakur, J., Han, J., Parsons, R., Factors influencing deformations of geocell reinforced recycled asphalt pavement bases under cyclic loading. *J. Mater. Civ. Eng.* 29 (3), 1–12, 2016.

TS 1500, “İnşaat mühendisliğinde zeminlerin sınıflandırılması”. Türk Standardları Enstitüsü, 2000.

Vieira, C.S., Lopes, M.L., Caldeira, L.M., Sand-geotextile interface characterisation through monotonic and cyclic direct shear tests. *geosynthetics Int* 20 (1), 26–38, 2013.

Wang F., Han j., Zhang X., Guo j., “Laboratory tests to evaluate effectiveness of wicking geotextile in soil moisture reduction”. *Geotextile and Geomembranes* 45, 8-13, 2017.

Wang, Y., Chen, Y., Liu, W., Large-scale direct shear testing of Geocell reinforced soil. *J. Cent. South Univ. Technol* 15, 895–900, 2008.

Xiao C., Han J. and Zhang Z., “Experimental Study on Performance of Geosynthetic – Reinforced Soil Model Walls on Rigid Foundations Subjected to Static Footing Load”. *Geotextile and Geomembranes* 44, 81-94, 2015.

Xie, Y.L., Yu, Y.H., Yang, X.H., Application study of treating differential settlement of subgrade with geocell. *Chinese Journal of Highway and Transport* 17 (4), 7–10, 2004.

Yang, X.H., Yu, Y.H., Application of treating differential settlement of subgrade by geocell at Taigu highway. *Journal of Chongqing Traffic University* 123 (15), 27–29, 2004.

Yang X., Han J., Pokharel S. K., Manandhar C., Parsons R. L., Leshchinsky D., Halahmi I., “Accelerated pavement testing of unpaved roads with geocell-reinforced sand bases”. *Geotextile and Geomembranes* 32, 95-103, 2012.

Zhang, M.X., Javadi, A.A., Min, X., Triaxial tests of sand reinforced with 3D inclusions. *Geotext. Geomembranes* 24 (4), 201–209, 2006.

Zhou, H.B., Wen, X.J., Model studies on geogrid- or geocell-reinforced sand mattress on soft soil. *Geotextile and Geomembranes* 26, 231–238, 2008.



ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı:** Gökhan ALTAY

2. **Doğum Tarihi:** 14/07/1987

3. **Ünvanı:** Araştırma Görevlisi

4. **Öğrenim Durumu:**

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi (<i>İngilizce</i>)	2006 - 2012
Yüksek. Lisans	Geoteknik A.B.D.	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2013 - 2015
Doktora	Geoteknik A.B.D.	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2015 -

5. **Akademik Ünvanlar**

Araştırma Görevlisi: 2013 -2019 Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Geoteknik

6. **Yönetilen Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri**

7. **Yayımlar**

7.1. **Uluslararası Science Citation Index (SCI) ve Social Citation Index (SSCI) Tarafından Taranan Dergilerde Yayımlanmış Makaleler**

1. C. Kayadelen, T. Ö. Önal, **G. Altay**, “Experimental Study on Pull-out Response of Geogrid Embedded in Sand”, Measurement, Vol. 117, pp. 390-396, 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2017.12.024

2. **G. Altay**, C. Kayadelen T. Taşkıran, Y. Z. Kaya, “A Laboratory Study on Pull-out Resistance of Geogrid in Clay Soil”, Measurement, Vol. 139, pp. 301-307, 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2019.02.065

7.2. Diğer Bilimsel Dergilerde Yayınlanmış Makaleler (SCI veya SSCI'ya Girmeyen)

1. **G. Altay**, C. Kayadelen, “Momente Maruz Kazıkların Nümerik Olarak İncelenmesi”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4), pp. 127-134, Aralık 2017.
2. C. Kayadelen, B. Bağrıaçık, **G. Altay**, “Kazıkların Deprem Yüğü Altında İncelenmesi”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(1), pp. 51-56, Mart 2019.

7.3. Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Yayınlanmış Bildiriler

1. A. Demir, T. Sarıcı, B. Bağrıaçık, M. Laman, **G. Altay**, B. Ok, “Experimental and Numerical Studies on Behavior of Stone Columns with Geogrid Encasement”, International Civil Engineering & Architecture Symposium for Academicians, (ICESA), Side-Antalya, TURKEY, pp. 25-33, 17-20 May 2014.
2. **G. Altay**, C. Kayadelen, “Numerical Investigation of Embankments for Protecting Rockfall”, 17th International Conference on Geotechnical Engineering, (ICGE), Roma -İTALYA, pp. 1033-1038, 17-18 Eylül 2015.
3. C. Kayadelen, **G. Altay**, “Numerical Modelling of Dynamic Compaction”, 4th International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, (ICNDSMGE), Near East University, Lefkoşa – KUZEY KIBRIS, pp. 427-432, 2-4 Haziran 2016.

7.4. Ulusal Bilimsel Toplantılarda Yayınlanmış Bildiriler

1. **G. Altay**, C. Kayadelen, A. Demir, M. Çelik “Geotekstil-Kum Arayüzey Sürtünme Açısının Kesme Kutusu Deneyi İle İncelenmesi”, 5. Geoteknik Sempozyumu, Makale No:82, 5-7 Aralık, Adana, 2013.

2. T. Sarıcı, A. Demir, **G. Altay**, M. Laman, B. Ok, B. Bağrıaçık, “Yumuşak Kil İçindeki Taş Kolonun Küçük Ölçekli Model Deneyle İle Değerlendirilmesi”, Makale No:81, 5. Geoteknik Sempozyumu, 5-7 Aralık, Adana, 2013.
3. A. Demir, B. Ok, M. Laman, B. Bağrıaçık, T. Sarıcı, **G. Altay**, “Çoklu Ankraj Plakalarının Kum Zeminlerdeki Çekme Kapasitesinin İncelenmesi”, Makale No:80, 5. Geoteknik Sempozyumu, 5-7 Aralık, Adana, 2013.
4. B. Bağrıaçık, M. Laman, B. Ok, A. Demir, T. Sarıcı, **G. Altay**, “Kum Zeminlerde Sükunetteki Toprak Basıncı Katsayısının Deneysel ve Teorikolarak Belirlenmesi”, Makale No:83, 5. Geoteknik Sempozyumu, 5-7 Aralık, Adana, 2013.
5. B. Bağrıaçık, B. Ok, T. Sarıcı, **G. Altay**, A. Demir, M. Laman, “Geogridle Güçlendirilmiş Kum İçerisine Gömülü Model Kazıkların Çekme Kapasitesinin Deneysel İncelenmesi”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 2. Özel Konulu (Teori ve Uygulamada Zemin-Yapı Etkileşimi) Sempozyumu, Sayfa 145-150, 24-25 Nisan, Antalya, 2014.
6. M. Çelik, C. Kayadelen, T. Taskıran, **G. Altay**, “Geotekstil Donatılı Kumlu Zeminde Çekme Hızının Pull-out Direncine Etkisi”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 2. Özel Konulu (Teori ve Uygulamada Zemin-Yapı Etkileşimi) Sempozyumu, 24-25 Nisan, Antalya, 2014.
7. **G. Altay**, A. Demir, B. Bağrıaçık, M. Laman, B. Ok, T. Sarıcı, “Geogridle Güçlendirilmiş Esnek Yol Kaplamaların Nümerik Olarak Değerlendirilmesi”, Altıncı Ulusal Geosentetikler Konferansı, Sayfa 87-97, 29-30 Mayıs, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2014.

7.5. Yazılan uluslararası kitaplar veya kitaplarda bölümler

7.6. Uluslararası atıflar

1. M. G. Hussein, M. Meguid, “Improved Understanding of Geogrid Response to Pullout Loading: Insights from Three-Dimensional Finite Element Analysis”. Canadian Geotechnical Journal. Available online 10 April 2019. doi: <https://doi.org/10.1139/cgj-2018-0384>

Atıf Yapılan Eser: Experimental Study on Pull-out Response of Geogrid Embedded in Sand

2. A. Mirzaalimohammadi, M. Ghazavi, M. Roustaei, S. H. Lajevardi, “Pullout response of strengthened geosynthetic interacting with fine sand”. Geotextiles and Geomembranes. Available online 24 February 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2019.02.006>

Atıf Yapılan Eser: Experimental Study on Pull-out Response of Geogrid Embedded in Sand

3. A. Daraei, B. M. Herki, A. F. H. Sherwani, S. Zare, “Rehabilitation of Portal Subsidence of Heybat Sultan Twin Tunnels: Selection of Shotcrete or Geogrid Alternatives”. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering (2018) 4:15 doi: <https://doi.org/10.1007/s40891-018-0132-z>

Atıf Yapılan Eser: Experimental Study on Pull-out Response of Geogrid Embedded in Sand

8. Sonuçlandırılmış Projeler

1. Kaya Düsmelerine Karşı Kullanılan Toprak Dolgu Setlerin Nümerik İncelenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı, 29/01/2015 - 29/05/2015 (ULUSAL)