



T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T-KESİTLİ TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜNÜN
DENEYSEL ANALİZİ

NİHAT KAYA

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSKENDERUN
EYLÜL-2017

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T-KESİTLİ TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜNÜN
DENEYSEL ANALİZİ

NİHAT KAYA

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSKENDERUN
EYLÜL-2017

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Tezin Adı: T-Kesitli Temellerin Taşıma Gücünün Deneysel Analizi

Öğrencinin, Adı Soyadı: Nihat KAYA

Tez Savunma Tarihi: 15.09.2017

Kod: 69

Doç. Dr. Mustafa Demirci
Enstitü Müdürü V.

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Doç. Dr. Murat ÖRNEK
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımca (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Murat ÖRNEK
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvanı, ADI ve SOYADI)

İmzası

Doç. Dr. Murat ÖRNEK

.....

Prof. Dr. Cafer KAYADELEN

.....

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇALIŞICI

.....

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

15/09/2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

NİHAT KAYA

ÖZET

T KESİTLİ TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜNÜN DENEYSEL ANALİZİ

Bu çalışmada T-Kesitli temellerin taşıma gücü ve oturma davranışı laboratuvarında yapılan model deneylerle analiz edilmiştir. Model deneylerde şerit temellere ilave edilen dış ve topuk yapılarının farklı kombinasyonları araştırılmıştır. Deneyler gevşek ve sıkı kum durumlarında ele alınmış ve yüklemeler merkezi ve eksantrik olarak yapılmıştır. Bu kapsamda 138 adet deney yapılmış ve taşıma gücü-oturma eğrileri çizilerek göçme yükleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda şerit temele yapılan bu ilave yapıların etkileri irdelenmiştir. Deney sonuçları şerit temele ilave edilen dış ve topuk yapısının oturmaları azalttığını, taşıma gücünü de artırdığını göstermiştir.

2017, 100 sayfa

Anahtar Kelimeler: T-Kesitli temel, dış, topuk, eksantrik yükleme, merkezi yükleme

ABSTRACT

EXPERIMENTAL ANALYSES OF T-SHAPED FOOTINGS

In this study, the bearing capacity and settlement behavior of the T-shaped footings were experimentally investigated. Different combinations of skirt structured footings were studied with the laboratory model tests. The tests were conducted in loose and dense sand conditions and loadings were adapted axially and eccentrically. Load settlement curves were drawn using a total of 138 model tests and then collapse mechanisms were obtained. The effects of these additional skirt structures on the model footing have been examined. The experimental results showed that the additional skirted parts of the footing decrease the footing settlement and increase the bearing capacity.

2017, 100 pages

Key Words: T-shaped footings, skirting, eccentric loading, axial loading.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesi, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat ÖRNEK'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yardımlarından dolayı İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Yakup TÜREDİ'ye ve beraber çalıştığım daimi arkadaşım İnş. Müh. Orhan KAHRAMAN'na ve İnş. Yük. Müh. Burakbey DAVARCI'ya teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi çalışmalarım sırasında da bana destek olan, desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Yüzeysel Temeller	3
2.2. Taşıma Gücü Kavramı	6
2.3. Eksantrik Yüklü Temeller.....	11
2.4. T-Kesitli Temeller.....	14
3. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	16
3.1. Elek Analizi.....	17
3.2. Piknometre Deneyi.....	19
3.3. Sıkılık Deneyi	19
3.4. Kesme Kutusu Deneyi.....	21
4. MODEL DENEYLER	22
4.1. Deney Kasası.....	22
4.2. Model Temeller	22
4.3. Yükleme Sistemi, Yük Hücresi ve Deplasman Ölçer (LVDT).....	23
4.4. Veri İşleme Ünitesi (ADU)	25
4.5. Deney Yöntemi	26
5. DENEY BULGULARI	29
5.1. SERİ 1-Eksantrik Yükleme, Dişsiz Topuksuz Durum, Eksantrisite (e/B) Etkisi	29
5.2. SERİ 2-Eksantrik Yükleme, Düz Dişli Topuksuz Durum, Eksantrisite (e/B) ve (H/B) Etkisi	36

5.3. SERİ 3-Eksantrik Yükleme, Düz Dişli Topuklu Durum, Eksantrisite (e/B) Etkisi	51
5.4. SERİ 4-Eksantrik Yükleme, Eğik Dişli Topuksuz Durum, Eksantrisite (e/B) Etkisi	60
5.4. SERİ 5-Eksantrik Yükleme, Eğik Dişli Topuklu Durum, Topuk Etkisi.....	68
5.4. SERİ 6-Eğik-Eksantrik Yükleme, Karma Temel Modeli, Açık Etkisi	76
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR	99
ÖZGEÇMİŞ	100



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Yapı temelleri	3
Şekil 2.2.	Genel kayma göçmesi	4
Şekil 2.3.	Bölgesel kayma göçmesi	5
Şekil 2.4.	Zımbalama kayma göçmesi	6
Şekil 2.5.	Terzaghi taşıma gücü teorisi	7
Şekil 2.6.	Azaltılmış genişlik yöntemi	12
Şekil 2.7.	Eksantrik yüklü şerit temel altındaki basınç dağılışı	14
Şekil 2.8.	Göçme mekanizmaları	15
Şekil 3.1.	Kumun basınçlı suya tutulması ve elekten elenmesi	16
Şekil 3.2.	Kumun kurumaya bırakılması, deney kasasına doldurulması	17
Şekil 3.3.	Deney kumunun dane çapı dağılım eğrisi.....	18
Şekil 3.4.	Elek analizi deneyi	18
Şekil 3.5.	Piknometre deneyi	19
Şekil 3.6.	Gevşek hal için sıklık deneyi	20
Şekil 3.7.	Sıkı hal için sıklık deneyi	20
Şekil 3.8.	Kesme kutusu deney aleti	21
Şekil 4.1.	Deney kasası	22
Şekil 4.2.	Deneylerde kullanılan T-Kesitli temel şekilleri.....	23
Şekil 4.3.	Deplasman ölçer	24
Şekil 4.4.	LVDT 1 kalibrasyon okumaları	24
Şekil 4.5.	LVDT 2 kalibrasyon okumaları	25
Şekil 4.6.	Yük hücresi kalibrasyon okumaları	25
Şekil 4.7.	Veri işleme ünitesi	26
Şekil 4.8.	Deney düzeneği.....	27
Şekil 5.1.	Göçme yükünün bulunması	30
Şekil 5.2.	4mm oturma yaptıran yükün bulunması	30
Şekil 5.3.	Gevşek zemin-H/B=0.00 için yük-oturma eğrileri	31
Şekil 5.4.	Gevşek zemin-H/B=0.00 için azalma faktörleri	32
Şekil 5.5.	Sıkı zemin-H/B=0.00 için yük-oturma eğrileri.....	33
Şekil 5.6.	Sıkı zemin-H/B=0.00 için azalma faktörleri.....	34
Şekil 5.7.	Taşıma gücüne sıklık etkisi	35
Şekil 5.8.	e/B=0.2 taşıma gücüne sıklık etkisi	35
Şekil 5.9.	Gevşek zemin-H/B=0.17 için yük-oturma eğrileri	36
Şekil 5.10.	Gevşek zemin-H/B=0.17 için azalma faktörleri	37
Şekil 5.11.	Sıkı zemin-H/B=0.17 için yük-oturma eğrileri.....	38
Şekil 5.12.	Sıkı zemin-H/B=0.17 için azalma faktörleri.....	39
Şekil 5.13.	Gevşek zemin-H/B=0.33 için yük-oturma eğrileri	40
Şekil 5.14.	Gevşek zemin-H/B=0.33 için azalma faktörleri	41
Şekil 5.15.	Sıkı zemin-H/B=0.33 için yük-oturma eğrileri.....	41
Şekil 5.16.	Sıkı zemin-H/B=0.33 için azalma faktörleri.....	42
Şekil 5.17.	Gevşek zemin-H/B=0.50 için yük-oturma eğrileri	43
Şekil 5.18.	Gevşek zemin-H/B=0.50 için azalma faktörleri	43
Şekil 5.19.	Sıkı zemin-H/B=0.50 için yük-oturma eğrileri.....	44
Şekil 5.20.	Sıkı zemin-H/B=0.50 için azalma faktörleri.....	45

Şekil 5.21.	Gevşek zeminde dış uzunluğuna bağlı göçme yükleri.....	46
Şekil 5.22.	$e/B=0.20$ gevşek zeminde H etkisi	46
Şekil 5.23.	$e/B=0.2$ gevşek zemin H/B oranına bağlı azalma faktörleri.....	47
Şekil 5.24.	$e/B=0.00$ sıkı zeminde H etkisi.....	47
Şekil 5.25.	$e/B=0.0$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri.....	48
Şekil 5.26.	$e/B=0.1$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri.....	48
Şekil 5.27.	$e/B=0.2$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri.....	49
Şekil 5.28.	$e/B=0.3$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri.....	49
Şekil 5.29.	$e/B=0.4$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri.....	49
Şekil 5.30.	$e/B=0.5$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri.....	50
Şekil 5.31.	$e/B=0.0$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için 4mm oturma yaptıran yük	50
Şekil 5.32.	$e/B=0.5$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için 4mm oturma yaptıran yük	51
Şekil 5.33.	Topuklu temel modeli.....	52
Şekil 5.34.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “+” yön için yük-oturma eğrileri.....	52
Şekil 5.35.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “+” yön için azalma faktörleri.....	53
Şekil 5.36.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “+” yön için yük-oturma eğrileri	54
Şekil 5.37.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “+” yön için azalma faktörleri	55
Şekil 5.38.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “-” yön için yük-oturma eğrileri.....	55
Şekil 5.39.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “-” yön için azalma faktörleri.....	56
Şekil 5.40.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “-” yön için yük-oturma eğrileri.....	57
Şekil 5.41.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “-” yön için azalma faktörleri.....	58
Şekil 5.42.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “+” yönlü topuklu ve topuksuz durum için göçme yükleri	58
Şekil 5.43.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm yön etkisi.....	59
Şekil 5.44.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm yön etkisi	59
Şekil 5.45.	Eğik dişli temel modeli	60
Şekil 5.46.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “+” yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri....	61
Şekil 5.47.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “+” yönlü eğik diş için azalma faktörleri.....	62
Şekil 5.48.	Sıkı zemin-H/B=0.33, “+” yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri	62
Şekil 5.49.	Sıkı zemin-H/B=0.33, “+” yönlü eğik diş için azalma faktörleri	63
Şekil 5.50.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “-” yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri.....	64
Şekil 5.51.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “-” yönlü eğik diş için azalma faktörleri.....	65
Şekil 5.52.	Sıkı zemin-H/B=0.33, “-” yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri	65
Şekil 5.53.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “-” yönlü eğik diş için azalma faktörleri.....	66
Şekil 5.54.	Gevşek zemin-H/B=0.33, “+” ve “-” yönlü eğik diş için göçme yükleri	67
Şekil 5.55.	Gevşek zemin-H/B=0.33, düz ve “-” yönlü eğik diş için göçme yükleri	67
Şekil 5.56.	Eğik dişli topuklu temel modeli.....	68
Şekil 5.57.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm, “+” yönlü eğik diş ve “+” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri	69
Şekil 5.58.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm, “+” yönlü eğik diş ve “+” yönlü topuk için azalma faktörleri	70
Şekil 5.59.	“+” eğik diş ve “+” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri	71

Şekil 5.60.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm, “+” yönlü eğik dış ve “+” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri	73
Şekil 5.61.	Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm, “+” yönlü eğik dış ve “+” yönlü topuk için azalma faktörleri	73
Şekil 5.62.	H/B=0.33, D=10cm, “+” yönlü topuk, gevşek ve sıkı zemin için azalma faktörleri	73
Şekil 5.63.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm, “-” yönlü eğik dış ve “-” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri	74
Şekil 5.64.	Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm, “-” yönlü eğik dış ve “-” yönlü topuk için azalma faktörleri	75
Şekil 5.65.	Gevşek zemin “+” ve “-” yönlü eğik dış ve topuk için taşıma güçleri	75
Şekil 5.66.	Eğik yüklemeli deney düzeneği	76
Şekil 5.67.	H/B=0.00, e/B=0.3, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri.....	78
Şekil 5.68.	H/B=0.00, e/B=0.3, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri.....	78
Şekil 5.69.	H/B=0.33, e/B=0.3, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri.....	79
Şekil 5.70.	H/B=0.33, e/B=0.3, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri.....	80
Şekil 5.71.	H/B=0.33, e/B=0.3, eğiklik; 0°, 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	81
Şekil 5.72.	H/B=0.33, e/B=0.3, eğiklik=0° vektörel nitelikli göçme yükü (Qu) bileşenleri	81
Şekil 5.73.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “+” yönlü topuk, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	82
Şekil 5.74.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “+” yönlü topuk, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri	83
Şekil 5.75.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “-” yönlü topuk, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	84
Şekil 5.76.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “-” yönlü topuk, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri	85
Şekil 5.77.	H/B=0.33, e/B=0.3 “+” yönlü eğik dış, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	86
Şekil 5.78.	H/B=0.33, e/B=0.3 “+” yönlü eğik dış, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri	87
Şekil 5.79.	H/B=0.33, e/B=0.3 “-” yönlü eğik dış, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	88
Şekil 5.80.	H/B=0.33, e/B=0.3 “-” yönlü eğik dış, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri	89
Şekil 5.81.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “+” yönlü topuk, “+” yönlü eğik dış eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	90
Şekil 5.82.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “+” yönlü topuk, “+” yönlü eğik dış eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri	91
Şekil 5.83.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “-” yönlü topuk, “-” yönlü eğik dış eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri	92
Şekil 5.84.	H/B=0.33, e/B=0.3, D=10cm “-” yönlü topuk, “-” yönlü eğik dış eğiklik; 15°, 20° ve 25° için azalma faktörleri	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Bowles F1, F2, F3 ve F4 taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996).....	9
Çizelge 3.1.	Elek analizi sonuçları	18
Çizelge 3.2.	Sıkılık deneyi sonuçları	20
Çizelge 4.1.	Deney planı.....	28
Çizelge 5.1.	Gevşek zemin-H/B=0.17 için deney sonuçları.....	38
Çizelge 5.2.	Gevşek zeminde dış uzunluğuna bağlı göçme yükleri	45
Çizelge 5.3.	H/B=0.00, e/B=0.3, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için göçme yükleri	77



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: temel alanı
ADU	: veri kaydetme ünitesi
B	: temel genişliği
BCR	: taşıma kapasitesi oranı
c	: kohezyon
C_u	: üniformaluk katsayısı
D	: temel çapı
d	: toplam donatı derinliği
D_{10}	: efektif dane çapı
D_{30}	: granülometre eğrisinde %30'a karşılık gelen dane çapı
D_{60}	: granülometre eğrisinde %60'a karşılık gelen dane çapı
D_f	: temel derinliği
D_r	: sıklık derecesi
E	: elastisite modülü
EA	: eksenel rijitlik
EI	: eğilme rijitliği
GS	: güvenlik katsayısı
H	: dolgu tabakası kalınlığı
L	: temel uzunluğu
LVDT	: deplasman ölçer
N_c, N_q, N_γ	: taşıma gücü katsayıları
q	: yük
Q, Q_u	: nihai yük
q_0	: referans göçme yükü
q_{emin}	: emin taşıma gücü
s	: oturma
sn	: saniye
γ	: birim hacim ağırlığı
γ_{kmax}	: maksimum kuru birim hacim ağırlığı
γ_{kmin}	: minimum kuru birim hacim ağırlığı
λ	: sıkışma indeksi
v	: poisson oranı
σ_z	: z derinliğindeki düşey gerilme
τ_z	: z derinliğindeki kayma gerilmesi
ϕ	: kayma mukavemeti açısı
Φ°	: eğiklik derecesi
κ	: kabarma indeksi
ψ	: dilatasyon açısı
μ	: temel şekline bağlı katsayı

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusu hızla artmakta ve buna bağlı barınma ve şehirleşme ihtiyacı da oluşmaktadır. Günümüzde kimi şehirler nüfus yoğunluğu nedeniyle birer gökdelen şehirlerine dönüşmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda mühendislik parametreleri çok iyi olan zemin ortamlarına ihtiyaç duyulduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır. Fakat gereksinim duyulan bu ölçekte uygun zemin şartlarına sahip alanlar bulmak her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durum geoteknik açıdan problemlili zeminlerle karşı karşıya kalınması sonucunu doğurmaktadır. Geoteknik mühendisliği de bu durumun üstesinden gelebilmek amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde zemin problemleri genel olarak iki yaklaşıma göre çözüme kavuşturulmaktadır. Bunlar; problemlili zeminin uygun bir yöntemle güçlendirilmesi ve üst yapının problemlili zemin parametreleri dikkate alınarak tasarlanmasıdır. Her iki yöntem de kimi zaman maliyetli ve kimi zaman da oldukça güç olabilmektedir. Her iki durumda tercih, zeminin jeolojik ve jeofizik parametreleri, bölgenin depremselliği, yapı toplam yükü, yapı geometrisi ve yapının kullanım amacı gibi parametreler dikkate alınarak yapılmaktadır.

Günümüzde hafif ve orta dereceli yük ağırlığına sahip ve çok yüksek olmayan yapılarda genellikle yüzeysel temeller kullanılmaktadır. Yüzeysel temeller uygun bir maliyet, işçilik süresinin kısalığı ve uygulama tekniğinin kolaylığı açısından temel yapı tasarımında ilk başvuru tasarımı şeklidir. Olağan şartlarda çok pratik olan bu temel yapısı, yapı davranışının karmaşıklaştığı durumlarda yetersiz kalmaktadır.

Bu tez çalışmasında şerit temel yapısı dışında T-Kesitli temel yapısı da kullanılmıştır. Eksantrik yüklemenin taşıma gücündeki olumsuz etkileri azaltmak amacıyla tasarlanan T-Kesitli temeller yatay doğrultuda uzanan kısmına düşey yönde bir çıkma eklenerek oluşturulan bir temel yapısıdır. Bu çalışmada derin temel tasarımına başvurulmadan önce T-Kesitli temellerle yüzeysel temellerin performanslarının artırılması ve temel mühendisliği uygulamalarında bir alternatif oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amacın tez çalışmasının özgünlüğünü oluşturabileceği düşünülmektedir.

Çalışmalar kapsamında İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Laboratuvarı'nda model

deneyler yapılmıştır. İlk olarak model deneylerde kullanılan kum zeminin parametrelerinin bulunmasına yönelik geleneksel laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Daha sonra model deneylerle çeşitli yükleme ve temel kombinasyonlarında deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu model deneyler grup içi ve toplu değerlendirmelere tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda yük-oturma bağıntıları belirlenerek taşıma gücü ve oturma analizleri yapılmıştır. Sonuçlar, literatürde yer alan teorik bulgularla da karşılaştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular ve değerlendirmeler, aşağıdaki sıra ile sunulmuştur.

Bölüm 1’de şerit ve T-Kesitli temeller ve tez kapsamında yapılan çalışmaların sunulduğu “Giriş” kısmı yer almaktadır.

Bölüm 2’de, kum zeminler üzerine oturan yüzeysel temellerin taşıma kapasitesi ve oturma davranışı ile ilgili literatür taraması yapılmış ve elde edilen bulgular, “Önceki Çalışmalar” başlığı altında sunulmuştur.

Bölüm 3’de, zemin özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, “Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi” başlığı altında sunulmuştur. Zemin parametrelerini bulmaya yönelik deneyler, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir.

Bölüm 4’te laboratuvar çalışmaları “Model Deneyler” başlığı altında sunulmuştur. Burada model deneylerin tüm aşamaları ayrıntılı olarak sunulmuştur. İlk olarak şerit temel farklı yükleme durumlarına (merkezi ve eksantrik) tabi tutulmuş, daha sonra aynı yükleme durumları için şerit temele dış ve topuk yapıları eklenerek model deneyler yapılmıştır. Bu yapıların taşıma gücü ve oturma davranışında meydana getirdiği avantajlar belirlenmiştir.

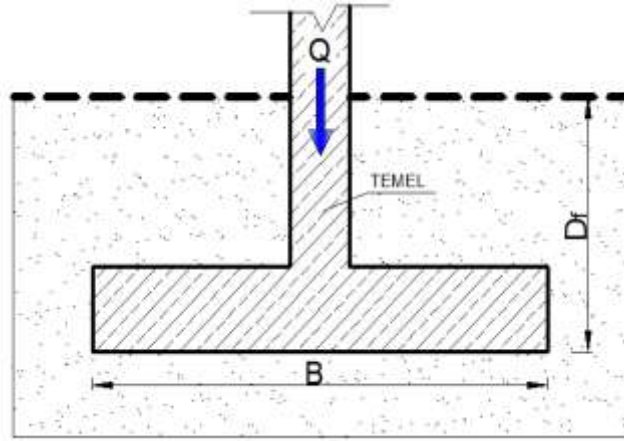
Bölüm 5’te ise, tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar, “Sonuçlar ve Öneriler” başlığı altında sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, öncelikle yüzeysel temeller ele alınmıştır. Yüzeysel temelleri irdeleme amacıyla yüzeysel temelerde göçme mekanizmaları, göçmeye etki eden faktörler, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi kavramları açıklanmıştır. Ardından, konu ile ilgili önceden yapılan çalışmalar taranmış ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

2.1. Yüzeysel Temeller

Temeller; yapıdan gelen etkileri kabul edilebilir oturmalar ile zemine emniyetle aktaran yapı elemanlarıdır (Şekil 2.1.) Temellerin yapıdan gelen etkileri aktardığı zemin ortamına temel zemini denmektedir. Temel zemini ile temel yapısı arasında etki-tepki etkileşimi bulunmaktadır. Temel yapısı üst yapıdan aldığı etkileri temel zeminine aktarırken temel zemini de zıttı yönünde direnç göstermektedir. Temel mühendisliğinde temeller, temel derinliğinin temel boyuna oranı dikkate alınarak yüzeysel temeller ($D_f/B < 1$) ve derin temeller ($D_f/B > 1$) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Yüzeysel temeller, duvar altı, tekil, şerit ve radye temel olmak üzere; derin temeller de kazıklı, ayak ve keson temeller olmak üzere alt gruplara ayrılmaktadır.

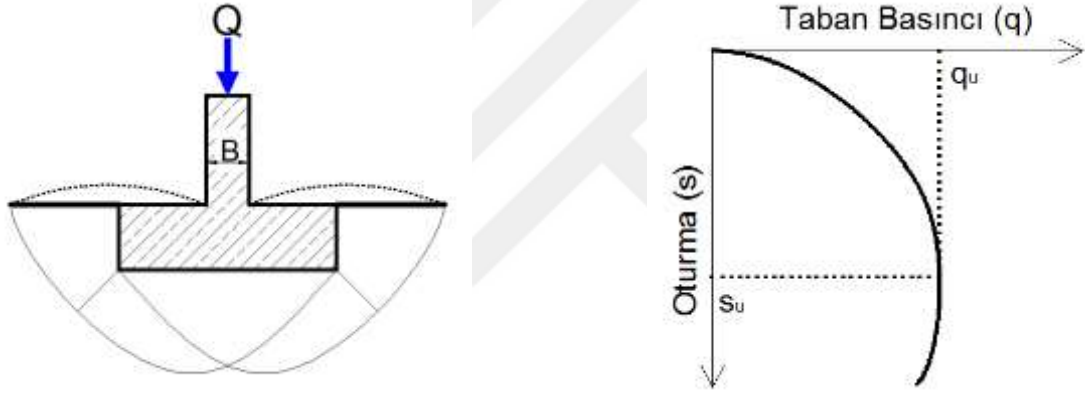


Şekil 2.1. Yapı temelleri

Yüzeysel temelerde başlıca üç farklı göçme mekanizması görülmektedir. Bunlar sırasıyla aşağıda izah edilmiştir.

1) Genel Kayma Göçmesi

Bu tür bir göçme türü genellikle, sıkı kum veya sert killi zeminlerde görülmektedir. Temel zemininde gözlenen göçme yüzeyi ile tipik bir yük-oturma eğrisi Şekil 2.2'de yer almaktadır. Başlangıçta, temele uygulanan Q yükü ($q=Q/A$) arttıkça oturmalar artmakta iken, göçme yüküne ulaşıldığında, yük sabit kalmakta ve oturmalar da devam ederek büyük değerlere ulaşmaktadır. Zemin, kayma yüzeyleri boyunca kırılarak göçmekte ve zemin yüzeyinde kabarmalar oluşmaktadır. Nihai taşıma kapasitesi q_u , yük-oturma eğrisinin en üst noktasındaki değeri olup, yük-oturma eğrisinden açıkça belirlenebilmektedir. Grafikteki s_u , göçme anındaki oturma değeridir (Yıldız, 2002).



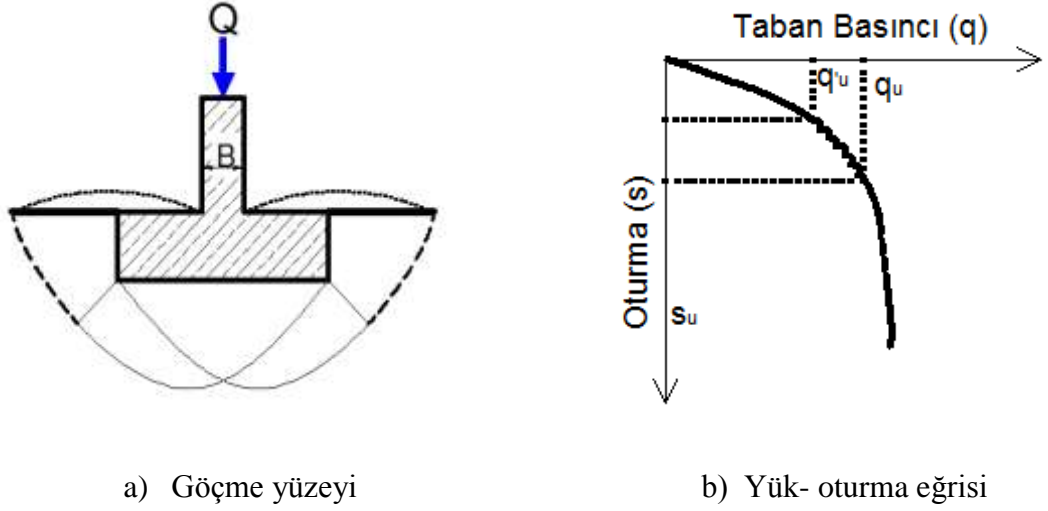
a) Göçme yüzeyi

b) Yük-oturma eğrisi

Şekil 2.2 Genel kayma göçmesi

2) Bölgesel Kayma Göçmesi

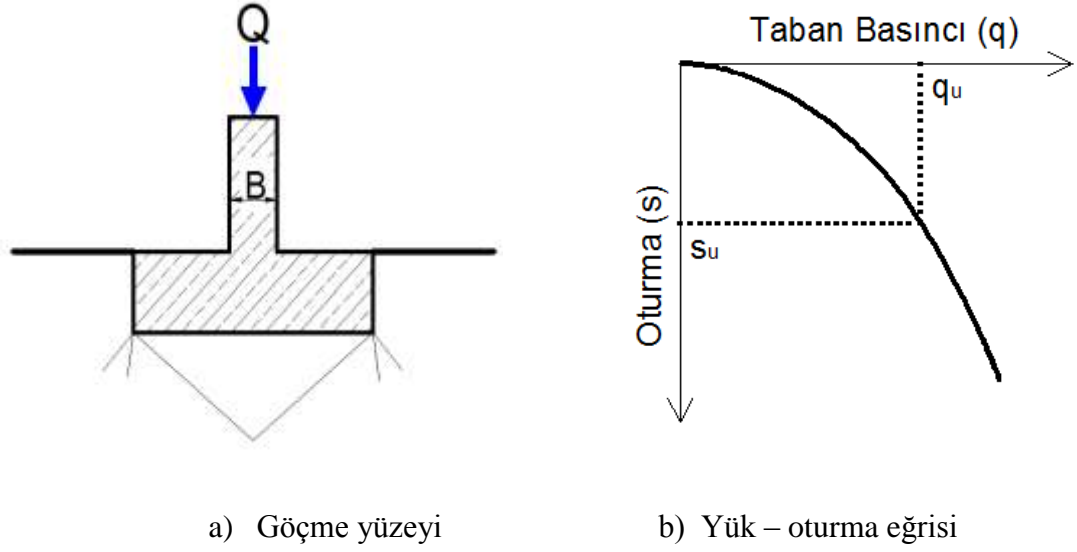
Bu tür bir göçme türü genellikle, orta sıkı kum veya orta sertlikteki kil zeminlerde görülmektedir. Yük değeri ilk göçme yüküne (q_u') ulaşınca kadar artan yüklerle birlikte oturmalar da artmaktadır. Bu arada zemin sıkışmaktadır. Yük q_u değerine kadar artırıldığında yük-oturma eğrisinde düzensizlik başlamaktadır. Bu eşik değerden sonra yük-oturma eğrisi doğrusal bir yapı kazanmakta ve göçme yüzeyi zemin yüzeyine ulaşmaktadır (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Bölgesel kayma göçmesi

3) Zımbalama Kayma Göçmesi

Bu tür bir göçme türü genellikle, gevşek kumlarda veya yumuşak kil zeminlerde görülmektedir. Bu göçme tipinde kayma yüzeyi zemin yüzeyine ulaşamayıp kabarmalar oluşturmamaktadır. Yük artışıyla birlikte oturmalar da artmaktadır. Fakat yük-oturma eğrisi üzerinde herhangi bir tepe değer gözlenmemektedir. Bu amaçla q_u 'nun belirlenmesi için iki yöntem ileri sürülmüştür. İlk yöntemde Das ve ark. (1994) tarafından, nihai taşıma kapasitesi değeri yük-oturma eğrisinde, $\Delta s/\Delta q$ oranının en büyük olduğu ve bundan sonra sabit kaldığı nokta olarak tanımlanmıştır. İkinci yöntemde ise, Yetimoğlu ve ark. (1994) tarafından yük-oturma eğrisinin başlangıç ve bitiş teğetlerinin kesişim noktası olarak tanımlanmıştır (Yıldız,2002). Zımbalama kayma göçmesi durumunda elde edilen göçme yüzeyi ve tipik yük-oturma eğrisi Şekil 2.4'te yer almaktadır.



Şekil 2.4. Zımbalama kayma göçmesi

2.2.Taşıma Gücü Kavramı

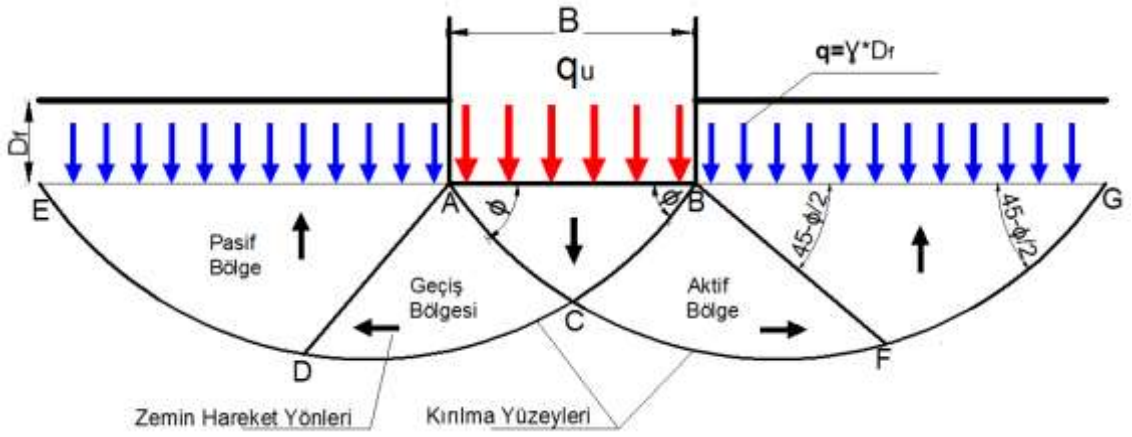
Taşıma gücü belli yükleme şartları altında bir temel zeminin kabul edilebilir oturmalar yaparak ve üst yapıda bir tehlike oluşturmadan yapabileceği en büyük gerilme değeri veya en büyük yük değeri olarak tanımlanır.

Taşıma gücü değerini hesaplamak için birçok yöntem geliştirilmiştir. Günümüzde hâlâ araştırmalar yapılmakta ve bu araştırmalar doğrultusunda taşıma gücü bağıntıları sunulmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda önerilen bazı taşıma gücü belirleme yöntemleri aşağıda sunulmaktadır.

2.2.1. Laboratuvar Deneylerine Göre Geliştirilen Taşıma Gücü Yaklaşımları

a) Terzaghi Taşıma Gücü Yaklaşımı

Terzaghi tarafından yapılan çalışmalarda taşıma gücünü aşağıda belirtildiği üzere tarif edilmektedir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Terzaghi taşıma gücü teorisi

Terzaghi yaklaşımında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Temel şerit temeldir
- Temel zemini homojen, izotrop ve yarı sonsuzdur
- ABC üçgen zonu elastiktir
- ACD ve BCF radyal kırılma zonlarıdır
- ADE ve BFG rankine pasif zonudur
- Temel eksenal ve düşey yönde yüküdür

Terzaghi tarafından yukarıdaki kabuller doğrultusunda taşıma gücü teorisini aşağıdaki gibi sunmaktadır:

$$q_u = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (2.1)$$

Burada,

N_c N_q N_γ , ϕ 'ye bağlı taşıma gücü katsayıları,

c : Kohezyon,

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı,

B : Temel genişliği ve

D_f : Temel gömülme derinliğidir.

Terzaghi formülünün genel biçimi ise aşağıda verilmektedir:

$$q_u = K_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + K_2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (2.2)$$

K_1 ve K_2 , temel şekil katsayılarıdır.

b) Meyerhof Taşıma Gücü Yaklaşımı

Meyerhof (1951, 1963) tarafından Terzaghi taşıma gücü teorisine benzer bir yaklaşımla temellerin şekil ve derinlik faktörlerini de dikkate alan bir taşıma gücü formülünü öne sürmüştür. Meyerhof düşey yüklerin yanı sıra yatay yüklerinde temele etki ettiği durumları göz önünde bulundurmaktadır. Meyerhof taşıma gücü formüllerini aşağıda gösterildiği gibi sunmaktadır.

$$q_n = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c + \sigma_z \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \quad (2.3)$$

$$q_n = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c + \sigma_z \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma \quad (2.4)$$

d_c , d_q ve d_γ : Derinlik faktörlerini,

s_c , s_q ve s_γ : Temel şekil faktörlerini,

i_c , i_q ve i_γ : Yük eğim faktörlerini temsil etmektedir.

c) Hansen Taşıma Gücü Yaklaşımı

Hansen (1970), tatarından Meyerhof'un taşıma gücü yaklaşımına ek olarak, yük eğim açısı, zemin eğim ve temel sapma faktörlerini de dikkate alan bir formül geliştirilmiştir. Buna göre, Hansen taşıma gücü formülü aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$q_n = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot \dot{I}_c \cdot g_c \cdot b_c + \sigma_z \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot \dot{I}_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot \dot{I}_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \quad (2.5)$$

b_i : Temel sapma faktörü,

g_i : Zemin eğim faktörü,

i_i : Yük eğim faktörünü temsil etmektedir.

2.2.2. Arazi Deneyleri İle Taşıma Gücü Yaklaşımı

a) Meyerhof SPT Deneyi ile Taşıma Gücü Yaklaşımı

Meyerhof (1974) tarafından temellerde meydana gelebilecek oturmalar 25mm ile sınırlı tutularak, emniyetli taşıma gücü bağıntısı aşağıdaki şekilde verilmiştir (Çinicioğlu, 2005).

$$q_e = 12 \cdot N \cdot K_d \quad B < 1.22m \quad (2.6)$$

$$q_e = 8N((B + 0.305)/B)2K_d \quad B > 1.22m \quad (2.7)$$

$$K_d = 1 + 0.33D/B \leq 1.33 \quad (2.8)$$

Burada; q_e (nihai taşıma gücünü), N (SPT darbe sayısını), D (Temel derinliğini), B (Temel genişliği)'ni sembolize etmektedir.

Meyerhof tarafından genişliği büyük olan radye temeller altında etkilenen bölge derinliği ve artan oturma miktarları dikkate alınmış, radye temeller için emniyetli taşıma gücü formülasyonu aşağıdaki gibi verilmiştir (Bowles, 1996).

$$q_e = 12.5N \cdot K_d \quad (2.9)$$

Burada; N (SPT darbe sayısını) ve K_d (katsayı)'dır.

b) Bowles SPT Deneyi ile Taşıma Gücü Hesabı

Bowles (1996) tarafından SPT-N değerine bağlı olarak geliştirilen taşıma gücü bağıntılarının çok güvenli tarafta kaldığı belirtilerek aşağıdaki yaklaşım sunulmaktadır.

$$q_e = N_d/F_1 \quad B < F_4 \quad (2.10)$$

$$q_e = \frac{N}{F_2} \left(\frac{B+F_3}{B} \right)^2 K_d \quad B > F_4 \quad (2.11)$$

$$q_e = 12.5N \cdot K_d$$

Çizelge 2.1. Bowles F1, F2, F3 ve F4 taşıma gücü katsayıları (Bowles, 1996)

	N_{55}	N_{70}
F ₁	0.05	0.04
F ₂	0.08	0.06
F ₃	0.30	0.30
F ₄	1.20	1.20

Burada bahsi geçen SPT-N değerleri temel derinliğinin 0.5B ve 2B arasında okunan değerlerin ortalaması olarak alınmaktadır.

Bowles tarafından ayrıca oturma değerlerinin 25mm'yi geçtiği değerlerde aşağıdaki formülü önerilmektedir.

$$q_e' = \frac{\Delta H_j}{\Delta H_0} q_e \quad (2.12)$$

q_e' : Nihai taşıma gücü

ΔH_j : Gerçek oturma değeri

ΔH_0 : 25 mm' lik oturma değeri

2.2.3. Jeofizik Yöntemler ile Taşıma Gücü Yaklaşımı

a) Imai ve Yoshimura Taşıma Gücü Yaklaşımı

Imai ve Yoshimura (1976), tarafından yapılan deneylerle basınç dalga hızı (V_p) ile taşıma gücü arasındaki ilişki aşağıdaki gibi sunulmaktadır.

$$q_n = 10Vp^3 \quad (2.13)$$

Burada, dalga hızı km/s cinsinden boyutlandırılmaktadır.

b) Keçeli Taşıma Gücü Yaklaşımı

Keçeli (1990), tarafından yapılan çalışmalarda zeminin elastik davranış gösterdiğini kabul edilmiş, zemin hakim periyodu ve basınç dalga hızı ile taşıma gücü arasındaki ilişki aşağıdaki gibi sunulmaktadır.

$$q_n = \frac{T \cdot V_p \cdot \gamma}{40} \quad (2.14)$$

T: Zemin hakim titreşim periyodu (0.4sn)

V_p : Basınç dalga hızı

γ : Zemin birim hacim ağırlığı

Burada temelin zemin yüzeyinden D kadar derinde olması durumunda, bu etkinin sürşarj etkisi olarak formüle eklenmesi önerilmektedir. Ayrıca, yeraltı su seviyesi temel tabanından yukarıda olduğunda, nihai taşıma gücü %50 oranında azaltılmaktadır. Ancak, emniyetli taşıma gücü hesabında kullanılan güvenlik faktörü, P-dalgasının S-dalgasına oranı olarak kullanılması durumunda herhangi bir azaltma yapmaya gerek kalmamaktadır (Keçeli, 1990).

c) Türker Taşıma Gücü Yaklaşımı

Türker (2004), eski formülünü revize ederek S dalga hızına bağlı taşıma gücü bağıntısını aşağıdaki gibi sunmaktadır.

$$q_u = ((\gamma \cdot V_s \cdot T)/40) + (D_\gamma) \quad T=0.33 \text{ sn} \quad (2.15)$$

D: Temel derinliği (m),

B: Temel genişliği (m),

γ : Birim hacim ağırlığı (kN/m^3) olmaktadır.

2.3. Eksantrik Yüklü Temeller

Eksantrik yükleme bileşke yükün uygulama noktasının geometrik merkezden sapması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu şartlar altında bulunan temeller ise eksantrik yüklü temeller olarak tanımlanır. Eksantrisite temellerin taşıma kapasitesi ve oturmalar üzerinde olumsuzluklar meydana getirmektedir.

Eksantrik yükleme durumu deprem, rüzgâr, yanal toprak basıncı, yapı toplam yükünün bileşkesi gibi nedenlerle çoğu kez kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum temel yapısında moment etkisi meydana getirmektedir. Bir şerit temel için enine eksantrisite, momentin düşey yüke oranı olarak tanımlanır.

$$e = \frac{\Delta M_o}{\Sigma N_o} \quad (2.16)$$

ΣN_o : Şerit temelin birim uzunluğu için toplam düşey yük,

ΔM_o : Şerit temelin ortasına göre birim uzunluk için momentlerin cebirsel toplamıdır.

Eksantrisite arttıkça taşıma gücü azalmaktadır. Dolayısıyla:

$$Q_e < Q_m \quad (2.17)$$

bağıntısı ileri sürülmektedir.

Q_e : Eksantrik yüklü temelin nihai taşıma gücü

Q_m : Merkezi yüklü temelin nihai taşıma gücü

Eksantrik yüklü temellerin taşıma gücünü hesaplamak için birçok yöntem ileri sürülmüştür. Bunlar Meyerhof'un Azaltılmış (veya yararlı) Genişlik Yöntemi (1953), Geleneksel Yöntem, Prakash ve Saran (1971) Teorisi, Azaltma Katsayıları Yöntemi vb. olarak sıralanabilmektedir.

a) Geleneksel Yöntem

Geleneksel yöntemde eksantrik yüklü şerit temelin oluşturdukları gerilme dağılımı aşağıdaki kabuller yapılarak açıklanmaktadır.

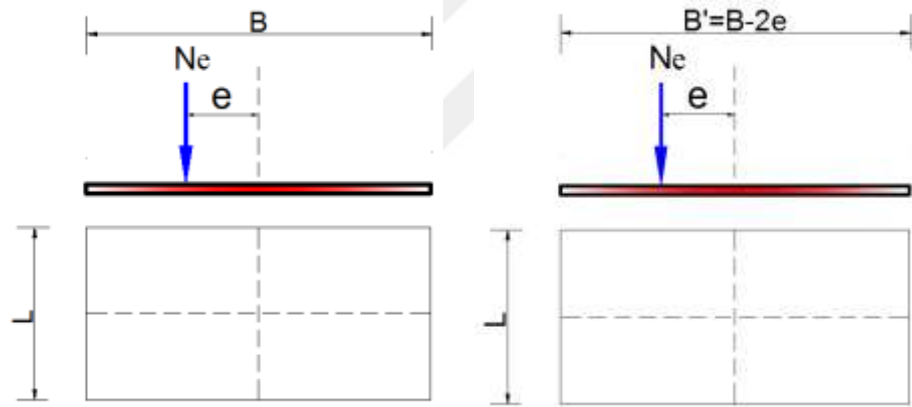
- Basınç dağılımı lineerdir.
- Düşey yükler için denge vardır ($\Sigma V=0$).
- Momentler için denge vardır ($\Sigma M=0$).

- Temel ile zemin arasında çekme gerilmesi oluşmaz.
- Çekme gerilmesi oluşan alanda temelin zemin ile teması kesilmiştir.
- Geleneksel yöntemde aşağıda gösterildiği üzere taban basıncının en büyük değeri, zemin emin taşıma gücünü geçmemelidir.

$$\sigma_{\max} \leq q_{\text{emin}}$$

b) Azaltılmış Genişlik Yöntemi

Meyerhof (1953) Azaltılmış Genişlik Yönteminde B genişliğindeki eksantrik yüklü bir şerit temelin toplam taşıma gücünün, B'den 2e çıkarılmasıyla elde edilen B' azaltılmış genişlikli şerit temelin toplam taşıma gücüne eşit olduğu ifade edilmektedir (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Azaltılmış genişlik yöntemi

$$N_e = N_m$$

$$(2.18)$$

c) Azaltma Katsayıları Yöntemi

Eksantrik yüklü bir temelin nihai taşıma gücünü (N_e) belirlemek için, aynı temelin merkezi yükleme durumu için elde edilen nihai taşıma gücü (N_m) belli bir katsayıyla (α) çarparak elde edilmektedir. Bu katsayı zemin cinsi ve zemin durumu, eksantrisite oranı (e/B) ve temel derinliğinin temel genişliğine oranı (D_f/B) dikkate alınarak deneysel olarak tespit edilmektedir.

$$N_e = \alpha \cdot N_m \quad (2.19)$$

d) Prakash ve Saran Yöntemi

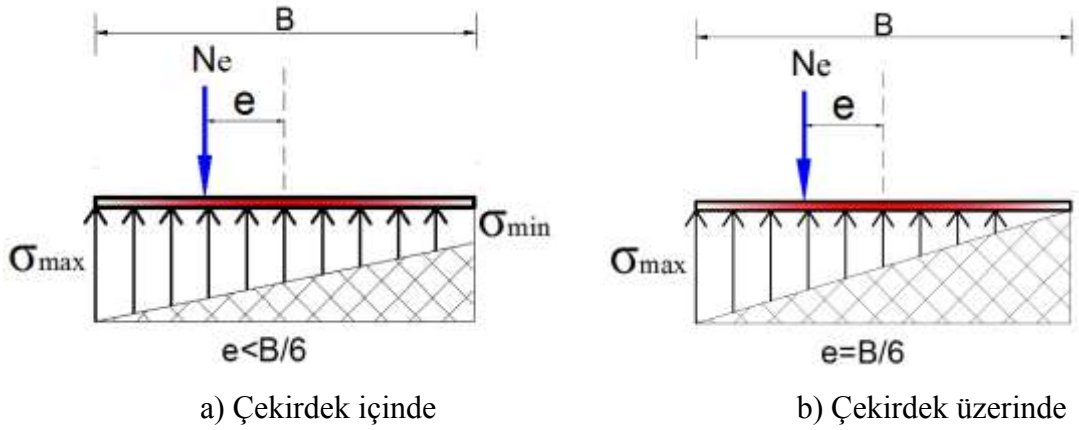
Prakash ve Saran (1971) tarafından eksantrik ve merkezi yüklü temellerin taşıma gücünü veren bağıntıdaki katsayıları içsel sürtünme açısının (ϕ) ve eksantrisite/genişlik oranının (e/B) fonksiyonu olarak verilmektedir.

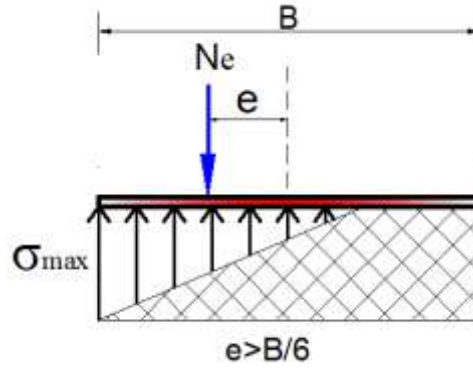
$$q_{sınır} = \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + c \cdot N_c \quad (2.20)$$

N_γ, N_q, N_c : Taşıma gücü katsayıları

e) Uzuner Yöntemi

Uzuner (1975) tarafından geleneksel yöntemin geçerliliği yaptığı deneylerle desteklenmektedir. Deneyler sonucunda elde edilen gerilme dağılımı ve bağıntılar aşağıda sunulmaktadır. Şekilde taralı alan kadar, eksantrik yüklü temel aynı temelin merkezi yükleme haline göre daha az yük taşımaktadır (Şekil 2.7.).





c) Çekirdek dışında

Şekil 2.7. Eksantrik yüklü şerit temel altındaki basınç dağılışı

$$\sigma_{max} \frac{Ne}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad e < \frac{B}{6} \text{ (Çekirdek içinde)} \quad (2.21)$$

$$\sigma_{max} \frac{2Ne}{B} \quad e = \frac{B}{6} \text{ (Çekirdek üzerinde)} \quad (2.22)$$

$$\sigma_{max} \frac{2Ne}{3(B/2-e)} \quad e > \frac{B}{6} \text{ (Çekirdek dışında)} \quad (2.23)$$

Bu araştırmacıların ortak bulguları eksantrisite oranının artışının taşıma gücünü azalttığı yönündedir. Bu çalışmada taşıma gücündeki bu azalışı geri kazanmak için T-Kesitli temel yapısı önerilmektedir.

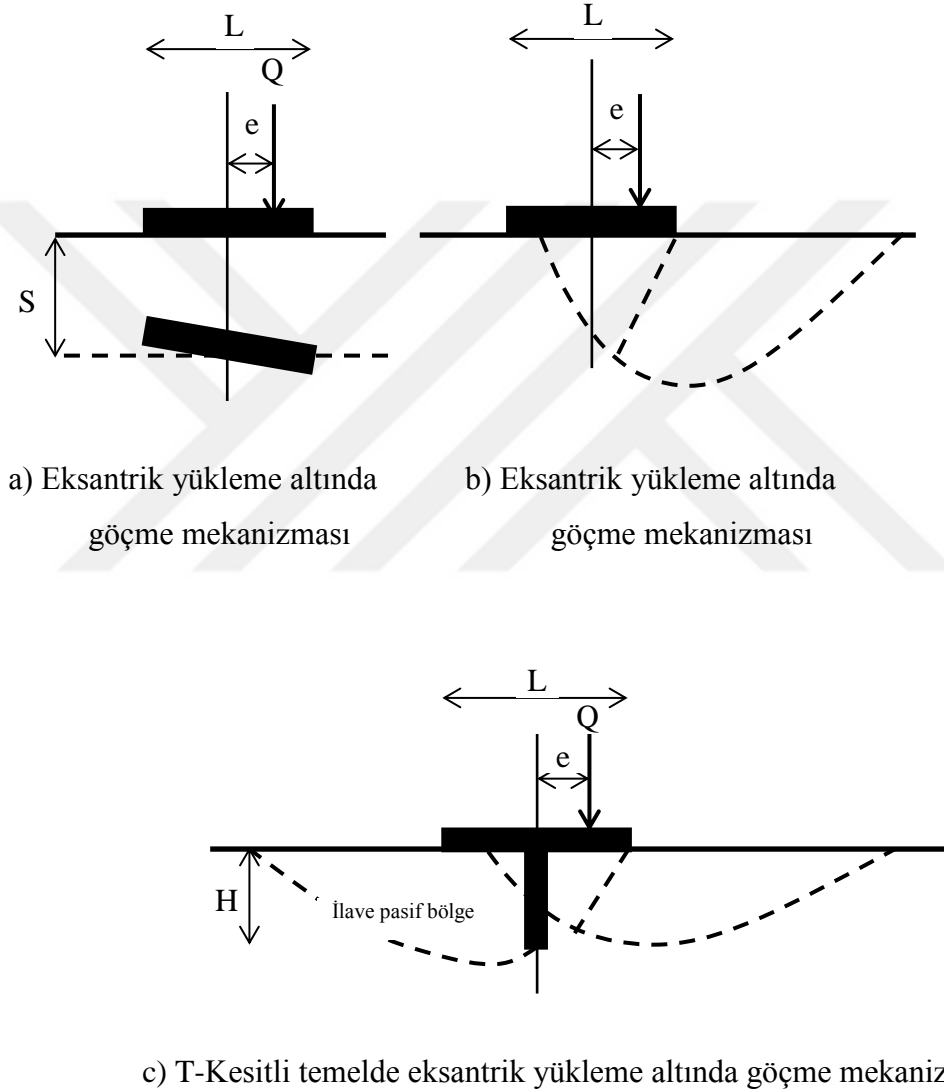
2.4. T-Kesitli Temeller

T-Kesitli temel, yatay yönde uzanan kısmının yanı sıra düşey yönde konsol çıkma olan bir temel türüdür. Düşey yönde uzanan bu kısım, eksantrisite etkisini karşılamak için tasarlanmıştır. Bu ilave tasarım, zeminin yanal deplasmanını kısıtlamakta ve taşıma kapasitesini artırmaktadır. Düşey konsol çıkmanın uzunluğu, taşıma gücüne doğrudan etki etmektedir. Uzunluğunun artırılması taşıma gücünü de artırmaktadır (Kaya ve Örnek, 2013).

Kaya ve Örnek (2013) tarafından yapılan çalışmalarda farklı geometrilere sahip T-Kesitli temellerin taşıma gücü davranışı model deneyler yapılarak araştırılmıştır. Bu çalışmalarda T-Kesitli temellerin göçme mekanizmaları üzerinde belirgin rol oynadığı tespit edilmiştir. Buna göre:

Şekil 2.8.'de eksantrik yükleme ve T-Kesit yükleme durumlarında elde edilen oturma değişimleri ve göçme mekanizmaları yer almaktadır. Şekillerden görüleceği

gibi, yükün uygulandığı tarafa doğru temel eğilmekte ve zeminde göçme, yükün uygulandığı tarafta olmaktadır. T-Kesit ilavesiyle yükün uygulandığı taraftaki göçme yüzeyi derinliği azalmakta, T-Kesitin arka tarafında ilave pasif bölgeleri oluşmaktadır. Bu ilave pasif basınç artışı taşıma gücünün de artmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda ilave edilen T-Kesitin uzantısı arttıkça taşıma gücünde o nispette artmakta, kesit arkasında oluşan pasif bölge de genişlemektedir (Kaya ve Örnek, 2013).



Şekil 2.8. Göçme mekanizmaları

Kaya ve Örnek (2013) tarafından yapılan çalışmalarda T-Kesitli temel yapısının nihai taşıma gücünü artırdığını ve zeminde oluşan gerilme dağılımında iyileşmeler olduğu belirlenmiştir.

3. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Zemin özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Çalışmalarda, Ceyhan nehir yatağından çıkarılan kum kullanılmıştır. Kum numune, ASTM standartlarına göre No 200 (0.075 mm çaplı) eleğinden yıkanarak elenmiş ve yabancı maddelerden arındırılmıştır. Yıkama işlemi önce bir kovaya, yarıya kadar doldurulan kumun üzerine basınçlı su tutularak toz ve çok hafif malzemelerden temizlenmiştir. Daha sonra kovada kalan kum elek üzerine su tutulup azar azar elenmiştir. Elenip yıkanan kum daha sonra ince bir tabaka halinde temiz bir branda üzerine serilerek kurutulmaya bırakılmıştır. Kum belli aralıklarla karıştırılarak kurumunun tüm kütle boyunca oluşmasına özen gösterilmiştir. Kum tabakasının toz ve nem ile teması önlenmiştir. Kumun tamamen kurduğundan emin olunduktan sonra büyük bir fiçiyi doldurularak çevre şartlarından muhafaza edilmiştir. Daha sonra gerektiği kadar deney kasasına boşaltılmış, artan kum ise tekrar fiçiyi doldurulmuştur. Bu sürece ait görüntüler Şekil 3.1. ve Şekil 3.2'de yer almaktadır.



Şekil 3.1. Kumun basınçlı suya tutulması ve elekten elenmesi

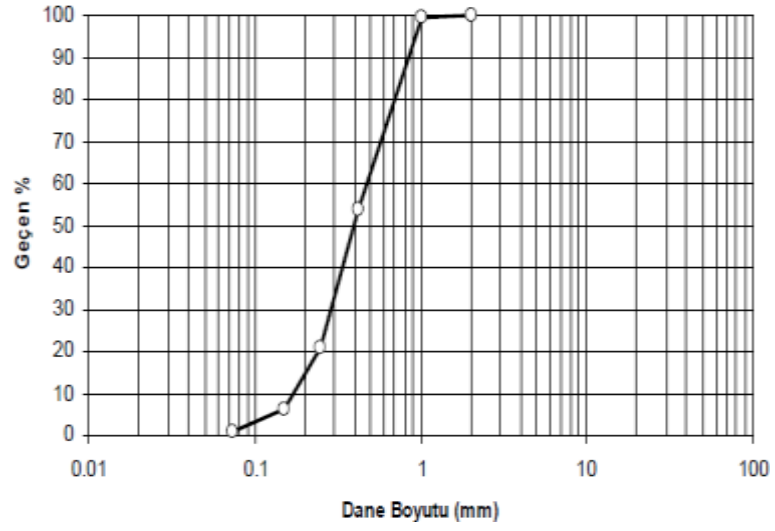


Şekil 3.2. Kumun kurumaya bırakılması, deney kasasına doldurulması

Deney kumunun elenmesinin ardından endeks ve kayma mukavemeti özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; elek analizi, piknometre, sıklık ve kesme kutusu deneyleri yapılmıştır.

3.1. Elek analizi

Deney kumunun zemin sınıfını belirlemek amacıyla yapılan elek analizi deneyinde, deney kumu Türk standartlarına (TS 1900) göre kabul gören bir seri elekten elenerek dane çapı dağılımı belirlenmiştir (Şekil 3.3.). Dane çapı dağılımı, elekten geçen yüzde ve dane çapı başka bir deyişle elek çapını eksen kabul eden eğri olarak tanımlanmaktadır. Bu eğriden deney kumunun Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre kötü derecelenmiş ince ve temiz kum (SP) olarak belirlenmiştir. Elek analizine ait görüntüler Şekil 3.4'te, elek analizi sonucu elde edilen sonuçlar ise Çizelge 3.1'de sunulmaktadır.



Şekil 3.3. Deney kumunun dane çapı dağılım eğrisi



Şekil 3.4. Elek analizi deneyi

Çizelge 3.1. Elek analizi sonuçları

Nitelik	Değer
İri kum yüzdesi (%)	0.00
Orta kum yüzdesi (%)	65.00
İnce kum yüzdesi (%)	35.00
D ₁₀ (mm)	0.13
D ₃₀ (mm)	0.28
D ₆₀ (mm)	0.58
Üniformluk katsayısı, C _u	4.46
Derecelenme katsayısı, C _c	1.04
Zemin sınıfı (USCS)	SP

3.2. Piknometre deneyi

Kumun dane birim hacim ağırlığının belirlenmesi amacıyla yapılan bu deneyde $\gamma_s=32.55\text{kN/m}^3$ olarak bulunmuştur. Bu değer, yapılan 5 deney sonucunun ortalaması olarak alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Piknometre deneyi

3.3. Sıklık deneyi

Deneyler kumun gevşek ve sıkı durumları için gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 500mmx500mm en ve boyunda, 60mm yüksekliğindeki kap kullanılmıştır. Gevşek halde birim hacim ağırlığının belirlenmesi için kap üstüne gezdirilmek şartıyla 20-30cm yüksekliğinde kum kap içerisine serbest düşüşe bırakılmıştır. Kap tamamen doldurulduktan sonra yüzeyi cetvel ile düzlenmiş ve bu durumdaki net ağırlığın kap hacmine bölünmesi ile elde edilen değer gevşek haldeki birim hacim ağırlığı olarak kabul edilmiştir.

Sıkı haldeki birim hacim ağırlığının belirlenmesi için kap yüksekliği 3 eşit parça halinde dökülmüş ve her tabakada düşey basıncın yanı sıra titreşim veren bir aletle sıkıştırılmıştır. Son tabaka kap hizasında düzlenip ağırlığı alınmaktadır. Bu ağırlığın kap hacmine bölümü ise sıkı haldeki birim hacim ağırlığı olarak kabul edilmiştir.

Bu deney grubunda da kumun her iki durumu için beşer deney yapılmış sonuçların ortalaması alınmıştır. Maksimum ve minimum kuru birim hacim değerleri Çizelge 3.2’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Sıkılık deneyi sonuçları

Parametre	Değer
Maksimum kuru birim hacim ağırlık (kN/m^3)	17.11
Minimum kuru birim hacim ağırlık (kN/m^3)	15.44

Şekil 3.6. ve Şekil 3.7’de gevşek ve sıkı hal için deney görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.6. Gevşek hal için sıkılık deneyi



Şekil 3.7. Sıkı hal için sıkılık deneyi

3.1.4 Kesme Kutusu Deneyi

Bu deney grubu kumun gevşek ve sıkı haldeki kayma mukavemetini belirlemeye yönelik yapılmıştır. Bu kapsamda 60mmx60mm boyutlarında ve 38mm yüksekliğindeki numuneler, $\sigma_1=28\text{kPa}$, $\sigma_2=56\text{kPa}$ ve $\sigma_3=112\text{kPa}$ değerindeki normal gerilmeler altında yatay yönde kesmeye tabi tutulmuşlardır. Bu şartlar altında gevşek haldeki kayma mukavemet açısı $\phi=36.27^\circ$ olarak, sıkı haldeki kum zemin için kayma mukavemet açısı ise $\phi=42.67^\circ$ olarak belirlenmiştir. Kullanılan deney düzeneği Şekil 3.8’de sunulmaktadır.



Şekil 3.8. Kesme kutusu deney aleti

4. MODEL DENEYLER

4.1. Deney Kasası

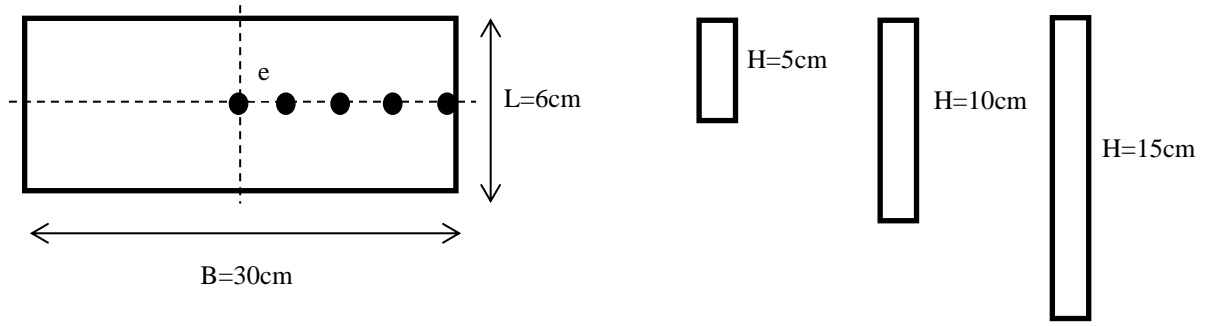
Model deneylerin yapıldığı kasa 70cmx50cmx50cm (uzunluk, genişlik, derinlik) ebatlarında olup ön ve arka kısmı 5cm kalınlığında camdan, üst yüzey açık, diğer yüzeyler ise 20mm kalınlığında metal sac ile kaplıdır. Cam yüzeyler 5cm'lik aralıklarla düz çizgi çizilmiş böylelikle zemin tabakalarının daha iyi gözlenmesi sağlanmıştır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Deney kasası

4.2. Model Temel

Model temeller, 30cmx6cm ebatlarında şerit bir model temele derinliği 5cm, 10cm ve 15cm olan düşey parça ve bu düşey parçalara yatay yönde eklenen ikinci bir ekten oluşan kombinasyonlardan oluşmaktadır. Deneylerde kullanılan model temellere ait görüntüler Şekil 4.2'de yer almaktadır.



Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan T-Kesitli temel şekilleri

4.3. Yükleme Sistemi, Yük Hücresi ve Deplasman Ölçer (LVDT)

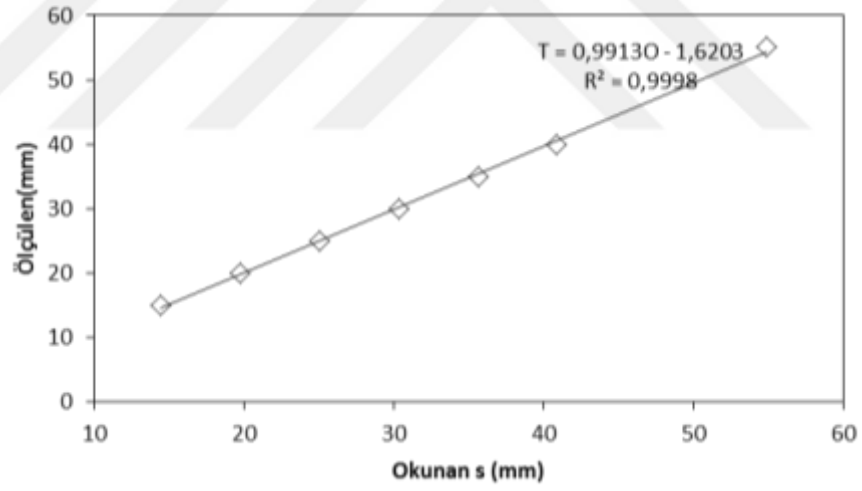
Deneyler farklı düşey açılarla yükleme imkânı sağlayan konsol bir çıkmaya bağlı bir kol ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde model temele aktarılan yükü belirlemek için H3-C3-2.0t6B, Class C-3 model ZEMIC firması tarafından üretilen 600kg ve 2000kg kapasiteli elektronik yük hücresi kullanılmıştır.

Model temele aktarılan yüklerden oluşan oturmaları belirlemek için Novotechnik firması tarafından üretilen ve 0.0-9.9999mm arasında deplasman değerleri ölçebilen ART. NR.023262 seri numaralı düşey deplasman ölçerler (LVDT) kullanılmıştır (Şekil 4.3). Bu deplasman ölçerlerden iki tane merkezden eşit uzakta şerit temelin sağ ve sol uca sabitlenerek her iki durum için de ayrı okumalar kaydedilmiştir. Deney öncesi deplasman ve yük ölçerler için gerekli kalibrasyonlar yapılmış ve hatalı okuma olasılığı değerlendirilmiştir.

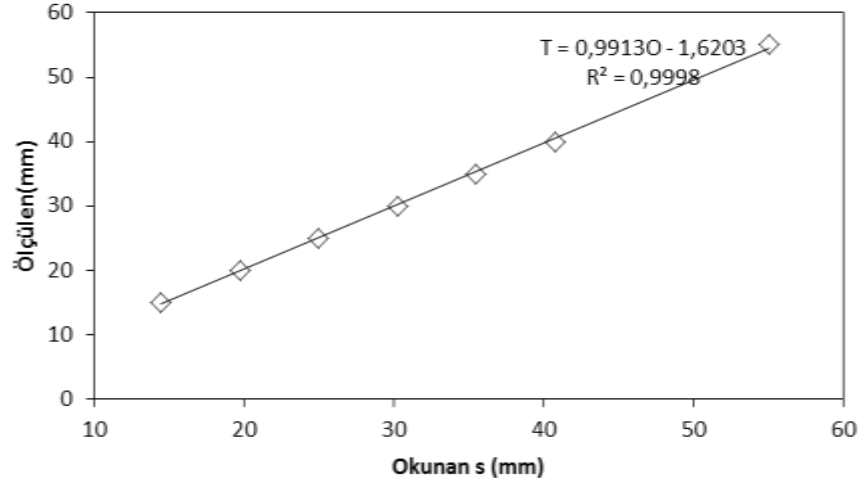


Şekil 4.3. Deplasman ölçer

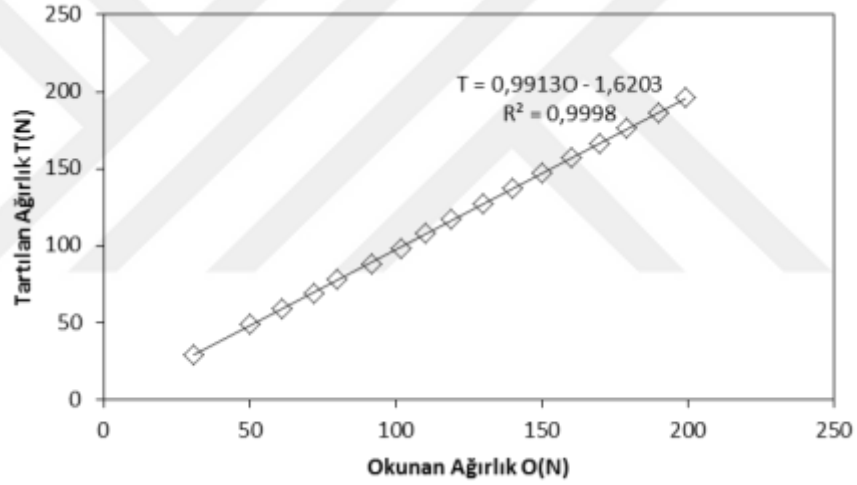
1 nolu deplasman ölçer, 2 nolu deplasman ölçer ve yük hücrelerine ait kalibrasyon ölçümleri sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 5.5. ve Şekil 5.6’da sunulmuştur.



Şekil 4.4. LVDT 1 kalibrasyon okumaları



Şekil 4.5. LVDT 2 kalibrasyon okumaları



Şekil 4.6. Yük hücresi kalibrasyon okumaları

4.4. Veri İşleme Ünitesi (ADU)

Deneyle sırasında elde edilen oturma ve yükleri işleyip sayısal verilere dönüştüren 16 kanal girişli ADU (Autonomous Data Unit) veri işleme ünitesi sayısal dataları bilgisayar ortamına aktarmaktadır (Şekil 4.7). Bilgisayar ortamına aktarılan sayısal değerler paket programlar kullanılarak yük-oturma eğrileri elde edilmektedir.



Şekil 4.7. Veri işleme ünitesi

4.5. Deney Yöntemi

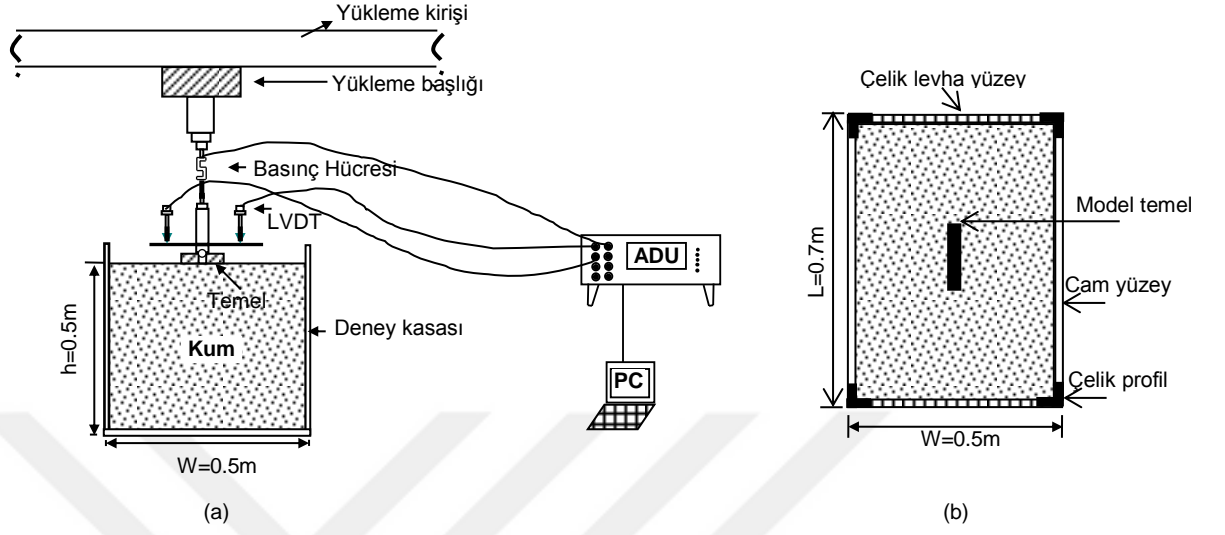
Deneyler 6 ana seri halinde düzenlenmiş olup, seriler gevşek ve sıkı kum ortamları olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır.

- Seri I: Eksantrik yükleme, dişsiz, topuksuz durum; eksantrisite (e/B) etkisi
- Seri II: Eksantrik yükleme, düz dişli, topuksuz durum; diş (H) etkisi
- Seri III: Eksantrik yükleme, düz dişli, topuklu durum; diş (H) ve topuk (D) etkisi
- Seri IV: Eksantrik yükleme, eğik dişli, topuksuz durum; eğik diş etkisi
- Seri V: Eksantrik yükleme, eğik dişli, topuklu durum; eğik diş ve topuk etkisi
- Seri VI: Eğik yükleme durumları; eksantrisite (e/B), diş (H), topuk (D) ve eğik yükleme etkisi

Yukarıda belirtildiği üzere deneyler gevşek ve sıkı halde kum zemin durumları için yapılmıştır. Gevşek kum düzeneği hazırlanırken cam yüzey üzerine işaretli olan 5cm'lik tabakalar takip edilmiştir. Kum 20-30cm yükseklikte ve gezdirilerek tabakalar halinde serilmiştir. Sıkı kum düzeneği ise 5cm'lik tabakaların iyice sıkıştırılması ve en son model temel yerleştirilirken üst yüzeyin bir daha sıkıştırılması ile elde edilmektedir.

Temel yerleştirilirken temelin dengede olmasına özen gösterilmiş aynı şekilde deplasman ölçerlerde hassasiyetle temele sabitlenerek yükleme başlatılmıştır. Yüklemeyle birlikte eş zamanlı olarak yük-oturma eğrisi ekranda takip edilmiş ve olası

bir olumsuzlukta deney durdurulup tekrarlanmıştır. Deney düzeneği aşağıda gösterildiği gibidir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Deney düzeneği

Çizelge 4.1. Deneysel Planı

Seri No	Model Temel	Amaç	Sabit Parametreler	Değişken Parametreler	Deneysel Sayısı	
					Zemin	Sıkı Zemin
1		Eksantrisite etkisini belirleme	B=30cm	e/B	Gevşek Zemin	6
					Sıkı Zemin	6
2		Diş etkisini belirleme	B=30cm	e/B, H/B	Gevşek Zemin	18
					Sıkı Zemin	18
3		Topuk etkisini belirleme	H/B=0.33, D=10cm	e/B	Gevşek Zemin	12
					Sıkı Zemin	12
4		Eğik diş etkisini belirleme	H/B=0.33	e/B	Gevşek Zemin	12
					Sıkı Zemin	12
5		Eğik dişli topuk etkisini belirleme	H/B=0.33, D=10cm	e/B	Gevşek Zemin	12
					Sıkı Zemin	6
6-1		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-2		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33,	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-3		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33, D=10cm	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-4		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33, D=10cm	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-5		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33,	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-6		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33,	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-7		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33, D=10cm	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
6-8		Eğiklik etkisini belirleme	B=30cm, e/B=0.3, H/B=0.33, D=10cm	Phi°	Gevşek Zemin	3
					Sıkı Zemin	-
Toplam Deneysel Sayısı						138

5. DENEY BULGULARI

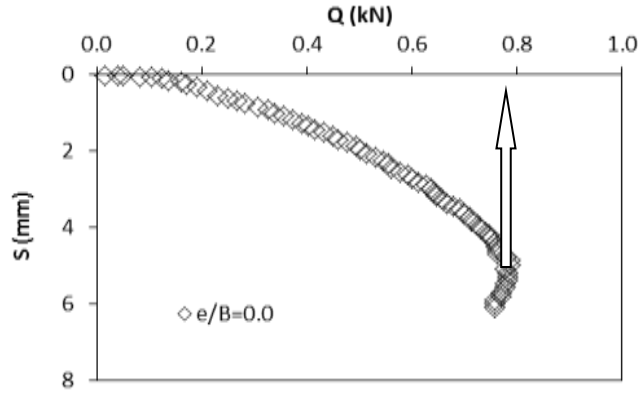
5.1. Seri 1: Eksantrik Yükleme, Dişsiz Topuksuz Durum, Eksantrisite (e/B) Etkisi

Bu seri deneylerde gevşek ve sıkı kum zemine oturan şerit temellerin merkezi ve eksantrik yükleme durumları ele alınmıştır. Toplam 12 adet deneyin yapıldığı bu seride yük oturma eğrileri çizilmiş olup, yatay eksen uygulanan yük miktarını düşey eksen ise uygulanan yüke karşılık gelen oturma değerlerini göstermektedir (Şekil 5.1.). Grafikten okunan en büyük yük değeri (göçme yükü) nihai taşıma gücü (Q_u), bu yüke karşılık gelen oturma değeri de göçme anındaki oturma değeri olarak kabul edilmiştir. Diğer bir yaklaşım ise 4mm oturma yaptıran yük değeri nihai taşıma gücü olarak kabul edilmesidir (Şekil 5.2). Bu her iki yaklaşım ayrı ayrı değerlendirilmiş olup grafiklere yansıtılmıştır.

Temel boyutları kısa kenar ve uzun kenar için sırasıyla $L=6\text{cm}$, $B=30\text{cm}$ olarak seçilmiştir. Eksantrisite oranı yük uygulama noktasının temel merkezine olan uzaklığın (e), temel uzun kenarına (B) oranı (e/B) olarak ifade edilmektedir. e/B oranının 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 olduğu yükleme durumları incelenmiştir.

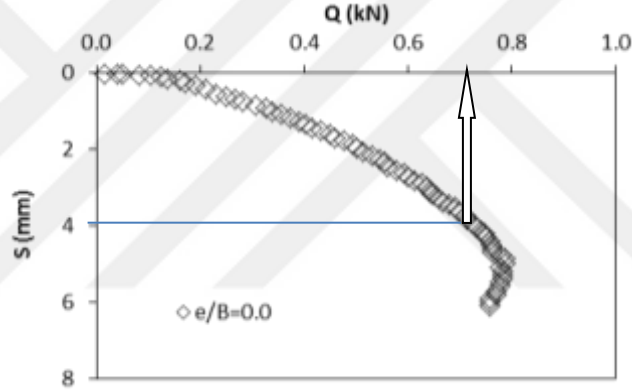
Bu deney serisinde yükleme, temel ebatları gibi tüm değişkenler sabit tutularak yalnız deney kumu sıklık oranı değiştirilip gevşek ve sıkı kum ortamlarında deneyler yapılmış olup sıklık etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafiklerle belirtilerek aradaki farklılıklar irdelenmeye çalışılmıştır.

Şekil 5.1'den, en büyük taşıma gücü değeri $Q=0.788\text{kN}$ olarak elde edilmiş ve bu yük miktarına karşılık gelen ortalama deplasman değeri 4.968mm, göçme anındaki oturma değeri olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Göçme yükünün bulunması

4mm oturma yaptıran yük miktarının belirlenmesi ise; 4mm'ye en yakın bir alt ve bir üst değerın iterasyonuyla yapılmış ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. 4mm oturma yaptıran yük bulunması

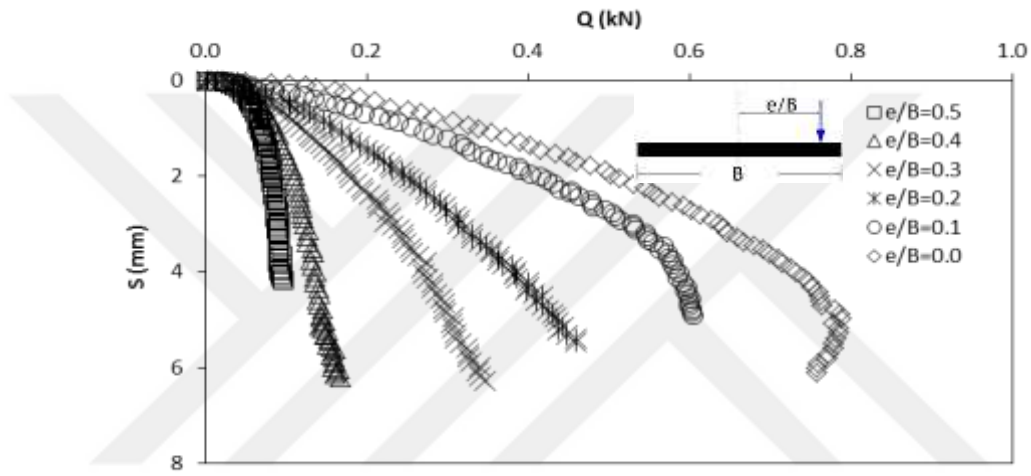
Seri 1'de elde edilen grafikler aşağıda sunulmuştur. Burada eksantrisitenin değişimini göstermek amacıyla bir azalma faktörü (RF-Reduction Factor) tanımlanmıştır. Bu faktör merkezi ve eksantrik yükleme koşullarındaki göçme yüklerinin birbirine oranı olarak tarif edilmektedir.

$$RF = \frac{Q_{u(\text{eksantrik yükleme})}}{Q_{u(\text{merkezi yükleme})}} \quad (5.1)$$

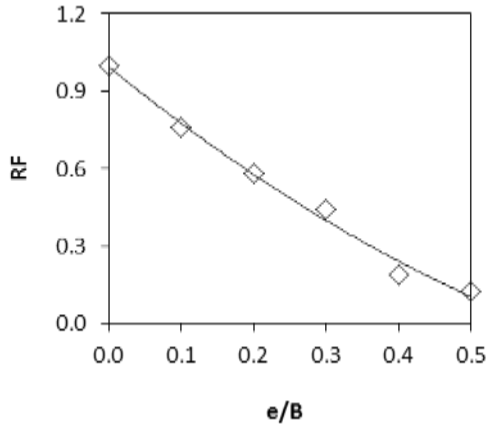
Gevşek zemin durumu için elde edilen deney sonuçları aşağıda yer almaktadır (Şekil 5.3. ve Şekil 5.4.).

5.1.1. Seri 1 gevşek zemin

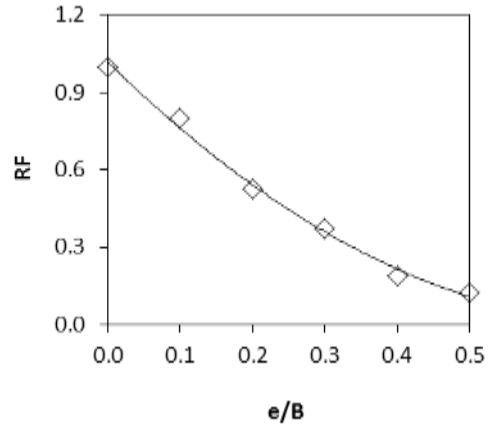
Bu deney grubu 6 adet deneyden oluşmaktadır. Deneyler şerit temel modeliyle gevşek zemin ortamında yapılmıştır. Şerit temelde temel uzunluğu (B) 30cm, temel genişliği (L) 6cm olarak sabit tutulmuştur. Yüklemeler eksantrisite oranının 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 olma durumları için yapılmıştır. Deney sonuçları doğrultusunda yük-oturma eğrileri ve azalma faktörleri belirlenmiş ve Şekil 5.3. ve Şekil 5.4. olarak sunulmuştur.



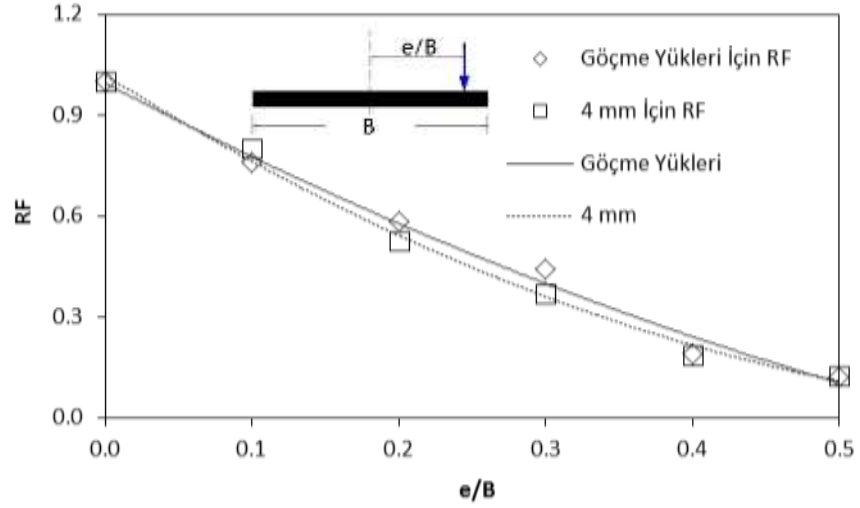
Şekil 5.3. Gevşek zemin-H/B=0.00 için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



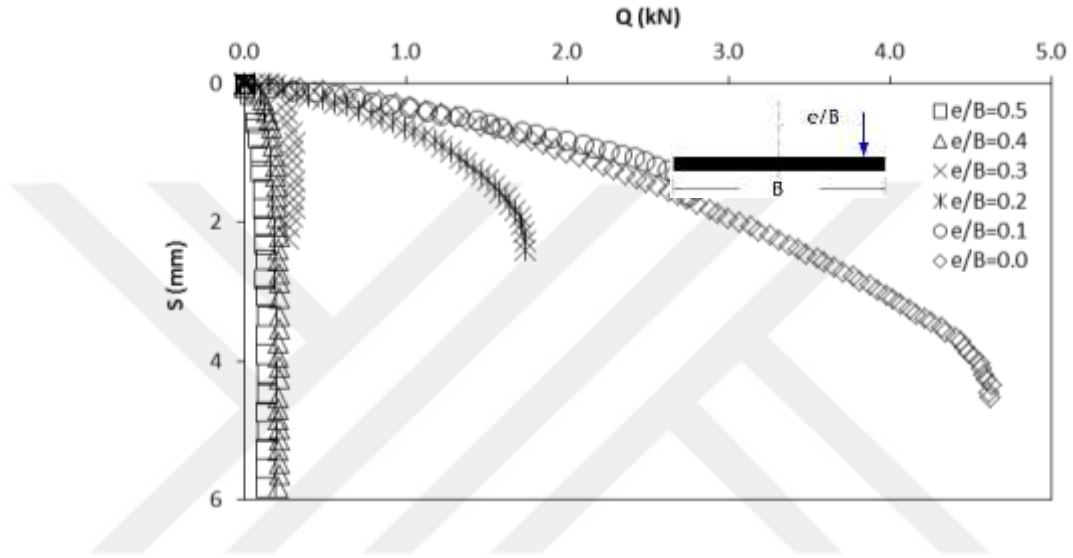
(c)

Şekil 5.4. Gevşek zemin- $H/B=0.00$ için azalma faktörleri

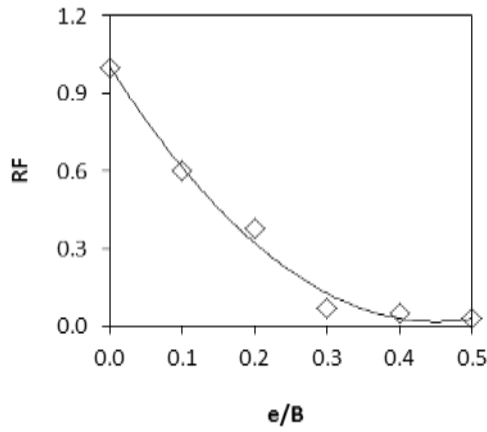
Deney sonuçlarından anlaşıldığı üzere düz şerit temelde artan eksantrisite oranına bağlı olarak taşıma kapasitesinin azalttığı görülmektedir. Taşıma kapasitesi en büyük değerine merkezi yükleme durumunda ulaşmaktadır. Eksantrisite oranı arttıkça aynı yükleme koşullarında oturma miktarlarının arttığı görülmektedir. 4mm oturmayı yaptıran yük miktarının, eksantrisite oranı arttıkça azaldığı görülmektedir. Eksantrisite oranına bağlı olarak okunan göçme yüklerinin, merkezi yükleme şartlarında belirlenen göçme yüküne oranı olan azalma faktörü (RF) Şekil 5.4'te sunulmaktadır. Şekil 5.4'te göçme yüklerine ve 4mm oturma yaptıran yüke bağlı olarak belirlenen azalma faktörleri verilmiştir. Her iki durumda da artan eksantrisite oranına bağlı olarak azalma faktörün azaldığı görülmektedir. Ayrıca göçme yükleri ve 4mm oturma yaptıran yük miktarları için belirlenen azalma faktörleri (RF) eğrilerinin aynı davranışı sergiledikleri görülmektedir.

5.1.2 Seri 1 sıkı zemin

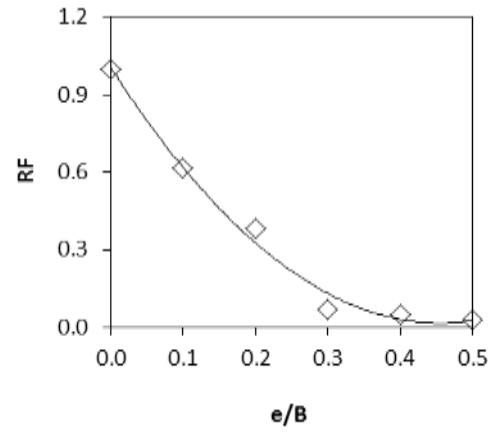
Şerit temel modeliyle farklı e/B oranlarında sıkı zemin ortamında deneyler yapılmış, deney sonuçları doğrultusunda elde edilen yük-oturma ve azalma faktörleri grafikleri Şekil 5.5. ve Şekil 5.6'da yer almaktadır.



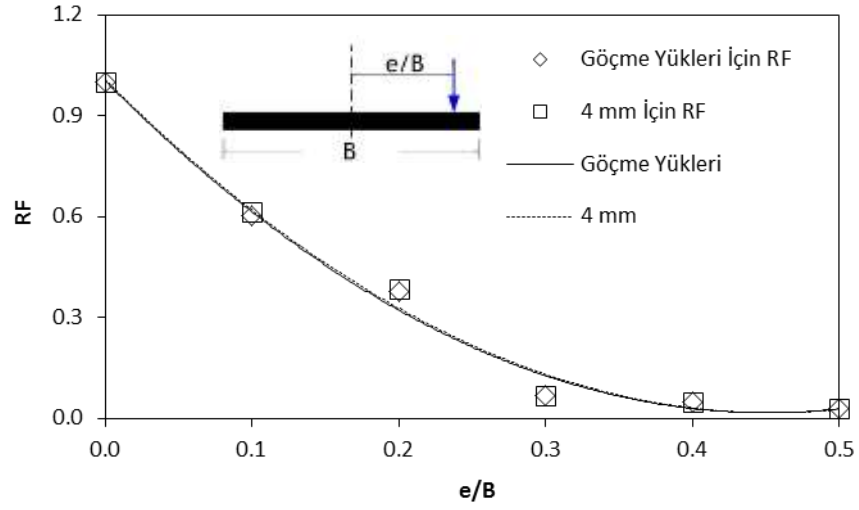
Şekil 5.5. Sıkı zemin- $H/B=0.00$ için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

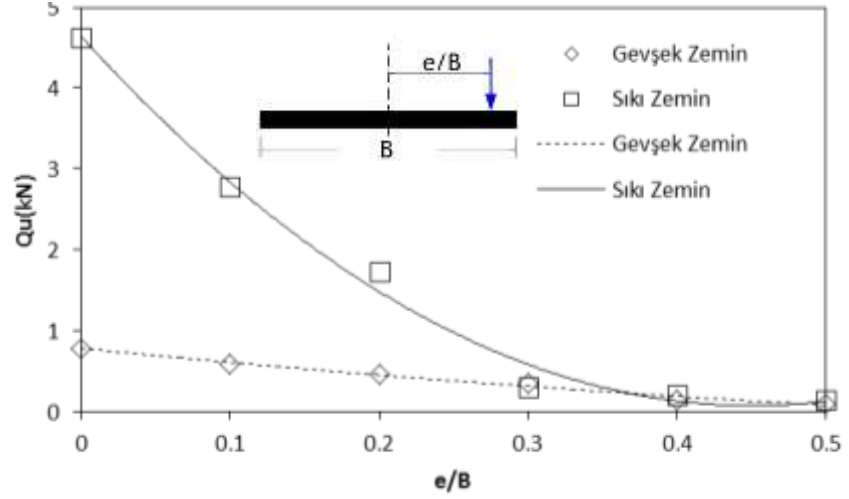
Şekil 5.6. Sıkı zemin- $H/B=0.00$ için azalma faktörleri

Sıkı zeminde yapılan bu deney grubunda göçme yüklerinin daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. Aynı yük miktarı dikkate alındığında gevşek zemine göre daha az oturma miktarları belirlenmiştir. En büyük göçme yükü merkezi yükleme durumunda tespit edilmiştir.

Eksantrisiteye bağlı yük-oturma eğrisi ele alındığında gevşek zeminde olduğu gibi eksantrisite miktarı arttıkça göçme yükünün azaldığı ve aynı yükleme şartlarında oturma miktarının ise arttığı gözlenmiştir.

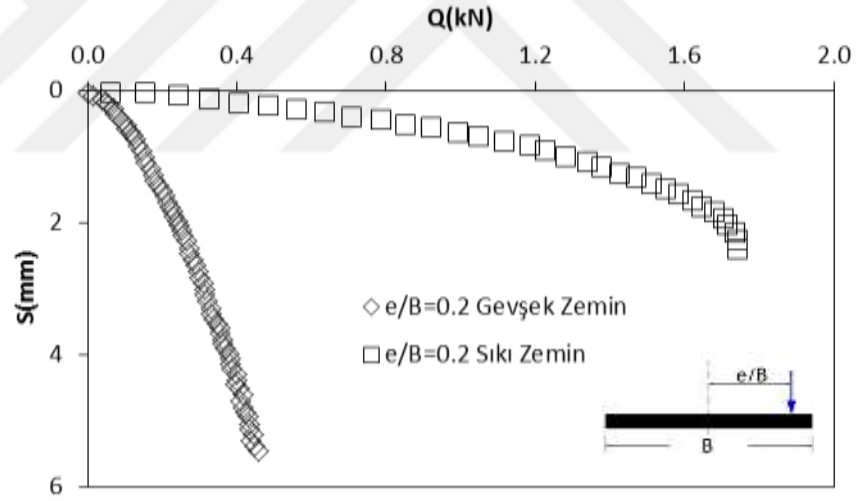
Azalma faktörü davranışının ise Şekil 5.6'da görüldüğü üzere hem göçme yükü durumu hem de 4mm oturma miktarı yaptıran yük için, gevşek zeminde elde edilen grafiklerle davranış benzerliği taşıdığı tespit edilmiştir.

Sıklılık etkisini belirlemek amacıyla, yükleme şartları sabit tutularak aynı model temelle gevşek ve sıkı zeminde eksantrik yükleme yapılmış elde edilen sonuçlar Şekil 5.7. ve Şekil 5.8'de sunulmuştur.



Şekil 5.7. Taşıma gücüne sıklık etkisi

Şekil 5.7'de görüldüğü üzere aynı eksantrik etki altında sıkı zemin ortamında daha büyük taşıma gücü değerleri elde edilmektedir.



Şekil 5.8. $e/B=0.2$ taşıma gücüne sıklık etkisi

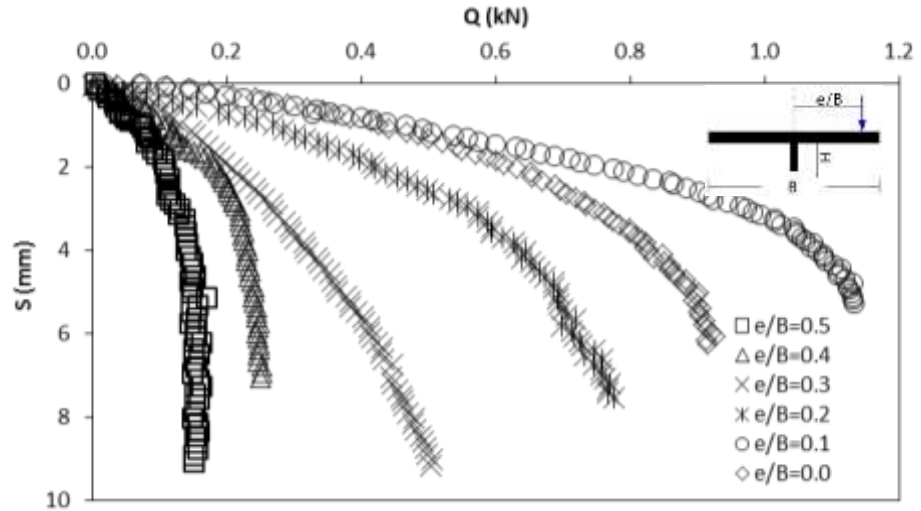
Şekil 5.8'de $e/B=0.2$ eksantrik etki altında gevşek ve zemin ortamında elde edilen göçme yükü-oturma eğrisi yer almaktadır.

5.2. Seri 2: Eksantrik Yükleme, Düz Dişli Topuksuz Durum, Eksantrisite (e/B) ve (H/B) Etkisi

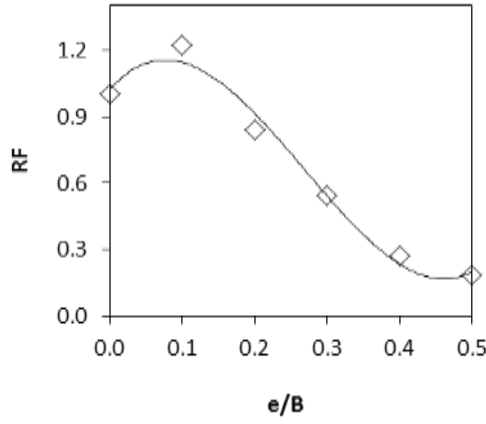
36 adet deneyin 6 grup halinde yapıldığı bu seride eksantrisite (e/B) ve diş uzunluğunun (H) şerit temel uzunluğuna oranı olan (H/B) etkisi araştırılmıştır. $B=30$ cm sabit kalmak şartıyla $H=5$ cm; $H=10$ cm; $H=15$ cm kesitlerle model temeller oluşturulmuştur. Her bir grup deneyde e/B oranının 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 olduğu durumlarda yükleme deneyleri yapılmıştır. Değişen temel modeli için hem gevşek, hem de sıkı zemin durumlarında deneyler yapılmış ve farklı zemin şartlarında aynı temel modelin davranışı incelenmiştir. Seri 1'dekine benzer şekilde iki farklı göçme yükü yaklaşımına göre yük-oturma eğrileri belirlenmiştir.

5.2.1. Seri 2 gevşek zemin, $H/B=0.17$

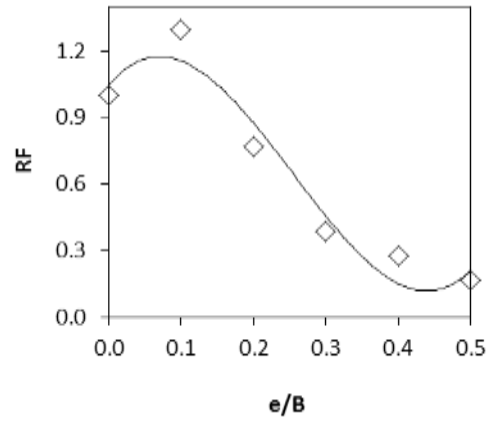
Gevşek zemin ortamında yapılan bu deney grubunda; diş uzunluğu (H) 5cm, temel uzunluğu (B) 30cm olup $H/B=0.17$ olma durumunda, e/B 'nin 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 eksantrisite oranları için yükleme deneyleri yapılmıştır. Bu deney grubunda elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Şekil 5.9. ve Şekil 5.10.).



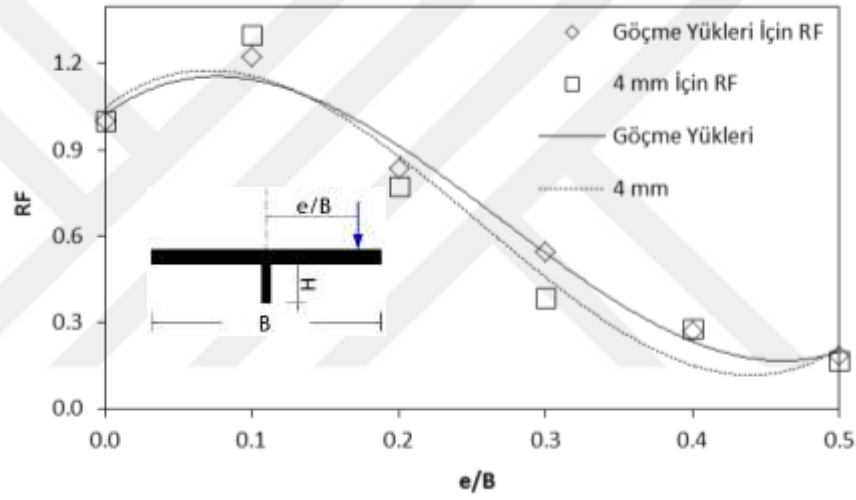
Şekil 5.9. Gevşek zemin- $H/B=0.17$ için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

Şekil 5.10. Gevşek zemin-H/B=0.17 için azalma faktörleri

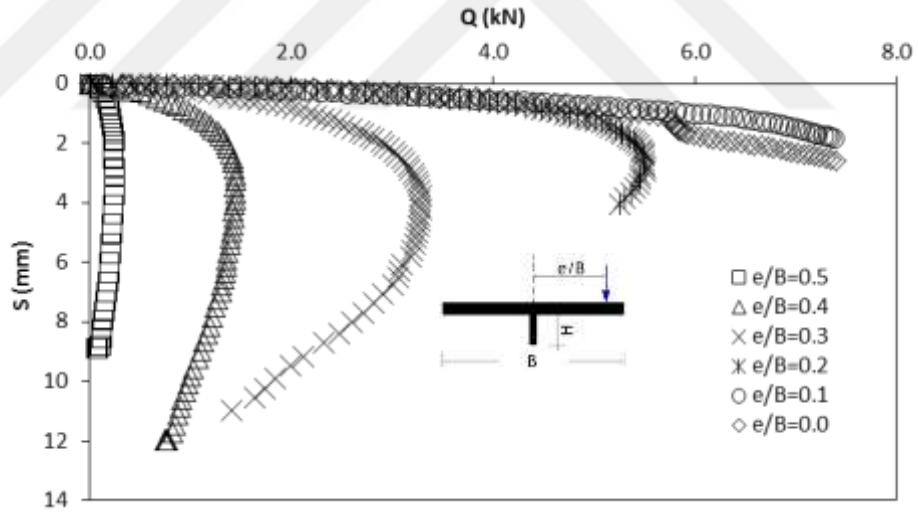
Şekil 5.9'da görüldüğü üzere genel davranış, artan eksantrisite oranına bağlı olarak taşıma kapasitesinin düştüğü yönündedir. $e/B=0.1$ yükleme durumunda kaydedilen taşıma gücü, merkezi yükleme durumundan ($e/B=0.0$) daha büyük çıkmaktadır. Bu beklenmeyen durum; merkezi yüklemede dış (H) eksinin ortaya çıkmadığı varsayımını doğurmaktadır. Çizelge 5.1'de görüldüğü üzere $e/B=0.0$ yükleme durumunda okunan taşıma gücü değeri 1.00kN iken, $e/B=0.1$ 'de 1.222kN olmaktadır.

Çizelge 5.1. Gevşek zemin-H/B=0.17 için deney sonuçları

e/B	Göçme Yüğü (kN)	Göçme Yüğüne Göre RF	4mm Deplasman Yaptıran Yüğü (kN)	4 mm Deplasman Yaptıran Yüğe Göre RF
0.0	0.926	1.000	0.826	1.000
0.1	1.132	1.222	1.074	1.300
0.2	0.775	0.837	0.638	0.772
0.3	0.505	0.545	0.318	0.385
0.4	0.252	0.272	0.230	0.278
0.5	0.171	0.185	0.140	0.169

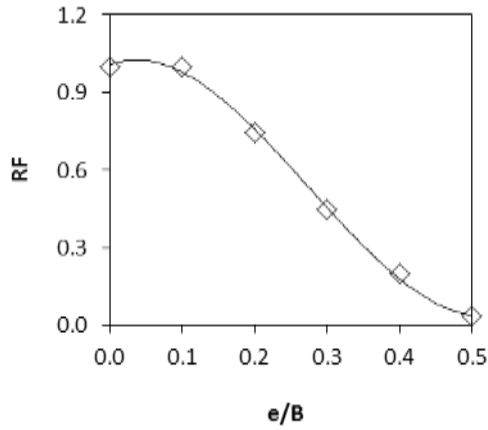
5.2.2. Seri 2 sıkı zemin, H/B=0.17

6 adet deneyin yapıldığı bu grupta diş (H) yapısının yanı sıra sıklık etkisi de araştırılmıştır (Şekil 5.11). Şekilde yük-oturma eğrileri farklı eksantrisite oranları için verilmiştir.

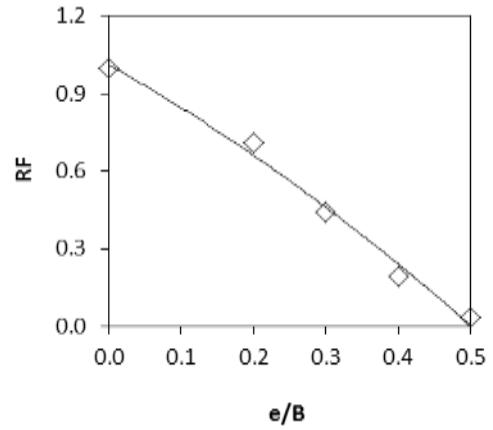


Şekil 5.11. Sıkı zemin-H/B=0.17 için yük-oturma eğrileri

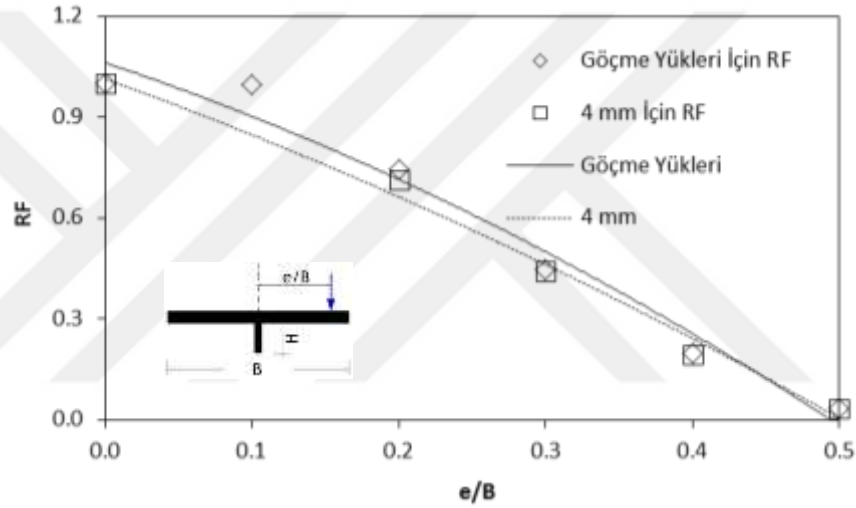
Şekil 5.12’de farklı e/B oranları için farklı durumlarda elde edilen göçme yükleri kıyaslanmış ve bu ilişkiler yük azalma faktörü ile ifade edilmiştir.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

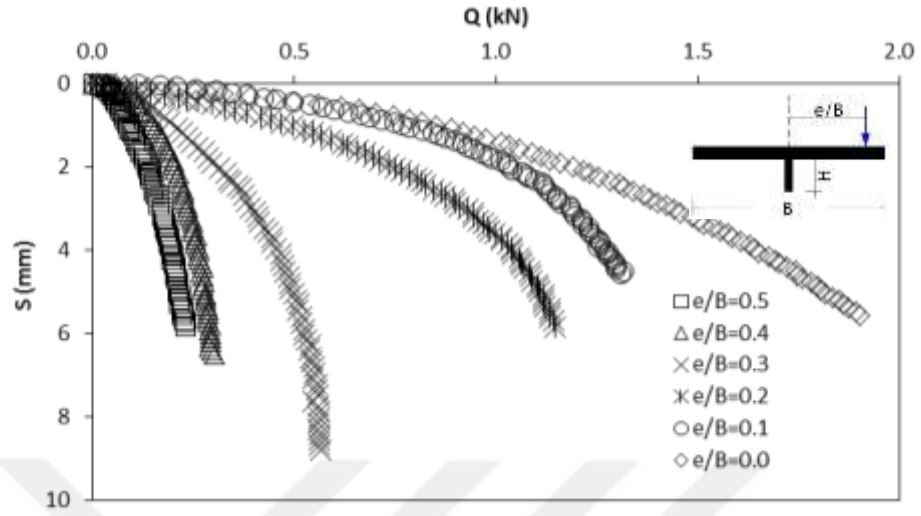
Şekil 5.12. Sıkı zemin-H/B=0.17 için azalma faktörleri

Şekil 5.12’de görüldüğü üzere sıkı zemin şartları gevşek zemin şartlarına göre daha yüksek değerlerde taşıma gücü ve daha az oturma değeri vermektedir.

5.2.3. Seri 2 gevşek zemin, H/B=0.33

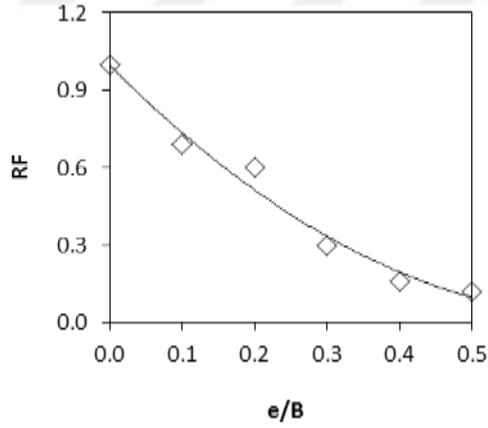
Seri 5.2.2’de dişli temel modelleri kullanılmış, taşıma gücü ve oturma değeri üzerindeki olumlu etkileri belirlenmiştir. Bu grup deneylerde ise dişin uzunluğunun taşıma gücüne olan etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda H=10cm seçilerek deneyler

tekrarlanmıştır. Farklı e/B oranlarında elde edilen yük-oturma eğrileri Şekil 5.13'te verilmiştir.

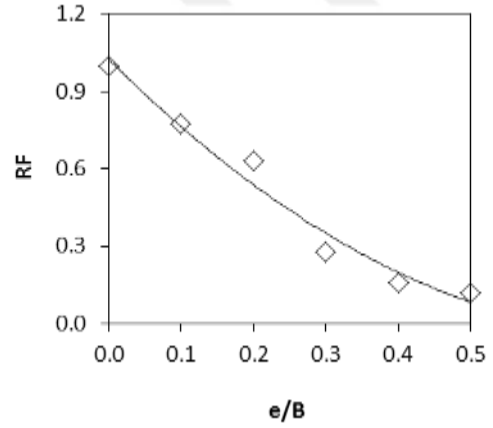


Şekil 5.13. Gevşek zemin- $H/B=0.33$ için yük-oturma eğrileri

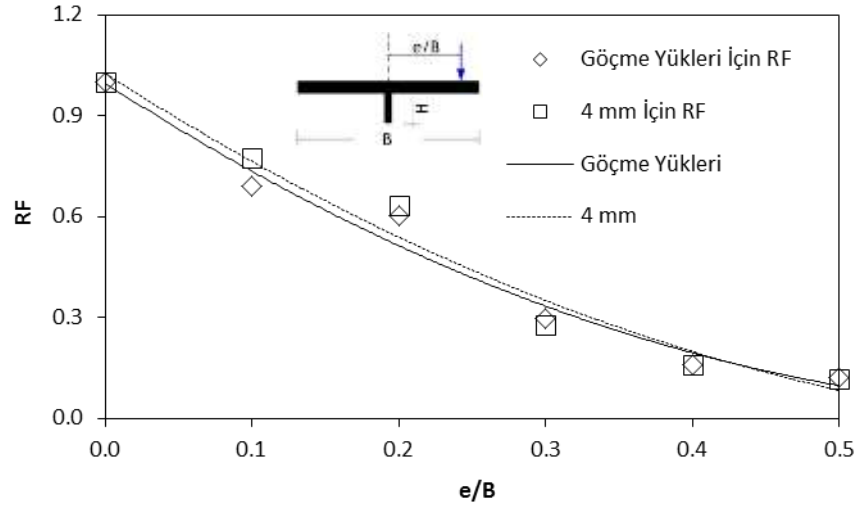
Benzer şekilde, göçme yükleri elde edildikten sonra yük azalma faktörlerine bağlı değişimler Şekil 5.14'te verilmiştir.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

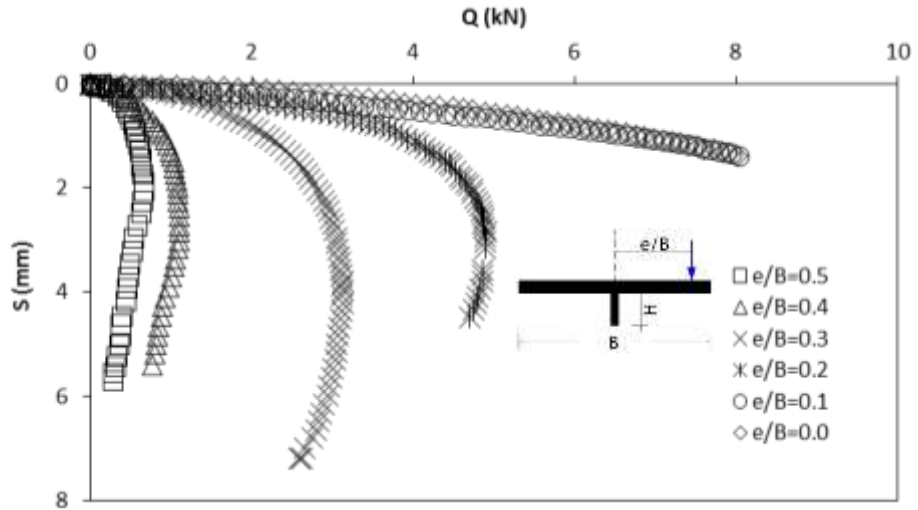


(c)

Şekil 5.14. Gevşek zemin-H/B=0.33 için azalma faktörleri

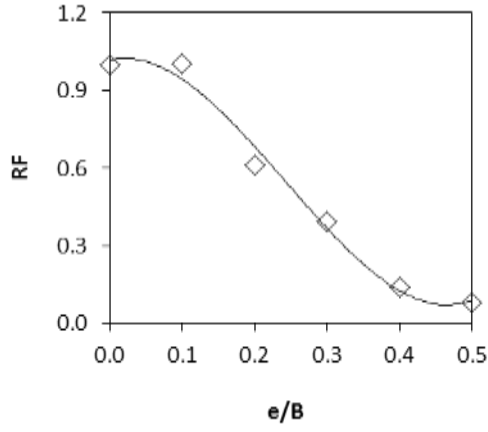
5.2.4. Seri 2 sıkı zemin, H/B=0.33

H/B=0.33 ve sıkı zemin ortamında yapılan deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri Şekil 5.15'te yer almaktadır.

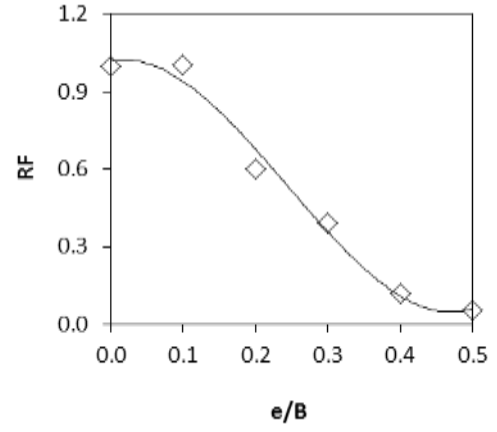


Şekil 5.15. Sıkı zemin-H/B=0.33 için yük-oturma eğrileri

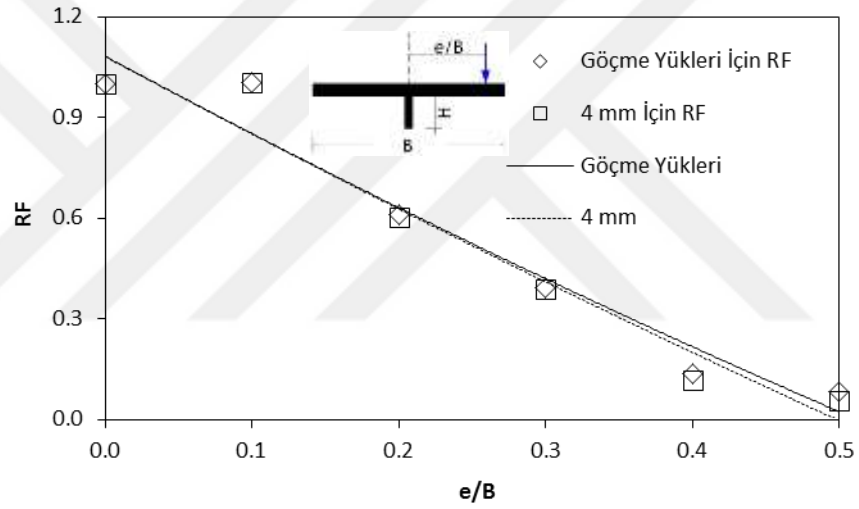
Göçme yükleri ve 4mm oturma yaptıran yüke bağlı oluşturulan azalma faktörleri Şekil 5.16'da sunulmaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



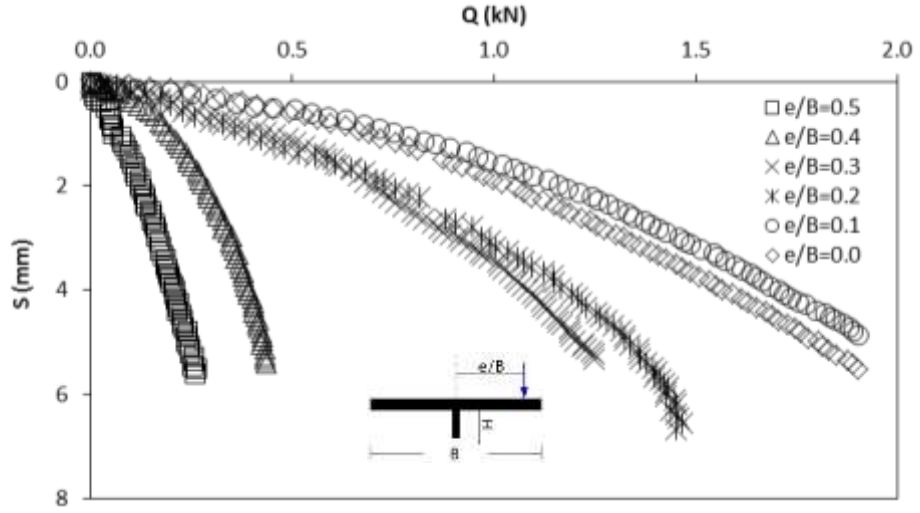
(c)

Şekil 5.16. Sıkı zemin-H/B=0.33 için azalma faktörleri

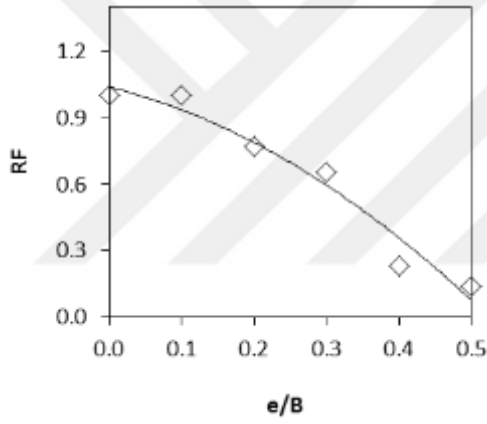
H/B=0.33 düz dişli temel modelinde, sıkı zemin ortamında aynı e/B oranlarında gevşek zeminden daha büyük taşıma gücü elde edilmektedir.

5.2.5. Seri 2 gevşek zemin, H/B=0.50

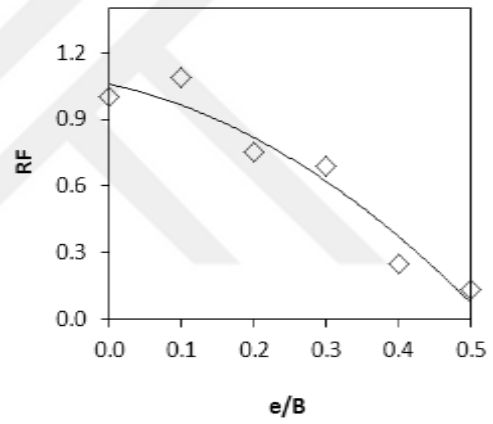
Taşıma gücünün, artan H/B oranına bağlı değişimini belirlemek amacıyla H uzunluğu şerit temelin yarı uzunluğuna kadar artırıp, değişen e/B oranlarında deneyler yapılmış ve sonuçları Şekil 5.17. ile Şekil 5.18'de sunulmuştur



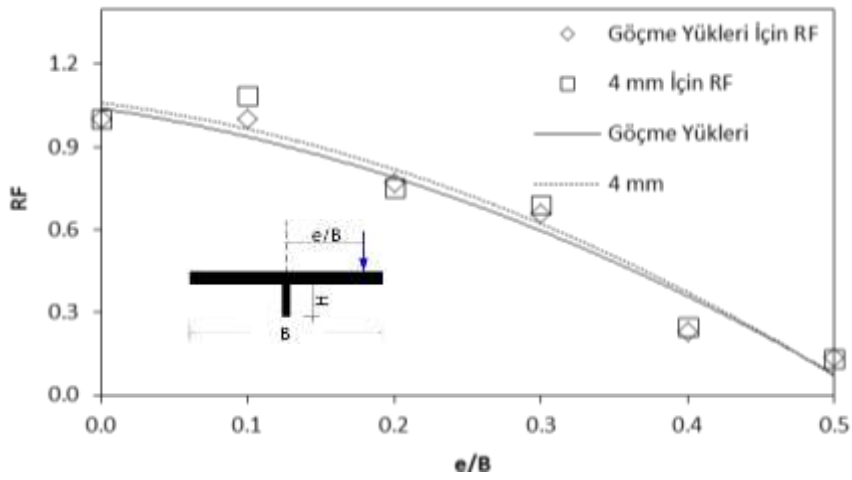
Şekil 5.17. Gevşek zemin-H/B=0.50 için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

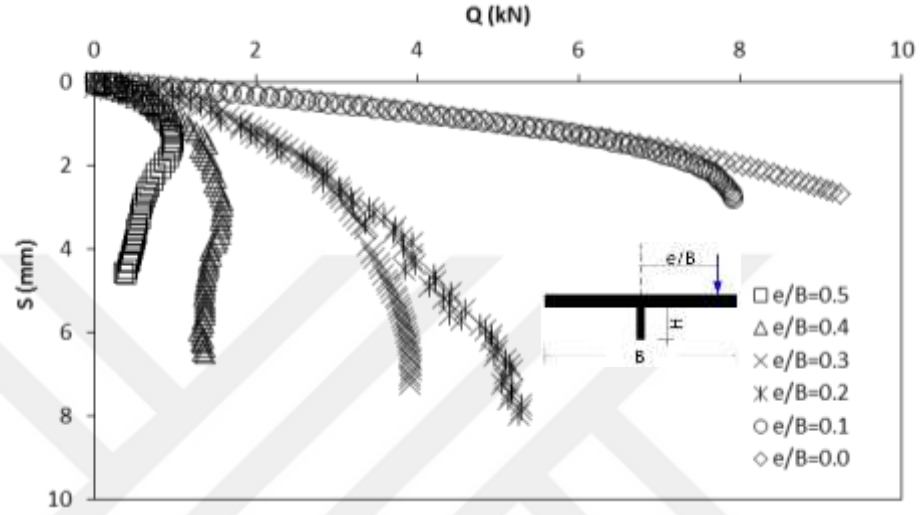


(c)

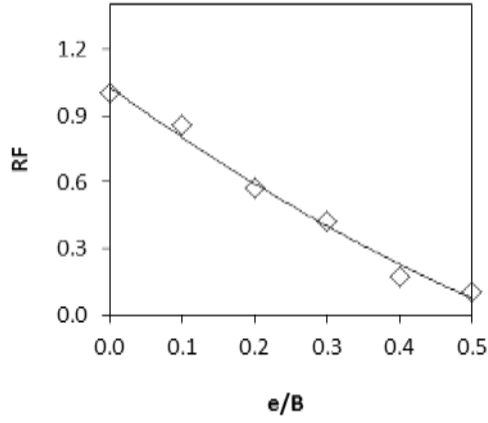
Şekil 5.18. Gevşek zemin-H/B=0.50 için azalma faktörleri

5.2.6. Seri 2 sıkı zemin, $H/B=0.50$

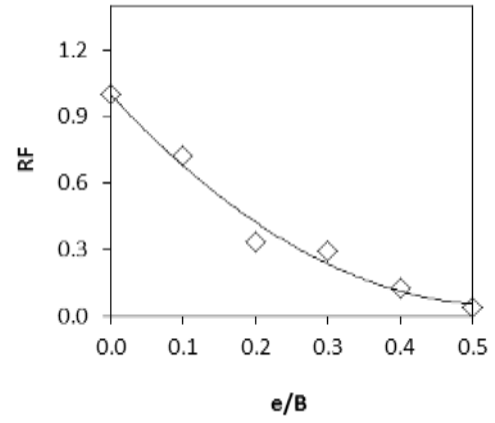
Diş uzunluğunun $0.5B$ olması durumunda artan eksantrisite altında sıkı zemin ortamında yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 5.19. ve Şekil 5.20'de sunulmaktadır.



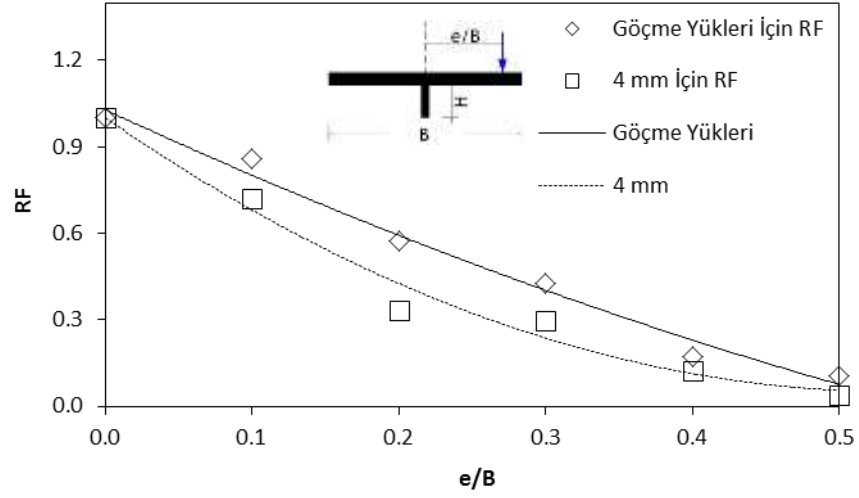
Şekil 5.19. Sıkı zemin- $H/B=0.50$ için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

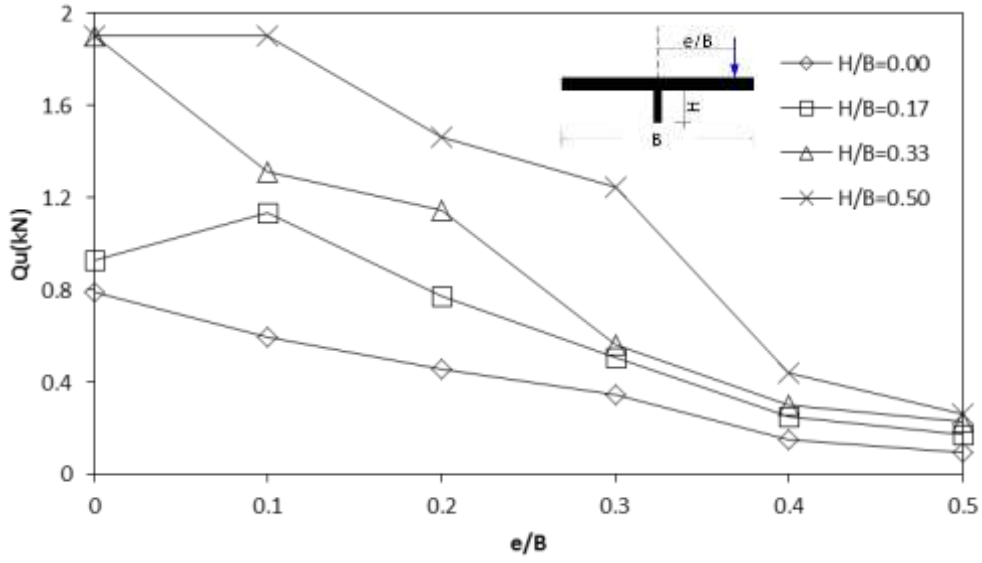
Şekil 5.20. Sıkı zemin-H/B=0.50 için azalma faktörleri

Seri 2’de diş (H) etkisi araştırılmış ve artan diş uzunluğuna bağlı taşıma gücü ve oturma değerlerindeki iyileştirmeler irdelenmiştir. Çizelge 5.2’de gevşek zemin ortamında aynı eksantrisite oranında diş uzunluğunun değişimiyle elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 5.2. Gevşek zeminde diş uzunluğuna bağlı göçme yükleri

e/B	H/B=0.00 Q(kN)	H/B=0.17 Q(kN)	H/B=0.33 Q(kN)	H/B=0.50 Q(kN)
0	0.788	0.926	1.900	1.903
0.1	0.597	1.132	1.313	1.900
0.2	0.458	0.775	1.146	1.467
0.3	0.347	0.505	0.564	1.248
0.4	0.15	0.252	0.301	0.437
0.5	0.096	0.171	0.230	0.260

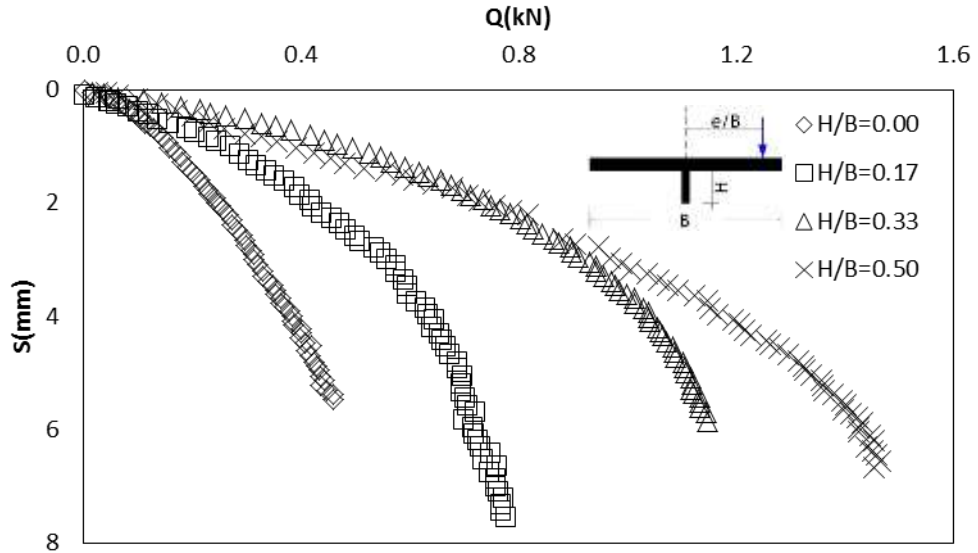
Değişen H/B oranlarında aynı eksantrik etki altında gevşek zemin ortamında elde edilen göçme yükleri Şekil 5.21’de grafik halinde sunulmaktadır.



Şekil 5.21. Gevşek zeminde dış uzunluğuna bağlı göçme yükleri

Çizelge 5.2. ve Şekil 5.21'de belirtildiği üzere aynı eksantrik etki altında dış uzunluğunun artması göçme yükünü artırmaktadır.

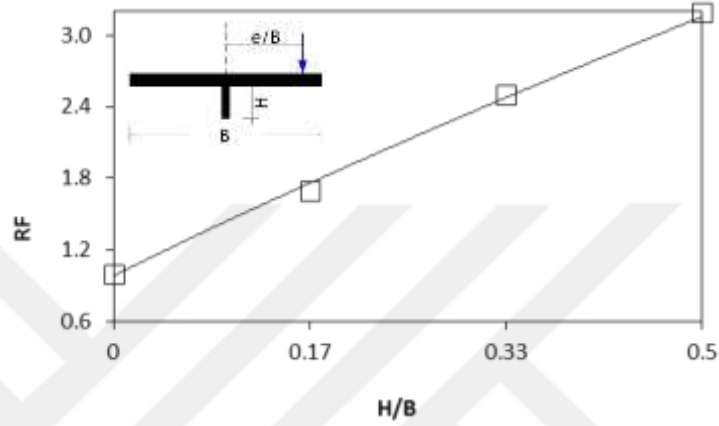
Gevşek zemin ortamında $e/B=0.2$ sabit tutulup $H/B=0.00$, $H/B=0.17$, $H/B=0.33$ ve $H/B=0.50$ olması durumu için deneyler yapılmış ve bu deneylerden elde edilen yük oturma eğrileri Şekil 5.22'de sunulmuştur.



Şekil 5.22. $e/B=0.20$ gevşek zeminde H etkisi

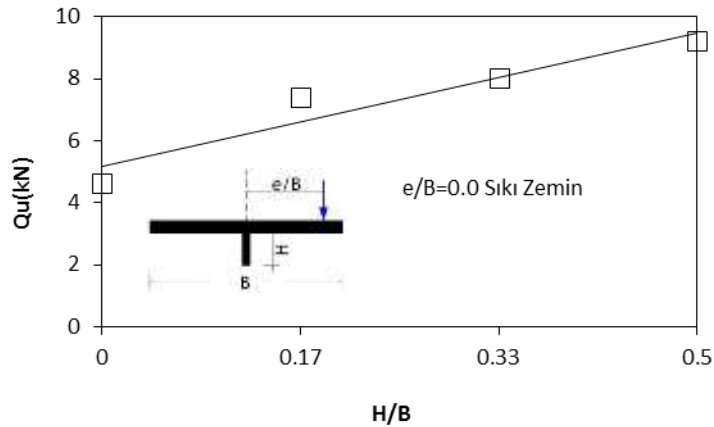
Şekil 5.22’de görüldüğü üzere $e/B=0.2$ olduğunda artan H/B oranlarında taşıma gücü artmakta ve aynı yük miktarı altında oturma değeri azalmaktadır.

Gevşek zemin ortamında $e/B=0.2$ eksantrisite oranında ve $H/B=0.00$ iken elde edilen taşıma gücü referans kabul edilip, artan H/B oranlarında elde edilen taşıma gücünün referans taşıma gücüne oranı olan azalma faktörü (RF) eğrileri Şekil 5.23’te sunulmaktadır.



Şekil 5.23. $e/B=0.2$ gevşek zemin H/B oranına bağlı azalma faktörleri

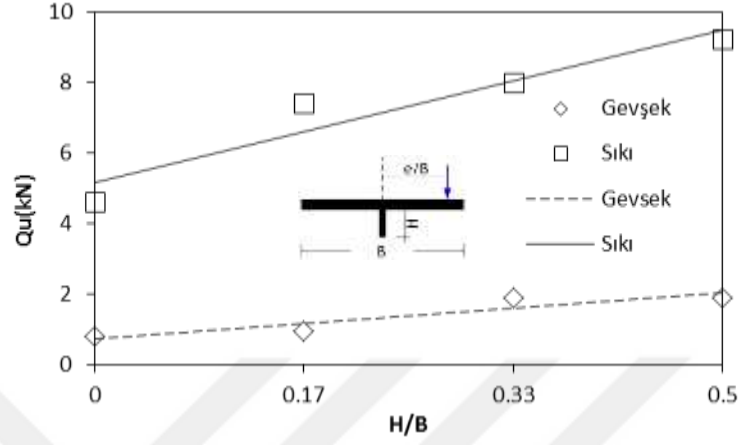
Sıkı zemin ortamında $e/B=0.0$ sabit tutulup artan H/B oranlarında elde edilen göçme yükleri Şekil 5.24’te yer almaktadır.



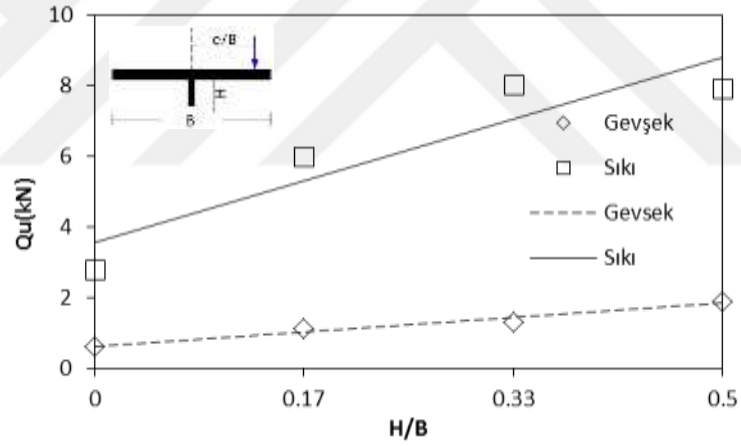
Şekil 5.24. $e/B=0.00$ sıkı zeminde H etkisi

e/B oranı sabit tutulup $H/B=0.00$, $H/B=0.17$, $H/B=0.33$ ve $H/B=0.50$ olduğu durumlarda, gevşek ve sıkı zeminde göçme yükü elde edilmiştir. Her bir e/B oranı için

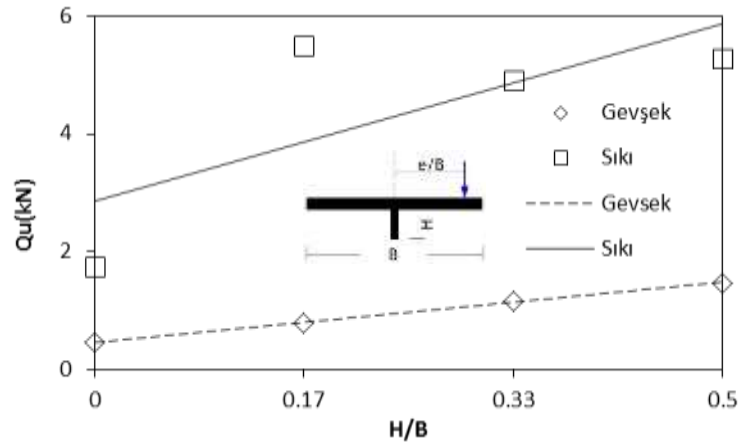
elde edilen göçme yükleri Şekil 5.25-Şekil 5.30. arasında sunulan grafiklerde yer almaktadır.



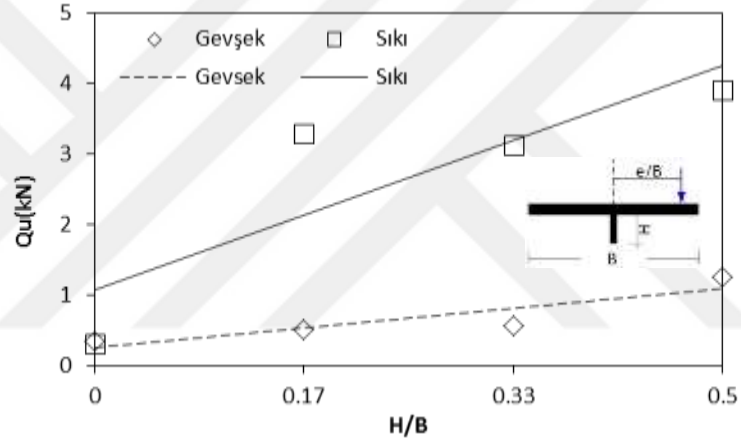
Şekil 5.25. $e/B=0.0$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri



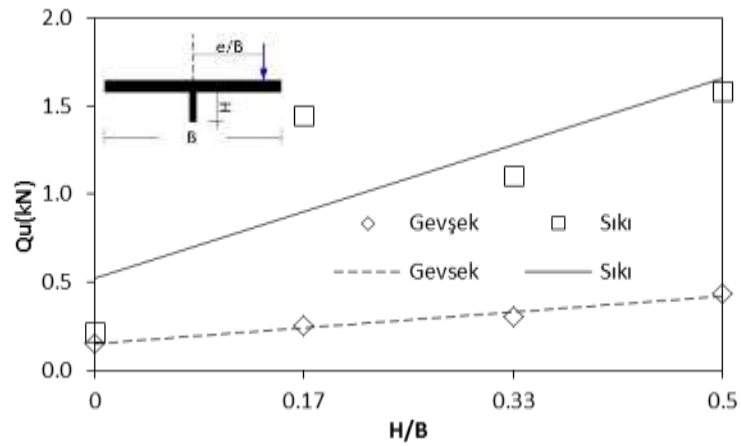
Şekil 5.26. $e/B=0.1$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri



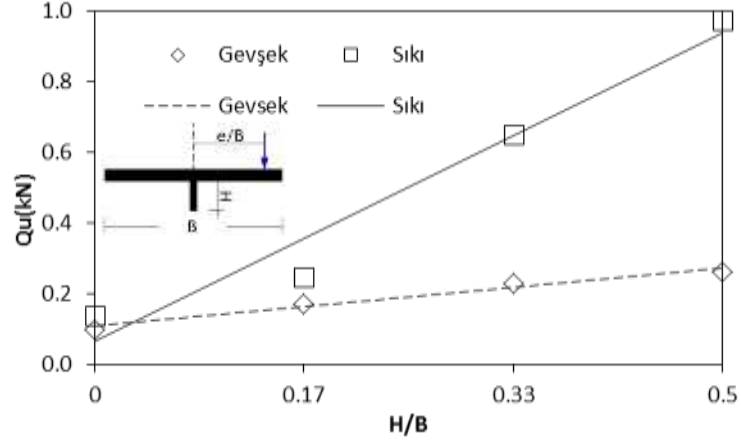
Şekil 5.27. $e/B=0.2$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri



Şekil 5.28. $e/B=0.3$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri



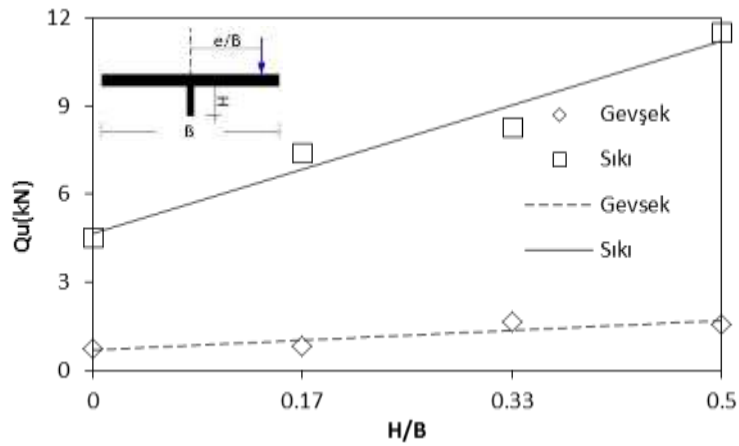
Şekil 5.29. $e/B=0.4$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri



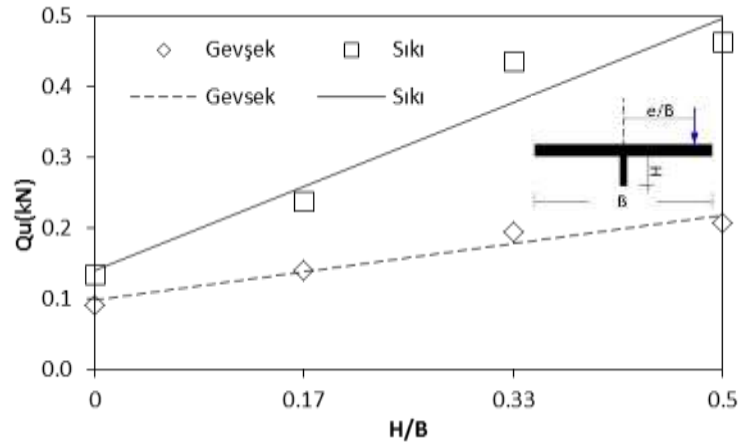
Şekil 5.30. $e/B=0.5$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için göçme yükleri

Yukarıdaki grafiklerden anlaşıldığı üzere aynı e/B ve H/B oranlarında sıkı zemin ortamında daha büyük göçme yükleri elde edilmektedir. e/B sabit iken artan H/B oranlarında, daha büyük göçme yükü değerlerine ulaşılmaktadır. Hem gevşek hem de sıkı zeminde, artan H/B oranlarında göçme yükleri için yaklaşık doğrusal bir artış elde edilmektedir.

Benzer şekilde, e/B oranı sabit tutularak farklı H/B oranlarında gevşek ve sıkı zemin ortamında 4mm oturmaya neden olan yükler için grafikler Şekil 5.31. ve Şekil 5.32'de sunulmaktadır.



Şekil 5.31. $e/B=0.0$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için 4mm oturma yaptıran yük

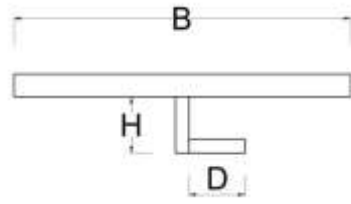


Şekil 5.32. $e/B=0.5$ gevşek ve sıkı zemin-farklı H/B için 4mm oturma yaptıran yük

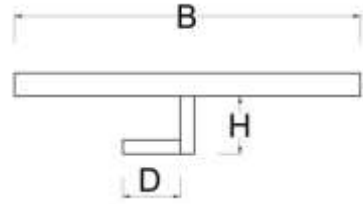
5.3. Seri 3: Eksantrik Yükleme, Düz Dişli Topuklu Durum, Eksantrisite (e/B) Etkisi

Gevşek ve sıkı zemin ortamında toplam 24 adet deneyin yapıldığı Seri 3'te $H/B=0.33$ oranı sabit tutulmuştur. Eksantrisite oranıysa $e/B=0.0$, $e/B=0.1$, $e/B=0.2$, $e/B=0.3$, $e/B=0.4$ ve $e/B=0.5$ olarak uygulanmıştır. Ayrıca temel modeline "topuk" olarak adlandırılan şerit temele paralel diş yapısına monte edilmiş yapı eklenmiştir (Şekil 5.33.). Bu yapı elemanı ile diş uzunluğunun sabitlemek zorunda kalındığı durumlarda taşıma gücünü artıracakları öngörülmektedir. Topuk yapısı yüklerin olduğu yönde ve tersi yönde olmak şartıyla iki ayrı kombinasyon halinde imal edilmiştir. Topuk yapısının yüklemenin olduğu yöne doğru olma hali için "+" yön, tersi yönde olma hali için "-" yön kabulü yapılmıştır. Topuk yapısı "D" olarak sembolize edilmekte ve 10cm olarak sabit tutulmaktadır. Böylelikle bu deney grubunda kullanılan temel modelinde; $B=30\text{cm}$, $H=10\text{cm}$ ve $D=10\text{cm}$ olmaktadır.

Her birinde 6 adet deneyin yapıldığı ve 4 gruptan oluşan bu deney serisi için yük oturma ve azalma faktörü eğrileri çizilmiş olup aşağıda sunulmaktadır.



(a) “+” yönlü topuklu temel modeli

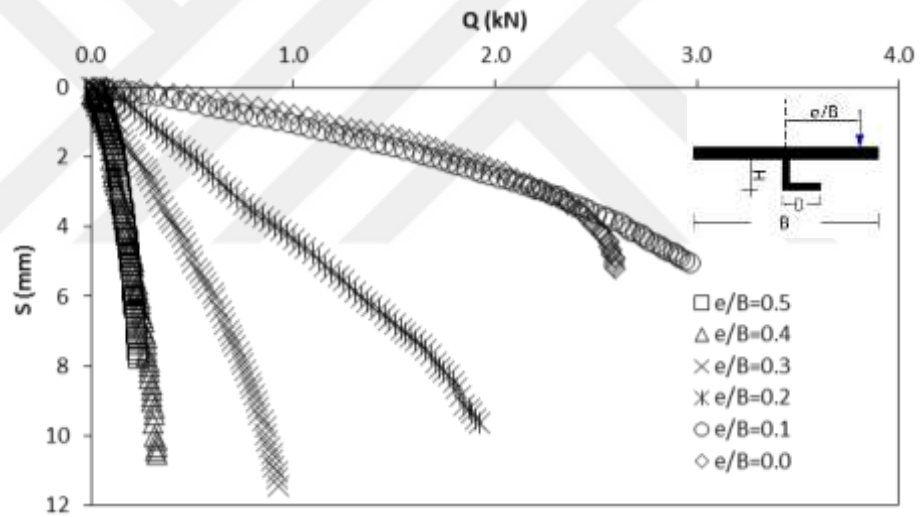


(b) “-” yönlü topuklu temel modeli

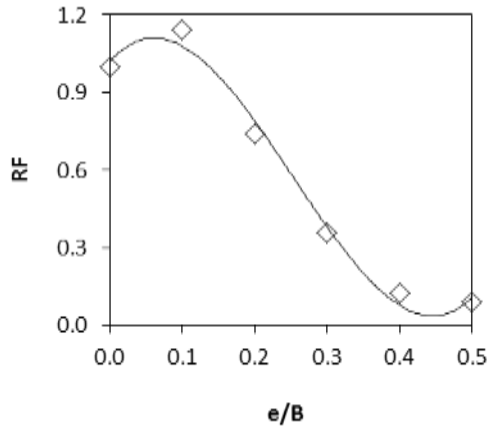
Şekil 5.33. Topuklu temel modeli

5.3.1. Seri 3 gevşek zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “+” yön

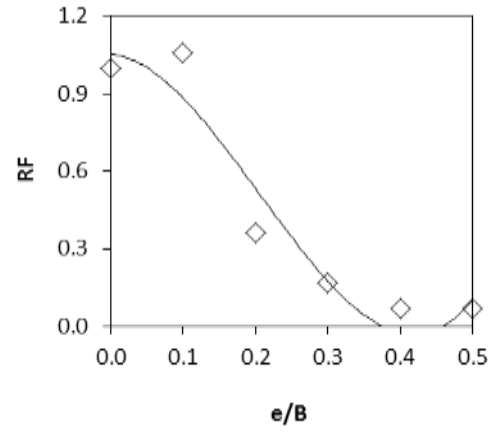
Topuk yapısının yük uygulama yönüne doğru uzatılarak yapılan bu deney grubunun sonuçları aşağıda sunulmaktadır (Şekil 5.34. ve Şekil 5.35.).



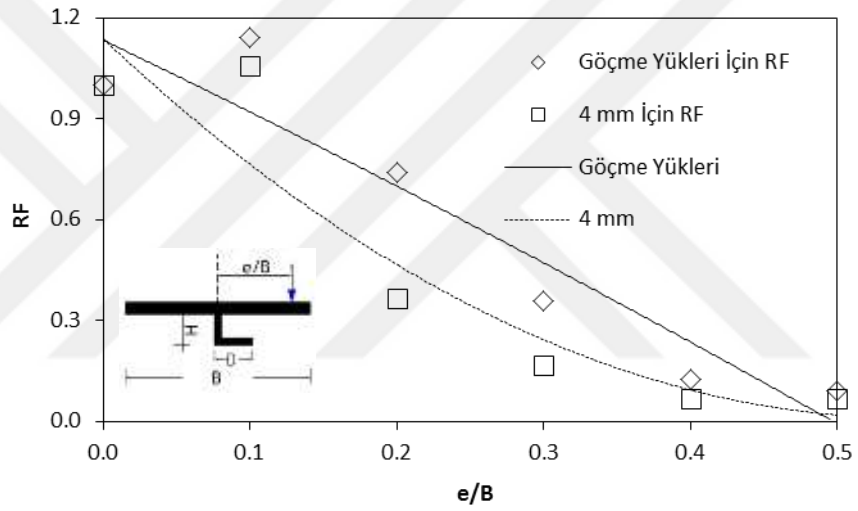
Şekil 5.34. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “+” yön için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



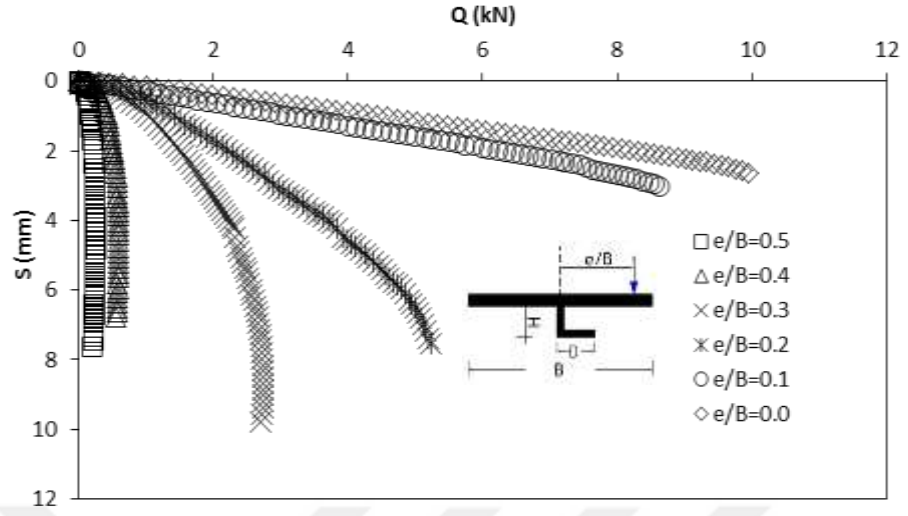
(c)

Şekil 5.35. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “+” yön için azalma faktörleri

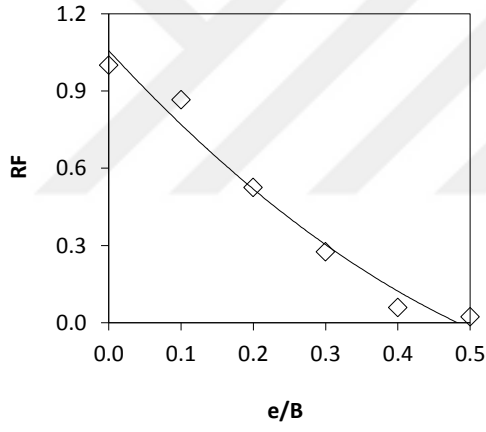
Şekil 5.34’te görüldüğü üzere artan eksantrisite oranlarında taşıma gücü değeri azalmakta ve oturma değerleri artmaktadır. Daha önceki deney modellerinde rastlanan bu davranış topuklu yapılar içinde geçerli olmaktadır.

5.3.2. Seri 3 sıkı zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “+” yön

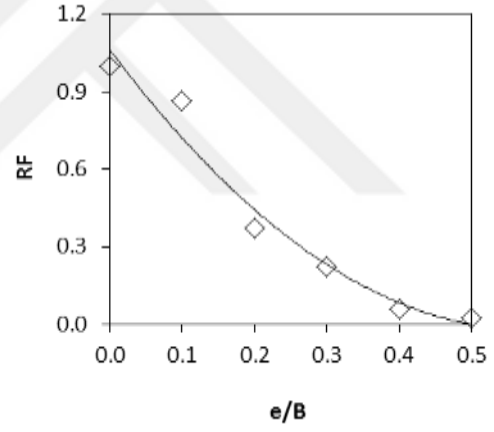
Artı yön sabit olup sıkı zemin şartlarında yapılan deney sonuçları aşağıda yer almaktadır (Şekil 5.36. ve Şekil 5.37.).



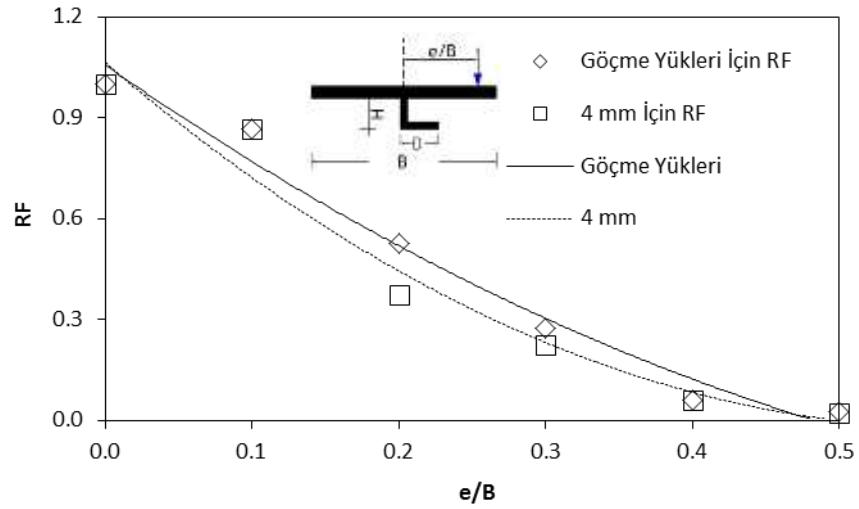
Şekil 5.36. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “+” yön için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



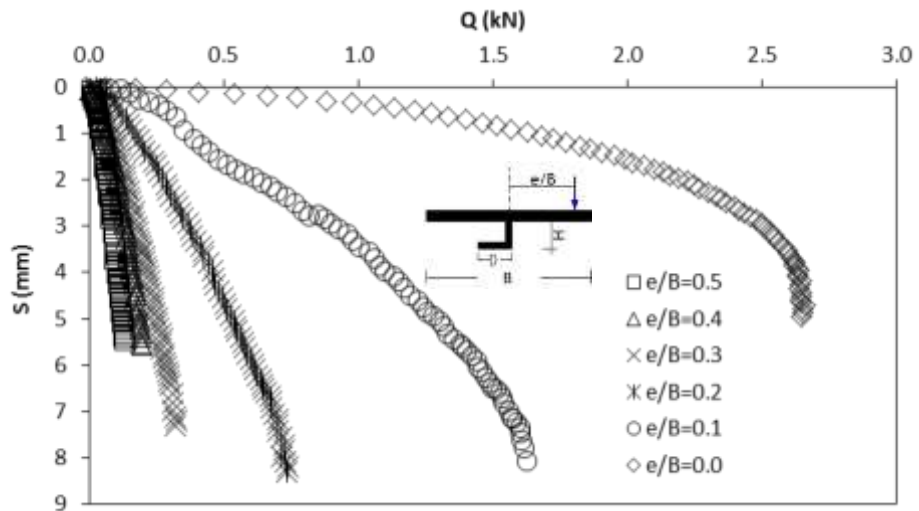
(c)

Şekil 5.37. Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm ve "+" yön için azalma faktörleri

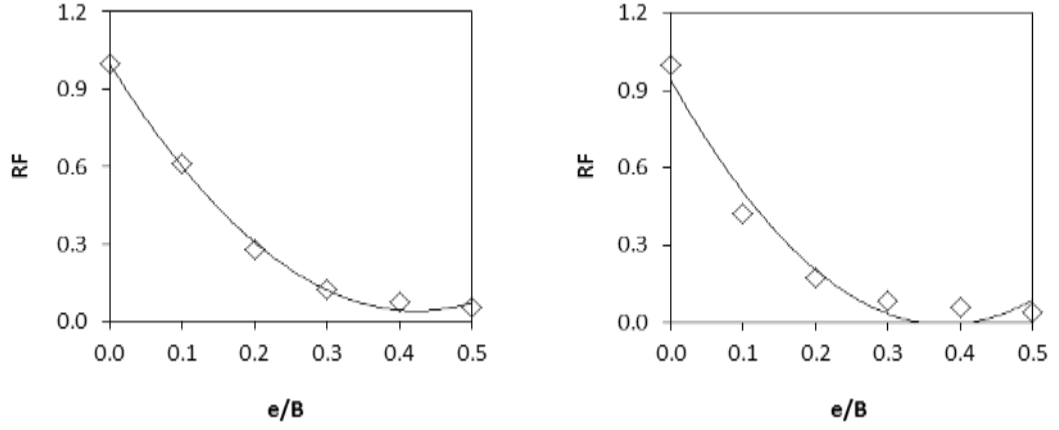
Şekil 5.34. ve Şekil 5.36. karşılaştırıldığında sıkılık etkisiyle, aynı topuklu temel modeliyle yapılan deneylerde sıkı zemin şartlarında göçme yükünün daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

5.3.3. Seri 3 gevşek zemin, H/B=0.33, D=10cm ve "-" yön

Topuk yapısının yük uygulama yönünün tersine uzanmasıyla elde edilen temel modeliyle yapılan deney sonuçları Şekil 5.38. ve Şekil 5.39'da yer almaktadır.

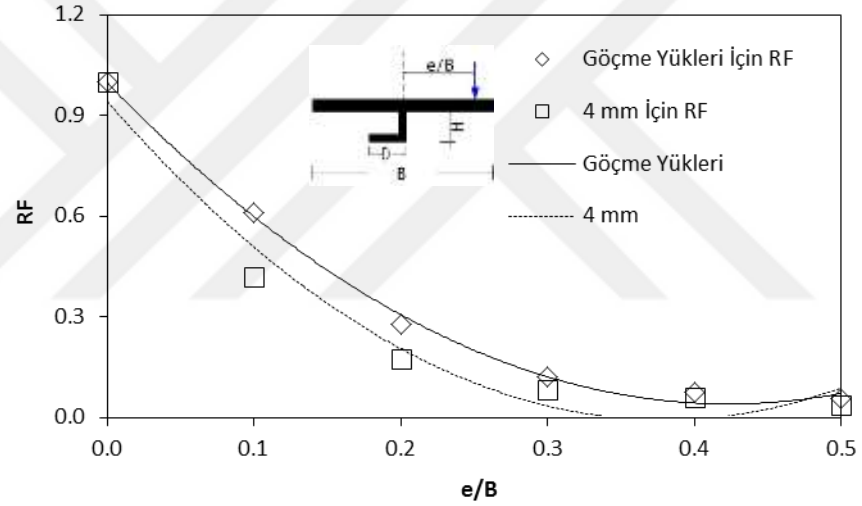


Şekil 5.38. Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm ve "-" yön için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF

(b) 4mm yüke karşılık RF



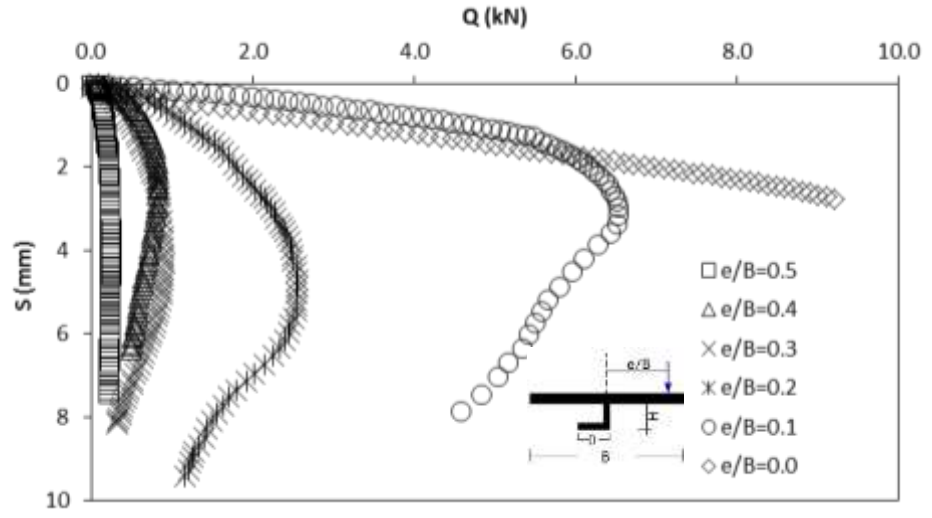
(c)

Şekil 5.39. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “-” yön için azalma faktörleri

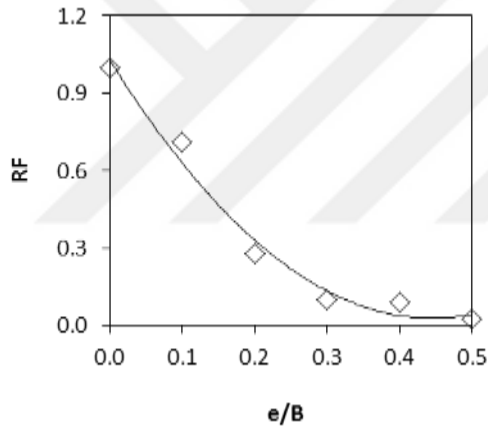
Şekil 5.34. ve Şekil 5.38. karşılaştırıldığında aynı zemin ve yükleme şartlarında topuğun “+” yönde olma durumu için daha yüksek taşıma gücü değerlerine ulaşıldığı görülmektedir.

5.3.4. Seri 3 sıkı zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “-” yön

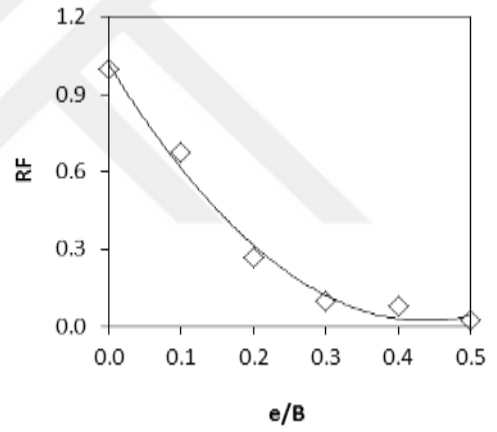
Şekil 5.40. ve Şekil 5.41’de sıkı zemin ve topuğun “-” yönü için yapılan deney sonuçları verilmiştir.



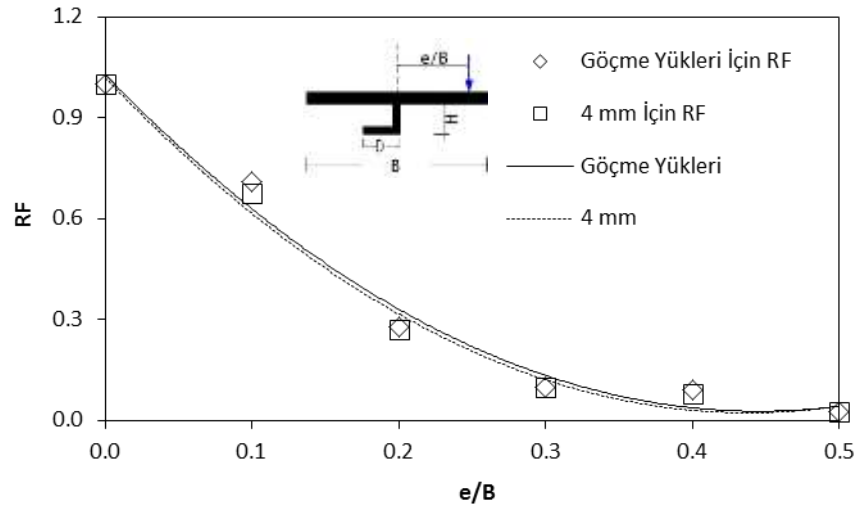
Şekil 5.40. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ ve “-” yön için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



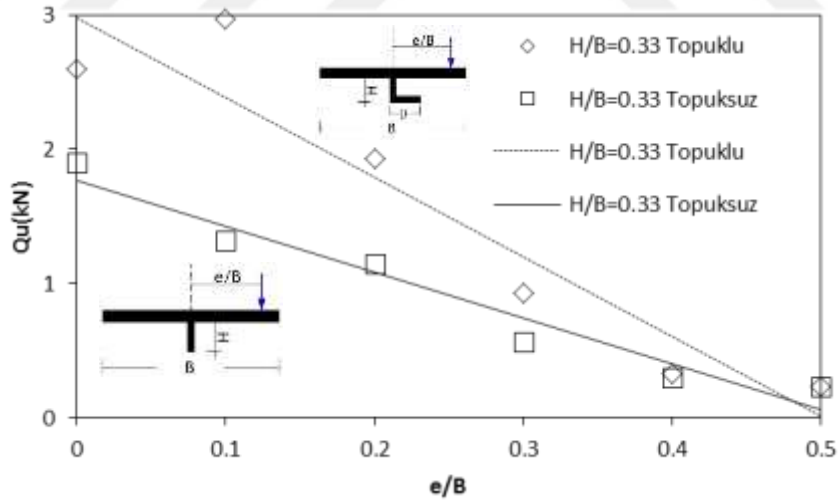
(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

Şekil 5.41. Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm ve “-” yön için azalma faktörleri

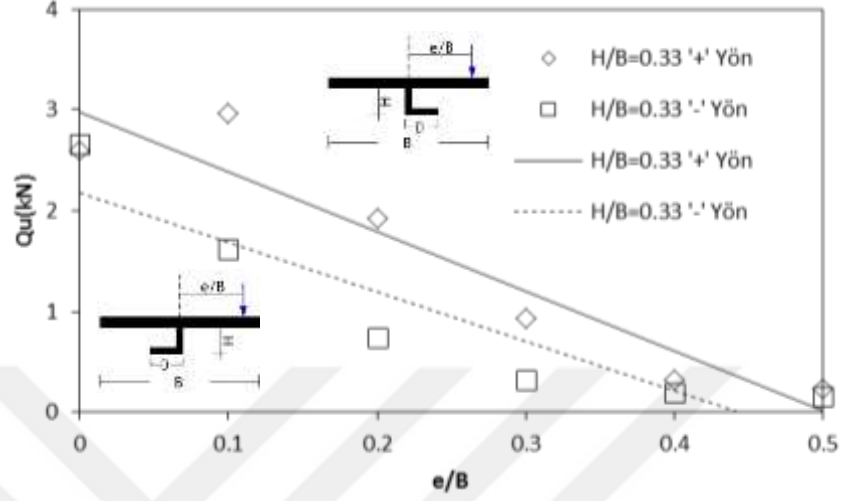
Topuk etkisini belirlemek amacıyla aynı yükleme şartlarında temel modelin topuklu ve topuksuz durumu için elde edilen taşıma gücü değerleri Şekil 5.42’de sunulmaktadır.



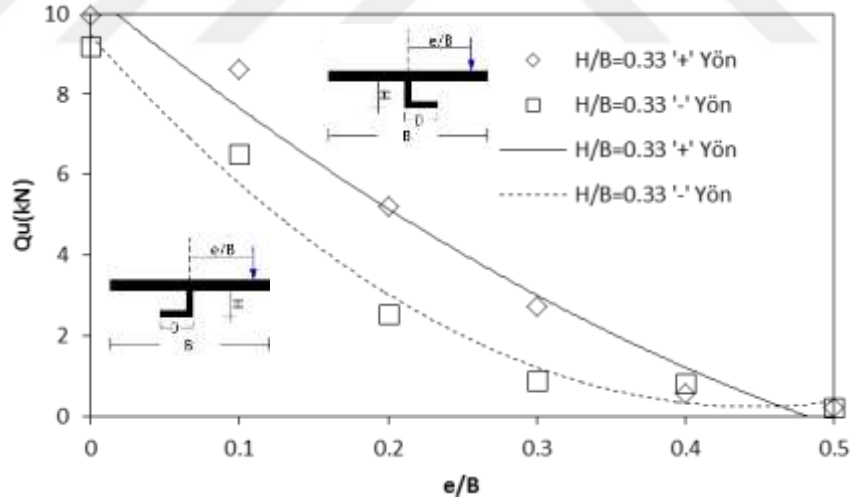
Şekil 5.42. Gevşek zemin-H/B=0.33, “+” yönlü topuklu ve topuksuz durum için göçme yükleri

Şekil 5.42’de görüldüğü üzere aynı e/B oranlarında topuklu yapıda daha büyük göçme yükleri elde edilmektedir.

Topuklu temelde yön etkisini belirlemek amacıyla aynı yükleme ve zemin şartlarında topuğun her iki yönü için deneyler yapılmış ve sonuçlar Şekil 5.43. ve Şekil 5.44'te verilmiştir.



Şekil 5.43. Gevşek zemin-H/B=0.33, D=10cm yön etkisi

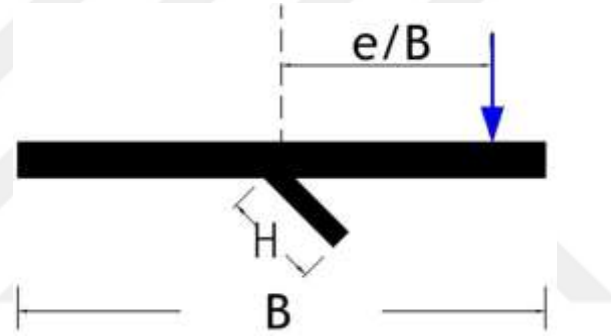


Şekil 5.44. Sıkı zemin-H/B=0.33, D=10cm yön etkisi

Şekil 5.43. ve Şekil 5.44'te görüldüğü üzere hem gevşek hem de sıkı zemin ortamında, topuk yapısının yük uygulama noktası yönünde kalması, daha yüksek taşıma gücü değerlerini vermektedir.

5.4. Seri 4: Eksantrik Yükleme, Eğik Dişli Topuksuz Durum, Eksantrisite (e/B) Etkisi

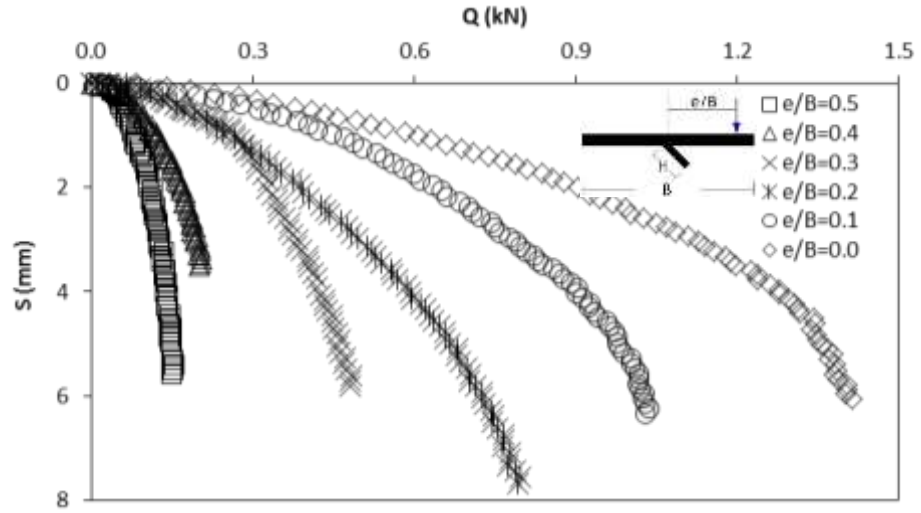
Bu bölümde değişen eksantrisite etkisi altında, eğik dişli topuksuz temel modelleriyle yapılan deneyler incelenmiştir (Şekil 5.45.). Deneyler aynı yükleme şartlarında hem gevşek hem de sıkı zemin ortamında gerçekleştirilmiştir. Eğik diş uzunluğu $H=10\text{cm}$ olarak belirlenip $H/B=0.33$ sabit tutulmuştur. Eğik diş şerit temelin yüzey normaliyle 45° 'lik açı yapacak şekilde monte edilmiştir. Eğik diş yapısı yükleme noktası ve yükleme noktasının tersi yönünde eğim verecek şekilde “+” ve “-” yön kabulüne göre deneyler yapılmıştır. Eğik dişin eğimi yükleme noktası tarafına verilmesi “+” yön, eğimin yükleme noktasının tersi verilmesi “-” yön olarak kabul edilmektedir.



Şekil 5.45. Eğik dişli temel modeli

5.4.1. Seri 4 gevşek zemin, $H/B=0.33$ “+” yönlü eğik diş

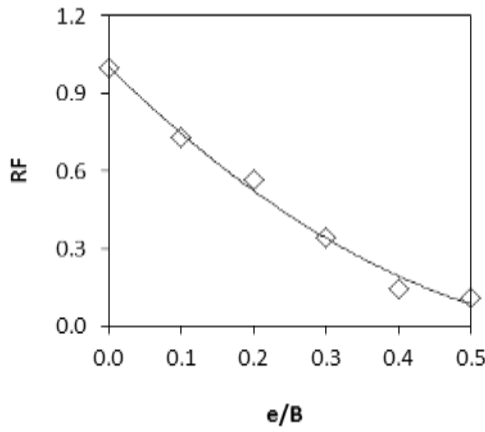
Eğik diş etkisini belirlemek amacıyla yapılan deney sonuçları Şekil 5.46. ve Şekil 5.47’de yer almaktadır.



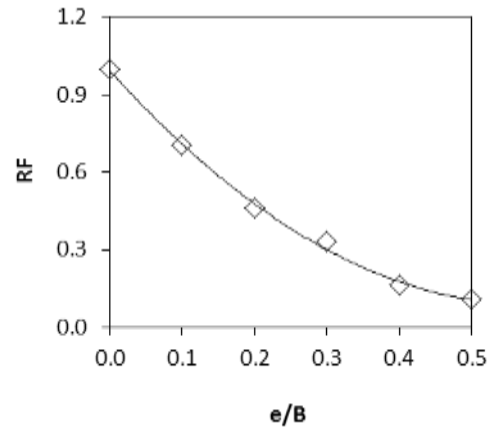
Şekil 5.46. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, "+" yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri

Şekil 5.46'da görüldüğü üzere "+" yönlü eğik dişli temel modelinde artan e/B oranlarında, taşıma gücü azalmakta aynı yük miktarı altında oturma değerleri artmaktadır.

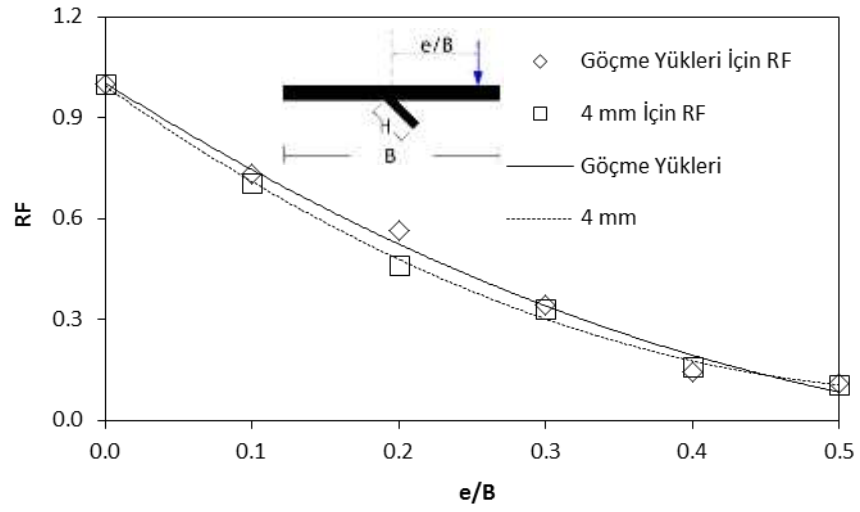
Benzer şekilde taşıma gücü ve 4mm oturma yaptıran yük miktarı için azalma faktörleri belirlenmiş ve Şekil 5.47'de sunulmuştur.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

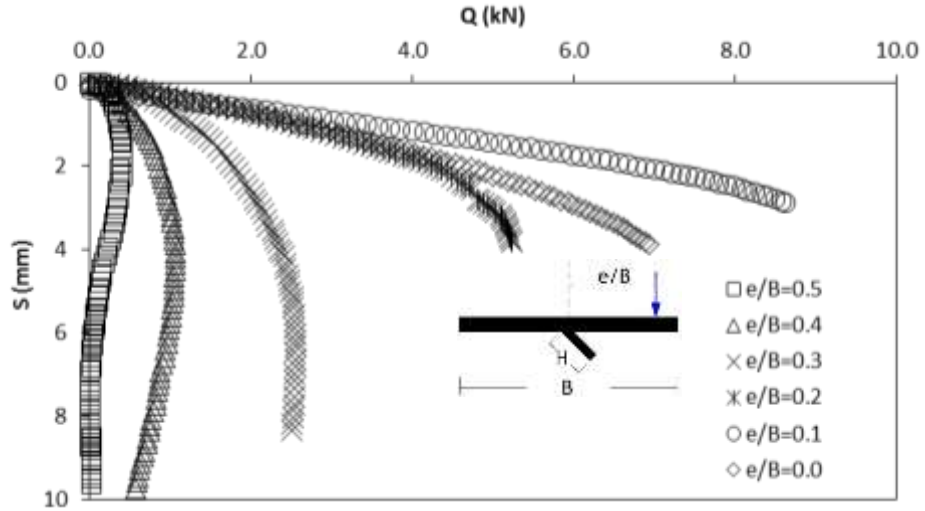


(c)

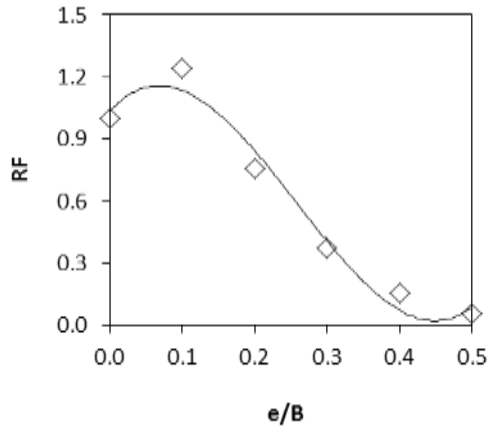
Şekil 5.47. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, "+" yönlü eğik diş için azalma faktörleri

5.4.2. Seri 4 sıkı zemin, $H/B=0.33$, "+" yönlü eğik diş

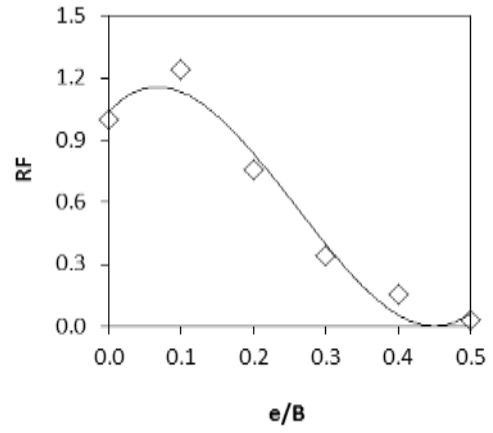
Eğik dişli temel modeliyle sıkı zeminde yapılan deney sonuçlarından elde edilen yük-oturma ve azalma faktörleri grafikleri Şekil 5.48. ve Şekil 5.49'da yer almaktadır.



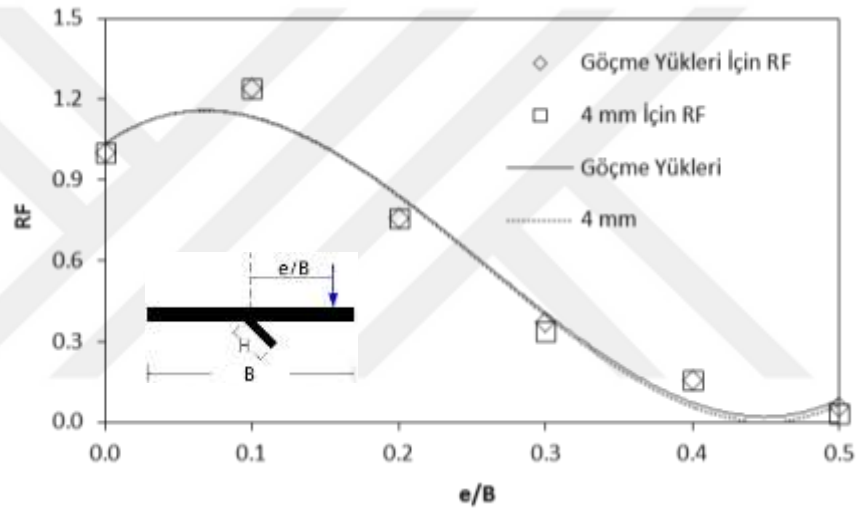
Şekil 5.48. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, "+" yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

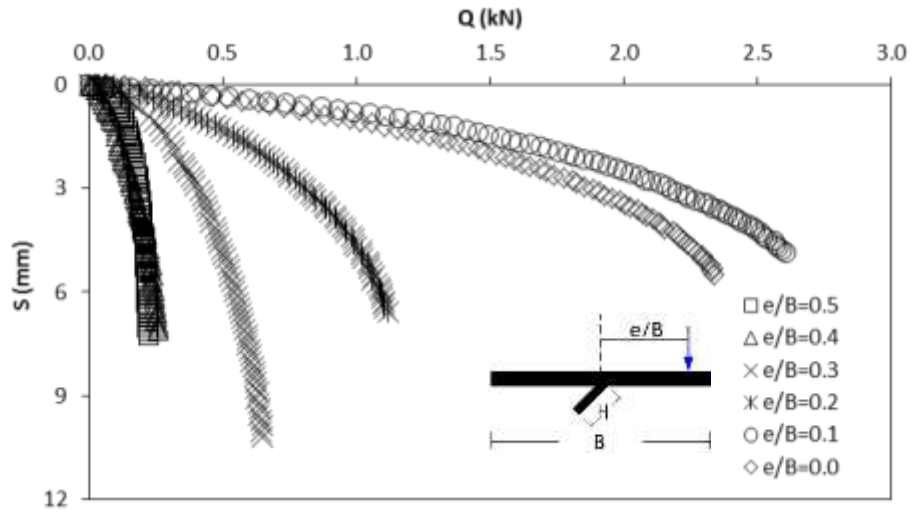


(c)

Şekil 5.49. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, “+” yönlü eğik diş için azalma faktörleri

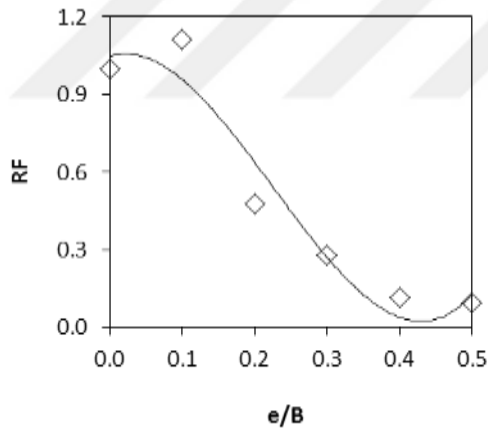
5.4.3. Seri 4 gevşek zemin, $H/B=0.33$, “-” yönlü eğik diş

Gevşek zemin ortamında “-” yönlü eğik dişli temel modeliyle farklı e/B oranlarında yapılan deney sonuçları Şekil 5.50. ve Şekil 5.51’de yer almaktadır.

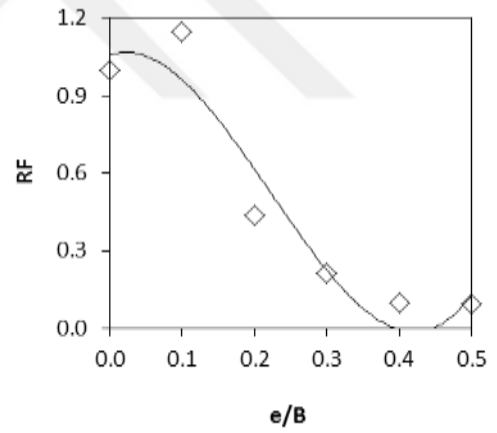


Şekil 5.50. Gevşek zemin-H/B=0.33, “-” yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri

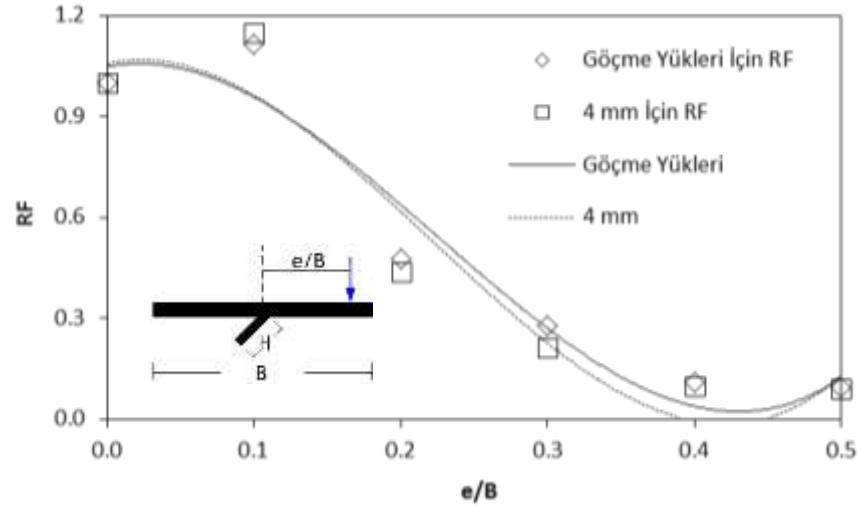
Şekil 5.50’de “-” yönlü eğik dişli temel modelinde yapılan yükleme deneylerinde artan eksantrik etkinin taşıma gücünü azalttığı görülmektedir.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

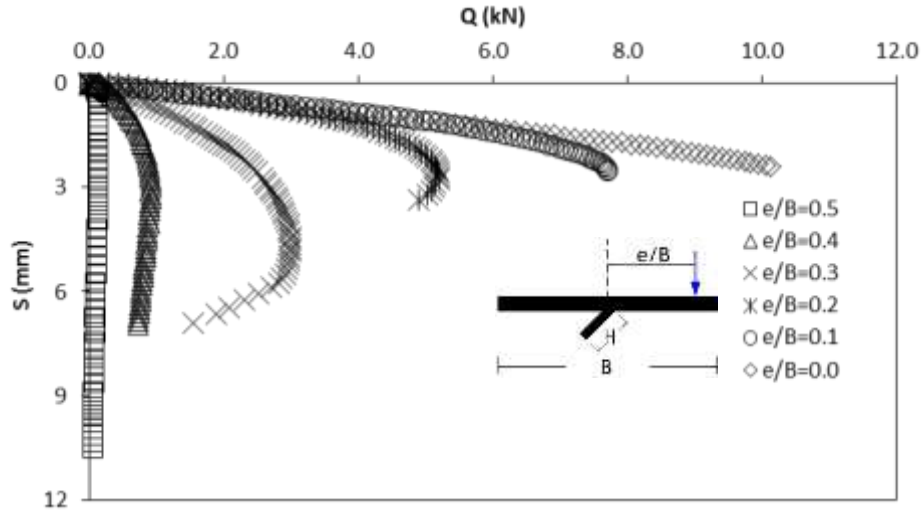


(c)

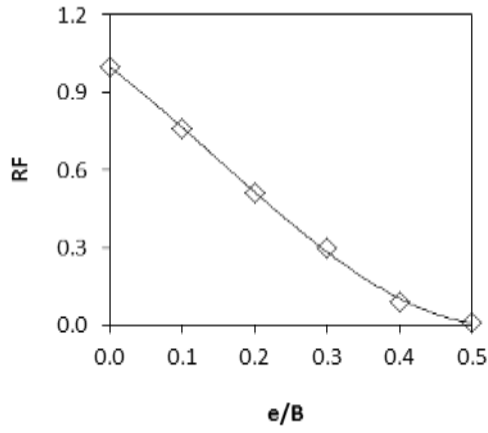
Şekil 5.51. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, “-” yönlü eğik diş için azalma faktörleri

5.4.4. Seri 4 sıkı zemin, $H/B=0.33$, “-” yönlü eğik diş

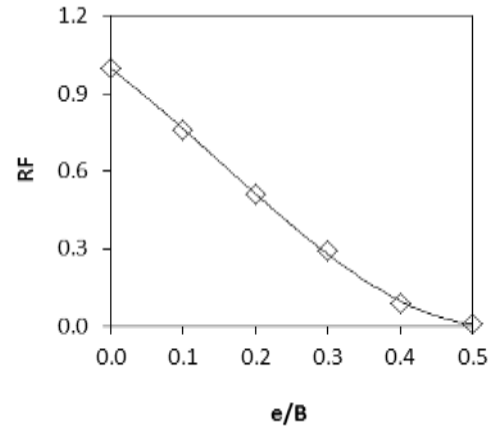
Sıkı zemin ortamında “-” yönlü eğik dişli temel modeliyle yapılan deney sonuçları Şekil 5.52. ve Şekil 5.53’te sunulmaktadır.



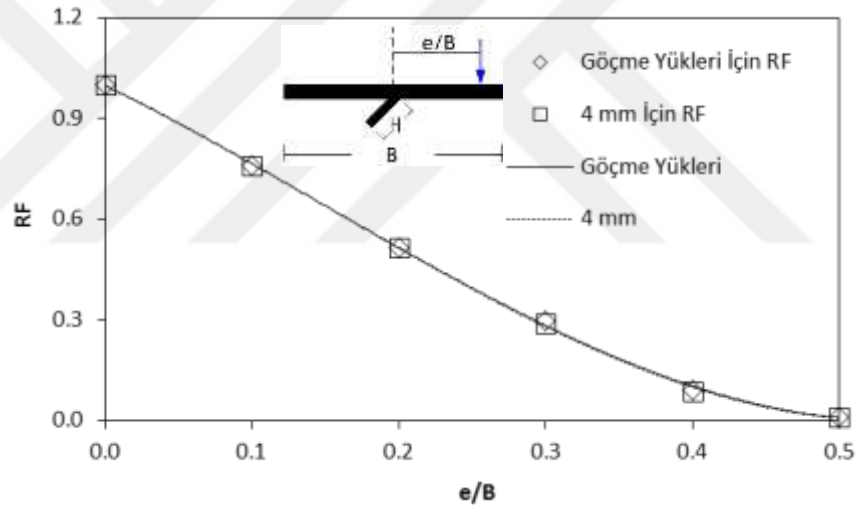
Şekil 5.52. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, “-” yönlü eğik diş için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



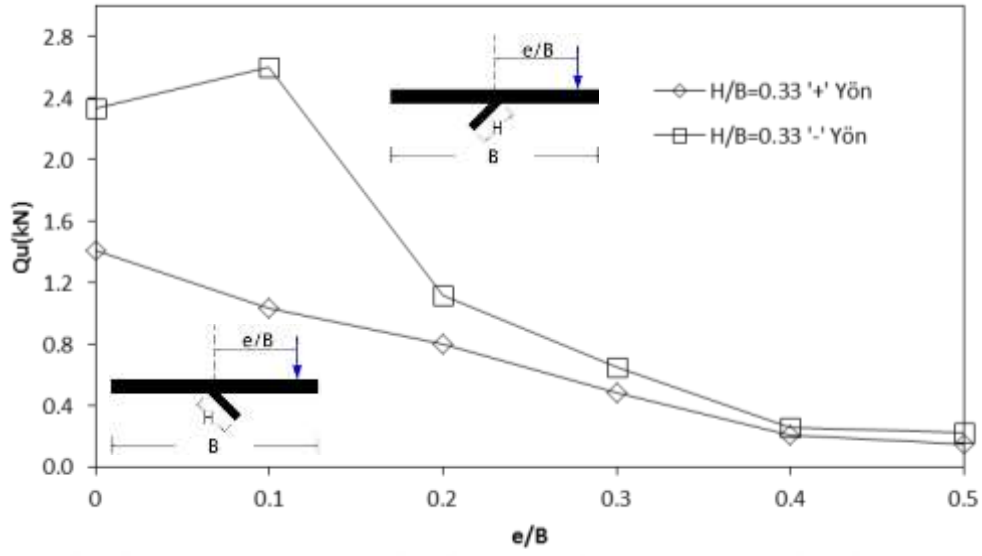
(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

Şekil 5.53. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, “-” yönlü eğik diş için azalma faktörleri

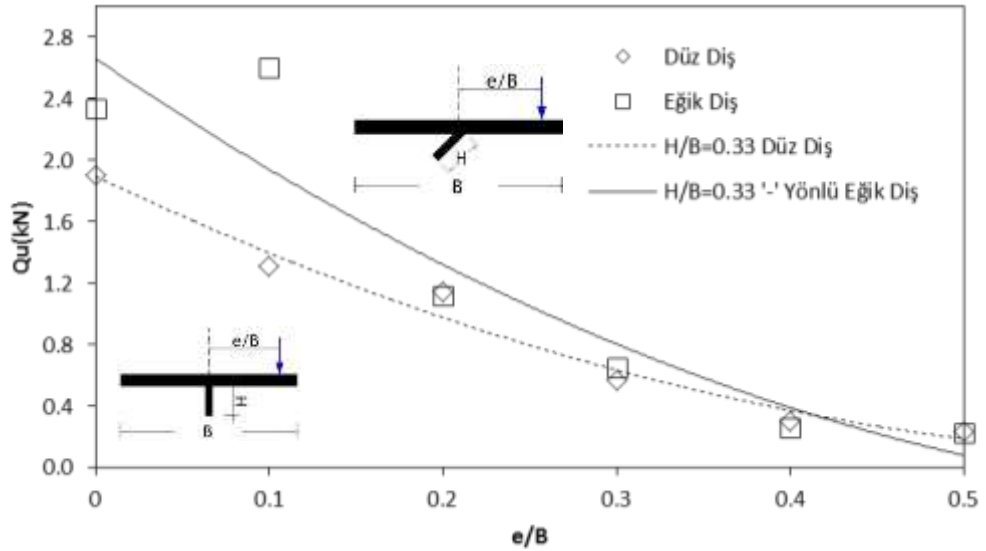
Seri 4’te eğik dişli temel modeliyle gevşek ve sıkı zemin ortamında eğik dişin “+” ve “-” yönlü olma durumlarında yapılan deneylerde elde edilen grafikler Şekil 5.46. ile Şekil 5.53. arasında yer almaktadır. Seri 4’te eğik dişli temel modelinde sıklık ve yön etkisi de araştırılmıştır. Bu kapsamda gevşek zeminde eğik dişin “+” ve “-” yönlü olma durumu için elde edilen yük-oturma eğrileri Şekil 5.54’te sunulmaktadır.



Şekil 5.54. Gevşek zemin-H/B=0.33, "+" ve "-" yönlü eğik diş için göçme yükleri

Şekil 5.54'te görüldüğü üzere aynı zemin ve e/B oranlarında eğik dişli temel modelinde "-" yönde daha büyük taşıma gücü değerleri elde edilmektedir.

Dişli temellerde eğiklik etkisini belirlemek amacıyla gevşek zemin ortamında H/B=0.33 sabit tutularak düz ve eğik dişli temel modelleriyle deneyler yapılmış ve sonuçları Şekil 5.55'te verilmiştir.



Şekil 5.55. Gevşek zemin-H/B=0.33, düz ve "-" yönlü eğik diş için göçme yükleri

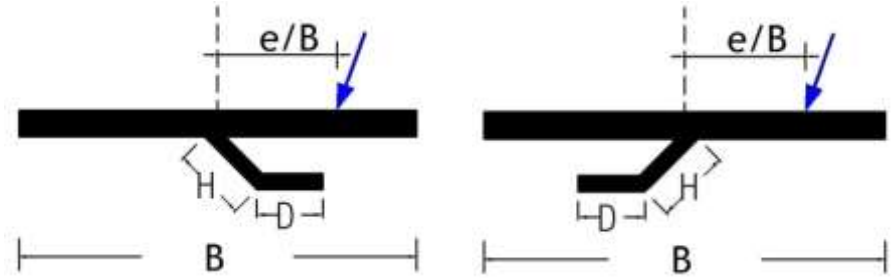
Şekil 5.55’te görüldüğü üzere aynı zemin ortamında ve aynı eksantrisite oranı altında eğik dişli temel modeliyle yapılan deneylerde düz dişliye göre daha büyük taşıma gücü değerleri elde edilmektedir.

5.5. Seri 5: Eksantrik Yükleme, Eğik Dişli Topuklu Durum, Topuk Etkisi

Seri 2’de artan H/B oranlarında taşıma gücü değerinin arttığı ve oturma değerlerinin azaldığı belirtilmektedir. Bu aşamada diş uzunluğunun belirli bir ölçüde tutulmak zorunda olduğu durumlarda deney modeline şerit temele paralel bir ilave yapılarak H/B etkisinin artırılması planlanmıştır.

Seri 5’te artan eksantrisite (e/B) etkisi altında eğik dişli ve topuklu temel modeliyle yapılan deneyler konu edilmiştir. Topuk (D), dişe yatay eksende uzanan bir ilavedir (Şekil 5.56). Topuk uzunluğu $D=10\text{cm}$ sabit tutulmaktadır. Böylelikle oluşan temel modeli Seri 3’te belirtilen temel modelin eğik dişli durumu olmaktadır. Bu bölümde eğik diş etkisinin topuklu temel modeline katkısı incelenmiştir.

Deneyler gevşek ve sıkı zemin ortamında topuk yapısının “+” ve “-” yönlü olma durumu için incelenmektedir. Topuk yapısında yön kabulü, topuğun yük uygulama noktası yönüne uzanması “+”, tersi yönüne uzanması “-” yön olarak kabul edilmektedir. Seri 5’te tüm deney grupları için diş ve topuk aynı yönde tutulmaktadır.



(a) “+” yönlü eğik dişli ve topuklu temel

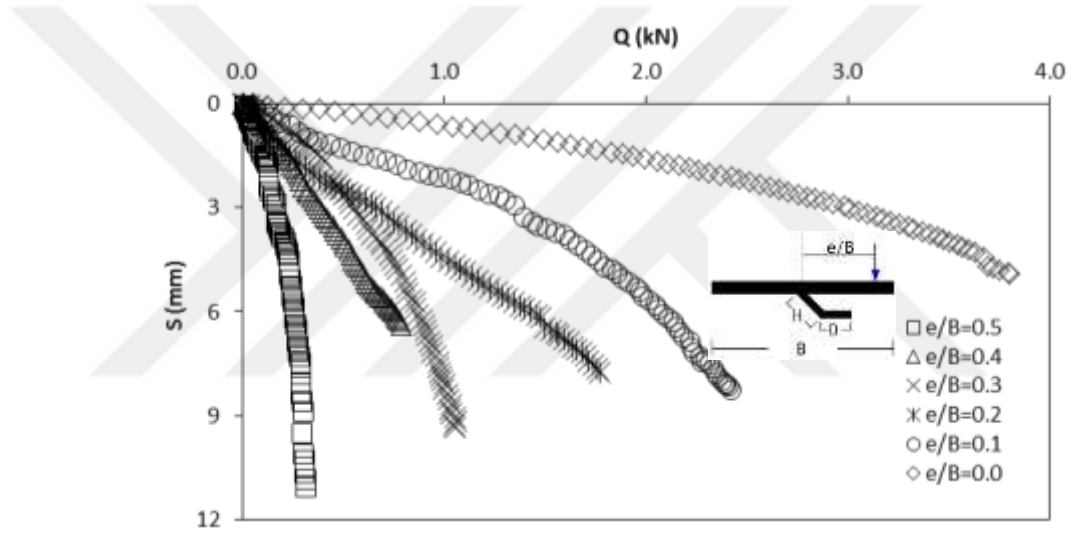
(b) “-” yönlü eğik dişli ve topuklu temel

Şekil 5.56. Eğik dişli topuklu temel modeli

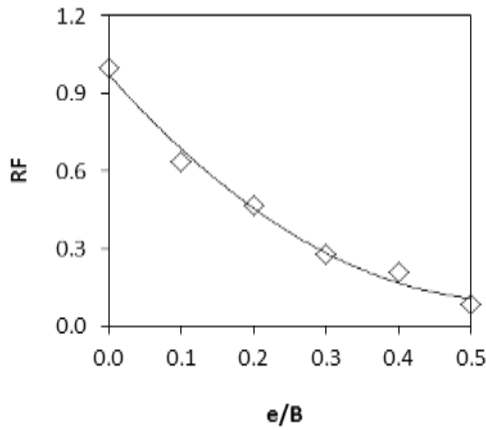
5.5.1. Seri 5 Gevşek Zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “+” yönlü eğik diş, “+” yönlü topuk

Seri 5.1’de deneyler gevşek zemin ortamında $L=6\text{cm}$, $B=30\text{cm}$, $H=10\text{cm}$, $D=10\text{cm}$; “+” yönlü diş, “+” yönlü topuk geometrisine sahip temel modeli ve $e/B=0.0$, $e/B=0.1$, $e/B=0.2$, $e/B=0.3$, $e/B=0.4$, $e/B=0.5$ eksantrisite oranlarında uygulanan yükleme şartlarında gerçekleştirilmiştir.

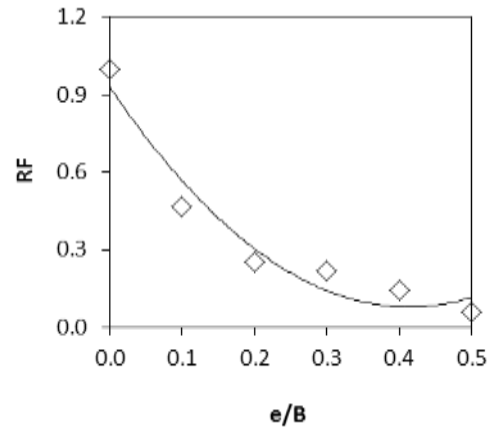
Bu deney grubundan elde edilen sonuçlar kullanılarak topuk ilavesinin taşıma gücü ve oturma değerine katkısı araştırılmıştır. Bu kapsamda oluşturulan yük-oturma eğrileri ve azalma faktörleri eğrileri Şekil 5.57. ve Şekil 5.58’de sunulmaktadır.



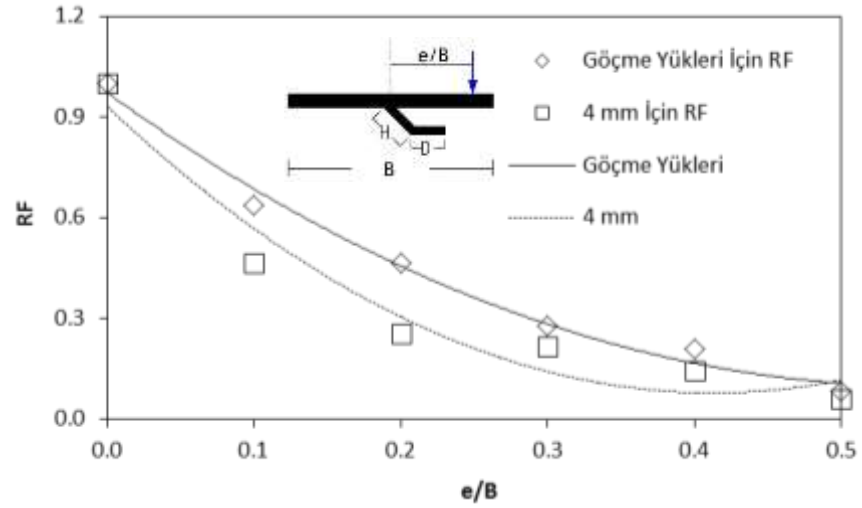
Şekil 5.57. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “+” yönlü eğik diş ve “+” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

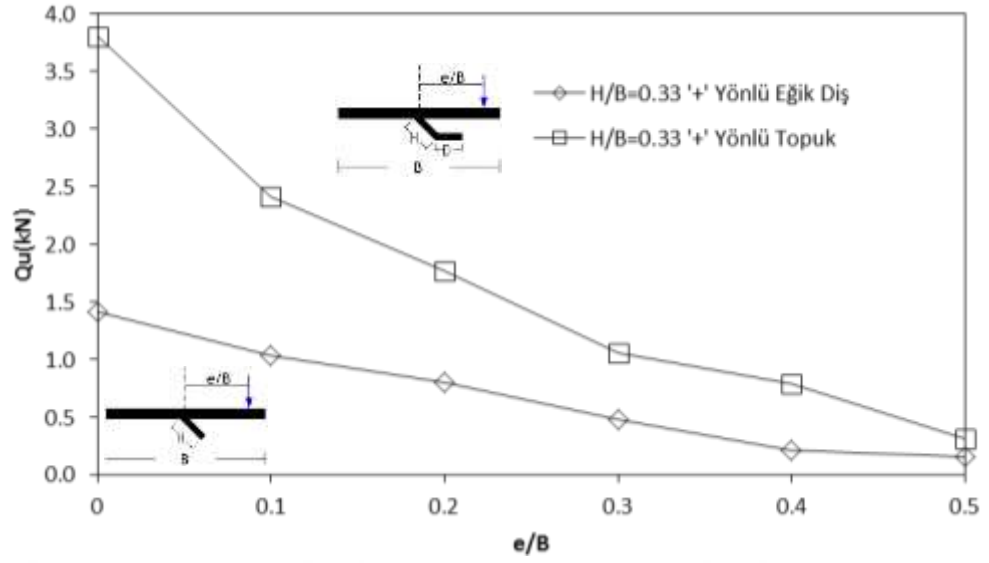


(c)

Şekil 5.58. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “+” yönlü eğik diş ve “+” yönlü topuk için azalma faktörleri

Şekil 5.57’de görüldüğü üzere topuklu temel modeliyle yapılan deneylerde e/B oranı artıkça taşıma gücü değeri düşmektedir. En büyük taşıma değeri merkezi yükleme durumu için elde edilmektedir.

Şekil 5.59’da gevşek zemin ortamında aynı eksantrisite etkisi altında eğik dişli temel modeli ve eğik dişli temel modele topuk eklenmesiyle elde edilen temel modeliyle yapılan deneylerin taşıma gücü değerleri sunulmaktadır. Bu deneylerde kullanılan temel modellerinde hem eğik diş hem de topuk “+” yönlü olmaktadır.

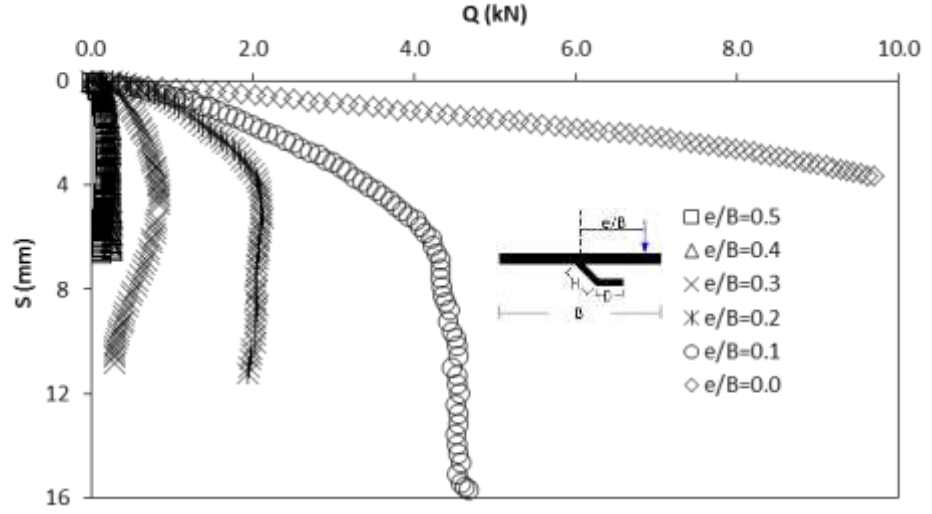


Şekil 5.59. “+” eğik diş ve “+” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri

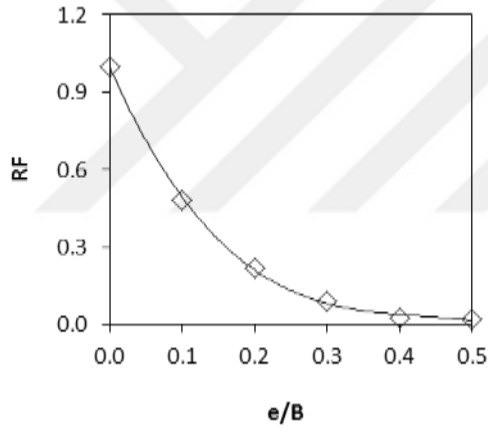
Şekil 5.59’da aynı eksantrisite etkisi altında topuklu temel modeliyle yapılan deneylerde topuksuz temele göre daha büyük taşıma gücü değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Bu grafikten hareketle topuğun taşıma gücünü artırdığı kanaatine varılmaktadır.

5.5.2. Seri 5 Sıkı Zemin, H/B=0.33, D=10cm, “+” yönlü eğik diş, “+” yönlü topuk

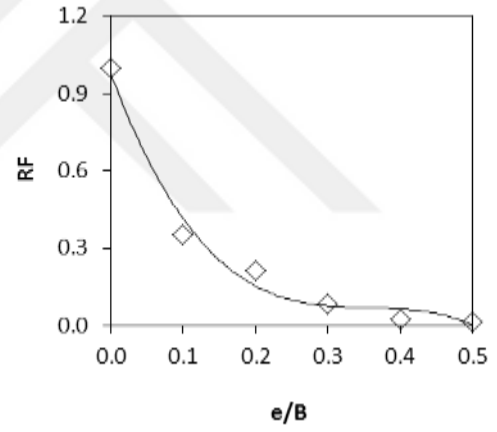
Seri 5.2. sıkı zemin ortamında H/B=0.33 ve D=10cm sabit tutularak “+” yönlü topuk modeliyle yapılan deneylerden oluşmaktadır. Böylelikle topuğun sıkı zemin ortamında taşıma gücü ve oturmalarına olan etkisi araştırılmıştır.



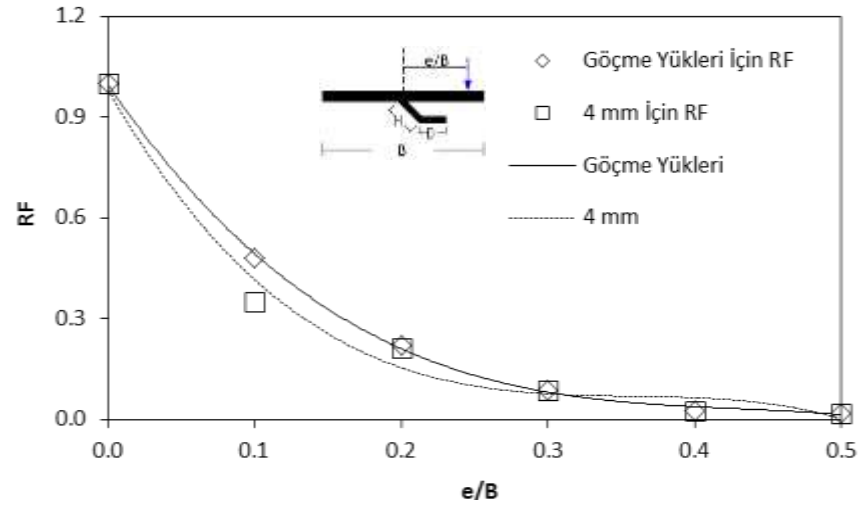
Şekil 5.60. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “+” yönlü eğik diş ve “+” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



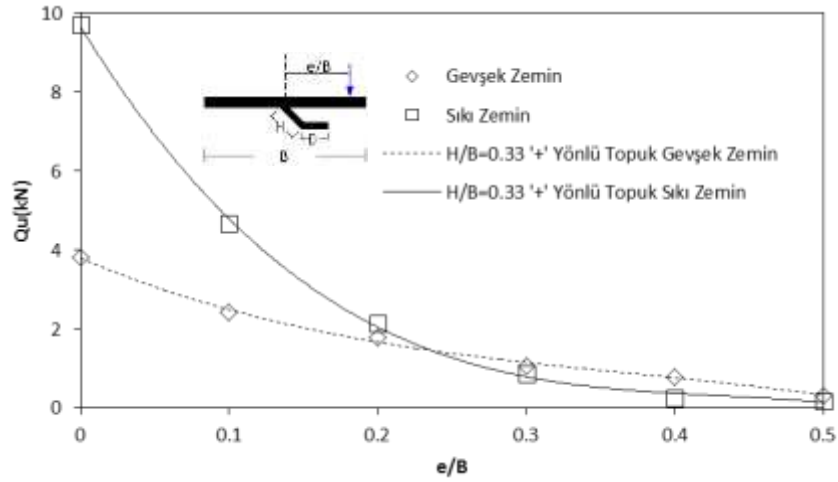
(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

Şekil 5.61. Sıkı zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, "+" yönlü eğik diş ve "+" yönlü topuk için azalma faktörleri

Topuk etkisinin sıkı zemin ortamında irdelendiği bu deney grubunda beklendiği gibi artan eksantrisite yüklemelerinde taşıma gücü değerinin azaldığı görülmektedir. Şekil 5.62'de topuklu temel modeliyle gevşek ve sıkı zemin ortamında yapılan deneylerin eksantrisite oranına bağlı göçme yükleri sunulmaktadır.

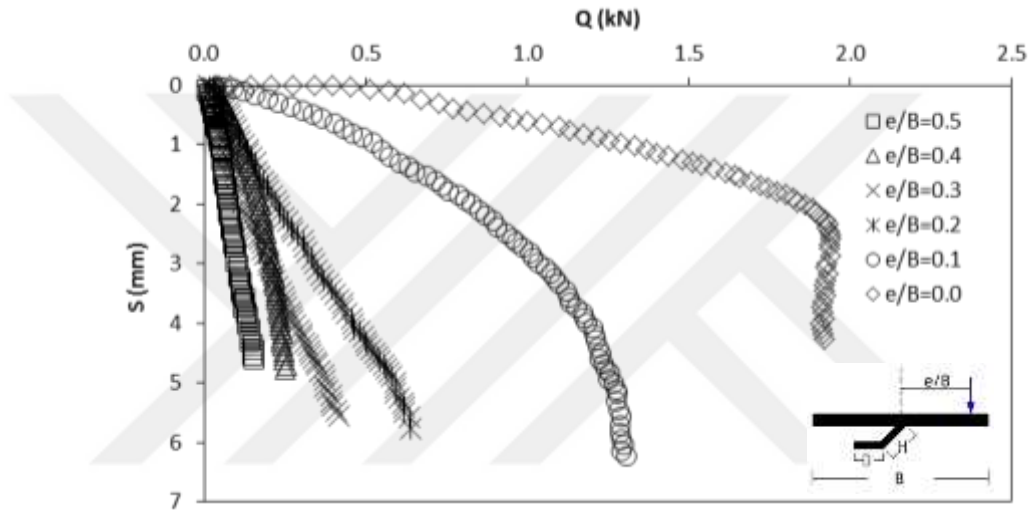


Şekil 5.62. $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, "+" yönlü topuk, gevşek ve sıkı zemin için azalma faktörleri

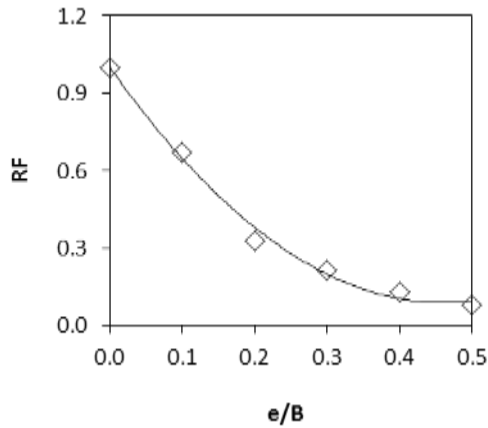
Şekil 5.62'de sıkı zemin ortamında daha büyük göçme yükü değerlerine ulaşıldığı görülmektedir.

5.5.3. Seri 5 Gevşek Zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “-” yönlü eğik diş, “-” yönlü topuk

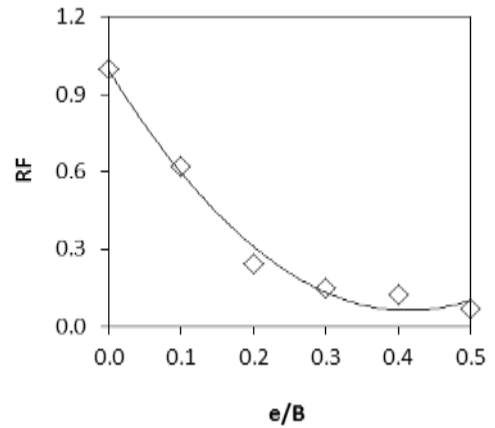
Topuk faktörünü konu alan Seri 5’te aynı zamanda topuğun yön etkisi de irdelenmiştir. Seri 5.3’te topuğun “-” yönlü olma durumuyla oluşturulan temel modeliyle gevşek zemin ortamında artan e/B oranlarında yükleme deneyleri ele alınmıştır. Şekil 5.63. ve Şekil 5.64’te bu durumlar için elde edilen yük oturma eğrileri ve azalma faktörleri yer almaktadır.



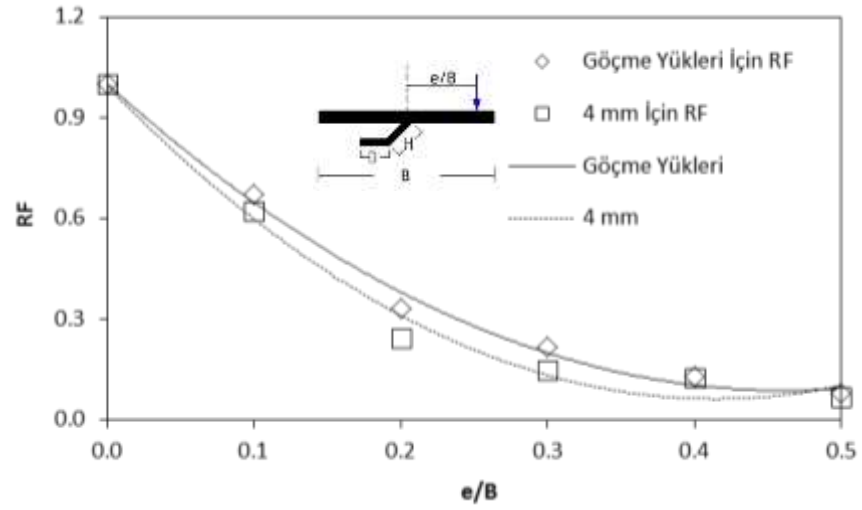
Şekil 5.63. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “-” yönlü eğik diş ve “-” yönlü topuk için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF



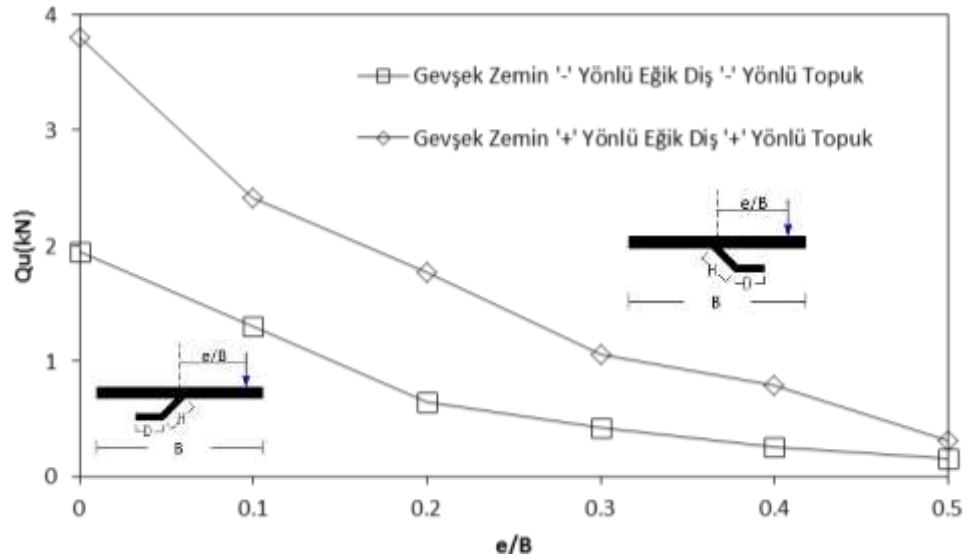
(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

Şekil 5.64. Gevşek zemin- $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, “-” yönlü eğik diş ve “-” yönlü topuk için azalma faktörleri

$H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ temel modeliyle topuğun “-” yönlü olma durumu için yapılan bu deney grubunda artan e/B oranlarında taşıma gücü değerinin düştüğü görülmektedir. Topuğun yön etkisini belirlemek için gevşek zeminde aynı e/B oranlarında “+” ve “-” yönlü topuk modeliyle yapılan yükleme deneylerinde belirlenen taşıma gücü değerleri Şekil 5.65’te yer almaktadır.

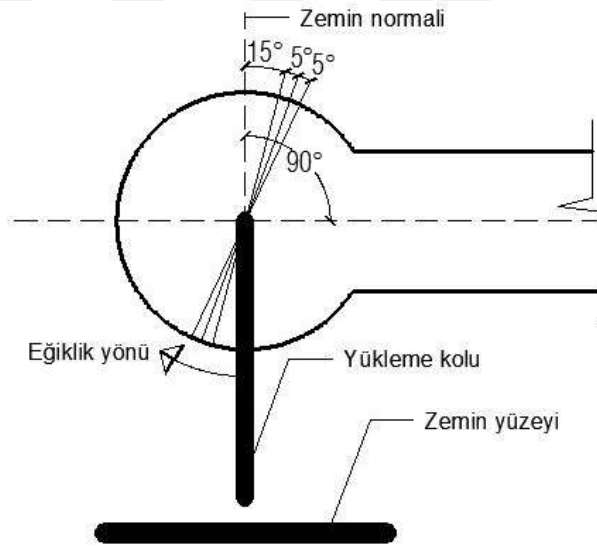


Şekil 5.65. Gevşek zemin “+” ve “-” yönlü eğik diş ve topuk için taşıma güçleri

Şekil 5.65’te görüldüğü üzere aynı zemin ve eksantrik etki altında “+” yönlü eğik dış ve “+” yönlü topuktan oluşan temel modelleriyle yapılan deneylerde daha büyük taşıma gücü değerlerine ulaşılmaktadır.

5.6. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Karma Temel Modeli, Açı Etkisi

Seri 6’da eğik-eksantrik yükleme durumu irdelenmiştir. Burada eğiklik skalası derece birimi olarak alınmıştır. Eğiklik Φ° ile sembolize edilmiştir. Eğiklik açısı yükleme doğrultusu ve zemin normali arasındaki açı olarak değerlendirilmiştir. Eğiklik dereceleri 15° , 20° ve 25° olarak belirlenmiştir (Şekil 5.66). Bu seride eksantrisite oranı sabit tutularak $e/B=0.3$ şeklinde alınmıştır. Seri 6’da tüm deneyler gevşek zemin ortamında yapılmıştır.



Şekil 5.66. Eğik yüklemeli deney düzeneği

Aynı temel modeline farklı eğiklik derecelerinde yükleme yapılmakta ve bunun taşıma gücü ve oturmalarına etkisi irdelenmiştir. Deney verileri göçme yükü-oturma ve azalma faktörleri şeklinde sunulmuştur. Azalma faktörü belirlemede referans taşıma gücü $e/B=0.0$ ve 0° eğiklik olarak seçilmiştir. Diğer eğiklik durumlarında elde edilen taşıma gücü değeri referans değerine bölünerek azalma faktörü değeri elde edilmiştir.

Taşıma gücü azalma faktörü belirlemede bağıntı 6.1. kullanılmaktadır.

$$RF = \frac{\text{Göçme Yüğü}(\frac{e}{B}=0.3)}{0^\circ \text{ Eğiklik Göçme Yüğü}(\frac{e}{B}=0.0)} \quad (6.1.)$$

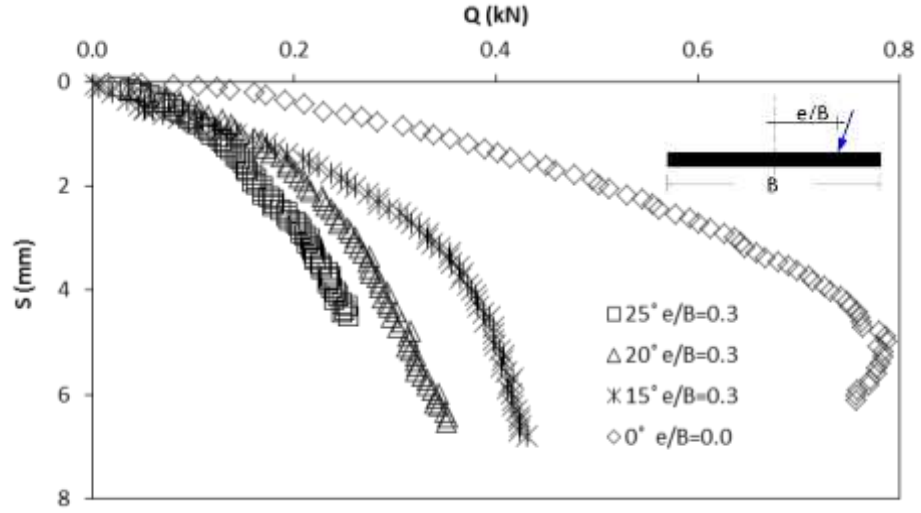
5.6.1. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, H/B=0, e/B=0.3, Eğik-Eksantriklik Etkisi

Gevşek zemin ortamında H/B=0, e/B=0.3; 15°, 20° ve 25° eğiklik dereceleriyle yapılan bu deney grubunda şerit temelde eğik-eksantrik etkisi irdelenmiştir. 3 adet deneyden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3'te yer almaktadır.

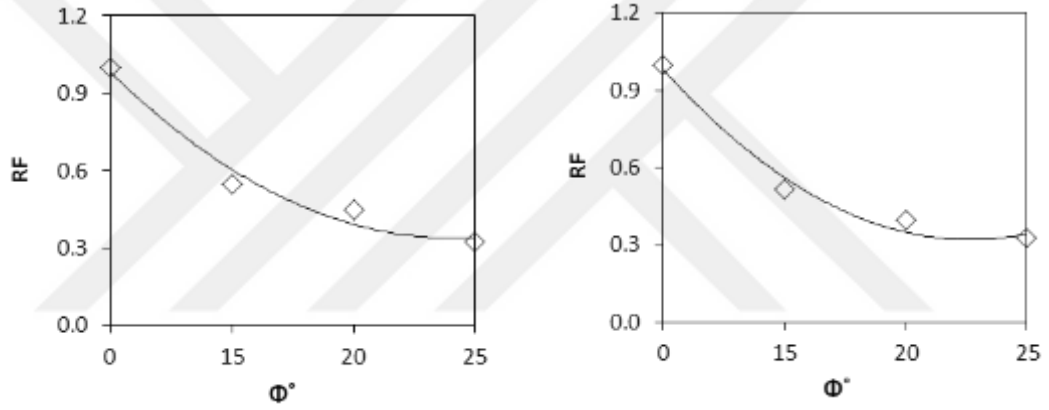
Çizelge 5.3. H/B=0.00, e/B=0.3, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için göçme yükleri

Derece	Göçme Yüğü (kN)	Göçme Yüğüne Göre RF	4mm Deplasman Yaptıran Yüğü (kN)	4 mm Deplasman Yaptıran Yüğüne Göre RF
0°	0.788	1.000	0.730	1.000
15°	0.431	0.547	0.376	0.515
20°	0.352	0.447	0.290	0.397
25°	0.253	0.321	0.239	0.327

Şekil 5.67. ve Şekil 5.68'de e/B=0.3 eksantrisite oranında ve 15°, 20° ve 25°'lik eğiklik miktarları altında yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Sonuçlar farklı eğiklik derecesinde kaydedilen taşıma gücü ve 4mm oturma yaptıran yüğü miktarı şeklinde sunulmuştur.

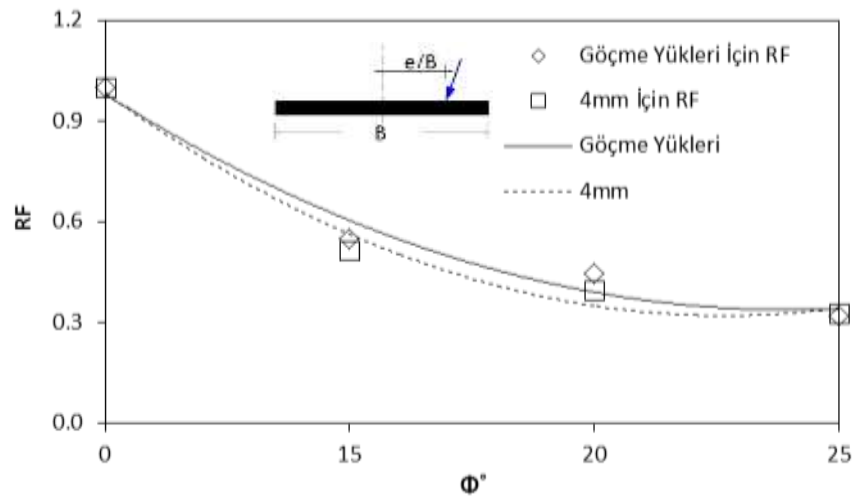


Şekil 5.67. $H/B=0.00$, $e/B=0.3$, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri



(a) Göçme yükleri için RF

(b) 4mm yüke karşılık RF



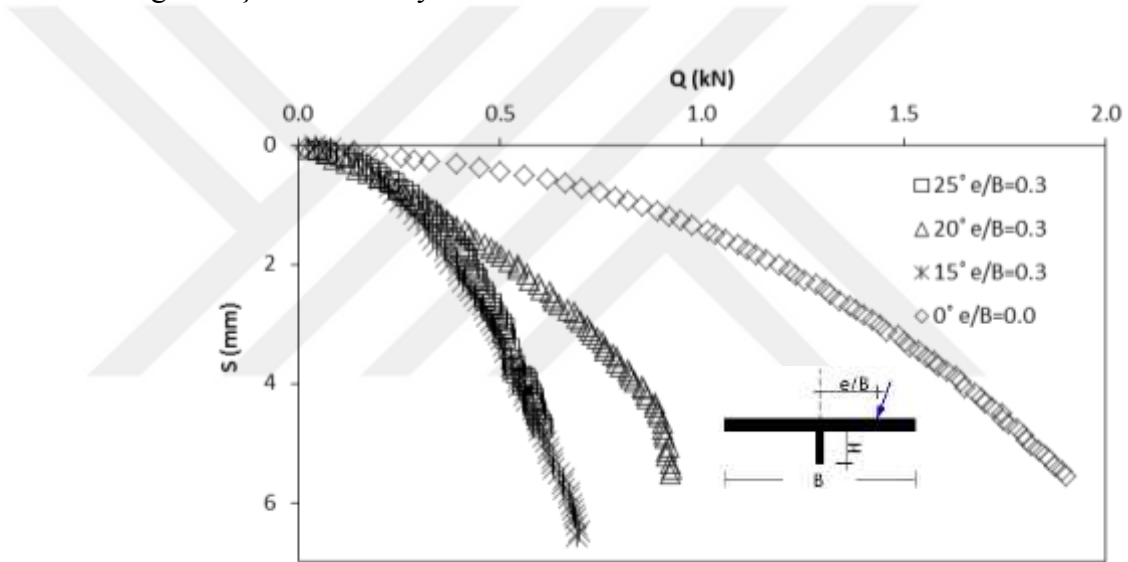
(c)

Şekil 5.68. $H/B=0.00$, $e/B=0.3$, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.67’de, $e/B=0.3$ eksantrisite oranı altında farklı eğiklik dereceleriyle yapılan yükleme deneylerinde eğiklik oranı artıkça taşıma gücünün arttığı ve aynı yük miktarı altında oturma değerinin azaldığı görülmektedir.

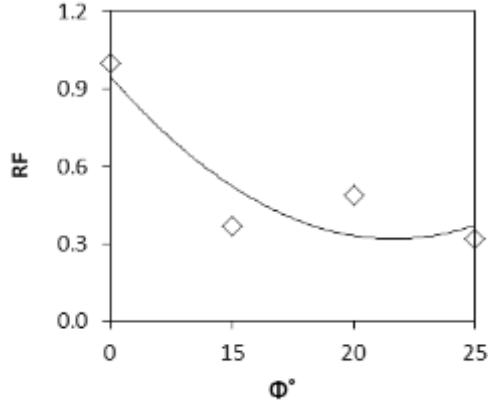
5.6.2. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

$H/B=0.33$ sabit tutularak düz dişli temel modeliyle $e/B=0.33$ eksantrik etkisi altında 15° , 20° ve 25° ’lik eğiklik açısıyla yapılan 3 adet deneyden elde edilen yük-oturma eğrileri Şekil 5.69’da yer almaktadır.

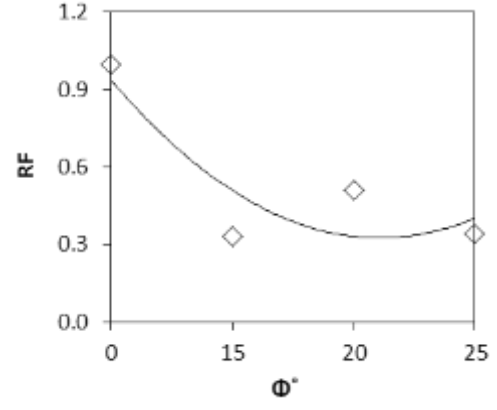


Şekil 5.69. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

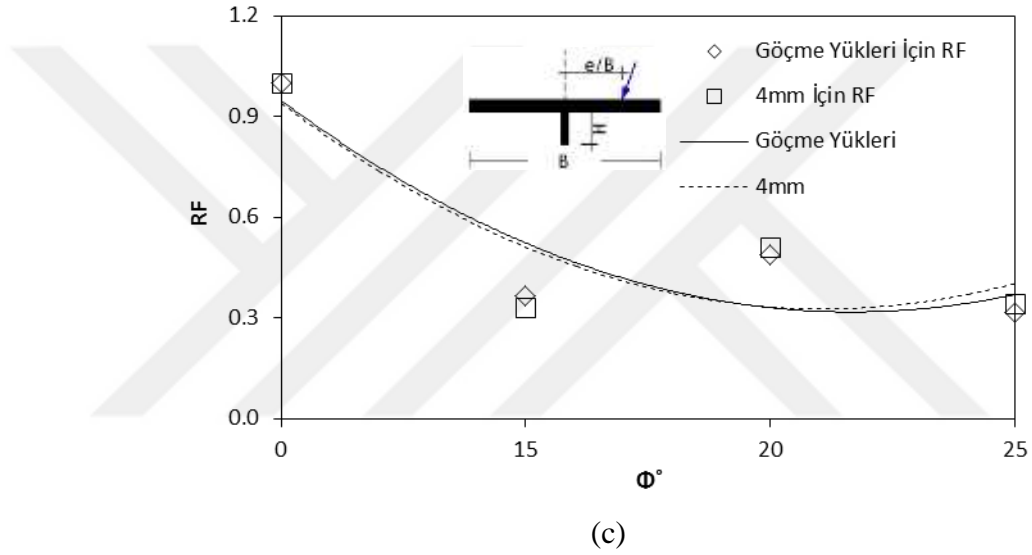
Şekil 5.69’da belirtildiği üzere genel davranış dişli temel modelinde eğiklik derecesi arttıkça taşıma gücünün azaldığı ve aynı yük etkisi altında oturma değerlerinin arttığı şeklindedir. Bu deneyler için oluşturulan azalma faktörleri Şekil 5.70’te sunulmaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



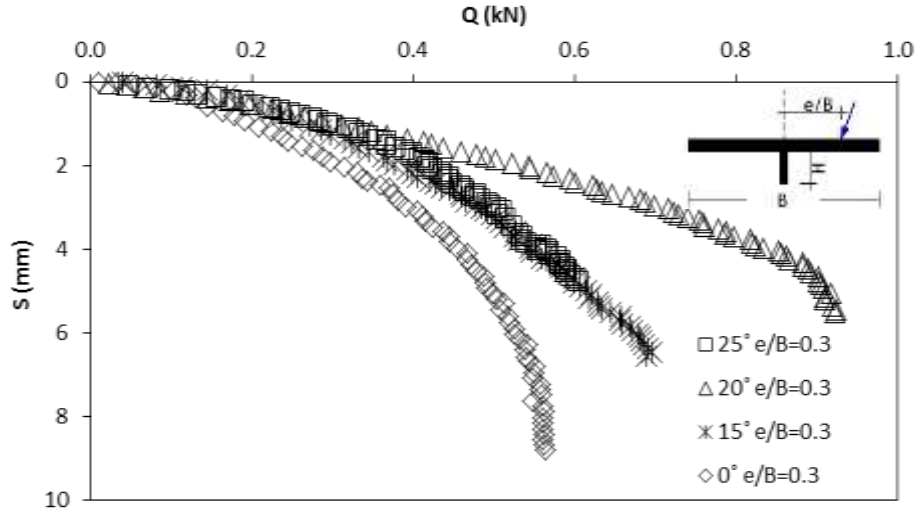
(b) 4mm yüke karşılık RF



(c)

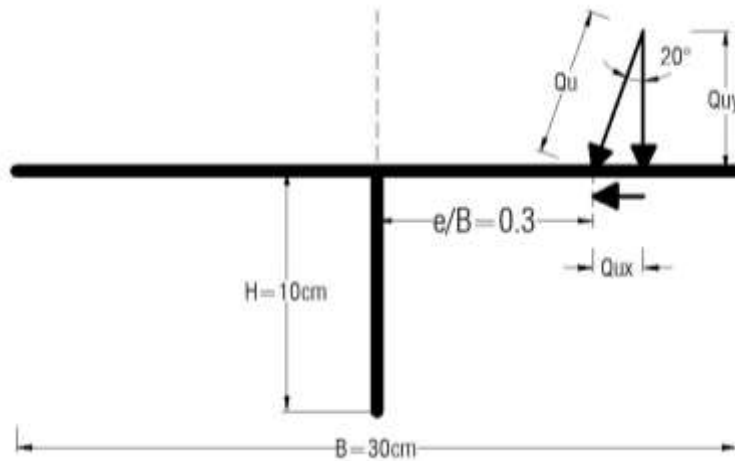
Şekil 5.70. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.69. ve Şekil 5.70'te dişli temel modeliyle yapılan deneylerde hem eksantrik etki hem de eğiklik etkisi birlikte değerlendirilmiştir. Burada azalma faktörlerinde kullanılan referans deneyi $e/B=0.0$ ve 0° eğiklik etkisi altında yapılan deney olarak kabul edilmiştir. Şekil 5.71'de ise azalma faktörlerinde kullanılan referans deneyi $e/B=0.3$ ve 0° eğiklik etkisi altında yapılan deneydir. Böylelikle sadece eğiklik etkisinin dikkate alınması hedeflenmiştir.



Şekil 5.71. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, eğiklik; 0° , 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

Şekil 5.71’de genel davranış eğiklik derecesi arttıkça taşıma gücünün arttığı yönündedir. Bunun nedeni, eğik yükleme durumunda toplam bileşke kuvvetin düşey ve yatay iki bileşenden oluşup yatay bileşenin dış tarafından karşılandığıdır (Şekil 5.72.). Bileşke kuvvetten daha küçük olan düşey bileşen ise, bileşke kuvvete göre daha az bir etki meydana getirmektedir. Bu sonuçtan hareketle dışın eğik yüklemelerde taşıma gücü değerini artırdığı söylenebilmektedir.



Şekil 5.72. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, eğiklik= 0° vektörel nitelikli göçme yükü (Q_u) bileşenleri

Şekil 5.72’de gösterilen vektörel göçme yükü bileşenleri aşağıda tarif edilmektedir.

$$Q_{uy} = Q_u \cdot \cos 20 \quad (6.2.)$$

$$Q_{ux} = Q_u \cdot \sin 20 \quad (6.3.)$$

Burada;

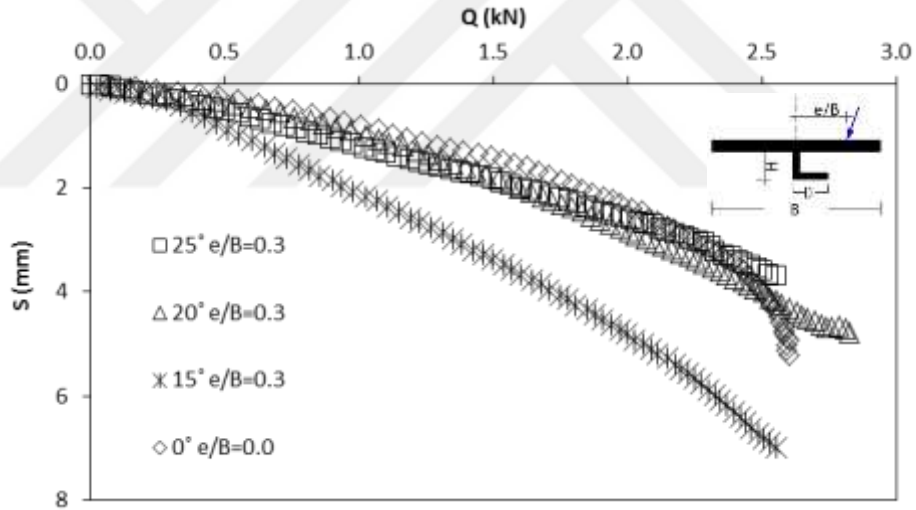
Q_u : Bileşke yük,

Q_{uy} : Düşey yük,

Q_{ux} : Yatay yük (dişin karşıladığı yük) olmaktadır.

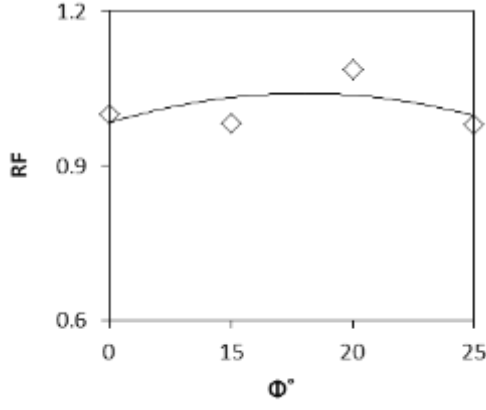
5.6.3. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ “+” Yönlü Topuk, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

Seri 6.3, gevşek zeminde diş $D=10\text{cm}$ uzunluğunda “+” yönlü topuk temel modeliyle yapılan 3 adet deneyden oluşmaktadır. $e/B=0.3$ eksantrik etkisi altında yapılan 3 adet deneyin yük-oturma eğrileri ise Şekil 5.73’te yer almaktadır.

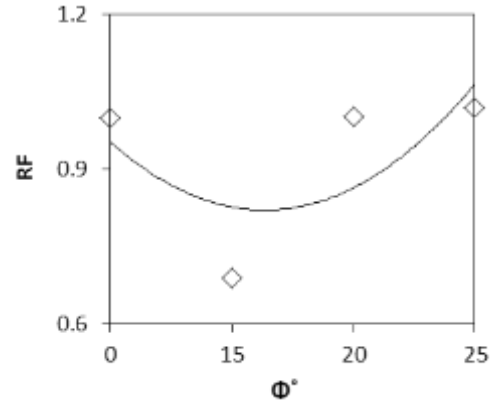


Şekil 5.73. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “+” yönlü topuk, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

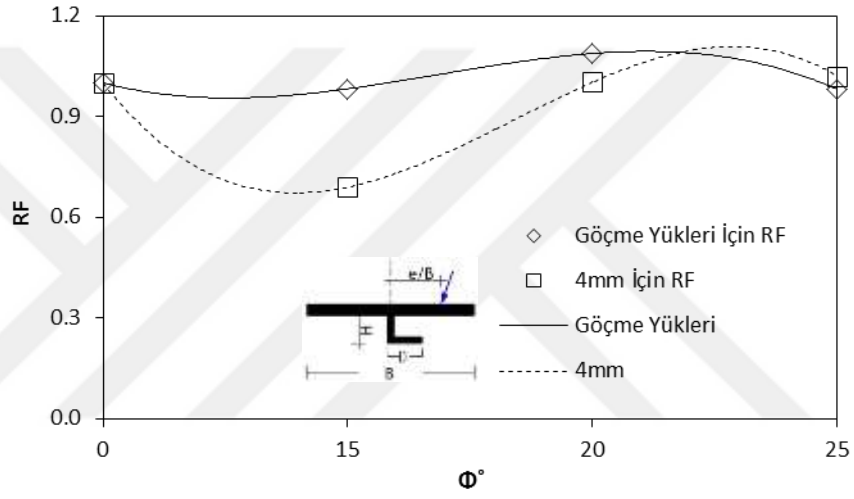
Şekil 5.73’te merkezi ve dik yükleme durumunda elde edilen taşıma gücü, $e/B=0.3$ ve 20° eğiklik miktarında yapılan yükleme sonucu elde edilen taşıma gücünden daha az çıkmaktadır. Bunun nedeni eğik yüklemede yatay yük bileşenin dişin oluşturduğu yatay dirençle karşılanması olarak açıklanmaktadır. Aynı şekilde bu deney grubu için oluşturulan azalma faktörleri Şekil 5.74’te sunulmaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



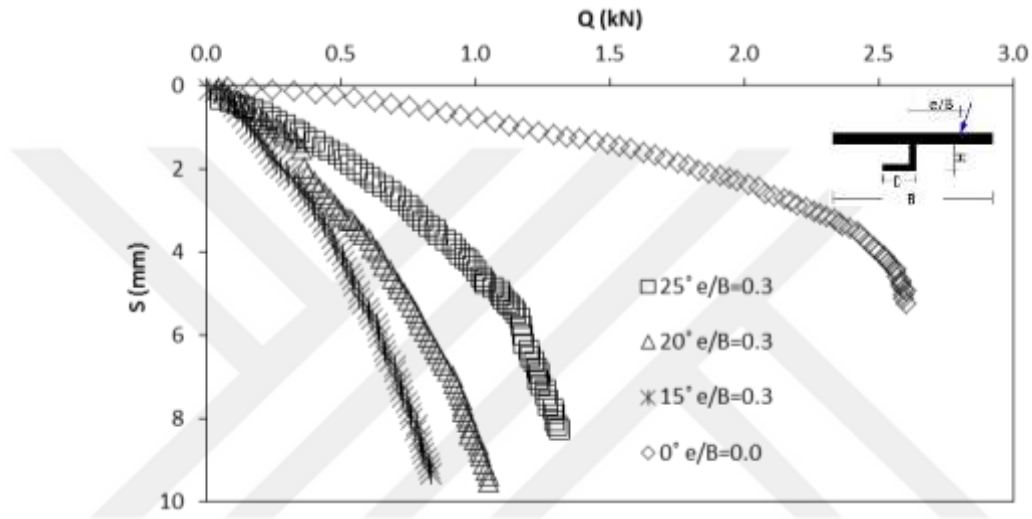
(c)

Şekil 5.74. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “+” yönlü topuk, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.74’te azalma faktörleri eğiklik miktarı 15° ’den 20° ’e çıkmasıyla oluşturulan eğim çizgileri artım davranışlı olmaktadır. Bunun nedeni 20° eğiklik açısında yatay bileşenin başka bir deyişle dişin oluşturduğu yatay direncin karşıladığı yük miktarının daha fazla olmasıyla açıklanmaktadır.

5.6.4. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$ “-” Yönlü Topuk, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

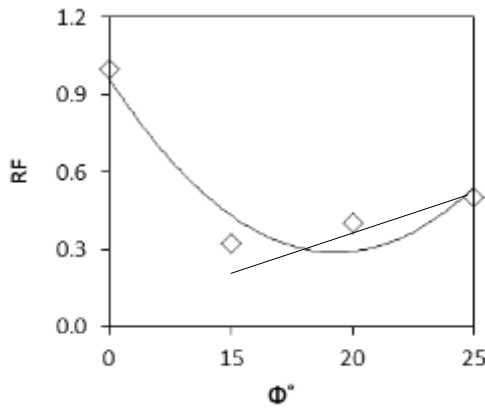
Seri 6.4’te yer alan 3 adet deney, dişli topuklu temel modelinde topuğun “-” yönde olmasıyla oluşturulan temelle yapılan deneyleri konu almaktadır. Bu kapsamda oluşturulan yük-oturma ve azalma faktörleri grafikleri Şekil 5.75. ve Şekil 5.76’da yer almaktadır.



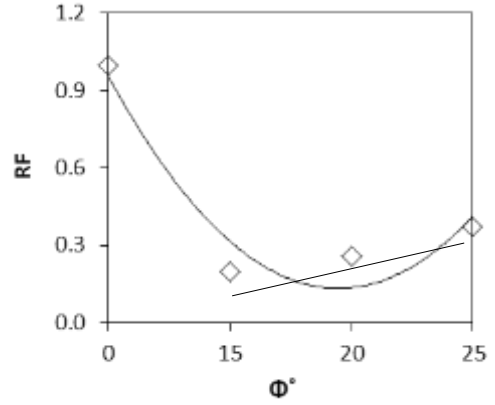
Şekil 5.75. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “-” yönlü topuk, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

Şekil 5.75’te eğiklik derecesi arttıkça taşıma gücünün arttığı görülmektedir. Bunun nedeni artan eğiklikle birlikte dişin karşıladığı yatay yük bileşenin artıp temele düşey yönde daha az yük aktarıldığıdır. Ayrıca Şekil 5.75’te merkezi yükleme durumunda daha büyük taşıma gücü elde edildiği görülmektedir. Bunun nedeni topuğun “-” yönde kalmasıyla oluşan düşey yükü karşılamada bir katkısının olmamasıdır. Nitekim Şekil 5.43’te “+” yönlü topukla yapılan deneylerde “-” yönlü topukla yapılan deneylerden daha büyük taşıma gücü değerlerine ulaşılmaktadır. Çünkü “+” yönlü topuk daha fazla düşey yük karşılamaktadır.

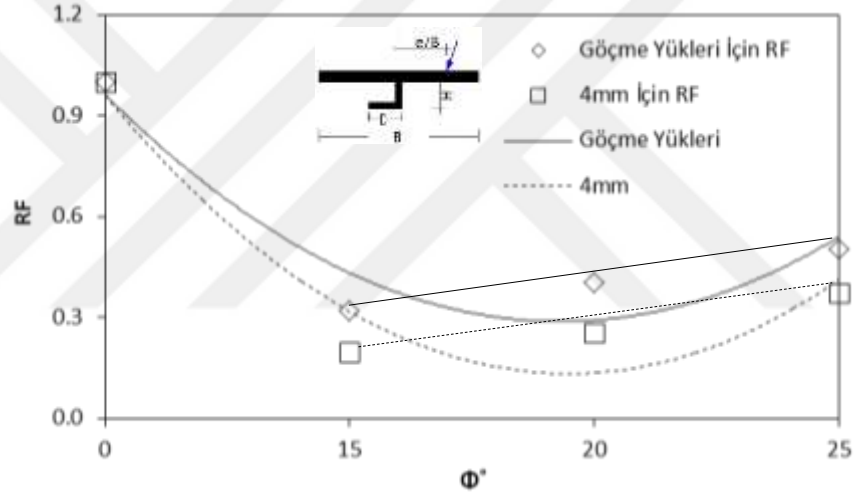
Şekil 5.76’da $e/B=0.3$ eğiklik derecesi 15° , 20° ve 25° olan 3 adet yükleme deneylerinde azalma faktörlerinin arttığı görülmektedir. Burada artan eğiklik derecelerinde dişli temel modellerinde daha büyük taşıma gücü değerlerine ulaşılmaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF

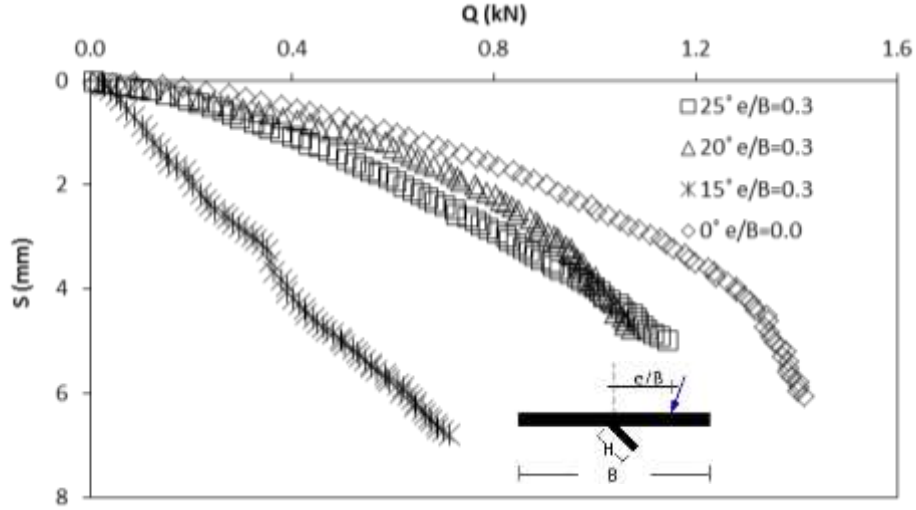


(c)

Şekil 5.76. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “-” yönlü topuk, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

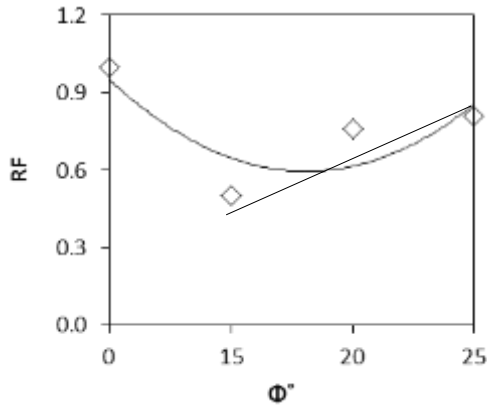
5.6.5. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$ “+” Yönlü Eğik Diş, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

Seri 6.5. “+” yönlü eğik dişli temel modeliyle $e/B=0.3$ eksantrik etki altında 15° , 20° ve 25° eğiklik dereceleriyle yapılan 3 adet deneyden oluşmaktadır. Deney sonuçları Şekil 5.77. ve Şekil 5.78’de sunulmaktadır.

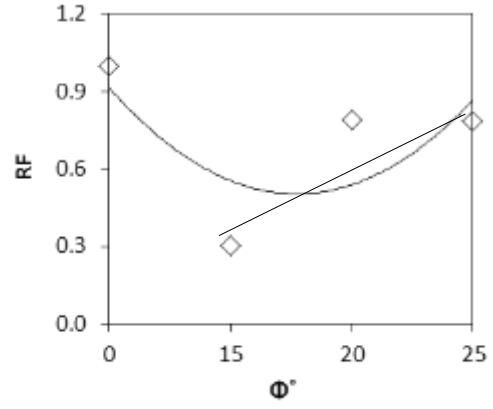


Şekil 5.77. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$ "+" yönlü eğik diş, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

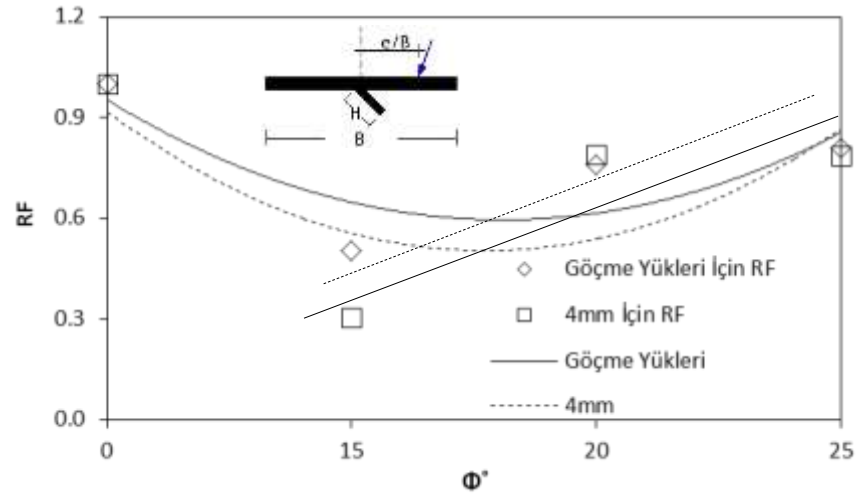
Şekil 5.77'de eğiklik derecesi arttıkça taşıma gücünün de arttığı görülmektedir. Bu sonuçtan hareketle "+" yönlü eğik dişin karşıladığı yatay yük bileşeninden dolayı göçme yükünün arttığı ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.78'de ise bu yükleme şartlarında elde edilen azalma faktörleri yer almaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



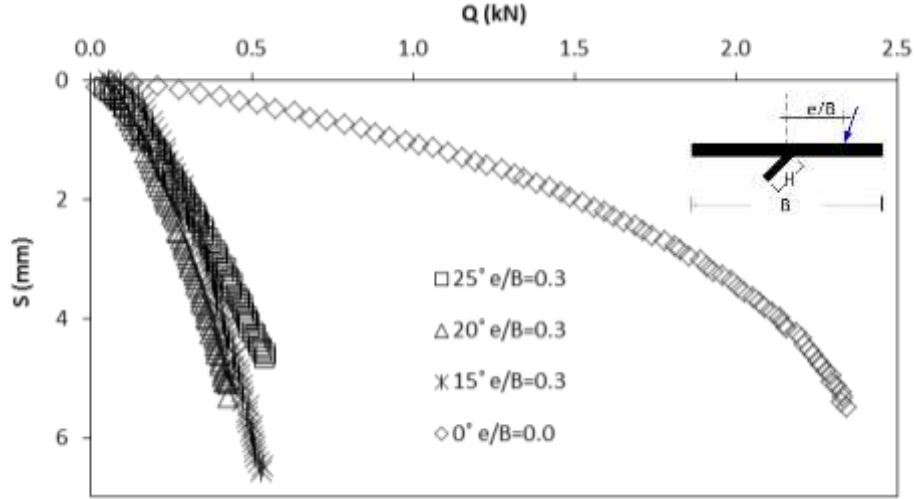
(c)

Şekil 5.78. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$ "+" yönlü eğik diş, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.78'de eğiklik derecesi arttıkça azalma faktörlerinin arttığı görölmektedir. Bu davranış hem göçme yükleri hem de 4mm oturma yaptıran yük miktarı için aynı olmaktadır.

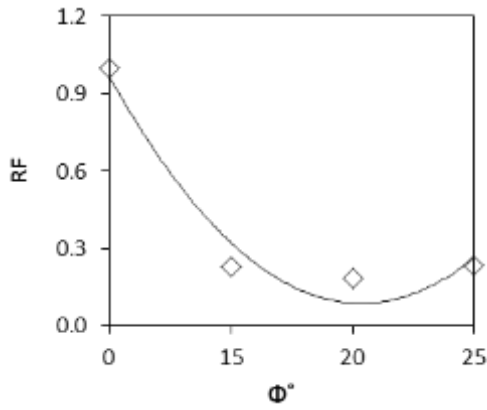
5.6.6. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$ "-" Yönlü Eğik Diş, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

Seri 6.6'da "-" yönlü eğik dişin $e/B=0.3$ ve 15° , 20° ve 25° eğiklik derecelerinde yapılan yükleme deneyleri irdelenmiştir. Deney sonuçları göçme yükü-oturma ve 4mm oturma yaptıran yük için oluşturulan grafiklerle sunulmuştur (Şekil 5.79. ve Şekil 5.80).

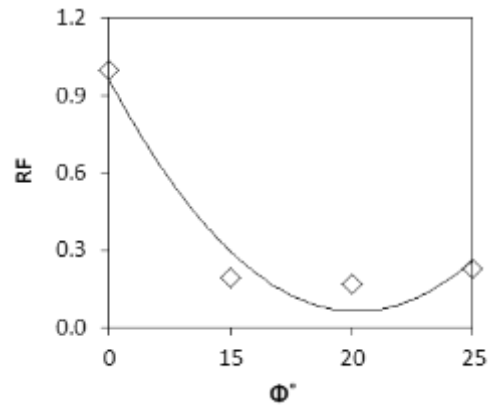


Şekil 5.79. H/B=0.33, e/B=0.3 "-" yönlü eğik diş, eğiklik; 15°, 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

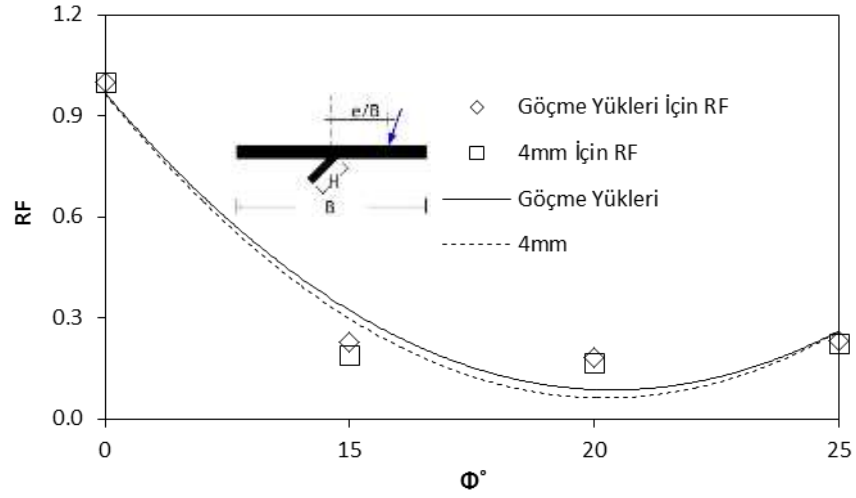
Şekil 5.79'da büyük eğiklik derecelerinde daha büyük göçme yükleri elde edildiği görülmektedir. "-" yönlü eğik dişin, merkezi yükleme durumunda elde edilen göçme yükünü aşabilecek kadar bir katkı sağlamadığı görülmektedir. Göçme yükleri ve 4mm oturma yaptıran yükler için oluşturulan azalma faktörleri Şekil 5.80'de yer almaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



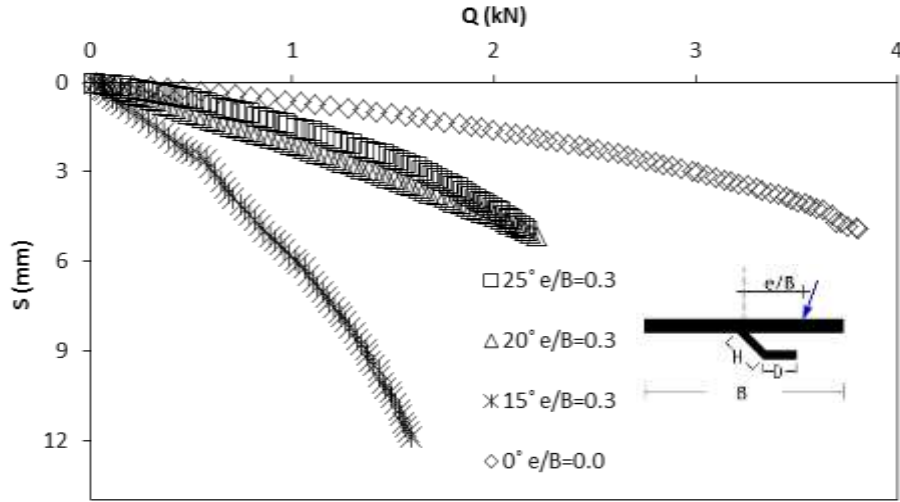
(c)

Şekil 5.80. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$ “-” yönlü eğik diş, eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.80’den “-” yönlü dişin farklı eğiklik dereceleriyle yapılan deneylerde azalma faktörlerinde belirgin bir değişim gözlenmediği anlaşılmaktadır.

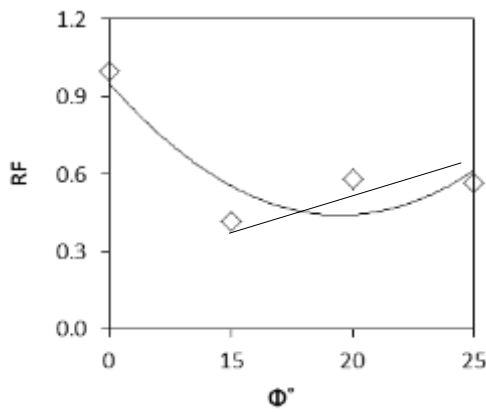
5.6.7. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$ “+” Yönlü Eğik Diş, $D=10\text{cm}$ “+” Yönlü Topuk, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

Bu deney grubunda “+” yönlü eğik diş “+” yönlü topuk eklenerek elde edilen temel modeliyle yapılan 3 adet deney yer almaktadır. Deneyler Seri 6’nın diğer tüm deneylerinde olduğu gibi gevşek zemin ortamında yapılmıştır. Yükleme deneylerinde $e/B=0.3$ sabit tutulup, 15° , 20° ve 25° eğiklik dereceleri esas alınmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen yük-oturma grafiği Şekil 5.81’de, azalma faktörleri de Şekil 5.82’de sunulmaktadır.

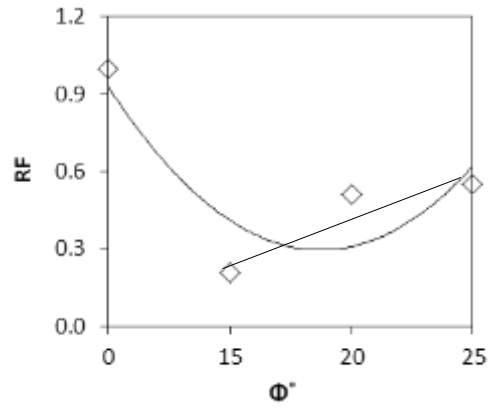


Şekil 5.81. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ "+" yönlü topuk, "+" yönlü eğik diş eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

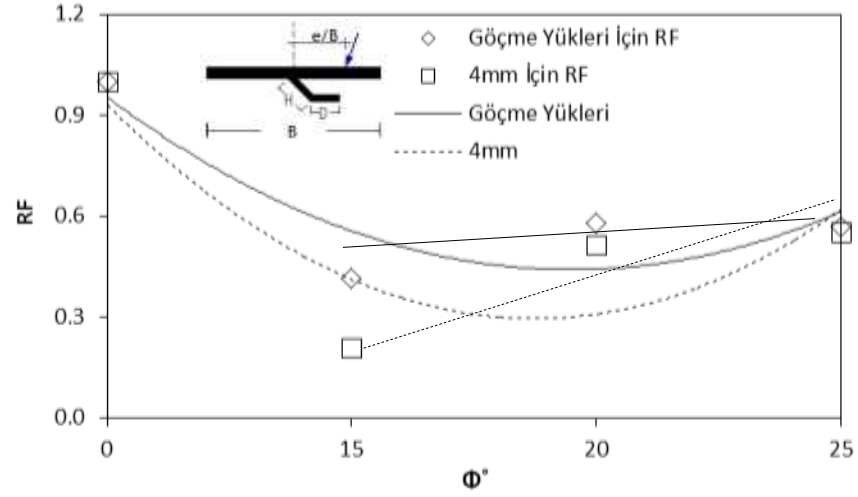
Şekil 5.81'den büyük eğiklik derecelerinde daha büyük göçme yükü değerlerinin elde edildiği gözlenebilmektedir. Bunun nedeni daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi diş ve topuğun eğik yüklemeye doğan yatay yükü karşılamasıdır. Şekil 5.82'de göçme yükü ve 4mm'lik oturmaya karşılık gelen azalma faktörleri yer almaktadır.



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



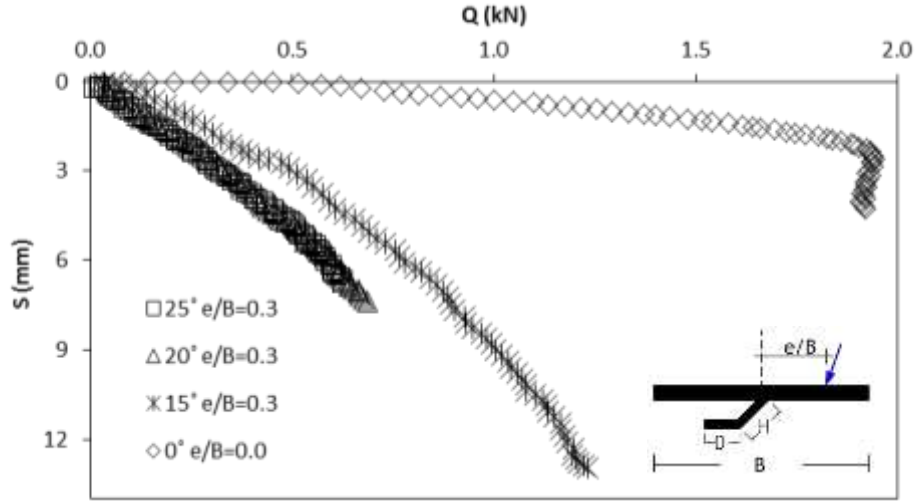
(c)

Şekil 5.82. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “+” yönlü topuk, “+” yönlü eğik diş eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.82’de eğiklik derecesi arttıkça azalma faktörünün de arttığı görülmektedir.

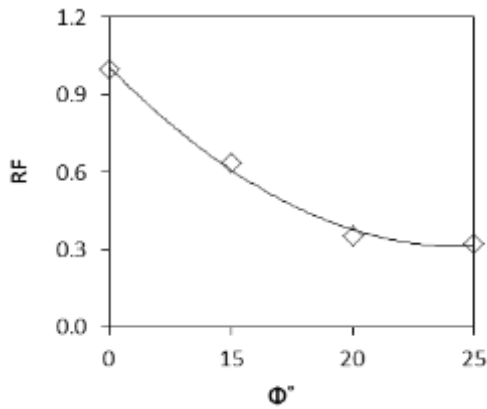
5.6.8. Seri 6: Eğik-Eksantrik Yükleme, Gevşek Zemin, $H/B=0.33$ “-” Yönlü Eğik Diş, $D=10\text{cm}$ “-” Yönlü Topuk, $e/B=0.3$, Eğik-Eksantriklik Etkisi

Seri 6.6’da eğik diş ve topuğun “-” yönlü olma durumu için elde edilen temel modeliyle yapılan deneyler esas alınmıştır. Bu kapsamda yapılan 3 adet deneyin sonuçları Şekil 5.83. ve Şekil 5.84’te verilmiştir.

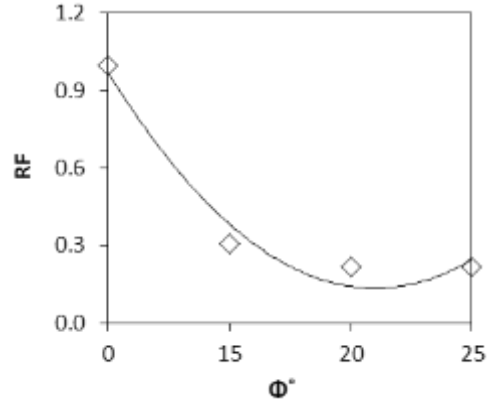


Şekil 5.83. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “-” yönlü topuk, “-” yönlü eğik diş eğiklik; 15° , 20° ve 25° için yük-oturma eğrileri

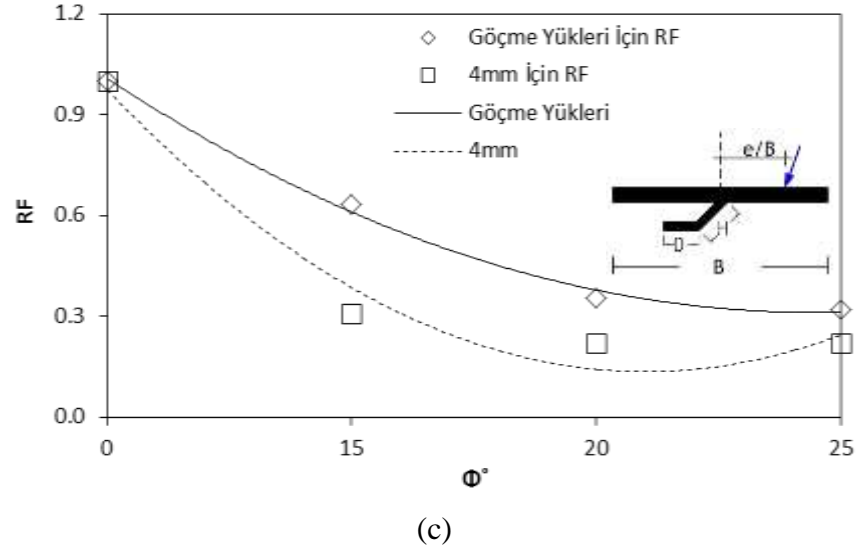
Şekil 5.83’te eğiklik derecesi arttıkça göçme yükünün azaldığı görülebilmektedir. Eğik diş ve topuğun “+” yönlü olma durumunda elde edilen davranışın tersi yönündeki bu sonuç, topuğun “-” yönde olması nedeniyle düşey yük bileşenini karşılayamadığı şeklinde yorumlanmıştır. Benzer şekilde yukarıda belirtilen yükleme koşulları için azalma faktörleri aşağıda verilmiştir (Şekil 5.84.).



(a) Göçme yükleri için RF



(b) 4mm yüke karşılık RF



Şekil 5.84. $H/B=0.33$, $e/B=0.3$, $D=10\text{cm}$ “-” yönlü topuk, “-” yönlü eğik diş eğiklik; 15° , 20° ve 25° için azalma faktörleri

Şekil 5.84’te “-” yönlü eğik diş ve topukta eğiklik derecesi artıkça azalma faktörlerinin düştüğü görülmektedir.

Özetle, Seri 6’da farklı temel modelleriyle yapılan eğik-eksantrik yüklemelerde, temel modelinin bileşke yükün yatay yöndeki bileşenine direnç gösteren temel modellerinde daha büyük göçme yükleri değerleri elde edilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında şerit temel ve şerit temeile ilave yapılarla oluşturulan T-Kesitli temelerde taşıma gücü ve oturmalar deneysel olarak incelenmiştir. Şerit temeile dış ve topuk ilaveleri yapılarak oluşturulan temel kombinasyonlarıyla gevşek ve sıkı zemin ortamında, farklı eksantrik oranları ve eğiklik dereceleriyle yükleme deneyleri yapılarak bu temel kombinasyonlarının taşıma gücüne ve oturmalara olan etkisi irdelenmiştir. Deneylerde bir adet yük ölçer ve iki adet deplasman ölçer kullanılarak, yük ve yüke karşılık gelen oturmalar belirlenmiş ve bu sonuçlar doğrultusunda yük-oturma eğrileri ve azalma faktörleri oluşturulmuştur. Ayrıca 4mm oturma yaptıran yük miktarı için azalma faktörleri belirlenmiştir. 138 adet deneyin 6 seri halinde yapıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

- Şerit temelle gevşek ve sıkı zemin ortamında farklı eksantrisite oranlarda yükleme deneyleri yapılmış ve artan eksantrik etki altında taşıma gücünün azaldığı tespit edilmiştir. Şerit temelde $e/B=0.0$, $e/B=0.1$, $e/B=0.2$, $e/B=0.3$, $e/B=0.4$ ve $e/B=0.5$ eksantrik etki altında gevşek zemin ortamında sırasıyla 0.788kN, 0.597kN, 0.458kN, 0.347kN, 0.150kN ve 0.096kN göçme yükü değeri elde edilirken sıkı zemin ortamında sırasıyla 4.626kN, 2.790kN, 1.741kN, 0.312kN, 0.217kN ve 0.138kN göçme yükü değeri elde edilmiştir. Her iki zemin ortamında en büyük göçme yükü merkezi yükleme durumunda elde edilmiştir. Eksantrisiteye bağlı göçme yükü ve toplam oturma davranışı hem gevşek hem de sıkı zemin ortamında benzer olmaktadır. Aynı eksantrik etki altında sıkı zeminde daha büyük göçme yükü ve küçük oturma değeri tespit edilmiştir. 4mm oturma yaptıran yük miktarı e/B oranı artıkça azalmaktadır. Bununla ilişkili olarak artan e/B oranlarında yapılan yüklemelerde azalma faktörleri değerleri azalmaktadır.
- Şerit temel ortasına düşey yönde uzanan dış ilavesiyle oluşturulan T-Kesitli temelle yükleme deneyleri yapılmış aynı yükleme ve zemin ortamında şerit temeile göre daha büyük göçme yükü değeri ve daha küçük oturma miktarları elde edilmiştir. Şerit temelde $e/B=0.0$, $e/B=0.1$, $e/B=0.2$, $e/B=0.3$, $e/B=0.4$ ve

$e/B=0.5$ eksantrik etki altında gevşek zemin ortamında sırasıyla 0.788kN, 0.597kN, 0.458kN, 0.347kN, 0.150kN ve 0.096kN göçme yükü değeri elde edilirken $H/B=0.33$ olan T-Kesitli temelde aynı yükleme ve zemin ortamında sırasıyla 1.900kN, 1.313kN, 1.146kN, 0.564kN, 0.301kN ve 0.230kN göçme yükü değerleri elde edilmiştir.

- T-Kesitli temelde diş uzunluğu artırılarak yapılan farklı deneylerde aynı yükleme ve zemin şartlarında diş uzunluğunun artmasının taşıma gücünü artırıp oturma değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Gevşek zemin ortamında $e/B=0.3$ eksantrik etki altında $H/B=0.17$, $H/B=0.33$ ve $H/B=0.50$ oranlarında yapılan yükleme deneylerinde sırasıyla 0.505kN, 0.564kN ve 1.248kN göçme yükü değeri elde edilmiştir.
- T-Kesitli temele topuk eklenmesiyle oluşan temel modeliyle yapılan deneylerde aynı yükleme ve zemin şartlarında topuksuz temele göre daha büyük göçme yükü değeri elde edilmiştir. Gevşek zemin ortamında $H/B=0.33$ düz dişli temelde $e/B=0.0$, $e/B=0.1$, $e/B=0.2$, $e/B=0.3$, $e/B=0.4$ ve $e/B=0.5$ eksantrisite oranlarında topuksuz ve topuklu temel modelleriyle yapılan deneylerde sırasıyla 1.900kN, 1.313kN, 1.146kN, 0.564kN, 0.301kN 0.230kN; 2.598kN, 2.963kN, 1.926kN, 0.925kN, 0.326kN ve 0.232kN göçme yükü değerine ulaşılmıştır.
- Topuklu temel modelinde topuğun “+” yönlü olma durumunda “-” yönlü olma haline göre daha büyük göçme yükü ve daha az oturma değeri verdiği tespit edilmiştir. Sıkı zemin ortamında $H/B=0.33$ sabit tutulup aynı eksantrisite etkisi altında “+” ve “-” yönlü topuk için sırasıyla 9.555kN, 8.621kN, 5.230kN, 2.738kN, 0.591kN, 0.236kN; 9.202kN, 6.526kN, 2.553kN, 0.901kN, 0.831kN ve 0.240kN’luk göçme yükü elde edilmiştir.
- Eğik dişli temel modeliyle yapılan deneylerde, aynı yükleme ve zemin şartlarında düz dişli temel modeliyle yapılan deneylerden daha büyük göçme yükleri elde edilmiştir. Gevşek zemin ortamında $H/B=0.33$ sabit tutulup düz dişli ve “-” yönlü eğik dişli temel modelleriyle yapılan deneylerde aynı eksantrisite oranında sırasıyla 1.900kN, 1.313kN, 1.146kN, 0.564kN, 0.301kN 0.230kN; 2.339kN, 2.606kN, 1.118kN, 0.647kN, 0.260kN ve 0.222kN’luk göçme yükü değerlerine ulaşılmıştır.

- Aynı yükleme ve zemin şartlarında “-” yönlü eğik dişli temel modeliyle yapılan deneylerde “+” yönlü temel modeline göre daha büyük göçme gücü değerine ulaşılmıştır. $H/B=0.33$ sabit tutulup gevşek zemin ortamında aynı yükleme şartlarında “+” ve “-” yönlü eğik dişli temel modelleriyle yapılan deneylerde sırasıyla 1.414kN, 1.034kN, 0.798kN, 0.483kN, 0.206kN, 0.156kN ve 2.339kN, 2.606kN, 1.118kN, 0.647kN, 0.260kN ve 0.222kN’luk göçme yükü değerleri elde edilmiştir.
- Eğik dişe topuk ilavesiyle oluşturulan temel modeliyle aynı yükleme ve zemin şartlarında yapılan deneylerde eğik dişin ve topuğun “+” yönlü olması “-” yönlü olma durumuna göre daha büyük göçme yükü değerleri vermiştir. Aynı zemin ve yükleme şartlarında eğik dişin ve topuğun “+” yönlü ve “-” yönlü olmasıyla yapılan deneylerden elde edilen göçme yükleri sırasıyla 3.805kN, 2.418kN, 1.774kN, 1.060kN, 0.790kN, 0.313kN; 1.941kN, 1.304kN, 0.640kN, 0.417kN, 0.253kN ve 0.150kN olarak belirlenmiştir.
- Eğik dişli topuklu temel modelinde, aynı şartlarda topuksuz temel modeline göre daha büyük göçme yükü değeri elde edilmiştir. Gevşek zemin ortamında “+” yönlü eğik dişli ve topuklu temel modelinin $e/B=0.0$, $e/B=0.1$, $e/B=0.2$, $e/B=0.3$, $e/B=0.4$ ve $e/B=0.5$ eksantrisite oranında yapılan yükleme deneylerde sırasıyla 3.805kN, 2.418kN, 1.774kN, 1.060kN, 0.790kN ve 0.313kN’luk göçme yükleri elde edilirken, aynı zemin ve yükleme şartlarında “+” yönlü topuksuz eğik dişle yapılan deneylerde 1.414kN, 1.034kN, 0.798kN, 0.483kN, 0.206kN ve 0.154kN’luk göçme yüklerine ulaşılmaktadır.
- Şerit temelde $e/B=0.3$ sabit tutulup farklı eğiklik dereceleriyle yapılan yükleme deneylerinde eğiklik derecesi arttıkça göçme yükü azalmaktadır. Bu yüklemelerde elde edilen göçme yükü, merkezi ve eğiklik olmaksızın yapılan yükleme deneyinde elde edilen göçme yükünden az olmaktadır. Gevşek zemin ortamında $e/B=0.0$ ve $\Phi=0^\circ$ iken 0.788kN’luk göçme yükü değeri kaydedilmektedir. Aynı zemin ortamında $e/B=0.3$ ve eğiklik derecesinin 15° , 20° ve 25° olması durumunda sırasıyla 0.431kN, 0.352kN ve 0.253kN’luk göçme yükleri elde edilmiştir.
- T-Kesitli temelde farklı eğiklik derecelerinde yapılan yükleme deneylerinde eğiklik miktarının artmasının şerit temelde olduğu gibi göçme yükünü

azaltmadığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni eğik yüklemelerde dışın bileşke kuvvetinin yatay bileşenine karşı direnç göstermesi olarak açıklanmıştır.

- Aynı yükleme ve zemin şartlarında düz dişli temeğe “+” yönde topuk ilavesiyle oluşturulan temel modeliyle yapılan deneylerde topuksuz temeğe göre daha büyük göçme yükü değerine ulaşılmıştır. Gevşek zemin ortamında $e/B=0.3$ sabit tutulup aynı eğiklik derecelerinde yapılan yükleme deneylerde düz dişin “+” yönlü topuklu olması ve topuksuz olma durumu için göçme yükleri sırasıyla 2.551kN, 2.824kN, 2.546kN; 0.696kN, 0.924kN ve 0.603kN olmaktadır.
- Aynı yükleme şartlarında “-” yönlü topuk ilavesiyle yapılan deneylerde elde edilen göçme yükü “+” yönlü topuk ilavesinde elde edilen göçme yükünden daha düşük elde edilmiştir. Gevşek zemin ortamında $H/B=0.33$, $D=10\text{cm}$, $e/B=0.3$ ve eğiklik dereceleri 15° , 20° ve 25° iken sırasıyla 2.551kN, 2.824kN, 2.546kN’luk göçme yüklerine ulaşılrken aynı şartlarda “-” yönlü topuk durumunda 0.833kN, 1.046kN ve 1.308kN’luk göçme yüküne ulaşılmaktadır.
- “+” yönlü eğik dişli temel modelinde farklı eğiklik derecelerinde yapılan deneylerde eğiklik derecesi arttıkça göçme yükü değerinin azaldığı belirlenmiştir.
- “+” yönlü eğik dişli temel modeliyle yapılan deneylerde düz dişli temeğe göre daha büyük göçme yükü değeri tespit edilmiştir.
- “-” yönlü eğik dişli temel modeliyle yapılan deneyler eğik dişin “+” yönlü olmasından daha az göçme yükü değeri vermiştir.
- Aynı yükleme ve zemin şartlarında eğik dişin ve topuğun “+” yönlü olması “-” yönlü olmasına göre daha büyük göçme yükü değerini verdiği tespit edilmiştir.

6.2. Öneriler

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalara ilave olarak aşağıda sunulan çalışmaların yapılması önerilmektedir.

- Deney sonuçları sayısal analizlerle iki ve üç boyutlu olarak modellenip analiz edilebilir.
- Deneyler büyük ölçekler kullanarak arazi ortamında yapılabilir.
- T-Kesitli temel modelinde diş yatayda merkezden sağ ve sol yönlü kaydırılıp aynı yükleme şartlarında deneyler tekrarlanabilir.

KAYNAKLAR

- Bowles, J. E., 1996: Foundation Analysis and Design, 5th ed., **The Mc Graw Hill Companies, Inc.**
- Çinicioğlu, S. F., 2005: Zeminlerde statik ve dinamik yükler altında taşıma gücü anlayışı ve hesabı, **Seminer**, IMO İstanbul Şubesi.
- Das, B. M., Shin, E. C. , Omar, M. T. (1994) “ The Bearing Capacity of Surface **Geotechnical and Geological Engineering**, 12, 15-33.
- Davarcı, B., 2013. Donatılı Kum Zemine Oturan Çok Kenarlı Yüzeysel Temellerin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Hansen, J.B. 1970. **A revised and extended formula for bearing capacity**. Geoteknik Inst., Bulletin 28, pp. 5-11.
- Imai, T. and Yoshimura, M., 1976. The Relation of Mechanical Properties of Soils to P and S Wave Velocities for Soil Ground in Japan, Urana Research Institute, OYO corp.
- Kaya, N., Örnek, M., 2013, “Experimental and Numerical Studies of T-Shaped Footings”, **Acta Geotechnica Slovenica**, Vol.10, p. 43-58.
- Keçeli, A., 1990. Sismik Yöntemlerle Müsade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik, 4, p. 83-92.
- Keçeli, A., 1990. Sismik Yöntemlerle Müsade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik, 4, p. 83-92.
- Meyerhof, G. G. (1951) “The Ultimate Bearing Capacity of Foundations”, *Geotechnique*, 2, 301-302.
- Meyerhof, G. G. (1953) “The Bearing Capacity of Foundations Under Eccentric and Inclined Loads”, **Proc. Int. Conf. Soil Mechanics**, Vol. I, 440-445.
- Meyerhof, G. G. 1957. **The ultimate bearing capacity of foundations on slopes**, in Proc., IV Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., London England, 1: 384-386.

- Morođlu B., Uzuner A.B., 2002. Donatılı Kuma Oturan Eksantrik Yüklü Model Yüzey Şerit Temellerin Davranışı. **Zemin Mekaniđi ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Kongresi**, 21-22 Ekim 2002, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Prakash, S. Saran, S. (1971) “Bearing Capacity of Eccentrically Loaded Footings”, J. SM & FE Division, ASCE, 97, 901-921. Strip Foundations on Geogrid-Reinforced Sand and Clay-A Comparative Study”,
- Terzaghi, K., 1943. Therotical Soil Mechanics, 4th ed., **John Wiley & Sons, Inc.**, New York.
- Türker, E., 2004. Computation Capacity of Shallow foundations. **Chapter 3 of Foundation Engineering Handbook**, Hans F. Winterkorn and Hsai Yang Fang (Eds) Van Nostrand Reinhold.
- Uzuner, B. A. (1975) “Centrally and Eccentrically Loaded Strip Foundations on Sand”, PhD Thesis, Strathclyde University, Glasgow, Scotland.
- Uzuner, B., A., 1975. **Temel Mühendisliđine Giriş**, Derya Kitabevi, Trabzon.
- Yetimoğlu, T., 1994. Geogrid Donatılı Kum Zemine Oturan Temellerin Taşıma Kapasitesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yetimoğlu, T., WU. J. and SAGLAMER, A., 1994. Bearing Capacity of Rectangular Footings on Geogrid Reinforced Sand. **Journal of Geotechnical Engineering**, 120 (12), 2083-2099.
- Yıldırım H., Tonyalı İ., 2011. Zemin İnceleme Yöntemlerini Kullanan Taşıma Gücü Analiz Metodlarının İncelenmesi. **4. Geoteknik Sempozyumu**, 1-2 Aralık 2011, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Yıldız, A., 2002. Donatılı Zeminler Üzerine Oturan Yüzeysel Temellerin Analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Şırnak'ın Uludere ilçesinde doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Mersin'de tamamladı. 2008 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2012 yılında mezun oldu. Aynı yılda Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Lisans eğitiminin ardından meslek hayatına atılarak bir çok firmada statik proje müellifliği ve şantiye danışmanlığı yaptı. Yazar halen NİKA GEOTEKNİK MÜH. TAAH. TİC. ve SAN. LTD. ŞTİ. sahibi ve müdürü olarak inşaat mühendisliğinin birçok alanında proje, müteahhitlik ve müşavirlik hizmetlerini sürdürmektedir.

