



ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

YERALTI SU SEVİYESİ YÜKSEK PROBLEMLİ
ZEMİNLERDE TEMEL TASARIMI

Abdulselam GERGİN
Yüksek Lisans

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nazile URAL

BİLECİK - 2019
Ref. No: 10251300



**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**YERALTI SU SEVİYESİ YÜKSEK PROBLEMLİ
ZEMİNLERDE TEMEL TASARIMI**

**Abdulselam GERGİN
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nazile URAL**

BİLECİK, 2019



**ESKİŞEHİR
ANADOLU UNIVERSITY**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK**

SEYH EDEBALI UNIVERSITY

**Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering**

**FOUNDATION DESIGN ON THE PROBLEMATIC SOILS
WITH HIGH GROUNDWATER LEVEL**

**Abduselam GERGİN
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Assoc. Prof. Dr. Nazile URAL**

BİLECİK, 2019




BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 17/04/2019 tarih ve 23/02... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 01/05/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Abdulselam GERGIN'ın "Yeraltı su seviyesi yüksek problemlilerde temel taşıma" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.


JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI):

Doç. Dr. Nazile URAL 

ÜYE:

Prof. Dr. Ahmet TUNCAN 

ÜYE:

Doç. Dr. Sedat SEÇT 

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve .../.../... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım boyunca benden bilgi, tecrübe ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, çok değerli hocam Doç. Dr. Nazile URAL'a, bana çalışmam boyunca destek olan kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Burak GÖRGÜN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarımın büyük bölümünde her türlü teknik desteği sağlayan ve gerekli fedakarlığı gösteren kıymetli arkadaşlarım Merve YİĞİT ve Nihan SEZGİN DOĞRUL'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak fakat öncelikle belirtmem gerektiğine inandığım; benim yetişmemde ellerinden gelenin fazlasını yapan ve emeklerini esirgemeyen kıymetli anneme, babama ve kardeşlerime tüm kalbi teşekkürlerimi, saygılarımı ve sevgilerimi sunuyorum.

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu Üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

...../...../ 2019

Abduselam GERGİN

YERALTI SU SEVİYESİ YÜKSEK PROBLEMLİ ZEMİNLERDE TEMEL TASARIMI

ÖZET

Bu çalışma arazide zemin özelliklerinin incelenmesi, yapının tasarımı için gerekli malzeme parametrelerinin belirlenmesi ve arazi modelinin çıkarılması için yapılan araştırmaların tümünü kapsamaktadır. Temel tasarım ve uygulama aşamalarında bir takım zorluklarla karşılaşılmaktadır. Mevcut yeraltı su seviyesinin yüksek olması, üzerine gelen yükler altında taşıma gücü yenilmesi, sıvılaşma gibi birçok problemin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Çalışma kapsamında siltli kum, killi kum, düşük plastisiteli kil, yüksek plastisiteli kil, düşük plastisiteli silt ve yüksek plastisiteli silt zemin tabakalarından oluşan yeraltı su seviyesi yüksek problemlı zemin profilleri üzerine oturan temel sistemleri modellenmiştir. Problemlı zeminlerde zemin özellikleri ve yeraltı su seviyesi gibi değişkenlerin esasını oluşturacağı kombinasyonlar için temel sisteminin göstereceği gerilme ve deplasman durumları etkisi incelenmiştir. Tez kapsamında taşıma gücü analizi ve oturma analizi için sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan bilgisayar yazılımlarından birisi olan PLAXIS 2D programına yer verilmiştir. Geleneksel metotlarla göz önüne alınamayan birçok parametre sonlu elemanlar ve benzeri yöntemler kullanan yazılımlarla kolay modellenebilmektedir.

Modellemede 22x50m boyutlarındaki radye temel ve kazıklı radye temel; düşey olarak temelin kendi ağırlığı, 6 katlı bir yapıya ait üst yapı yüklerine ve 5.4 büyüklüğünde deprem yüküne maruz bırakılmıştır. Modelde kullanılan zemin parametreleri değiştirilerek yükleme altında elde edilen, temele ait gerilme ve deplasman değerleri karşılaştırılarak temel tasarımları irdelenmiştir. Radye ve kazıklı radye temel modelleri ile yapılan analizlerde, kazıklı radye temel sisteminde radye temele göre daha küçük deplasmanlar oluşmaktadır. Zemin parametrelerinin taşıdığı yük üzerinde önemli etkileri olduğu ve yeraltı su seviyesinin zemin özellikleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Ayrıca yeraltı su seviyesi yüksek zeminlerde deprem etkisinde meydana gelen deplasman değerlerinin depremsiz duruma göre arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Temel Sistemi; Yeraltı Su Seviyesi; Zemin Sınıfları; Deprem; PLAXIS 2D.

FOUNDATION DESIGN ON THE PROBLEMATIC SOILS WITH HIGH GROUNDWATER LEVEL

ABSTRACT

In this work the examination on soil properties of the land includes the determination of the parameters of required materials for the design of the structure and all studies that were made to design the terrain were included. A number of difficulties are experienced during the foundation design and implementation steps. The current underground water level being high causes so many problems such as the failure in carrying the loads put on or the liquefaction and liquefaction.

With in the scope of the study, the foundation systems sitting on the soil profile which has the problematic of elevation of groundwater and compose the strata of silty sand, clayed sand, high plasticity sand, low plasticity silt, and high plasticity silt were modeled. For the combination that will be a basis to the features such as the kind of soil and underground water level in the problematic soil, the effects of the stress and displacement situations in the foundation system were examined. With in the scope of the dissertation, for analysis of the ultimate bearing capacity and the settlement analysis, empirical calculation method and PLAXIS 2D which is one of the computer software that works with finite element method were included. Numerous parameters that cannot be taken into consideration by traditional methods can be easily modeled with the help of software that uses finite elements and similar methods.

In the calculation, the 22 x 50m raft foundation was vertically subjected to the self-weight of the foundation, the upper structure loads of six-floors structure, and 5.4 magnitude earthquake load. The foundation parameters used in the model has been changed and the foundation design was examined by the comparison between the stress that was obtained under the loading and the displacement value. In the analyzes conducted with raft and raft foundation models, smaller displacements are formed in raft foundation system compared to raft foundation. It has been observed that the ground parameters have significant effects on the load and the ground water level has adverse effects on soil properties.

In addition, it is observed that the displacement values occurring in the earthquake effect on the high ground water level increased compared to the earthquake free condition.

Key Words: Foundation Systems; Underground Water Level; Soil Classes; Earthquake; PLAXIS 2D.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR
BEYANNAME
ÖZET	I
ABSTRACT	II
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. TEMELLER	22
3.1. Yüzeysel Temeller.....	23
3.1.1. Kare ve Dikdörtgen Temeller	23
3.1.2. Daire ve Halka Temeller.....	24
3.1.3. Birleşik Temel	25
3.1.4. Sürekli Temel.....	25
3.1.5. Yayılı Temel	26
3.2. Derin Temeller	27
3.2.1. Kazıklı Temeller	27
3.2.2. Ayak(Kuyu) Temel.....	29
3.2.3. Keson(Kutu) Temel	30
3.3. Temel Tasarımını Etkileyen Faktörler	31
3.3.1. Zemin sınıfı etkisi	31
3.3.2. Yeraltı suyu etkisi	32
3.3.3. Deprem etkisi.....	32
4. TEMEL HESAP YÖNTEMLERİ	33
4.1.Yüzeysel Temeller İçin Taşıma Gücü Hesabı.....	33

4.2. Yüzeysel temeller için oturma hesabı	42
4.3. Derin temeller için taşıma gücü hesabı	50
4.3.1.Kazıkların yük altındaki davranışı.....	50
4.3.2.Kohezyonsuz zeminlerde kazık taşıma gücü.....	52
4.3.3.Kohezyonlu zeminlerde kazık taşıma gücü	55
4.3.4.Kazıklarda grup etkisi.....	57
4.3.5.Derin temellerde oturma hesabı.....	60
5. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ ve PLAXIS.....	61
5.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi	61
5.2. PLAXIS Programı	62
5.2.1. Geometrik modelin oluşturulması	62
5.2.2. Yapı elemanları.....	64
5.2.3. Zemin Modelleri	65
5.2.4.Programın Kullanılması.....	66
6. MATERYAL VE METOT	69
6.1. Materyal.....	69
6.2. Metot	73
7.SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE YAPILAN MODELLER.....	76
7.1. Radye Temelin Statik Yük Altındaki Deplasmanları.....	77
7.2. Kazıklı Radye Temelin Statik Yük Altındaki Deplasmanları	81
7.2. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	97
7.4. Deprem Büyüklüğü Etkisine Maruz Kalan Temellerin Deplasmanları	100
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ.....

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1.	Birinci mod spektral değerleri (E:Eingvalue, T:Periyot(sn), M:Toplam kütle(tn) (Elmas vd., 1997).....	5
Çizelge 2.2.	PLAXIS programı kullanılarak elde edilen model sonuçları (Çimen vd., 2015).....	17
Çizelge 2.3.	Şev probleminin el ile çözümü (Alkaya, 2016).....	19
Çizelge 4.1.	Terzaghi Taşıma Gücü Faktörleri.....	37
Çizelge 4.2.	Terzaghi'nin Değiştirilmiş Taşıma Gücü Faktörleri.....	38
Çizelge 4.3.	Vesic (1970) tarafından Önerilen Taşıma Gücü Faktörleri.....	41
Çizelge 4.4.	Bowles (1994) tarafından önerilen poisson oranları (Yüksel Proje, 2007).....	45
Çizelge 4.5.	Temel dönmesi hesabı için tesir sayıları, (Önalp ve Sert, 2006).....	46
Çizelge 4.6.	Skempton ve Bjerrum (1957) tarafından önerilen μ katsayıları.....	47
Çizelge 4.7.	Müsaade Edilebilir Oturma Miktarı (Tuncan, 2016).....	50
Çizelge 4.8.	Pasif toprak basıncı katsayıları (K_0) (Tomlinson, 2008).....	54
Çizelge 4.9.	Yatay zemin gerilmeleri katsayısı değerleri, (K_s)(Tomlinson, 2008).	54
Çizelge 4.10.	Çeşitli koşullar için kazık-toprak sürtünme açısı değerleri (Tomlinson, 2008).....	55
Çizelge 6.1.	Çalışmada modellenen zemin parametreleri.....	72
Çizelge 6.2.	Radye temelin özellikleri.....	72
Çizelge 6.3.	Subasman perdesi özellikleri.....	72
Çizelge 6.4.	Kazıklı radye temel için kullanılan özellikler.....	73
Çizelge 6.5.	Oturma Kriterleri (Tuncan, 2017).	75
Çizelge 7.1.	-2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.....	78
Çizelge 7.2.	-5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.....	80
Çizelge 7.3.	-2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.....	82
Çizelge 7.4.	-5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.....	84

Çizelge 7.5.	-2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.	86
Çizelge 7.6.	-5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.....	88
Çizelge 7.7.	-2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.	90
Çizelge 7.9.	-5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.	92
Çizelge 7.10.	-2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.	94
Çizelge 7.11.	-5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.	96
Çizelge 7.12.	-2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması ile 5.4 büyüklüğünde deprem etkisinde yapılan analiz sonuçları.....	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Yapı modelleri (Elmas ve Kutanis, 1997).....	5
Şekil 2.2. Tasarım modelinin plandaki görünümü ve üç boyutlu görüntüsü (Eke, 2004).	6
Şekil 2.3. Örnek modelin gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge gerilmeleri t/m ² cinsinden ifade etmektedir.) (Eke, 2004).	7
Şekil 2.4. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı (Eke, 2004).	8
Şekil 2.5. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı (Eke, 2004).	8
Şekil 2.6. Taş kolon uygulaması (Nalçakan, 2004).	9
Şekil 2.7. Antakya İli ve yakın çevresine ait zemin mukavemet haritası (Korkmaz, 2006).....	11
Şekil 2.8. Temsili zemin profili (Çimen vd, 2015).	16
Şekil 2.9. PLAXIS çözüm ekranı (Alkaya, 2016).	20
Şekil 2.10. Sürşarj yükünün artışı etkisi ile görülen yatay deplasmanlarda görülen değişiklik (Rahmani, 2016).	21
Şekil 3.1. Temel Çözümleri için Seçenekler. (a)Tekil/Bileşik/Sürekli Temel, (b)Yayılı- Bodrumlu Temel, (c)Zemin İyileştirmeli Temel, (d)Kazıklı Tekil Temel, (e)Kazıklı Yayılı Temel (Önalp ve Sert, 2006).	22
Şekil 3.2. Dörtgen Tekil Temeller (a)Kare (b)Dikdörtgen (c)Çelik (Önalp ve Sert, 2006).....	24
Şekil 3.3. Halka Temel (Önalp ve Sert, 2006).	24
Şekil 3.4. Bileşik Temeller (a)Eşit yük ve Momentli (b)İçteki Yük Büyük (c)Parsel kenarı-Dıştaki Yük Büyük (Önalp ve Sert, 2006).	25
Şekil 3.5. Çift ve Tek Yönde Sürekli Temeller (Önalp ve Sert,2006).	26
Şekil 3.6. Radye Temeller (Birand, 2006).	26
Şekil 3.7. Yapı Yüklerinin Derin Temeller ile Zemine Aktarılması (Önalp ve Sert, 2006).....	28
Şekil 3.8. Kuyu Temel Çeşitleri. (a)silindir şaftlı, (b)(c)ucu düğmeli, (d)kayaya yuvalanmış, (Önalp ve Sert, 2006).	30

Şekil 3.9.	Kazık biçimli Kutu Temel (Önalp ve Sert, 2006).	31
Şekil 4.1.	Göçme Mekanizmaları. (a) Genel, (b) Yerel, (c) Zımbalama,(Vesic, 1973; Berilgen, 2014).	33
Şekil 4.2.	Şerit Temel İçin Taşıma Gücü Modeli (Terzaghi, 1943).	34
Şekil 4.3.	Tekil temel örneği (Berilgen, 2014).	35
Şekil 4.5.	Dairesel, kare ve şerit temel için taşıma gücü faktörü, N_c (Das, 1984).	42
Şekil 4.6.	Christian ve Carrier (1978) tarafından hazırlanmış etki faktörleri (Yüksel Proje, 2007).	44
Şekil 4.7.	Elastik oturmaya dair katsayıları (Das, 1984).	45
Şekil 4.8.	Yük gerilme dağılımı(Yüksel Proje, 2007).	48
Şekil 4.9.	Üniform yüklenmiş dairesel alan altındaki düşey gerilmeler için etki değerleri (Yüksel Proje, 2007).	48
Şekil 4.10.	Üniform yüklenmiş dikdörtgen alanın köşesi altındaki düşey gerilme (Yüksel Proje, 2007).	49
Şekil 4.11.	Rijit temel altındaki gerilme dağılımı (Yüksel Proje, 2007).	49
Şekil 4.12.	Yüklemenin kazık üzerine etkisi. a) Yük- oturma eğrisi, b) Kazık boyunca alınan okumalar (Tomlinson, 2008).	51
Şekil 4.13.	Geniş çaplı yerinde dökme kazıklar için yük-oturma ilişkileri (Tomlinson, 2008).	52
Şekil 4.14.	Berezantsev'in taşıma kapasitesi faktörü (Tomlinson, 2008).	53
Şekil 4.15.	İçsel sürtünme açısı ve SPT-N sayıları arasındaki ilişki (Tomlinson, 2008).	53
Şekil 4.16.	Normal konsolide kum için kesme dayanımı açısı ve işlenmemiş koni penetrasyon dayanımı arasındaki ilişki (Tomlinson, 2008).	54
Şekil 4.17.	Kil içindeki imal edilen çakma kazıklar için adhezyon faktörleri. a) Kum veya kumlu çakıl içinden geçerek çakılan kazıklar, b) Zayıf kil zemin içinden geçerek çakılan kazıklar, c) Tek bir tabaka içinde çakılan kazıklar (Tomlinson, 2008).	56
Şekil 4.18.	Derine çakılan ağır yüklü kazıklar için adhezyon faktörleri. a) Drenajsız kayma mukavemeti/efektif jeolojik yük oranı için pik adhezyon faktörü, b) Uzunluk faktörü (okunan değer $F^* \alpha_p$ 'dir.) (Tomlinson, 2008).	56
Şekil 4.19.	Grup etkisi altındaki kazıkların davranışı (göçmesi) (Tomlinson, 2008). ...	57

Şekil 4.20. Tekil kazıkla kazık grubu altındaki basınç bölgelerinin karşılaştırması a) Tekil kazık, b) Kazık grubu (Tomlinson, 2008).....	58
Şekil 4.21. Kazık grubu uygulaması.....	59
Şekil 4.22. Kazık grubundan zemine yük transferi a) Sadece çevre sürtünmesi ile desteklenen kazık grubu, b) Zayıf kil zemin içinden hem çevre sürtünmesi hem de uç direnci alan sıkı granüler zemin tabakasına ankre edilmiş kazık grubu, c) Sıkışmayan sert tabakadan uç direnci alan kazık grubu (Tomlinson, 2008).....	59
Şekil 5.1. PLAXIS Düğüm ve Gerilme Noktaları (PLAXIS Manuel, 2002).	63
Şekil 5.2. PLAXIS proje özellikleri kontrol ekranı.	66
Şekil 5.3. Zemin ve geometrik model tanımlama ekranı.....	66
Şekil 5.4. Zemin tabakaları tanımlama ekranı.	67
Şekil 5.5. Zemin parametreleri giriş ekranı.	67
Şekil 5.6. Yapısal Eleman tanımlama ekranı.....	68
Şekil 5.7. Model mesh ekranı.	68
Şekil 6.1. Statik yükleme için kullanılan temel alanı ve bina yükleri.	70
Şekil 6.2. 5.4 büyüklüğündeki depreme ait ivme kaydı.	73
Şekil 6.3. Oluşturulan radye temel modeli.	74
Şekil 6.4. Radye temel modeli için mesh oluşturulması.	74
Şekil 6.5. Oluşturulan kazıklı radye temel modeli.	76
Şekil 6.6. Kazıklı radye temel modeli için mesh oluşturulması.	76
Şekil 7.1. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.	77
Şekil 7.2. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.....	77
Şekil 7.3. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.	78
Şekil 7.4. -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.	79
Şekil 7.5. -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.....	79

- Şekil 7.6.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **80**
- Şekil 7.7.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **81**
- Şekil 7.8.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman. **81**
- Şekil 7.9.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **82**
- Şekil 7.10.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **83**
- Şekil 7.11.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **83**
- Şekil 7.12.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **84**
- Şekil 7.13.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **85**
- Şekil 7.14.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman..... **85**
- Şekil 7.15.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1 zeminde meydana gelen toplam deplasman. **86**
- Şekil 7.16.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **87**
- Şekil 7.17.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman. **87**
- Şekil 7.18.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **88**
- Şekil 7.19.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **89**
- Şekil 7.20.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman. **89**
- Şekil 7.21.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **90**

- Şekil 7.22.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **91**
- Şekil 7.23.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman. **91**
- Şekil 7.24.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **92**
- Şekil 7.25.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **93**
- Şekil 7.26.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman. **93**
- Şekil 7.27.** -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **94**
- Şekil 7.28.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman..... **95**
- Şekil 7.29.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman. **95**
- Şekil 7.30.** -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman. **96**
- Şekil 7.31.** İki farklı yeraltı su seviyesinde model 1(üst SC/alt GC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği..... **97**
- Şekil 7.32.** İki farklı yeraltı su seviyesinde model 2(üst SM/alt GC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği..... **98**
- Şekil 7.33.** İki farklı yeraltı su seviyesinde model 3(üst ML/alt SM) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği..... **98**
- Şekil 7.34.** İki farklı yeraltı su seviyesinde model 4(üst MH/alt SM) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği..... **99**
- Şekil 7.35.** İki farklı yeraltı su seviyesinde model 5(üst CL/alt SC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği..... **99**
- Şekil 7.36.** İki farklı yeraltı su seviyesinde model 6(üst CH/alt SC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği..... **100**

Şekil 7.37. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.....	100
Şekil 7.38. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 2(üst SM/alt GC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.....	101
Şekil 7.39. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 3(üst ML/alt SM) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.....	101
Şekil 7.40. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 4(üst MH/alt SM) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.....	102
Şekil 7.41. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 5(üst CL/alt SC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.....	102
Şekil 7.42. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 6(üst CH/alt SC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.....	103
Şekil 7.43. Deprem etkisine maruz kalan farklı zemin modellerinde meydana gelen toplam deplasman grafiği.....	104

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler Dizini

q	: Sürşarj Yüklemesi
q_u	: Taşıma Gücü.
γ	: Birim Hacim Ağırlığı
γ_n	: Doğal Birim Hacim Ağırlığı
γ_k	: Kuru Birim Hacim Ağırlığı
γ_w	: Suyun Birim Hacim Ağırlığı
γ_s	: Dane Birim Hacim Ağırlığı
γ_{sat}	: Doymuş Birim Hacim Ağırlığı
γ_{unsat}	: Doymamış Birim Hacim Ağırlığı
E	: Elastisite Modülü
μ	: Poisson Oranı
G	: Kayma Modülü
V_p	: Boyuna Dalga Hızı
V_s	: Enine Dalga Hızı
PI	: Plastisite İndisi
WL	: Likit Limit
WP	: Plastik Limit
D_f	: Temel Gömme Derinliği
σ'_{Df}	: Efektif Gerilme
t	: Temel Kalınlığı
B	: Temel Genişliği
L	: Temel Uzunluğu
P	: Basınç
T	: Çekme
M	: Moment
Q_{cev}	: Kazık Çevre Sürtünmesi
$Q_{\text{uç}}$: Kazık Uç Sürtünmesi
c	: Zeminin kohezyonu
ϕ	: İçsel sürtünme açısı

N_c, N_q, N_γ	: İçsel sürtünme açısı ϕ' ye bağlı taşıma gücü faktörleri
N_c', N_q', N_γ'	: İçsel Sürtünme Açısı ϕ' ye Bağlı Değiştirilmiş Taşıma Gücü Faktörleri
$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Şekil Faktörleri
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Derinlik Faktörleri
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: Eğim Faktörleri
T	: Periyot
M	: Kütle
N	: Standart Penetrasyon Testi Vuruş Sayısı
W_s	: Kazık gövdesindeki yük
W_b	: Kazık ucundaki yük
A_s	: Kazık gövde kesit alanı
A_b	: Kazık uç kesit alanı
E_p	: Kazık malzemesinin elastik modülü
I_p	: L/B oranına bağlı tesir faktörü
E_b	: Kazık ucu altındaki zeminin deformasyon modülü
D	: Kazıkların boyu
B	: Kazık Grup genişliği
L	: Kazık Grup uzunluğu
c_{avg}	: Kazık grubu çevresindeki kil zeminin ortalama kohezyonu
η	: Kazık grup verimliliği
$Q_{g(u)}$: Kazık grubunun sınır taşıma gücü
Q_u	: Her bir kazığın grup etkisi olmadan sınır taşıma gücü
B	: Azaltma faktörü
σ'_{v0}	: İlgili derinlikteki efektif jeolojik yük
f_{sneg}	: Birim negatif çevre sürtünmesi
a	: Adhezyon faktörü
$C_{u,avg}$: Kazık gövdesi boyunca veya tekil zemin tabakası boyunca ortalama drenajsız kayma mukavemeti
S_i	: Ani Oturma
S_c	: Konsolidasyon Oturması
S_{se}	: İkincil Konsolidasyon Oturması
S_T	: Toplam Oturma

Kısaltmalar Dizini

CPT	: Koni Penetrasyon Testi
CH	: Yüksek Plastisiteli Kil
CL	: Düşük Plastisiteli Kil
GS	: Güvenlik Sayısı
MH	: Yüksek Plastisiteli Silt
ML	: Düşük Plastisiteli Silt
SC	: Killi Kum
SM	: Siltli Kum
SPT	: Standart Penetrasyon Testi

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliği çalışmaları genel olarak, zemin mekaniği, zemin dinamiği ve temel inşaatı ile ilgilidir. Çalışmalar öncelikle bir yapının yapılacağı zemin tabakalarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ile başlamaktadır. Belirlenen bu parametrelere bağlı olarak yapısal amaçlar doğrultusunda en uygun ve en güvenli temel sistemi seçilmektedir. Temel inşaatı uygulamalarında en önemli nokta, temelin oturacağı zemine gelen yüklerin ne kadar etki oluşturacağını değerlendirilmesidir. Zemin üzerine etki eden ilave yük artışları, bu artışlara bağlı gerilme, şekil değiştirme ve yapının denge durumları tahkik edilmelidir. Zeminlerin homojen ve izotrop olmayan malzemeler olduğu göz önüne alınarak zemin tabakalarının cinsi, yeraltı su seviyesi ve derinliğine bağlı olarak göstereceği davranışlarda farklılıklar gözlenmektedir.

Ülkemizin deprem kuşağında olmasından dolayı meydana gelen depremlere bağlı can ve mal kayıpları oldukça fazla olmaktadır. Özellikle 17 Ağustos 1999 Adapazarı depremi ile yaşanan can ve mal kayıpları da bu gerçeği doğrulamıştır. Yapılarda meydana gelen hasarlar dikkatle incelendiğinde birçoğunun zemin davranışına uygun tasarlanmadığı ve yapılmadığını ortaya çıkarmıştır. Depreme dayanıklı yapı kavramı ve bununla beraber temel tasarımı için zemin faktörünün ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiği ve problemlerle zeminlere sahip bölgelerde yapılacak yapıların temel sistemi seçiminin öneminin vurgulamaktadır. Geoteknik çalışmalarının bir diğer konusu olan temel mühendisliğinin en basit anlatımı, araştırma ile bulunan zemin parametreleri kullanılarak temel sistemi seçimi ve boyutlandırılmasıdır. Sonuç olarak geoteknik mühendisliği, yapının oturacağı zemin ve zemin üzerine yapılacak yapıya ait temel tipini ve temele etkileyen diğer etkenleri bir bütün olarak değerlendirmektedir.

Günümüzde insanoğlunun ihtiyaçlarının artması sonucu inşaat yapılması için gerekli alan ihtiyaçları doğmuştur. Fakat yoğun olarak ilerleyen yapılaşma ile birlikte iyi temel zemini özelliği gösteren yerlerin azalması sonucu uygun olmayan problemlerle zeminler üzerinde mühendislik yapılarının inşası zorunlu hale gelmiştir. Dolayısıyla zayıf temel zemini özelliği gösteren alanlar istenmese de imara açılmaktadır. Deprem kuşağında bulunan ülkemizde inşa edilen yapıların zemin özelliklerinin detaylı incelenip uygun temel sistemlerinin belirlenmesi açık bir şekilde bilinmektedir. Aynı zamanda, inşa edilecek olan yapılarda zemine aktarılan gerilmelerin oluşturacağı deplasman düzeylerinin yapıya zarar veremeyecek şekilde olması istenmektedir.

Arazide zemin özelliklerinin incelenmesi, yapının tasarımı için gerekli zemin parametrelerinin belirlenmesi ve arazi modelinin çıkarılması için yapılan araştırmaların tümünü kapsamaktadır. Zemin özelliklerine bağlı tasarım parametreleri, zeminin kayma direnci, zeminin dayanabileceği maksimum kayma gerilmesi olarak tanımlanmaktadır. Kayma direnci hesabı, zemine ait kayma direnci parametrelerinin (c "kohezyon", ϕ "içsel sürtünme açısı") belirlenmesini, bunun da çeşitli laboratuvar (kesme kutusu deneyi, serbest basınç deneyi, üç eksenli basınç deneyi, vane deneyi, düzlem deformasyon deneyi, hücre içi boş silindir kesme deneyi) ve arazi deneyleri (arazi vane deneyi, sondaj kuyusu kesme aleti, konik penetrometreler) ile belirlenmesini gerektirmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen parametrelere bağlı olarak tasarım ve uygulama aşamalarında güvenli tarafta kalınabilecektir.

Yeraltı su seviyesinin yüksek olması iklim ve coğrafi koşullara göre yükselmesi, üzerine yapılan yapıdan gelen yüklemeler altında taşıma gücü yenilmesi, sıvılaşma ve oturma gibi birçok sorunu da önümüze çıkarmaktadır. Yumuşak alüvyon zemin ve gevşek zemin özelliği gösteren bölgelerde, yeraltı su seviyelerinin yüzeye yakın olması, olası deprem durumunda deprem dalgalarının deprem genliklerini artırarak zemin büyütmesine yol açmaktadır (Korkmaz, 2006). Deprem ve benzeri afetler sırasında yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu kum zeminlerde sıvılaşmadan dolayı, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde binalarda devrilme, batma ve eğilme şeklinde hasarlar gözlenmiştir. Bu hasarlara bağlı binalar ve temel sistemleri üzerinde yapılan çalışmada zemin özelliğinden bağımsız tasarım yapıldığı ve yönetmeliklere uyulmadığı görülmektedir (Gündüz ve Arman, 2005). Yapıdan gelen sürşarj yükleme sonucu oluşan yatay deplasmanların, iksa sistemlerine ve yeraltı su seviyesinin yüksekliğine göre karşılaştırıldığında farklı su seviyelerine bağlı olarak oluşan deplasmanlar bilgisayar yazılımı ile hesaplanarak sonuçta yeraltı su seviyesinin zemin parametreleri üzerine negatif etki yaptığı, zemin değerlerinin zayıfladığı ve taşıma gücünün azaldığı görülmüştür (Rahmani, 2016).

Zemin özellikleri, sismik etkiler altında, normal olmayan yüklemelere maruz kalması sonucu, yapının tasarım aşamasında hatalarını ortaya çıkarmaktadır. Bu gibi durumlarda gerekli mühendislik uygulamaları ile mevcut zemine göre yapı temellerinin tasarımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Zayıf zeminler üzerinde kurulan yapılaşma

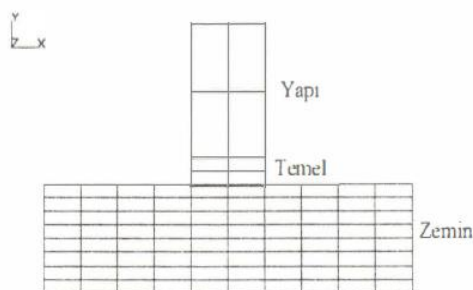
beraberinde birçok mühendislik problemlerinin çözümlenmesi için konu ile ilgili yeni yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi ve uygulanmaya balanması sonucunu doğurmuştur.

Sonuç olarak, problemleri zeminler üzerinde yapılacak yapı temeline yeraltı sularının vereceği zararı minimize etmeye çalışarak tasarım yapılmalıdır. Bu tez çalışmasında, temeller, gelişen teknolojinin katkısı ile sonlu elemanlar yöntemine göre hesap yapan PLAXİS 2D bilgisayar yazılımı yardımı ile çözümlenmiştir. Sonuçta, farklı değerler kullanılarak yapılan analizler sonucunda, temel tasarımı üzerine, zemin sınıfının etkisi, yeraltı suyunun etkisi ve deprem büyüklüğünün etkisi incelenmiştir.

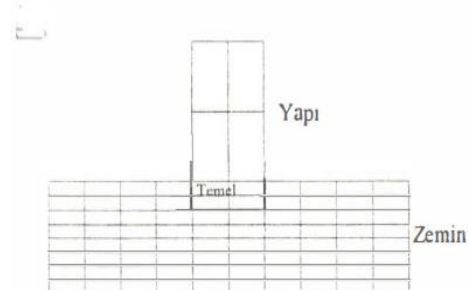
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Temel mühendisliği tarihinde ilk çalışma olma özelliği taşıdığı söylenen, Vitruvius' un M.Ö. 40 yıllarında kaleme aldığı De Architecture' un bazı bölümlerinde temel kazıları ve iyileştirme uygulamaları üzerine bazı kuralları ortaya konmuştur. Daha sonralarda yine benzer bir çalışma, Lie Jie tarafından Çin' de kamu binaları ve sarayların yapımı için yazılmış teknik şartnamedir. Temel inşaatı ve zemin iyileştirmesi konularını içermektedir. Hayatı boyunca yaptığı çalışmalarla Karl Terzaghi, modern Zemin Mekaniği'nin kurucusu kabul edilmiştir. 1906 yılında Viyana da bir inşaat firmasında çalışırken, görünürde sağlam olan zemin tabakalarının üzerine inşa edilen bir barajın çökmesi, ayrıca bulunduğu şehirde yapılmakta olan çok katlı bir bina da meydana gelen beklenmedik oturmalar kendisini son derece etkilemiştir. Bu olaylar karşısında yaşanan çaresizlik, Terzaghi'yi taşıma gücü ve oturma problemleri üzerine araştırma yapmaya yöneltmiştir. Terzaghi (1943), zeminlerin taşıma gücünün saptanması üzerine ortaya attığı bağıntı daha sonra Meyerhof (1967), Hansen (1970) ve Vesic (1973) gibi birçok araştırmacı tarafından korunarak geliştirilmiştir.

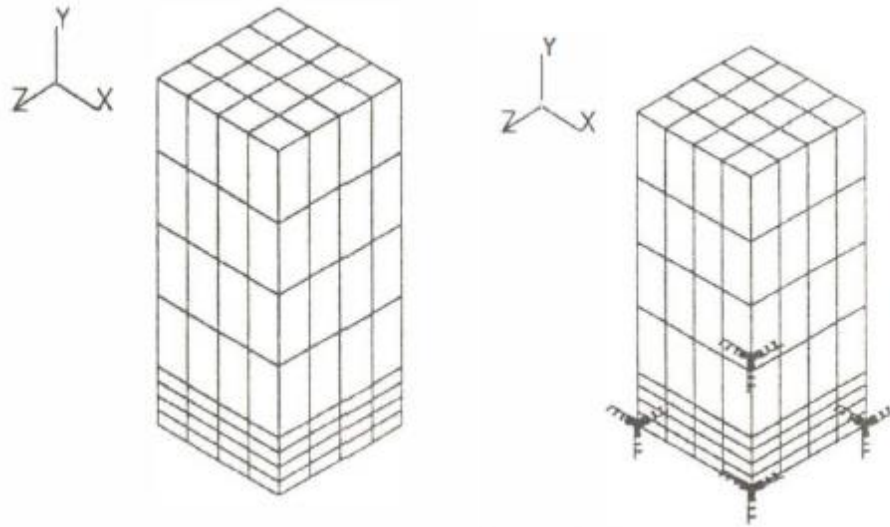
Elmas ve Kutanis (1997) çalışmalarında dinamik etkiler altında Adapazarı ili gibi yeraltı su seviyesi yüksek zeminlerini yapı etkileşimi sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişler. Araştırmacılar zemine oturan yapıyı dört ayrı şekilde değerlendirmek üzere ele almıştır. İlk durum olarak yapı temelini zemin yüzeyine oturduğu hali için çözümleme yapmışlar. İkinci durum olarak, temelin zemin içerisine gömülü olduğu ve daha sonra yapı temelini zemin etkileri hesaba katılmadan doğrudan zemine rijit olarak mesnetlendiği ve son olarak da zemin mekanik özelliklerinin yaylardan oluşan mesnetlere dönüştürülmesiyle oluşturulan modelin analizini yapmışlardır (Şekil 2.1).



Model 1a. Yapının zemin üzerinde bulunması.



Model 1b. Yapının zemin içinde gömülü durması.



Model 2a. Zemine sabit mesnetlerle bağlı yapı modeli.

Model 2b. Zemine sabit mesnetlerle bağlı yapı modeli.

Şekil 2.1. Yapı modelleri (Elmas ve Kutanis, 1997).

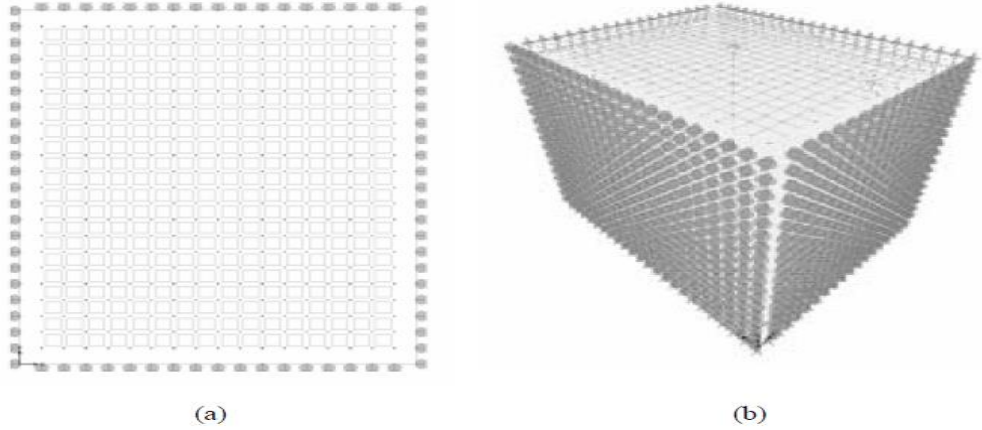
Sonuçta, yapı temeli ve zemin özellikleri için farklı koşullar sonlu elemanlar yöntemi ile incelenerek, yapının dinamik davranışının, zemin ortamının etkisi ile değiştiği, zemin ortamında yapılan çözümlerinde yapı temelini zemin yüzeyine oturduğu hali ve temelin zemin içerisine gömülü olduğu iki durum için periyotların daha yüksek çıktığı, zemin ortamının yaylardan oluşan mesnetlerle mesnetlendirilen modelde biraz daha düşük ve sabit mesnetli modelde ise en düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Birinci mod spektral değerleri (E:Eingvalue, T:Periyot(sn), M:Toplam kütle(tn)) (Elmas vd., 1997).

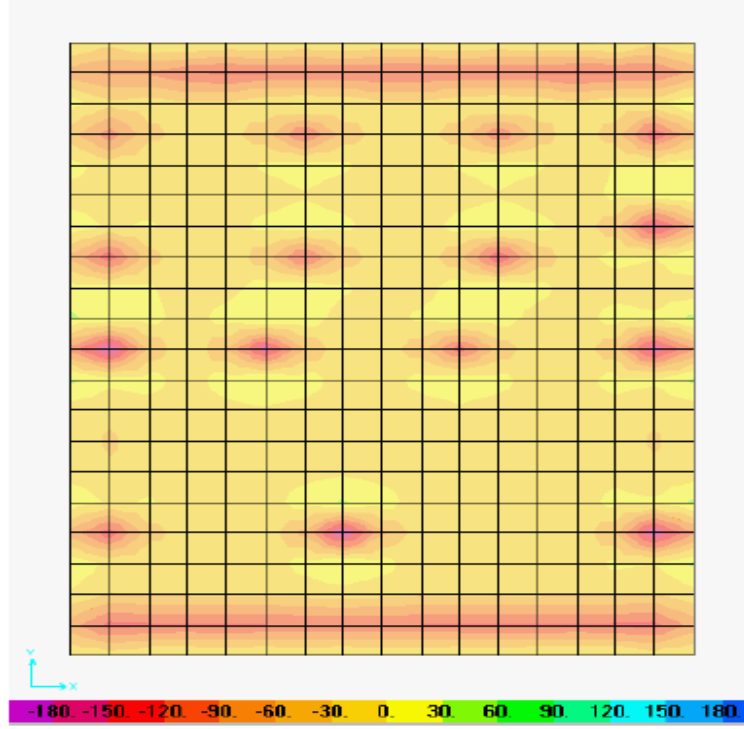
	Model 1a.	Model 1b.	Model 2a.	Model 2b.
E	7.709	12.39	19.32	52.99
T	2.293	1.785	0.1429	0.8632
M	195	189	75	75

Araştırmacılar son olarak, büyük deprem hareketleri sonucunda sismik dalgalar şeklinde yapı temelini alt yüzeyine ulaştığında, bu dalgaların bir kısmı tekrar zemin derinliklerine yansıtılırken, bir kısım dalgalarda yapı temelinden bütününe kadar yayılarak devam ettiği ve bu etki tekrar yapıdan zemine yayılarak yapıyı titrettiğini söylemişlerdir. Dalgalar yapının üst kısmından zemine tekrar ulaşmaya çalışırken bir kısmi zemine iletilirken, diğer kısmi tekrar yapının kendisine yansımaktadır. Bu durum, zemin yapı etkileşiminin bilgisayar modellerinde, çeşitli arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilecek zemin özelliklerinin çözüme dâhil edilmesi ile yapı çözümlenmesine zemin dâhil edilmiş olur. Bu şekilde zemin etkisinin çözüme dâhil edilmesi ile iç kuvvetler ve yapıda meydana gelen deplasmanlarda büyük ölçüde azalmalara neden olduğu sonucuna varmışlardır.

Eke (2004) çalışmasında farklı özelliklerden oluşan tabakalı zemin sistemi üzerine Şekil 2.2' de plan ve üç boyutlu görüntüsü verilen 16*20 m' lik modellenen radye temel için doğal birim hacim ağırlığı, elastisite modülü, poisson oranı yatak katsayısı v.b. parametrelerin değiştirilmesi ile gerilme ve deplasman değerleri için tasarım etkisini araştırmıştır.

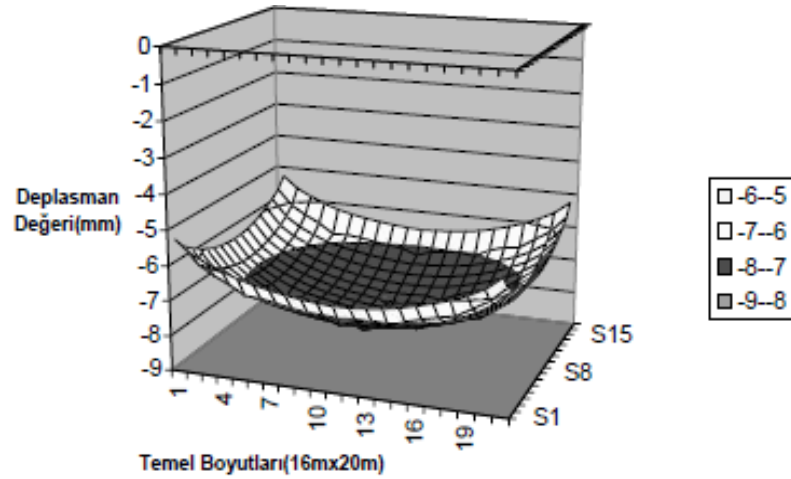


Şekil 2.2. Tasarım modelinin plandaki görünümü ve üç boyutlu görüntüsü (Eke, 2004).

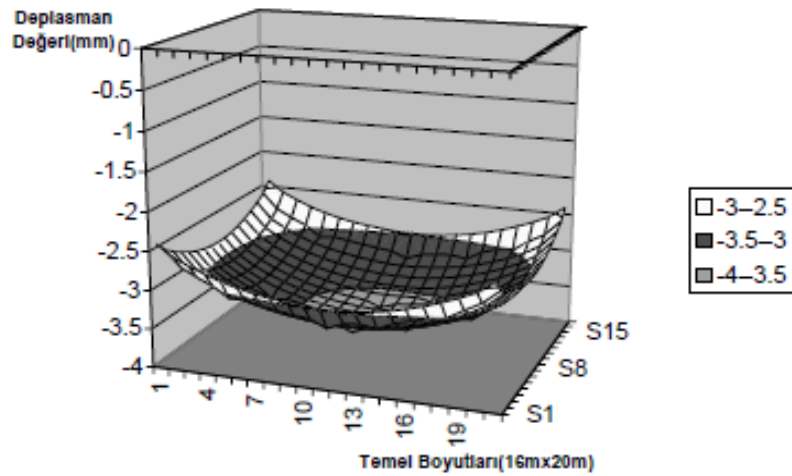


Şekil 2.3. Örnek modelin gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge gerilmeleri t/m² cinsinden ifade etmektedir.) (Eke, 2004).

Araştırmacı yapılan inceleme sonucunda, temel tasarımında etkili olan diğer bir parametrenin elastisite modülü olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca, zemin parametrelerinden elastisite modülünün düşük olmasının, deplasman değerlerini olumsuz etkilediğini ve model temel kalınlığını etkilediği için statik açıdan problemler oluşturduğu görülmüştür (Şekil 2.4, Şekil 2.5). Poisson oranının gerilmeye bağlı davranış biçimlerinde fazla değişiklik göstermediği ve poisson oranındaki düşüşün, deplasmanlarda artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Doğal birim hacim ağırlığındaki değişmelerin, temel gerilmelerinde değişiklik göstermediği saptanmıştır. Yatak katsayısı, teorik olarak ele alınan bir kavram olduğu için, çok katlı ve önem derecesi yüksek yapılarda zemin araştırmaları ile elde edilen bir değer olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.4. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı (Eke, 2004).



Şekil 2.5. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı (Eke, 2004).

Nalçakan (2004) çalışmasında önemli bir mühendislik yapısı olan terminal binasında çalışmaları devam eden taş kolon uygulamasından bahsetmiştir (Şekil 2.6). 27000 m² olan yapı oturma alanında SPT deneyleri yapılmış ve N değerleri 3-25 aralığında çıkmıştır. Zemin yapısı yüzeydeki bitkisel topraktan sonra 7.00 m derinliğe kadar problemlidir, gri-yeşilimsi renkte, yumuşak-orta katı-katı siltli kil - killi silt zeminlerden oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesi yüzeyden 1.00 m derinliktedir. Zemin yüzeyinden yaklaşık 7.00 m derinlikteki kil tabakasında taşıma ve taşıma gücü problemleri tespit edilmiştir. Problemlerin çözümü için taş kolon uygulaması uygun

görülmüştür. Daha sonra yerinde yapılan plaka yükleme deneyleri sonucunda sahada yapılacak taş kolon çapı ve aralığına karar verilmiştir. En son olarak CPT deneyi yapılarak sahada uygulanan iyileştirme çalışması kontrol edilmiştir. Neticede taş kolon uygulaması ile taşıma gücü 3 kat artırılmış, oturmaların yarı yarıya azaltıldığı ve bu oturmaların süresinin kısaldığı gözlenmiştir. Temel sistemleri tasarımı yapılırken zeminde meydana gelen problemler için çözümler önermiştir. Temel zemininde oturma, taşıma kapasitesi sorunu ve deprem olması durumunda ise sıvılaşma olması durumunda derin temeller, fakat bu sorunların meydana gelmediği zeminlerde ise yüzeysel temel tasarımı yapılmaktadır. Araştırmacı, özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte problemlerli zeminler yapılabilecek birçok ıslah ve iyileştirme uygulaması ile oturma probleminin ortadan kaldırılabilceğini, taşıma gücü güvenlik sayısının artırılabilceği ve olası deprem durumunda sıvılaşabilen, mukavemeti azalan zeminlerin sağlamlaştırılabilceğini söylemiştir. Böylece zeminin iyileştirilmesi ile ekonomik ve çok kısa bir zaman içerisinde yapılabilecek tasarımlar elde edileceğini ifade etmiştir.



Şekil 2.6. Taş kolon uygulaması (Nalçakan, 2004).

Gündüz ve Arman (2005) çalışmalarında, 17 Ağustos Adapazarı depreminde can ve mal kayıplarının zemin türlerine ve gösterdikleri davranışlara göre sınıflandırmaya çalıştıkları çalışma sonucunda zemin yapısı genç ve derin alüvyon tabakalarından oluşan bir alanda yer altı su seviyesinin de oldukça yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Bilindiği üzere deprem ve benzeri afetler sırasında buna benzer zemin katmanları sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır. 17 Ağustos 1999 depreminde Adapazarı şehir merkezinde yer

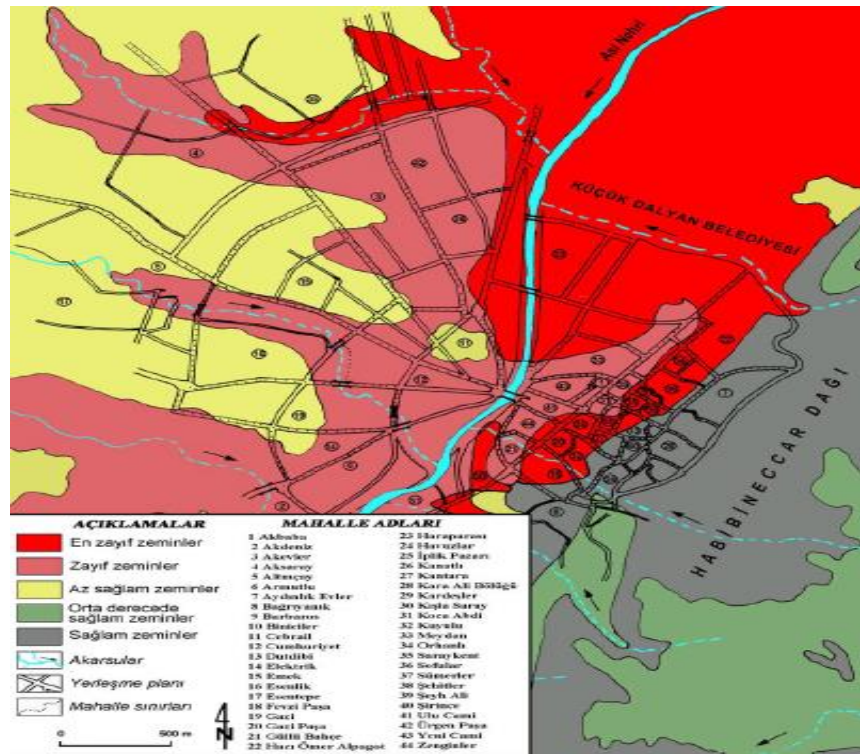
yer sıvılaşma olayları görülmüş olup bunun binalara yansması devrilme, batma ve eğilme şeklinde olduğundan sonuçta temel tasarımının zemine bağlı birçok parametreden bağımsız projelendirildiği, tasarım kriterlerinin hiçte önemsenmediğini ifade etmişlerdir. Yapılarda meydana gelen hasarlar temel zemini ve yapının taşıyıcı sistemlerinden kaynaklandığı göz önüne alındığında, belli sorunların karşımıza çıktığını düşünmüşlerdir. Bunları, sıvılaşma ve beraberinde taşıma gücü kaybı, killi zeminlerde depremin sebep olduğu yoğrulma ile taşıma gücü kaybı, temel derinliğinin yetersizliğinden kaynaklanan zemin taşıma gücü problemleri, temel derinliğinin yetersizliğinden kaynaklanan yatay yer değiştirmeler ve yüksek yapı narinliği ile birlikte yetersiz temel derinliği ve beraberinde taşıma gücü kaybı olarak sıralamışlardır. Deprem sırasında yapı zemin etkileşimi çerçevesinde yapı altındaki temellerde oluşan deformasyonların farklı oturmalarından kaynaklı hasarlara yol açtığı ifade edilmiştir. Depreme dayanıklı yapı tasarlarken yapı türü bakımından ve sıvılaşma açısından iki farklı durumla karşılaşılmaktadır. Önemli, önemsiz yapılar ve sıvılaşma derinliği ön plana çıkmaktadır. Deprem hasarlarının Adapazarı ve benzer zeminlere sahip bölgelerde yapılacak yapılarla ilgili olarak aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmesi muhtemel yapı hasarlarını ve dolayısıyla can kayıplarını büyük ölçüde azaltacağı düşünülmüştür. Bu hususları, yapı narinliğine dikkate edilmesi, fazla narin yapı yapılmaması, temel gömme derinliğinin olabildiğince fazla olması, tekil temel kullanılmaması, üst yapının rijit tarzda planlanması, düzensiz yapı yapılmaması ve yapının ağırlık merkezinin zemine yakın olması olarak sıralayabiliriz.

Çinicioğlu (2005) araştırmasında temel, zemin ve üst yapı etkileşimini ele almıştır. Temel ve tasarım kriterlerine değinilerek, zemin türleri ile birlikte gelişen taşıma gücü kavramlarını incelemiştir. Özellikle kohezyonlu zeminlerde yeraltı suyunun göz önüne alınması taşıma gücü yenilmesi için önem arz etmektedir. Yeraltı su seviyesi yükselmesi ile sıvılaşma olasılığının artmasıyla veya yapının yanında bir kazı çukurunun açılması ile yapının salınım yaparken bir tarafındaki pasif direnci kaybettiği sonucuna varmıştır. Ayrıca, en çok rastlanan taşıma gücü göçmesinin alttaki zeminin sıvılaşması ve zımbalama etkisinden kaynaklandığı konusuna değinmiştir.

Okumuşoğlu (2006) çalışmasında yüzeysel temel inşaatı sonucunda, zeminde meydana gelen gerilme artırımlarını ve oluşan elasto-plastik oturmaları incelemiştir. Klasik ve modern hesap yöntemleri ile zeminde meydana gelen ani oturmaları incelemiştir. Sadece bir zemin parametresine bağlı yapılan hesaplamaların çok güvenli

olmayacağından bahsetmiştir. Çalışma kapsamında, gerilme ile zeminin sertleşmesi sürecini göz önünde bulunduran hiperbolik modeli yöntemi ile zeminin elasto-plastik davranışı incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, elde edilen düşey oturma değerlerinin, sonlu elemanlar programı sonuçları ve saha ölçümleri ile uyduğu sonucuna varmıştır.

Korkmaz (2006) araştırmasında Antakya ilinin depremselliği ve buna bağlı risklerin tespiti için çalışmıştır. Şehrin kurulduğu alandaki zeminler üzerinde birçok özelliğe bağlı olarak zemin sınıflandırması yaparak zemine bağlı bölgesel mukavemet haritasını elde etmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Antakya İli ve yakın çevresine ait zemin mukavemet haritası (Korkmaz, 2006).

Antakya ve yakın çevresinin tektonik geçmişi farklı zemin özelliklerinin görülmesine neden olmuştur. Bu zeminler muhtemel bir deprem durumunda gösterecekleri davranışlara göre en zayıf zeminler, zayıf zeminler, az sağlam zeminler, orta derecede sağlam zeminler ve sağlam zeminler şeklinde sınıflandırmıştır. En zayıf ve zayıf zeminleri meydana gelecek bir depremde zemin büyütmesi, sıvılaşma, kopma, oturma ve toprak kaymasına bağlı şiddetin en çok hissedileceği zeminler olduğunu ve şehrin büyük kısmının bu zeminler üzerinde inşa edildiği ifade edilmiştir. Az sağlam, orta

derecede sağlam ve sağlam zeminler geniş bir alan kaplamaktadır. Alüvyonların yumuşak ve gevşek zemin özelliği gösteren bölgelerde, yeraltı su seviyelerinin yüzeye yakın olması olası bir depremde, deprem dalgalarının genliklerini artırarak zemin büyütmesine yol açacağını söylemiştir. Özellikle deprem şiddetini 2-3 derece artıracığını olası bir deprem durumunda temel altındaki zeminde sıvılaşma riskini yükselteceğinden yerleşim yerlerinin öncelikle sağlam zeminlerde yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Turan (2006) çalışmasında statik ve dinamik düşey yükler altındaki kazıklı temellerin davranışını incelemiştir. Statik düşey yükler altında kazıklı temellerin davranışlarının belirlenmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada, sonlu elemanlar modeline dayanan PLAXIS programı ve ampirik formüllerle kazıklı temellerin, düşey tasıma kapasiteleri belirlenip, elverişsiz zemin koşullarına ait zemin profilleri de kullanarak statik analizlerini yapmıştır. Elverişsiz zemin koşulları için dizayn edilen kazıklı temeller, farklı yapı yükleri altında inceleyerek karşılaştırmasını yapmıştır. Sonuçta elde edilen değerler PLAXIS programı ve ampirik formüller irdelenerek PLAXIS sonuçlarına en yakın ampirik eşitlik elde etmiştir.

Yıldız (2006) çalışmasında deprem sırasında sıvılaşan düz ve eğimli zeminlerde sıvılaşma sonucu meydana gelen yanal yayılımın tek bir kazık üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ayrıca, olası deprem durumunda sıvılaşan zeminler için kazıkların tasarımı ile ilgili, literatürde önemli kılavuz yönetmelikler irdelenerek yapılacak model tasarımlarda gerçekçi ve en güvenli doğru sonuçlara ulaşmak için bir çözüm önerisi oluşturmayı amaçlamıştır. Özellikle dinamik yükler altında kohezyonsuz zeminlerin sıvılaşma ile davranışlarının ve bu tür zeminlerde uygulanacak kazıkların davranışının birlikte analiz edilmesi için DIANA-SWANDYNE II geoteknik sonlu eleman programını kullanmıştır. DIANA-SWANDYNE II programında bir, iki ve üç tabakalı düz ve eğimli zemin profillerinde farklı sınır koşullarına bağlı kazıkların dinamik yüklemeler altında davranışları analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılarak bir değerlendirmede bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda SAP2000 programı ile yapılan çalışmaların yeterli ve kullanılabilir sonuçlar sağlamadığı, yapılan çalışma neticesinde tek bir kazık üzerinde yapılan etki analizinin kazık grubundan daha etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Uygunoğlu ve ark. (2006) makalelerinde yeraltı sularının yüksek olduğu zeminlerde yapılacak yapı temellerinde suyun betonarme yapılara zararlarının en aza

indirebilmesi için yeraltı su seviyesinin iyi bilinmesi ve gerektiğinde drenaj gibi önlemlerle kontrol altına alınması üzerine değerlendirmelerde bulunmuşlar. Ortalama akış, buharlaşma ve yağışlara göre 21 yıllık değişiminin açılan kuyulardan gözlenmesi sonucu su seviyesinin değiştiğinin ve yükseldiği gözlenmiştir. Bunlara paralel olarak yeraltı su seviyesinin yüzeye 10 m den daha yakın olduğu durumların sakınca arz ettiğini ifade etmişlerdir.

Osmanoğlu (2007) çalışmasında bir tünel çalışmasında altı ayrı örnek inceleyerek PLAXIS yazılımında değerlendirmiştir. Örneklerden biri ise 2 bodrumlu 5 katlı bir konut yüküdür. Zeminde bulunan yüksek yeraltı suyu ve diğer olumsuz şartlar için iyileştirme çalışması öngörülmüş ve tahkikler program üzerinde yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre mevcut şartlarda beton enjeksiyonunun geogridlere göre daha büyük avantaj sağladığı ve tasarım aşamasında yapılan doğru temel seçimi ve yeraltı suyuna verilmesi gereken önem ifade edilmiştir. Noktasal kuyulama yöntemi ile yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde seviye düşürme işleminin yapılabileceğini ve yapım aşamasında suya doymun malzemenin çıkardığı zorlukların minimize edilmeye çalışıldığından bahsetmiştir.

Yalçın (2010) çalışmasında kazıklı radyejeneral temellere yatay ve düşey yük etkimesi durumu ile kazık temel ve radye temelin ayrı ayrı aynı yükleri karşılama durumlarını karşılaştırmıştır. Çok katlı bir yapı temelinin, radye temel, kazıklı radye temel ve radye temelin yük paylaşımına katkısının ihmal edildiği durumlar göz önüne alınarak oluşturulan üç farklı temel sisteminde yükü karşılama karşısında sergilediği davranışın oturma, yanal ötelenme, ve plakta oluşan momentler şeklinde incelemiştir. Temel sistemlerinin kazıklı radye temel sistemi olarak projelendirilmesi durumunda, maksimum oturma değerleri yaklaşık %40, farklı oturmaların %35 oranında azaldığı, yanal ötelenmeler ise, radye temel altına kazıkların yerleştirilmesi durumunda %25 mertebesinde azaldığı, ve kazıklı radye temel sisteminde ise açıklıkta oluşan eğilme momentleri %50 civarında azaldığı sonucuna varmıştır. Ayrıca kazıklı temel sisteminin diğer iki temel sistemine etkileyen düşey ve yatay yükleri göçmeden taşıyabilmesi ve oturmaların müsaade edilebilir değerlerin altında kalması için kazık sayısının ve boylarının artırılması gerektiğini düşünmüştür.

Yıldırım ve Tonyalı (2011) çalışmalarında arazi deneyleri, laboratuvar deneyleri ve jeofizik yöntemlerin birbirlerine olan avantaj ve dezavantajlarını kıyaslamaktan ziyade, bu deney sonuçlarını kullanarak geliştirilmiş taşıma gücü bağıntılarının birbirleri ile

tutarlılığını veya tutarsızlığını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Klasik yöntemler ile arazide yapılan SPT ve presiyometre deney sonuçlarının oldukça uyumlu görüldüğü ve sismik yöntemlerin ise, bu yöntemler ile elde edilen sonuçlara göre daha büyük aralıklarda değişkenlik gösterdiğini söylemişler. Bu sebeplerden dolayı, incelenen temel tipi ve boyutları için sismik yöntemlerle elde edilen nihai ve emniyetli taşıma gücü değerlerine göre yapısal analiz gerçekleştirmek yerine, bu verileri ön inceleme, fizibilite aşamalarında değerlendirmenin faydalı olacağını ve buna ek olarak, jeofizik yöntemlerin geniş çaplı arazi incelemelerinde, geoteknik çalışmaları kolaylaştırmak ve maliyetleri düşürmek maksatlı kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varmışlardır.

Ekinci ve Orakoğlu (2012) çalışmalarında incelenen Doğukent (Elazığ) bölgesinin jeolojik ve geoteknik özelliklerini incelemişlerdir. Farklı bina temellerinden örselenmiş ve örselenmemiş olarak alınan zemin numuneleri üzerinde, kıvam deneyleri, mekanik deneyleri ve şişme deneylerini yapmışlar. Elde edilen geoteknik parametreler ve jeolojik gözlemler sonucu inceleme alanının zemin profili Phase2 programı ile oluşturmuşlar. Elde edilen parametrelere göre özellikle yer altı suyunun etkisi altında bulunan bu zeminlerde hasar verecek şişme veya göçmelerin önlenmesi için inceleme alanının önceden ıslatılması, nem bariyerleri ve su geçirmez membranların kullanılmasına bağlı olarak oturmaların önlenmesine değinmişlerdir.

Kayabaşı ve Gökçeoğlu (2012) çalışmalarında, Mersin arıtma tesisi temelinin altındaki zeminden alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları sonucu bulunan parametreleri literatürde yaygın kullanılan yöntemler ile incelenmişlerdir. Temelin taşıma kapasitesinde Presiyometre, Terzaghi, Hansen ve Meyerhof yöntemleri birbirine göre çok yakın değerler verirken, kohezyona bağlı hesaplama yapan Skempton Yöntemi ise en düşük değerler verdiği sonucuna varmışlar.

Dikmen (2013) çalışmasında eldeki killi zemin örnekleri üzerinde parametre tayini için laboratuvar çalışmalarını yaparak değerlendirmelerde bulunmuştur. PLAXIS 3D bilgisayar yazılımı ile 60*60 m boyutunda 60 m kalınlığındaki kil zemin üzerinde -2 m kotunda 20*20m boyutunda ve 50,5 m yüksekliğindeki model radye temel temeller oluşturulmuş ve üzerine 3, 5 ve 10 katlı betonarme bina ağırlığı ilave edilerek plastik ve konsolidasyon analizini gerçekleştirmiştir. Daha sonra zemin modeli, temel kotunun altına yerleştirilen geotekstil tabakası ile analize tabi tutarak aynı modeller -10 kotundan sonra 10 m kötü derecelendirilmiş kum tabakası 60 m kalınlığındaki kil tabakaya ilave

ederek analizi tekrarlamıştır. Geotekstillere oturma ve taşıma gücünde meydana gelen etkiler incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda Dikmen (2013), geotekstil takviyesinin zeminin taşıma kapasitesini artırdığını ve oturma davranışını kontrol altına aldığını gözlemlemiştir.

Günay (2013) çalışmasında Eskişehir İli Odunpazarı İlçesinde inşa edilen bir yapı temelini kazıklı radye temelini davranışı yapıdan gelen düşey yükler ile incelemiştir. Arazide ve laboratuvarında gerçekleştirilen çalışmalar ile zemine ait parametreleri belirlemiş ve kazıklı radye temel sistemi Etabs, Safe ve Midas GTS üç boyutlu sonlu elemanlar programları aracılığıyla modellemiştir. Yapıdan gelen düşey yüklerin sadece kazıklar tarafından taşınarak zemine iletilir kabulünün yanlış olduğu ve radye plağı tarafından bir miktar paylaşım yapıldığı sonucuna varmıştır. Dolayısı ile kazık elemanlara gelen yükün azalması sonucu daha az kazık kullanımını doğuracağından ekonomik temel sistemi tasarlanabileceğini ifade etmiştir. Araştırmacı çalışmasında yüzeysel temellerde taşıma gücü ile ilgili doymuş ve doymuş olmayan zeminlere göre elde edilmiş yaklaşımları incelemiştir. Öncelikle zemin numunelerinin bir kısmı zemin mekaniği laboratuvarında deneylere tabi tutularak özellikleri belirlenmiş, diğer kısmı için ise literatürde özellikleri bilinen zeminler seçilmiştir. Elde edilen zemin parametrelerine bağlı olarak analizler sonlu elemanlar yöntemine göre çözüm oluşturan GeoStudio Sigma-W 2007 programını kullanmıştır. Altı farklı zemin çeşidi üzerinde, farklı durumlar için analizler gerçekleştirmiştir. Analizlerde zeminin tamamen kuru olduğu durum, tamamen doymuş olduğu durum ve doymuş olmayan zemin mekaniği kavramları ile yeraltı su seviyesinin yüzeyden temel genişliğini ve temel genişliğinin iki katı kadar aşağıda yer aldığı durumları araştırmıştır. Yapılan analiz sonuçlarını yazılımdan görsel olarak elde edildikten sonra yorumlamıştır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan taşıma gücü analizlerinde,

Temel tipinin ve zemin özelliklerinin taşıma gücünü etkilediği,

İçsel sürtünme açısı değeri en büyük olan numunenin en yüksek taşıma gücü değerlerini verdiğini,

Doymuş olmayan koşullarda hesaplanan taşıma gücü değerlerinin doymuş koşullara göre yüksek çıktığı, dolayısıyla taşıma gücü analizlerinde beklenildiği gibi tamamen kuru durumda en yüksek değerlerin oluştuğu gibi sonuçlara ulaşmıştır.

Çimen vd. (2015) yaptıkları çalışmalarında, Burdur ilinde bulunan 3 katlı bir yapıda meydana gelen farklı oturmaları örnek zemin profilinde incelemişler (Şekil 2.8).Yapı öncelikle Sta4-CAD programı yardımı ile 2007 Deprem Yönetmeliğine göre performans analizlerine tabi tutulmuştur. Yapının üzerinde bulunduğu zemin PLAXIS 2D sonlu eleman yazılımında modellenmiş ve Sta4-CAD programı ile elde edilen kolon yükleri PLAXIS 2D programında temele uygulanmıştır. Modellenen zeminin kuru, suya doygun koşulları ve farklı temel sistemleri için oturma analizleri yapılarak aşağıda Çizelge 2.2'de belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Şekil 2.8. Temsili zemin profili (Çimen vd, 2015).

0 - 6 m	$V_p=347$ m/sn	Düşük Plastisiteli Kil	$\gamma_k=1,48$ gr/cm ³
	$V_s=237$ m/sn		$E=1601,5$ kg/cm ²
	WL=36		$\mu=0.065$
	WP=21		$G=752$ kg/cm ²
	PI=% 15		$\gamma_n=1,75$ gr/cm ³
	C(kpa)=8		$\gamma_s=2,72$ gr/cm ³
6 - 16 m	$V_p=494$ m/sn	Düşük Plastisiteli Kil	$\gamma_k=1,48$ gr/cm ³
	$V_s=309$ m/sn		$E=3287$ kg/cm ²
	WL=35		$\mu=0.18$
	WP=20		$G=1393,5$ kg/cm ²
	PI=% 15		$\gamma_n=1,80$ gr/cm ³
	C(kpa)=68		$\gamma_s=2,72$ gr/cm ³

γ_k = Kuru Birim Hacim Ağırlık, γ_n = Tabii Birim Hacim Ağırlık, γ_s =Dane Birim Hacim Ağırlık E=Elastisite Modülü, μ =Poisson Oranı, G=Kayma Modülü, V_p =Boyuna Dalga Hızı, V_s =Enine Dalga Hızı

Çizelge 2.2. PLAXIS programı kullanılarak elde edilen model sonuçları (Çimen vd., 2015).

Parametreler	Sürekli Temel		Radye Temel	
	Kuru Zemin	Doymun Zemin	Kuru Zemin	Doymun Zemin
Toplam Deform. (m)	$7,2 \times 10^{-2}$	$17,51 \times 10^{-2}$	$1,38 \times 10^{-2}$	$1,36 \times 10^{-2}$
Yatay Deform. (m)	$5,42 \times 10^{-2}$	$13,72 \times 10^{-2}$	$894,29 \times 10^{-6}$	$882,18 \times 10^{-6}$
Düşey Deform. (m)	$7,2 \times 10^{-2}$	$17,48 \times 10^{-2}$	$1,37 \times 10^{-2}$	$1,36 \times 10^{-2}$
Maks. Efektif Gerilme (KN/m²)	347,87	239,02	293,63	221,01
Toplam Gerilme (KN/m²)	825,41	301,45	842,31	301,45
Maks. Boşluk Suyu Basıncı (KN/m²)	0	694,94	0	201,2

Araştırmacılar yukarıdaki sonuçların yanı sıra farklı oturmaya maruz kalmış yapının tekrar kullanılabilmesi için farklı iyileştirme metotları karşılaştırılmış ve zemin için uygun tasarım yapılmasının önemi vurgulanmıştır. Mevcut binanın zemin ve temel koşulları birlikte değerlendirildiğinde ortaya çıkan farklı oturmanın arazi deneylerinden de görüldüğü gibi yüzeysel suyun akışından kaynaklandığı düşünülmüştür. Arazinin topografyasından dolayı yüzey suları oturmanın meydana geldiği yöne doğru ilerlemektedir. Yer altı suyu ise temele etki etmeyecek derinliklerde dir. Zemin kuru durumda iken oturma problemi ile karşılaşılmazken, zemin suya doymun olduğunda sürekli temel durumunda oturma kriterinin sağlanmadığı görülmüştür. İnşaat başlamadan önce temel tasarımının radye temel olarak yapılması durumunda ise her iki zemin koşulunda da oturma kriteri sağlanmıştır. Başka bir alternatif olarak, Jet Grout Kolon imalatı yapılarak, binada ortaya çıkan farklı oturmanın azaltılması planlanmış gerekli maliyet çıkarılmış ve mevcut zemin koşulları değerlendirilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda tasarım aşamasında uygun bir zemin araştırması ve temel sistemi seçimi yapılmadığında, ortaya çıkabilecek yapısal sorunların telafisinin sonradan çok yüksek maliyetler doğurabileceğinin önemini vurgulamışlardır.

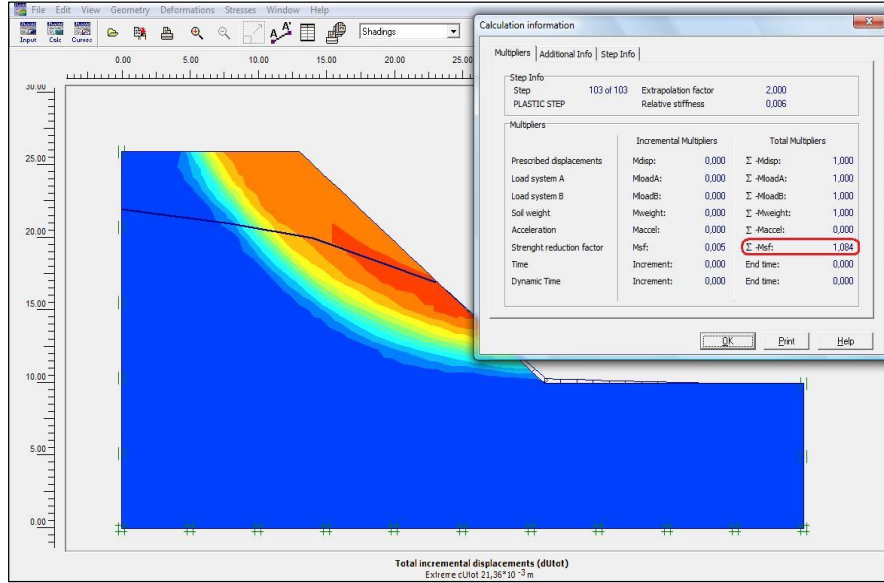
Arama ve Çinicioğlu (2016) makalelerinde temel zemininin sadece yumuşak kil, sadece sert kil ve yumuşak-sert, sert-yumuşak kil olarak ardışık tabakalanması şeklinde dđrt farklı temel zemini tabakalanma profili için sonlu elemanlar yđntemi ile parametrik analizler yaparak mevcut bir dolgunun tek taraflı olarak genişletilmesi sırasında oluşan geoteknik problemleri irdelemişlerdir. Mevcut dolguyu ve genişletilen yolu Doğrusal Elastik, temel ortamını ise Pekleşen Zemin malzeme modelleri ile tanımlamışlardır. Analizlerinin sonucunda bđyđk deplasmanların mevcut dolgu genişletilmiş yol ara yđzeyinde meydana geldiğini, temel tabakalanma durumunun inşa prosedđrđnđ ciddi oranda etkilediğini ve şekillendirdiğini, deformasyon değerlerinin ũst ve alt sınır değerlerini sırasıyla saf yumuşak ve saf sert kilden oluşan zemin profillerinden elde edildiğini, yumuşak zeminin ũstte bulunduğu durumda altta bulunduğu duruma nazaran daha yđksek gđvenlik seviyesi elde edildiğini gđstermiřlerdir. Tek ve çift taraflı dolgu genişletme çalışmalarının sebep olduğu problemleri inceleyerek yumuşak ve sert kil zeminden oluşan iki farklı tabakalanma durumu için meydana gelen deformasyonları ve stabilite problemlerini sonlu elemanlar ve limit denge programları ile analiz ederek karşılaştırılmalı bir şekilde yorumlamalar getirmişlerdir. Dolgu ve genişletilmiş yolu Doğrusal Elastik, temel zemini ortamını ise Mohr-Coulomb malzeme modelleri ile tanımlamışlardır. Analizlerin sonucunda ũst tabakada yumuşak zemin bulunması durumunda tabaka kalınlığındaki artışın gđvenlik dđzeyini azalttığı ve bu durumun ũst tabakada sert zemin bulunması durumunda tersine dđndđđi gđrđlmüř, sonlu elemanlar yđntemi ile elde edilen gđvenlik değerlerinin limit denge yđntemi ile elde edilen değerlerden daha yđksek olduğu hesaplanmıştır.

Alkaya (2016) alışmasında, kazı derinliği, yer altı suyu durumu, bina yđkđ ya da toprak yđkđnden dolayı zeminde oluşan oturma miktarı hesaplamalarının geoteknik mđhendisliđinin uygulama alanlarından olduğunu ifade etmiştir. Dolayısıyla geoteknik mđhendisliđinde teknik problemlerin ve sorunların hesap ve analizinde hızlı ve gđvenilir dzđmler ũreten yazılımların sağladığı kolaylıklar açısından bilişimin önemini ũn plana çıkarmaktadır. Karşılaşılan her problem için birçok analiz programının geliştirildiğini ve bđylece problemlere daha hassas ve pratik dzđmler sunduğundan bahsetmiştir. Araştırmacı rnek bir şevde incelediği problem için OASYS dzđmđ, GEOSLOPE dzđmđ ve PLAXIS dzđmđnđ ele almıştır. Programların analiz sđrecini ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Tđm bu çalışmalardan yola çıkarak inceleme yapılan şev için isveç dilim

metoduna göre çözümü Çizelge 2.3'de verilmiş ve güvenlik katsayısı $GS=1.13$ olarak elde edilmiştir. OASYS ile çözümde $GS=1.124$, GEOSLOPE ile çözümde $GS=1.083$, PLAXIS ile çözümde ise $GS=1.08$ olarak bulunmuş ve PLAXIS çözüm ekranı Şekil 2.9'de gösterilmiştir. Karşılaştırma yapıldığı zaman bulunan güvenlik katsayıları yaklaşık sonuçlar vermiştir. Değerler arasındaki farklılıkların, kayma yüzeylerinin farklı belirlenmesinden kaynaklandığı, bilgisayar programlarının kullanılması ile analiz sayısı arttığından önemli bir zaman tasarrufu sağladığı ve geoteknik mühendisine hesap için sağlama yapma imkânı verdiği sonucuna varmıştır. Geotekniğin bir diğer uygulama alanı da zeminin binayla etkileşimini sağlayan temel tasarımı yani zemin altı yapıları ve karmaşık zemin yüklerine maruz kalan yapılar olan tünellerin tasarımı gibi oldukça komplike çalışmalar olduğundan sonuçlar değerlendirildiği zaman çıkan sonuçların bilgisayar programları ile daha hassas veriler elde edildiğini ifade etmiştir.

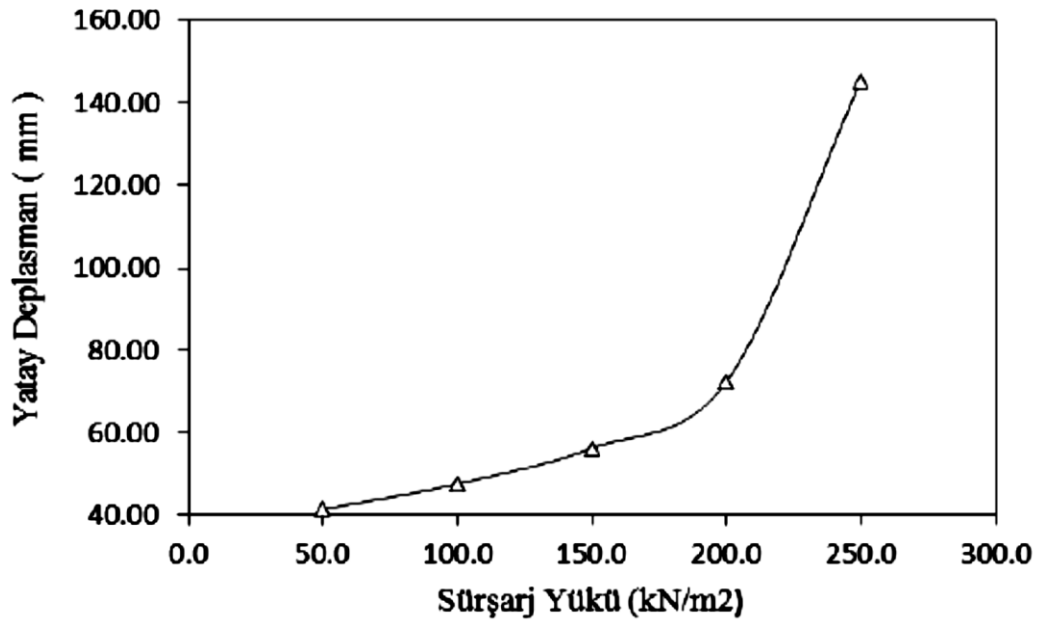
Çizelge 2.3. Şev probleminin el ile çözümü (Alkaya, 2016).

Dilim no.	b (m)	h (m)		W=γbh (ton)	α (°)	Cosα	Sinα	$l = \frac{b}{\cos\alpha}$ (m)	$\frac{c'b}{\cos\alpha}$ (ton)	W cosα tg θ (ton)	u (t/m ²)	$\frac{ub}{\cos\alpha}$ (ton)	W sin α (ton)
		h ₁	h ₂										
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	3.00	3.70	0.30	22.4	68	0.375	0.927	8.00	8.00	8.40	0.30	2.40	20.76
2	3.00	6.00	3.10	52.8	51	0.629	0.777	4.77	4.77	33.21	3.10	14.79	41.03
3	3.00	6.50	5.70	72.0	40	0.766	0.643	3.91	3.91	55.15	5.70	22.32	46.30
4	3.00	5.60	7.20	76.5	30	0.866	0.500	3.46	3.46	66.25	7.20	24.94	38.25
5	3.00	3.60	8.00	70.4	21	0.934	0.358	3.21	3.21	65.75	8.00	25.70	25.20
6	3.00	1.60	8.25	60.9	12	0.978	0.208	3.07	3.07	59.56	8.25	25.31	12.67
7	3.00	0.40	7.20	47.6	4	0.998	0.070	3.01	3.01	47.50	7.20	21.64	3.33
8	3.00	-	5.00	31.5	-4	0.988	-0.070	3.01	3.01	31.44	5.00	15.03	-2.21
9	3.00	-	1.70	10.7	-12	0.978	-0.208	3.07	3.07	10.46	1.70	5.21	-2.23
								Toplam	35.51	377.72		157.34	183.10



Şekil 2.9. PLAXIS çözüm ekranı (Alkaya, 2016).

Rahmani (2016) çalışmasında Adana, Mersin ve Yalova illerinde yapımı tamamlanmış projeler üzerinde yeraltı su seviyeleri sabit tutarak, farklı zemin profillerinde oluşturulan iksa destek sisteminin yanında bulunan yapıdan gelen sürşarj yüküleme sonucu oluşan yatay deplasmanları incelemiş ve karşılaştırmıştır. Ayrıca farklı su seviyelerinde, sürşarj yükünün değiştirilmesi ile PLAXIS 2D sonlu elemanlar programında analizler gerçekleştirerek iksa elemanlarına bağlı olarak oluşan deplasmanlara bağlı güvenli ve uygun şev açıları irdelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Şekil 2.10'de görüldüğü üzere sürşarj yükünün artışı ile yatay deplasmanların da arttığı görülmüştür. Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olması durumunun zemin parametreleri üzerine negatif etki yaptığı, bilimsel literatürde sözü geçen yeraltı suyuna bağlı olarak zemin değerlerinin zayıflaması ve taşıma gücünün azalmasına bağlı yatay deplasmanların arttığı sonucuna varmıştır.



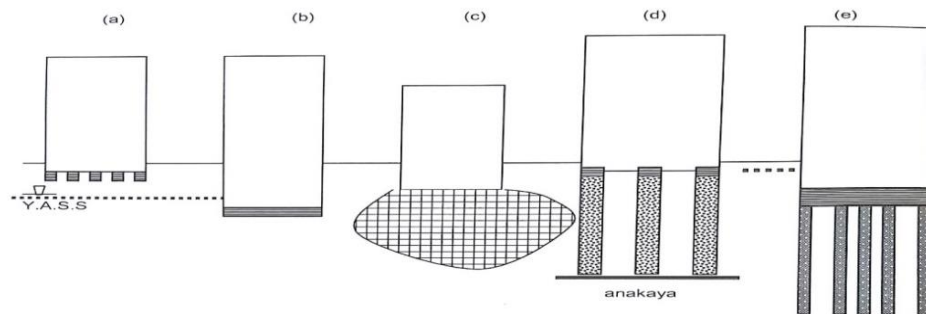
Şekil 2.10. Sürşarj yükünün artışı etkisi ile görülen yatay deplasmanlarda görülen değişiklik (Rahmani, 2016).

3. TEMELLER

Temel mühendisliği, üst yapıdan gelen yükleri, üzerine oturduğu zemine güvenli bir şekilde aktaran ve zeminde oluşan kuvvetleri müsaade edilebilir seviyede oturma ve deformasyonlar ile karşılamaya çalışan kurallar bütünüdür. Dolayısıyla temel, üstüne gelen yükleri zemine güvenle aktaran bir yapı elemanıdır.

Genel olarak, temel tasarımında dikkat edilecek iki önemli konu ön plana çıkmaktadır. Bunlar, temeli taşıyan zeminde göçmeye karşı gerekli güvenliğin sağlanması ve meydana gelecek oturmaların müsaade edilen sınırlar içerisinde kalmasının sağlanmasıdır. Her iki koşulunda sağlanmasının yanı sıra, temele aktarılan yüklerin etkisi ile zeminde oluşan gerilmelerin zemin için belirlenen taşıma gücünü aşmaması gerekmektedir (Önalp ve Sert, 2006).

Temel mühendisliğinde temel dizaynı Şekil 3.1'de görüldüğü üzere öncelikle yüzeysel temeller ile çözümlenmelidir; (a) Yeraltı su seviyesinin yüksek olmadığı, üst yapıdan gelen yüklerin büyük olmaması durumlarında ve zeminin yeterli olduğu şartlarda yüzeysel temel tercih edilmektedir. (b) Yüksek üst yapılardan gelecek yükleme ile zeminde hareketlerin kısıtlanmasının gerekli olduğu olumsuz koşullarda yayılı temeller kullanılabilir. (c) Zeminin yetersiz ve üst yapının hareketlere az duyarlı olması durumlarında zemin iyileştirilerek çözüm yüzeysel temeller ile yapılabilir. (d) Zeminin çok zayıf ve yeraltı su seviyesinin yüksek veya çok yüksek olması durumlarında üst yapı yükünün daha sağlam tabakalara iletilmesi zorunluluğu oluşmaktadır. (e) Killi zeminlerde sadece kazık uygulaması üst yapıdan gelen yükleri karşılamaya yetmemesi halinde kazık temel ile birlikte bodrum ve yayılı temel inşa edilmelidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Temel Çözümleri için Seçenekler. (a) Tekil/Bileşik/Sürekli Temel, (b) Yayılı-Bodrumlu Temel, (c) Zemin İyileştirmeli Temel, (d) Kazıklı Tekil Temel, (e) Kazıklı Yayılı Temel (Önalp ve Sert, 2006).

Temeller başlıca yüzeysel ve derin temeller olmak üzere iki ana başlıkta sınıflandırılmaktadır. Bir yapıda temeller için güvenlik kriterinin yanında ekonomikliği düşünülerek öncelikle yüzeysel temel düşünülmektedir. Fakat bunun yanında, tasarımda başka birçok kriter vardır. Özellikle zemin özellikleri, çevre şartları ve sismik etkiler temel sistemi seçimini etkileyen en önemli hususlardır. Bir yüzeysel temelin derinliği, don derinliği, su içeriğinden dolayı hacimsel değişikliklere yol açtığından aktif zon derinliği, bitkisel ve organik zemin tabaka kalınlığı, örselenmiş ve ayrılmış üst tabaka derinliği, çöp veya kontrolsüz dolgu derinliği, oyulma derinliği, deprem yükleri altında sıvılaşma veya kayma mukavemetinin yitirilmesi olasılığı olan tabaka derinliği gözetilerek belirlenmektedir (Yıldırım, 2002). Zemin aşırı zayıf, yeraltı su seviyesinin yüksek ve/veya yapının aşırı ağır olduğu durumlarda yapı yükünün sağlam tabakalara kadar aktarılması zorunlu hale gelmektedir (Önalp ve Sert, 2006). Buna benzer temel hareketlerinin tedirgin edici seviyelerde olduğu durumlarda, temel sistemine karar verilmeden önce zeminin iyileştirilmesi seçeneği de değerlendirilebilmektedir.

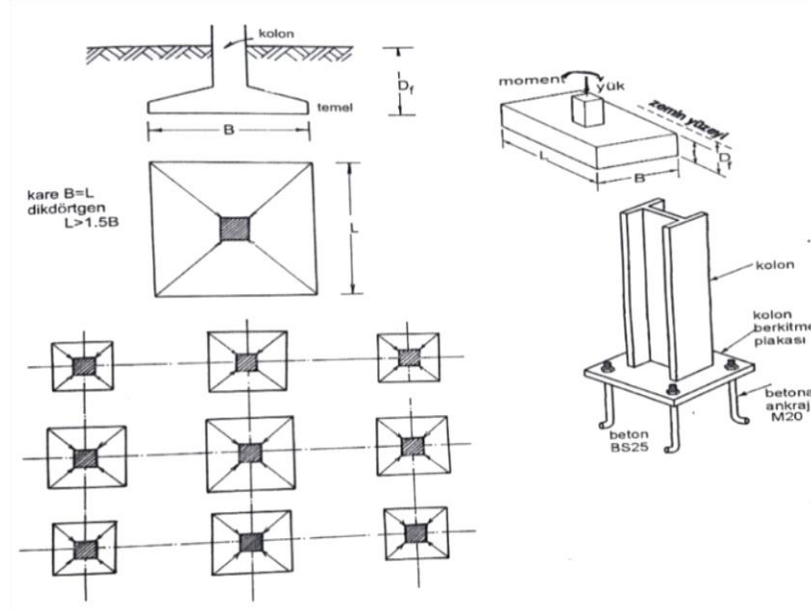
3.1. Yüzeysel Temeller

Genişliğini B ve uzunluğu L olarak gösterilen bir temel zemin yüzeyinden D_f kadar derinliğe oturmakta olan, $D_f \leq B$ olması halinde temel sığ veya diğer bir ifade ile yüzeysel temeller olarak bilinmektedir. $D_f > B$ olması halinde ise yüzeysel temelin derine oturtulduğu anlamı çıkmaktadır. Genellikle yapılaşmaya uygun, problemsiz zemin koşullarında ekonomik olmasından tercih edilmektedir. Yüzeysel temeller, kare/dikdörtgen temeller, daire/halka temeller, sürekli temeller, birleşik temeller ve yayılı temeller olmak üzere birçok çeşidi vardır.

3.1.1. Kare ve Dikdörtgen Temeller

Kare temelin özelliği yüksek zemin taşıma gücü ve her yönden etkiyen momentlere dayanabilmesidir. Temel ile tasarım yapılırken genellikle yapının orta kısımlarına gelenler diğerlerine nazaran daha büyük olarak dizayn edilmektedir. Temel boyutları B , gömme derinliği D_f ve kalınlığı t ile gösterilmektedir. Mimari plan nedeniyle orantısız ve yüksek moment etkisine maruz kalacak temelin moment doğrultusunda kenarlardan biri uzatılabilir. B ve L gibi iki farklı boyuta sahip olan ve $1.5B \leq L \leq 5B$ koşulu sağlanan temellere dikdörtgen temeller denilmektedir. Deprem etkisinde kalan bir bölgede tasarımı yapılan bu tarz tekil temeller bağ kirişleri ile bağlanması zorunludur.

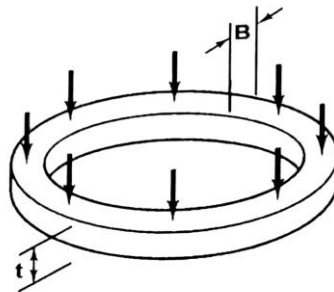
Şekil 3.2'de bir yapının altına oturtulmuş kare ve dikdörtgen temel örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Dörtgen Tekil Temeller (a)Kare (b)Dikdörtgen (c)Çelik (Önalp ve Sert, 2006).

3.1.2. Daire ve Halka Temeller

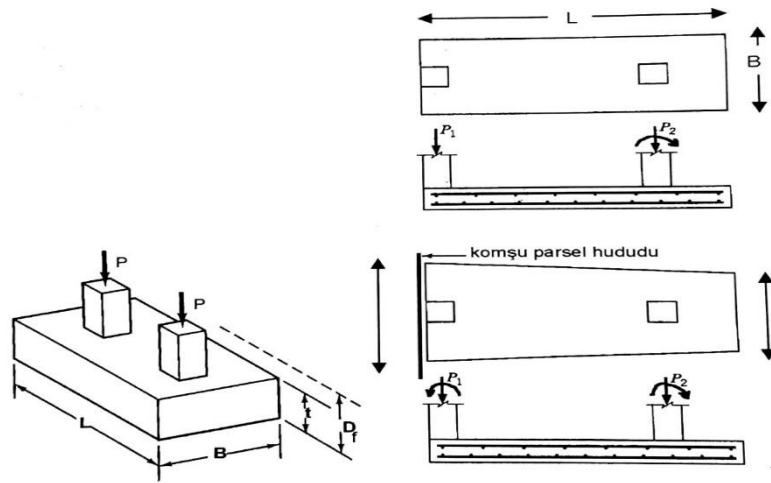
Temeller betonarme imal edilmektedir. Zemin özellikleri ile beraber ekonomikliği de düşünülerek kullanılan beton ve donatının azaltılması amacıyla üzerine gelen yapıya göre daire veya halka temeller tercih edilmektedir. Su deposu, silo, bayrak, ilan panosu direkleri vb. gibi özel yapılar için kullanılır. Aşağıda Şekil 3.3'te halka temel örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Halka Temel (Önalp ve Sert, 2006).

3.1.3. Birleşik Temel

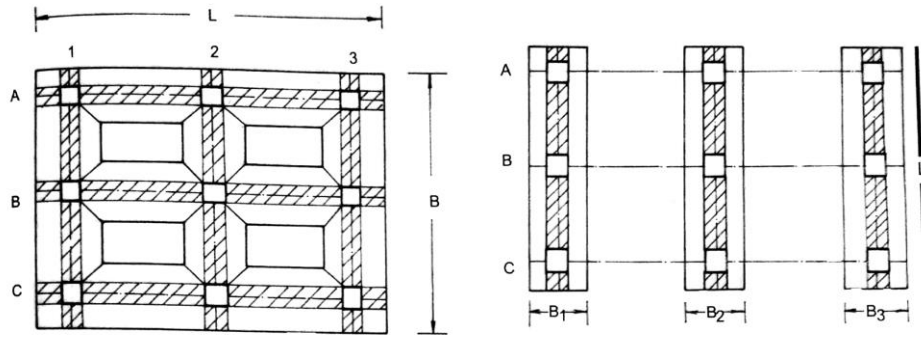
Birbirine çok yakın iki kolon için etkiyen momentlerin çok fazla olması durumunda, altına yapılacak olan iki kare temelin birleştirilmesi ile oluşan temel sistemine birleşik temel denir. Birleşik temelin uzun kenarının kısa kenarına oranı çok fazla olmamalıdır. Bunun için sınırlama $L \leq 5B$ mertebesindedir. Özellikle zeminin taşıma gücü açısından problemin olmadığı yerlerde uygulanmalıdır. Aşağıda Şekil 3.4'te birleşik temel örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Bileşik Temeller (a)Eşit yük ve Momentli (b)İçteki Yük Büyük (c)Parsel kenarı-Dıştaki Yük Büyük (Önalp ve Sert, 2006).

3.1.4. Sürekli Temel

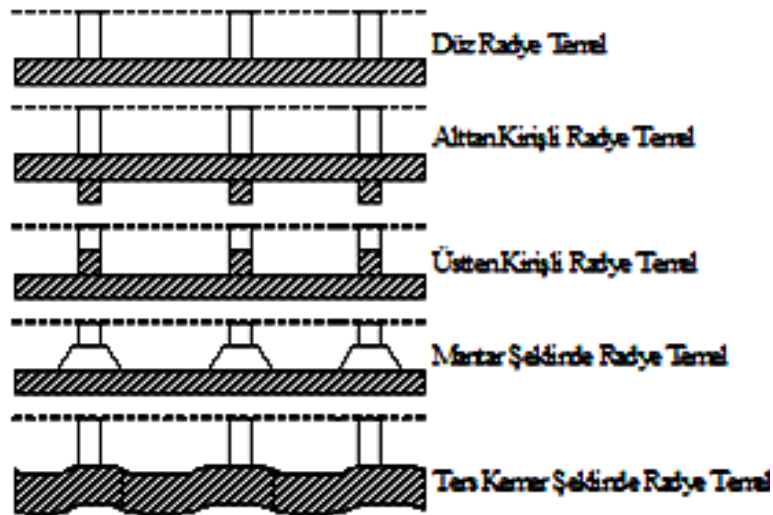
Temel zemininin nispeten daha zayıf olduğu, kolon mesafelerin daha yakın veya yapı yüklerinin çok daha fazla olduğu şartlar için sürekli temel tasarlanmaktadır. Genel bir ifade ile sürekli temel, iki ya da daha çok kolondan veya perdeye etkiyen tek-çift yönlü momentleri karşılamak için yapılan, $L > 5B$ mertebesinde boyutlara sahip yeterli rijitlikteki temellere denilmektedir. Ülkemizde geçerli deprem yönetmeliğine göre sürekli temeller deprem bölgelerinde bağ kirişleri ile bağlanmalıdır. Dolayısıyla bu tip temellerde tekil temellere göre farklı oturma riski daha azdır. Aşağıdaki Şekil 3.5'te sürekli temel örneği verilmiştir.



Şekil 3.5. Çift ve Tek Yönde Sürekli Temeller (Önalp ve Sert, 2006).

3.1.5. Yayılı Temel

Bir yapıda birden fazla kolonu taşıyan yüzeysel temel türü yayılı diğer bir deyişle radye temeldir. Betonarme ve rijit bir yapı elemanıdır. Sürekli temele benzerlik gösterse de tasarım açısından birçok fark vardır. Zemin taşıma gücünün zayıf olduğu yapı alanlarında tercih edilir. Üzerine gelen yüklemeye karşın temelde oluşan moment ve kesme kuvvetlerine karşı koymada çok daha rijit davranış gösterir. Şekil 3.6'da görüleceği üzere alt yüzeyleri diz veya dişli olmak üzere radye temel tipleri verilmiştir. Alt yüzeyleri dişli yapılanlar daha çok şişme özelliği gösteren zeminlerde kullanılır. şişen zeminler şişerek bu diş kısımlarına girerek zemin şişme basıncında azalma oluşur (Birand, 2006).



Şekil 3.6. Radye Temeller (Birand, 2006).

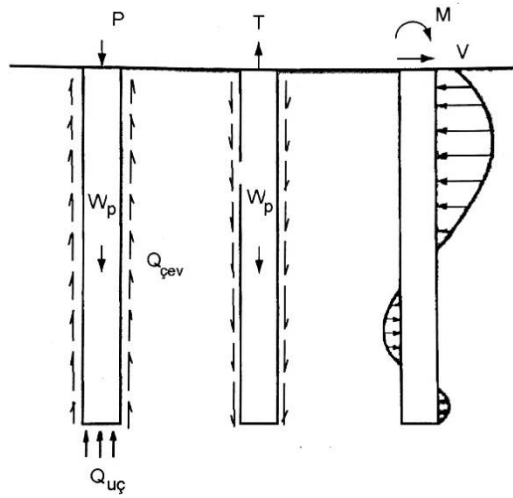
3.2. Derin Temeller

Temel derinliğinin temel genişliğine oranı 5'ten büyük olan ($D_f/B > 5$), üst yapı yüklerinin bir kısmını veya tamamını zemin yüzeyinden zemin tabakalarına aktaran sistemlere derin temeller denir. Yük taşıma kapasitesi yapıdan gelen yükleri taşıyamayan ve zemin emniyet gerilmesinin temelde yapı yüklerinden dolayı oluşan gerilmelerden küçük olan zayıf zeminlerde, yapı yüklerini karşılayabilecek sağlam tabakaların çok derinde olması halinde, yapı yüklerini sağlam zemin tabakasına iletilmesini sağlamak amacı ile derin temeller kullanılır. Yani, zeminin içerisinde sağlam tabakalar oluşturmak için de derin temeller kullanılmaktadır. Derin temeller üç gruba ayrılmaktadır. Ayak, keson ve kazıklı temeller gibi çeşitleri vardır.

3.2.1. Kazıklı Temeller

Mühendislik tarihinin bilinen en eski yapı elemanlarından biri ahşap kazıklardır. Bulgular neolitik çağda, bugünkü İsviçre'de yaklaşık 12000 yıl önce insanların saldırganlardan korunmak için sığ göllerin ortasına ağaç kazık çakarak barınaklarını bunların üzerinde oluşturdukları göstermektedir. Bir diğer deyişle ahşap kazıklar belki de yüzeysel temellerden daha da eski geçmişe sahiptir (Önalp ve Sert, 2006).

Geçmişten günümüze bu konudaki gelişmeler göz önüne alındığında zeminin yüzeysel temeller için uygun olmadığı ve zemin iyileştirmenin de yetersiz kalabileceği şartlarda tercih edilirler. Kazıklar genel olarak zeminin taşıma gücünün artırılması amacıyla kullanılmalarının yanı sıra bu özellikleri ile üst yapı yüklemesinden dolayı oluşacak farklı ve toplam oturmaları azaltmayı veya engellemeyi sağlamaktadır. Ayrıca kazık uygulaması başka birçok olumlu sonucu doğurmaktadır. Bu olumlu sonuçları, oyulma ve boşalma olasılığı bulunan zemin ortamlarını desteklemek, yeraltı su derinliğinden daha alttaki tabakalara ulaşmak, basınç yükleri ile birlikte çekme yüklerini de karşılamak, eğimli yüklemeleri ve yanal yüklemelere dayanmak, binayı yan parsellerde oluşan kazının olumsuz etkilerinden korumak ve şişme özelliği gösteren killere direnmek olarak sıralayabiliriz (Önalp ve Sert, 2006). Kazıklar ahşap, betonarme veya çelik olarak imal edilirler. Normal bir uygulamada kazık çapları ortalama 0.25-1.50 m, boyları ise 5-45 civarlarındadır. Aşağıda Şekil 3.7'de gösterilen kazık uygulamasında yapıdan gelen yüklerin zemin ortamına aktarılması gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Yapı Yüklerinin Derin Temeller ile Zemine Aktarılması (Önalp ve Sert,2006)

Literatürde birçok sınıflama yer alsa genel olarak kazıklar 4 şekilde sınıflandırılmaktadır.

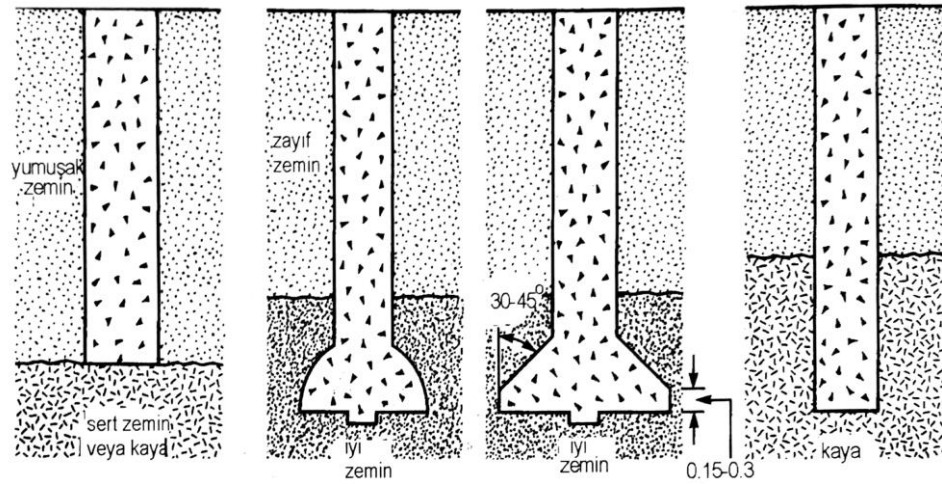
1. Yüklerin zemine aktarım şekline göre; uç kazığı, sürtünme kazığı ve her ikisinin de birlikte kullanıldığı kombine kazık olarak sınıflandırılır.
2. İmal edildikleri malzemeye göre; ahşap, çelik ve betonarme kazıklar(yerinde döküm ve prefabrik döküm) olarak sınıflandırılır.
3. Zemin cinsi ve yapı özelliklerine göre değişen imal edilme şekline göre; çakma, delme(fore) olarak iki başlıkta sınıflandırılır.

Uygulama farklılıklarından dolayı delme(fore) kazıklar, kaplama borusu kullanılmayan, kaplama borusu zeminde bırakılan ve kaplama borusu zeminden çıkartılan olmak üzere üç şekilde imal edilmektedir. Kazık türlerinin birbirlerine göre birçok olumsuz yanları vardır. Tasarımda en iyi çözüm için yapının yeri ve türü, zemin ve yeraltı su durumu, maliyet ve uzun yıllar süren dayanıklılık kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır. Maliyet kavramına bakıldığında bir tek kriter birim fiyatının ucuz olması onun en ekonomik çözüm olduğu anlamına gelmez. Özellikle malzeme seçimi yapılırken yeraltı su seviyesinin altındaki imalatlarda ahşap kazıklarda çürüme, betonarme kazıklarda asit ve tuz etkisi ile mukavemet azalması ve çelik kazıkların korozyona uğraması gibi olumsuz etkilerin göz ardı edilmemesi ve yeraltı suyu için önlem alınması gerekmektedir. Burada dikkat çeken, uygulamada tecrübesiz yapımın ek maliyetler doğurabileceği unutulmamalıdır (Yıldırım, 2002).

3.2.2. Ayak(Kuyu) Temel

Son zamanlarda ülkemizde de kentsel dönüşüm kapsamında özellikle bitişik nizam projelerde yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Tehlikeli ve emeğin en çok olduğu uygulamalardan biridir. Diğer uygulamalara göre can ve mal kaybını azalttığından daha ekonomiktir. Kuyu temel, derin temellerin özel temel tiplerindedir. Çoğu teknik literatürde "drilledpier" veya "drilledshaft" adı ile bahsedilen kuyu temel Türkiye'de kazık temel olarak bilinen dökme beton yapı elemanlarıdır. Kuyu temel, donatılı veya donatısız, dökme veya basınçlı beton ile genellikle çapı 1.2 - 3.5maralığında olan tercihen kaya vb. sağlam tabakaya kadar yerleştirilen elemandır. Temel zemininde sağlam tabakanın çok derinde olduğu ve yapı yüklerinin çok fazla olması durumlarında "ayak" temel olarak da ifade edilen kuyu temel uygulaması akla gelmektedir. Kuyu temel imalatında uygulama, derin kazı tamamlandıktan sonra bir gözlemcinin temel alanına indirilerek betonlama çalışmasının bundan sonra başlaması uygun olmaktadır (Önalp ve Sert, 2006).

Kazıklara göre yatay yüklere karşı mukavemeti daha yüksek ve bir grup kazık ve bunların başlığı yerine tek kuyu veya bir ayak temel kullanılabilir. Sıkı kumlar ve çakıllarda kazık ittirmek zor olacağından daha kolay açılabilen kuyu imalatı uygun olmaktadır. Ayrıca ucu genişletildiğinde çekme yüklerine karşı direnç gösterebilmektedir. Gerektiği kadar sağlam tabakanın bulunmadığı bölgelerde oturma problemi doğurmaktadır. Bu tür temellerde olumsuz yönleri ise çalışmaların yağışlı ve kötü havalarda yapılamamasıdır. Kuyu temeller yapıdan gelen yükleri sağlam tabakaya iletmesine göre 3'e ayrılmaktadır. Bunlar; silindir şaftlı, kayaya yuvalanmış ve ucu düğmeli çeşitleri bulunmaktadır.

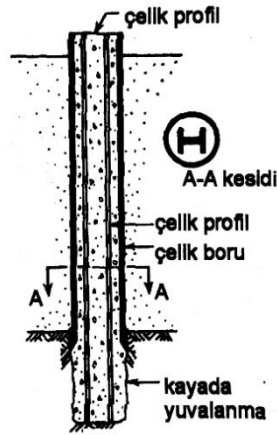


Şekil 3.8.Kuyu Temel Çeşitleri. (a)silindirik şaftlı, (b)(c)ucu düğmeli, (d)kayaya yuvalanmış, (Önalp ve Sert, 2006).

3.2.3. Keson(Kutu) Temel

Kutu temeller için Fransızca kökenli bir kelimenin tercümesi olarak geçen keson temel ifadesi de kullanılmaktadır. Özellikle derin sulardaki köprü ayaklarında uygulanan kutu temeller klasik çağdan bu yana, Leonardo Vinci hatta Herodot tarafında da bahsedilmiş olup, kuyu temellere göre daha eskilere dayanmaktadır. Binalardan çok köprü ayaklarında temel ögesi olarak yararlı olmaktadır.

Bu isimlendirme yeraltı su seviyesinin derin ve yüksek olduğu köprü ayağı veya arıtma tesisi gibi özel yapılarda zemine indirilerek içinde çalışılan kutu(keson) biçimli temelden kaynaklanmıştır. Kutu temelin özelliği, kuruda imal ve inşa edilerek yerine indirilmesi biçiminde olduğu için gerektiğinde içinde elle kazı yapılabilmesidir. Böylece, düzgün olmayan ana kaya yüzeyinde kazının kontrollü yapılabilmesi mümkün olacaktır (Önalp ve Sert, 2006). Kazık biçimli, açık kuyu biçimli ve basınçlı hava ile çalışan olarak 3 farklı biçimde yapılabilen açık kutu temeller ve hava basınçlı olarak yapılabilen kapalı kutu temel şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Aşağıdaki Şekil 3.9'da bir kazık biçimli kutu temel örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Kazık biçimli Kutu Temel (Önalp ve Sert, 2006).

3.3. Temel Tasarımını Etkileyen Faktörler

Temel tasarımı yapılırken zemine ait yeraltı su vb. çevresel özellikler, zeminin taşıma gücünü belirleyen parametreler, yapılacak yapıya ait yükleme ve bunun sonucunda oluşacak oturmalar, bölgenin depremselliği gibi birçok etken göz önünde bulundurulmalıdır. Yapının yapılacağı bölgenin çevresel faktörler ve depremsel karakteristikleri belirleyici etkenlerdir.

3.3.1. Zemin sınıfı etkisi

Geçmişten bu yana yapının yapılacağı en uygun zemin sınıfının kayalık zemin olduğu bilinmektedir. Çoğunlukla sağlam olan kaya zemine ulaşmak için ya temel kazısı çok derin yapılmış ya da bulunan zeminde iyileştirme çalışmalarının zorunluluğu doğmuştur. Fakat bu çalışmalar yerine göre ekonomik bir çözüm olmamaktadır. Zeminler, üzerine yapı yükü uygulandığı zaman elastik ve plastik şekil değiştirmelere maruz kalmaktadır. Bu şekil değiştirmeler müsaade edilebilir değerlerin altında kalmadığı zaman yapı güvenliği tehlikeye girmektedir. Genellikle kohezyonlu zeminlerde en yaygın karşılaşılan problem oturma problemidir. Literatürde killer, kumlar ve çakıllar yapıya uygun bir zemin olarak önümüze konulsa da aslında bu zeminlerin bulunduğu ortam koşullarının temel tasarımında etkisi de incelenmelidir. Dolayısıyla zeminlerin öncelikle zemin sınıfları belirlenmeli ve temelin oturacağı zemin sınıfının özelliklerinin irdelenmesi gerekmektedir.

3.3.2. Yeraltı suyu etkisi

Su geçirgenliği olan zeminler, içindeki su akımı nedeniyle geoteknik problemlerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Normal koşullarda bir problem oluşturmadığı gibi suyun iklimlere bağlı değişken yeraltı su varlığı ciddi problemlere yol açmaktadır. Örneğin, şişme- büzülme, göçme ve donma koşullarında kabarma gibi etkiler, yapının temelinde büyük zararlar görülebilmektedir. Zemin mekaniği açısından önem arz eden, sadece sızan su miktarı ve hızı değil, aynı zamanda sızan suyun zemin ve üzerlerindeki yapılara uyguladığı basınçlardan dolayı zemin davranışı üzerindeki etkisidir. Zemin içerisinde oluşan su basınçları aynı zamanda stabilite ve hacimsel deformasyon problemlerinin analizinde büyük oranda etki göstermektedir. Temeli etkileyen yeraltı ve yüzey suyu son taşıma gücünü %0 ile %30 arasında azaltmaktadır (Önalp ve Sert, 2006). Dolayısıyla bu tür zeminlerde temel tasarımı için özel yöntemler gerekmektedir.

3.3.3. Deprem etkisi

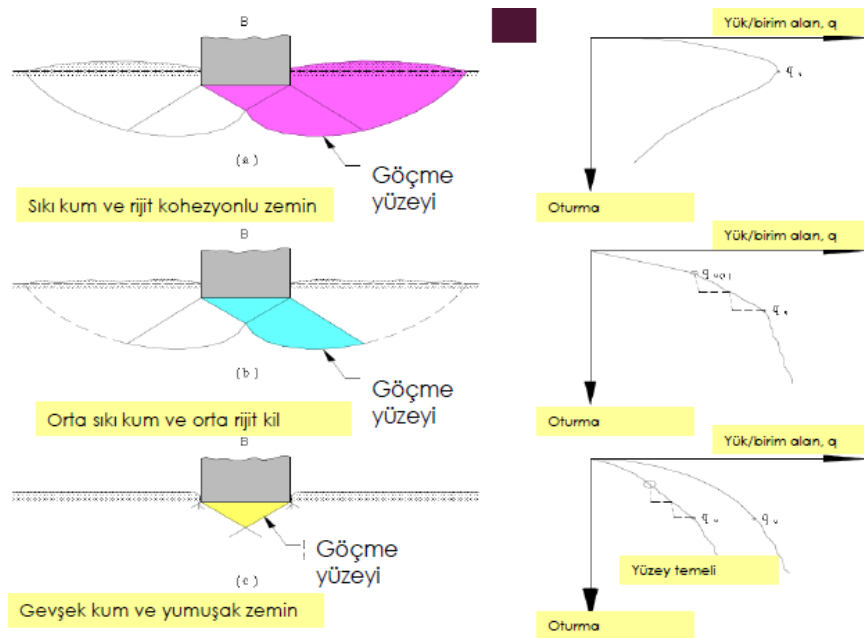
Temel tasarımı yapılırken yapının normal statik yüklenmesi halinde yapıda yer değiştirme ve dönmeler olabilmektedir. Bununla birlikte, dinamik deprem yüklemelerine maruz bırakılan yapı temeli, zemin ile birlikte hareket ederek farklı yer değiştirmeler yapabilmektedir. Geçmişte meydana gelen birçok deprem sonrasında, temelin zemine mesnetlendiği noktalarda şişme, kabarma veya dönmeler olduğu görülmüştür. Zemin deprem hareketini değiştirerek yapılara iletmekte bu etki bazen büyütme şeklinde olabilmektedir. Deprem etkisine bağlı oluşan birçok zararın temel etkisi üzerine etkisi değerlendirildiğinde temel ve zemin ikilisinin birlikte analiz edilmesi gerekmektedir. Yapı etkileşimi basit bir tarifi, yapının şekil değiştirmesinin zeminde oluşan gerilmeleri, zeminde oluşan deformasyonunun da yapı iç kuvvetlerini etkilemesidir (Çağlar vd., 2005).

4. TEMEL HESAP YÖNTEMLERİ

4.1. Yüzeysel Temeller İçin Taşıma Gücü Hesabı

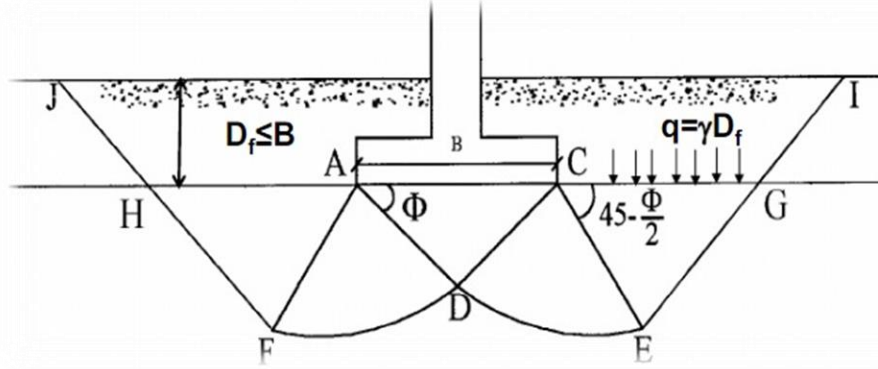
Bir temelin taşıma gücü, zeminde göçme olmadan, kayma dayanımı aşılmadan ve temelin zemine aktarabileceği en fazla gerilme olarak ifade edilebilir. Temelin oturacağı zeminin sıklığı veya sertliğine göre laboratuarda oluşturulan model deneylerinden de gözlenebilecek 3 tür göçme mekanizmasından bahsedilebilir (Yıldırım,2002). Bunları, genel göçme, yerel göçme ve zımbalama göçmesi olarak sıralayabiliriz.

Genel göçmede, sıkı daneli veya normal konsolide killerde drenajsız koşulda görülmekte olup gerilme - oturma eğrisinde Şekilde 4.1(a)'da gösterildiği gibi en yüksek taşıma gücüne ulaşılmaktadır. Yerel göçme mekanizmasında, Şekil 4.1(b)'de gösterildiği üzere belirli bir gerilme sınırına kadar oturmalar giderek artmakta ve belirli bir eşikte oturmalarda sıçramalar görülmektedir. Şekil 4.1(c)'de görüldüğü üzere zımbalama göçmesinde zemin yumuşak veya sıkışabilir ise belirli bir temel gerilmesinden sonra oturmalar lineer duruma gelmektedir. Zımbalama göçmesi, yüksek yükler altında, drenajlı şartlarda yumuşak ve gevşek zeminlerde görülebilmektedir.



Şekil 4.1.Göçme Mekanizmaları. (a) Genel, (b) Yerel, (c) Zımbalama,(Vesic, 1973; Berilgen, 2014).

Göçme mekanizmaları Şekil 4.1(a)' da belirtilen gerilme - oturma eğrisi üzerinde analitik çözümler ilk kez Terzaghi (1943) tarafından bir şerit temel için geliştirilmiştir.



Şekil 4.2. Şerit Temel İçin Taşıma Gücü Modeli (Terzaghi, 1943).

Şekil 4.2' de Terzaghi(1943)'nin ele aldığı taşıma gücü modeli üzerinden analitik çözüme göre varsayımlar yapılarak eşitlik (4.1) çıkarılmıştır (Yıldırım,2002). Bu varsayımlar, üçgen zonu (ACD) elastiktir. Temel altında AD ve CD, yatayla ϕ açısı yapmaktadır. ADF ve CDE radyal kırılma bölgeleridir. DF ve DE, logaritmik spiral olarak alınabilir. AFH ve CEG, rankine pasif bölgesidir. HJ ve GI yüzeylerinde kayma dayanımı göz önüne alınmamış olup temel düzeyinin üzerindeki zemin etkisi sürüşarj olarak değerlendirilmiştir. Temel derinliği genişliğinden fazla değildir. Zemin c, ϕ zemini olup yeraltı suyu çok derindedir. Temel aksel ve dikey yönde yüklüdür. Sürekli bir temel için bu verilen koşullar göz önüne alınarak elde edilen analitik çözüm, (4.1) eşitliğinde verilmiştir.

$$q_u = c N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B \quad (4.1)$$

Terzaghi(1943)'nin taşıma gücü faktörlerine ilişkin elde ettiği eşitlikler (4.2), (4.3), (4.4) ve (4.5)'te verilmektedir.

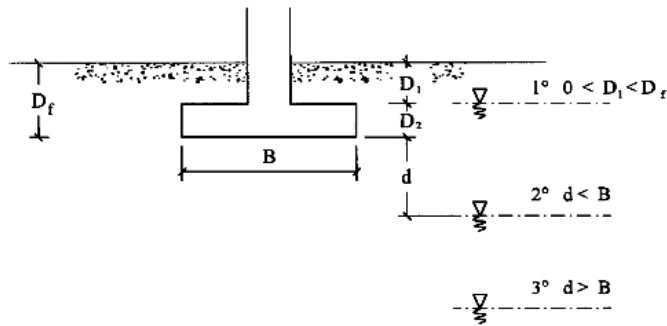
$$N_q = \left[\frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \right] \quad (4.2)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi \quad (4.3)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right) \quad (4.4)$$

$$K_{p\gamma} = 3 \operatorname{tg}^2 \left[45 + \left(\frac{\phi + 33}{2} \right) \right] \quad (4.5)$$

Yukarıda verilen 4.1 bağıntısındaki q yükünü hesaplamak için yeraltı su seviyesine göre 3 farklı konumuna göre değerlendirilmektedir.



Şekil 4.3. Tekil temel örneği (Berilgen, 2014).

Yeraltı su seviyesi derinliği D_1 , temel derinliği D kadar olsun. Bu durumda q yükü $0 < D_1 < D$ ise eşitlik (4.6)'daki şekilde hesaplanır,

$$q = D_1\gamma + D_2\gamma_{sat} \quad (4.6)$$

$D_1\gamma$ Burada kuru ya da ıslak durumda bulunan zemine ait, γ_{sat} ise Y.A.S.S.'nin altındaki zeminin doymun birim hacim ağırlığıdır. Ayrıca $\frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$ teriminde γ değeri değiştirilerek γ' aşağıdaki eşitlik (4.7)'deki gibi hesaplanmaktadır. γ_w , zemin ortamında bulunan suyun birim hacim ağırlığıdır.

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (4.7)$$

Yeraltı su seviyesi temel altından d kadar derinlikte ve temel genişliğinin B olduğu durumda, $0 < d < B$ ise, eşitlik (4.8)'de kullanılmaktadır.

$$q = \gamma D \quad (4.8)$$

taşıma gücü (4.1) eşitliğinde $\frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$ teriminde γ değeri değiştirilerek eşitlik (4.9)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\gamma = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma') \quad (4.9)$$

Yeraltı su seviyesi $d > B$ ise, taşıma gücüne etkisinin olmayacağı kabul edilmekle birlikte (4.8) eşitliği, q yükünün hesaplamasında (4.1) eşitliği geçerlidir.

Düzlem deformasyon durumunun, plan üzerinde dikdörtgen veya dairesel temellerin altındaki zeminde geçerli olmadığını düşünen Terzaghi bu tür temeller için katsayıları değiştirerek aşağıdaki bağıntıları önermiştir (Birand, 2006).

Kare temel için eşitlik (4.10) kullanılırken, dairesel temel için eşitlik (4.11) kullanılmaktadır.

$$q_u = 1.3 c N_c + q N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (4.10)$$

$$q_u = 1.3 c N_c + q N_q + 0.3 \gamma B \quad (4.11)$$

Terzaghi tarafından taşıma gücü faktörlerinin ϕ açısının fonksiyonu olarak sayısal değerleri aşağıdaki Çizelge 4.1'de verilmiştir. Aradaki diğer ϕ açıları doğrusal enterpolasyon ile elde edilebilmektedir.

Çizelge 4.1. Terzaghi Taşıma Gücü Faktörleri.

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	17	14.60	5.45	2.18	34	52.64	36.50	38.04
1	6.00	1.1	0.01	18	15.12	6.04	2.59	35	57.75	41.44	45.41
2	6.30	1.22	0.04	19	16.57	6.70	3.07	36	63.53	47.16	54.36
3	6.62	1.35	0.06	20	17.69	7.44	3.64	37	70.01	53.80	65.27
4	6.97	1.49	0.10	21	18.92	8.26	4.31	38	77.50	61.55	78.61
5	7.34	1.64	0.14	22	20.27	9.19	5.09	39	85.97	70.61	95.03
6	7.73	1.81	0.20	23	21.75	10.23	6.00	40	95.66	81.27	115.31
7	8.15	2.00	0.27	24	23.36	11.40	7.08	41	106.81	93.85	140.51
8	8.60	2.21	0.35	25	25.13	12.72	8.34	42	119.67	108.75	171.99
9	9.09	2.44	0.44	26	27.09	14.21	9.84	43	134.58	126.50	211.56
10	9.61	2.69	0.56	27	29.24	15.90	11.60	44	151.95	147.74	261.60
11	10.16	2.98	0.69	28	31.61	17.81	13.70	45	172.28	173.28	325.34
12	10.76	3.29	0.85	29	34.24	19.88	16.18	46	196.22	204.19	407.11
13	11.41	3.63	1.04	30	37.16	22.46	19.13	47	224.55	241.80	512.84
14	12.11	4.02	1.26	31	40.41	25.28	22.65	48	258.28	287.85	650.87
15	12.86	4.45	1.52	32	44.04	28.52	26.87	49	298.71	344.63	831.99

Çizelge 4.1'de verilen taşıma gücü faktörleri genel kayma göçmesi durumu için varsayım yapılarak elde edilmiştir. Terzaghi yerel kayma göçmesini ele aldığında, şerit temel için ($B/L=0$) eşitlik (4.12), kare temel için ($B=L$) eşitlik (4.13) ve dairesel temel için ($B=D$) eşitlik (4.14) kullanılmaktadır.

$$q_u = c'N_c' + q'N_q' + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma' \quad (4.12)$$

$$q_u = 1.3 c' N_c' + q'N_q' + 0.4 \gamma B N_\gamma' \quad (4.13)$$

$$q_u = 1.3 c'N_c' + q'N_q' + 0.3 \gamma B N_\gamma' \quad (4.14)$$

Değiştirilmiş taşıma gücü faktörleri N_c' , N_q' , N_γ' olarak ifade edilmiştir. Yukarıdaki (4.12), (4.13), (4.14) eşitliklerinde yer alan c' kohezyon değeri için eşitlik (4.15) ve (4.16) kullanılmaktadır.

$$c' = \frac{2}{3}c \quad (4.15)$$

$$\phi^* = tg^{-1}\left(\frac{2}{3}tg\phi\right) \quad (4.16)$$

N_c' , N_q' , N_γ' değiştirilmiş taşıma gücü faktörleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Terzaghi'nin Değiştirilmiş Taşıma Gücü Faktörleri.

ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.70	1.00	0.00	17	10.47	3.13	0.76	34	23.72	11.67	7.22
1	5.90	1.07	0.005	18	10.90	3.36	0.88	35	25.18	12.75	8.35
2	6.10	1.14	0.02	19	11.36	3.61	1.03	36	26.77	13.97	9.41
3	6.30	1.22	0.04	20	11.85	3.88	1.12	37	28.51	15.32	10.90
4	6.51	1.30	0.055	21	12.37	4.17	1.35	38	30.43	16.85	12.75
5	6.74	1.39	0.074	22	12.92	4.48	1.55	39	32.53	18.56	14.71
6	6.97	1.49	0.10	23	13.51	4.82	1.74	40	34.87	20.50	17.22
7	7.22	1.59	0.128	24	14.14	5.20	1.97	41	37.45	22.70	19.75
8	7.47	1.70	0.16	25	14.80	5.60	2.25	42	40.33	25.21	22.50
9	7.74	1.82	0.20	26	15.53	6.05	2.59	43	43.54	28.06	26.55
10	8.02	1.94	0.24	27	16.03	6.54	2.88	44	47.13	31.34	30.40
11	8.32	2.08	0.30	28	17.13	7.07	3.29	45	51.17	35.11	36.00
12	8.63	2.22	0.35	29	18.03	7.66	3.76	46	55.73	39.48	41.70
13	8.96	2.38	0.42	30	18.99	8.31	4.39	47	60.91	44.54	49.30
14	9.31	2.55	0.48	31	20.03	9.03	4.83	48	66.80	50.46	59.25
15	9.67	2.73	0.57	32	21.16	9.82	5.51	49	73.55	57.41	71.45
16	10.06	2.92	0.67	33	22.39	10.69	6.32	50	81.31	65.60	85.75

Zeminin drenajına izin vermeyen, hızlı yapılan yükleme hali için, temele gelen toplam gerilmeler hesaplanmakla birlikte içsel sürtünme açısı $\phi=0$ için, $N_q=1.0$ ve $N_\gamma=0$ kabul edilmektedir. Zeminin drenajına izin verilen, yavaş bir yükleme hali için de gerilmeler efektif gerilme cinsinden hesaplanmaktadır. $\phi>0$ için, N_c , N_q ve N_γ değerleri 0 dan büyük olmaktadır (Birand, 2006).

Prandtl (1921), drenajsız durumda c kayma direncini ifade etmek için çözümü aşağıdaki eşitlik (4.17) ile vermiştir.

$$q_u = (2 + \pi)c = 5,14 c \quad (4.17)$$

Skempton tarafından da bu durum incelenmiş ve eşitlik(4.18) elde etmiştir.

$$q_u = cN_c + q = cN_{cu} + q \quad (4.18)$$

Skempton tarafından verilen N_{cu} taşıma gücü faktörüdür. Dairesel, kare ve şerit temelleri için taşıma gücü faktörü N_{cu} Şekil 4.5' teki abak'tan elde edilebilmektedir.

Terzaghi (1943)'nin (4.1) eşitliği şerit temel için elde edildiğinden, eğik ve eksantrik yükleme veya şevlerdeki temeller ve ($B/L < 1$) olan dikdörtgen temelleri hesaba katmamaktadır. Taşıma gücü şev eğimine bağlı olarak azalmakla birlikte Meyerhof (1963), Hansen (1970) ve Vesic (1973) gibi araştırmacılar düzeltme katsayıları uygulayarak (4.1) eşitliğinden daha kapsamlı eşitlikler türetilmiştir (Önalp ve Sert, 2006).

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (4.19)$$

Eşitlik (4.19)'da belirtilen şekil faktörleri ($F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$), derinlik faktörleri ($F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$), ve gelen yükün uygulanma hallerine göre yük eğim faktörleri ($F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$) deneysel çalışmalar sonucunda elde edilmiş ampirik değerlerdir (Das, 1984).

De Beer (1970) tarafından ortaya konmuş şekil faktörleri, eşitlik (4.20), (4.21) ve (4.22)'de verilmiştir.

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) (N_q/N_c) \quad (4.20)$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi \quad (4.21)$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right) \quad (4.22)$$

Burada L , temel boyu $L > B$ olarak tanımlanmaktadır. Hansen (1970) tarafından derinlik faktörleri $D_f/B \leq 1$ durumu için, eşitlik(4.23), (4.24) ve (4.25) verilmiştir.

$$F_{cd} = 1 + 0,4(D_f/B) \quad (4.23)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (4.24)$$

$$F_{\gamma d} = 1.0 \quad (4.25)$$

$D_f/B > 1$ durumu için, bu eşitlikler (4.26), (4.27) ve (4.28)'de verilmiştir.

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (4.26)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (4.27)$$

$$F_{\gamma d} = 1.0 \quad (4.28)$$

olarak verilmiştir. Burada $\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$ ifadesinin değeri radyan cinsinden hesaplanmaktadır. Hanna ve Meyerhof (1983) tarafından yük eğim eşitlikleri (4.29) ve (4.30)'da verilmiştir. Eşitlikte yer alan β^0 açısı yükün düşeyle yaptığı açıdır.

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^0}{90^0}\right)^2 \quad (4.29)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^0}{\phi^0}\right)^2 \quad (4.30)$$

Vesic (1970) tarafından Çizelge 4.3.'de verilen taşıma gücü faktörlerinin kullanılması önerilmektedir.

Cizelge 4.3. Vesic (1970) Tarafından Önerilen Taşıma Gücü Faktörleri

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N	\tan	ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N	\tan
0	5.14	1.0	0.0	0.20	0.00	25	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.0	0.0	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.2	0.1	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.3	0.2	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.4	0.3	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.5	0.4	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.7	0.5	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.8	0.7	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.0	0.8	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.2	1.0	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.4	1.2	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.7	1.4	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.9	1.6	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.2	1.9	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.3	3.5	2.2	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.4	0.85	0.84
15	10.9	3.9	2.6	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.2	0.88	0.87
16	11.6	4.3	3.0	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.5	0.91	0.90
17	12.3	4.7	3.5	0.39	0.31	43	105.1	99.02	186.5	0.94	0.93
18	13.1	5.2	4.0	0.40	0.32	44	118.3	115.3	224.6	0.97	0.97
19	13.9	5.8	4.6	0.42	0.34	45	133.8	134.8	271.7	1.01	1.00
20	14.8	6.4	5.3	0.43	0.36	46	152.1	158.5	330.3	1.04	1.04
21	15.8	7.0	6.2	0.45	0.38	47	173.6	187.2	403.6	1.08	1.07
22	16.8	7.8	7.1	0.46	0.40	48	199.2	222.3	496.0	1.12	1.11
23	18.0	8.6	8.2	0.48	0.40	49	229.9	265.5	613.1	1.15	1.15
24	19.3	9.6	9.4	0.50	0.45	50	266.8	319.0	762.8	1.20	1.19

Genel taşıma gücü bağıntısı eksantrik yükleme durumlarında da geçerlidir. Fakat B^* ve L^* eşdeğer hesaplamalar söz konusu olmaktadır.

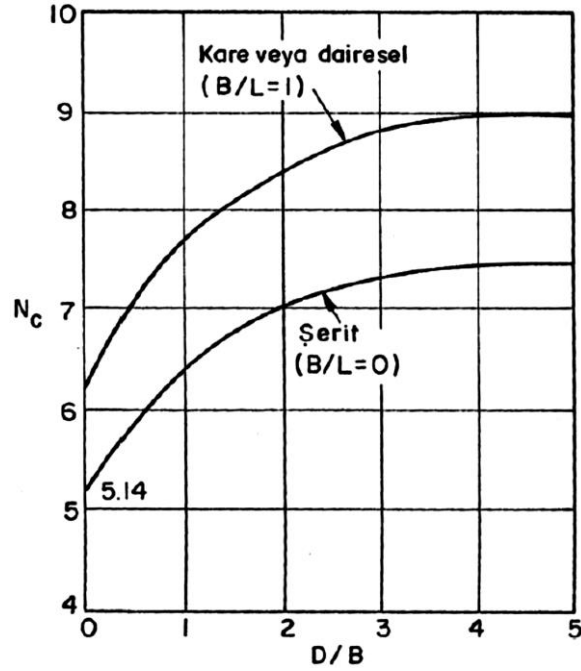
Kohezyonlu zemin durumunda, örneğin drenajlı killer için efektif kohezyon ve efektif kayma direnci değerleri kullanılarak hesaplama yapılmaktadır. Drenajsız killer için $\phi = 0$ durumunda $N_q=1.0$ ve $N_\gamma=0$ değerlerini alacağından q değeri, eşitlik (4.31)'de hesaplanmaktadır.

$$q = C_u N_c \quad (4.31)$$

Eğer dikdörtgen temel için hesaplama yapılacaksa N_c değeri, Şekil 4.5.'den ve eşitlik (4.32)'de verilen

$$0.84 + 0.16 \frac{B}{L} \quad (4.32)$$

çarpanı ile çarpılarak elde edilir.



Şekil 4.5. Dairesel, kare ve şerit temel için taşıma gücü faktörü, N_c (Das, 1984).

4.2. Yüzeysel temeller için oturma hesabı

Zeminlerde oturma problemi üç başlıkta incelenmektedir. Bunlar, ani oturmalar, konsolidasyon oturması ve ikincil konsolidasyon oturması olarak meydana gelmektedir. Ani oturmalar, zemin su içeriğinde bir değişiklik olmaksızın, zamana bağlı olmayan ve zemin üzerine yükleme yapıldığında hemen meydana gelmektedir. Konsolidasyon oturması, yükleme sonrasında zemin bünyesinde bulunan su içeriğinin zamana bağlı drene olması sonucu, boşluklardaki su basıncının sönmülmesi ile hacimde meydana gelen değişikliklerdir. Özellikle kohezyonlu zeminlerde meydana gelen oturma büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu oturmaların miktarı, zeminin sıkışabilirlik katsayılarına göre hesaplanmaktadır. İkincil konsolidasyon oturması, normal konsolidasyon oturmasının tamamlanmasından sonra uzun bir süre içerisinde ortaya çıkan devamlı

oturma türüdür. Genellikle yüksek plastisiteli yumuşak killerde görülmektedir. Sonuç olarak bir yapı ve temelinde meydana gelen oturmalar bu üç oturmanın toplamı olarak eşitlik (4.33)'te ifade edildiği gibidir.

$$S_T = S_i + (S_c + S_{se}) \quad (4.33)$$

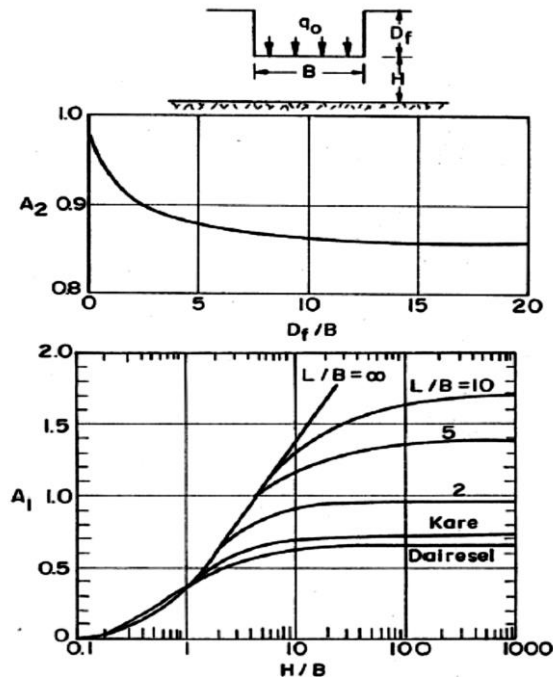
Ani oturmalar (S_i), drenajsız şartlarda, yükleme sonrası kısa bir süre içerisinde meydana gelen oturma olarak ifade edilebilmektedir. Hesabı için, en çok kullanılan yöntem olan Skempton-Bjerrum yaklaşımı eşitlik (4.34)'te verilmiştir.

$$S_i = \frac{(q - \sigma'_{Df})^B}{E_u} \cdot I_1 \cdot I_2 \quad (4.34)$$

Burada anılan σ'_{Df} ifadesi temelin gömme derinliğine denk gelen efektif gerilme, E_u zeminin drenajsız kayma modülü, I_1 ve I_2 ise etki faktörleridir. Doygun kil zeminler için elastik teori kullanılarak ve poisson oranının 0.5 olduğu kabul edilerek hesaplanan konsolidasyon oturmasına eklenir. Janbu vd.(1956), doymun killerde oturan esnek temelerde elastik oturmaların hesaplanmasında eşitlik (4.35)'in kullanılmasını önermişlerdir,

$$S_i = \frac{q_0 \cdot B}{E_s} \cdot A_1 \cdot A_2 \quad (4.35)$$

A_1 ve A_2 , Christian ve Carrier (1978) tarafından hazırlanmış ve Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.

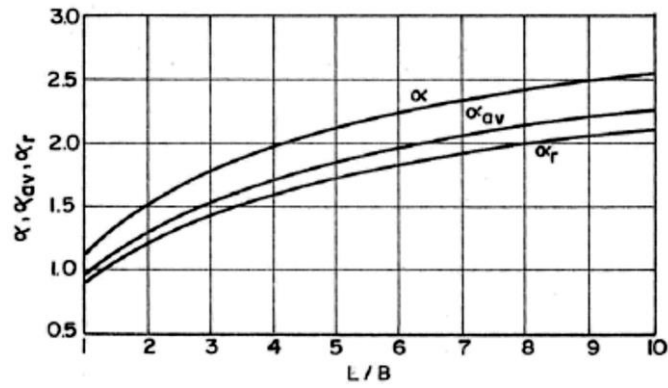
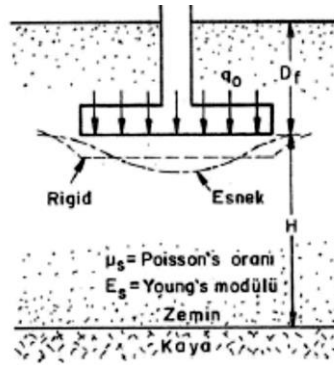


Şekil 4.6. Christian ve Carrier (1978) tarafından hazırlanmış etki faktörleri (Yüksel Proje, 2007).

Genellikle kil ve kum zeminlerde ise elastik oturma'nın hesaplanmasında Harr (1966) tarafından verilen kare temeller ve elastik ortamda esnek dairesel temellerde merkezde elastik oturmalar için, eşitlik (4.36)

$$S_i = (q^0 B) / E_s (1 - \mu^2) \alpha \quad (4.36)$$

kullanılmaktadır. α , Şekil 4.7.'de verilen grafikten okunarak elde edilir. Poisson oranları için teorik olarak Bowles (1994) tarafından aşağıda Çizelge 4.4.'te verilmiştir.



Şekil 4.7. Elastik oturmaya dair katsayıları (Das, 1984).

Çizelge 4.4. Bowles (1994) tarafından önerilen poisson oranları (Yüksel Proje, 2007).

Poisson oranı (μ)	Zemin tipi
0.4 - 0.5	Killi zeminler
0.45 - 0.50	Suya doymun killi zeminler
0.3 - 0.4	Kohezyonsuz- (orta sıkı ve sıkı)
0.2 - 0.35	Kohezyonsuz- (gevşekten orta sıkıya kadar)

Eksantrik yüklü temelerde aşırı yük etkisi ile temelde θ kadar bir dönme meydana gelir. Bu dönmeler eşitlik (4.37) ile hesaplanmaktadır. I_θ , tesir faktörüdür. $\tan \theta$ 'nin hesaplanması için I_θ değerleri Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

$$\tan \theta = \frac{1-\nu^2}{E_s} \cdot \frac{M}{B^2 \cdot L} \cdot I_\theta \quad (4.37)$$

Çizelge 4.5. Temel dönməsi hesabı için tesir sayıları (Önalp ve Sert, 2006).

L/B	0.1	0.2	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	10.0	100.0
Esnek	1.05	1.60	2.51	2.91	3.15	3.43	3.57	3.70	3.77	3.81	3.82
Rijit	1.59	2.42	3.54	3.94	4.17	4.44	4.59	4.74	4.87	4.98	5.06

Oturmaların, kumlarda killere göre çok daha hızlı gerçekleştiği bilinmektedir. Kil zeminlerde oluşan oturma, araziden alınan örselenmemiş numune üzerine yapılan sıkışabilirlik deneyleri ile tayin edilir. Elde edilen parametreler, hacimsel sıkışma indisi (m_v), zemin kompresibilite indisi (C_c) ve (C_r) kullanılarak hesaplanmaktadır. Hacimsel sıkışma indisi (m_v), boşluk oranı ve gerilme eğrisinin eğimi olarak ifade edilmektedir.

$$m_v = \frac{1}{1+e_0} \cdot \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'} \quad (4.38)$$

bağıntı 4.38 ile hesaplanmaktadır. Zemin kompresibilite indisi (C_c), konsolidasyon deneylerinden elde edilen e - $\log \Delta \sigma'$ eğrisinin lineer kısmının eğimi olarak tanımlanmış ve eşitlik (4.39)

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta(\log \sigma')} \quad (4.39)$$

ile hesaplanmaktadır. Konsolidasyon oturması, bağıntı 4.40

$$S_c = m_v \cdot \Delta \sigma' \cdot H \quad (4.40)$$

ile hesaplanmaktadır. Normal konsolide killerde C_c eklenerek eşitlik (4.41)'deki halini almaktadır.

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta \sigma}{\sigma'_{vo}} \quad (4.41)$$

Aşırı konsolide killer için eşitlik(4.42) kullanılmaktadır.

$\sigma'_{vo} + \sigma_v < P'_c$ durumunda,

$$S_c = \frac{C_s}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta \sigma}{\sigma'_{vo}} \quad (4.42)$$

$\sigma'_{vo} < P'_c < \sigma'_{ovo} + \sigma_v$ durumunda ise,

$$S_c = \frac{C_s}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{P_c}{\sigma'_{vo}} + \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma}{P_c} \quad (4.43)$$

eşitlik (4.43) kullanılarak konsolidasyon oturması hesaplanmaktadır.

Yüzeysel temelerde uygulanan bu yöntemde bazı düzeltmeler gerekebilmektedir. Yukarıda verilen formüllerde kullanılan parametreler, yanıl deformasyonu önlenmiş hallerdeki ödometre deneyi sonuçlarından elde edilmektedir. Fakat yüzeysel temelerde üç boyutlu deformasyon oluşacağından, üç boyutlu deformasyon etkisinin yansıtılması için Skempton ve Bjerrum (1957) tarafından verilen düzeltme katsayısı (μ), zemin boşluk suyu basıncı etkisi A_f ve incelenen problemin profiline bağlıdır. Sonuç olarak ödometre deneyinden elde edilen oturma sonuçları, bağıntı 4.44

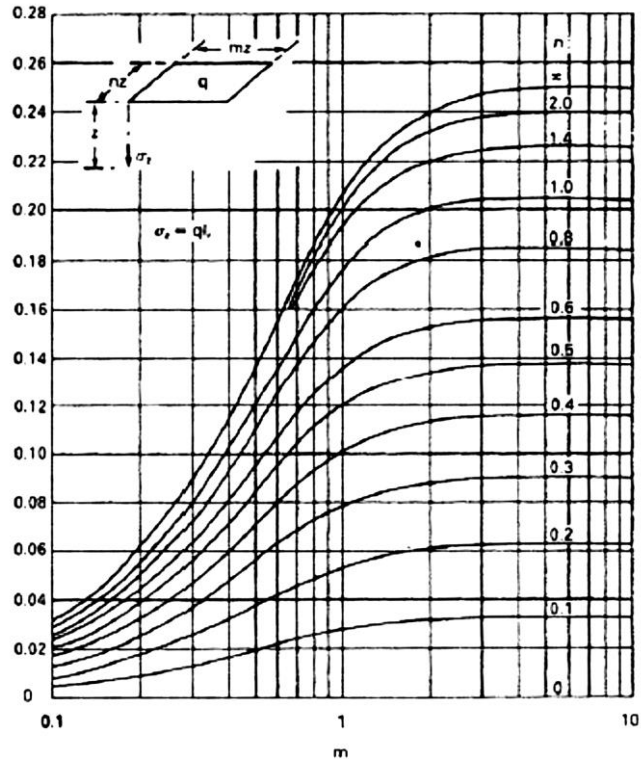
$$S_c = \mu \cdot S_{od} \quad (4.44)$$

ile hesaplanmaktadır. Skempton ve Bjerrum (1957) tarafından önerilen μ katsayıları aşağıdaki Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

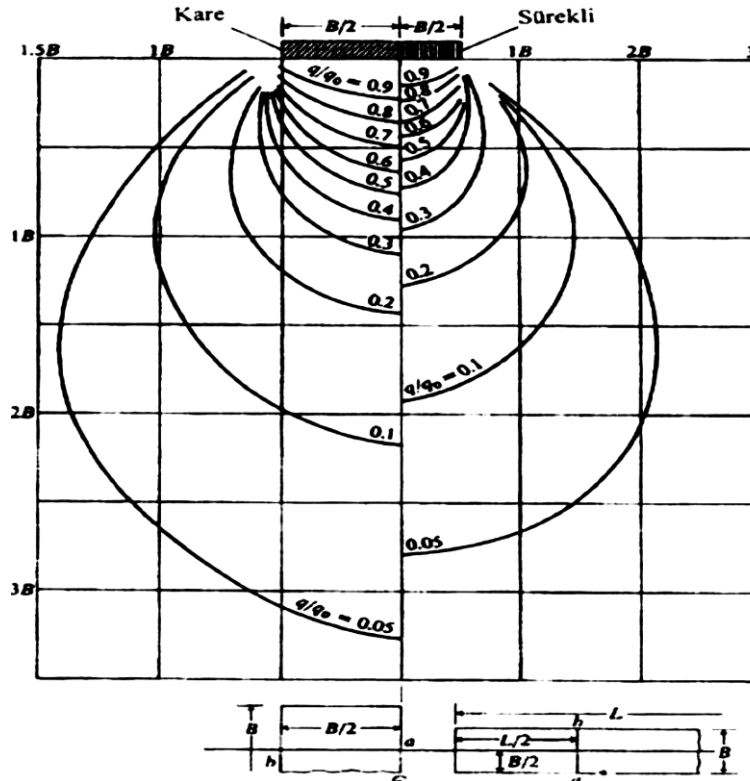
Çizelge 4.6. Skempton ve Bjerrum (1957) tarafından önerilen μ katsayıları.

Zemin Türü	μ katsayısı
Yumuşak, hassas killer	1.0 - 1.2
Normal konsolide killer	0.6 - 1.0
Önyüklenmiş killer	0.4 - 0.7
Aşırı önyüklenmiş killer	0.25 - 0.4

Kohezyonlu zeminlerde konsolidasyon oturmasına ani oturma ve sekonder oturma miktarı ilave edilerek toplam oturma bulunur. Zeminlerde meydana gelen düşey gerilmeler elastisite teorisinden oluşturulmuş, derinliğe bağlı abaklar yardımı ile bulunmaktadır. Bu abaklar rijit bir temel için Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de homojen dağılmış yük altında dairesel, dikdörtgen, tekil ve şerit temeller için ayrı ayrı verilmektedir (Yüksel Proje, 2007).



Şekil 4.10. Üförm yüklenmiş dikdörtgen alanın köşesi altındaki düşey gerilme (Yüksel Proje, 2007).



Şekil 4.11. Rijit temel altındaki gerilme dağılımı (Yüksel Proje, 2007).

Sekonder oturmalar ise eşitlik(4.45)

$$S_{se} = H \cdot C_{\alpha} \cdot \log \frac{t}{t_p} \quad (4.45)$$

ile hesaplanmaktadır. C_{α} katsayısı, eşitlik (4.46)

$$C_{\alpha} = 0.04 \frac{c_c}{1+e_0} \quad (4.46)$$

ile tariflenmektedir. Skempton ve Mac Donalds (1956) tarafından önerilen yapılarda temel türüne göre müsaade edilebilir oturma miktarları Çizelge 4.7'de verilmiştir (Tuncan, 2016).

Çizelge 4.7. Müsaade Edilebilir Oturma Miktarı (Tuncan, 2016).

Zemin Tipi	Temel Tipi	Maksimum Toplam Oturma (cm)
Kohezyonlu	Tekil	6.5
Kohezyonlu	Radye	6.5 - 10
Granüler	Tekil	4.0
Granüler	Radye	4.0 - 6.5

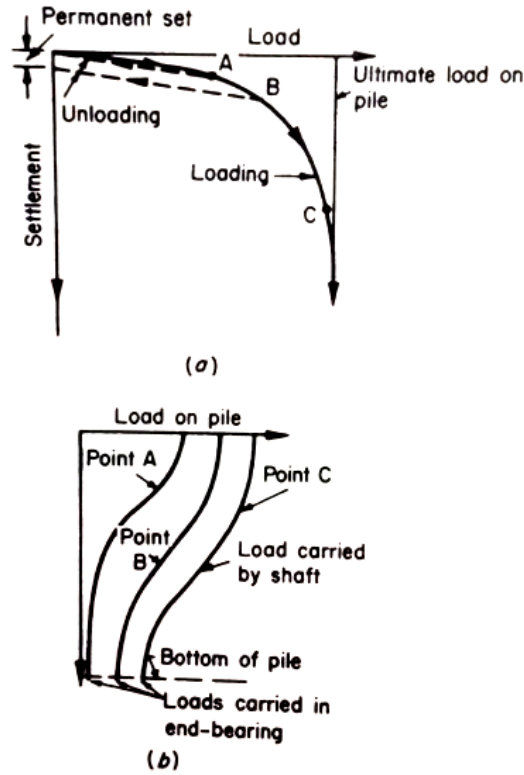
4.3. Derin temeller için taşıma gücü hesabı

Derin temellerde temel derinliğinin temel genişliğine oranı 5'ten büyüktür. Kazığın taşıma kapasitesi emniyetle taşıyabileceği gerilme değerlerini karşılaması gerekmektedir. Kazığın uygulandığı zeminlerin, basınç, çekme ve yatay kuvvetlere karşı direnç göstermesi önemlidir. Zemin direnci uygulama sırasında zemin içerisinde ilerleme hızı, mukavemet değeri veya yükleme deney sonuçlarına göre belirlenebilmektedir. Derin temel uygulama öncesi, sırası ve sonrasında zemin mukavemetinin değişebileceği dikkate alınarak, taşıma kapasitesinin mukavemet değerlerine uygun analiz edilmesi gerekmektedir.

4.3.1. Kazıkların yük altındaki davranışı

Kazıkların davranışları yüke bağlı oturma eğrileri üzerinden incelenmektedir. İlk yükleme sırasında oturmalar genellikle çok az görülmektedir ve üzerlerindeki yükün

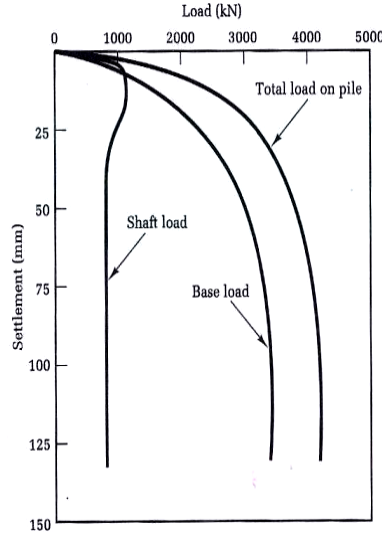
büyük kısmı çevre sürtünmesi ile taşınmaktadır. Kazık oturma teoremleri, kazık-zemin ortamının matematiksel olarak modellenmesine dayanmaktadır. Yapılan bu matematiksel modellemelerde kazığı çevreleyen zeminler için genel olarak, "Doğrusal Elastik-Plastik Ortam Modeli", "Yay Modeli" ve "Birim deformasyon Model" kabulleri göz önünde bulundurulmaktadır. Her üç yöntemle ilgili gelişen teknoloji ile gelişmeler yaşanmakta, günümüzde daha çok mühendislik uygulamaları "Doğrusal Elastik-Plastik Ortam Modeli", "Yay Modeli" için tanımlanan modelleri dikkate almaktadır. Bu teorik çalışmaların yanı sıra, kazıkların oturma analizlerinde ampirik yaklaşımlarda kullanılmaktadır (Salihi vd., 2015). Kazıklar için oturma analizleri, diğer bir yandan Tomlinson (2008) yaklaşımıyla da incelenmektedir.



Şekil 4.12. Yüklemenin kazık üzerine etkisi. a) Yük- oturma eğrisi, b) Kazık boyunca alınan okumalar (Tomlinson, 2008).

Şekil 4.12'de A noktasına kadar gerçekleşen oturma elastik bir görünüm sergilemekte, yüklemenin ilk anlarında oturma gerçekleşmekte ve yük etkisi kalktığı zaman eski halini almaktadır. Yükün neredeyse tamamı kazık gövdesinin üst kısmındaki çevre sürtünme direnci ile taşınmaktadır. B noktasına kadar oturma gerçekleşecek bir yük

tanımlandığında, artık yük kaldırıldığında da kalıcı deformasyon başlamamaktadır. Ayrıca bu kazığın ucuna doğru yük taşınmaya başladığını göstermektedir. C noktasına denk gelen yük ise göçme yükü olmakta ve ilave yükleme durumunda oturma çok daha fazla seviyelere çıkmaktadır.



Şekil 4.13. Geniş çaplı yerinde dökme kazıklar için yük-oturma ilişkileri (Tomlinson, 2008).

Zeminin kayma mukavemeti ve elastisite modülü kazığın çevre sürtünmesi ve uç direncinin taşıdığı yükün birbirine oranına etki etmektedir. Bir kazığa ait gövde ve uç kısımlarındaki yük kısımlarını incelenirse, oluşan yük-oturma eğrisi Şekil 4.13.'teki gibi olmaktadır.

4.3.2. Kohezyonsuz zeminlerde kazık taşıma gücü

Kazık taşıma gücü ve diğer hesaplamaları yapılamadan önce, uygulanacak kazık tipi, malzeme tipi ve imalat yöntemi belirlenmelidir.

Bir kazığa ait uç direnci eşitlik(4.47)

$$Q_b = q_b \cdot A_b = N_q \cdot \sigma'_{vo} \cdot A_b \quad (4.47)$$

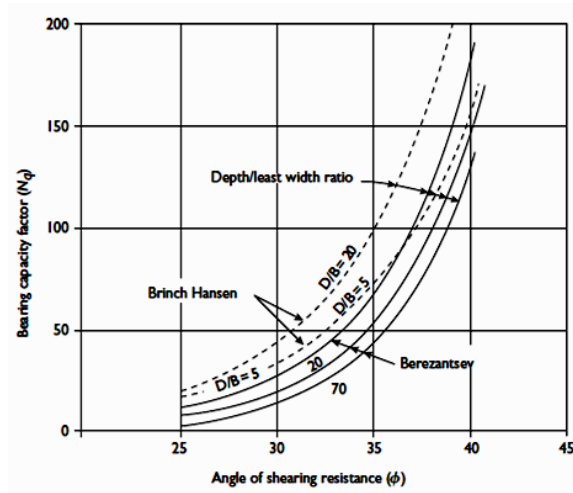
ile hesaplanmaktadır. N_q faktörü, içsel sürtünme açısı ve kazık derinliği/ genişliği arasındaki ilişkiden elde edilir. Berezantsev tarafından geliştirilen ilişki, Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Brinch Hansen N_q faktörü bazı D/B oranları için çok muhafazakar

olabilmektedir. Buna örnek olarak D/B oranı 20'den ve ϕ' değeri 35°'den büyük olanlar gösterilebilir. Toprak basıncı düzeltmesi yapılırken sırasıyla Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilen ilişkiler önemsenmelidir.

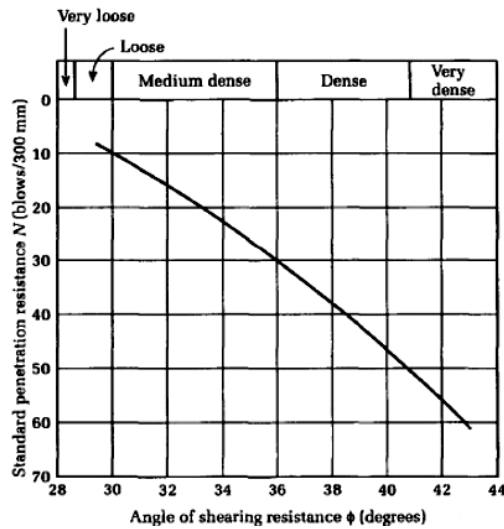
Çevre Sürtünmesi eşitlik(4.48)

$$Q_s = q_s \cdot A_s = K_s \cdot \sigma'_{v0} \cdot \tan \delta \cdot A_s \quad (4.48)$$

ile hesaplanmaktadır.



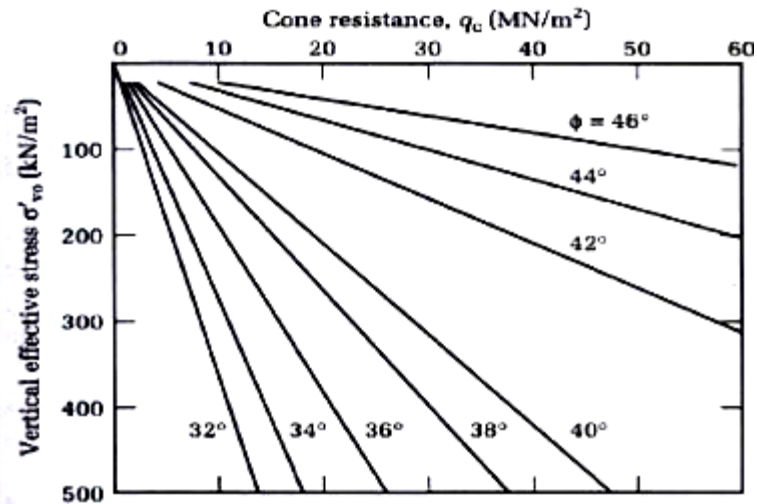
Şekil 4.14. Berezantsev'in taşıma kapasitesi faktörü (Tomlinson, 2008).



Şekil 4.15. İçsel sürtünme açısı ve SPT-N sayıları arasındaki ilişki (Tomlinson, 2008).

Çizelge 4.8. Pasif toprak basıncı katsayıları (K_0) (Tomlinson, 2008)

Gevşek Normal Konsolide Kum	0.5
Orta - Sıkı konsolide Kum	0.45
Sıkı Konsolide Kum	0.35
Normal Konsolide Kil	0.75
Aşırı Konsolide Kil	1 - 2

**Şekil 4.16.** Normal konsolide kum için kesme dayanımı açısı ve işlenmemiş koni penetrasyon dayanımı arasındaki ilişki (Tomlinson, 2008).

Kazıkların kum zeminlere uygulanması sırasında kazık shaftının etrafındaki ve kazık tabanın altındaki zeminleri sıkıştırmaktadır. Burada yatay zemin gerilmeleri katsayısı K_s , Çizelge 4.8'de verilen K_0 ile ilişkilendirilerek bir artış gerçekleştirilebilir (Çizelge 4.9). Kazık ve zemin ara yüzü arasındaki çeşitli koşullar için sürtünme açısı değerleri Çizelge 4.10'da verildiği gibi kullanılmaktadır.

Çizelge 4.9. Yatay zemin gerilmeleri katsayısı değerleri, (K_s)(Tomlinson, 2008).

Yükleme yöntemi	K_s/K_0
Çakma kazık, büyük deplasman	1 - 2
Çakma kazık, küçük deplasman	0.75 - 1.75
Yerinde döküm ve sıkıştırılmış kazık	0.71 - 1.0
Püskürtülmüş kazık	0.5 - 0.7

Çizelge 4.10. Çeşitli koşullar için kazık-toprak sürtünme açısı değerleri (Tomlinson, 2008).

Pile/soil interface condition	Angle of pile/soil friction(δ)
Smooth (coated) steel/sand	0.5 ϕ' to 0.7 ϕ'
Rough (corrugated) steel/sand	0.7 ϕ' to 0.9 ϕ'
Precast concrete/sand	0.8 ϕ' to 1.0 ϕ'
Cast-in-place concrete/sand	1.0 ϕ'
Timber/sand	0.8 ϕ' to 0.9 ϕ'

4.3.3.Kohezyonlu zeminlerde kazık taşıma gücü

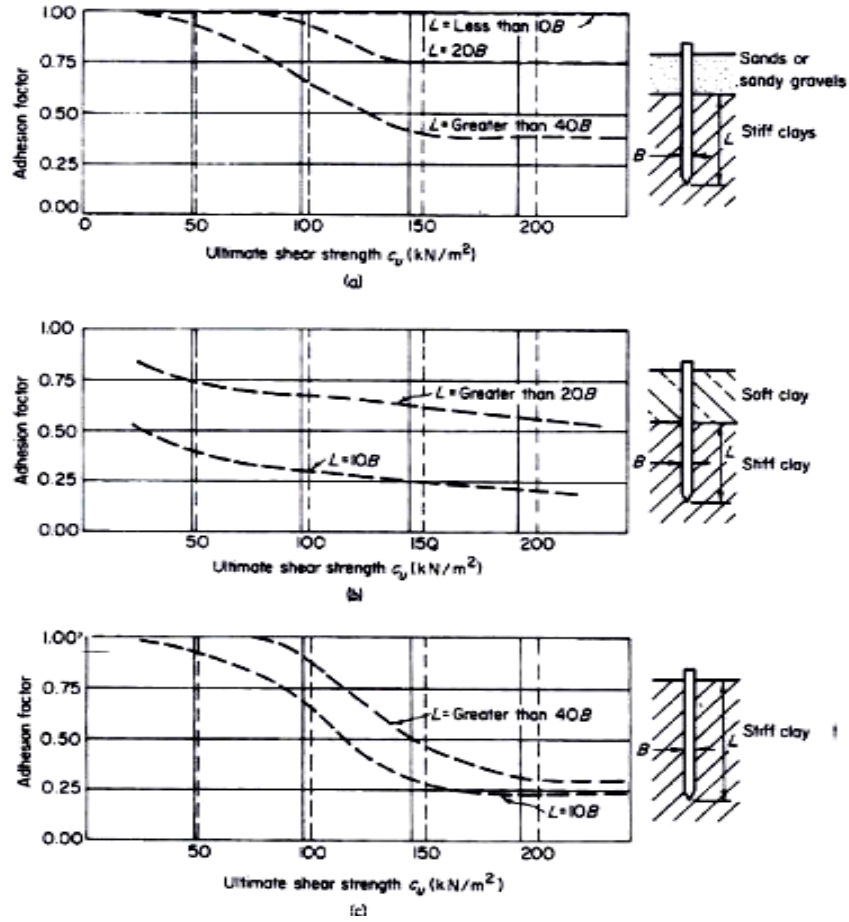
Uç direnci eşitlik (4.49)

$$Q_b = q_b \cdot A_b = N_c \cdot C_{ub} \cdot \frac{1}{\gamma_m} \cdot A_b \quad (4.49)$$

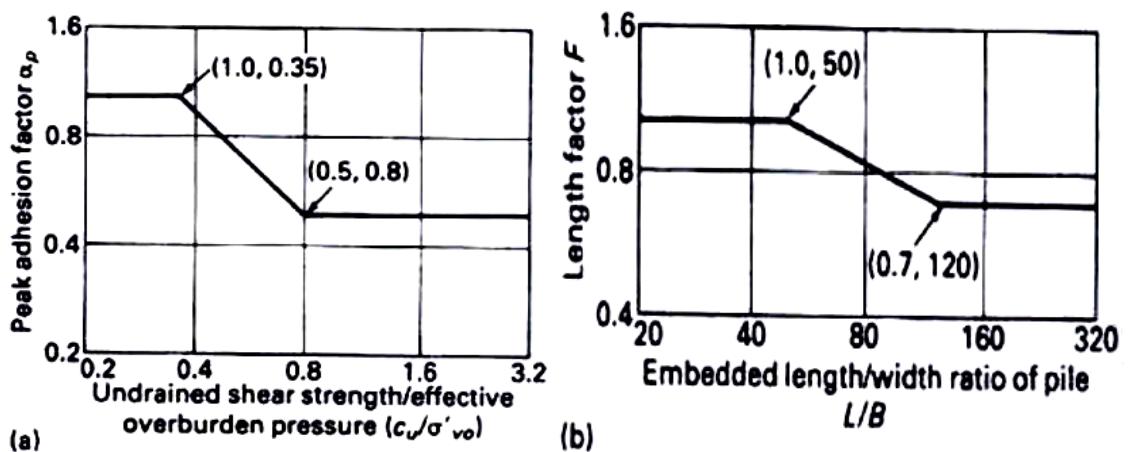
ile hesaplanmaktadır. İmal edilen kazık ucunun zemin içerisinde kazık çapının en az 5 katı kadar girmesi halinde $N_c=9$ alınmaktadır. Drenajlı şartlarda kohezyonlu ortam için Katı ve çatlaklı killerde çatlaklı durumdaki dayanım dikkate alınmaktadır. Eurocode 7'de çatlaklı killer için malzeme katsayısının 1.5–1.8 arasında seçilmesi önerilmektedir (Dadaşbilge, 2016). Çevre sürtünmesi eşitlik (4.50) ile hesaplanmaktadır.

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \alpha \cdot C_{u,avg} \cdot A_s \quad (4.50)$$

Killi zemine uygulanan kazıklar için adhezyon faktörleri Şekil 4.17'de görüldüğü üzere kazığın içinden geçtiği zemine göre ortalama drenajsız kayma mukavemetine bağlı ilişki, Şekil 4.17a, 4.17b, 4.17c'de gösterilmiştir. Derine çakılan kazıklar için adhezyon faktörü, Şekil 4.18a'da drenajsız kayma mukavemeti / efektif gerilme oranı ile pik adhezyon miktarı Şekil 4.18b'de uzunluk faktörü F'ye bağlı azaltma uygulanmaktadır. Londra kilinde yapılan kazıklar üzerinde Skempton tarafından yapılan çalışmalar ortalama kayma dayanımı için adhezyon faktörünün 0.45 alınabileceğini ifade etmiştir. Kayma dayanımının yaklaşık olarak sadece yarısının kullanılmasının kazık uygulaması sırasında kuyusu çeperindeki kil zeminin şişmesi ve henüz prizini almamış betondan sızan sular sebebiyle meydana gelen yumuşama vb. nedenlere bağlı olduğu düşünülmektedir (Dadaşbilge, 2016).



Şekil 4.17. Kil içindeki imal edilen çakma kazıklar için adhezyon faktörleri. a) Kum veya kumlu çakıl içinden geçerek çakılan kazıklar, b) Zayıf kil zemin içinden geçerek çakılan kazıklar, c) Tek bir tabaka içinde çakılan kazıklar (Tomlinson, 2008).



Şekil 4.18. Derine çakılan ağır yüklü kazıklar için adhezyon faktörleri. a) Drenajsız kayma mukavemeti/efektif jeolojik yük oranı için pik adhezyon faktörü, b) Uzunluk faktörü (okunan değer $F \cdot \alpha_p$ 'dir.) (Tomlinson, 2008).

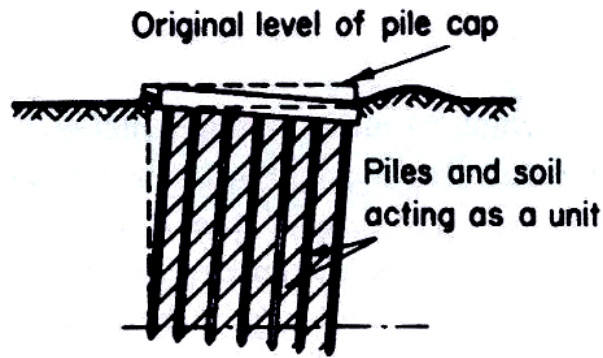
Negatif çevre sürtünmesi, sert bir zemine kadar giren kazığın yumuşak bir zeminden geçerek üzerine gelen yüklere ilave olarak yumuşak zemin içerisinde kazığın oturarak aşağıya doğru sürüklenmesi etkisine denilmektedir. Oturmanın sebebi zemin yüzeyinde bir dolgu yapılması, yeraltı su seviyesinin düşürülmesi, çakma kazıkların hassas yumuşak killeri örseleyip yeniden konsolidasyona neden olması gibi etkenler olabilmektedir (Dadaşbilge, 2017). Herhangi bir derinlik için negatif çevre sürtünmesi, eşitlik (4.51)

$$f_{sneg} = \beta \cdot \sigma'_{vo} \quad (4.51)$$

ile hesaplanmaktadır. Meyerhof, uzunluğu 15m'ye kadar olan kazıklar için 0.3 azaltma faktörü, 40m ve 60m uzunluğunda kazıklar için ise sırasıyla 0.2 ve 0.1 olarak vermektedir. Negatif çevre sürtünmesi etkisinin çok fazla olduğu koşullarda kazıkta meydana gelen aşağıya sürüklenme etkisinin minimize edilmesi yada büyük ölçüde azaltılması mümkün olmaktadır. Bunun için sıkışabilir tabakada kazık uygulanacak kısmın asfalt membran yada epoksi ile kaplanması sürtünme değerini düşürülebilmektedir. Buna alternatif çözüm de kazık uzunluğunun gereken miktarda uzatılarak üst kısmında kaybolan direncin alt kısımda geri kazanılmasıdır.

4.3.4. Kazıklarda grup etkisi

Birbirine yakın şekilde zemine yerleştirilmiş kazık grubunun göçme mekanizmasının tek bir kazık gibi olması beklenmemektedir (Şekil 4.19). Kazık grubu uygulanmış zeminde kazık grubu ve zemin birlikte bir bütün olarak hareket etmektedir. Kazık grubunun çevresi boyunca kayma düzlemi meydana gelir ve kazıkların grup halinde tek bir parça olarak batma ve dönmesiyle grup göçmesi meydana gelmektedir.

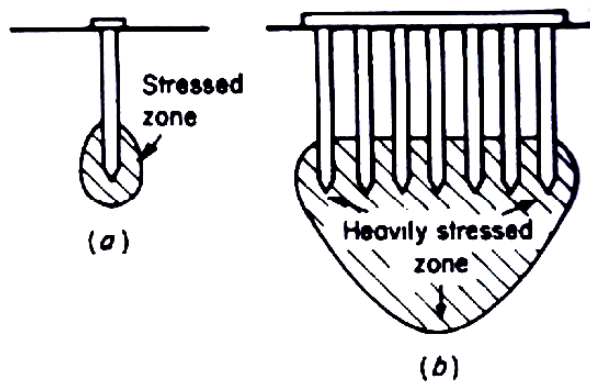


Şekil 4.19. Grup etkisi altındaki kazıkların davranışı (göçmesi) (Tomlinson, 2008).

Kazık grubunun göçeceği yük, tek bir kazıkta göçme meydana getireceği yükün kazık sayısı ile çarpılması gibi basit bir yaklaşım doğru değildir. Göçme yükü zemin cinsine göre farklılık göstermektedir. Örneğin, kumlu zeminlerde tek bir kazığın kazık sayısı ile çarpılması sonucu elde edilen grup göçme yükünden fazla olabilirken, killi zeminlerde çok daha azdır. Göçme şekli, tek bir kazıktan grup halinde göçmesi kazıkların arasındaki mesafenin belli bir değer altına düşmesi halinde ortaya çıkmaktadır. Bu geçiş, sadece kazıkların arasındaki mesafeye değil, beraber hareket ettiği kazık grubunun büyüklüğü, şekli ve kazık uzunluğuna da bağlıdır. Kazık grubunun verimliliği eşitlik (4.52) ile hesaplanabilmektedir.

$$\eta = (Q_{g(u)})/(\sum Q_u) \quad (4.52)$$

Kazıklarda grup etkisi konsolidasyon oturmaları içinde önemli olmaktadır. Zemin cinsinden bağımsız bir tarafta grubun oturması, aynı yükü taşıyan tek bir kazığın oturmasından daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni grubun altında oluşan basınç bölgesinin tek kazık için oluşan basınç bölgesinden daha büyük olmasıdır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Tekil kazıkla kazık grubu altındaki basınç bölgelerinin karşılaştırması a) Tekil kazık, b) Kazık grubu (Tomlinson, 2008).

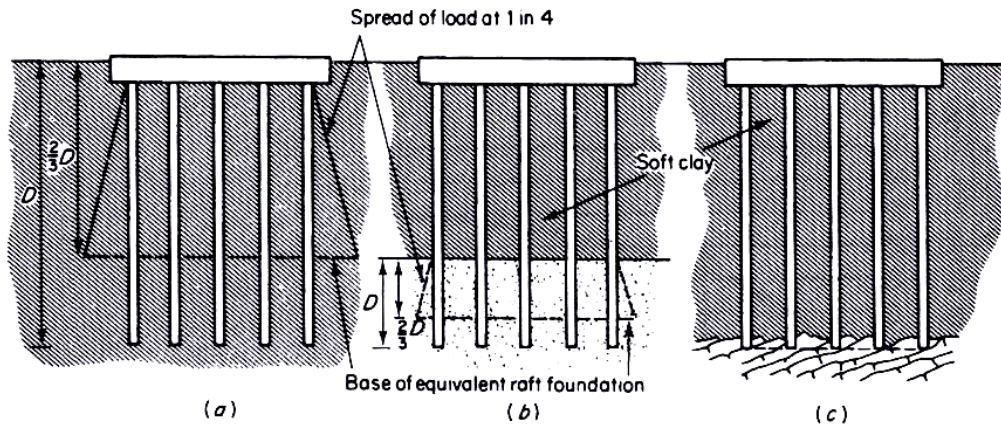
Kazık grubunda oluşan oturma miktarı ile tek bir kazığın oturma miktarı kazık grubunun toplam genişliği ile doğru orantılıdır. Kohezyonsuz zeminlerde grup etkisinin olumsuz olmaması için kazıkların arasındaki orjinden orjine olan mesafenin en az kazık çevresi kadar veya dairesel kazıklar için en az 3D kadar olması gerektiği ifade edilmektedir. Ucu genişletilmiş kazıklarda, bu mesafenin daha da arttırılması gerekmektedir. Kazık grubunun oturma miktarının kazık grubunun derinlere gömülü bir

plak temel gibi düşünülmesi gerekmektedir. Killi zemine oturan kazık grubunun taşıma gücü eşitlik (4.53) ile hesaplanabilmektedir.

$$Q_u = 2D \cdot (B + L) \cdot C_{avg} + 1,3 \cdot c \cdot N_c \cdot B \cdot L \quad (4.53)$$



Şekil 4.21. Kazık grubu uygulaması.



Şekil 4.22. Kazık grubundan zemine yük transferi a) Sadece çevre sürtünmesi ile desteklenen kazık grubu, b) Zayıf kil zemin içinden hem çevre sürtünmesi hem de uç direnci alan sıkı granüler zemin tabakasına ankre edilmiş kazık grubu, c) Sıkışmayan sert tabakadan uç direnci alan kazık grubu (Tomlinson, 2008).

4.3.5. Derin temellerde oturma hesabı

Derin temellerde (kazık) taşıma gücü hesabı yaparken kullanılan güvenlik sayısı birçok olumsuz durumu ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Özellikle zemin parametrelerinin değişiminden kaynaklanan belirsizlikleri ve oturma miktarını müsaade edilebilir seviyede tutmak için uygulanmaktadır. Genellikle taşıma gücü hesabında güvenlik sayısının 3 alınması durumunda, kazık çapı veya genişliği 60cm ya da daha küçük olan kazıkların oturma miktarının, üstyapının minimize edebileceği sınırlar içinde kaldığı düşünülmektedir. Fakat daha büyük boyutlarda kazıklar için kazık ucunun altındaki zemin tabakasının deformasyon modülü aracılığıyla oturma tahminlerinin yapılması gerekmektedir. Uç direnci ve çevre sürtünmesinin etkileri oturma tahmininde ayrı ayrı göz önüne alınmalıdır. Derin temeller için oturma, eşitlik (4.54) ile hesaplanabilmektedir.

$$\rho = (W_s + 2W_b) \frac{L}{2A_s E_p} + \pi W_b / 4A_b \cdot B \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_p / E_b \quad (4.54)$$

5. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ ve PLAXIS

5.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Geoteknik mühendisliği, zemin mekaniği, zemin dinamiği, temel inşaatı gibi birçok alanı bünyesinde barındıran geniş bir çalışma alanına sahiptir. Zemin ortamının tanımlanması, birçok değişkene bağlı olduğundan gereğinden fazla karmaşık bir problemler oluşturmaktadır. Homojen olmayan, non-lineer davranış gösteren ve bulunduğu şartlara göre değişiklik gösteren zemin ortamının tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Araştırmacılar, zemin problemlerine çözüm üretirken sürekli olduğu kabul edilerek bir çok ampirik yaklaşım ortaya koymuştur. Yapılan kabuller basit birçok problemin çözümü için kolaylıklar sağlasa da daha sağlıklı çözümler için zemin ortamının matematiksel olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Ampirik çözümler daha çok kabullerle sonuca ulaşmaya çalışmaktadır. Özellikle yapısal sistemlerin en önemli parçası olan temel sistemi çözümlerinde, üzerinde bulunduğu zeminin fiziksel özelliklerinin bilinmesini gerektirmektedir.

Zeminin birbirine yakın yaylarla temsil edildiği yatak katsayısı yöntemi (Winkler teorisi, 1867) elastik zemine oturan temeller için geliştirilmiştir. Birçok araştırmacı tarafından incelenerek demiryolu yapıları ve havaalanı pistlerine uygulanmıştır. Yapılan araştırmalar zeminin elastik bir cisim gibi değerlendirildiği, ötelemelerin engellendiği durumda maruz kaldığı gerilmelerin altında kırılma meydana gelmesi durumları Hooke (1675) yasasının zeminler içinde geçerli olduğunu düşündürmüştür. Winkler teoremi kullanılarak zemin ortamının diferansiyel denklemlerle ifade edildiği birçok sayısal analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bunların bazıları, sonlu elemanlar (finite element method), rastsal sonlu elemanlar (random finite element method), sonlu farklar (finite difference method), ayırık elemanlar (discrete element method), malzeme nokta metodu (material point method) vb.'dir. Zemine ait özellikleri ve temel ile birlikte üst yapı rijitliğini de göz önüne alarak çözümler sunan bilgisayar teknolojileri, temel tasarımının daha güvenli ve ekonomik olmasını sağlamaktadır (Düzgün, 2001).

Zemin ortamının tabakalardan meydana gelmesi, elastik yöntemlerin yetersiz kalması, Sonlu Elemanlar Yöntemini (SEM), geoteknik problemlerin çözümünde en çok kullanılan sayısal analiz yöntemi haline getirmiştir. FLAC, PLAXIS, MIDAS GTS NX, DIANA, ABAQUS, ADONIS, CRISP, Rocscience: RS2, GEOSLOPE: SIGMA/W vb. sayısal analiz yazılımları geliştirilmiştir.

5.2. PLAXIS Programı

PLAXIS Sonlu Elemanlar Programı, geoteknik mühendisliğine konu olmuş birçok problemin tasarımı ve analizi için geliştirilmiş, yaygın bir şekilde kullanılan bir programdır. Stabilite, deformasyon, yeraltı su akımı ve taşıma gücü kavramlarını incelemektedir. 1987 yılında Delft Teknik Üniversitesi'nde oluşturulmaya başlanmış olan PLAXIS sonlu elemanlar programı öncelikle Hollanda'da bulunan problemler için zeminlerin analiz edilmesi için düşünülmüştür. Sonraki yıllarda program geliştirilerek diğer geoteknik uygulamalarını da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. PLAXIS programı, veri girişi ve modellemenin yapıldığı (input), hesaplamaları yapan (calculation), elde edilen sonuçların ve dokümanların elde edildiği çıkış (output) ve sonuçlara dair grafiklerin çizildiği (curve) modülü olmak üzere 4 arayüzden oluşmaktadır.

PLAXIS, zemin koşullarına bağlı, kabul görmüş malzeme modelleri ile doğrusal olmayan ve zamana bağlı zemin davranışları incelemek için gelişmiş bir modelleme yapmaktadır.

5.2.1. Geometrik modelin oluşturulması

İlk olarak geometrik modele ait sınırlar çizilerek başlanmaktadır. Zemin tabakaları, yapısal elemanlar ve bunlara ait özellikler belirtilmektedir. Yükler ve belirlenen sınır koşullar programa tanıtıldıktan sonra çeşitli hesap aşamaları ile analiz gerçekleştirilebilmektedir. Geometrik model, hesap aşamalarına göre en doğal model durumundan başlanarak hesaplama aşamalarında meydana gelen durumları içermelidir.

Points (Noktalar)

Noktalar çizgilerin başlangıç ve bitişlerini gösterir. Sonlu eleman ağı (mesh)'nin oluştururken kullanılır.

Lines (Çizgiler)

Çizgiler, model sınırlarını gösteren, zemin tabakalarını birbirinden ayıran fiziksel sınırları gösterir. Bir çizgi birçok fonksiyonu ifade edebilir.

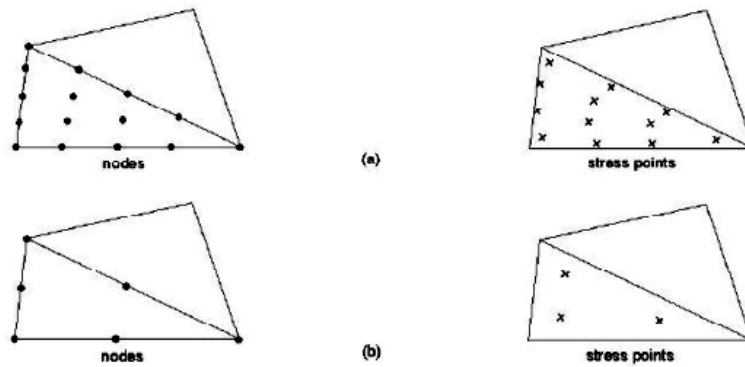
Clusters (Kümeler)

Çizgilerle çevrili alanın tümünü gösterir. Program küme içerisinde bulunan tabakayı homojen kabul ederek, girilen özelliklerle küme de yer alan her şeye uygular. Örnek olarak zemin tabakaları verilebilir. Geometrik model oluşturulduktan sonra,

kümelerin düzenine bağlı olarak sonlu eleman modeli program tarafından otomatik tanımlanır. Sonlu eleman ağında 3 ana bileşen tanımlanmaktadır.

Soil Elements (Zemin Elemanları)

Ağ (mesh) oluşturulduğunda kümeler üçgen elemanlara ayrılır. 15-nodes veya 6-nodes eleman arasında seçim yapılabilmektedir. Burada eleman sayısı çok daha hassas hesap yapılmasını sağladığından 15-düğümlü eleman seçilmesi daha sağlıklı olacaktır. 15-nodes (düğüm) üçgen eleman seçildiğinde 12 gerilme noktaları(stress points) oluşur. Daha kaba ve kısa hesap yapılması istendiği durumlarda 6-nodes (düğüm) üçgen eleman 3 gerilme noktası ile bunu sağlamaktadır. Plak elemanlar ve geogrid elemanlar zeminin üçgen elemanlara ilave olarak yapısal davranış ve yapı-zemin etkileşiminin modellenmesi için kullanılabilir. Düğüm noktalarına bağlı gerilme noktaları Şekil 4.23'te gösterilmiştir.



Şekil 5.1. PLAXIS Düğüm ve Gerilme Noktaları (PLAXIS Manuel, 2002).

Sondaj Kuyusu (Borehole):

PLAXIS 2D yazılımında model geometrisi sondaj kuyuları (boreholes) ve bir çalışma düzlemi ile tanımlanmaktadır. Sondaj kuyuları (boreholes) ile zeminin kesiti, yüzey seviyesi ve zemin içindeki tabakalaşma durumları tanımlanabilmektedir. Bir geometri modeli zemin profilinin sondaj kuyusunda oluşturulması ile başlanması önerilmektedir. Sondaj kuyuları, derinliğe farklı özelliklere sahip tabakalara ayrılabilir.

5.2.2. Yapı elemanları

Yapısal davranışları modellemek amacıyla özel elemanlar kullanılır. Bunlar; kiriş elemanlar, gömülü kiriş elemanları, plak elemanlar, ara yüzey elemanlar ve geogrid elemanlardır.

Kiriş Elemanlar(Plate)

Kirişler, eksenel rijitlik(EA) ve eğilme rijitliği(EI) özellikleri ile yapıyı modellemek için kullanılan elemanlardır. Mindlin kiriş teorisine göre geliştirilmiştir. Kiriş eleman kaymaya ve eğilmeye karşı çalışmaktadır. Maruz kaldığı serbest etkilerin yanı sıra eksenel kuvvet uygulanırsa kiriş elemanın boyu değişebilmektedir. Kiriş elemanı tanımlanan rijitlik düzeyine ulaştığı zaman plastik davranış göstermektedir.

Gömülü Kiriş Elemanlar(Embedded Beam Row)

Gömülü kirişler, zeminde rastgele düzenlenebilen elemanlardan oluşan, özel ara yüzey elemanları vasıtasıyla temel zemini ile etkileşime girebilen kazık, v.b. yapı elemanlardır. Zeminle etkileşim, yüzey sürtünmesine ek olarak taban direnci de sağlamaktadır. Kiriş uç kuvveti ve yüzey sürtünmesi zemin ile kiriş eleman arasındaki yer değiştirme ile bulunabilmektedir. Gömülü kiriş, kiriş, kirişi saran zeminle arasındaki etkileşimi sağlayan özel ara yüzey elemanları oluşturmaktadır. Özel ara yüzey elemanları, normal ara yüzeyden farklıdır. Kazığın kuvveti kiriş elemanlarının birleşme noktalarında oluşur ve kiriş elemanların gerilme düğüm noktalarına göre tahmin edilmektedir.

Plak Elemanlar

Plak elemanlar iki boyutta yapıları modellemek için kullanılan ve eğilme rijitliğine sahip olan yapı elemanlarıdır. Plak elemanlar kiriş elemanlarda olduğu gibi Mindlin tarafından geliştirilen plak teorisine göre çalışmaktadır. Plaklar, eğilmenin ve ona ek olarak kayma nedeniyle oluşan deformasyona izin vermektedir. Ayrıca, eksenel kuvvet uygulanması halinde plak elemanının boyu değişebilmektedir.

Geogrid Elemanlar

Eksenel rijitliği yüksek fakat eğilme rijitliği çok düşük olan yapı elemanlarıdır. Genellikle zemin güçlendirme modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Çekmeye karşı dayanımı ancak basınca karşı dayanımı düşük olduğundan ihmal edilmektedir.

Geogrid elemanın özelliklerinin PLAXIS programına tanıtılması için genellikle sadece eksenel rijitlik(EA) yazılmaktadır.

Arayüzey Elemanı

Yapı ile zemin arasındaki etkileşimi modellemek için plak veya geogrid elemanlara ilave edilen elemanlardır. Ara yüzey elemanları, kazık ve zemin ara yüzeyini de modellemek amacıyla kullanılabilir. Ara yüzey elemanlar, plak ve geogrid elemanlarda oluşturulabildiği gibi iki zemin arasında da oluşturulabilmektedir.

5.2.3. Zemin Modelleri

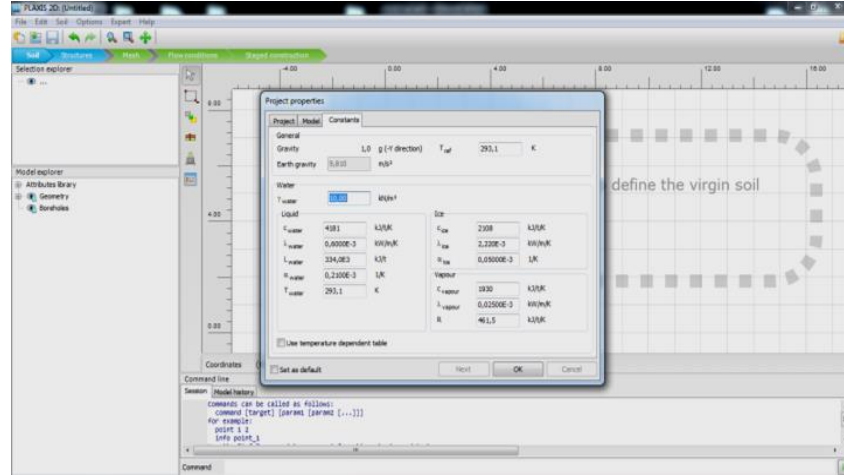
PLAXIS programı zemin davranışını modellemek için bünyesinde çeşitli zemin modelleri bulundurmaktadır. Bunlar;

- Lineer Elastik (LE) Zemin Modeli
- Mohr-Coulomb (MC) Zemin Modeli
- Hardening Soil (HS) Zemin Modeli
- Soft Soil (SS) Zemin Modeli
- Soft Soil Creep (SSC) Zemin Modeli
- Jointed Rock (JR) Zemin Modeli
- Modified Cam Clay (MCC) Zemin Modeli

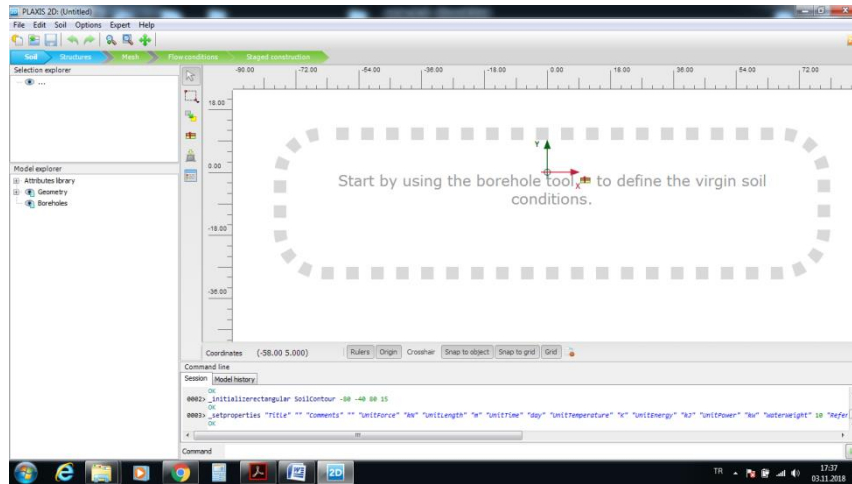
Hooke yasasına dayanan Lineer Elastik Zemin Modelinde, zemin davranışını çok basit gerilme-şekil değiştirme ilişkisi ile ortaya koymaktadır. Kabataslak fikir veren Elastisite modülü (E) ve Poisson oranı (ν) gibi sadece iki parametreye bağlı zemin ve kaya davranışını belirlemek için kullanılan çok basit bir modeldir. PLAXIS sonlu elemanlar programı içerisinde sunulan zemin modelleri, geoteknik problemlere ait analizlerin gerçeğe en yakın biçimde yapılabilmesi için geliştirilmiştir. Zemin davranışı, kullanılan zemin modellerine bağlı parametreler ile belirlenmektedir. Hesap parametreleri eldeki verilere göre hassasiyet oluşturmaktadır. Problemin gerçeğe yakın modellenmesi, zemin modellerinin sınır şartları, modele ait parametrelerinin seçimi sonuçların güvenilirliğini etkileyebilmektedir.

5.2.4. Programın Kullanılması

Programın Input (Girdi) modülünden ilk olarak Project Properties bölümünden geometrik modelin sınır koşulları, ölçü birimleri ve çeşitli ayarlar yapılmaktadır (Şekil 4.24).



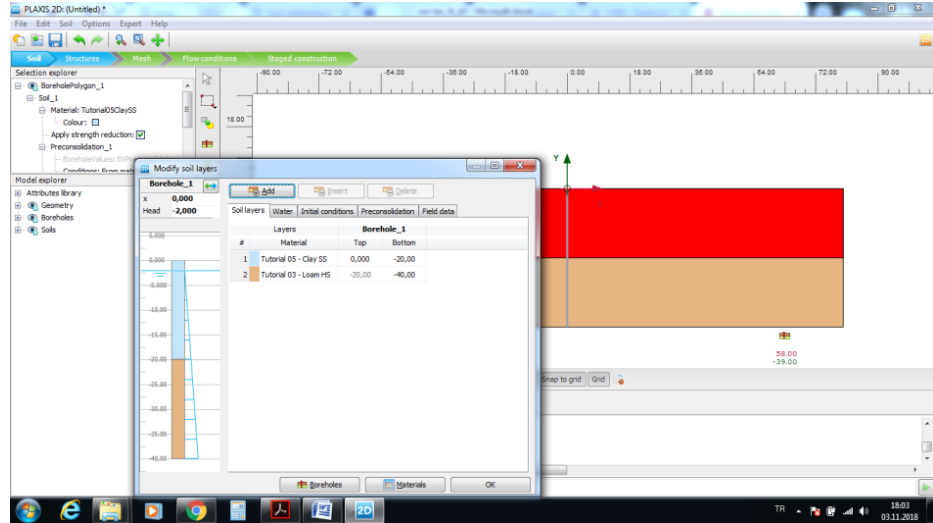
Şekil 5.2. PLAXIS proje özellikleri kontrol ekranı.



Şekil 5.3. Zemin ve geometrik model tanımlama ekranı.

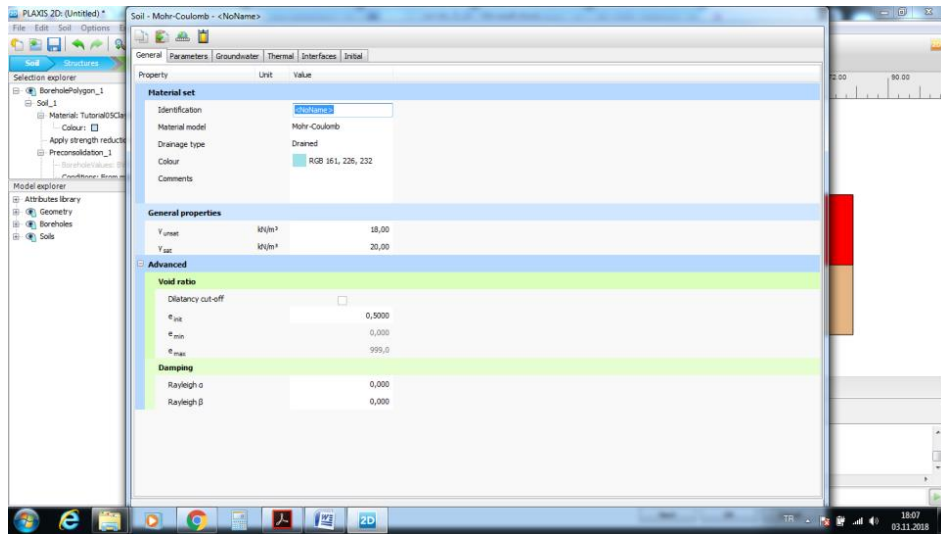
Açılan ana ekran, menü, cetvel, çizim alanı, koordinat eksenleri ve geometrik araç çubuklarını içermektedir (Şekil 4.25). Ekranda açılan sekmelerin kısa yolları araç çubuğunda da yer almaktadır. Aynı zamanda ekranda programın diğer modüllerine (Calculation, Output, Curves) geçiş sağlanmaktadır.

"Create Borehole" ikonu tıklanarak zemin tabakaları ve sondaj kuyusuna ait diğer özellikler tanımlanmaktadır (Şekil 4.26).



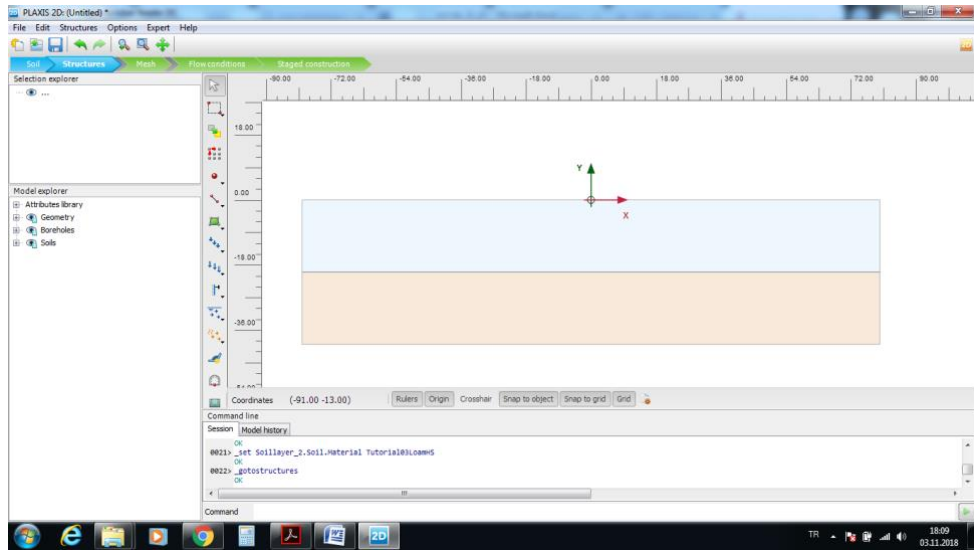
Şekil 5.4. Zemin tabakaları tanımlama ekranı.

Zemin tabakalarına ait zemin parametreleri Şekil 4.27.'de verilen ekranda "Materials" komutuna tıklanarak veri girişi yapılmaktadır.



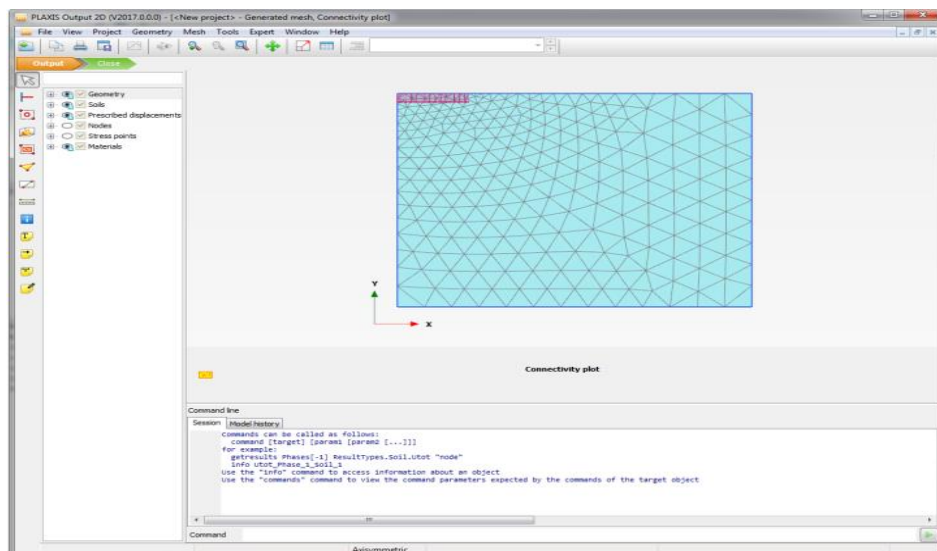
Şekil 5.5. Zemin parametreleri giriş ekranı.

Ana ekranda bulunan "structures" sekmesine tıklandığında yapısal elemanların tanımlanmasını sağlayan araç çubuğu açılmaktadır (Şekil 5.28). Açılan sekmelerde kullanılacak yapılan elemanı seçilerek gerekli çizim gerçekleştirilmektedir. "Materials" bölümünden yapısal elemanın özellikleri tanımlanabilmektedir.



Şekil 5.6. Yapısal Eleman tanımlama ekranı.

"Mesh" sekmesi ile oluşturulan model sonlu elemanlar ağına bölünmektedir (Şekil 5.29). Programda üst kısımda yer alan "staged construction" bölümünde inşa aşamaları tanımlanabilmekte birlikte analiz(hesaplama) sonuçlanabilmektedir. Daha sonra hesap sonuçları output(çıkıtı) modülünde izlenebilmektedir (Şekil 5.30). İki boyutlu ve üç boyutlu olarak sonlu elemanlar ağı oluşturabilen PLAXIS programında analiz yaparken daha doğru sonuçlara ulaşmak için veri girişi aşaması, zemin profili oluşturması ve inşa aşamasına (yapısal elemanların ve yüklemelerin tanımlanması) gereken hassasiyetin gösterilmesi gerekmektedir.



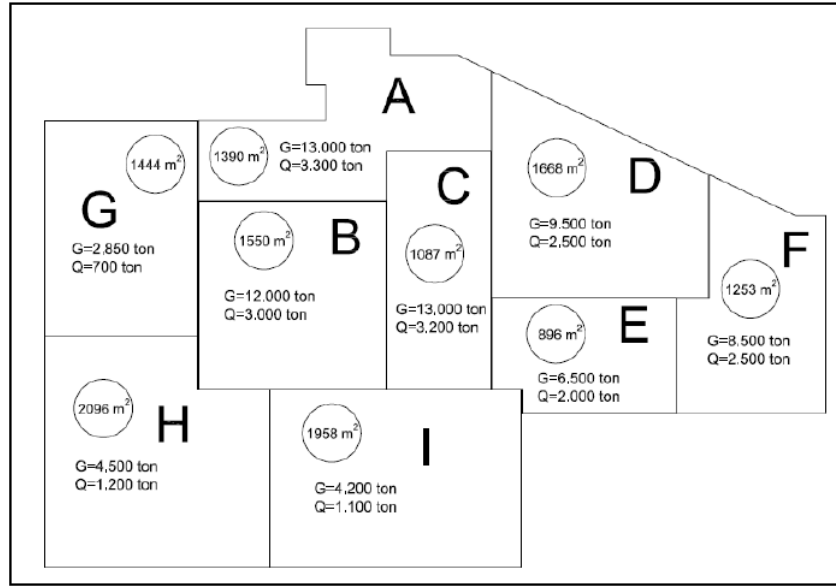
Şekil 5.7. Model mesh ekranı.

6. MATERYAL VE METOT

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında bir yapıya ait temel tasarımı için, zemin koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Temel tasarımı seçiminde üst yapıdan gelen yüklerin yanı sıra, bir diğer konuda zemin özellikleri ve buldukları koşullardır. Özellikle yeraltı su seviyesi, zemin özelliklerine bağlı olarak temel tasarımında problemler oluşturmaktadır. Zemin etüdünde, yeraltı su seviyesinin doğru bir şekilde tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, farklı özelliklere sahip zeminlerin ve bulunduğu koşulların temel tasarımına ilişkin davranış etkisi araştırılmıştır. Zemin sınıfı ve yeraltı sularının etkisini daha belirgin görebilmek adına iki farklı yeraltı su seviyesinde çeşitli analizler yapılarak farklı parametrelere sahip zeminlerde oluşan yük-deplasman etkileri arasında karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca 5.4 büyüklüğünde deprem uygulandığında seçilen zeminler için deprem etkisi incelenmiştir.

6.1. Materyal

Bu çalışmada, dünyada geoteknik mühendislerince yaygın olarak kullanılan bir sonlu elemanlar analiz programı olan Plaxis 2D programı kullanılarak temel tasarımı modellenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılacak model, Çizelge 6.1'de verilen çeşitli zeminlere oturan yapıyı ifade edecek olup, düşey statik yük altında temel sisteminin drenajlı olarak davranışları analiz edilerek iki boyutlu (2D) olarak araştırılmıştır. Bu temel tasarımı öncelikle radye temel ve kazıklı radye temel olarak tasarlanmıştır. Daha önce yapımı tamamlanmış bir kamu hizmet binasına ait yükler ve yapısal özellikler örnek modellerde kullanılmıştır. 9 bloktan oluşan ve blokların bir kısmı bodrum kat + zemin kat + 4 normal kattan, bir kısmı tek kattan oluşmaktadır. Parselde ortalama 3.50 m derinliğinde radye temel yapılmış olup, toplam oturum alanı 13350 m²'dir. Sta4Cad programı ile yapılan statik hesaplamalar sonucu bloklar arasında en fazla yük/m² C blok için yaklaşık 16200 ton olarak elde edilmiş ve bu bloğa ait temel üzerine analizler gerçekleştirilmiştir. C blok için yaklaşık radye temel alanı 1087 m² olduğundan, ortalama temel taban basıncı $16200 / 1087 \approx 15.00 \text{ t/m}^2 \approx 150 \text{ KN/m}^2$ olarak belirlenmiştir. Her bir blok için yaklaşık temel alanları ve statik hesaplamalar sonucu elde edilen bina yükleri Şekil 6.1'de görülmektedir.



Şekil 6.1. Statik yükleme için kullanılan temel alanı ve bina yükleri.

Şekil 6.1'de planı verilen binadan gelen yükler yayılı yük olarak modellenerek, 22x50m boyutlarında bir temel alanına etkidiği varsayılmıştır. Gerilmelerin çok olduğu veya oturma davranışının değişkenlik gösterdiği zeminlerde, yer altı suyunun fazla olması birçok olumsuz durumu beraberinde getirmektedir. İncelenen zemin örnekleri birçok özelliği ile problemlili zemin niteliği taşımaktadır. Zeminlerin analizi için iki farklı yeraltı su seviyesi kullanılmıştır. Modellemede sonlu elemanlar ağı (mesh) oluşturmak için orta sıklık seçilmiştir. Hesaplamalar için sonlu elemanlar ağının sık veya çok sık bir şekilde oluşturulması halinde oturma ve oturmaya bağlı göçme durumları çok daha kısa süre içerisinde gerçekleşebilmektedir (Engin ve diğ. , 2007).

Çalışma kapsamında hesaplamalar için 6 adet zemin profili oluşturulmuştur. Kullanılan zemin özellikleri parametrik olarak seçilmiş olup, her bir zemin için seçilen parametreler Çizelge 6.1'de verilmiştir. Oluşturulan modeller, 10 m kalınlıkta üst tabaka ve 56 m alt tabaka olmak üzere üst üste iki yatay tabakadan oluşturulmuştur. Zeminin profil derinliği toplam 66 m'dir. Tasarımı yapılan zemin modelleri üzerine, öncelikle Çizelge 6.2' de belirtilen özelliklerde radye temel uygulanmıştır.

Çizelge 6.1. Çalışmada modellenen zemin parametreleri.

Parametre	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6	
	Üst tabaka	Alt tabaka	Üst tabaka	Alt tabaka	Üst tabaka	Alt tabaka	Üst tabaka	Alt tabaka	Üst tabaka	Alt tabaka	Üst tabaka	Alt tabaka
Zemin Sınıfı (USGS)	SC	GC	SM	GC	ML	SM	MH	SM	CL	SC	CH	SC
Malzeme Modeli	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Davranış	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı	Drenajlı
Birim Hacim Ağırlık (γ_{unsat}) t/m ³	18.0	19.0	19.8	19.0	17.7	18.5	18.0	18.5	18.8	18	16.0	18
Birim Hacim Ağırlık (γ_{sat}) t/m ³	19.0	20.0	20.8	20.0	18.7	19.5	19.0	19.5	20.8	19	18.0	19
Elastisite Modülü (E) KN/m ²	20000	60000	15000	60000	18000	15000	16000	15000	21000	40000	42000	40000
Poisson Oranı (μ)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.2	0.33	0.2	0.33	0.2	0.33	0.3	0.33
Kohezyon (c) KN/m ²	10	1	8	1	36	10	25	10	25	15	65	15
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) KN/m ²	26	35	27	35	10	33	2	33	7	32	5	32

Çizelge 6.2. Radye temelin özellikleri.

Kalınlık (d) (m)	0.5
Malzeme Modeli	Elastik
EA (KN/m)	$6.0 \cdot 10^6$
EI (KN/m²/m)	$333.3 \cdot 10^3$
Ağırlık (w) (KN/m/m)	6
Poisson Oranı	0.2

Oluşturulan zemin modelinde belirli bir derinlikte radye temel inşa edilmiş olup, yeraltı suyunun olumsuz etkilerini minimize etmek için yüzeye kadar su basman perdeleri kullanılmıştır. Hesaplama için Çizelge 6.3'te su basman perdesine ait kullanılan özellikler verilmiştir. Yapının yüküne bağlı seçilen radye temel için statik yükleme durumu, oluşturulan örnek zemin profilleri üzerinde değerlendirilmiştir.

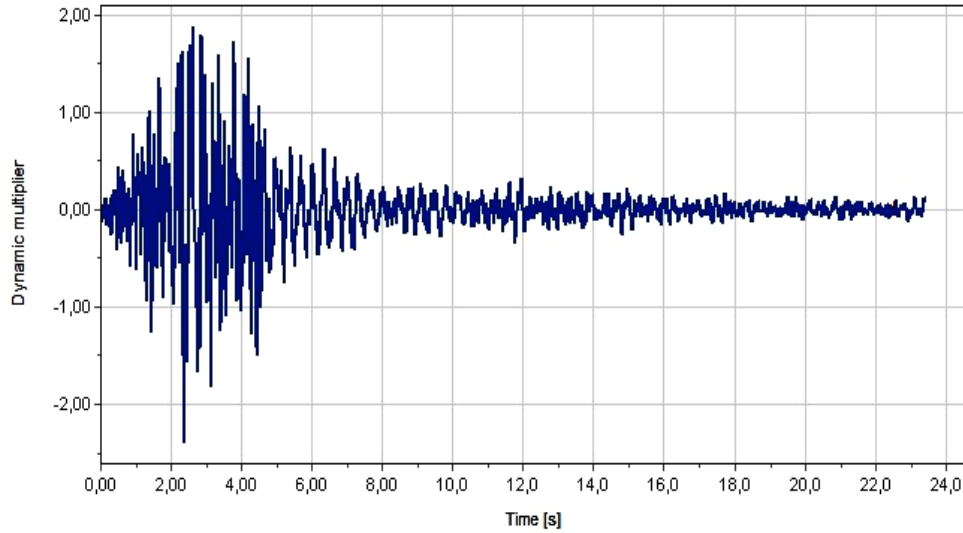
Çizelge 6.3. Subasman perdesi özellikleri.

Kalınlık (d) (m)	0.25
Malzeme Modeli	Elastik
EA (KN/m)	$8.0 \cdot 10^6$
EI (KN/m²/m)	$41.67 \cdot 10^3$
Ağırlık (w) (KN/m/m)	3
Poisson Oranı	0.2

Modellenen yapı, analiz edildikten sonra zeminin üst yapıdan gelen bina yükünü güvenli şekilde taşıyamayacağı kararına varılmıştır. Bu nedenle proje kapsamında kazık uygulaması ile temel tasarım yöntemi yeniden planlanmıştır. Kazıklar ile yükün alttaki sağlam tabakaya aktarılması için farklı modellemeye başvurulmuştur. Kazık modellemede kullanılan özellikler Çizelge 6.4' te gösterilmiştir. Yapının yüküne bağlı seçilen kazıklı radye temel statik yükleme durumu, oluşturulan örnek zemin profilleri üzerinde değerlendirilmiştir. Zemin modelleri arasından seçilen 3 adet model 5.4 büyüklüğünde deprem yüküne maruz bırakılarak zemin modeli üzerinde deprem etkisi incelenmiştir. 5.4 büyüklüğünde depreme ait ivme kaydı Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Kazıklı radye temel için kullanılan özellikler.

Tasarım Elemanı	Embedded Beam Row
Malzeme Modeli	Elastik
E (KN/m ²)	30.0*10 ⁶
γ (KN/m ³)	0.150
D (d) (m)	0.8
A (m ²)	0.5027
I (m ⁴)	0.02011
L _{spacing} (m)	2.0
T _{skin, start, max} (KN/m)	100
T _{skin, end, max} (KN/m)	200
F _{max} (KN)	500

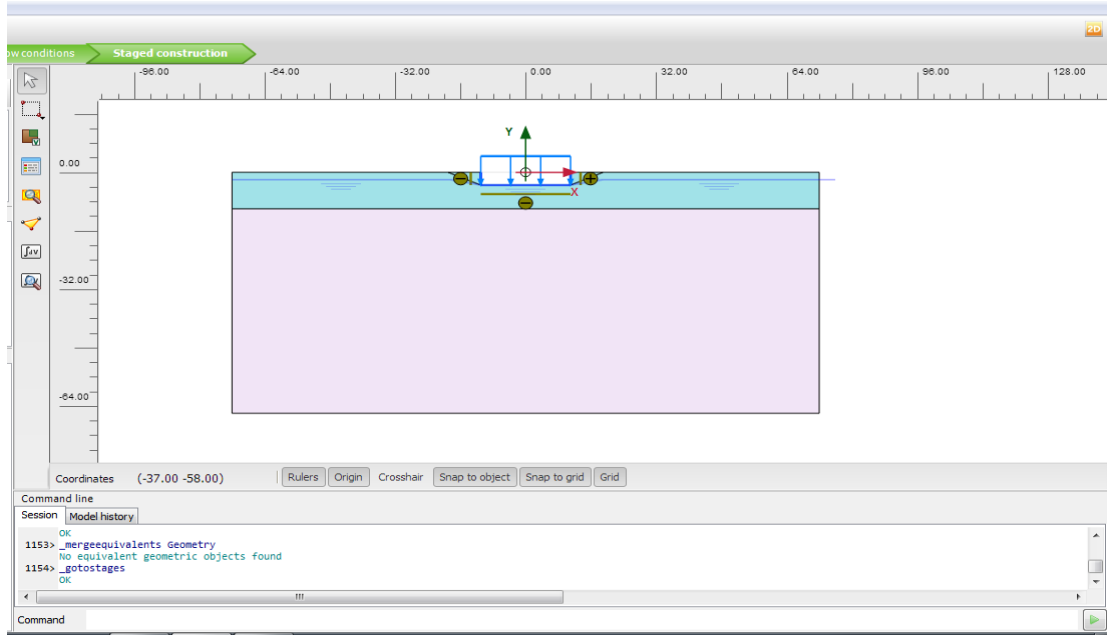


Şekil 6.2. 5.4 büyüklüğündeki depreme ait ivme kaydı.

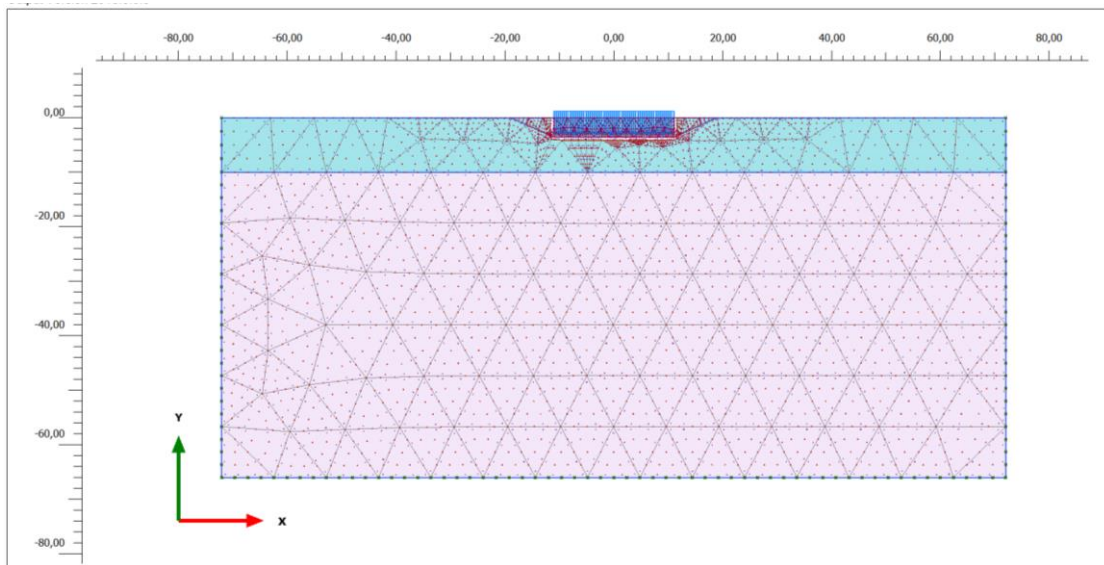
6.2. Metot

Çalışmada PLAXIS 2D programında zemin modelleri, Çizelge 6.1'de verildiği gibi model 1, model 2, model 3, model 4, model 5 ve model 6 olmak üzere ayrı ayrı modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan zemin modeline üst tabaka ve alt tabaka özellikleri atanmıştır. Sırasıyla -2.0m ve -5.0m derinlikte su seviyesi tanımlanmıştır. Şevli kazı yapılarak radye temelin oturacağı alanda kazı gerçekleştirilmiştir. Radye temel alanında 3.5m derinlikte temel plağı oluşturulduktan sonra Çizelge 6.2'de verilen özellikler tanımlanmıştır. Temel kenarlarına zemin yüzeyine kadar subasman perdeleri oluşturulmuş ve özellikleri Çizelge 6.3'te verildiği gibi tanımlanmıştır. Bu aşamadan sonra oluşan zemin- yapı modeline Şekil 6.1'de ifade edilen 150 KN/m² bina yükü temel

üzerine yayılı yük olarak gösterilmiştir. Oluşturulan radye temel modeli ve sonlu elemanlar ağı (mesh) sırasıyla Şekil 6.3 ve 6.4'te gösterilmiştir. Toplam 12 farklı kombinasyon ile radye temel tasarımı yapılmıştır. Bu temellerin analizi taşıma gücü kapasitesi göre yapılmıştır. Tasarımı yapılmış temellerin deplasman değerleri hesaplatılmıştır.



Şekil 6.3. Oluşturulan radye temel modeli.



Şekil 6.4. Radye temel modeli için mesh oluşturulması.

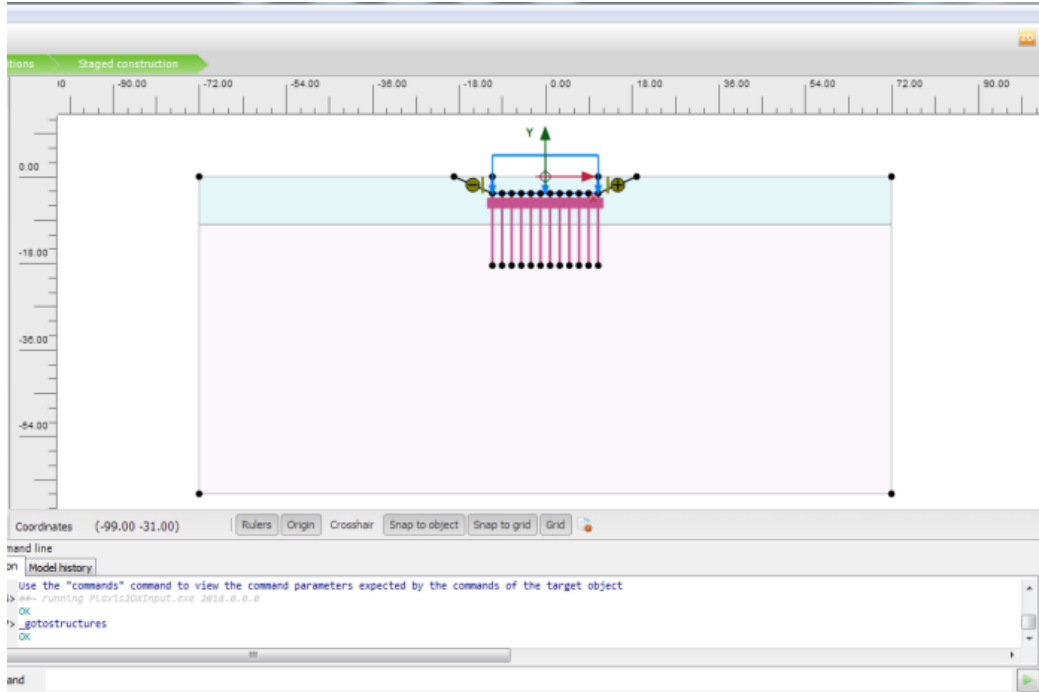
Skempton ve Mac Donalds (1956) tarafından müsaade edilebilir oturma miktarlarını Çizelge 4.7'de verildiği üzere temel ve zemin türüne; Radye temel için, kohezyonlu zeminlerde 6.5- 10 cm, granüler zeminlerde 4.0-6.5 cm arasında olması gerektiğini açıklamışlardır (Tuncan, 2016). Sürekli temeller için, Das (1996) maksimum oturma miktarını 5 ila 7 cm arasında olması gerektiğini ifade etmişlerdir (Eke, 2004). Kazıklı temeller de oturma miktarı yükleme deneyi ile göçme yükü esas alınarak birçok kritere değerlendirilmektedir. Literatürde geçen birçok oturma kriteri Çizelge 6.5'te verilmiştir (Tuncan, 2017).

Çizelge 6.5. Oturma Kriterleri (Tuncan, 2017).

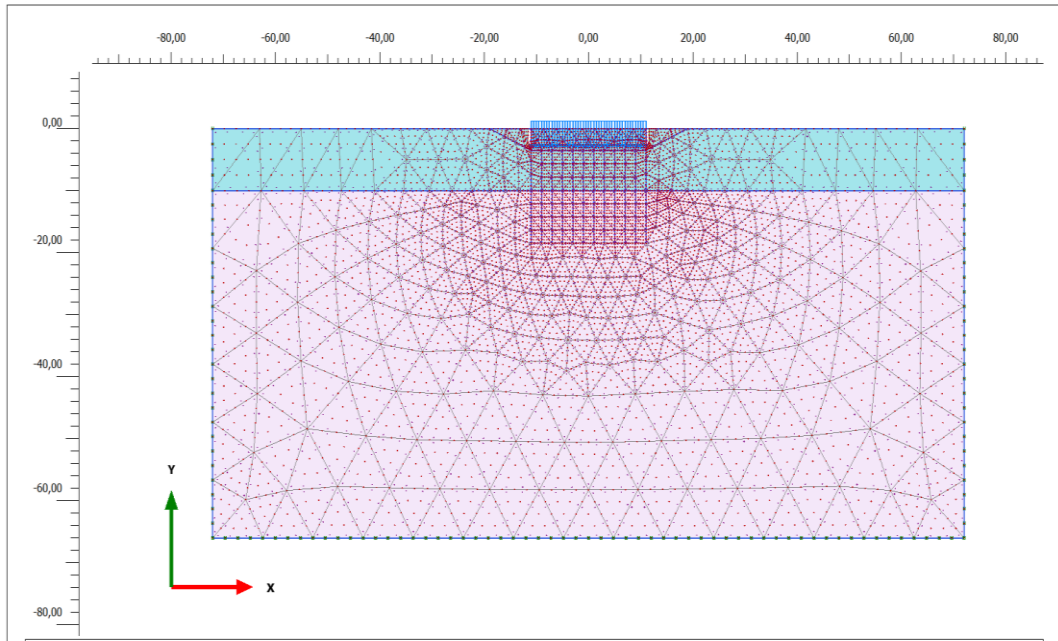
Tanım	Kriter
Toplam Oturma Sınırlaması	Max. 25mm (Hollanda)
Plastik Oturma Sınırlaması	6.30 mm (AASHO)
Plastik Oturma Sınırlaması	8.40 mm (Magnet)
Plastik Oturma Sınırlaması	12.70 mm (Boston)
Toplam Oturma / Yük Sınırlaması	6.35 mm / ton (California, Chicago)

Radye temellerin oturduğu zeminin özelliklerinden dolayı, zeminin deplasmanı büyük değerler vermiştir. Limit değerlerin üzerinde çıkan oturma değerlerinin azaltılması için tasarlanan radye temellerin altına -2.0m yeraltı su seviyesinde sırasıyla 10m, 15m, 20m ve 25m boyunda, -5.0m yeraltı su seviyesinde ise 10m, 15m, 20m, 25m kazık uygulaması yapılmıştır.

Klasik kazık elemanları ile kazık ve zemin arasındaki etkileşim, kazığın çevresi ve uç kısmında kullanılan ara yüz elemanlarıyla oluşturulmaktadır. Kazıklı radye uygulamasında ise kazıklar bir kiriş elemanı olarak modeller oluşturulmakla beraber zemin içerisinde herhangi bir noktada ya da herhangi bir doğrultuda kesişebilmektedir. Söz konusu noktalar gömülü kazığın gövdesi üzerinde ara yüz elemanlarıyla ve kazıkta bir uç direnç ile non-lineer olarak modellenmiştir. Radye temel ve kazıklı radye temel yapısal elemanlar elastik ve izotropik olarak kullanılmıştır. Kullanılan kazıklı radye elemanlarının özellikleri Çizelge 6.4'te verilmektedir. Kazıklı radye temel modellerine ait uygulama örnekleri Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.5. Oluşturulan kazıklı radye temel modeli.



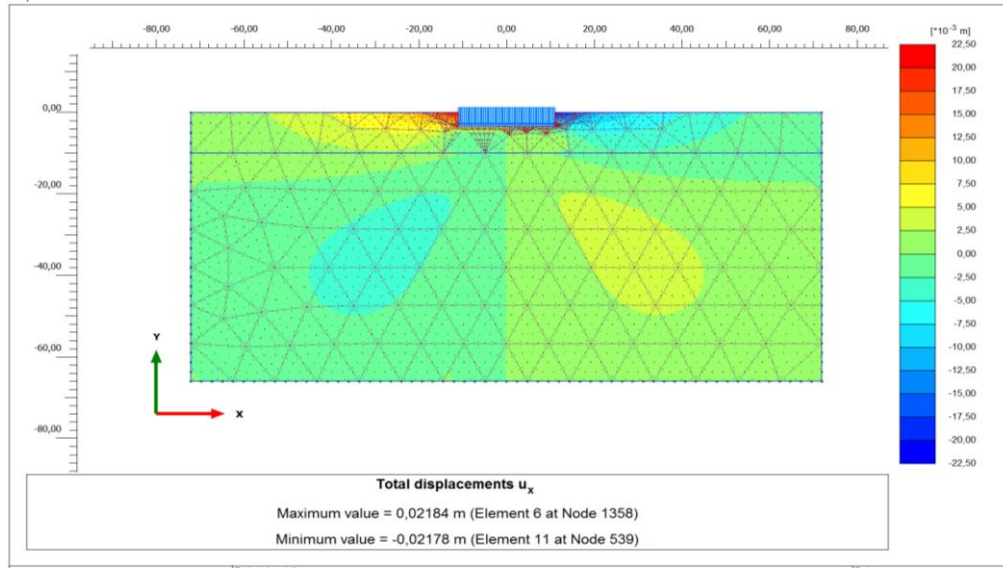
Şekil 6.6. Kazıklı radye temel modeli için mesh oluşturulması.

Sonuçta 6 farklı zemin profili için -2.0 m ve -5.0 m yeraltı su seviyelerinde radye temel ve kazıklı radye temel boyutları Plaxis 2D programına giriş yapılarak modeller oluşturulmuştur.

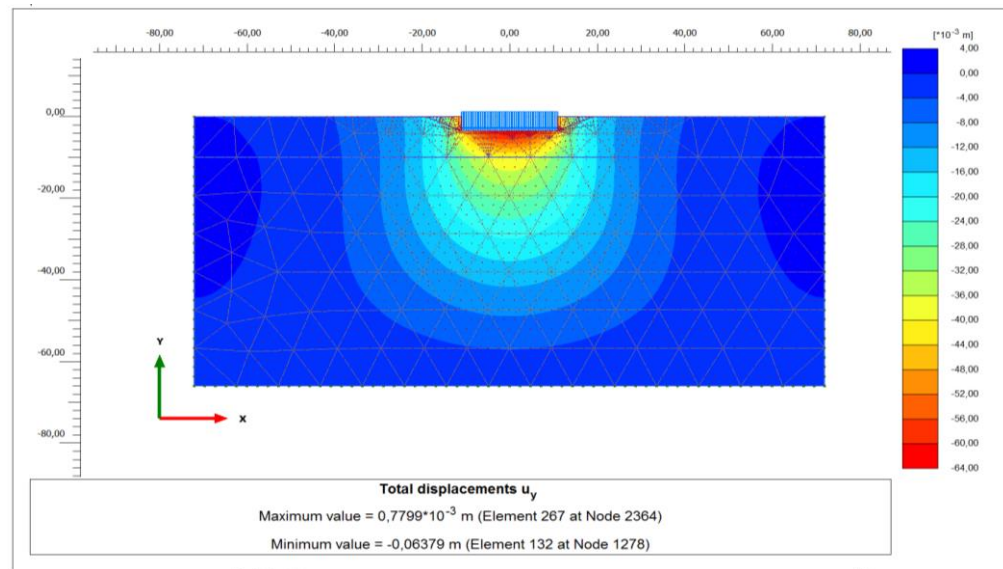
7.SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE YAPILAN MODELLER

7.1. Radye Temelin Statik Yük Altındaki Deplasmanları

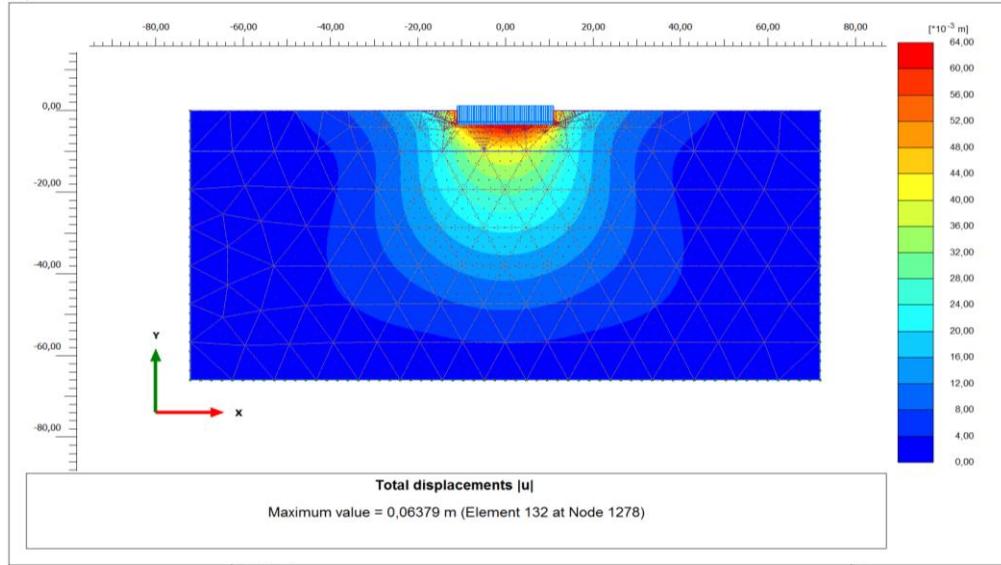
Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması için analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.1, Şekil 7.2 ve Şekil 7.3'te gösterilmiştir.



Şekil 7.1. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.2. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



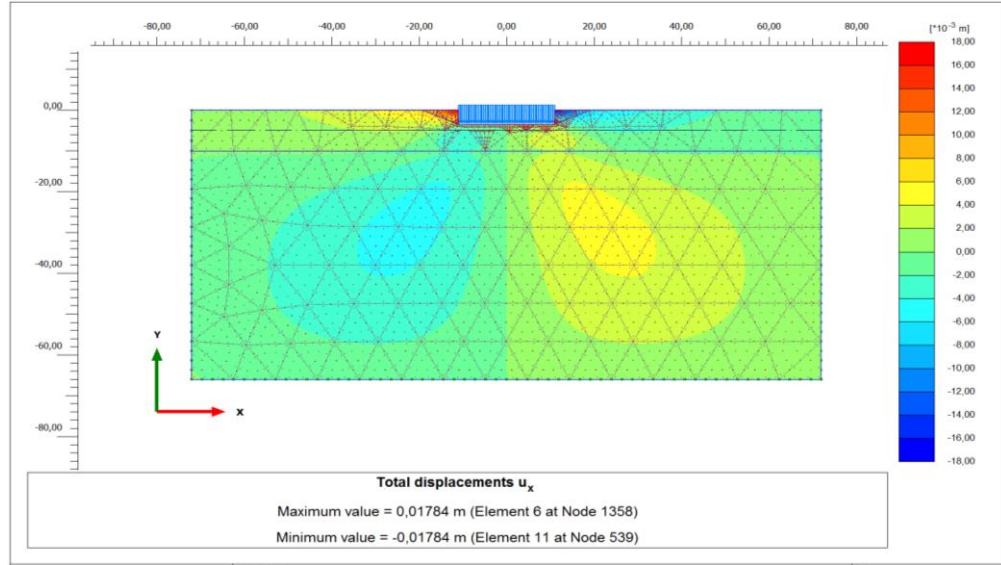
Şekil 7.3. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

Model 1’den 6’ya kadar her biri için -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel için analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.1’de özetlenmiştir. Çizelge’de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 60 mm ile 200 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 1(üst SC/alt GC)’de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)’te elde edilmiştir.

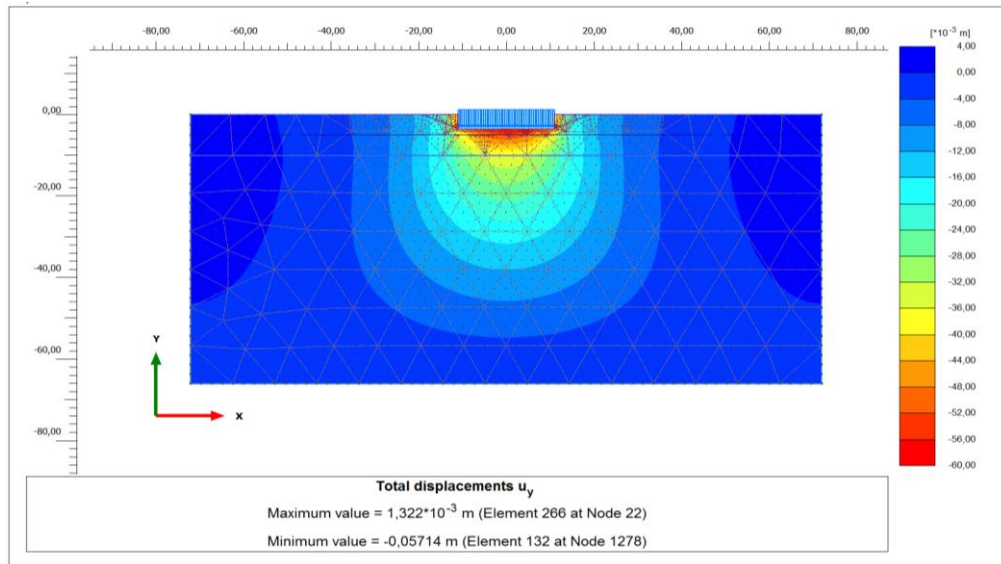
Çizelge 7.1. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	21.84	25.00	38.12	45.30	25.05	18.67
Düşey Deplasman	U_y	mm	63.79	68.19	177.8	199.1	83.84	71.18
Toplam Deplasman	U_T	mm	63.79	68.19	177.8	199.1	83.84	71.18

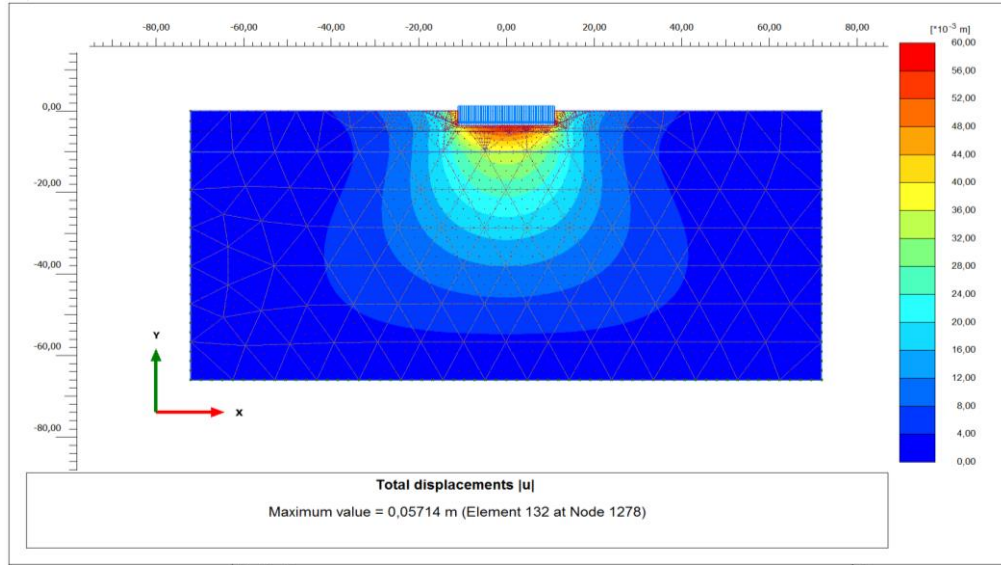
Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması için analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.4, Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'da gösterilmiştir.



Şekil 7.4. -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.5. -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



Şekil 7.6. -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

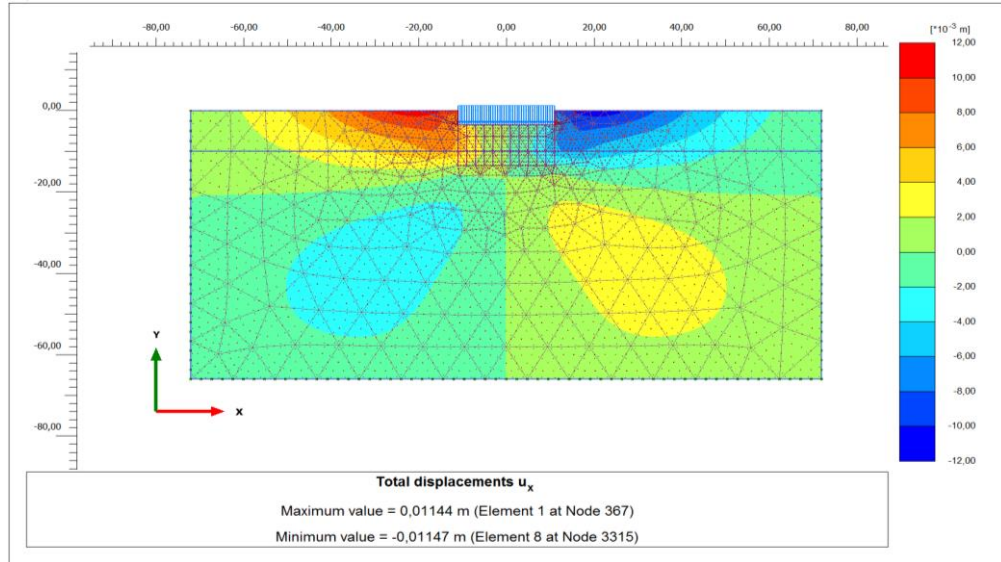
Model 1’den 6’ya kadar her biri için -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel için analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.2’de özetlenmiştir. Çizelge’de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 55 mm ile 180 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 1(üst SC/alt GC)’de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)’te elde edilmiştir.

Çizelge 7.2. -5.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

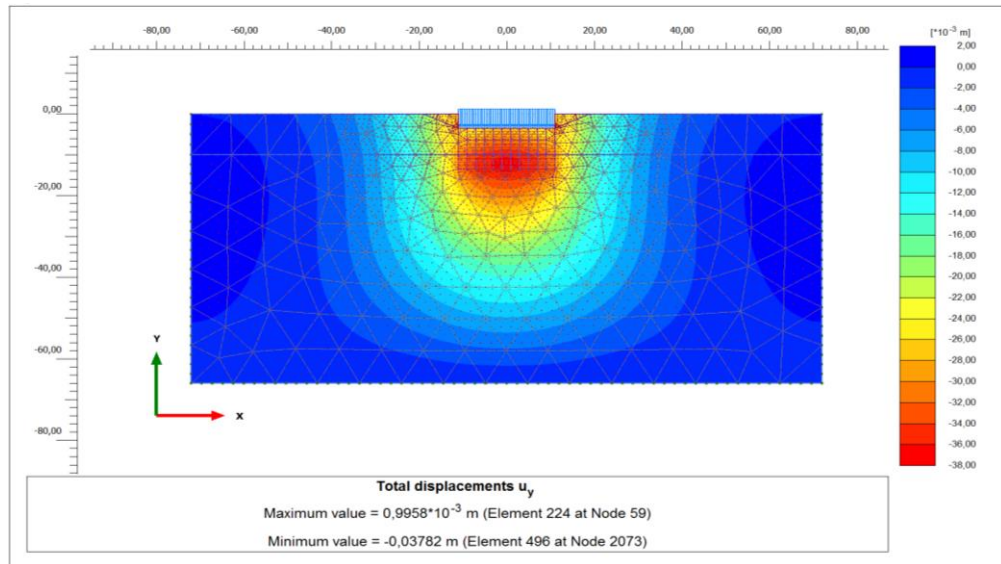
	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	17.84	20.32	28.46	34.34	19.84	15.61
Düsey Deplasman	U_y	mm	57.14	60.55	158.3	176.9	75.18	65.46
Toplam Deplasman	U_T	mm	57.14	60.55	158.3	176.9	75.18	65.46

7.2. Kazıklı Radye Temelin Statik Yük Altındaki Deplasmanları

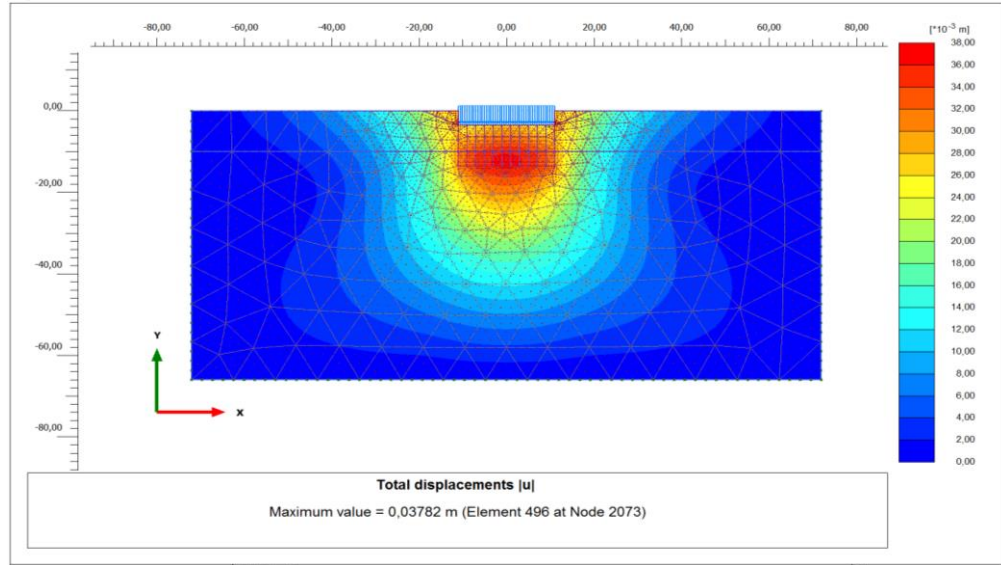
Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10 m boyunda kazıklı radye temelde analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.7, Şekil 7.8 ve Şekil 7.9'da gösterilmiştir.



Şekil 7.7. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.8. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



Şekil 7.9. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

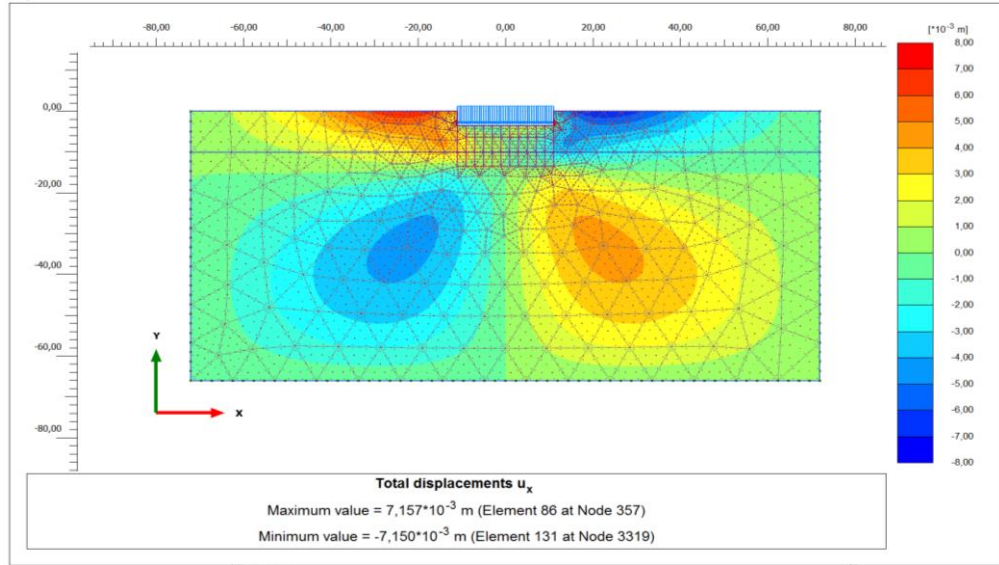
Model 1’den 6’ya kadar her biri için -2.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.3’te özetlenmiştir. Çizelge’de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 30 mm ile 135 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)’de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)’te elde edilmiştir.

Çizelge 7.3. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

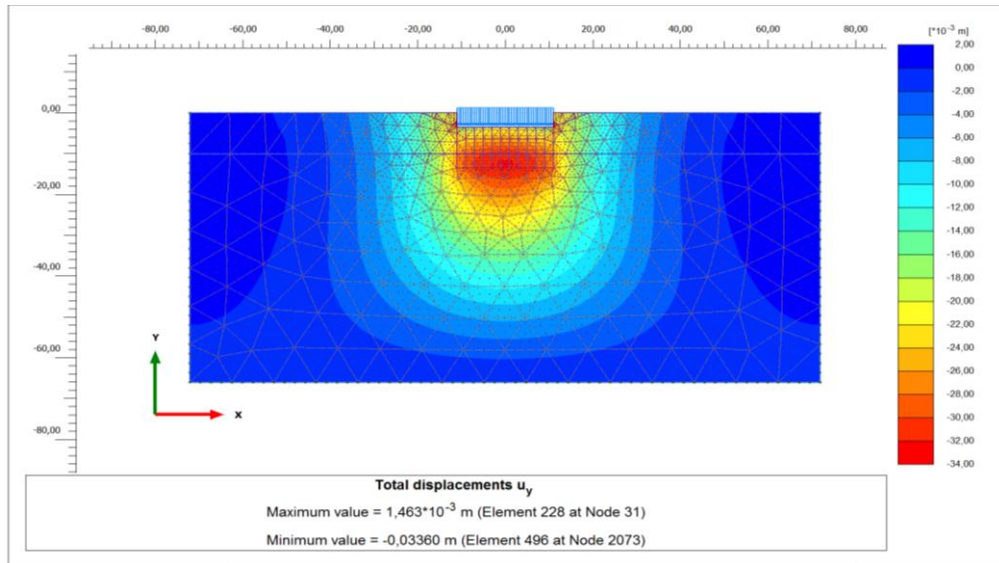
	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	11.47	12.51	27.44	30.24	14.43	12.54
Düsey Deplasman	U_y	mm	37.82	36.12	131.3	132.1	51.58	53.60
Toplam Deplasman	U_T	mm	37.82	36.12	131.3	132.1	51.58	53.60

Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu

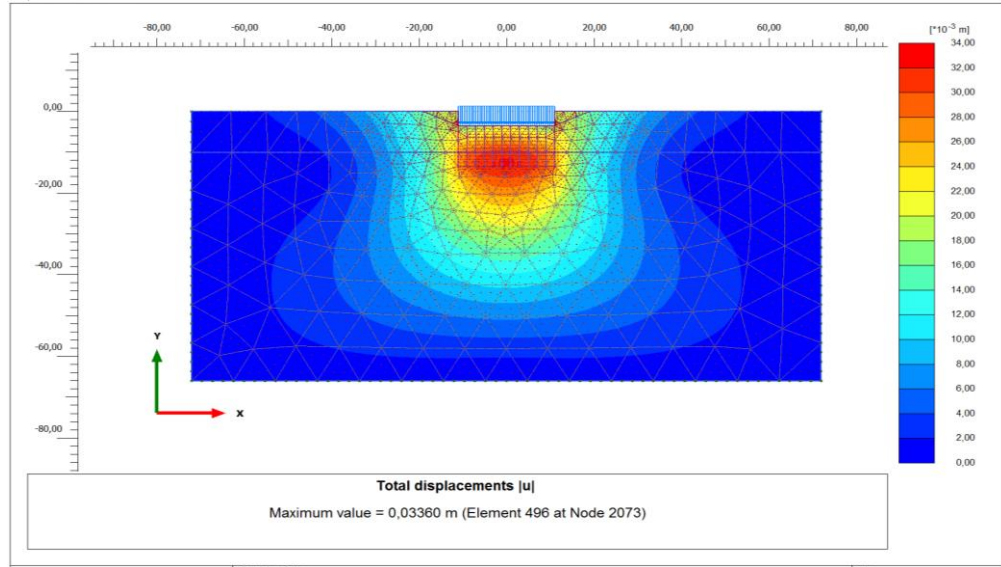
elde edilen düşey, yatay ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.10, Şekil 7.11 ve Şekil 7.12'de gösterilmiştir.



Şekil 7.10. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.



Şekil 7.11. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.



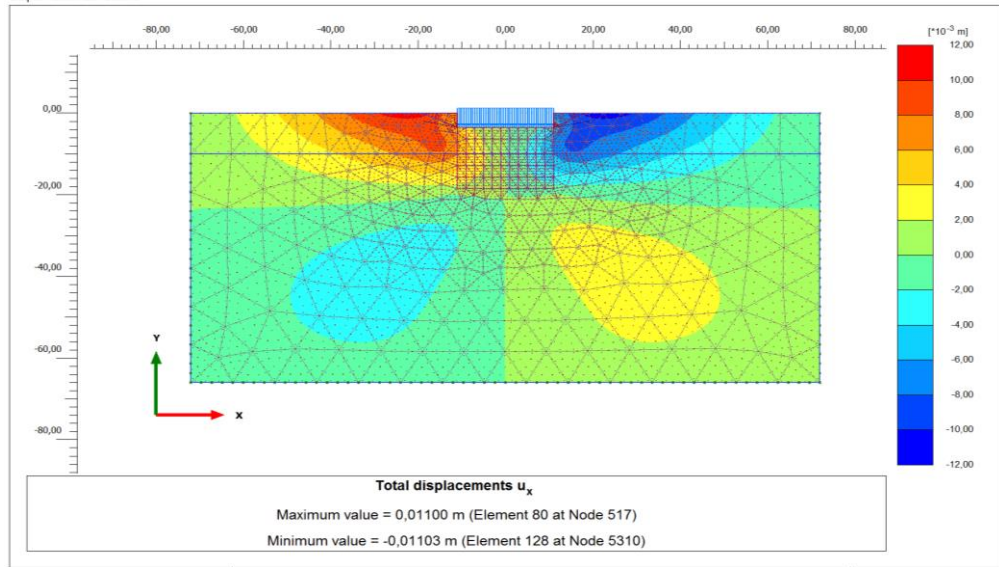
Şekil 7.12. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

Model 1'den 6'ya kadar her biri için -2.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.4'te özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 30 mm ile 120 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)'te elde edilmiştir.

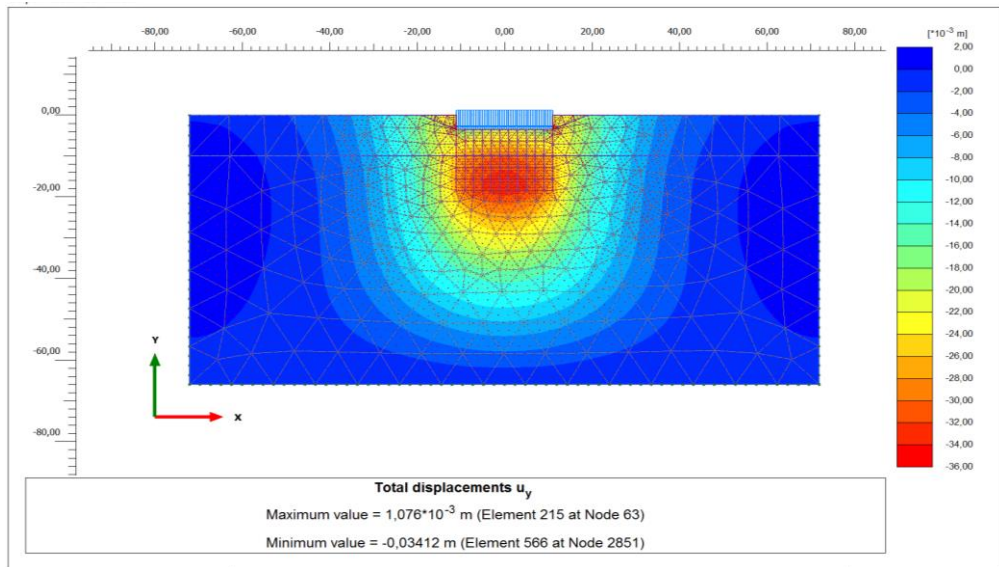
Çizelge 7.4. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 10m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	7.157	7.289	16.87	18.89	8.780	8.890
Düsey Deplasman	U_y	mm	33.60	31.67	116.2	116.6	46.23	48.84
Toplam Deplasman	U_T	mm	33.60	31.67	116.2	116.6	46.23	48.84

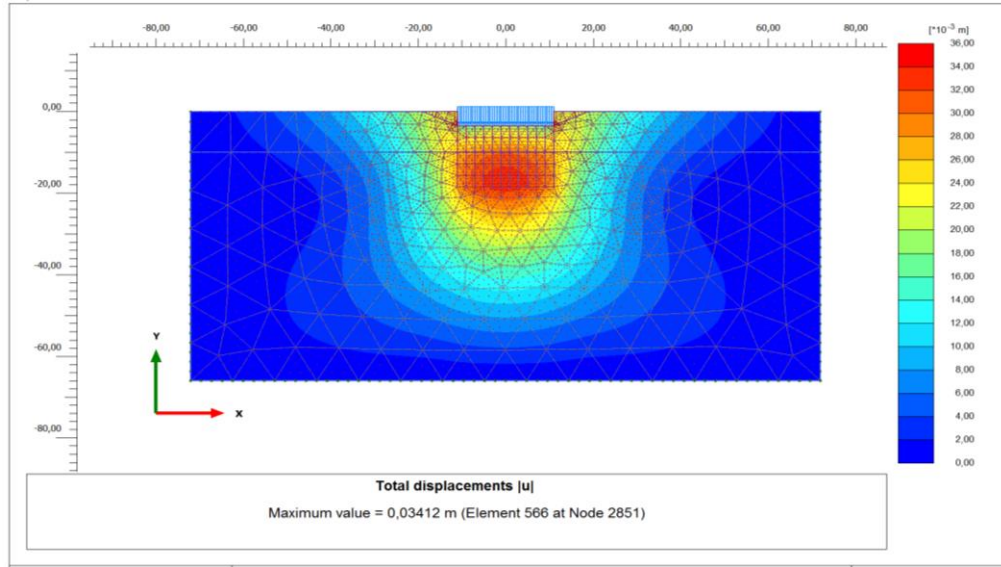
Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.13, Şekil 7.14 ve Şekil 7.15'te gösterilmiştir.



Şekil 7.13. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.14. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



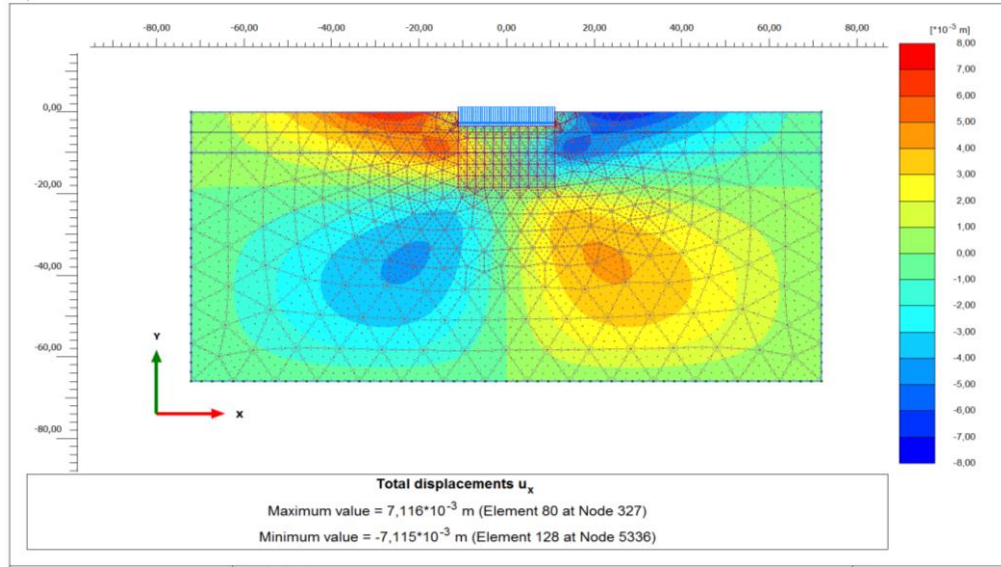
Şekil 7.15. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1 zeminde meydana gelen toplam deplasman.

Model 1'den 6'ya kadar her biri için -2.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.5'te özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 30 mm ile 120 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)'te elde edilmiştir.

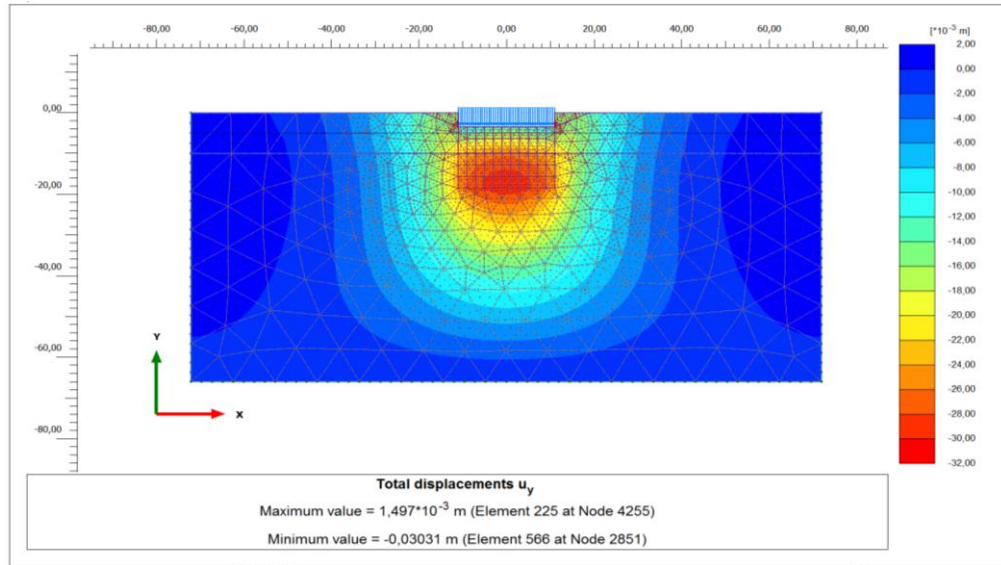
Çizelge 7.5. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	11.03	11.92	26.21	28.65	13.77	11.73
Düsey Deplasman	U_y	mm	34.12	32.74	119.2	119.6	46.79	48.47
Toplam Deplasman	U_T	mm	34.12	32.74	119.2	119.6	46.79	48.47

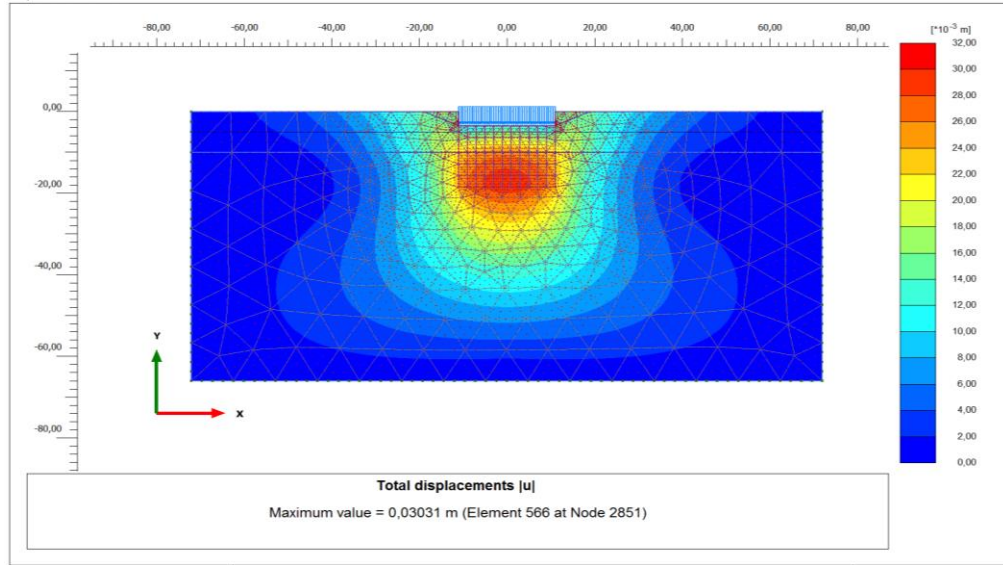
Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.16, Şekil 7.17 ve Şekil 7.18'de gösterilmiştir.



Şekil 7.16. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.17. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



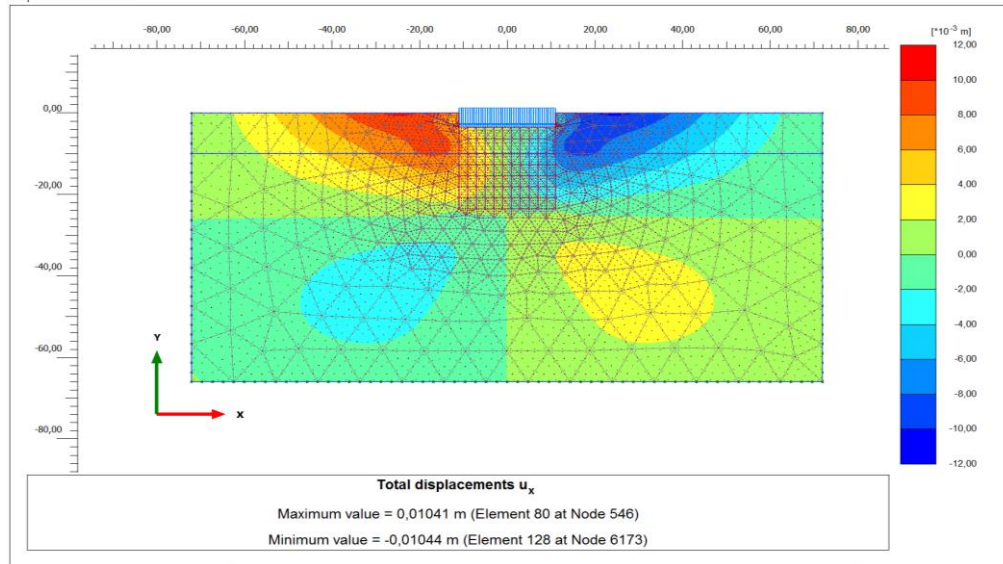
Şekil 7.18. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

Model 1'den 6'ya kadar her biri için -5.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.6'da özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 25 mm ile 105 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)'te elde edilmiştir.

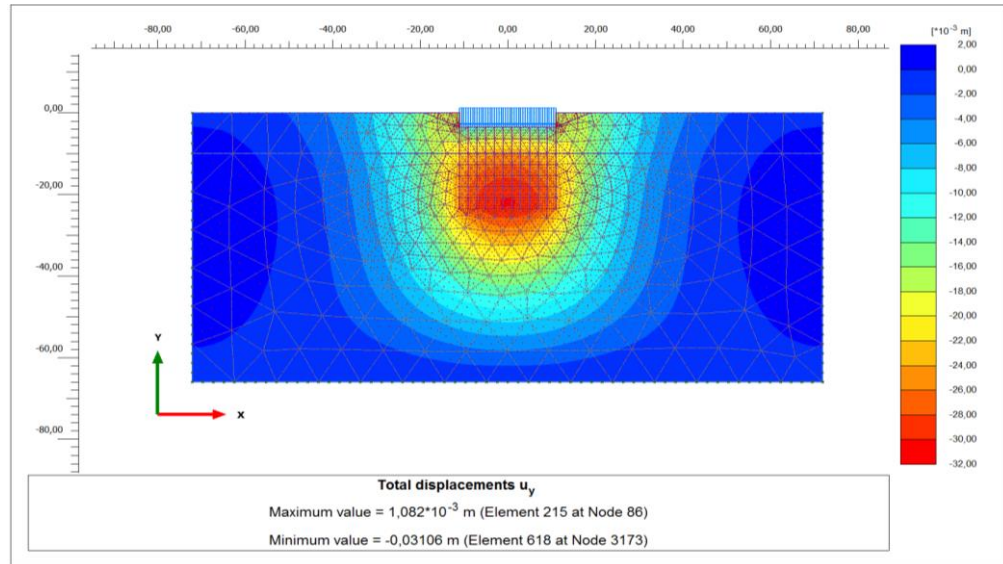
Çizelge 7.6. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 15m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	7.116	7.338	16.50	18.26	8.704	8.312
Düşey Deplasman	U_y	mm	30.31	28.65	105.8	106.0	41.94	44.21
Toplam Deplasman	U_T	mm	30.31	28.65	105.8	106.0	41.94	44.21

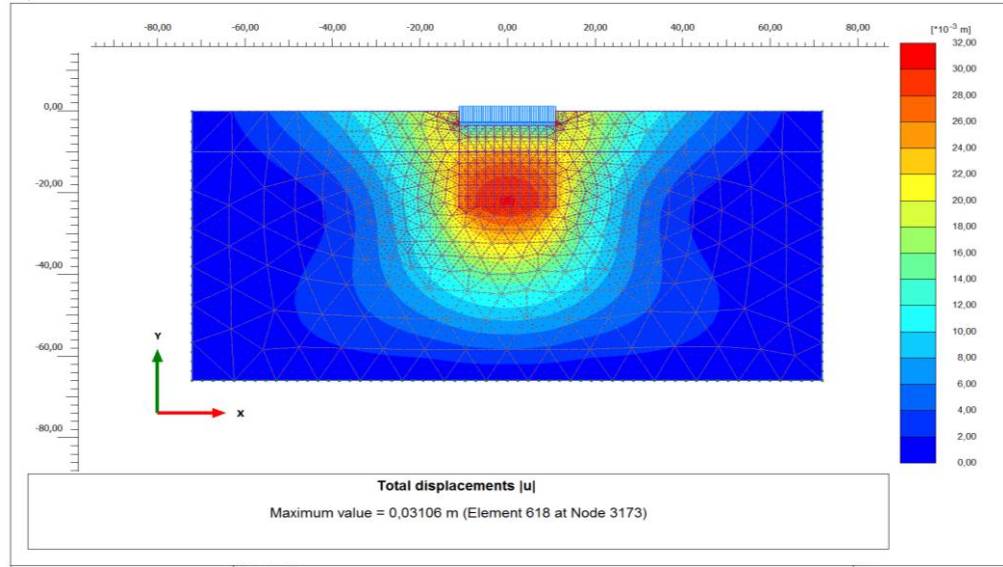
Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.19, Şekil 7.20 ve Şekil 7.21'de gösterilmiştir.



Şekil 7.19. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.20. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



Şekil 7.21. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

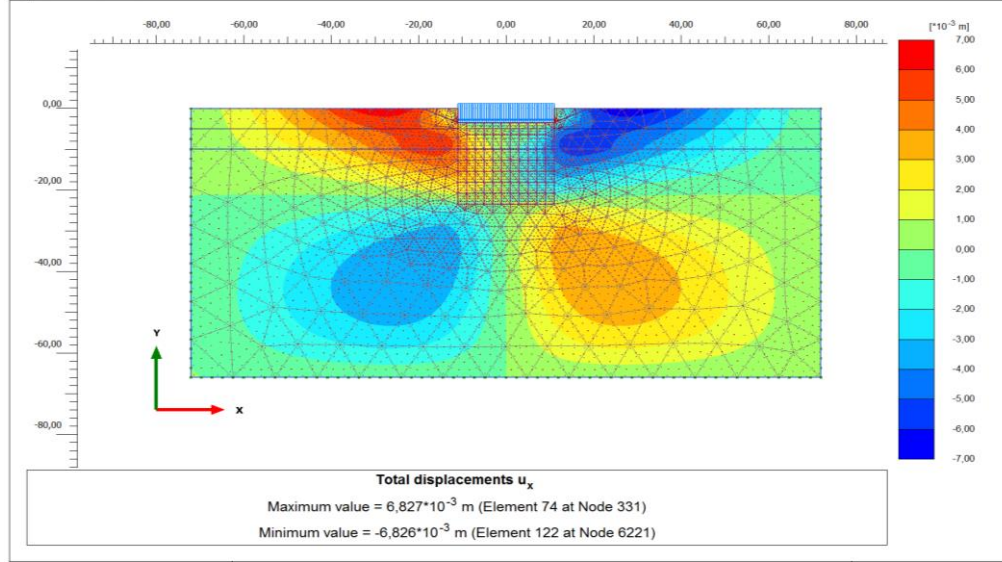
Model 1'den 6'ya kadar her biri için -2.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.7'de özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 25 mm ile 110 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)'te elde edilmiştir.

Çizelge 7.7. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

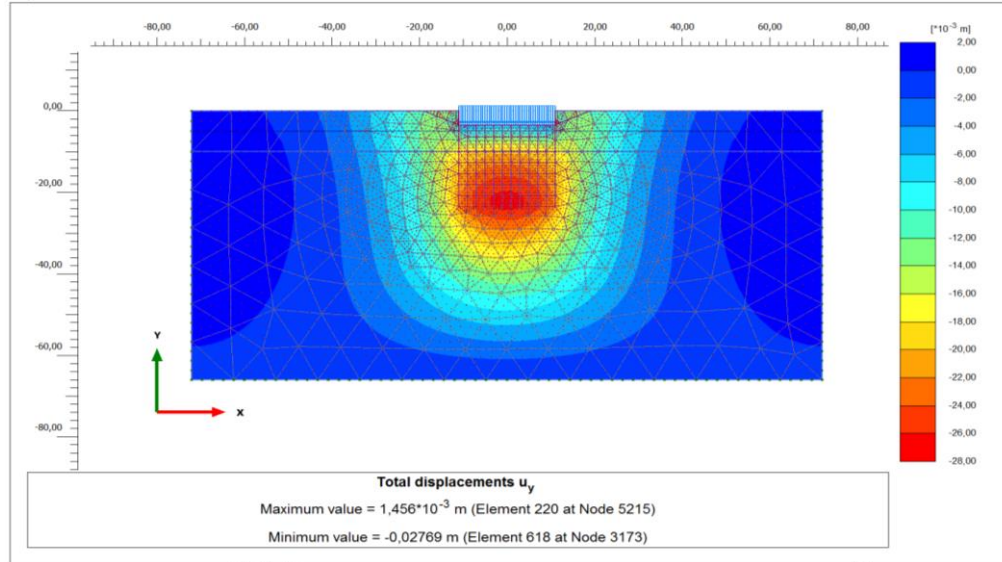
	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	10.44	11.40	24.58	26.79	12.99	10.96
Düsey Deplasman	U_y	mm	31.06	29.91	109.7	109.9	42.92	44.28
Toplam Deplasman	U_T	mm	31.06	29.91	109.7	109.9	42.92	44.28

Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu

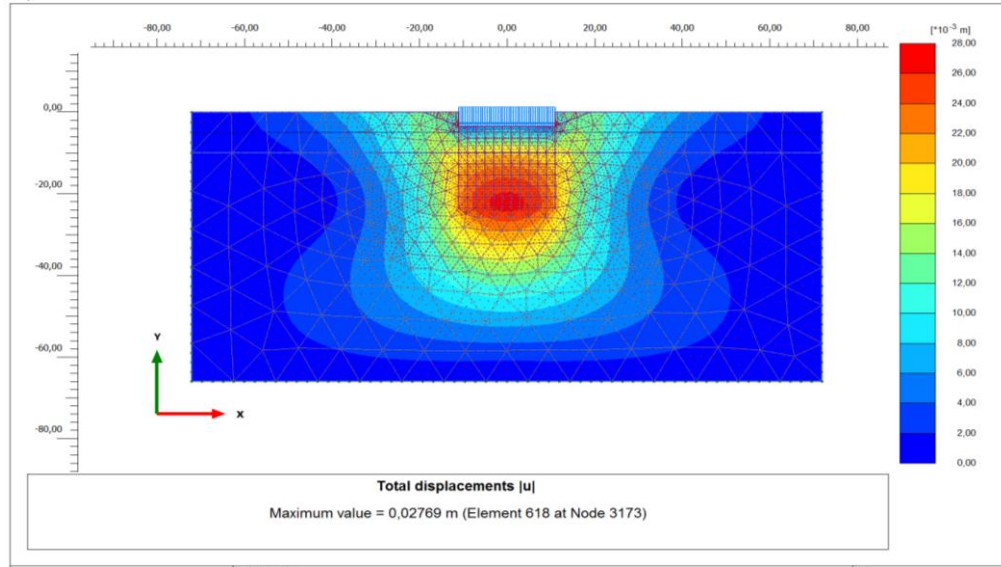
elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.22, Şekil 7.23 ve Şekil 7.24'te gösterilmiştir.



Şekil 7.22. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.23. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



Şekil 7.24. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

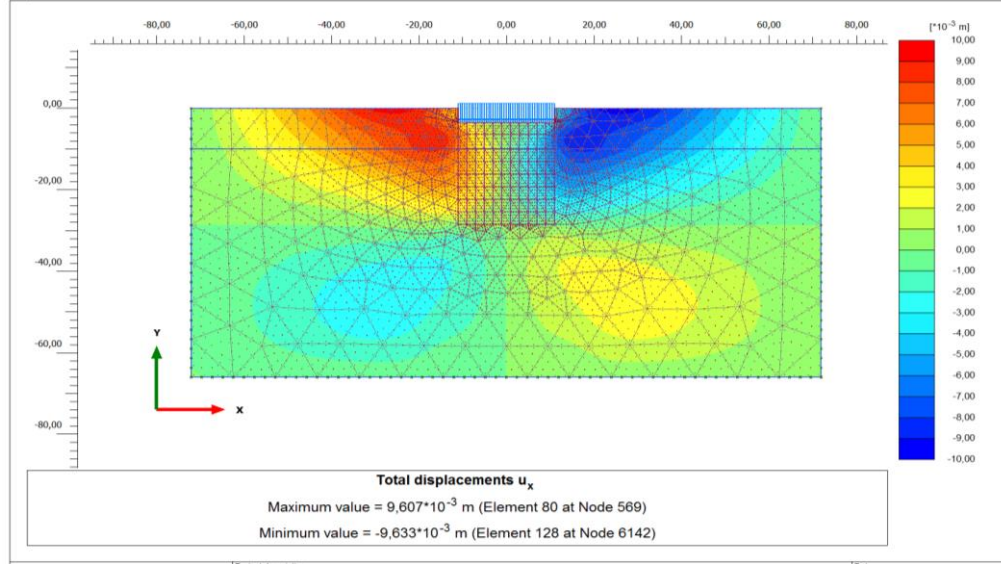
Model 1'den 6'ya kadar her biri için -5.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.9'da özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 25 mm ile 100 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 1(üst SC/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 4(üst MH/alt SM)'te elde edilmiştir.

Çizelge 7.9. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 20m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

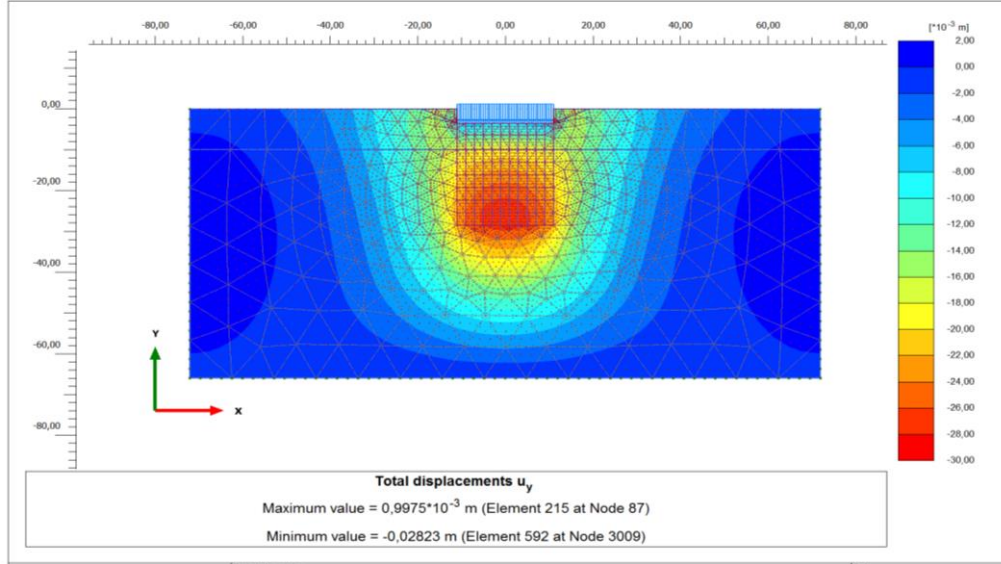
	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	6.827	7.172	15.53	171.3	8.373	7.757
Düsey Deplasman	U_y	mm	27.69	26.25	97.91	97.93	38.59	40.51
Toplam Deplasman	U_T	mm	27.69	26.25	97.91	97.93	38.59	40.51

Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu

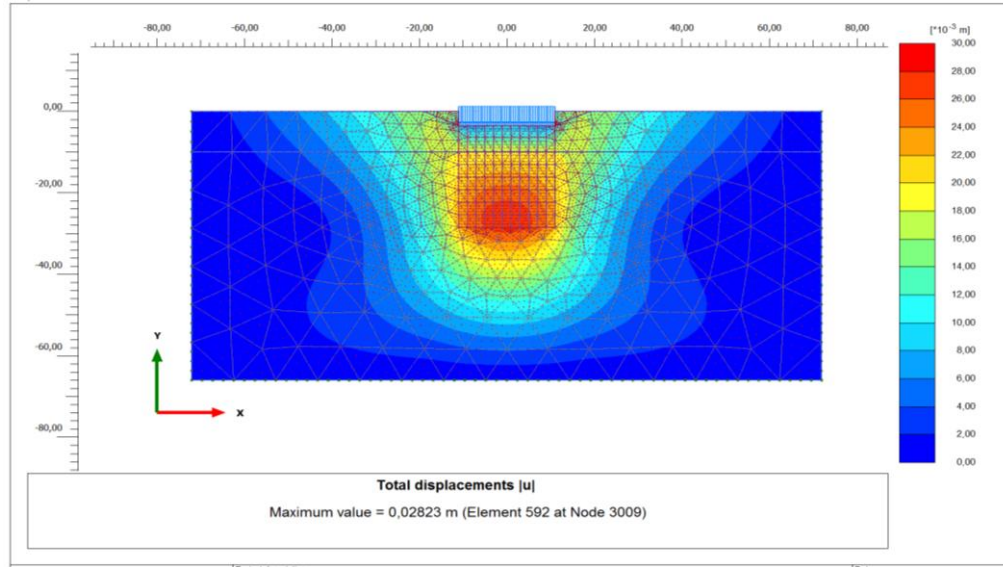
elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.25, Şekil 7.26 ve Şekil 7.27'de gösterilmiştir.



Şekil 7.25. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.26. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



Şekil 7.27. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

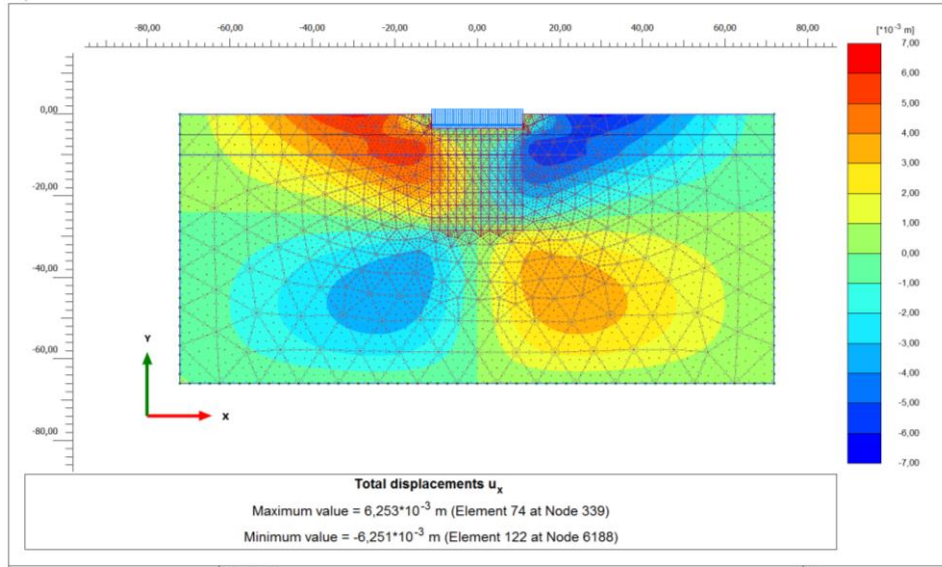
Model 1'den 6'ya kadar her biri için -2.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.10'da özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 25 mm ile 100 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 3(üst ML/alt SM) ve Model 4(üst MH/alt SM)'te elde edilmiştir.

Çizelge 7.10. -2.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

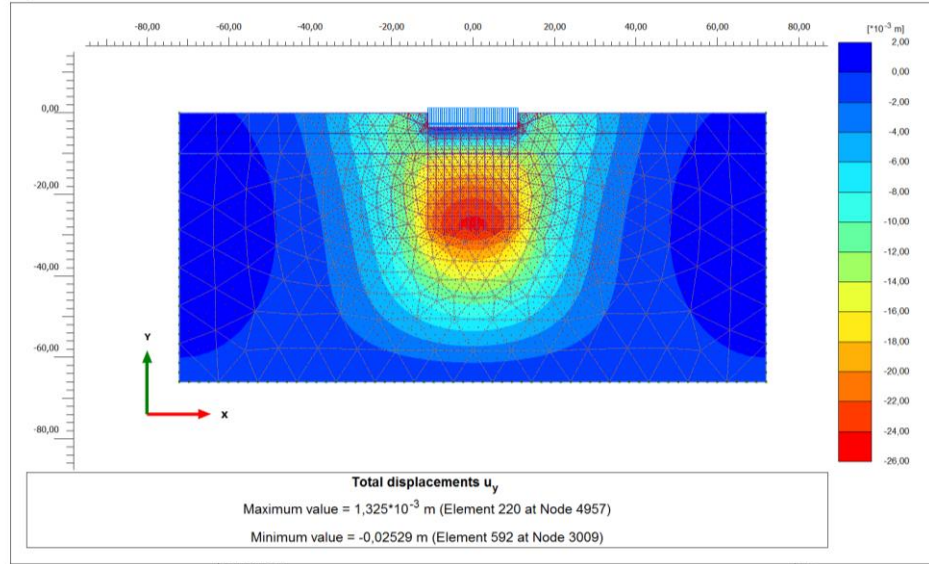
	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	9.633	10.61	22.37	24.39	11.88	10.00
Düsey Deplasman	U_y	mm	28.23	27.26	101.3	101.3	39.38	40.51
Toplam Deplasman	U_T	mm	28.23	27.26	101.3	101.3	39.38	40.51

Model 1(üst SC/alt GC) kullanılarak -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25 m boyunda kazıklı radye temel uygulaması yapılmış olup analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu

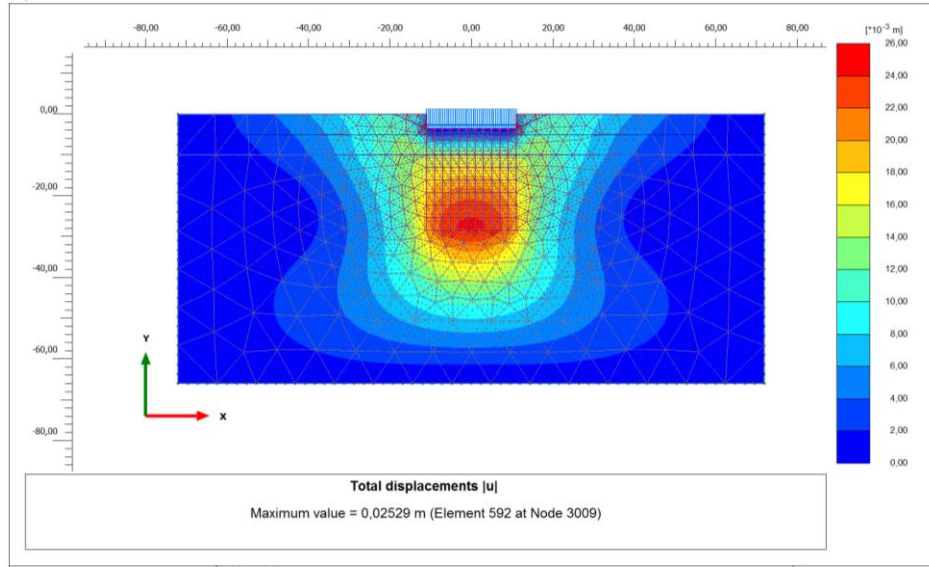
elde edilen yatay, düşey ve toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.28, Şekil 7.29 ve Şekil 7.30'da gösterilmiştir.



Şekil 7.28. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen yatay deplasman.



Şekil 7.29. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen düşey deplasman.



Şekil 7.30. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde meydana gelen toplam deplasman.

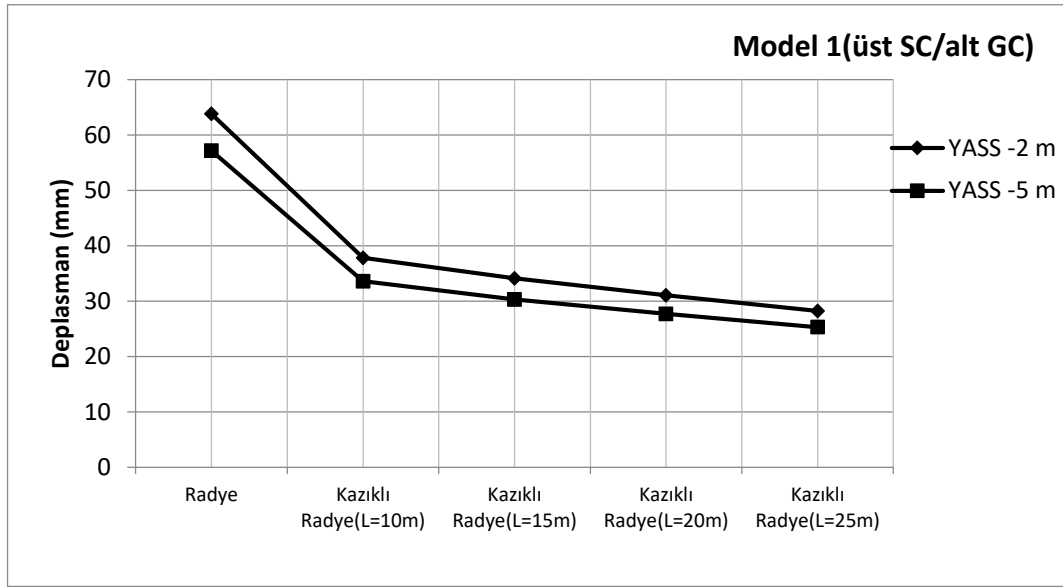
Model 1'den 6'ya kadar her biri için -5.0 m yeraltı su seviyesinde analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.11'de özetlenmiştir. Çizelge'de verilen sonuçlardan, deplasmanlar ortalama 25 mm ile 90 mm arası değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük deplasman değeri Model 2(üst SM/alt GC)'de, en yüksek deplasman değeri Model 3(üst ML/alt SM)'te elde edilmiştir.

Çizelge 7.11. -5.0 m yeraltı su seviyesinde 25m boyunda kazıklı radye temel uygulaması ile yapılan analiz sonuçları.

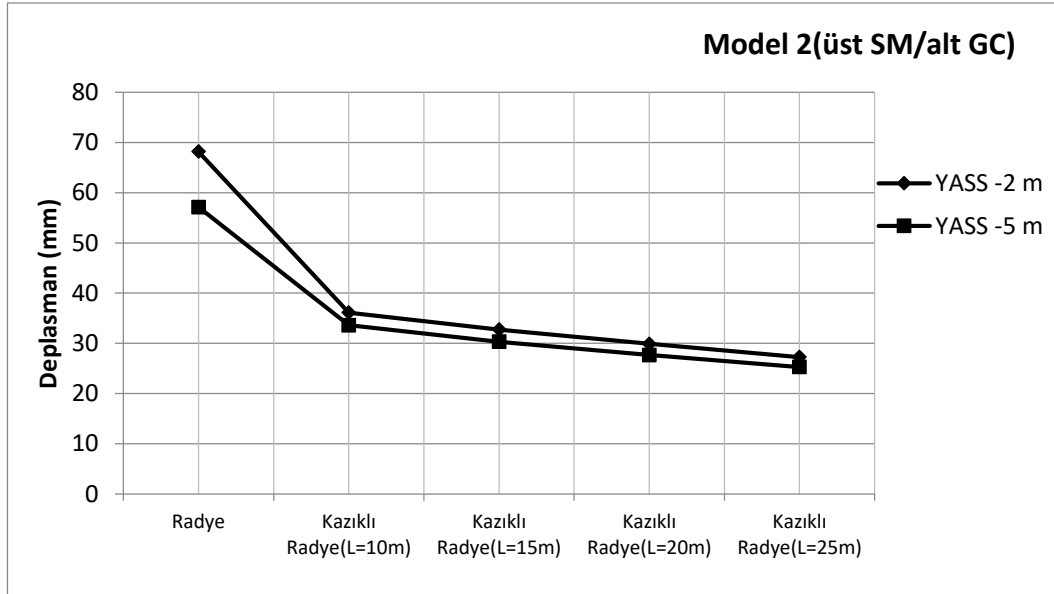
	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Yatay Deplasman	U_x	mm	6.253	6.966	13.93	15.43	7.660	6.979
Düşey Deplasman	U_y	mm	25.29	24.04	90.92	90.81	35.58	37.16
Toplam Deplasman	U_T	mm	25.29	24.04	90.92	90.81	35.58	37.16

7.3. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

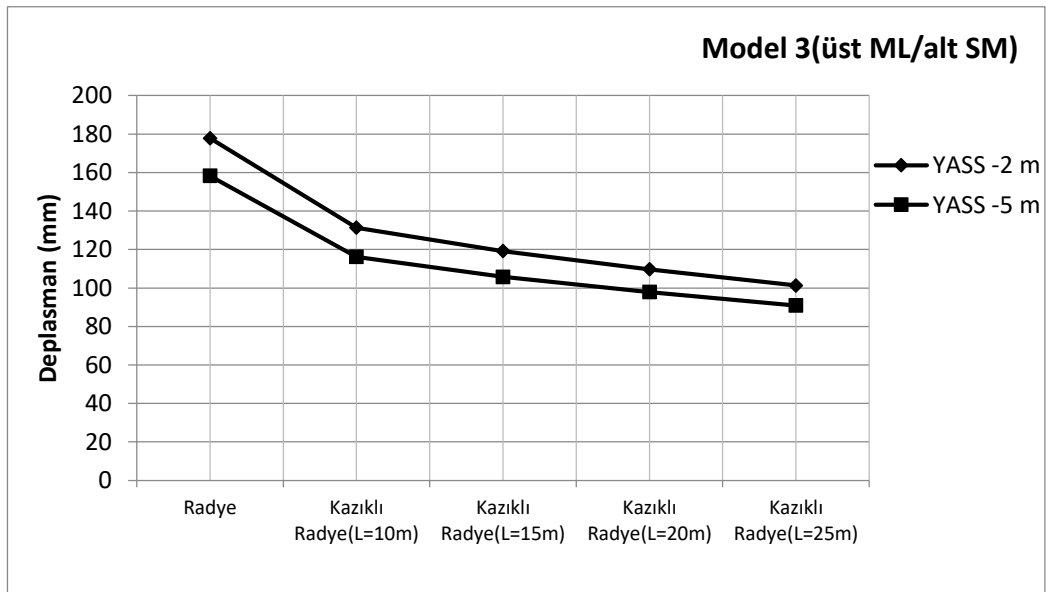
Oluşturulan zemin modellerinde tasarımı yapılan radye temel ve farklı boylardaki kazıklarla uygulanan kazıklı radye temel sisteminin iki farklı yeraltı su seviyesinde üzerine gelen yapı yüküne bağlı olarak iki boyutlu (2D) analizlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Analizler sonucu meydana gelen toplam oturma değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 7.31, Şekil 7.32, Şekil 7.33, Şekil 7.34, Şekil 7.35 ve Şekil 7.36'da verilmiştir.



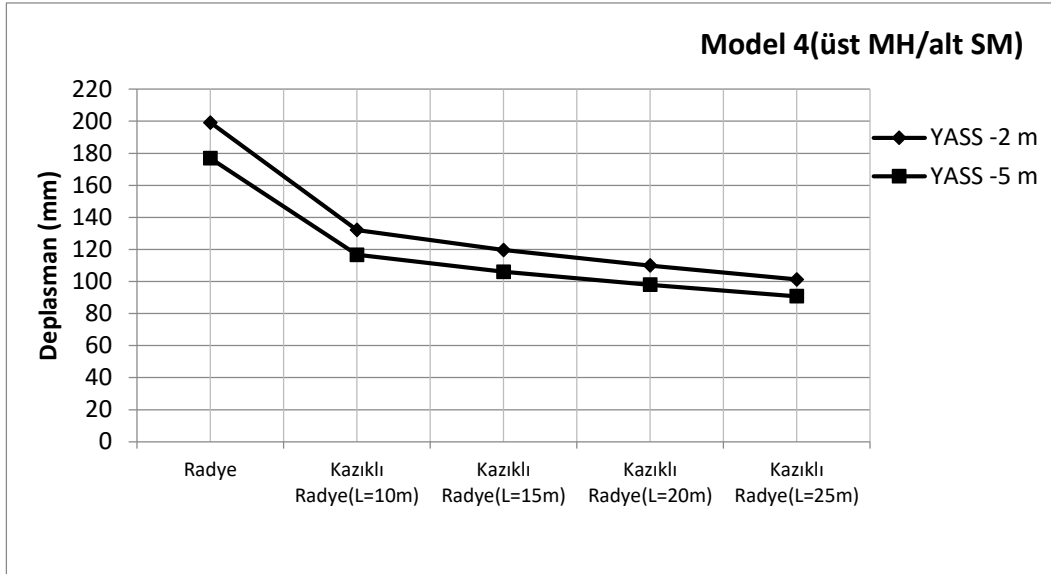
Şekil 7.31. İki farklı yeraltı su seviyesinde model 1(üst SC/alt GC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği.



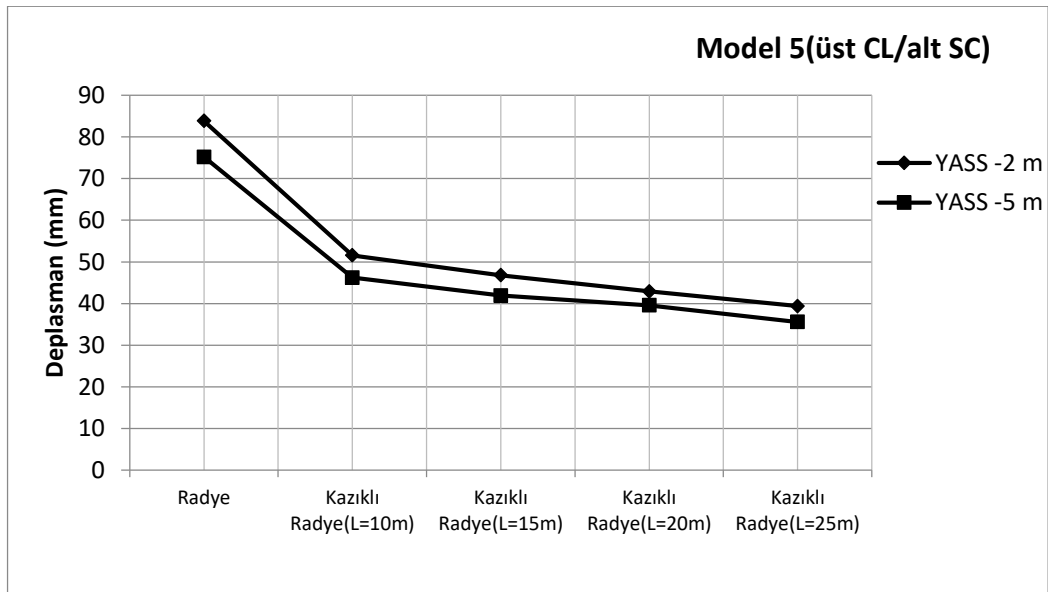
Şekil 7.32. İki farklı yeraltı su seviyesinde model 2(üst SM/alt GC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği.



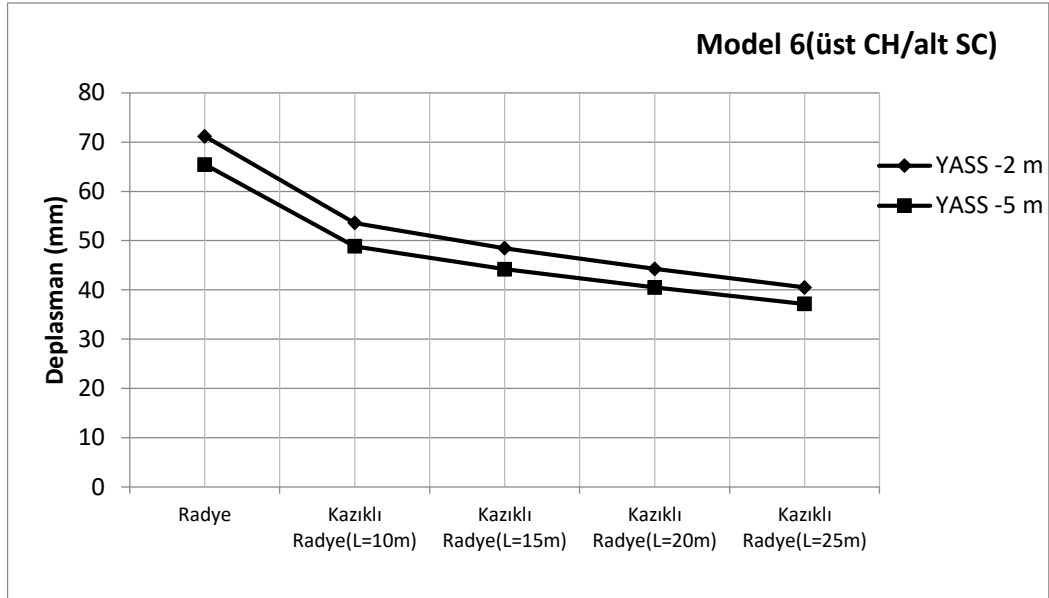
Şekil 7.33. İki farklı yeraltı su seviyesinde model 3(üst ML/alt SM) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği.



Şekil 7.34. İki farklı yeraltı su seviyesinde model 4(üst MH/alt SM) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği.



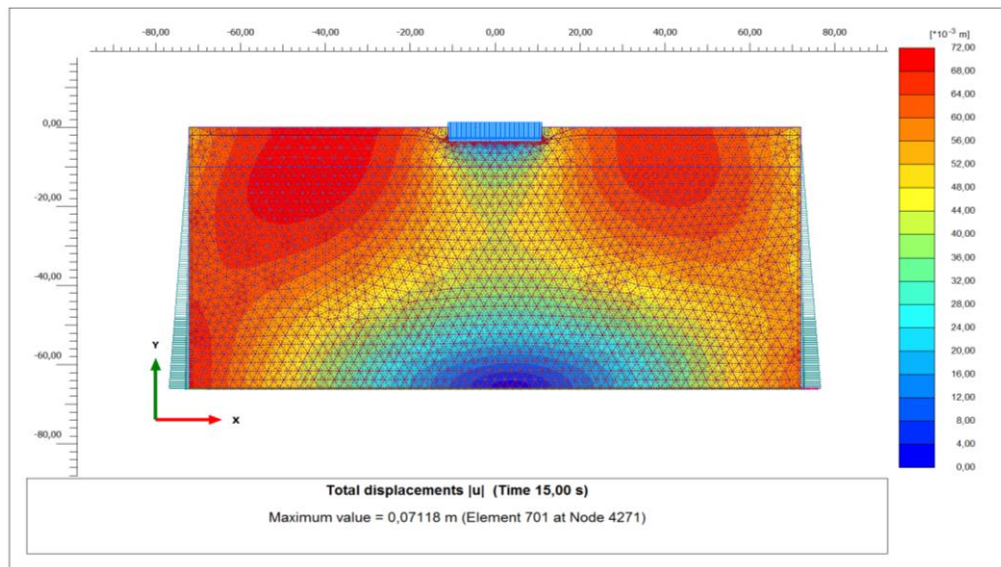
Şekil 7.35. İki farklı yeraltı su seviyesinde model 5(üst CL/alt SC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği.



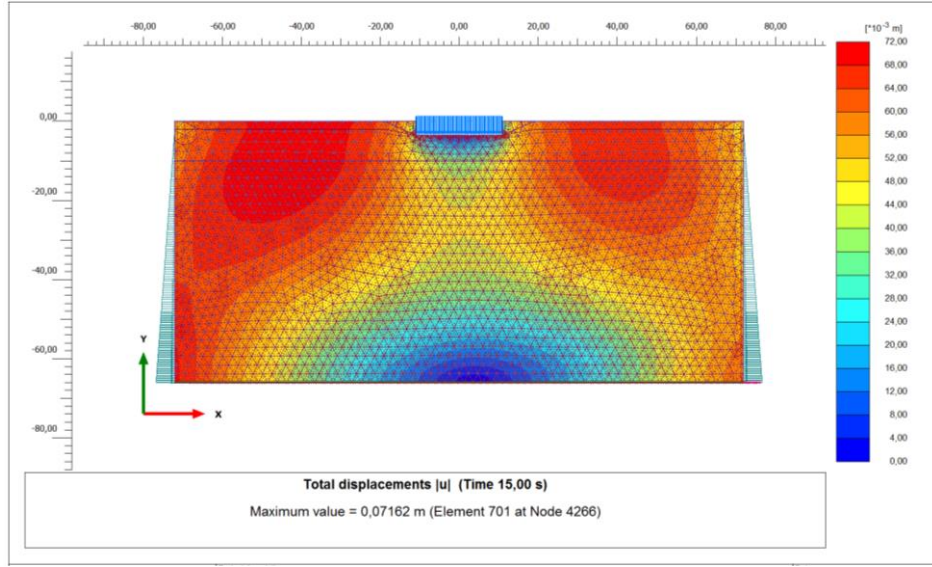
Şekil 7.36. İki farklı yeraltı su seviyesinde model 6(üst CH/alt SC) zeminde uygulanan farklı temel türlerine göre meydana gelen toplam deplasman grafiği.

7.4. Deprem Büyüklüğü Etkisine Maruz Kalan Temellerin Deplasmanları

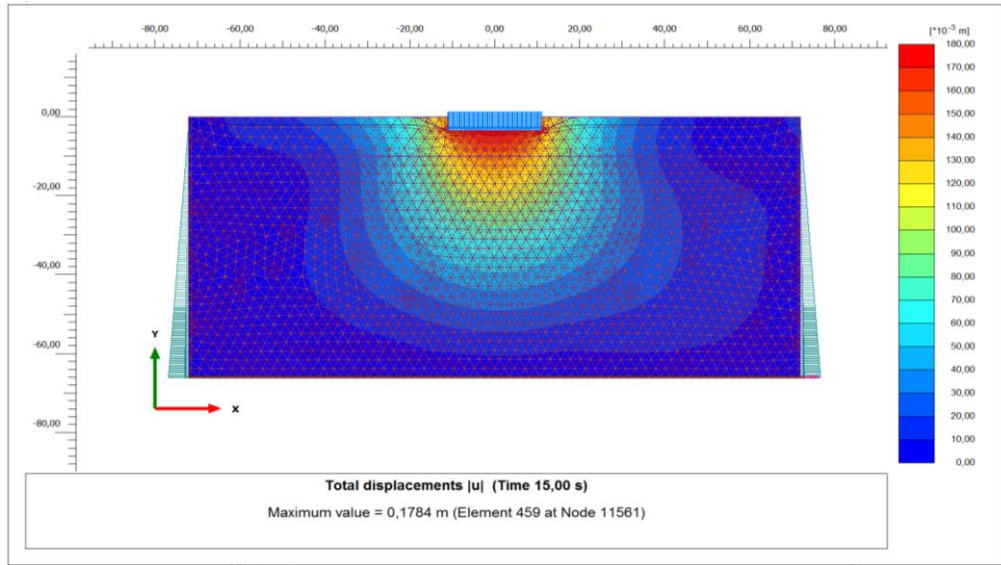
Oluşturulan zemin modelleri üzerinde -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması yapılmış olup 5.4 büyüklüğünde deprem yüküne maruz bırakılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen toplam deplasmanlar sırasıyla Şekil 7.37, Şekil 7.38, Şekil 7.39, Şekil 7.40, Şekil 7.41 ve Şekil 7.42'de gösterilmiştir.



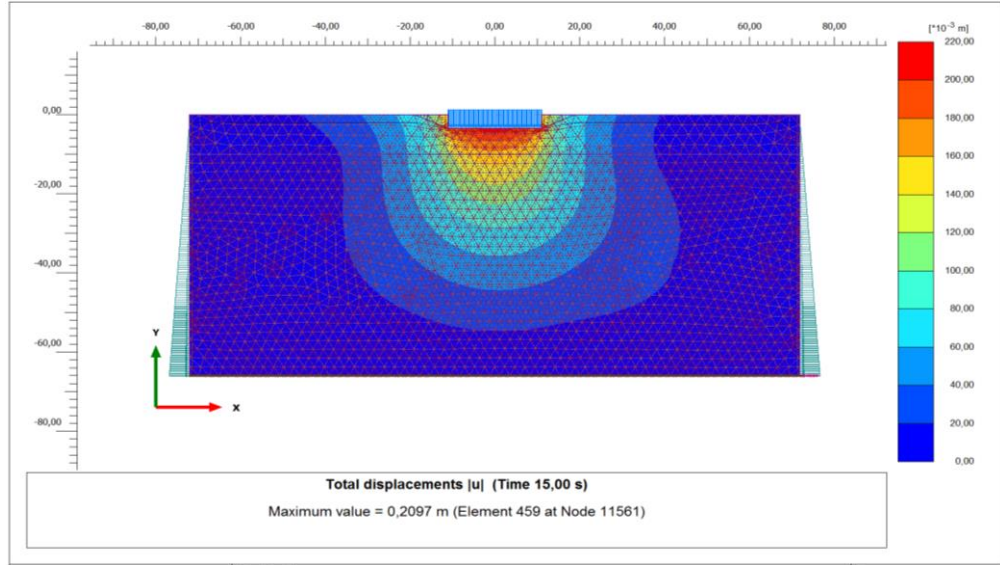
Şekil 7.37. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 1(üst SC/alt GC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.



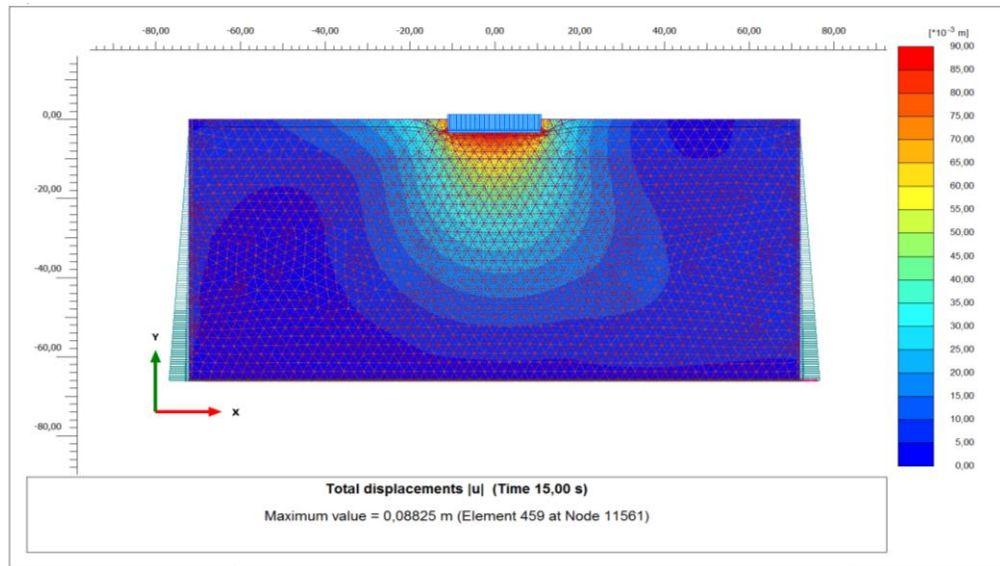
Şekil 7.38. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 2(üst SM/alt GC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.



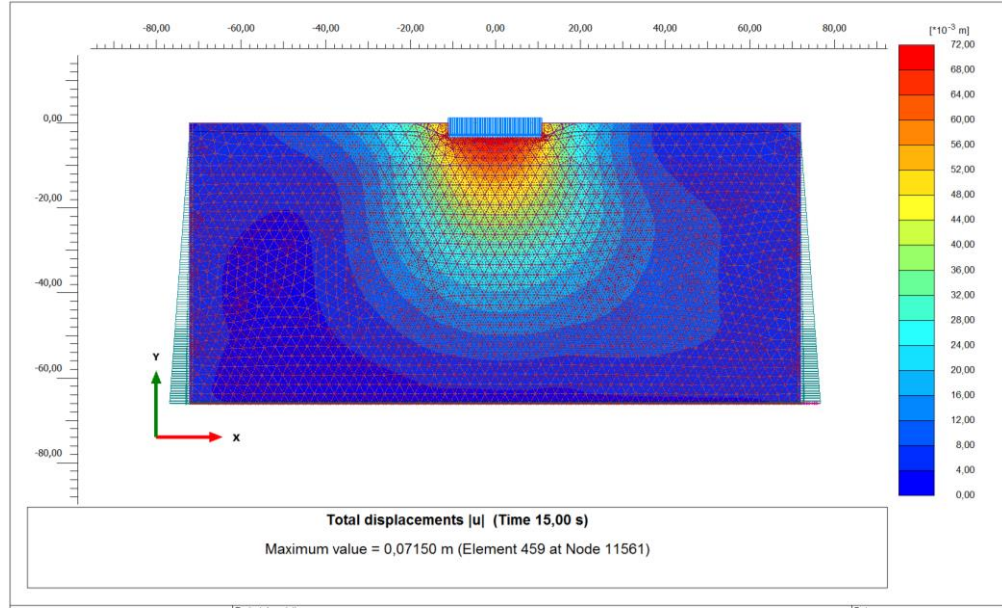
Şekil 7.39. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 3(üst ML/alt SM) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.



Şekil 7.40. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 4(üst MH/alt SM) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.



Şekil 7.41. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 5(üst CL/alt SC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.

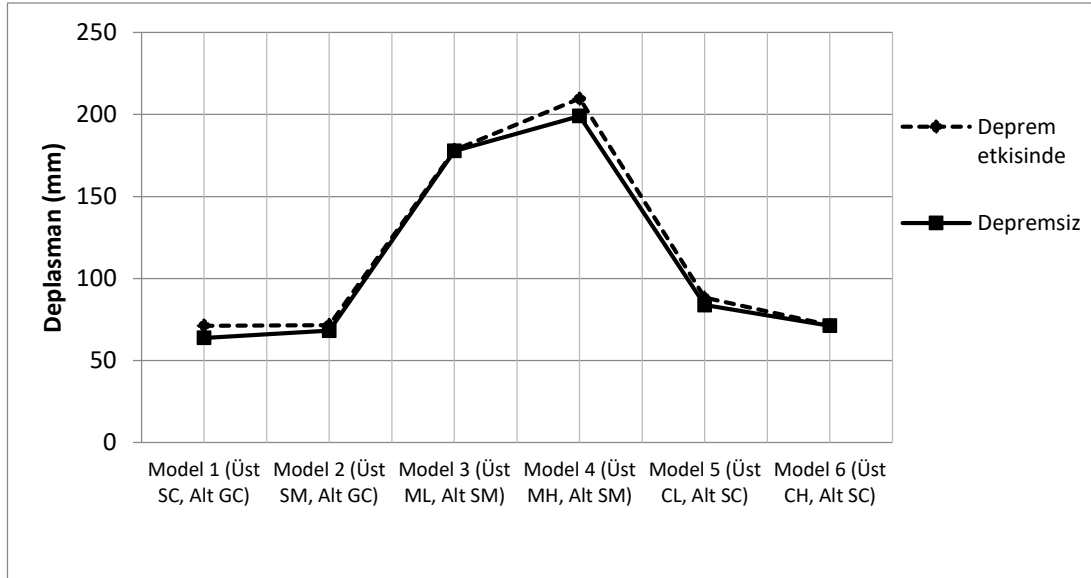


Şekil 7.42. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulanan model 6(üst CH/alt SC) zeminde 5.4 büyüklüğünde deprem etkisi ile meydana gelen toplam deplasman.

Analiz sonuçları Çizelge 7.12’de özetlenmiştir. Ayrıca radye temel uygulaması ile üzerine gelen yapı yükünden dolayı meydana gelen toplam deplasman değerleri depremsiz ve 5.4 büyüklüğünde deprem etkisine maruz kalma durumlarına göre zemin modelleri üzerinde karşılaştırılması Şekil 7.43’te verilmiştir.

Çizelge 7.12. -2.0 m yeraltı su seviyesinde radye temel uygulaması ile 5.4 büyüklüğünde deprem etkisinde yapılan analiz sonuçları.

	Sembol	Birim	Model 1 (Üst SC/Alt GC)	Model 2 (Üst SM/Alt GC)	Model 3 (Üst ML/Alt SM)	Model 4 (Üst MH/Alt SM)	Model 5 (Üst CL/Alt SC)	Model 6 (Üst CH/Alt SC)
Toplam Deplasman	U_T	mm	71.18	71.62	178.4	209.7	88.25	71.50



Şekil 7.43. Deprem etkisine maruz kalan farklı zemin modellerinde meydana gelen toplam deplasman grafiği.

Sonuç olarak, -2.0 m ve -5.0 m yeraltı su seviyelerinde, radye temel tasarlandığında en büyük deplasmanı Model 1(üst SC/alt GC) gösterirken, kazıklı radye temelde $D=0.80\text{m}$ için $L=10\text{m}$, $L=15\text{m}$, $L=20\text{m}$ ve $L=25\text{m}$ iken Model 2(üst SM/alt GC) göstermektedir. Ayrıca deprem etkisinde en büyük deplasmanı Model 4(üst MH/alt SM) göstermiştir.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, temel tasarımı uygulamalarında çok önemli olan temel seçimine etki eden faktörlerden zemin profilinin, yeraltı su seviyesinin ve depremin ne yönde ve ne kadar etki ettiği incelenmiştir. Düşey statik yük altında, radye ve kazıklı radye temel in gösterdiği davranışlar modellenerek ve söz konusu yüklere maruz kaldıklarında oluşan deplasman değerleri hesaplanmıştır. Statik yükler altında temellerin gerilme- deplasman değerlerini hesaplamak için sonlu elemanlar yazılımı olan PLAXIS 2D programı kullanılmıştır.

Modeller, -2.0m ve -5.0m yer altı su seviyesinde 66m kalınlığında iki tabakalı zemin üzerinde oluşturulmuştur. Temel altındaki üst tabaka için silt zemin, kil zemin, kum zemin, alt tabaka için, çakıl, siltli kum ve killi kumdan oluşan zemin türleri ile analiz gerçekleştirilmiştir. Üst tabakada yer alan 6 farklı problemlili zemin üzerinde sırasıyla radye ve kazıklı radye temel oluşturularak statik yük altında çözümlenmiştir. Plaxis 2D programı ile yapılan çözümler sonucunda düşey statik yük etkisinde yaptıkları deplasmanları hesaplanmıştır.

Radye temel tasarımı olarak yapılan modellerde yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri; en büyük alt tabaka siltli kum (SM) üst tabaka yüksek plastisiteli silt (MH) olan zemin profilinde, en küçük ise alt tabaka killi çakıl (GC) üst tabaka killi kum (SC) olan zemin profilinde görülmüştür. Alt tabaka killi çakıl (GC) olan zemin profillerinde; üst zemin siltli kum (SM) olduğunda meydana gelen yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri üst zemin killi kum (SC) olduğundan daha büyük çıkmıştır. Alt tabaka siltli kum (SM) olan zemin profillerinde; üst zemin yüksek plastisiteli silt (MH) olduğunda meydana gelen yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri üst zemin düşük plastisiteli (ML) olduğundan daha büyük çıkmıştır. Alt tabaka killi kum (SC) olan zemin profillerinde; üst zemin yüksek plastisiteli kil (CH) olduğunda meydana gelen yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri üst zemin düşük plastisiteli (CL) olduğundan daha küçük çıkmıştır. Deplasman değerlerinin bu şekilde farklılık göstermesinin sebebinin zemin oluşumlarının farklılığı olarak düşünülmektedir. Buna bağlı olarak, elastisite Modülü (E), poisson oranı (μ), kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi parametrelerin zeminin taşıdığı yük üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, modellenen zeminlerde radye temel uygulaması ile müsaade edilebilir miktardan fazla deplasman gözlenmiş olup, uygulanan yükün güvenli bir şekilde taşınamayacağına karar verilmiştir.

Kazıklı radye temel tasarımı olarak yapılan modellerde yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri; en büyük alt tabaka siltli kum (SM) üst tabaka yüksek plastisiteli silt (MH) olan zemin profili, en küçük ise alt tabaka killi çakıl (GC) üst tabaka siltli kum (SM) olan zemin profili vermiştir. Alt tabaka killi çakıl (GC) olan zemin profillerinde; üst zemin killi kum (SC) olduğunda meydana gelen yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri üst zemin siltli kum (SM) olduğundan daha büyük çıkmıştır. Alt tabaka siltli kum (SM) olan zemin profillerinde; üst zemin yüksek plastisiteli silt (MH) olduğunda meydana gelen yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri üst zemin düşük plastisiteli (ML) olduğundan daha büyük çıkmıştır. Alt tabaka killi kum (SC) olan zemin profillerinde; üst zemin yüksek plastisiteli kil (CH) olduğunda meydana gelen yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri üst zemin düşük plastisiteli (CL) olduğundan daha küçük çıkmıştır.

Radye temel tasarımından kazıklı radye temel tasarımına geçince $D=0.80\text{m}$ için; $L=10\text{m}$ iken yatay, düşey ve toplam deplasman değerleri %25-47 oranında, $L=15\text{m}$ iken %32-53 oranında, $L=20\text{m}$ iken %38-56 oranında ve $L=25\text{m}$ iken %43-60 oranında azalmaktadır. Kazıklı radye temel sisteminde sağlam tabakaya yerleşen kazık boyu arttıkça oluşan deplasman değerlerinin azaldığı görülmüştür. Kazıklı radye temel sistemi meydana gelen deplasmanların kontrol altında tutulmasında radye temel sistemine göre büyük avantaj sağlamaktadır. Zemin modelleri arasında en az iyileşme alt tabaka killi kum (SC) üst tabaka yüksek plastisiteli kil (CH) zemin profilinde, en fazla iyileşme ise alt tabaka killi çakıl (GC) üst tabaka siltli kum (SM) zemin profilinde meydana gelmiştir. Ayrıca, yeraltı su seviyesi yüksek zeminlerde, depresiz hesaplarda meydana gelen deplasman değerlerinin deprem etkisinde arttığı görülmüştür.

Tüm zemin modellerinde oluşturulan temel tasarımlarında, yüzeye yakın yeraltı su seviyesinde yapılan analizlerde, daha derinde yer alan yeraltı su seviyesine göre daha büyük deplasman değerleri elde edilmiştir. Yeraltı su seviyesinin zemin özellikleri üzerinde olumsuz etkileri bu tez kapsamında yapılan modeller ile görülmektedir. Yeraltı su seviyesinin düşmesi, deplasman değerlerinin azalmasını sağladığından bu olumsuz

durumun giderilmesi için yeraltı su seviyesi yüksek zeminlerde kalıcı drenaj sistemlerinin uygulanması önerilmektedir.

Bu çalışma, mevcut yükler altında tasarlanacak temel sisteminin ayrıntılı bir şekilde yapılması gerektiğini göstermiştir. Özellikle yeraltı su seviyesi yüksek problemlili zeminlerde, güvenli tarafta kalarak temel sisteminin seçilmesi çok önemlidir. Bununla birlikte hem güvenli hem de ekonomik tarafta kalarak temel sisteminin seçilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Arama Z., & Çinicioğlu F. (2016). Dolgu-Zemin Etkileşiminde Malzeme Modeli Etkisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Adana, (2016).
- Alkaya D., (2016). Geoteknik Mühendisliğinde Bilişim Teknolojileri, Yazılımların Kullanımı. *XVIII. Akademik Bilişim Konferansı* -- 30 Ocak - 5 Şubat. 1-10.
- Birand, A. A. (2006). *Sığ(Yüzeysel) Temeller*. Teknik Yayınevi, Ankara, 304.
- Berilgen, M. (2014). *Temel tasarımı ve Geoteknik Parametreler*. Yıldız Teknik Üniversitesi, http://www.imogaziantep.org.tr/resimler/dosya_ekler/e132a8fa87a6941_ek.pdf, (03.03.2019).
- Christian, J.T. Carrier, W.D., (1978), Janbu, Bjerrum and Kjaemli's Chart, Reinterpreted. *Canadian Geotechnical Journal*, 15, 124-128.
- Bowles J.E. (1996). *Foundation Analysis and Design*. Mc Grow Hill, N.Y.
- Çağlar, N., Garip, Z. Ş., & Yaman, Z. D.(2005). Deprem Etkisindeki Betonarme Yapılarda Yapı-Zemin Etkileşimi. *Deprem Sempozyumu*. 23-25 Mart, Kocaeli, 1089-1096.
- Çimen Ö., Türkmen M. & Turhan A. (2015). Az Katlı Bir Yapıdaki Farklı Oturma Problemine Ait Vaka Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1, 1-10.
- Çinicioğlu F.S. (2005). Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı. İMO İstanbul Seminer, 19 Şubat, İstanbul, 1-25.
- Das B. M. (1984). Principles of Foundation Engineering. *Brooks/Cole Engineering Divison*, California, 595.
- Dadaşbilge, O. (2016). Derin (Kazıklı) Temellerin Tasarımı. Geoteknik Kursu. *İMO İstanbul Şubesi*, 26 Kasım, İstanbul. <http://imoistanbul.org/imoarsiv/geoteknik-kurs-notlari-2016/2.hafta/ozandadasbilge-DerinTemeller.pdf>(Erişim tarihi:17.08.2018)
- Dikmen M. (2013). *Kil Zemine Oturan Temellerin Oturma ve Taşıma Gücü Davranışına Geotekstil Takviyesinin Etkisinin Deneysel ve PLAXIS 3 Programıyla İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Düzgün, M. (2001). Elastik Zemine Oturan Sürekli Temellerin Kuvvet Yöntemi İle Analizi ve Sayısal Hesabı İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(3), 33-50.
- Eke R. (2004). *Temel tasarımında etkin parametrelerin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Ekinci C.E. & Orakoğlu M.E. (2012). Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, (1), 1-6.
- Elmas M., & Kutanis M. (1997). Yer Hareketi Etkisindeki Zemin Yapı Sistemlerinin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlarla Modellenerek İncelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 41-47.
- Engin H. K., Septanika E. G. & Brinkgreve R. B. J. (2007). Improved Embedded Beam Elements For The Modelling Of Piles. *Proceedings of the 10th International Symposium on Numerical Models in Geomechanics*, 475 – 480.
- Günay F. (2013). *Kompozit Bir Temelin Davranışının Farklı Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gündüz, Z., & Arman, H. (2005). Zemin Davranışına Uygun Yapı Tasarımı İlkeleri ve Uygulanabilirliği. *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart, Kocaeli, 1237-1243.
- Gülşen F. (2013). *Doygun ve Doygun Olmayan Zemin Mekaniği Kavramları İle Sığ Temellerin Taşıma Gücü*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kayabaşı A. & Gökçeoğlu C. (2012). Taşıma Kapasitesi ve Oturma Miktarının Hesaplanmasında Yaygın Kullanılan Yöntemlerin Mersin Arıtma Tesisi Temeli Örneğinde Uygulanması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 36(1), 1-22.
- Korkmaz H., (2006). Antakya’da Zemin Özellikleri ve Deprem Etkisi Arasındaki İlişki. Mustafa Kemal Üniversitesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(2), 49-66.
- Nalçakan M. S. (2004). Problemler Zeminlerde Geoteknik Çözümler. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 230(2014/2), 29-31.
- Okumuşoğlu B. (2006). *Yüzeysel Temeller Altında Gerilme Dağılımı ve Elasto Plastik Oturmalar*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Osmanoğlu D. (2007). *Tünellerde Zemin İyileştirilmesi ve Stabilitenin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle PLAXIS Programında Analiz Edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önalp A., & Sert S., (2006). *Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 375.
- Rahmani, G. Y. (2016). *Yeraltı Su Seviyesi Yüksek Zeminlerde İksa Sitemlerinin Analizi*.Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Salihi G., Yılmaz Y. & Tonyalı İ. (2015). Teorik ve Ampirik Yaklaşımlarla Elde Edilen Kazık Oturma Değerlerinin Arazi Yükleme Deneyi Sonuçları İle Kıyaslanması. *6. Geoteknik Sempozyumu*, 26-27 Kasım, Adana, 344-355.
- PLAXIS. (2002). PLAXIS Version 8 Reference Manual.
https://www.civil.iitb.ac.in/~ajuneja/Plaxis%20program/Version%208%20Introductory/Manuals/English/V84-3_Reference.pdf. (15.06.2018).
- Tomlinson, M.&Woodward J. (2008). *Pile Design and Construction Practice*. Taylor &Francis, New York, 551.
- Turan E. (2006). *Statik ve Dinamik Düşey Yükler Altındaki Kazıklı Temellerin Davranışı*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Tuncan A. (2016). Yüzeysel Temeller Ders Notları.
<http://insaat.eskisehir.edu.tr/atuncan/%C4%B0N%C5%9E342/icerik/Y%C3%9CZEYSEL%20TEMELLER-yeni.pdf>. (01.03.2019).
- Tuncan A. (2017). Kazık Temeller Ders Notları.
<http://insaat.eskisehir.edu.tr/mionur/%C4%B0N%C5%9E342/icerik/Kaz%C4%B1k%20Temeller-%C3%96%C4%9Frenci.pdf>.
- Yüksel Proje. (2007). *T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Hava meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Geoteknik Tasarım Esasları*.
http://www.yildiz.edu.tr/~wwwhid/TR/files/dnzprj/DLH_Geoteknik_Tasarim_Esaslar.pdf.(Erişim tarihi: 15.07.2018).
 02.03.2019).

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Uygunoğlu T., Yücel K. T. & Yurtçu Ő. (2006). Betonun Zararlı Ortamlardaki Durumu: Yeraltı Suyu Etkisi. *Yapı Teknolojisi Elektronik Dergisi*, 2006(1), 29-35.
- Yalçın A. (2010). *Kazıklı Radyejeneral Temellerin Düşey ve Yatay Yükler Altında Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım S., (2002). *Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 486.
- Yıldız S.C. (2006). *Sıvılaşan Zeminlerde Kazıklı Temellerin Davranışı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım H. & Tonyalı İ. (2011). Zemin İnceleme Yöntemlerini Kullanan Taşıma Gücü Analiz Metodlarının İncelenmesi. *4.Geoteknik Sempozyumu*, 1-2 Aralık, Adana, 1-12.
- Yüksel Proje. (2007). *T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Hava meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Geoteknik Tasarım Esasları*. http://www.yildiz.edu.tr/~wwwhid/TR/files/dnzprj/DLH_Geoteknik_Tasarim_Esaslar.pdf (Erişim tarihi: 15.07.2018).

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Abdulselam GERGİN

Doğum yeri ve Tarihi : Batman / 13.05.1987



Eğitim Durumu

Lise Öğrenimi :Eskişehir Atatürk Lisesi

Ön lisans Eğitimi :Akdeniz Üniversitesi İnşaat Teknolojisi

Lisans Öğrenimi :Dumlupınar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü

Bildiği Yabancı Diller:İngilizce

İş Deneyimi

Stajlar :Kütahya AK-SEV Yapı Denetim Ltd.Şti.
D.S.İ 34.Şube Müdürlüğü

Çalıştığı Kurumlar :Mavipro Mim.Müh.İnş.San.Tic.Ltd.Şti.
Eskişehir Işık Yapı Denetim Ltd.Şti.
Tarım Reformu Yozgat Bölge Müdürlüğü
Kütahya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü

İletişim

Adres :Osmangazi Mah. Doç. Dr. Faruk ŞAHİN Sok. E Blok No:2
Kütahya

E-Posta Adresi :as.gergin@hotmail.com

Akademik Çalışmaları

Gergin A., Görgün B. & Ural N. (2017). Yeraltı Su Seviyesi Yüksek Zeminlerde Temel Tasarımına Deprem Etkisi. *4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir.

10.04.2019