

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPI TEMELİNİN
FARKLI YAZILIMLARLA
KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yunus ÇÖMLEKÇİOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Sedat SERT

Haziran 2018

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Yunus ÇÖMLEKÇİOĞLU

03.09.2018

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca değerli bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, çalışmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Sedat SERT'e ve manevi desteğini her zaman hissettiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
BÖLÜM 2.	
YAYILI TEMELLER	2
2.1. Yayılı Temel.....	2
2.1.1. Yayılı temel uygulama koşulları.....	2
2.2. Yayılı Temel Analiz Yöntemleri	4
2.2.1. Temel plağını rijit kabul eden yöntemler.....	4
2.2.2. Temel plağını rijit kabul etmeyen yöntemler.....	5
2.2.2.1. Winkler modeli ve yatak katsayısı.....	5
2.2.2.2. Filonenko-Borodich modeli.....	8
2.2.2.3. Hetenyi modeli.....	9
2.2.2.4. Pasternak modeli.....	10
2.2.2.5. Vlasov modeli.....	10
2.3. Yatak Katsayısı.....	12
2.3.1. Yatak katsayısının elde edilmesi.....	12
2.3.2. Yatak katsayısı yaklaşımları.....	17
2.3.2.1. Eşdeğer Winkler yöntemi.....	17

2.3.2.2. Yarı bağlantılı yöntem.....	18
2.3.2.3. Bağlantılı yöntem.....	19
2.2.2. Yatak katsayısının yazılımlarda kullanımı.....	19
2.2.2.1. STA4CAD.....	19
2.2.2.2. SpMats.....	21
BÖLÜM 3.	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	22
BÖLÜM 4.	
SİSTEM HAKKINDA GENEL BİLGİLER	28
4.1. Yapı Genel Bilgileri.....	28
4.2. Analiz Parametreleri.....	32
BÖLÜM 5.	
YAZILIMLAR.....	33
5.1. STA4CAD.....	33
5.1.1. STA4CAD temel çözüm yöntemi.....	36
5.1.2. STA4CAD programında parametrelerin değiştirilmesi.....	39
5.2. SpMats Programı.....	43
BÖLÜM 6.	
ANALİZ SONUÇLARI.....	49
6.1. STA4CAD Analiz Sonuçları.....	49
6.1.1. Deplasmanlar.....	50
6.1.2. Taban basınçları.....	53
6.1.3. Eğilme momentleri.....	61
6.1.4. Nokta bazında eğilme momenti ve donatı alanları.....	65
6.2. SpMats Analiz Sonuçları.....	72
6.2.1. Deplasmanlar.....	72
6.2.2. Taban basınçları.....	75
6.2.3. Eğilme momentleri.....	78

6.2.4. Donatı alanları.....	81
6.3. Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları.....	84
BÖLÜM 7.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Radye temel tipleri (a) basit plaklı (b) kirişli radye (c) bodrum katlı radye temel (d) ters kirişli radye temel (e) kolon altları kalınlaştırılmış radye.....	3
Şekil 2.2. Rijit temel yaklaşımında olası taban basıncı dağılımları.....	5
Şekil 2.3. Winkler zemin-temel etkileşim modeli (a) Kabul edilen σ - ε doğrusu (b) Yaylı yatak.....	6
Şekil 2.4. Yay katsayılarının değişimi (a) Tek yay (b) Temelde çanaklanma (c) Değişken k_s	7
Şekil 2.5. Filonenko-Borodich zemin modeli.....	9
Şekil 2.6. Hetenyi modeli.....	9
Şekil 2.7. Pasternak modeli.....	10
Şekil 2.8. Vlasov zemin modeli.....	11
Şekil 2.9. Vlasov zemin modeli-2.....	11
Şekil 2.10. Kısmi kohezyonlu zeminlerde k katsayısının bulunması için yapılan iki yükleme deneyi.....	14
Şekil 2.11. Winkler Hipotezi.....	17
Şekil 2.12. İki bölgeli zemin (Pseudo Couple Method).....	18
Şekil 2.13. Yarı bağlantılı yay yönteminde k_s oranlarının seçimi.....	18
Şekil 2.14. İki parametrelili zemin (Pasternak)	19
Şekil 2.15. STA4CAD yapı genel bilgileri ekranı.....	20
Şekil 2.16. STA4CAD radye plak genel bilgisi ekranı.....	20
Şekil 2.17. SpMats yatak katsayısı düzenleme ekranı.....	21
Şekil 3.1. 3D elemanlı modellerde 50 cm'lik temelde oluşan deplasmanlar.....	25
Şekil 4.1. Yapı 3 boyutlu görünüm.....	28
Şekil 4.2. Kalıp planı.....	29
Şekil 4.3. A-A kesiti.....	30
Şekil 5.1. STA4CAD temel analiz modülleri.....	38

Şekil 5.2. STA4CAD giriş ekranı.....	40
Şekil 5.3. Yapı genel bilgileri ekranı.....	41
Şekil 5.4. Radye plak bilgisi ekranı.....	41
Şekil 5.5. Proje opsiyonları.....	42
Şekil 5.6. Radye plak genel bilgisi.....	42
Şekil 5.7. STA4CAD yapı-zemin etkileşimi opsiyonları, (a)Yapı-temel ayrı analiz (b)Yapı-temel birlikte analiz (temel dönmeli) (c) Yapı-temel tam etkileşim	43
Şekil 5.8. spMats giriş ekranı.....	44
Şekil 5.9. spMats aks bilgileri düzenleme ekranı.....	45
Şekil 5.10. spMats temel kalınlığı düzenleme ekranı.....	45
Şekil 5.11. spMats yatak katsayısı düzenleme ekranı.....	46
Şekil 5.12. spMats beton kalitesi düzenleme ekranı.....	46
Şekil 5.13. spMats donatı kalitesi düzenleme ekranı.....	46
Şekil 5.14. spMats temel paspayı düzenleme ekranı.....	47
Şekil 5.15. spMats kolon boyutu düzenleme ekranı.....	47
Şekil 5.16. spMats kolon yükleri düzenleme ekranı.....	48
Şekil 6.1. Nokta numaralarının plan üzerinde gösterilmesi.....	49
Şekil 6.2. Değişen temel kalınlığı durumlarında oluşan deplasman diyagramları.....	50
Şekil 6.3. Temel kalınlığının 50cm olması durumunda yatak katsayısı değişimi ile temelde meydana gelen deformasyonlar.....	51
Şekil 6.4. Radye plak genel bilgisi ekranı.....	52
Şekil 6.5. Değişen Winkler yayları düzenleme opsiyonları durumlarında oluşan deplasman diyagramları.....	52
Şekil 6.6. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan gerilme diyagramları (yatak katsayısı $k_0=1500 \text{ t/m}^3$).....	54
Şeki 6.7. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan gerilme diyagramları (yatak katsayısı $k_0=2000 \text{ t/m}^3$).....	55
Şekil 6.8. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan gerilme diyagramları (yatak katsayısı $k_0=2500 \text{ t/m}^3$).....	57

Şekil 6.9. (a) Değişen temel kalınlığı durumlarında oluşan gerilme diyagramları (b) Değişen yatak katsayısı durumlarında oluşan gerilme diyagramları.....	58
Şekil 6.10. (a) Yatak katsayısının 1500 t/m ³ olduğu durumda değişen analiz opsiyonlarında oluşan gerilme diyagramları (b) Yatak katsayısının 2000 t/m ³ olduğu durumda değişen analiz opsiyonlarında oluşan gerilme diyagramları (c) Yatak katsayısının 2500 t/m ³ olduğu durumda değişen analiz opsiyonlarında oluşan gerilme diyagramları.....	59
Şekil 6.11. Değişen temel kalınlığı ve sabit yatak katsayısı durumlarında A aksı moment diyagramları.....	61
Şekil 6.12. Değişen temel kalınlığı ve sabit yatak katsayısı durumlarında A aksı moment diyagramları.....	62
Şekil 6.13. Değişen temel kalınlığı ve sabit yatak katsayısı durumlarında 1 aksı moment diyagramları.....	63
Şekil 6.14. Değişen temel kalınlığı ve sabit yatak katsayısı durumlarında 1 aksı moment diyagramları.....	64
Şekil 6.15. (a) 25 nolu nokta M_x momenti değişimi (b) 25 nolu nokta A_{sx} donatı alanı değişimi (c) 25 nolu nokta M_x momenti değişimi (d) 25 nolu nokta A_{sx} momenti değişimi.....	67
Şekil 6.16. (a) 287 nolu nokta M_x momenti değişimi (b) 287 nolu nokta A_{sx} donatı alanı değişimi (c) 287 nolu nokta M_x momenti değişimi (d) 287 nolu nokta A_{sx} momenti değişimi.....	69
Şekil 6.17. (a) 800 nolu nokta M_x momenti değişimi (b) 800 nolu nokta A_{sx} donatı alanı değişimi (c) 800 nolu nokta M_x momenti değişimi (d) 800 nolu nokta A_{sx} momenti değişimi.....	71
Şekil 6.18. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan deplasman diyagramları (cm) (yatak katsayısı $k_o=1500$ t/m ³).....	72
Şekil 6.19. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan deplasman diyagramları (cm) (yatak katsayısı $k_o=2000$ t/m ³).....	73

Şekil 6.20. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan deplasman diyagramları (cm) (yatak katsayısı $k_o=2500 \text{ t/m}^3$).....	74
Şekil 6.21. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan taban basıncı diyagramları(cm) (yatak katsayısı $k_o=1500 \text{ t/m}^3$).....	75
Şekil 6.22. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan taban basıncı diyagramları(cm) (yatak katsayısı $k_o=2000 \text{ t/m}^3$).....	76
Şekil 6.23. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan taban basıncı diyagramları(cm) (yatak katsayısı $k_o=2500 \text{ t/m}^3$).....	77
Şekil 6.24. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan M_x momenti diyagramları (kNm) (yatak katsayısı $k_o=1500 \text{ t/m}^3$).....	78
Şekil 6.25. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan M_x momenti diyagramları (kNm) (yatak katsayısı $k_o=2000 \text{ t/m}^3$).....	79
Şekil 6.26. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan M_x momenti diyagramları (kNm) (yatak katsayısı $k_o=2500 \text{ t/m}^3$).....	80
Şekil 6.27. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramları (mm^2) (yatak katsayısı $k_o=1500 \text{ t/m}^3$).....	81
Şekil 6.28. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramları (mm^2) (yatak katsayısı $k_o=2000 \text{ t/m}^3$).....	82
Şekil 6.29. (a) Temel kalınlığı 40 cm (b) Temel kalınlığı 50 cm (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramları (mm^2) (yatak katsayısı $k_o=2500 \text{ t/m}^3$).....	83
Şekil 6.30. Farklı temel kalınlığı ve yatak katsayısı durumlarında her iki yazılımda oluşan M_x momenti sonuçlarının karşılaştırılması.....	84

Şekil 6.31. Farklı temel kalınlığı ve yatak katsayısı durumlarında her iki yazılımda oluşan taban basıncı sonuçlarının karşılaştırılması..... 85

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Değişik Zeminler için Yatak Katsayısı Aralıkları (Das, 1995).....	12
Tablo 2.2. Yatak Katsayısı Değerleri.....	13
Tablo 4.1. Yapı Genel Bilgileri.....	31
Tablo 4.2. Malzeme Özellikleri.....	31
Tablo 4.3. Zemin Özellikleri.....	31
Tablo 6.1. Değişen Temel Kalınlığı ve Yatak Katsayısı Değerlerinde Oluşan Maksimum Gerilmeler.....	58

ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPI TEMELİNİN FARKLI YAZILIMLARLA KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

ÖZET

Anahtar kelimeler: Yayılı temel, Zemin-temel-yapı etkileşimi, Yatak katsayısı, STA4CAD

Yapı temellerinin analizi geçmişte rijit temel kabulüyle yapılırken günümüzde bu çözümlerden farklı olarak hizmet görebilirlik (SLS) yaklaşımını dikkate alan SAP2000, STA4CAD, Idecad, Etabs, Probina vb. gibi yazılımlarla yapılmakta ve bu analizlerde zemin Winkler Hipotezine dayanan yatak katsayısı / yay katsayısı ile modellenmektedir. Yatak katsayısı, asıl olarak plaka taşıma deneyinden elde edilmekle birlikte güncel durumda hemen hemen her projede formül veya tablolardan elde edilen değerler kullanılmaktadır. Buradan hareketle, kendi içinde sorunları bulunan yatak katsayısının değerinin yayılı temellerin betonarme hesabı üzerindeki etkisinin ne olduğu konusunun araştırma değeri taşıdığı düşünülmektedir. Bunun yanında üst yapı yazılımlarında yapı ve temel ayrı ayrı analiz edilebildiği gibi yarı ve tam etkileşimli olarak da çözüm yapılabildiğinden bu durumun da etkisinin araştırılması uygun olacaktır. Bu tez çalışmasında yatak katsayısının yayılı temel tasarımına etkisi uygulamada çok kullanılan bir yazılım olan STA4CAD ve SpMats programları ile incelenmektedir.

COMPARATIVE ANALYSIS OF A MULTI-STORY REINFORCED CONCRETE BUILDING FOUNDATION WITH DIFFERENT SOFTWARES

SUMMARY

Keywords: Mat foundation, Soil-foundation-structure interaction, Subgrade reaction coefficient, STA4CAD, spMats

Today, the analysis of building foundations is different from the solutions made with rigid method in the past and some softwares, which take into account the serviceability limit state (SLS) approach, such as SAP2000, STA4CAD, Idecad, Etabs, Probina etc. are used. In these softwares, the soil is modeled by the subgrade reaction coefficient / spring coefficient based on the Winkler Hypothesis. Although the subgrade reaction coefficient is obtained mainly from the plate loading test, in the current case, values obtained from formulas or tables are used in almost every project. From this point of view, it is considered that the subgrade reaction coefficient, which has problems in itself, carries a research value of what is the effect of the value on the structural analysis. In addition, structure and foundation can be analyzed separately in superstructure software as well as in semi-full interaction, so it will be appropriate to investigate the effect. In this study, STA4CAD and spMats, which are widely used softwares for structural analysis, are used to examine the effect of the subgrade reaction coefficient.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Yapı temellerinin analizi geçmişte rijit temel kabulüyle yapılırken çözümlerden farklı olarak hizmet görebilirlik (SLS) yaklaşımını dikkate alan SAP2000, STA4CAD, Idecad, Etabs, Probrina vb. gibi yazılımlarla yapılmakta ve bu analizlerde zemin Winkler Hipotezine dayanan yatak katsayısı / yay katsayısı ile modellenmektedir. Yatak katsayısı, asıl olarak plaka taşıma deneyinden elde edilmekle birlikte güncel durumda hemen hemen her durumda formüller veya tablolardan elde edilen değerler kullanılmaktadır. Buradan hareketle, kendi içinde sorunları bulunan yatak katsayısının değerinin temel betonarme hesabı üzerindeki etkisinin ne olduğu konusunun araştırma değeri taşıdığı düşünülmektedir. Bunun yanında üst yapı yazılımlarında yapı ve temel ayrı ayrı analiz edilebildiği gibi yarı ve tam etkileşimli olarak da çözüm yapılabildiğinden bu durumun da etkisinin araştırılması uygun olacaktır. Bu çalışmada yatak katsayısının yayılı temel tasarımına etkisi incelenmiştir. Piyasada çok kullanılan bir program olan STA4CAD ile Amerikan bir yazılım olan spMats programları kullanılmıştır.

BÖLÜM 2. YAYILI TEMELLER

2.1. Yayılı Temel

Yüzeysel temel tasarımında yapı ağırlığının büyük veya zemin özelliklerinin taşıma gücü ve oturmalar açısından problemlili olduğu durumlarda sistem tekil temel ya da sürekli temel ile çözülemediğinde yayılı temel tercih edilebilir. Günümüzde özellikle deprem bölgelerinde çok yaygınlaşan yayılı temelin tercih edilmesinin nedenleri aşağıda sıralanmıştır. (Önalp ve Sert, 2016)

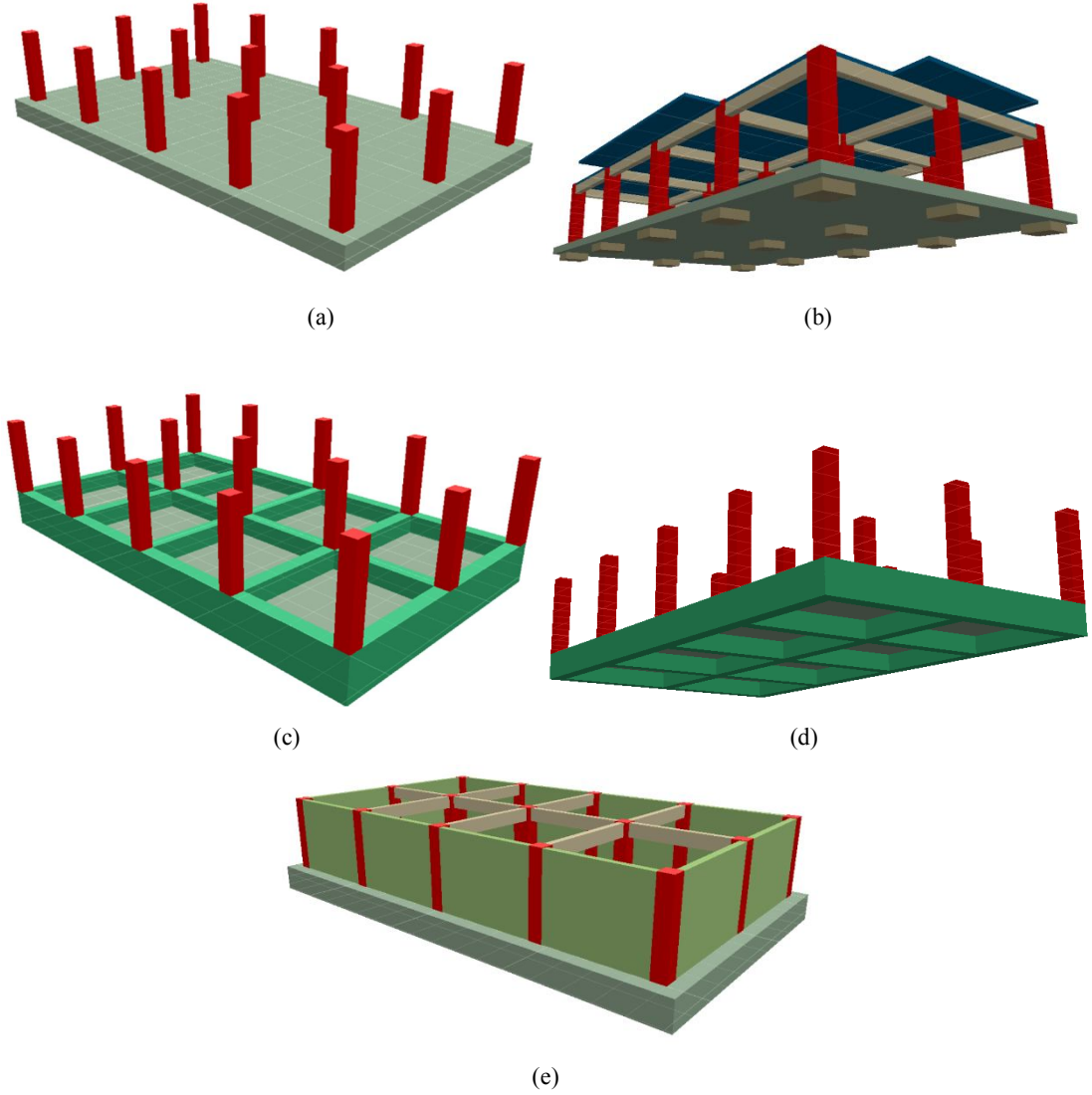
- Oturmalar kontrol altına alınmakta ve günümüzde çok ta güvenilir olmayan zemin etütlerinin etkisi minimuma indirilmektedir.
- Temelin oturacağı kısmın tümünden kazı işinin yapılması günümüz ekipmanları ile kolayca sağlanabilmektedir.
- Yapının deprem davranışını iyileştirmektedir.
- Su yalıtımı kolay bir biçimde yapılabilmektedir.
- Beton teminini kolayca yapılabilmektedir.
- İşçiliğin kolaylaştığı durumda toplam maliyeti fazla artmamaktadır.

2.1.1. Yayılı temel uygulama koşulları

Yayılı temel kullanıldığında gerekli donatı ve beton miktarı diğer temel sistemlerine göre daha fazla olacaktır. Dolayısıyla kullanımı için bazı gereklilikler bulunmaktadır (Önalp ve Sert, 2016). Bunlar;

- Zeminin zayıf olması durumunda, çözümün tekil temel ya da sürekli temel ile yapılamaması,
- Yapıda gerçekleşecek olan farklı oturmaları sınırlandırmak,
- Yapı önemine ve kullanım amacına göre artan yükler,
- Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olması,
- Su yalıtımının yapılması zorunluluğu,

olarak özetlenebilir.



Şekil 2.1. Radye temel tipleri (a) basit plaklı (b) kolon altları kalınlaştırılmış (c) kirişli (d) ters kirişli temel (e) bodrum katlı radye temel.

Yapım kolaylığı açısından düşünüldüğünde günümüzde en çok tercih edilen tip en basit tür olan düz kirişsiz radye temeldir. Bu tür temelerde en çok karşılaşılan durum kolon altlarında zımbalama şartının sağlanamamasıdır. Bu durum temel kalınlığı artırılarak kolayca çözülebilir. İzin verilen gerilmenin aşıldığı durumlarda ise ampatman yapılarak gerilmeler kabul edilebilir sınırlar içerisinde çekilebilir (Şekil 2.1a.).

Yükler çok fazla olursa radye temel kalınlığı kabul edilemez düzeye çıkabilir. O zaman kolon altları kalınlaştırılmış radye çözümüne gidilebilir. Yükseklik sadece kolon altlarında artırılmış olacak, böylece zımbalama şartı sağlanacak, aynı zaman

da gerilmelerde düşecektir (Şekil 2.1b.). Daha ekonomik bir çözüm olarak kirişli yayılı temeller kullanılabilir (Şekil 2.1.c ve Şekil 2.1.d)

Yapının bodrum katlı olması beraberinde birçok avantajı getirmektedir (Şekil 2.1e.). Zemin kotundan 3 m aşağıya inildiği düşünülürse her zaman olmasa da çoğu durumda zeminin mekanik ve malzeme özelliklerinde iyileşme olacaktır. Artan temel gömme derinliği de düşünülürse taşıma gücünde önemli artışlar sağlanacaktır. Üst yapı düşünüldüğünde ise zemine batırılmış çubuk durumu oluşacak durumu özetleyebilecektir. Böyle bir durumda, gömme derinliği etkisiyle devrilme riski ortadan kaldırılmış olmaktadır. Ayrıca, oturma problemi de büyük olasılıkla çözülmüş olacaktır.

2.2. Yayılı Temel Analiz Yöntemleri

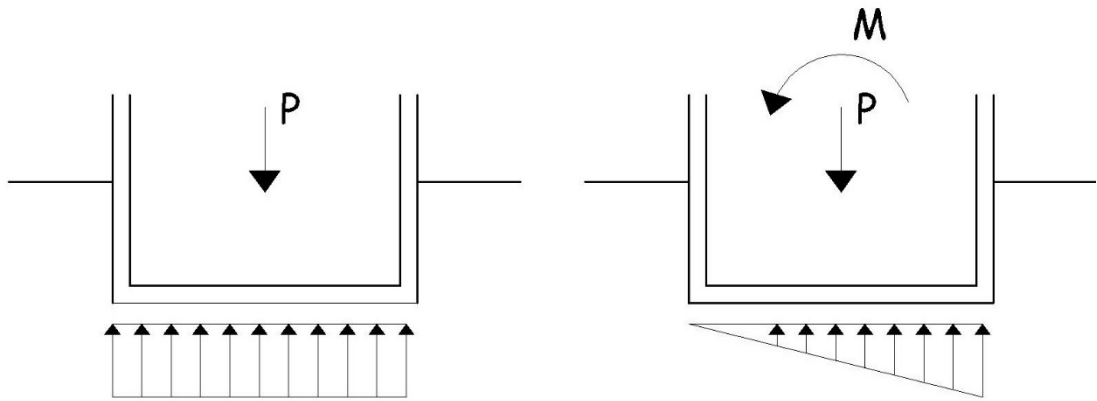
2.2.1. Temel plağını rijit kabul eden yöntemler

Bu yöntem, temel zemine oranla sonsuz rijitlikte kabul edilerek plakta gerçekleşecek olan deplasmanların taban basınçlarını değiştirmeyeceği kabulüne dayanır. Bu yöntemde temelin herhangi bir noktasındaki taban basıncı;

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x} \quad (2.1)$$

ile bulunur. Kazı ağırlığı da bu gerilmeden düşülerek oluşan net taban basıncı bulunur. Oluşan maksimum taban basıncı izin verilebilir taşıma gücü değerinden küçük ise analiz tamamlanmış olur.

Şekil 2.2.'de rijit temel yaklaşımında gerçekleşmesi beklenen taban basıncı dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Rijit temel yaklaşımında olası taban basıncı dağılımları.

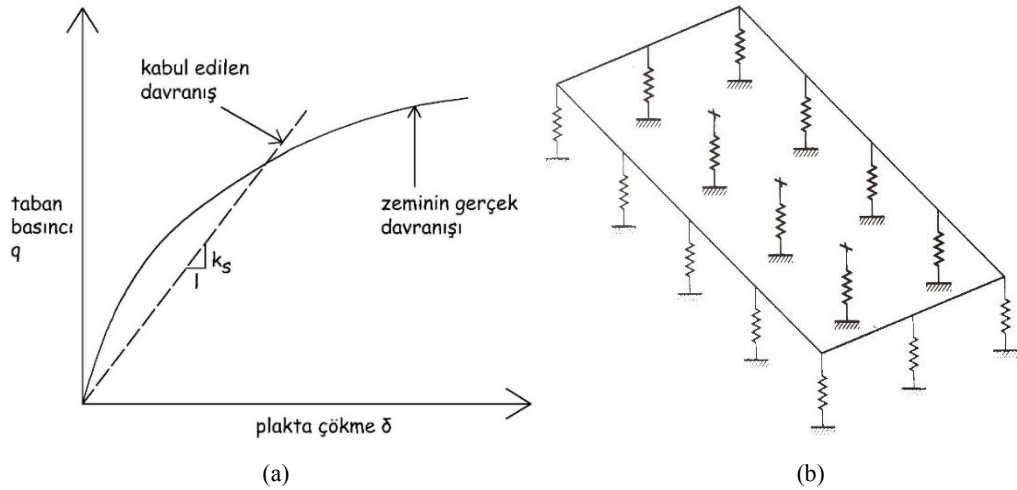
2.2.2. Yayılı temeli rijit kabul etmeyen yöntemler

Artan yayılı temel kullanımı beraberinde çözüm yöntemlerinde de artış olmuştur. Ancak zeminin homojen bir yapıda olmayışı modellemede zorluklar yaratmakta ve tam olarak doğru bir çözüm elde edilememektedir. Ayrıca yapı yapıldıktan sonra ya da zaman içerisinde zemin özelliklerinde değişimler gerçekleşmektedir. Bunları önceden statik hesaba dahil etmek çok zordur. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında literatürde birçok zemin modeli değişik araştırmacılar tarafından ortaya atılmıştır.

Yayılı temeli rijit kabul etmeyen yöntemlerde zemin modellerini bir ve iki parametrelili zemin modelleri olarak iki başlıkta sınıflandırabiliriz.

2.2.2.1. Winkler modeli ve yatak katsayısı

Winkler modeli, zemin ortamının tek boyutta sıkışabilen elastik yaylarla temsil edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu analiz yönteminde, temel altındaki taban basıncının yaylarda oluşturduğu düşey deplasmana oranı yatak katsayısı olarak tariflenmiştir (Şekil 2.3.a). Şekil 2.3.b.'de görüldüğü gibi temelin birbirinden bağımsız yaylardan oluştuğu kabul edilmektedir.



Şekil 2.3. Winkler zemin-temel etkileşim modeli (a) Kabul edilen σ - ϵ doğrusu (b) Yaylı yatak

Hesap kolaylığı nedeniyle günümüzde kullanılan zemin yatak katsayısı ve zemin emniyet gerilmesi kavramları birçok hata içermektedir. Zemin emniyet gerilmesi denildiğinde akıllarda sanki zeminin bir tek emniyet gerilmesi değeri olduğu gibi bir düşünce oluşmaktadır. Ancak bahsedilen bu değer temel parametrelerine göre değişmektedir. Aynı zemin üzerinde farklı tiplerde temeller düşünüldüğünde her biri için farklı taşıma gücü ortaya çıkacaktır.

Günümüzde yapılan hesaplamalarda yapı niteliği göz ardı edilebilmekte ve zemin emniyet gerilmesi basit hesaplarla temel bilgileri olmadan yapılabilmektedir. Ancak proje yapan inşaat mühendislerinin bile bu durumun farkında olmadığı görülmektedir. Buradan çıkan sonuç proje müelliflerinin geoteknik alanında uzmanlaşması veya bir geoteknik mühendisi ile sürekli iletişim halinde olması gerektiğidir. Günümüzde kullanılan STA4CAD, Idecad, Probina vs. gibi analiz programlarının hepsi Winkler modeline ve sonradan geliştirilmiş farklı yay modellerine göre hesap yapmaktadır. Diyagonal bir matris içinde tanımlanan yay sabitleri sonlu eleman programında kolayca kullanılabilir.

Yatak katsayısı yaklaşımı, sürekli bir ortam olan zemin için kurulmuş matematik bir modeldir. Yaklaşım temel altındaki zeminin elastik yaylarla temsil edilmesi ile oluşturulmuştur. Zeminin tek boyutta sıkışabilen yaylarla temsil edilerek Şekil 2.3.a'da gösterilen taban basıncı ile yay sıkışması arasındaki oran yatak katsayısı olarak tariflenmiştir.

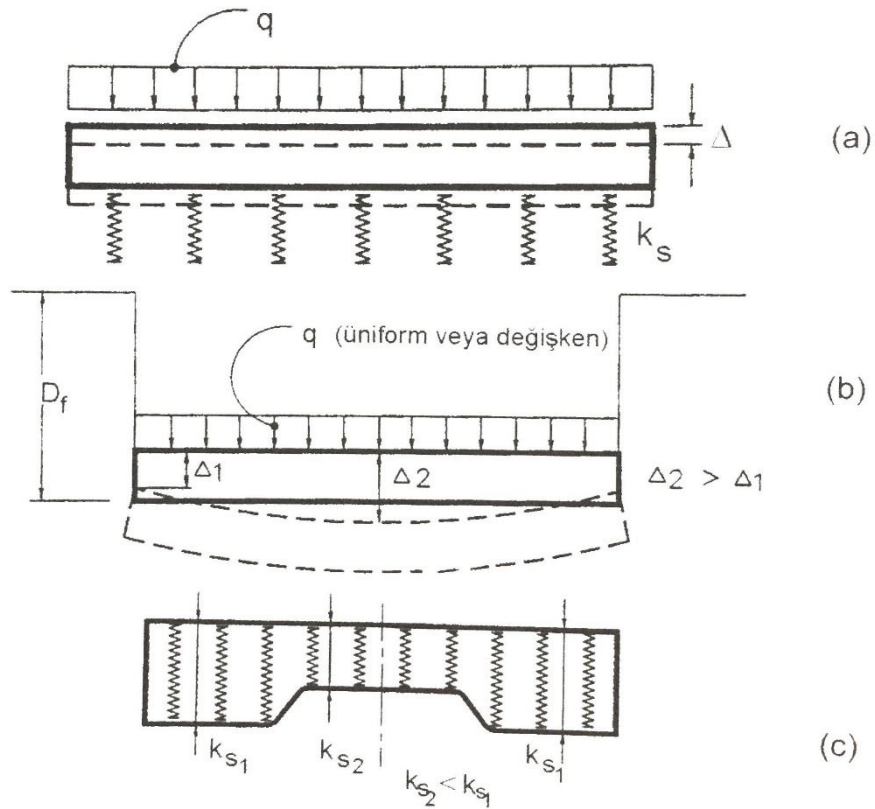
$$k_s = q / \delta \quad (2.2)$$

k_s : zemin yatak katsayısı

q : taban basıncı

δ : yayda gerçekleşen düşey deplasman

Birim hacim ağırlık birimine (kN/m^3) sahip olan yatak katsayısı zeminin gerçek gerilme-birim boy değiştirme özelliklerini göz ardı etmekte (Şekil 2.3.a.) ve temelin bir seri yay üzerinde doğrusal σ - ε özelliği gösterdiğini kabul etmektedir (Şekil 2.3.b.). Böylesine bir varsayım çok karmaşık olan temel-zemin etkileşimini aşırı basitleştirmektedir (Önalp ve Sert, 2016). Temelin yük altında şekil değiştirmesini temsil edebilmek için yay katsayılarının değerlerinin farklı olması gerektiği Şekil 2.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Yay katsayılarının değişimi (a) Tek yay (b) Temelde çanaklanma (c) Değişken k_s (Önalp ve Sert, 2010).

Sonlu elemanlar yöntemi (FEM) esaslı SAP2000/SAFE ve benzeri yapısal analiz yazılımlarında zemin, temeli oluşturan sonlu eleman ağında düğüm noktaları altına yerleştirilmiş yaylarla temsil edilmektedir. Bunlarda yay katsayıları (kN/m), her bir düğüm noktasının etkili alanı (m²) ile yatak katsayısının (kN/m³) çarpımından bulunur. Her bir düğüm noktasının etkili alanı, o düğüm noktasına komşu olan sonlu elemanların alanlarının dörtte birlerinin toplamına eşit olmakta, dolayısıyla eleman boyutu eşit olan bir sonlu eleman ağında dahi köşede, kenarda veya ortada olan yayların katsayıları değişik değerler almaktadır. Eleman boyutlarının farklı olduğu modellerde yay katsayıları için etki alanlarının da ayrıca tespit edilmesi gerekmektedir.

2.2.2.2. Filonenko-Borodich modeli

Filonenko-Borodich modelinde (1940) Winkler yaylarının yüzeyi boyunca elastik bir membran bulunduğu ve membranın kısmen yayların birbiri ile etkileşmesini sağladığı kabul edilir (Şekil 2.5.). Bu membran yay sisteminde zeminin tepki fonksiyonunu,

$$P(x, y) = kw(x, y) - T\nabla^2 w(x, y) \quad (2.3)$$

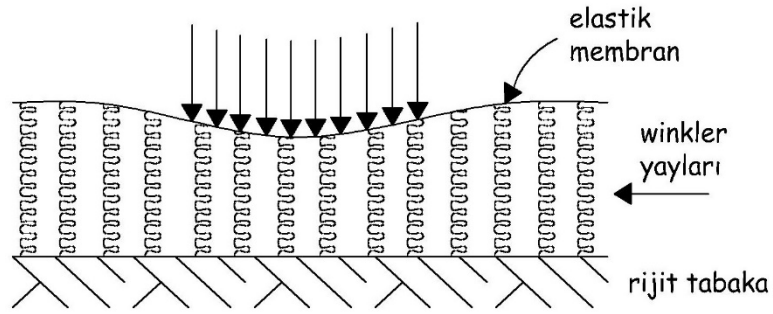
ifadesiyle verilmektedir. Bu ifadede, T membran kuvvetini ∇ Laplace operatörünü göstermektedir. Laplace operatörü ise;

$$\nabla^2 = \frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2} \quad (2.4)$$

şeklindedir. Bir boyutlu problemler için (2.3) ifadesi;

$$p(x) = kw(x) - T \frac{d^2 w(x)}{dx^2} \quad (2.5)$$

şeklindedir.



Şekil 2.5. Filonenko-Borodich zemin modeli.

2.2.2.3. Hetenyi modeli

Hetenyi Modeli'nde (1946), zemin ortamının sürekliliği 3 boyutlu analizler için elastik plak ve iki boyutlu analizler için kiriş ilave edilerek sağlanmıştır (Şekil 2.6.).

Bu modele göre zeminin tepki fonksiyonu,

$$p(x, y) = kw(x, y) - D\nabla^2 w(x, y) \quad (2.6)$$

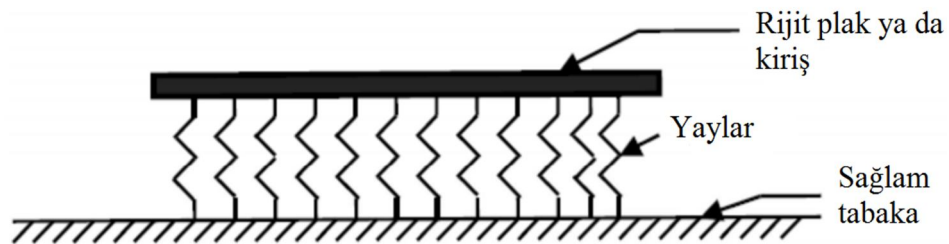
denklemleri ile verilmektedir.

$$D = \left(\frac{E_p h^3}{12(1-\nu_p^2)} \right) \quad (2.7)$$

D ifadesi plağın eğilme rijitliğini göstermektedir. H plak kalınlığı, E_p plağın elastisite modülü, ν_p ise poisson oranıdır. İki boyutlu sistemlerde (2.6) ifadesi,

$$p(x) = kw(x) - D \frac{d^4 w(x, y)}{dx^4} \quad (2.8)$$

şeklini alır.



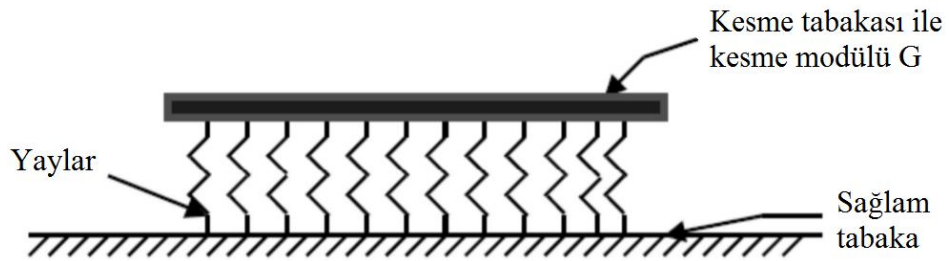
Şekil 2.6. Hetenyi modeli

2.2.2.4. Pasternak modeli

Pasternak Model'inde (1954), zemin sürekliliği Winkler yaylarının üzerinde tanımlanan sıkışmayan bir kesme tabakası ile sağlanmıştır (Şekil 2.7.). Sadece düşey yönde hareket edebilen bu tabakanın x, y düzleminde izotropik olduğu ve zeminin kayma modülleri arasında $G_x=G_y=G_p$ ilişkisi olduğu düşünülmektedir. G_p zeminin kayma modülü olmak üzere Pasternak zemin modeli için zemin fonksiyonu;

$$p(x,y) = kw(x,y) - G_p \nabla^2 w(x,y) \quad (2.9)$$

olarak ifade edilir.



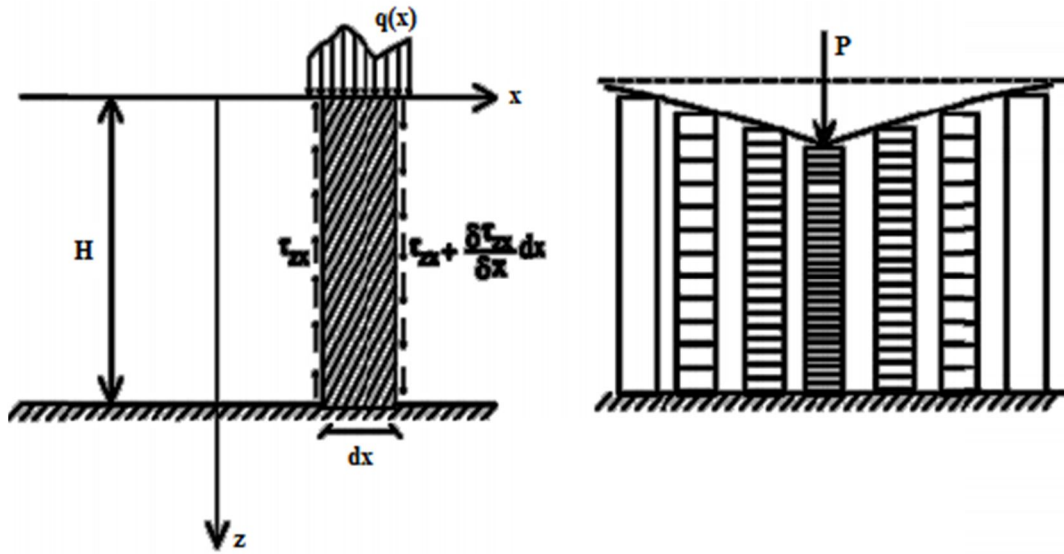
Şekil 2.7. Pasternak modeli

2.2.2.5. Vlasov modeli

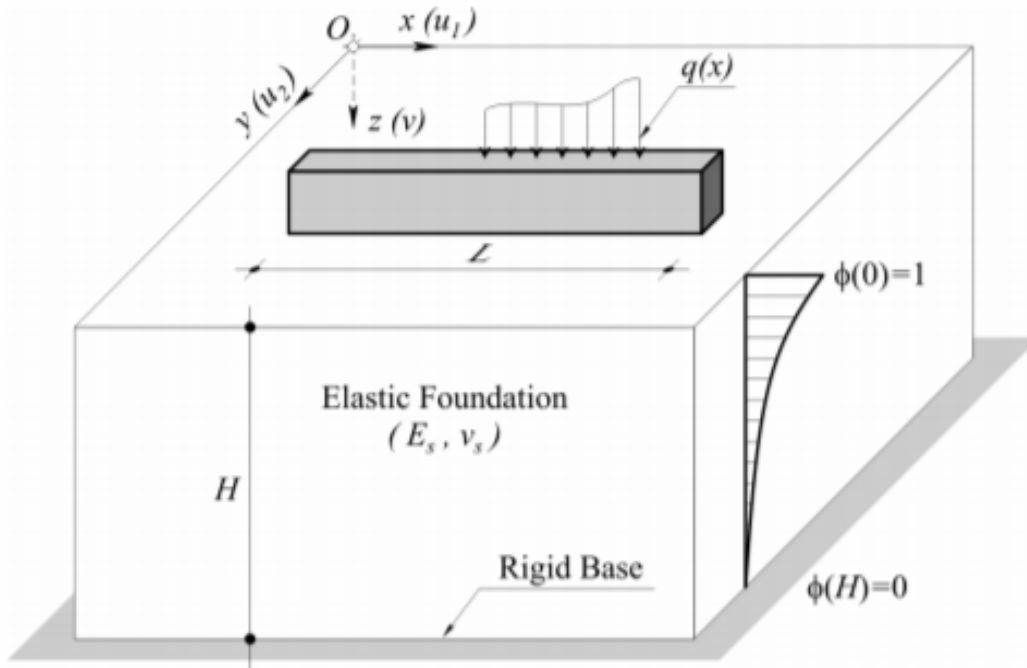
Vlasov ve Leont'ev (1966) zemini yaylar ile tanımlamak yerine düşey düzlemde zemin kolon elemanları ile tanımlamışlardır (Şekil 2.8. ve 2.9.). Kolon elemanları içinde yer değiştirmeler; $u(x,z)$ x-z düzlemindeki yatay deplasmanı, $w(x,y)$ aynı düzlemde düşey deplasmanı ve $\emptyset(z)$ fonksiyonu $w(x)$ yer değiştirmelerinin derinlik boyunca değişimini veren yaklaşım fonksiyonu olmak üzere;

$$u(x,z) = 0, w(x,z) = w(x) \emptyset(z) \quad (2.10)$$

ifadesi ile tanımlanmıştır.



Şekil 2.8. Vlasov zemin modeli



Şekil 2.9. Vlasov zemin modeli

Zemin tepki fonksiyonu, $2t$ zemin kayma parametresi olmak üzere;

$$p(x, y) = kw(x, y) - 2t\nabla^2 w(x, y) \quad (2.11)$$

olarak verilmektedir.

Literatür taraması yapıldığında Vlasov modeli üzerinde çok sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir. Vlasov ve Leont'ev (1966) zemin içerisinde gerçekleşen düşey deplasmanlardaki değişimi gösteren ve γ parametresinin belirlenmesiyle, yatak katsayısı (k) ve kayma parametresinin ($2t$) kolaylıkla hesaplanabileceğini göstermişlerdir. Ancak γ parametresinin hesaplanmasından bahsetmemişlerdir. Vallabhan ve Das (1988), elastik zemine oturan kirişler için γ parametresinin hesabı için bir yöntem sunmuşlardır. Elastik zemini, birbiri ile bağlantılı olan k , $2t$, γ parametreleri ile tanımladıkları için kendi modellerini değiştirilmiş Vlasov modeli ya da üç parametrelili model olarak adlandırmışlardır.

2.3. Yatak Katsayısı

2.3.1. Yatak katsayısının elde edilmesi

Günümüzde temel projelendirmesi amacıyla kullanılan yatak katsayısı elde edilirken birçok tablo ve ampirik formül kullanılmaktadır. Tablo 2.1. ve 2.2.'de literatürde bazı yazarlara ait değerlendirmeler sunulmaktadır.

Tablo 2.1. Değişik zeminler için yatak katsayısı aralıkları (Das, 1995).

Zemin Yatak Katsayısı	
Zemin Cinsi	k (t/m^3)
Deniz kumu	1500-2000
Dolgu toprak	1000-2000
Islak kil	2000-3500
Nemli kil	3000-6000
Kuru kil	5000-9000
Kumlu kil	6000-8000
Gevşek kum	1500-3000
Sıkı kum	8000-10000
İnce çakıl ve kum	10000-12000
Orta çakıl ve kum	12000-15000
Sıkı çakıl ve kum	18000-24000
Çok sıkı çakıl	20000-30000
Damarlı şist	40000-60000
Sağlam şist	>50000

Tablo 2.2. Yatak katsayısı değerleri (k, kPa) (Önalp ve Sert, 2016).

DAS	İri Daneli Zemin			Aşırı Konsolide Kil		
	Bağıl Birim Hacim Ağırlık			Kıvam		
	Gevşek	Orta	Sıkı	Katı	Sert	Çok Sert
Kuru/nemli kum	8000-25000	25000-125000	125000-375000			
				12000-25000	25000-50000	>50000
Batık kum	10000-15000	35000-40000	130000-150000			

TERZAGHİ	İri Daneli Zemin			Aşırı Konsolide Kil		
	Bağıl Birim Hacim Ağırlık			Kıvam		
	Gevşek	Orta	Sıkı	Katı	Sert	Çok Sert
Kuru/nemli kum	12800	41600	160000			
				24000	48000	96000
Batık kum	8000	19600	96000			

BOWLES							
Gevşek	Kumlar				KİLLER		
	Orta Sıkı	Sıkı	Killi	Siltli	$q_u < 200$	$200 < q_u < 800$	$q_u > 800$
4800-16000	9600-80000	64000-128000	32000-80000	24000-48000	12000-24000	24000-48000	>48000

USA İSTİHKÂM (TM5-809-12)								
Su içeriği →	1--4	5--8	9--12	13--16	17--20	21--24	25--28	>28
OH-CH-MH	-	47500	40700	33050	27100	20350	13600	6800
OL-CL-ML	-	54300	47500	40730	33950	27150	20350	13600
SM-SC	81500	67900	61000	54300	40700			
SW-SP	81500+	81500	67900	61100				
GM-GC	81500+	81500+	81500	67900				
GW-GP	81500+	81500+						

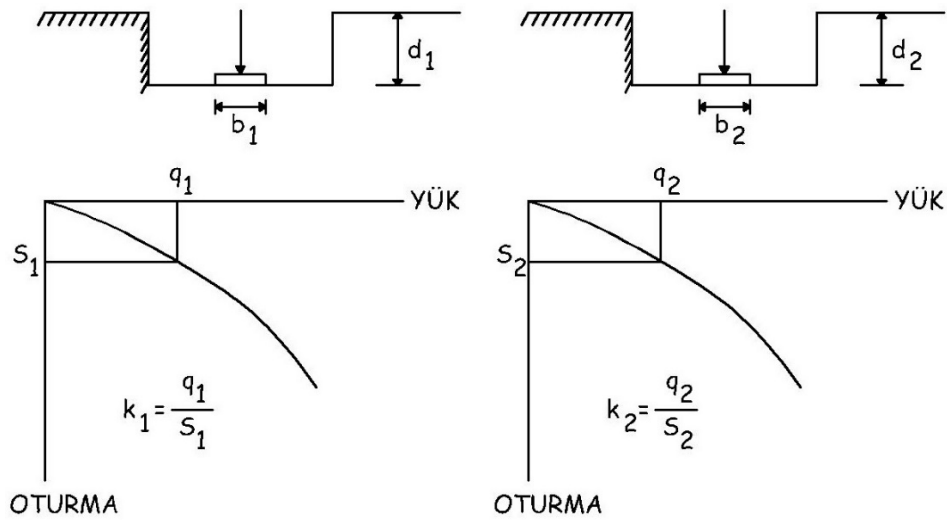
Yatak katsayısı hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan formül aşağıda verilmiştir (Bowles, 1996).

$$k_s = 120 \times \sigma_{emn} \quad (2.12)$$

k yatak katsayısı zemine ait bir katsayı olmayıp, temel boyutlarına ve zeminin türüne bağlıdır. Kısmen kohezyonlu zeminlerde saptanması için boyutları farklı olan iki adet plaka ile yapılan iki yükleme deneyi gerekir. Genişlik plaka derinliğine bağlı olup,

$$k_1 : \frac{P}{S} = C_1 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot d_1}{b_1}\right) + \frac{C_2}{b_1} \quad (2.13)$$

bağıntısı yazılır. C_1 ve C_2 verilen zemin için iki sabit değer, d plaka derinliği, b plaka genişliğidir. k_1 ve k_2 yük-oturma eğrisinin ilk doğrusal kısmından elde edilir (Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. Kısmi kohezyonlu zeminlerde k katsayısının bulunması için yapılan iki yükleme deneyi (Ordemir, 1984).

Daha sonra ise;

$$k_1 = C_1 \left(1 + \frac{2 \cdot d_1}{b_1}\right) + \frac{C_2}{b_1} \quad (2.14)$$

$$k_2 = C_1 \left(1 + \frac{2 \cdot d_2}{b_2}\right) + \frac{C_2}{b_2} \quad (2.15)$$

yazılarak C_1 ve C_2 bulunur. Genişliği B , derinliği D olan geręek temelin yatak katsayısı ise;

$$k = C_1 \left(1 + \frac{2D}{B}\right) + \frac{C_2}{B} \quad (2.16)$$

şeklinde hesaplanır. Kohezyonlu zeminlerde tek bir y¼kleme deneyi sonuçları kullanarak yatak katsayısı saptanması aşağıdaki gibi yapılır.

$$\frac{P}{S} = k_{\text{test}} \quad (2.17)$$

$$k_{\text{test}} = \frac{C_2}{b} \text{ ve } C_2 = b \cdot k_{\text{test}} \quad (2.18)$$

$$k_{\text{temel}} = \frac{C_2}{B} \text{ 'dir} \quad (2.19)$$

Burada, P birim alana etkiyen y¼k, S birim alana etkiyen y¼k altında geręekleřen oturmadır.

Yatak katsayısının kohezyonsuz zeminlerde saptanması ise tek bir y¼kleme deneyi ile aşağıdaki şekilde yapılır.

$$\frac{P}{S} = k_{\text{deney}} \quad (2.20)$$

$$k_{\text{deney}} = C_1 \cdot \left(1 + \frac{2d}{b}\right) \quad (2.21)$$

$$k_{\text{temel}} = C_1 \cdot \left(1 + \frac{2D}{B}\right) \quad (2.22)$$

olarak elde edilir (Yılmaz, 2004).

Literat¼rde yatak katsayısına etki eden fakt¼rlerin ayrıntılı bir şekilde araştırıldığı g¼zlenmiřtir. Yatak katsayısı temel genişliği arttıka azalmaktadır (Terzaghi, 1955). $0.30 \times 0.30 \text{ m}^2$ 'lik plaka ile yapılan deneyde elde edilen yatak katsayısı $k_{0,3}$ ve $B \times B$

genişliğindeki bir büyük temelin yatak katsayısı ile kumlu ve killi zeminlerde aşağıdaki şekilde ilişkilendirilmektedir (Das, 1995).

Kumlu zeminlerdeki karesel temelerde:

$$k = k_{0,3} \cdot \left(\frac{B+0,3}{2B} \right)^2 \quad (2.23)$$

Kil zeminlerdeki karesel temelerde:

$$k = k_{0,3} \cdot \left(\frac{0,3}{B} \right) \quad (2.24)$$

Aynı tür zeminlerde, ancak BxL boyutundaki dikdörtgen bir temelde:

$$k = k_{BxB} \cdot \frac{\left(1 + \frac{0,5B}{L}\right)}{1,5} \quad (2.25)$$

Sürekli temelerde $L > B$ için bu denkleme göre k değerinin $0,67 \cdot k_{(BxB)}$ olacağı anlaşılmaktadır.

Scott (1981)' e göre kumlu zeminlerde $k_{0,3}$ değeri verilen herhangi bir derinlikteki SPT-N değerinden yararlanarak,

$$k_{0,3} \text{ (MN/m}^3\text{)} = 1,8 \cdot N \quad (2.26)$$

formülü ile bulunabilir. Burada N değeri düzeltilmiş SPT değeridir.

Yatak katsayısı için teorik çözüm yapıldığında zeminin ve temelin “elastik” katsayıları yanında temelin boyut ve özelliklerinin de etkili olduğu görülmüştür.

Vesic (1961), uzun kirişler için yatak katsayısını tahmin edilebilen,

$$k = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{(E_s \cdot B^4)}{(E_f \cdot I_f)}} \cdot \left(\frac{E_s}{B(1-\mu^2)} \right) \quad (2.27)$$

denklemlerini önermiştir. Burada; E_s zeminin elastisite modülü, B temel genişliği, E_F temel malzemesi elastisite modülü, I_F temel kesiti atalet momenti, μ zemin poisson oranıdır.

Yukarıdaki denklem pratik amaçlarla,

$$k = \left(\frac{E_s}{B(1-\mu^2)} \right) \quad (2.28)$$

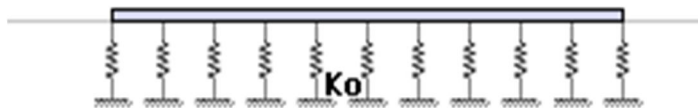
denklemini ile ifade edilebilmektedir (Yılmaz, 2004).

2.3.2. Yatak katsayısı yaklaşımları

Günümüz piyasasında temel analizinde kabul gören, Eşdeğer Winkler yöntemi, yarı bağlantılı yöntem, bağlantılı yöntem olmak üzere 3 adet değişken yatak katsayısı yaklaşımı bulunmaktadır. Opsiyonların sonuçları ne denli değiştirdiği yapılan analizler sonrasında tespit edilmeye çalışılmıştır.

2.3.2.1. Eşdeğer Winkler yöntemi

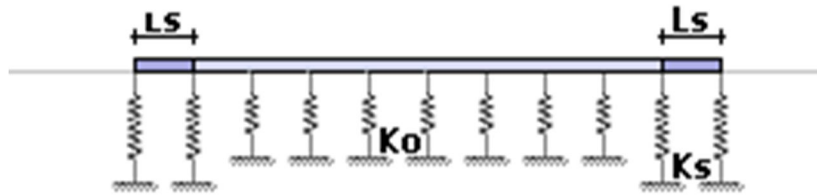
Tüm temelde sabit K_0 'a göre hesaplama olarak geçen bu yöntemde, temel altında tek bir yay katsayısı tanımlanır (Şekil 2.11.). Gerçek durumu tam olarak ifade edemeyen bu yöntemde oluşan deplasmanlar yay katsayısı ile çarpılarak temel altında meydana gelen gerilmeler hesaplanır. Eğer bu değerler 'zemin emniyet gerilmesi' değerinden küçük ise analiz tamamlanır. Diğer durumda zemin emniyet gerilmesinden küçük bir değer bulunana kadar temel alanının ya da kalınlığının artırılması seçeneklerine gidilir.



Şekil 2.11. Winkler hipotezi

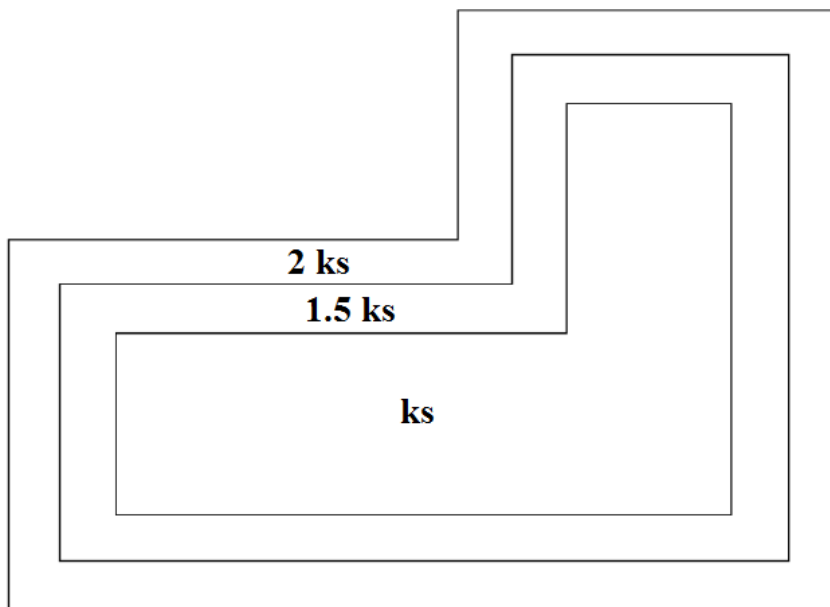
2.3.2.2. Yarı bağlantılı yöntem

Bağlantılı yöntem ile çözülen temelerde tek bir yatak katsayısı değeri kabul edildiğinden yükleme sonrası oluşması gereken temelde çanak biçimi oluşmayacaktır (Bkz. Şekil 2.4.a). Bu biçimin oluşabilmesi için Şekil 2.4.c. ve 2.12.'de gösterildiği gibi yatak katsayısı değerlerinin değişken olması gerekmektedir. Bu çözüm programda iki bölgeli zemin (pseudo couple method) olarak geçmektedir. Kenar bölge genişliği ve k_s/k_0 tercihe göre de değiştirilebilir fakat en uygun değerler programda tanımlanmıştır.



Şekil 2.12. İki bölgeli zemin (Pseudo Couple Method)

Analize esas radye temel bölgelere ayrılarak her bölgeye ayrı bir yatak katsayısı değeri tanımlanır. Temelde çanaklanma biçiminin oluşturulması amaçlandığı için killi zeminlerde yatak katsayısı değeri kenar bölgeden orta bölgelere doğru azalacak biçimde tanımlanır. Şekil 2.13.'de üç bölgeli çözüm gösterilmiştir.

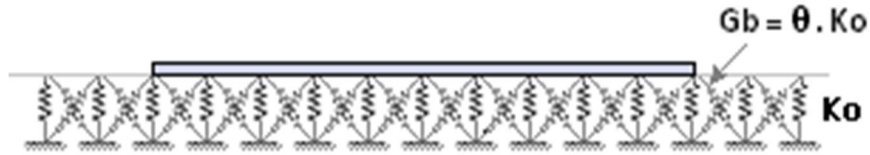


Şekil 2.13. Yarı bağlantılı yay yönteminde k_s oranlarının seçimi

Bu opsiyonun Winkler hipotezine göre analiz sonuçlarında önemli değişimlere yol açtığı gözlemlenmiştir. Her ne kadar yapıların güvenli olması önemli olsa da ekonomik çözümler yapılması da önemlidir. Optimum tasarım için bu opsiyonun kullanılması önerilir.

2.3.2.3. Bağlantılı yöntem

Diğer opsiyonlarda zemini temsil etmesi için oluşturulan yaylar birbirinden bağımsız olup bağlantılı yöntemde yayların birbirinden etkilendiği esası dikkate alınmaktadır (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. İki parametrelili zemin (Pasternak)

2.2.2. Yatak katsayısının yazılımlarda kullanımı

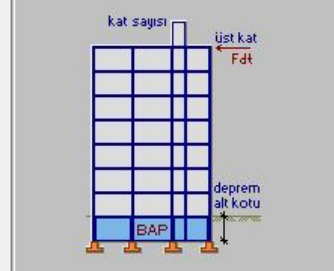
2.2.2.1. STA4CAD

Zemin etütlerinden alınan yatak katsayısı birimi t/m^3 olacak şekilde STA4CAD programında yapı genel bilgileri kısmına girilir. STA4CAD yazılımında tekil temel, sürekli temel, yayılı temel, kazık ve bağ kirişi çözümü yapabilmekte ve bu elemanlar kısıtlama olmadan birlikte kullanılabilir. Bunların çözümü için “Temel Hesapları Modülü” ve “Radye Temellerin FEA Analizi Modülü” olmak üzere iki farklı modül bulunmaktadır. Şekil 2.15.’te STA4CAD yapı genel bilgileri ekranı, Şekil 2.16.’da ise STA4CAD radye plak genel bilgisi ekranı gösterilmiştir.

Yazılımda birinci modül üst yapıyla bütünleşik hesap yapmakta olup, bu çözüm seçeneğinin yayılı temellerde kullanılmadığı belirtilmektedir. Yayılı temeller, ikinci modül yardımıyla sonlu eleman yöntemi ile ana programdan ayrı olarak çözülürler.

YAPI GENEL BİLGİLERİ	
Yapı Proje İsmi	
Kat Sayısı	1
Deprem Bölge Katsayısı A_o	0
Deprem Yapı Davranış Katsayısı R_x/R_y	0
Deprem Yapı Önem Katsayısı I	0
Spektrum Karakteristik Periyodu T_a/T_b	0
Hareketli Yük Katsayısı n	0
Deprem Yüğü Alt Yüksekliği H_x/H_y (m)	0
Zemin Yatak Katsayısı K_o (t/m^3)	0
Zemin Emniyet Gerilmesi (t/m^2)	0
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı C_z	0
Deprem Yüğü Eksantirisitesi	0.05
Modal Analiz Min. Yüğü Oranı β	0.8
Üst Kat no (TDY için)	1
Aplikasyon Kot Farkı (m)	0
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0.5

UserKey

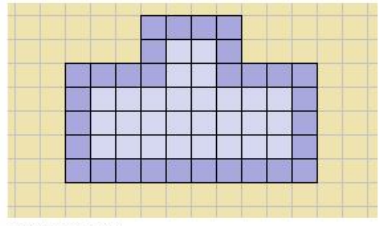


PERFORMANS ANALİZ OPSİYONU

YENİ YAPI PROJESİ DEPREM STANDARDI: TDY2007 DIZAYN STANDARDI: TS500T

Şekil 2.15. STA4CAD yapı genel bilgileri ekranı

STA4-CAD RADYE PLAK GENEL BİLGİSİ	
GENEL BİLGİLER	
Ko ZEMİN YATAK KATSAYISI t/m^3	1200.
Gzem ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ t/m^2	11.
BİRİM MESH GENİSLİĞİ m	0.5
Maksimum Mesh İterasyon sayısı	5
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0.5
<input type="checkbox"/> KIRISLI RADYE SONUÇLARININ SAKLANMASI	
Winkler Yayıları Düzenleme Opsiyonu	
<input checked="" type="radio"/> Sadece K_o 'a göre tüm temelde hesaplama ($K_s=K_o$)	
<input type="radio"/> K_o ve K_s değerine göre iki bölgede hesaplama (Pseudo Couple Method) ACI-336	
Kenar bölge genişliği m	2.0
K_s/K_o	1.5
<input type="radio"/> İki Parametrelili Zemin (Pasternak)	
G_b/K_o	0.3



WINKLER HIPOTEZİ

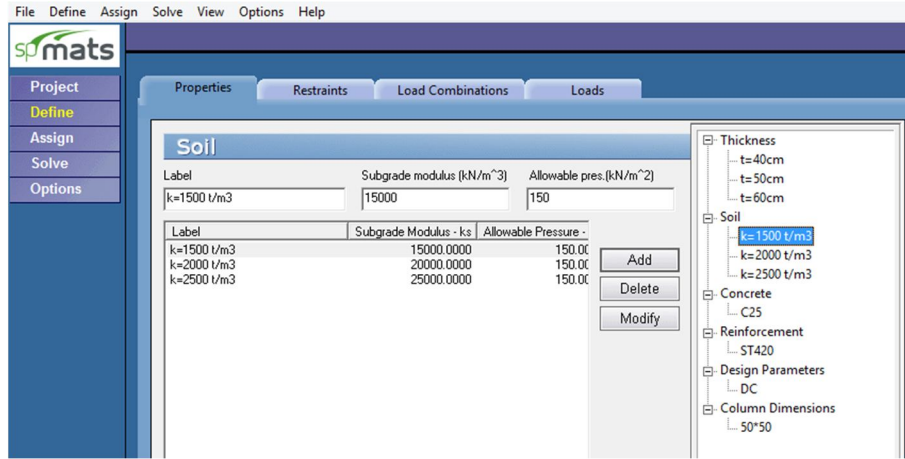
İKİ BÖLGELİ ZEMİN (PSEUDO COUPLE METHOD)

İKİ PARAMETRELİLİ ZEMİN (PASTERNAK) $G_b = \theta \cdot K_o$

Şekil 2.16. STA4CAD radye plak genel bilgisi ekranı

2.2.2.2. SpMats

Yazılımda Şekil 2.17.'de görülen ekrandan yatak katsayısı değerleri kN/m^3 biriminde, izin verilebilir taban basıncı ise kN/m^2 biriminde olacak şekilde girilmektedir.



Şekil 2.17. spMats yatak katsayısı düzenleme ekranı.

BÖLÜM 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Karaca vd. (2007) çalışmalarında; zeminin kayma direnci parametrelerinin (c ve Φ) bulunmasını, zemin taşıma gücünün hesabını ve yatak katsayısı kavramını incelemişlerdir. Orta sıklıkta kum zemin için bulunan yatak katsayısı değerini, sonlu uzunlukta bir sürekli temel kirişine uygulayarak, elastik zemine oturan sürekli bir temelin sonlu kiriş tesir çizgileri ile analitik çözümünü ve SAP 2000 ile statik analizini yapmışlardır. Elde edilen eğilme momenti (M), kesme kuvveti (Q) ve çökme (y) değerlerinden, sonlu kiriş tesir çizgileri ile analitik çözümde bulunan maksimum eğilme momenti değerinin, SAP 2000 ile statik analiz çözümünde yaklaşık %13.27 oranında artış gösterdiğini, maksimum kesme kuvvetinin %3.56 oranında azaldığını, maksimum çökme miktarının ise %5.23 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Yazarlar sonuçta yatak katsayısının hesap sonuçlarına etkinliğinden ve basit yapılarda yatak katsayısı bulunurken abakların, tabloların kullanılmasının yeterli olacağından ancak oturmaların önemli olduğu binalarda hesap yapılırken yatak katsayısının detaylı şekilde hesaplanmasının gerekliliğinden bahsetmişlerdir.

Kahraman vd. (2007) iki aşamadan oluşan çalışmalarının ilk aşamasında yatak katsayısı hesap yöntemlerini, zemin elastisite modülünün tanımlanmasını, zemin tabakalanmasını ve yapı zemin etkileşiminin etkilerini incelemişlerdir. İkinci aşamada, farklı yöntemlerle bulunan yatak katsayılarını önce dört katlı ve radye temel üzerine oturan kolonlu sistemin üç boyutlu sonlu eleman modellerinin çözümünde kullanmışlardır. Daha sonra, aynı üst yapıya katı olarak modellenmiş zeminin eklenmesiyle oluşturulan modelin yatay ve düşey yükler altında statik analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar bir önceki çözümlerle karşılaştırılmışlardır. Yatak katsayılarının hesabında sırasıyla, Eşdeğer Winkler yatak katsayısı yaklaşımı, zonlama yöntemi ve Bowles yaklaşımlarını kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar yapı davranışının Eşdeğer Winkler yatak katsayısı yaklaşımı ile daha gerçekçi bir

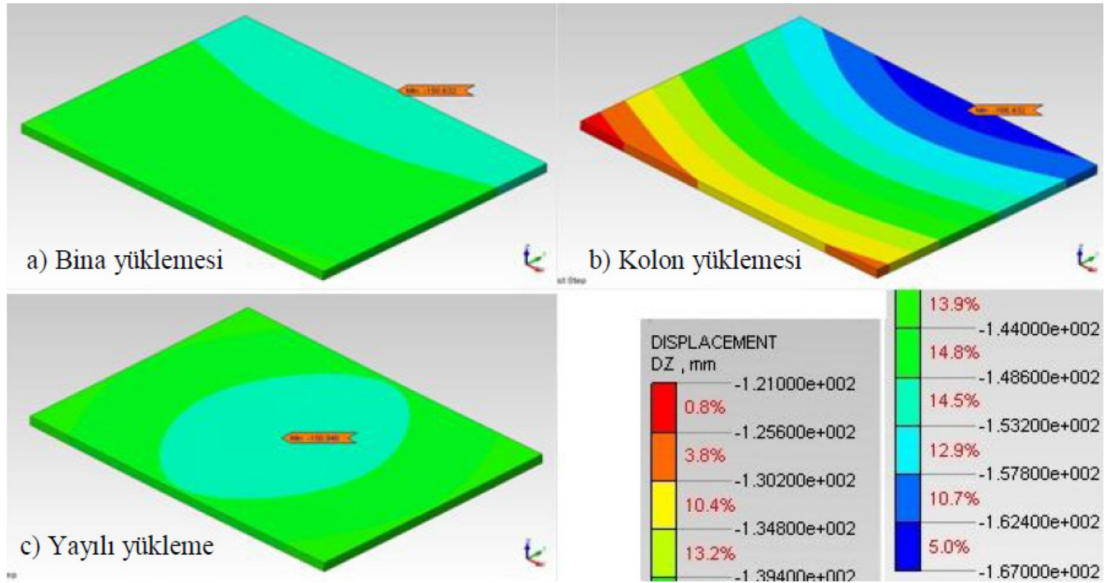
şekilde modellenemediğini göstermiştir. Temel altında sabit yatak katsayısı kullanımıyla, plakta gerçekleşmesi beklenen çanaklanma biçiminin oluşmaması ve temelin eşit oturma yapmaya zorlanması sebebi ile bu opsiyonda oluşan eğilme momentinin ihmal edilebilir seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Değişken yatak katsayıları ve üstyapı-zemin sonlu eleman modeli ile gerçekleştirilen yapısal analizlerde ise temel plağında oluşan eğilme momentlerinin gerek plak kenarlarındaki kolon altlarında gerekse plağın ortalarına doğru ara noktalarda önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir.

Girgin vd. (2008) çalışmalarında; zemin yapı etkileşiminin yapısal tasarıma etkisini örnek bir analiz çalışmasıyla incelemişlerdir. Çözümlerini rijit yapı-zemin, sabit ve değişken yatak katsayısı yöntemleri ile gerçekleştirmiş ve yürürlükteki ulusal yönetmelikler çerçevesinde betonarme kolon kesitlerindeki donatı oranlarını hesaplayarak yapı-zemin etkileşiminin yapısal tasarıma etkisini ortaya koymuşlardır. Çalışmada temel tasarımında genellikle zemin özelliklerinin dikkate alınmadığından ve yapı-zemin etkileşimini ihmal eden yaklaşık yöntemlerin kullanıldığından bahsedilmiş ve yapı-zemin etkileşiminin gerçekçi bir şekilde ele alınabilmesi için, üst yapıdan aktarılan yükler altında gerçek zemin davranışını yansıtacak yatak katsayısının tanımlanması gerekliliği anlatılmıştır. Çalışmada analize konu olan yapı; yayılı temel sistemine sahip sekiz katlı betonarme perde-çerçeve sisteminden oluşan bir yapıdır. Sabit ve değişken yatak katsayılı yapı zemin modelleri ile gerçekleştirilen analizlerde, rijit yapı-zemin modellerine göre, yapı doğal titreşim periyodunda artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde, temel-zemin birleşiminin rijit kabul edilmemesi durumunda, perde ve kolonlarda deprem yüklerinin paylaşımının değiştiği sonucuna ulaşmışlardır. Sonuçların değişken yatak katsayısı ile yapılan analizlerde daha farklı olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca çalışmada Daloğlu-Vallabhan (2000) tarafından ortaya konulan değişken yatak katsayısı yaklaşımından bahsedilmiş ve bu çalışmaya göre kolon kesitlerindeki boyuna donatı oranlarının, rijit yapı-zemin modelinde elde edilen değerlerin yaklaşık üç katına ulaştığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda temel tasarımının üst yapıdan ayrı yapıldığı durumda sistemin tümünden etkilendiği, bu nedenle yapı-zemin etkileşiminin mutlaka göz önünde bulundurulması gerektiği anlaşılmıştır.

Çapar ve Demirtaş (2009) çalışmalarında; konut amaçlı kullanılacak olan 10 katlı ve toplam yüksekliği 30 m olan bir betonarme binanın temel sisteminde maliyetlerin; deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı ve zemin emniyet gerilmesine bağlı olarak değişimlerini incelemişlerdir. Analizlerde STA4CAD programı kullanılmış olup, her bir çözüm sonunda; betonarme temele ait; beton, donatı ve kalıp metrajları çıkartılarak maliyet hesapları yapılmıştır. Yazarlar, temel zemin etütlerinin, dikkatli ve titiz yapılmasının optimum tasarıma etkisinin önemli olduğunu ortaya koydukları çalışmada verilen akış diyagramı ile temel tasarımında izlenecek yol hakkında da bilgiler sunmuşlardır.

Önalp vd. (2010) çalışmalarında; betonarme taşıyıcı sisteme sahip bir yapının değişen yayılı temel ve zemin koşullarında nasıl davranacağını iki farklı yazılımla araştırmışlardır. Çalışmada üst yapı rijitliğinin gözardı edilmesinin artık doğru bir yaklaşım olmadığı ve seçilmiş makul kalınlıkta bir yayılı temelde toplam ve farklı oturma sonuçlarının sisteme üst yapı özelliklerinin içerilmemesi durumunda çok farklı hesaplanabildiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Ulaşılan bir diğer sonuç üst yapı etkisi göz önüne alınmadığında Plaxis Foundation 3D yazılımı ile bulunan toplam ve farklı oturmaların beklendiği gibi TNO Diana yazılımı ile eşite yakın hesaplandığı halde, TNO Diana ile üst yapı rijitliği gözönüne alındığında tüm değerlerin önemli ölçüde düşük çıktığıdır. Çalışmada özellikle aşırı konsolide killerde laboratuvar deneyleri yanında yerinde ölçümlerin gerçekleştirilmesi tavsiyesi de verilmiştir.

Kılıç ve Sert (2012, 2014) çalışmalarında; yayılı temellerde üstyapının yüklenme şeklinin deplasman ve eğilme momenti değerlerine etkisini üç boyutlu bir sonlu elemanlar yazılımı olan Midas GTS yardımıyla irdemişlerdir. Yükleme; tüm bina alanına yayılmış düzgün yayılı yük, sadece kolon ve perdelerden yükün verilmesi ve üstyapının tamamının modellenmesi şeklinde yapılmış ve değişen yükleme şekliyle temelin oturma kalıbının değiştiği, bunun da oluşan kesit tesirlerini etkilediği gözlemlenmiştir. Üst yapı yükleme şeklinin temelde oluşan deplasmanlarda (Şekil 3.1) ve kesit tesirlerinde önemli rol oynadığı ve göz ardı edilmesinin doğru bir yaklaşım olmadığı ortaya konulmuştur.



Şekil 3.1.1. 3D elemanlı modellerde 50 cm'lik temelde oluşan deplasmanlar (Kılıç ve Sert, 2014)

Civelek vd. (2013) çalışmalarında; üst yapı tasarımında temel analizi yapılırken kullanılan parametrelerin önemini ve yapı güvenliği ile maliyetine etkilerini incelemiştir. Piyasada uygulanan bir yapı projesi modeli kullanılarak yapılan analizlerde tüm temel tipleri için kesit tesirlerini, donatı yüzdelerini, taşıma gücü kriterlerini, tüm temel kombinasyonlarında bulunan taban gerilmelerini gözlemlemiştir. Ayrıca STA4CAD paket programına girilen parametrelerin tasarıma etkisini de incelemiştir. Zemin yatak katsayısının üst yapıyı çok fazla etkilemediği ancak temel tipinin ekonomikliği önemli ölçüde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Zemin grubu Z4 olduğunda gerilmelerin %25 oranında arttığı sonucu da ulaştıkları bir başka sonuç olmuştur.

Siyahi vd. (2013) çalışmalarında; zemin-temel-yapı etkileşimi analizlerini ve değerlendirilmelerini günümüzde gelinen noktada ele almış ve geoteknik bakış açısı ile irdelemiştir. Bildiride, ayrıca, zemin-temel-yapı dinamik etkileşiminde önemli rol oynayan “kinematik etkileşimi” ve “eylemsizlik etkileşimini” hem teorik hem uygulama açısından incelemiştir.

Bildiride ulaşılan sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

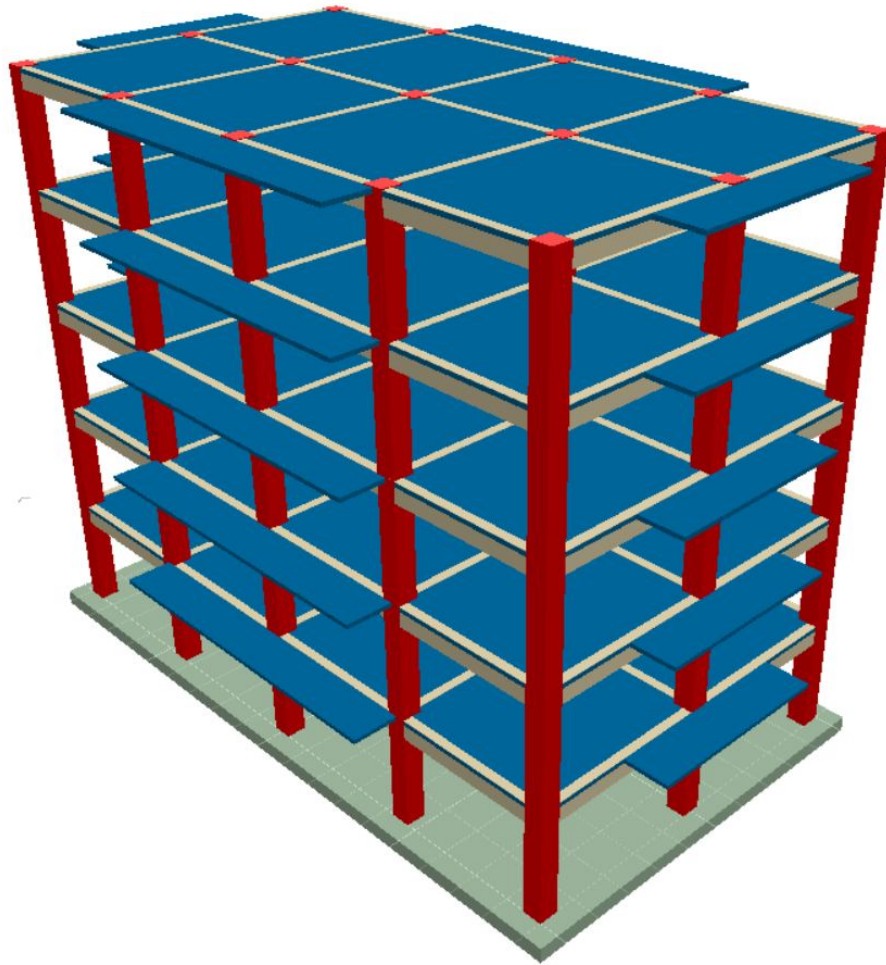
- Kazık temelli binaların deprem performansı yüzeysel temelli binalardan farklıdır.
- Hesaplanan yapı periyodu ile zemin periyodu oranı rezonans olmaması için 1'den farklı bir değer almalıdır.
- Zayıf zeminlerde kazıklarda deprem sırasında her iki yatay doğrultuda da oluşan eğilme davranışları irdelenmelidir. Zemin tabakalar halinde ise bu bölgelerde ve kazık başlığı bölgelerinde kesme kuvveti ve eğilme momenti kontrolleri yapılmalıdır. Bu kontroller yapılırken, yapı temeli noktasında temsili gerilmelerin tanımlanması durumu daha gerçekçi modellemek adına önemli olacaktır.
- Deprem sırasında st yapıda gerçekleşen yatay deplasmanlardan dolayı yapıda ikinci mertebe etkileri oluşacak ve bu etkilerden dolayı kazık başlıklarında fazladan moment ve kesme kuvveti oluşacaktır. Bu durum da göz ardı edilmemelidir.
- st yapı için yapılacak olan deprem analizleri zaman tanım alanında gerçekleştirilmelidir.
- Analizler sonlu elemanlar ya da sonlu farklar yöntemlerine göre yapılabilir. Malzeme modellerinin, deformasyona bağlı olarak değişen zemin davranışını doğru şekilde temsil etmeleri gerekmektedir.
- Zeminde gerçekleşecek salınımların, kazıklı radye sisteminin rijitliğine bağlı olarak yapı periyodu bölgesinde büyümesi ya da azalması beklenen bir davranış olacaktır. Zeminde yapılacak olan güçlendirmelerin sistemi rijitleştireceği düşünüldüğünde, spektral ivmelerin kısa periyot bölgesinde büyürken yüksek periyot bölgesinde azalması beklenen bir davranıştır.

Avcı ve Gürbüz (2015) çalışmalarında; günümüzde yatak katsayısının elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin kendi içinde zaafı olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, oluşturulan veri tabanında bulunan ölçümlenmiş plaka yükleme deneylerini ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen yük–deformasyon eğrilerini karşılaştırılmış ve en iyi sonucu veren eğrileri yakalamak için elastisite modülünü değiştirerek geri analiz yapmışlardır. Yapılan analizlerde aynı içsel sürtünme açısına sahip zeminlerin çok değişken elastisite modülüne sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sonuç olarak yatak katsayısının hesaplanmasında temel derinliğine, zemin içsel sürtünme açısına ve zemin elastisite modülüne bağlı olarak geliştirilen korelasyonların kullanılmasının daha doğru bir yaklaşım olacağı söylenmiştir.

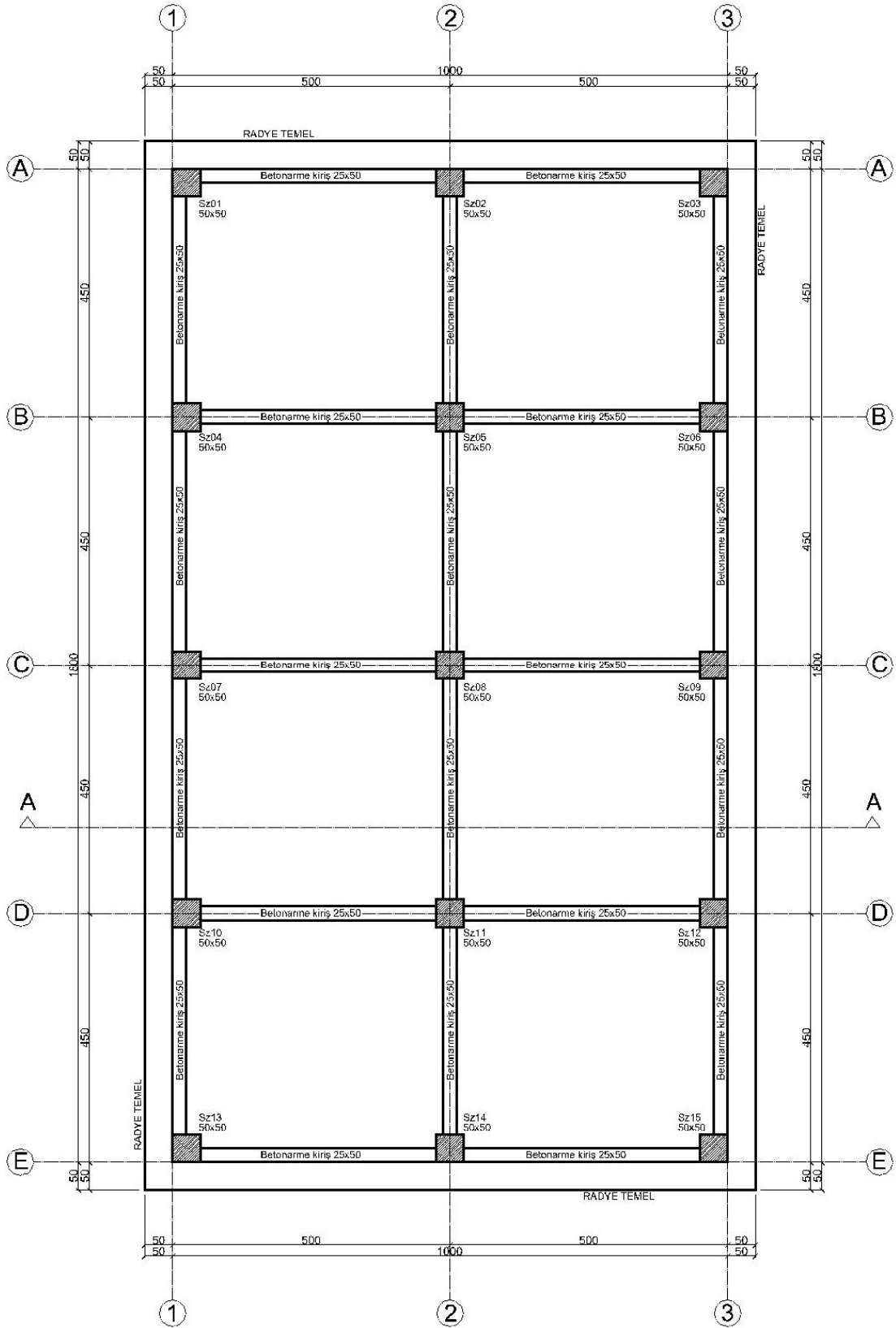
BÖLÜM 4. SİSTEM HAKKINDA GENEL BİLGİLER

4.1. Yapı Genel Bilgileri

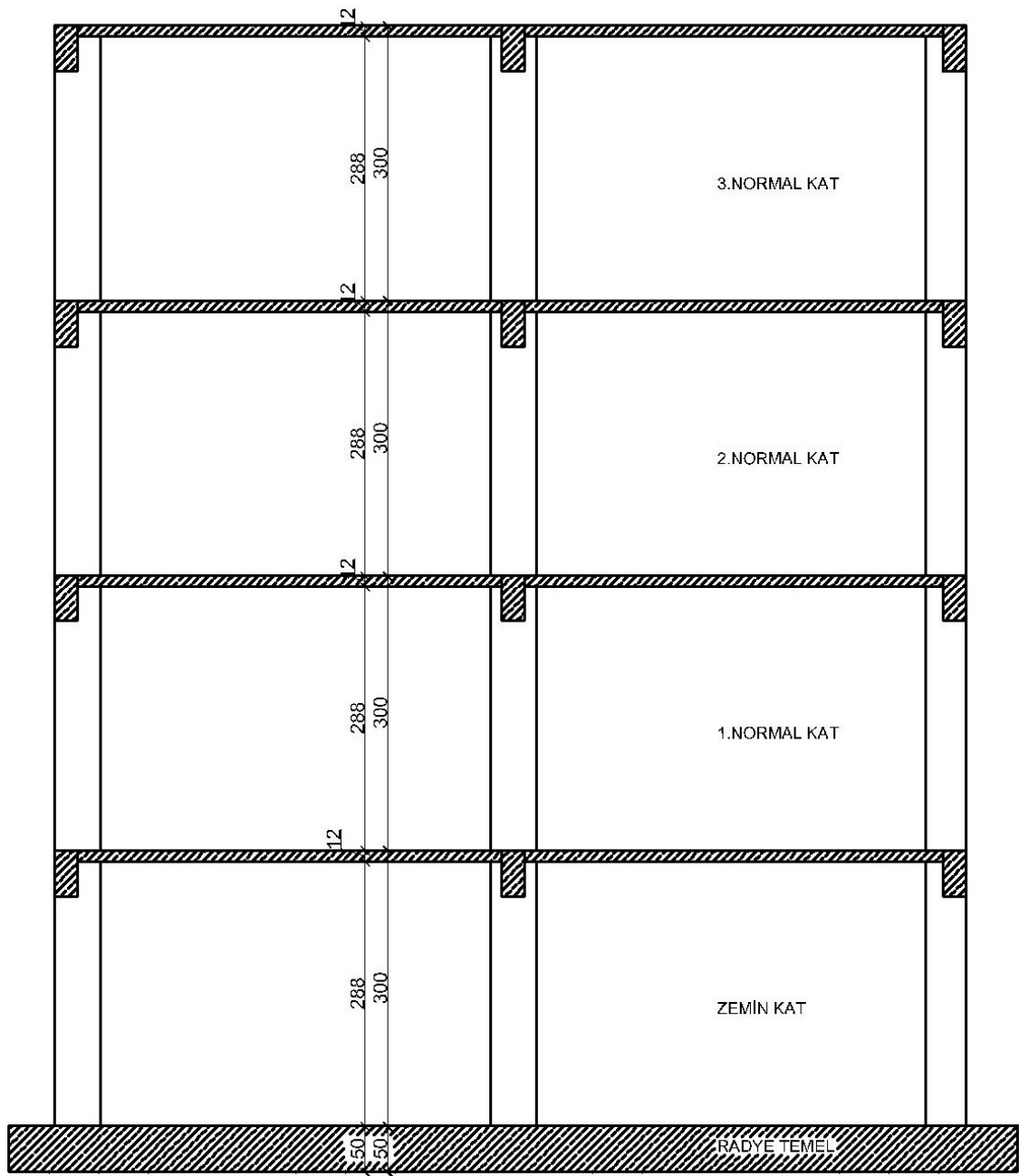
Analize esas yapı; zemin + 3 normal kat olmak üzere toplam 4 kattan oluşmaktadır (Şekil 4.1.). Şekil 4.2.'de verilen kalıp aplikasyon planında görüldüğü gibi X yönünde 3, Y yönünde ise 5 aks bulunmaktadır. İzmit ilçesinde yapılması planlanan yapının sistem kesiti Şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4.1. Yapının 3 boyutlu görünüm



Şekil 4.2. Kalıp planı



Şekil 4.3. A-A kesiti

Tablo 4.1.'de yapı genel bilgileri, 4.2.'de malzeme özellikleri, 4.3.'te ise zemin özellikleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Yapı genel bilgileri

Kat Sayısı	4
Kullanım Amacı	Konut
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	0.4 (1.Bölge)
Yapı Davranış Katsayısı	8
Yapı Önem Katsayısı	1.0 (Diğer binalar)
Hareketli Yük Katsayısı	0.3 (Konut)
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	1.0 (Konut)
Kat Yüksekliği	3.00 m
Radye Temel Kalınlığı	40 cm-50 cm-60 cm
Döşeme Tipi	Plak

Tablo 4.2. Malzeme özellikleri

Beton Kalitesi	C25 ($f_{ck}=250 \text{ kg/cm}^2$)
Donatı Sınıfı	S420 ($f_{yk}=4200 \text{ kg/cm}^2$)

Tablo 4.3. Zemin özellikleri

Zemin Yatak Katsayısı	1500 t/m ³ -2000 t/m ³ -2500 t/m ³
Zemin Emniyet Gerilmesi	15 t/m ²
Zemin Grubu	Z3-C
Zemin Gerilmesi Deprem Artırım Oranı	0.5 (Z1-Z2-Z3) 0 (Z4)

4.2. Analiz Parametreleri

Oluşturulan 5 katlı betonarme yapı yukarıda belirtilen parametreler değiştirilerek analiz edilmiş ve bu parametrelerin yapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Aşağıda parametrelerin analizlerde kullanılan değerleri sunulmuştur.

Yatak katsayısı;

- 1500 t/m³
- 2000 t/m³
- 2500 t/m³

Birim mesh genişliği;

- 0.5 m
- 0.6 m
- 0.7 m
- 0.8 m
- 0.9 m
- 1.0 m

Winkler yayları düzenleme opsiyonu;

- Winkler hipotezi (tüm temelde sabit k_0)
- İki bölgeci zemin (Pseudo Couple)
- İki parametrelili zemin (Pasternak)

Radye temel kalınlığı;

- 40 cm
- 50 cm
- 60 cm

Yapı-zemin etkileşimi;

- Yapı zemin tam etkileşim
- Yapı-zemin yarı etkileşim
- Yapı-zemin ayrı analiz

BÖLÜM 5. YAZILIMLAR

5.1. STA4CAD

STA4CAD yazılımı, çok katlı betonarme yapıların, yığma yapıların statik analizini yapmakta olup günümüzde piyasada inşaat mühendisleri tarafından en çok kullanılan yazılımların başında gelmektedir. Yazılımda ayrıca mevcut binaların performans analizi de yapılabilmektedir. Yazılımda standart ve yönetmelikteki tüm ibareler ve katsayılar tanımlanmıştır. Bu katsayılar tavsiye edilmekle beraber kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir.

Statik analizi 3 boyutlu olarak yapan yazılım her kat döşemesini sonsuz rijitlikte bir diyafram olarak kabul etmektedir ve bu kabule göre x, y, z yönlerinde deplasmanları bulmaktadır. Yapı, kat planları girilerek modellenir.

Yazılım statik analizlerde, yapı-zemin etkileşimini dikkate alarak zeminde gerçekleşeceği öngörülen deplasman ve dönmelerin, üst yapıdaki değişimlerini ortaya koyarak gerçekçi bir yaklaşım sergilemektedir. Yazılım analizinin 3 boyutlu olması sayesinde, planda eğik duran kirişleri de sonlu elemanlar yöntemiyle çözebilmekte ve sonuçlarını tek bir kiriş olarak değerlendirebilmektedir.

Yazılım, standart ve yönetmeliklerde bulunan kombinasyonlara göre analizlerini tamamlamakta ve en olumsuz kesit tesirlerine göre boyutlandırma yapmaktadır. Yazılım ayrıca zaman tanım alanında deprem analizi yapabilmektedir.

Kolonlar kare, dikdörtgen ve dairesel olarak düzenlenebildiği gibi poligon kolon şeklinde de düzenlenebilmektedir. Yazılımda döşeme sistemleri olarak plak ve asmolen döşeme tipleri bulunmaktadır. Yazılımda temeller; yapı ile birlikte çözülebildiği gibi, ayrı olarak da hesaplanabilmektedir. Yayılı temel analizlerinde

zemin davranışını dikkate alan sonlu kiriş teorisi (Winkler Hipotezi), Pseudo Couple Method ve Pasternak çözümlenmeleri mevcuttur.

Deprem hesapları; deprem yönetmeliğine göre (eşdeğer yöntem) yapılabildiği gibi, mod süper pozisyonu ile modal analiz de yapılabilmektedir. Dinamik zemin hız spektrumları, bölgelere göre program kütüphanesinde mevcut olup, istenirse kullanıcı tarafından değiştirilebilmekte veya yeni spektrum değerleri girilebilmektedir.

Betonarme kesit ve performans hesapları; ACI318, EuroCode, UBC97, TDY2007 ve TS 500'e uygun olarak, Emniyet Gerilmesi veya Taşıma Gücü Yöntemine göre yapılmaktadır. Taşıma Gücü deprem, sehim ve düktilite koşullarına göre değerlendirilmektedir. Program kolon ve kat burkulmalarını dikkate alarak, kolon moment büyütme faktörü ile betonarme hesaplamaları yapmaktadır. Günümüzde; bilgisayar teknolojisinden faydalanılarak, gerek zamandan gerekse ülke ekonomisi için ölü yatırım olarak kabul edilen betonarme yapılarda ekonomi sağlanabilmektedir. Statik ve betonarme hesaplar bilgisayar tarafından yapıldığı için, mühendisin esas zaman harcaması gereken yapı modellemesi ön plana çıkmaktadır. Yapı modellemesi her ne kadar tecrübeye dayansa da, amacına uygun ve sağlam teorik esaslara dayanan bilgisayar programları ile farklı yapı modellemelerinin denenebilmesi kolaylaşmıştır.

STA4CAD yazılımında tekil temel, sürekli temel, yayılı temel, kazık ve bağ kirişi çözümü yapılabilmekte ve bu elemanlar kısıtlama olmadan birlikte kullanılabilir. Bunların çözümü için “Temel Hesapları Modülü” ve “Radye Temellerin FEA Analizi Modülü” olmak üzere iki farklı modül bulunmaktadır.

Yazılımda birinci modül üst yapıyla bütünleşik hesap yapmakta olup, bu çözüm seçeneğinin yayılı temellerde kullanılmadığı belirtilmektedir. Yayılı temeller ikinci modül yardımıyla sonlu eleman yöntemi ile ana programdan ayrı olarak çözülürler. Öncelikle radye plağının özellikleri ana programda tanımlanmakta, çözüm programı bu bilgileri ana programdan almaktadır. Yayılı temellerin çözümünde temel plağı sistemin çalışmasını etkilemeyecek kadar az rijit veya temel sistemini etkileyecek

kadar rijit kabul edilebilmektedir. Eğer plakların rijitliği fazla değilse bunlar temel plağı olan, yanında kirişler ve kazıklar bulunan ve temel plağının rijitliğinin önemli olduğu sistemlerde kullanıldığı belirtilmektedir. Çözümde önce temel sonlu elemanlara bölünür, sonra kirişlerin rijitliklerini temsil etmek üzere çubuk elemanlar oluşturulur. Benzer şekilde perdelerin rijitlikleri de modele dahil edilir. Son olarak da üst yapıdan gelen yükler düğüm noktalarına dağıtılır. Üst yapı düğüm noktaları ile temel sistemindeki düğüm noktalarının çakışma zorunluluğu yoktur. Hesaplanan taban basınçları izin verilen değerle karşılaştırılır, kesitlerde oluşan gerilmeler ile de betonarme hesap ve zımbalama tahkikleri yapılır.

STA4CAD teknik özellikleri :

- Program döşemeleri rijit diyafram kabul ederek 3 boyutlu analiz yapabilmektedir.
- Planda geometrisi bozuk yapıların, galeri boşluklu yapıların çözümünü yapabilmektedir.
- Mevcut yapı performans analizi ve güçlendirme yapılan binalar için analiz yapabilmektedir.
- Programda tuğla duvarlar mimariye uygun olarak modellenmektedir.
- Deprem yükü altında yapıda gerçekleşen kesit tesirleri ve deplasmanları yapı tasarımında göz önünde bulundurulabilmektedir.
- Değişken kesitli ve guseli kirişler modellenmektedir.
- Kolonlarda kaçıklıklardan dolayı oluşan eksantrisite momentlerinin hesaba katılabilmekte ve geniş bir kolonun üzerinde birden fazla kolon modellenmektedir.
- Dilatasyon ile birbirinden ayrılan binalarda tek modelde temelin birlikte çözülebilmesi mümkündür.
- Yapıda ve temelde tüm betonarme eleman (tekil temel, bağ kirişi, radye plak, sürekli kiriş) tanımları birlikte yapılarak çözüm yapılabilmektedir.
- Programda bodrum perdelerinin içerisinde kapı/pencere boşlukları açılabilir.
- Kirişlerde donatı düzenine göre sehim ve çatlak kontrolü yapılmaktadır.
- Yönetmeliklere uygun olarak mantar döşeme analizleri yapılabilmektedir.

- Radye temellerde zımbalama kontrolü yapılabilmektedir. Ayrıca kazıklar temelde modellenebilmekte ve kapasite kontrolleri yapılabilmektedir.
- Simetrik yapılarda simetri aksına göre kopyalama yapılabilmekte ve model hızlıca oluşturulabilmektedir.
- ACI, SNIP, EUROCODE, British Code yük kombinasyonu ve tasarım standartlarına uyumlu olup metrik ve SI birimleri opsiyonel olarak kullanılabilir.
- Merdiven, kubbe, tonoz, huni gibi yapı elemanları 3 boyutlu modele dahil edilerek çözülebilmekte ve çizimleri yapılabilmektedir.
- Yapı analizleri tamamlandıktan sonra yapı ile alakalı metrajların çıkarılması mümkün olmaktadır.
- Programda aynı yapıda farklı kalitede çelik ve beton malzemeleri kullanılabilir.
- Yapı bodrumlu bir yapı ise, zemin itkisi hesaba katılabilmektedir.
- Ayrıca dilatasyon ile bölünmemiş planda uzun binalarda ısı etkisi göz önüne alınabilmektedir.
- Bilgi girişinde eş zamanlı olarak kat rijitlik ve ağırlık merkezlerinin görülüp dengelenmesi mümkündür.
- Eş zamanlı olarak yapının 3 boyutlu görüntüsünün incelenmesi, düzenlemelerde kullanılması mümkündür.
- TDY2007 deprem yönetmeliğinin yüksek süneklilik koşullarının tam uygulanması, A2, A3 ve A4 düzensizliği hesaplarının yapılması mümkündür.

5.1.1. STA4CAD temel çözüm yöntemi

STA4CAD programında 5 tip temel elemanı bulunur:

- Tekil temel
- Müttemadi temel
- Radye temel
- Kazıklar
- Bağ kirişi

Bu elemanlar bir kısıtlama olmadan birbirleriyle beraber kullanılabilirler. Bunların çözümü için ise iki ayrı modül vardır:

- Temel hesapları modülü
- Radye temellerin FEA analizi modülü

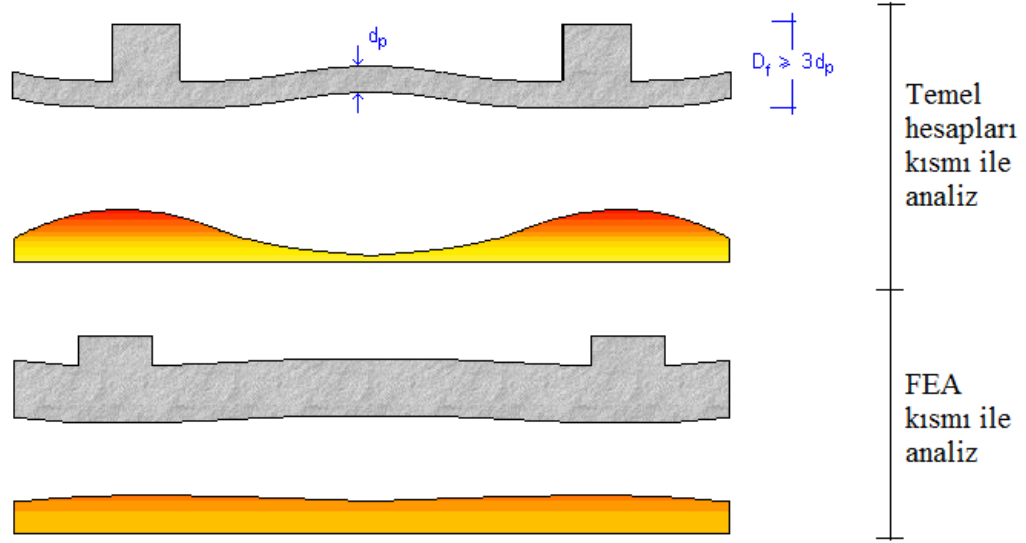
Temel hesapları modülü üst yapıyla bütünleşik çalışır. Üç değişik seçenikle çözüm yapabilir:

- a) Yapı-temel ayrı statik analiz
- b) Yapı-temel birlikte statik analiz, temelde yalnızca dönmeler etkin
- c) Yapı-temel birlikte statik analiz, temelde dönmeler ve çökmeler etkin

Bu modülde tekil temellerin kesitinin deforme olmadığı fakat temelin dönebileceği veya çökebileceği varsayılır. Bu yüzden yapı ve temel ayrı ayrı statik analiz yapılırken tekil temellerin bulunduğu yer mesnet kabul edilir. Birlikte analiz yapılırken ise temel alanı ve zemin yatak katsayısına göre temeli temsil edecek yayın rijitliği bulunur ($\text{Alan [m}^2\text{]} \times \text{Yatak katsayısı [t/m}^3\text{]} = \text{yay rijitliği [t/m]}$) yani zeminin 1 birim çökmesi için gerekli olan kuvvet elde edilir. Benzer şekilde dönmeye karşı rijitlik de bulunur. Bu rijitlik yay modeli ile temelin etki ettiği serbestliğe atanır.

Mütemadi temeller ise çubuk eleman olarak statik sistemde temsil edilirler. Her kolon veya temel arası ızgara gibi bir çubuğa bölünür. Yapı-temel ayrı statik analiz yapılıyorsa kolon altları mesnet gibi olduğu için üst yapıdan gelen yükler temellere tekil yük gibi aktarılır ve temel ayrı çözülür. Yapı-temel birlikte statik analiz yapılırsa elastik zemine oturan çubuk yaklaşımı ile rijitlik matrisi kurulur, kurulan matris üst yapınıniki ile süperpoze edilip tek seferde bütün yaylardaki gerilmeler (buradan zemin gerilmesine geçilir) temeli ifade eden çubuklardaki gerilmeler (bundan da betonarme hesabına geçiş yapılır) üst yapıyla bütünleşik olarak bulunur.

Radye temellerde ise iki tip kabul söz konusudur. Plaklar sistemin çalışmasını etkilemeyecek kadar az rijit olabilir veya temel sistemini etkileyecek kadar rijit olabilir.



Şekil 5.1. STA4CAD temel analiz modülleri.

Eğer plakların rijitliği fazla değilse bunlar da 1. kısımda çözülür. Bu çözümde plaklar sadece kiriş sisteminin rijitliğini artırır, ayrıca ampartman ile kiriş sisteminin alanını arttırmış olurlar. Bu kısımda üst yapıdaki perdelerin ve temel üstü hatılların rijitliği de hesaplara katılır.

Radye temellerin FEA analizi modülü ana taşıyıcısı plak olan, yanında kirişler ve kazık temeller bulunan ve plakların rijitliğinin önemli olduğu sistemlerde kullanılır. Bu kısımda ilk olarak program plak sistemini sonlu elemanlara böler, eğilme plakları oluşturur. Bunların üstüne kirişlerin rijitliğini ifade edecek çubuk elemanları yerleştirir. Benzer şekilde perdelerin de rijitliği sisteme eklenir. Son olarak da üst yapıda elde edilen yükler düğüm noktalarına dağıtılır. Burada üst yapıdaki düğüm noktaları ile temelin düğüm noktaları çakışmak zorunda değildir. Program özel geliştirilen algoritmalar ile enerji kaybı olmadan yük aktarımını yapar. Yükler de aktarıldıktan sonra sistem çözülür ve gerilmeler bulunur. Bulunan gerilmeler zemin gerilmesiyle karşılaştırılır, ayrıca kesit gerilmeleri ile de betonarme tasarım yapılır. Ayrıca zımbalama tahkikleri de yapılır.

Program tasarım için üst yapıda tanımlanmış olan kombinasyonları kullanır (G, Q ve boş-dolu yüklemeler, ısı farkı, yanal zemin itkisi, deprem ve rüzgâr). Betonarme hesabında taşıma gücü katsayıları ile yüklemeleri çarpıp kombinasyonlar üretir. Bu kombinasyonlardan en elverişsizi ile kesit tasarımı yapar. Zemin hesabında ise

taşıma gücü katsayılarını kullanmaz, ayrıca depremlı yüklemde gelen yükleri %50 oranında düşürür. Z4 zeminlerde bu azaltma yapılamaz.

Yapı temel etkileşimi programda 3 şekilde ele alınmaktadır.

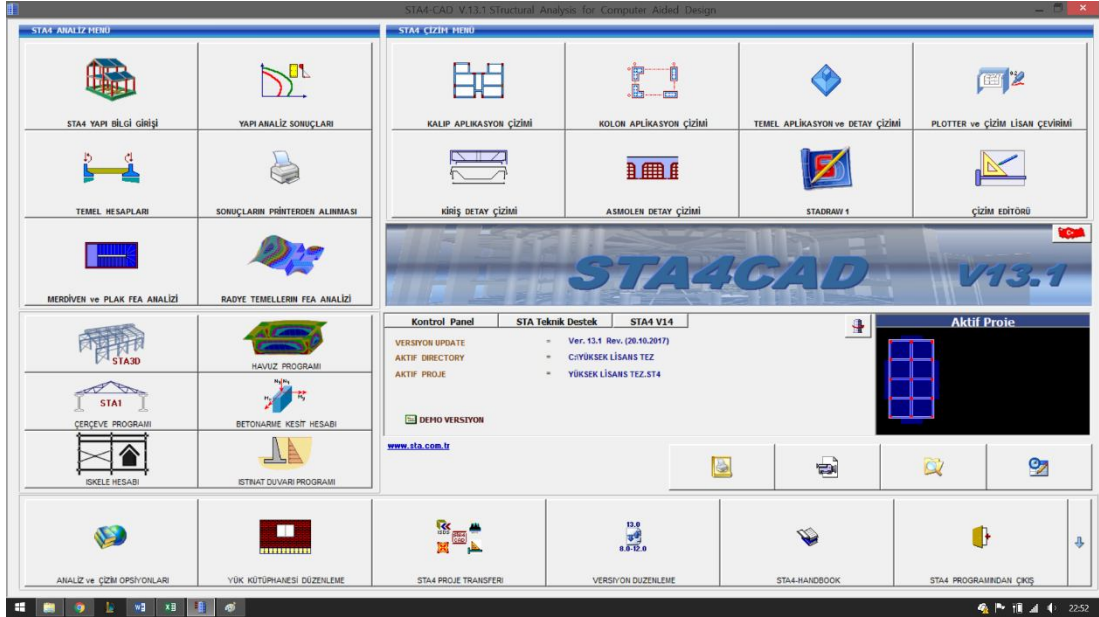
1. seçenekte, yapı ve temel ayrı olarak çözülmektedir. Üst yapı temelden bağımsız olarak çözülr ve kolonlarda oluşan kesit tesirleri temellere aktarılarak analiz tamamlanır. Bu durumda moment dengelenmesi ele alınmayacak, perde ve kolonların zemine rijit bağlandığı dikkate alınarak çözüm yapılacaktır.

2. seçenekte yapı-temel birlikte çözülr, yalnız temeldeki dönmeler serbesttir. Kapalı çerçeve çözümü yapıldığı için temeldeki momentler dengelenecek, perde ve kolon alt momentleri paylaşım nedeniyle azalacaktır. Bu seçenek kolon altlarında kazık olması veya tüm kolonların altlarında temel olmaması durumunda kullanılabilir.

3. seçenekte yapı ve temel tam serbestlikle birlikte çözülr. 3. seçenekle çözüm ilk çözüm olmamalı, daha önce 1. veya 2. seçenekle çözüm yapıldıktan sonra ve tüm kolon altlarında temel olması halinde bu tür çözüm yapılmalıdır. 3. seçenekte düşey deplasmanlar da dikkate alındığından yanlış temel modellemesi yapıldığında üst yapı da büyük ölçüde etkilenecektir. (Çözümsüzlüğe de gidilebilir) Bu nedenle 1. veya 2. seçenekle hesap yapılarak temellerdeki zemin gerilmeleri eşit ve zemin emniyet gerilmesine yakın duruma getirildikten sonra 3. seçenekle çözüm yapılmalıdır.

5.1.2. STA4CAD programında parametrelerin değiştirilmesi

Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi yapı modellemesi STA4CAD yapı bilgi girişi modülünden yapılmaktadır. Oluşturulan model analiz edildikten sonra yayılı temel analizi ayrı bir modül olan radye temellerin FEA analizi modülünden yapılmaktadır.



Şekil 5.2. STA4CAD giriş ekranı

Üst yapı verilen plan ve kesite uygun olarak modellendikten sonra Şekil 5.2. ve 5.3.'de gösterilen ekranlardan yapı genel bilgileri girilir.

Sta4 yapı bilgi girişi modülünde bulunan ve Şekil 5.3.'te görülen yapı genel bilgileri ekranından bir çok parametre girilmektedir. Ayrı bir modül olan radye temellerin fea analizi modülü buradaki girilen değerlere göre analizi yapmaktadır. Zemin yatak katsayısı 3 farklı değer olacak şekilde değiştirilerek analiz yapılmış ve sonuca etkisi incelenmiştir.

Şekil 5.4.'teki ekranda radye temel kalınlığı değiştirilerek bu parametrenin analiz sonucuna nasıl bir etki sağladığı araştırılmıştır. Ekranda görüldüğü gibi D parametresi temel kalınlığını belirtmektedir. Değiştirilmesi istenildiğinde bu kalınlık ile birlikte temel alt kotu düzenlenerek analiz tekrar edilir. Alt kot mutlaka kalınlığa göre düzenlenmelidir. Aksi takdirde program statik analiz sonucunda ve çizim kısmında hatalı sonuçlar verecektir.

YAPI GENEL BİLGİLERİ

Yapı Proje İsmi	-	
Kat Sayısı	5	
Deprem Bölge Katsayısı	Ao	0.4
Deprem Yapı Davranış Katsayısı	Rx/Ry	8
Deprem Yapı Önem Katsayısı	I	1
Spektrum Karakteristik Peryodu	Ta/Tb	.15 / .6
Hareketli Yük Katsayısı	n	0.3
Deprem Yüğü Alt Yüksekliği	Hx/Hy (m)	0
Zemin Yatak Katsayısı	Ko (t/m ²)	2500
Zemin Emniyet Gerilmesi	(t/m ²)	15
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	Cz	1
Deprem Yüğü Eksantrisitesi	0.05	
Modal Analiz Min. Yük Oranı	β	0.9
Üst Kat no (TDY için)	5	
Aplikasyon Kot Farkı	(m)	0
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0.5	

UserKey

PERFORMANS ANALİZ OPSİYONU

YENİ YAPI PROJESİ DEPREM STANDARTI: TDY2007 DIZAYN STANDARTI: TS500t

Şekil 5.3. Yapı genel bilgileri ekranı

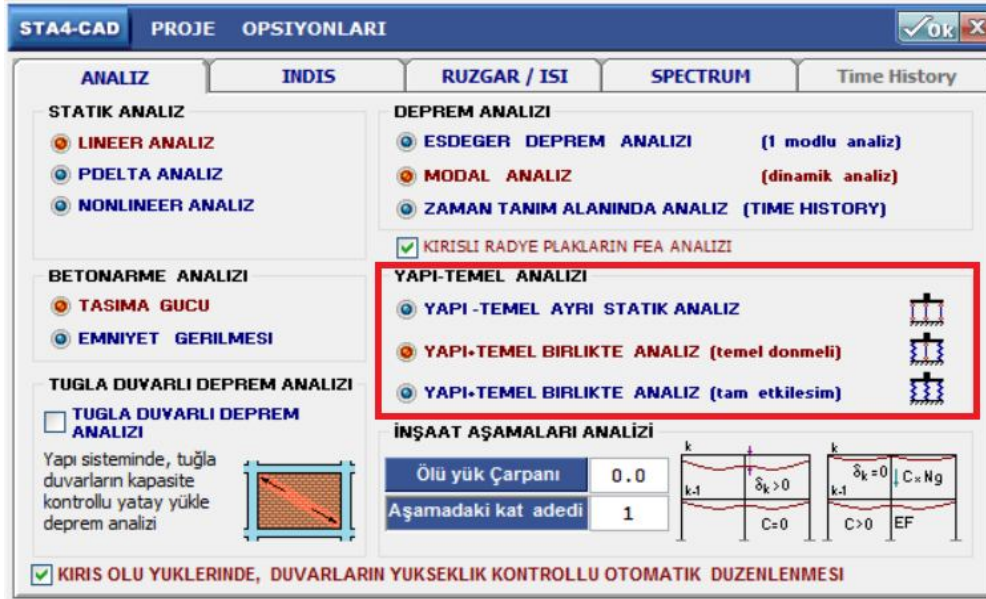
1. RADYE PLAK BİLGİSİ

RADYE PLAK İSMİ	PL1	
D	cm	40
Sol aks	2x	
Sag aks	8x	
Ust aks	2y	
Alt aks	8y	
Alt kot	m	-0.4
Q	t/m ²	0

UserKey LISTE

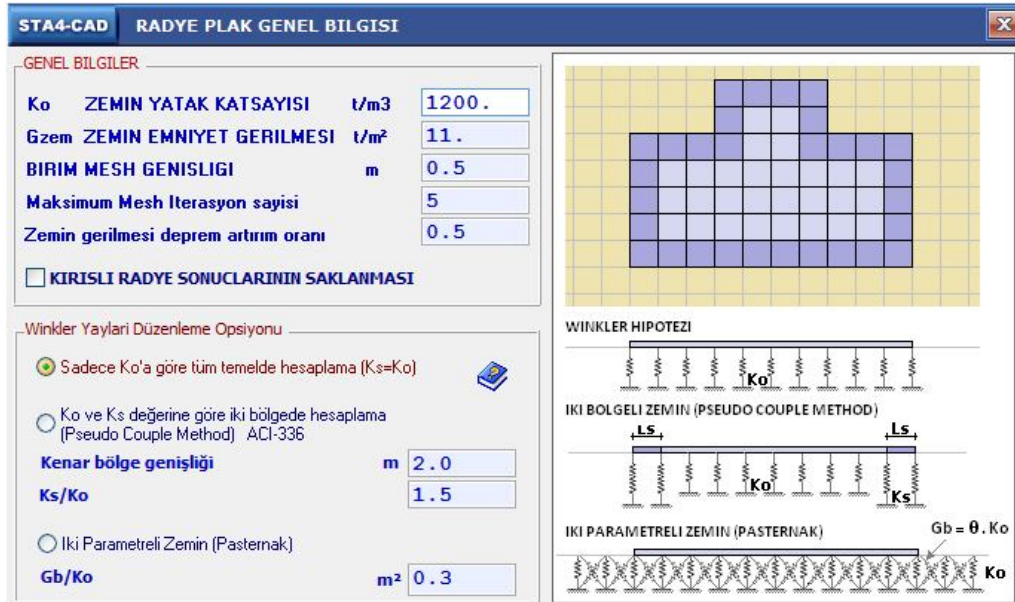
Şekil 5.4. Radye plak bilgisi ekranı

Yapı-zemin etkileşimi parametresi ise STA4CAD yapı bilgi girişi modülünde bulunan opsiyonlar kısmından değiştirilmektedir. Şekil 5.5.'te görüldüğü gibi 3 opsiyonunda ayrı ayrı analiz edilerek sonuca etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.5. Proje opsiyonları

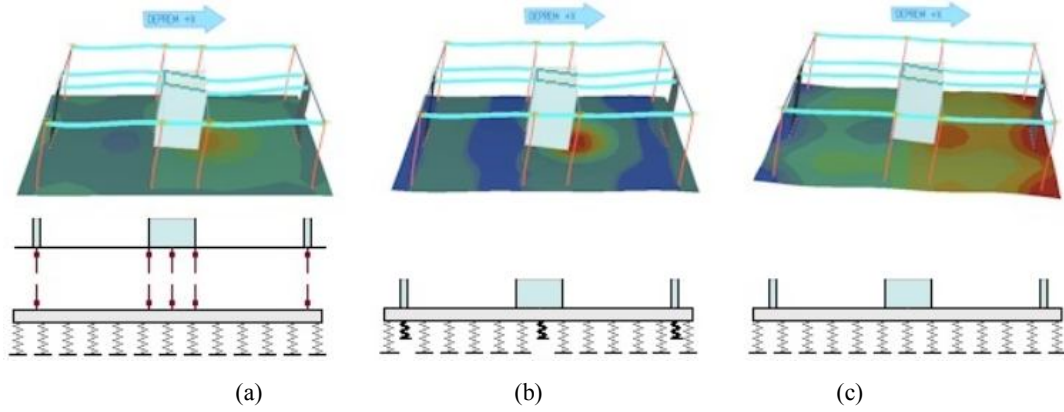
Şekil 5.6.'da görülen radye temellerin FEA analizi modülünde bulunan bilgi girişi ekranından birim mesh genişliği ve Winkler yayları düzenleme opsiyonu değiştirilerek farklı durumların analiz sonucunu nasıl etkilediği araştırılmıştır.



Şekil 5.6. Radye plak genel bilgisi

Şekil 5.7.'de görülen opsiyonların hangi durumlarda kullanılacağından bahsetmek gerekirse, yapı-temel ayrı analiz bodrumlu yapılarda, $k_0 > 3000 \text{ t/m}^3$ olan veya kazıklı yapılarda kullanılabilir. Yapı temel dönmeli etkileşim ise bodrumsuz yapılarda,

$k_0 < 3000 \text{ t/m}^3$ olan zeminlerde kullanılabilir. Tam etkileşimli temel modeli ise yerel zemin sınıfı ZF (TDY 2018) olan zeminlerde kullanılmak zorundadır.



Şekil 5.7. STA4CAD yapı-zemin etkileşimi opsiyonları, (a) Yapı-temel ayrı analiz. (b) Yapı-temel birlikte analiz (temel dönmeli). (c) Yapı-temel tam etkileşim.

5.2. SpMats Programı

Betonarme radye temellerin ve döşemelerin analizinde kullanılan spMats programı kullanıcılarına planda düzensiz olan temellerin, değişik kalınlıklarda dahi olsa, analizini yapabilme imkânı vermektedir.

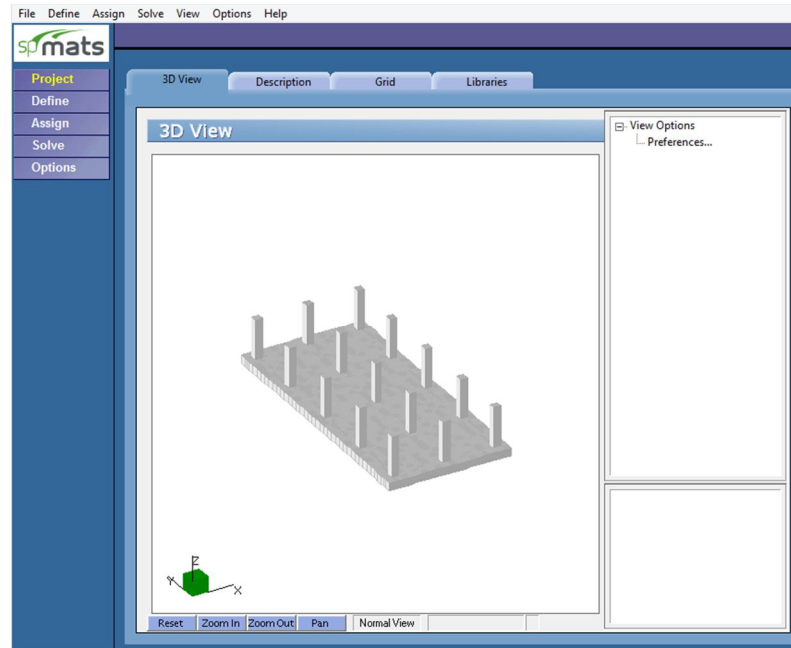
Oluşturulan modeli statik ve dinamik yükleri altında analiz ederek, temelde gerçekleşen deplasmanları, alt-üst eğilme momentlerini, alt-üst gerekli olan donatı alanlarını, gerçekleşen gerilmeleri vb. hesaplayabilmektedir. Bunlara ek olarak kolon ve kazıklar etrafında kesme hesapları yapabilmektedir.

Programın teknik özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

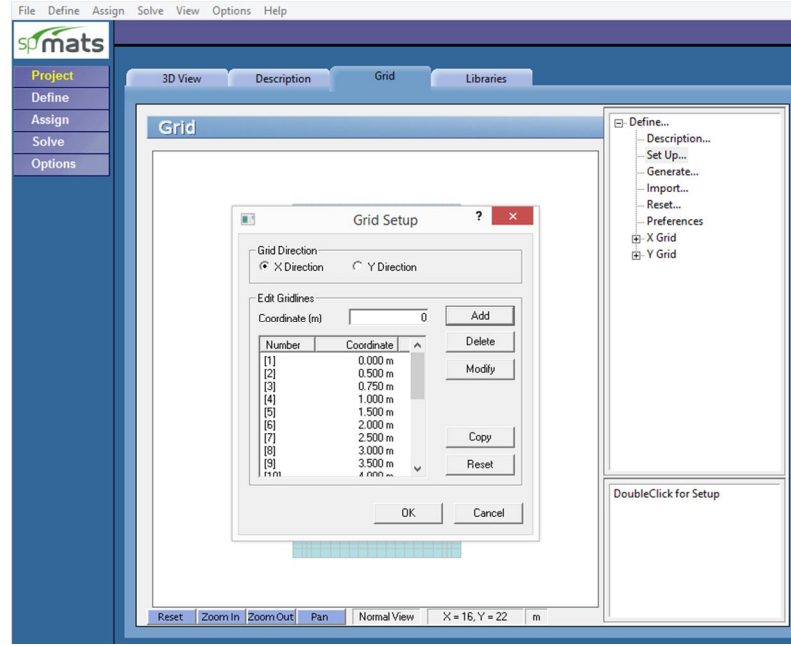
- Program sonlu eleman yöntemini kullanmaktadır.
- Programda yatak katsayısı değeri tanımlanarak hesap yapılmaktadır.
- Yönetmelik olarak ACI 318-14/11/08/05/02 ve CSA A23.3-14/04/94 kullanılmaktadır.
- Oluşturulan modelin planı DXF olarak kaydedilebilmektedir.

- Model oluşturmaya kolaylaştırmak adına metin dosyalarından programa grid, yük ve yük kombinasyonları aktarılabilmektedir.
- Sonlu eleman ağı düğüm başına 3 serbestlik derecesine sahip dört düğümlü prizmatik elemanlardan oluşmaktadır.
- Farklı malzeme özelliklerinde elemanlar tek modelde toplanabilir.
- Düğümler, X ve Y eksenleri etrafında düşey yer değiştirme ve dönme için sınırlandırılabilir.
- Yüklemeler yayılı ve tekil yük olarak yapılabilir.
- Yük kombinasyonları, servis ve nihai tasarım olarak kategorize edilebilir.
- Döşeme ya da temelin kendi ağırlığı otomatik olarak hesaplanarak (isteğe bağlı) analizlere dahil edilebilir.
- Kolon elemanları dikdörtgen ya da dairesel olarak modellenilebilir.

Şekil 5.8.'de spMats giriş ekranı görülmektedir. Modelleme Project sekmesinde başlamaktadır. Oluşturulan modelin 3 boyutlu görünümü 3D View kısmında görülebilmektedir. Şekil 5.9.'da görülen Grid sekmesinde sağ kısmında da görülen Define kısmından aks bilgileri düzenlenebilmektedir.

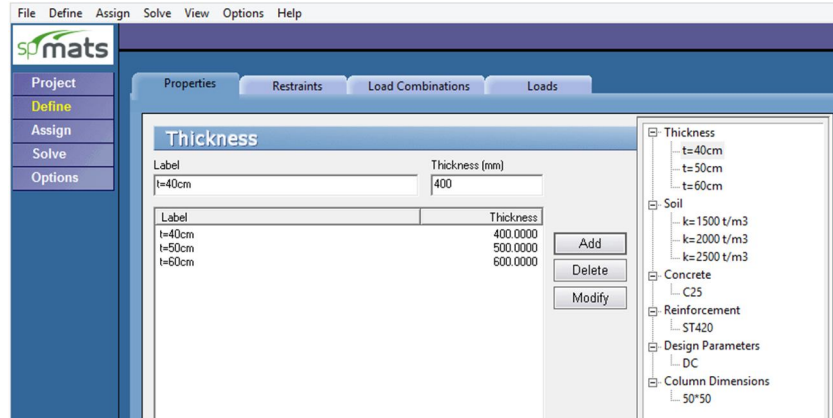


Şekil 5.8. spMats giriş ekranı.

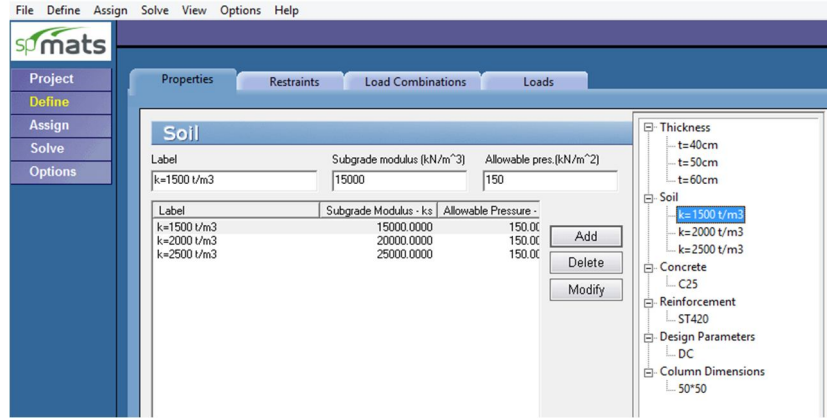


Şekil 5.9. spMats aks bilgileri düzenleme ekranı.

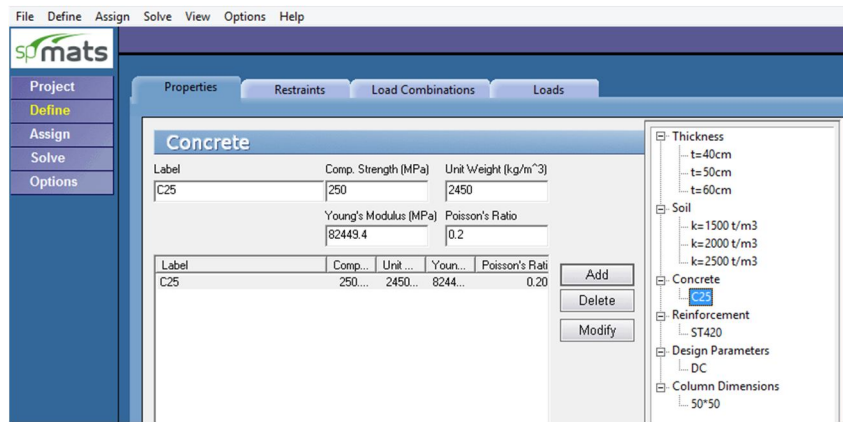
Şekil 5.10.'da görülen Define bölümünde 4 adet sekme bulunmaktadır. Şekil 11-12-13-14-15.'de görüldüğü gibi bu sekmelerde temel kalınlığı, zemin özellikleri, beton kalitesi, donatı kalitesi, paspayı, kolon boyutları, mesnet koşulları, yük kombinasyonları ve yükler değiştirilebilmektedir.



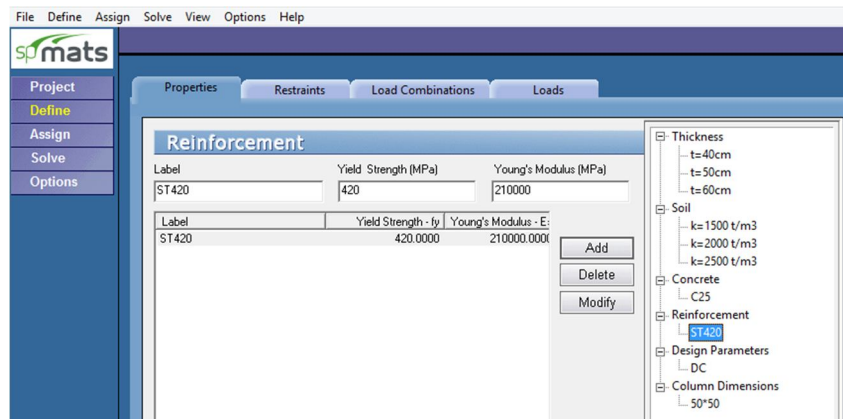
Şekil 5.10. spMats temel kalınlığı düzenleme ekranı.



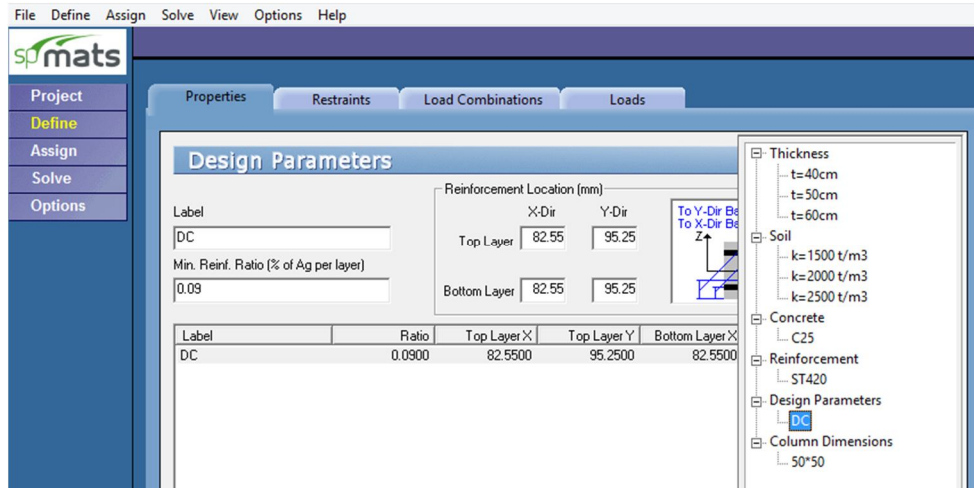
Şekil 5.11. spMats yatak katsayısı düzenleme ekranı.



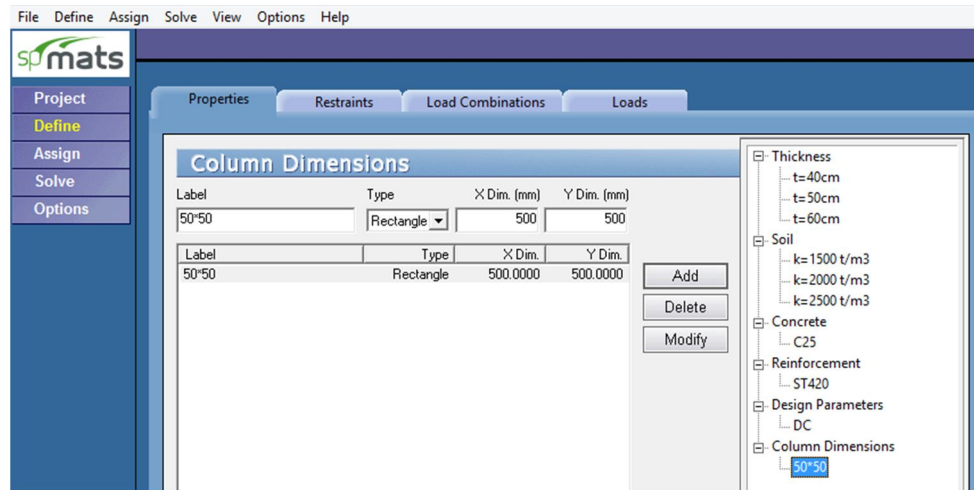
Şekil 5.12. spMats beton kalitesi düzenleme ekranı.



Şekil 5.13. spMats donatı kalitesi düzenleme ekranı.



Şekil 5.14. spMats temel paspayı düzenleme ekranı.



Şekil 5.15. spMats kolon boyutu düzenleme ekranı.

Şekil 5.16.'da görülen ekranda yüklemeler yapılabilmektedir. Bu tez çalışmasında spMats yazılımı girdisi olarak; STA4CAD yazılımında G yüklemesi altında yapılan analiz sonucunda kolonlarda oluşan kesit tesirleri kullanılmıştır.

File Define Assign Solve View Options Help

spMats

Project
Define
Assign
Solve
Options

Properties Restraints Load Combinations **Loads**

Loads - Concentrated

Insert Delete Modify Import...

No	Label	Case	Pz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	SZ01	A	-311.5000	-4.7000	-3.8200
2	SZ02	A	-557.9700	0.0000	-6.8000
3	SZ03	A	-311.5000	4.7000	-3.8200
4	SZ04	A	-521.3600	-5.9600	-2.4000
5	SZ05	A	-720.4500	0.0000	-0.4800
6	SZ06	A	-521.3600	5.9600	-2.4000
7	SZ07	A	-600.8100	-5.4800	0.0000
8	SZ08	A	-739.8100	0.0000	0.0000
9	SZ09	A	-600.8100	5.4800	0.0000
10	SZ10	A	-521.3600	-5.9600	2.4000
11	SZ11	A	-720.4500	0.0000	0.4800
12	SZ12	A	-521.3600	5.9600	2.4000
13	SZ13	A	-311.5000	-4.7000	3.8200
14	SZ14	A	-557.9700	0.0000	6.8000
15	SZ15	A	-311.5000	4.7000	3.8200

Concentrated
Surface

Şekil 5.16. spMats kolon yükleri düzenleme ekranı.

BÖLÜM 6. ANALİZ SONUÇLARI

6.1. STA4CAD Analiz Sonuçları

Şekil 6.1.'de STA4CAD modellerinde ortaya çıkan düğüm noktaları gösterilmektedir. Kıyaslamalar Şekil 6.1.'de verilen noktalar kullanılarak yapılmıştır.

1	2	3	4	7	11	16	23	29	37	46	56	67	79	92	106	121	137	154	172	191	211	232	254
3	5	12	17	23	30	38	47	57	68	80	93	107	122	139	156	173	192	212	233	255	277		
6	9	13	18	24	31	39	48	58	69	81	94	108	123	140	157	174	193	213	234	256	278	300	
10	14	19	25	32	40	49	59	70	82	95	109	124	141	158	175	194	214	235	257	279	301	323	
15	20	26	33	41	50	60	71	83	96	110	125	142	159	176	195	215	236	258	280	302	324	346	
21	27	34	42	51	61	72	84	97	111	126	143	160	177	196	216	237	259	281	303	325	347	369	
28	35	43	52	62	73	85	98	112	127	144	161	178	197	217	238	260	282	304	326	348	370	392	
36	44	53	63	74	86	99	113	128	145	162	179	198	218	239	261	283	305	327	349	371	383	405	
45	54	64	75	87	100	114	129	146	163	180	199	219	240	262	284	306	328	350	372	394	416	438	
55	65	76	88	101	115	130	147	164	181	200	220	241	263	285	307	329	351	373	395	417	429	451	
66	77	89	102	116	131	148	165	182	201	221	242	264	286	308	330	352	374	396	418	440	462	484	
78	90	103	117	132	149	166	183	202	222	243	265	287	309	331	353	375	397	419	441	463	485	507	
91	104	118	133	149	166	184	203	223	244	266	288	310	332	354	376	398	420	442	464	486	508	530	
105	119	134	150	167	185	204	224	245	267	289	311	333	355	377	399	421	443	465	487	509	531	553	
120	135	161	186	205	225	246	268	290	312	334	356	378	400	422	444	466	488	510	532	554	576		
134	152	169	187	206	226	247	269	291	313	335	357	379	401	423	445	467	489	511	533	555	577	599	
153	170	188	207	227	248	270	292	314	336	358	380	402	424	446	468	490	512	534	556	578	600	622	
171	189	208	228	249	271	293	315	337	359	381	403	425	447	469	491	513	535	557	579	601	623	645	
190	209	229	250	272	294	316	338	360	382	404	426	448	470	492	514	536	558	580	602	624	646	667	
210	220	251	273	295	317	339	361	383	405	427	449	471	493	515	537	559	581	603	625	647	649	689	
231	252	274	296	318	340	362	384	406	428	450	472	494	516	538	560	582	604	626	648	650	690	700	
253	275	297	319	341	363	385	407	429	451	473	495	517	539	561	583	605	627	649	670	691	701	722	
274	298	320	342	364	386	408	430	452	474	496	518	540	562	584	606	628	650	671	692	711	723	745	
299	321	343	365	387	409	431	453	475	497	519	541	563	585	607	629	651	672	693	712	724	746	768	
322	344	366	388	410	432	454	476	498	520	542	564	586	608	630	652	673	694	713	725	747	769	791	
345	367	389	411	433	455	477	499	521	543	565	587	609	631	653	674	695	714	726	748	770	792	814	
368	390	412	434	456	478	500	522	544	566	588	610	632	654	675	696	715	727	749	771	793	815	837	
391	413	435	457	479	501	523	545	567	589	611	633	655	676	697	716	728	750	772	794	816	838	860	
414	436	459	480	502	524	546	569	590	612	634	656	677	697	716	724	751	767	792	796	809	821	832	
437	459	481	503	525	547	569	591	613	635	657	678	699	717	735	752	768	793	797	810	822	833	843	
460	482	504	526	548	570	592	614	636	658	679	699	718	736	753	769	794	798	811	823	824	844	853	
483	505	527	549	571	593	615	637	659	680	700	719	737	754	770	785	799	812	824	825	845	854	862	
504	528	550	572	594	616	638	660	681	701	720	739	755	771	786	800	813	825	826	846	855	863	870	
524	551	573	595	617	639	661	682	702	721	739	756	772	787	801	814	826	827	847	856	864	871	877	
552	574	596	619	640	662	683	703	722	740	757	773	788	802	815	827	830	848	857	865	872	879	883	
575	597	619	641	663	684	704	723	741	758	774	789	803	816	828	831	849	858	866	873	879	884	888	
593	620	642	664	685	705	724	742	759	775	790	804	817	829	840	850	859	867	874	880	885	889	892	
621	643	665	686	706	725	743	760	776	791	805	818	830	841	851	860	869	875	881	886	890	893	895	
644	666	687	707	726	744	761	777	792	806	819	831	842	852	861	869	876	882	887	891	894	896	897	

Şekil 6.1. Nokta numaralarının plan üzerinde gösterilmesi.

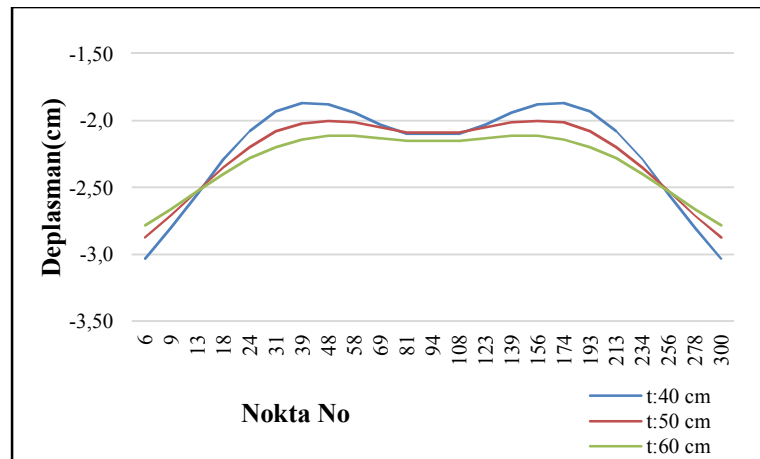
6.1.1. Deplasmanlar

Şekil 6.2.'de değişen temel kalınlığı durumları için deplasman değişimleri incelenmiştir. Buna göre ;

Maksimum deplasmanların meydana geldiği 6 nolu nokta incelendiğinde, temel kalınlığı 40 cm olduğu durumda bu noktada meydana gelen deplasman değeri -3.03 cm, temel kalınlığı 50 cm olduğu durumda -2.873 cm, temel kalınlığı 60 cm olduğu durumda ise -2.784 cm olduğu tespit edilmiştir.

En düşük deplasman değerinin olduğu açıklık ortası olan 39 nolu nokta incelendiğinde, temel kalınlıkları 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda oluşan deplasman değerleri sırasıyla, -1.868 cm, -2.019 cm, -2.138 cm olmuştur.

Orta kolon altı olan 94 numaralı nokta incelendiğinde, temel kalınlıkları 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda oluşan deplasman değerleri sırasıyla, -2.102 cm, -2.088 cm, -2.145 cm olmuştur.

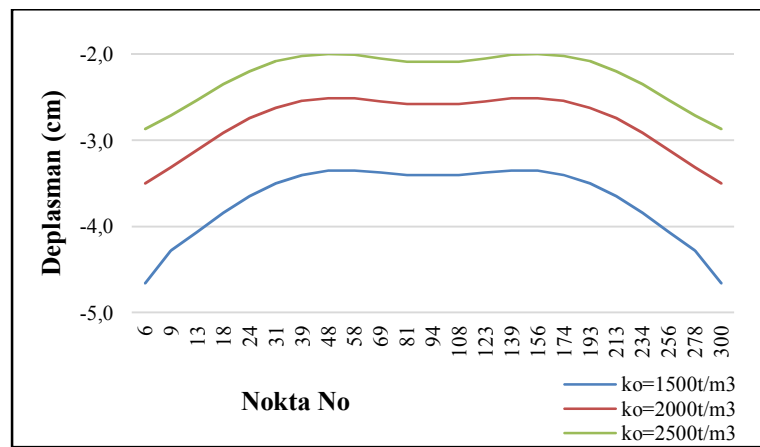


Şekil 6.2. Değişen temel kalınlığı durumlarında oluşan deplasman diyagramları.

Şekil 6.3.'de ise değişen yatak katsayısı durumlarının için deplasman değişimleri incelenmiştir. Buna göre ;

Maksimum deplasmanların meydana geldiği 6 nolu nokta incelendiğinde, yatak katsayısının 1500 t/m^3 olduğu durumda bu noktada meydana gelen deplasman değeri

-4.66 cm, yatak katsayısının 2000 t/m^3 olduğu durumda -3.5 cm, yatak katsayısının 2500 t/m^3 olduğu durumda ise -2.87 cm olduğu tespit edilmiştir. En düşük deplasman değerinin olduğu açıklık ortası olan 39 nolu nokta incelendiğinde, yatak katsayısının 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan deplasman değerleri sırasıyla, -3.4 cm, -2.5 cm, -2.0 cm olmuştur. Orta kolon altı olan 94 nolu nokta incelendiğinde, yatak katsayısının 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan deplasman değerleri sırasıyla, -3.4 cm, -2.58 cm, -2.09 cm olmuştur.



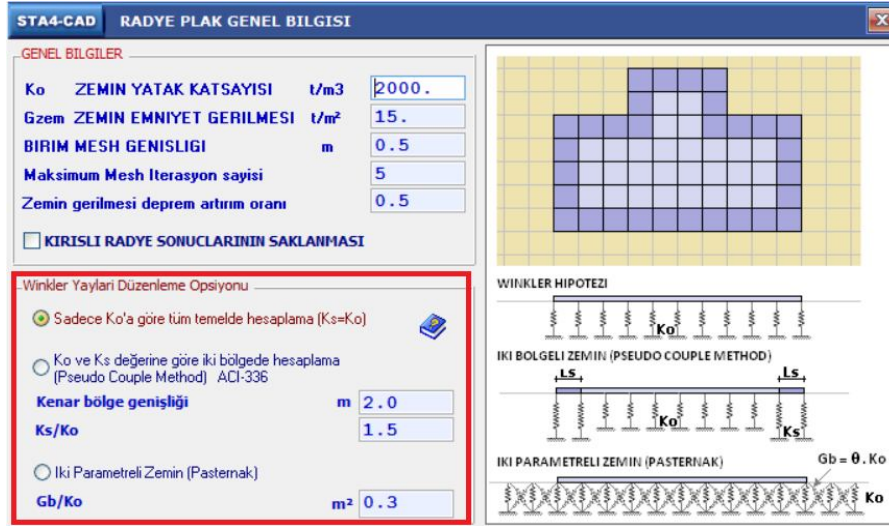
Şekil 6.3. Temel kalınlığının 50cm olması durumunda yatak katsayısı değişimi ile temelde meydana gelen deformasyonlar.

Şekil 6.4.'de işaretlenen kısımdan değiştirilen Winkler yayları düzenleme opsiyonu deplasmanlarda da önemli değişimlere yol açmaktadır. 3 farklı durumda yapılan analiz sonuçlarına göre ;

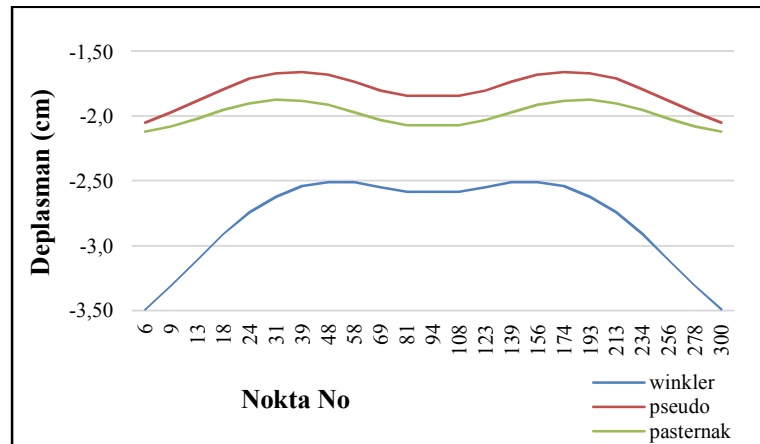
39 nolu nokta incelendiğinde, Winkler yayları düzenleme opsiyonu "Winkler Hipotezi" olduğu durumda bu noktada meydana gelen deplasman değeri -2.54 cm, Winkler yayları düzenleme opsiyonu "Pseudo" olduğu durumda bu noktada meydana gelen deplasman değeri -1.66 cm, Winkler yayları düzenleme opsiyonu "Pasternak" olduğu durumda ise bu noktada meydana gelen deplasman değeri -1.88 cm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.5).

Köşe nokta olan 6 nolu nokta incelendiğinde, Winkler yayları düzenleme opsiyonu "Winkler Hipotezi" olduğu durumda bu noktada meydana gelen deplasman değeri

-3.49 cm, Winkler yayları düzenleme opsiyonu "Pseudo" olduğu durumda bu noktada meydana gelen deplasman değeri -2.05 cm, Winkler yayları düzenleme opsiyonu "Pasternak" olduğu durumda ise bu noktada meydana gelen deplasman değeri -2.12 cm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.4. Radye plak genel bilgisi ekranı.



Şekil 6.5. Değişen Winkler yayları düzenleme opsiyonları durumlarında oluşan deplasman diyagramları.

Deplasman değişimi incelendiğinde, temel kalınlığı arttığında rijitlik arttığından dolayı temelin kenar kısımlarında deplasmanlar düşmektedir. Ancak orta kısımlarda temel ağırlığının artmasından dolayı deplasmanlar artmaktadır. Yatak katsayısının deplasmana etkisi incelendiğinde, yatak katsayısı arttığında yay katsayısı yükseleceğinden oluşan oturmalarda düşecektir.

Winkler yayları düzenleme opsiyonlarının deplasmanlara etkisi incelendiğinde, Winkler Hipotezi'ne göre diğer opsiyonlarda kenar bölgelerde deplasmanlar önemli ölçüde azalmaktadır. Kenar bölgedeki yayların yay katsayısı yüksek alındığından ve yayların birbiri ile etkileşimi dikkate alındığından kenar bölgelerde deplasmanlar azalmaktadır.

6.1.2. Taban basınçları

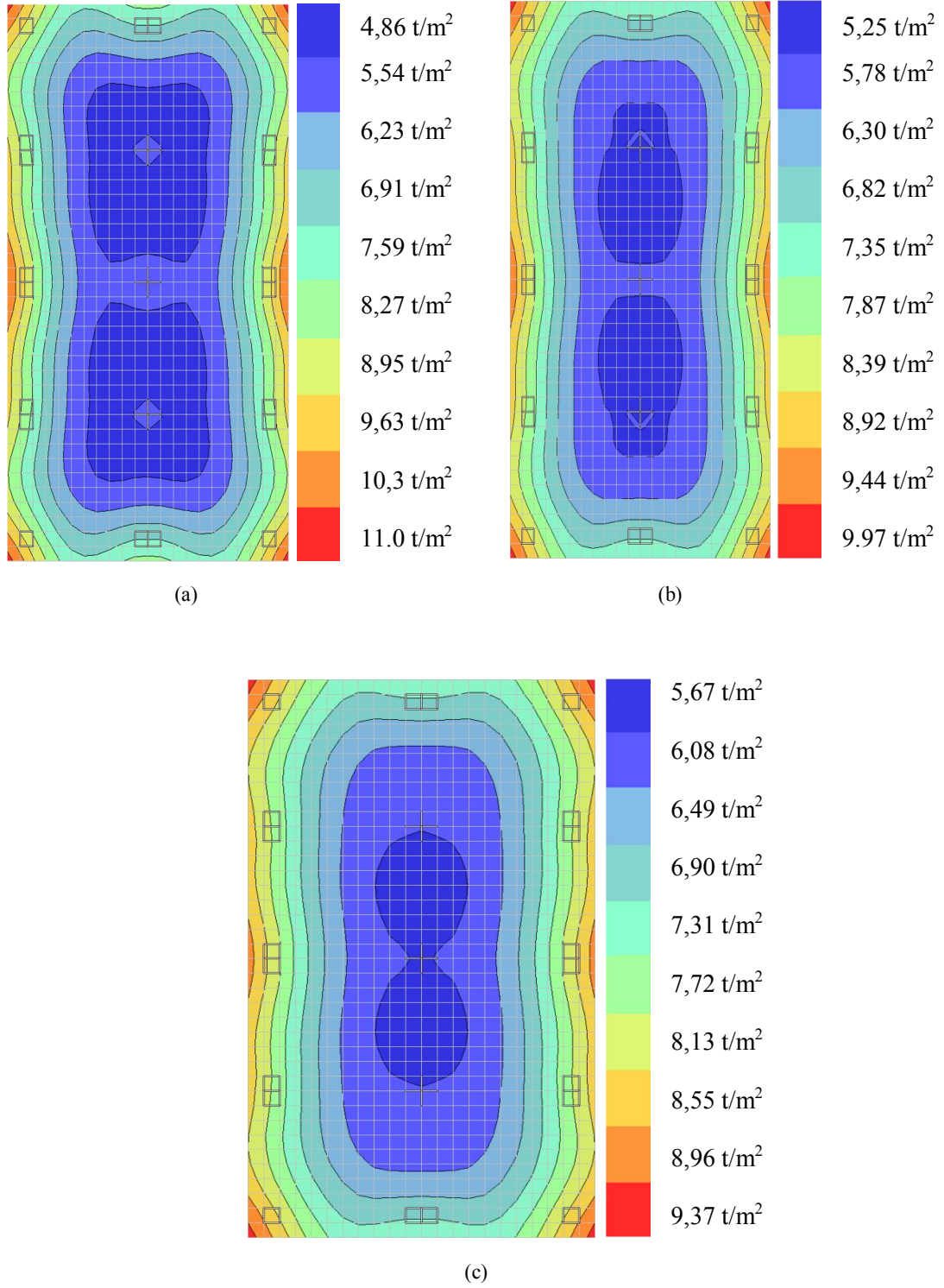
Şekil 6.6. (a)'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'dür. Görüldüğü gibi orta kısımdan köşe noktalara doğru artmakta olan oluşan gerilme değeri en düşük olduğu noktalarda 4,86 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 11 t/m² değerini almaktadır.

Şekil 6.6. (b)'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'dür. Diyagram incelendiğinde en düşük gerilmenin olduğu noktalarda değer 5,25 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 9,97 t/m² değerini almaktadır.

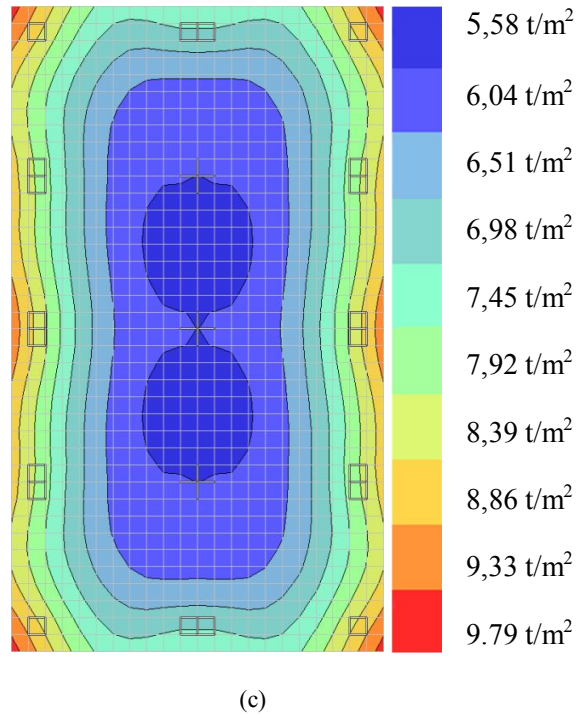
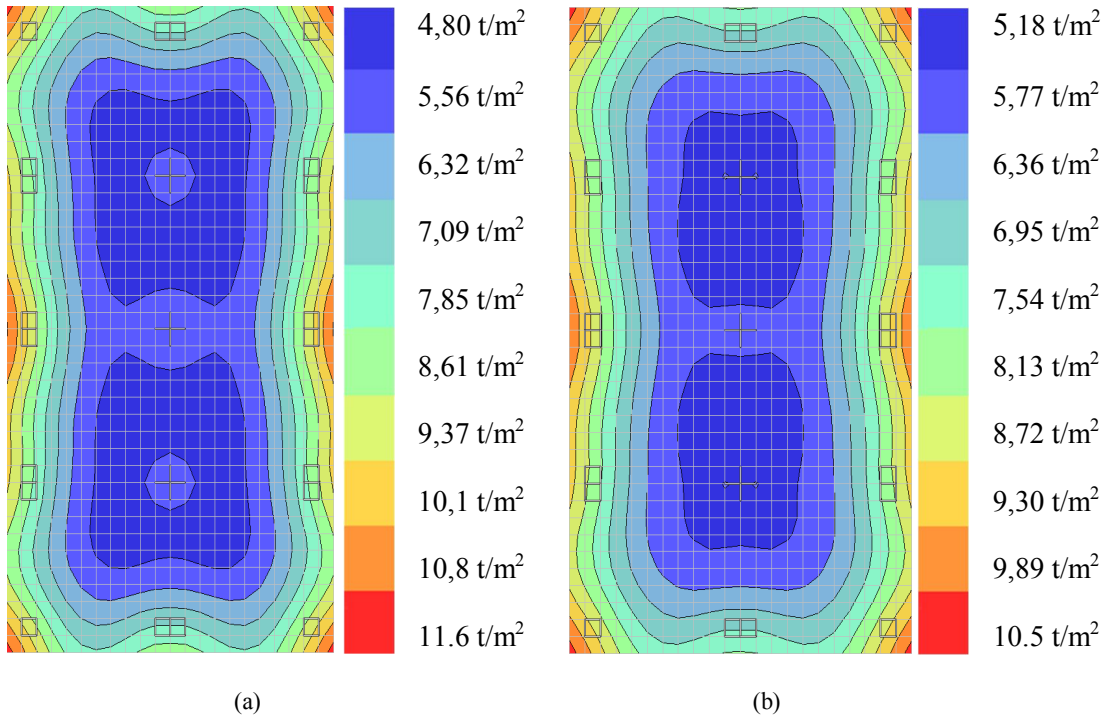
Şekil 6.6. (c)'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'dür. Gerilmelerin bir önceki çözümlere kıyasla düştüğü görülmüştür. Bu çözümde ise en düşük gerilmenin olduğu noktalarda değer 5,67 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 9,37 t/m² değerini almaktadır.

Temel kalınlığı değiştirilerek bu parametrenin gerilme dağılımları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere temel kalınlığı arttıkça gerilme dağılımı çok fazla değişmemekle beraber gerilme değerleri düşmektedir.

Temel kalınlığı değiştirilerek bu parametrenin gerilme dağılımları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere temel kalınlığı arttıkça gerilme dağılımı çok fazla değişmemekle beraber gerilme değerleri düşmektedir.



Şekil 6.6. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan gerilme diyagramları (yatak katsayısı $k_0=1500 \text{ t/m}^3$).



Şekil 6.7. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan gerilme diyagramları (yatak katsayısı $k_o=2000 \text{ t/m}^3$).

Şekil 6.7. (a)'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'dür. Görüldüğü gibi orta kısımdan köşe noktalara doğru artmakta olan oluşan gerilme değeri en düşük olduğu noktalarda 4,86 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 11 t/m² değerini almaktadır.

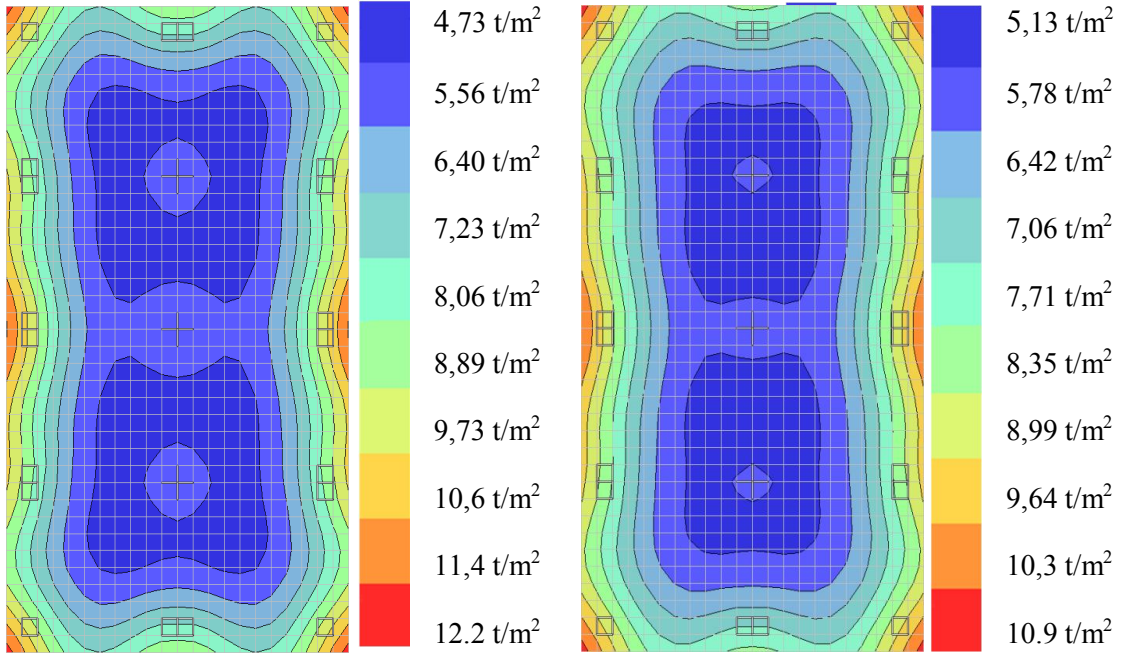
Şekil 6.7. (b)'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'dür. Diyagram incelendiğinde en düşük gerilmenin olduğu noktalarda değer 5,25 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 9,97 t/m² değerini almaktadır.

Şekil 6.7. (c)'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'dür. Gerilmelerin bir önceki çözümlemelere kıyasla düştüğü görülmüştür. Bu çözümde ise en düşük gerilmenin olduğu noktalarda değer 5,67 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 9,37 t/m² değerini almaktadır.

Şekil 6.8. (a)'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'dür. Görüldüğü gibi orta kısımdan köşe noktalara doğru artmakta olan oluşan gerilme değeri en düşük olduğu noktalarda 4,73 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 12.2 t/m² değerini almaktadır.

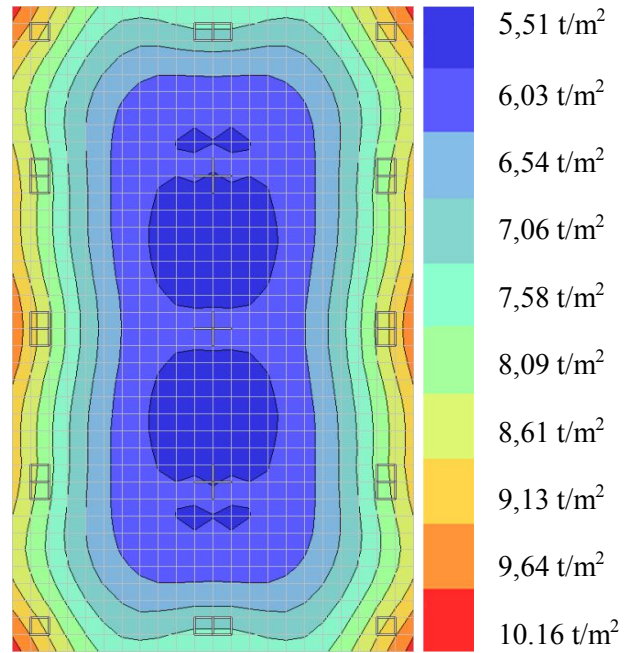
Şekil 6.8. (b)'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'dür. Diyagram incelendiğinde en düşük gerilmenin olduğu noktalarda değer 5,13 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 10,9 t/m² değerini almaktadır.

Şekil 6.8. (c)'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'dür. Gerilmelerin bir önceki çözümlemelere kıyasla düştüğü görülmüştür. Bu çözümde ise en düşük gerilmenin olduğu noktalarda değer 5,51 t/m², en yüksek olduğu noktalarda ise 10,16 t/m² değerini almaktadır.



(a)

(b)



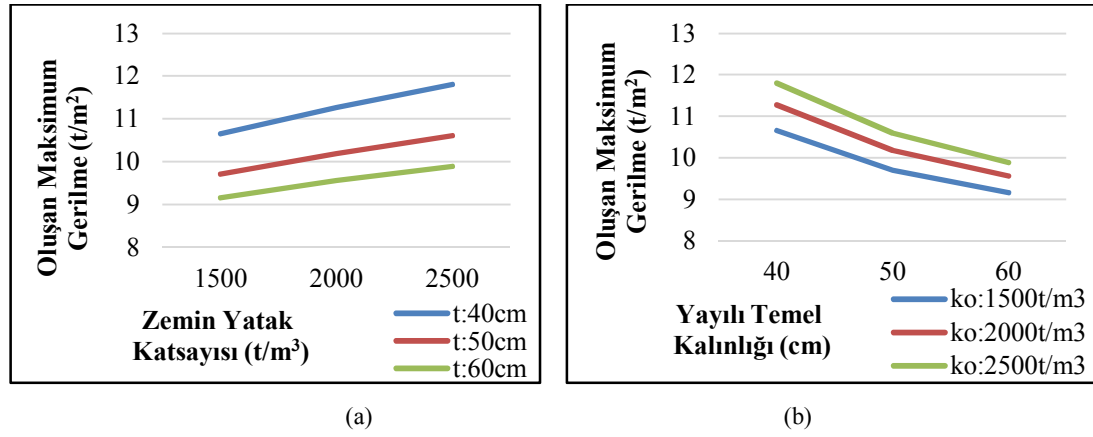
(c)

Şekil 6.8. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan gerilme diyagramları (yatak katsayısı $k_0=2500 \text{ t/m}^3$).

Tablo 6.1. ve Şekil 6.9.'da yatak katsayısının ve temel kalınlığının oluşan gerilmeye etkisi tespit edilmiştir. Temel kalınlığı arttıkça gerilmelerin düştüğü tespit edilmiştir. Aynı şekilde yatak katsayısı arttığında da gerilmeler düşmektedir. Ancak temel kalınlığının gerilme değişimine etkisi yatak katsayısına oranla daha fazla olduğu ulaşılan bir diğer sonuçtur.

Tablo 6.1. Değişen temel kalınlığı ve yatak katsayısı değerlerinde oluşan maksimum gerilmeler.

Oluşan gerilme (t/m ²)	Yatak katsayısı (t/m ³)		
	1500	2000	2500
Temel kalınlığı (cm)	40	11,66	12,22
	50	9,97	10,48
	60	9,37	10,16



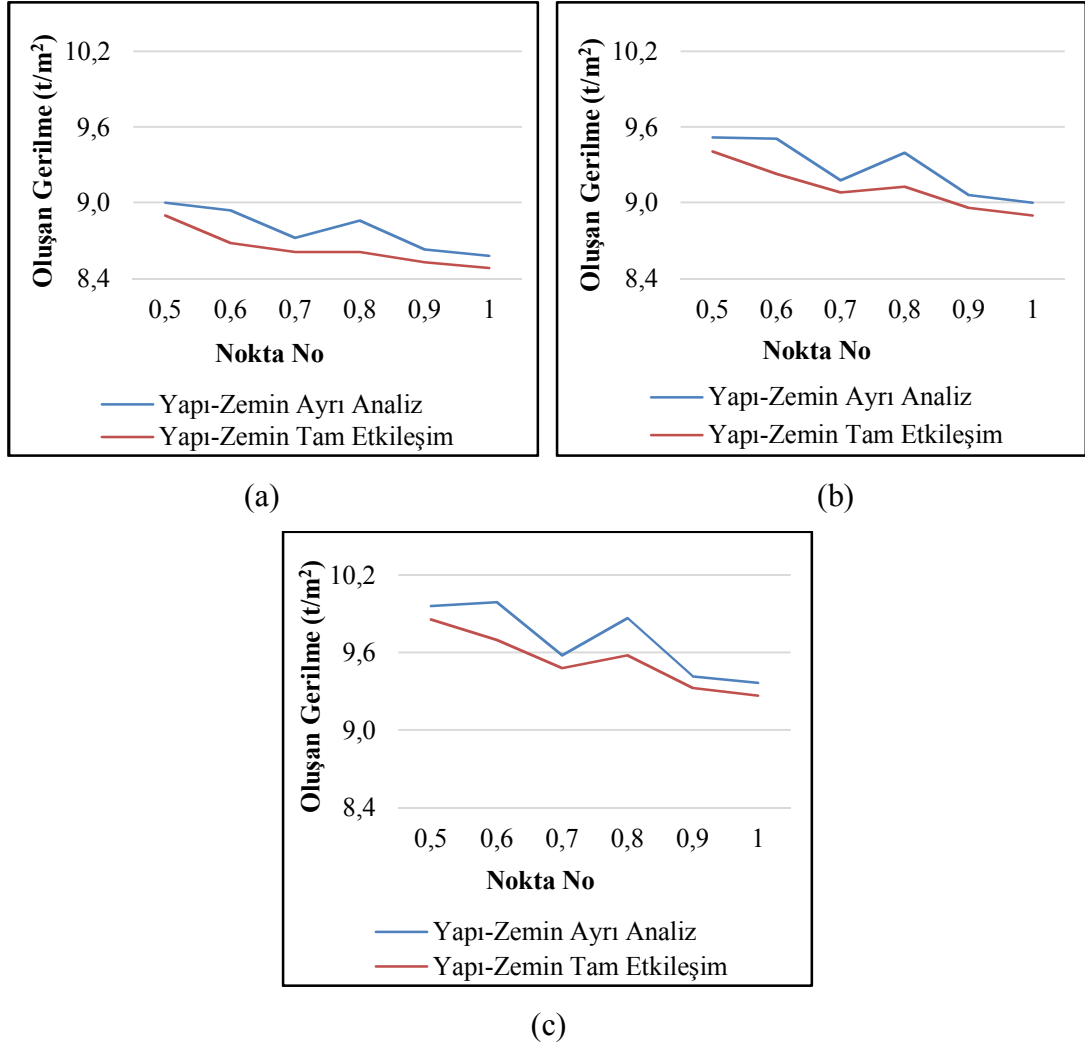
Şekil 6.9. (a) Değişen temel kalınlığı durumlarında oluşan gerilme diyagramları. (b) Değişen yatak katsayısı durumlarında oluşan gerilme diyagramları.

Yatak katsayısı ve temel kalınlığı parametrelerinin oluşan maksimum gerilmeye etkisi incelendiğinde, temel kalınlığı arttığında denklem 6.1.'de görüldüğü gibi mukavemet momenti artacağından momentin oluşturacağı gerilme düşecek dolayısıyla oluşan gerilme de düşecektir. Yatak katsayısı arttığında ise denklem 6.2.'de görüldüğü gibi deplasmanlar düşecek ancak oluşan taban basıncı artacaktır.

$$Q = \frac{N}{F} \pm \frac{M_{x,y}}{W_{x,y}} \quad (6.1)$$

$$k_s = \frac{q}{\delta} \quad (6.2)$$

Şekil 6.10.'da tüm parametreler sabit tutularak analiz opsiyonunun oluşan gerilmeye etkisi incelenmiştir. Yatak katsayısı değiştirilerek 3 ayrı grafik oluşturulmuştur. Buna göre ;



Şekil 6.10. (a) Yatak katsayısının 1500 t/m^3 olduğu durumda değişen analiz opsiyonlarında oluşan gerilme diyagramları. (b) Yatak katsayısının 2000 t/m^3 olduğu durumda değişen analiz opsiyonlarında oluşan gerilme diyagramları. (c) Yatak katsayısının 2500 t/m^3 olduğu durumda değişen analiz opsiyonlarında oluşan gerilme diyagramları.

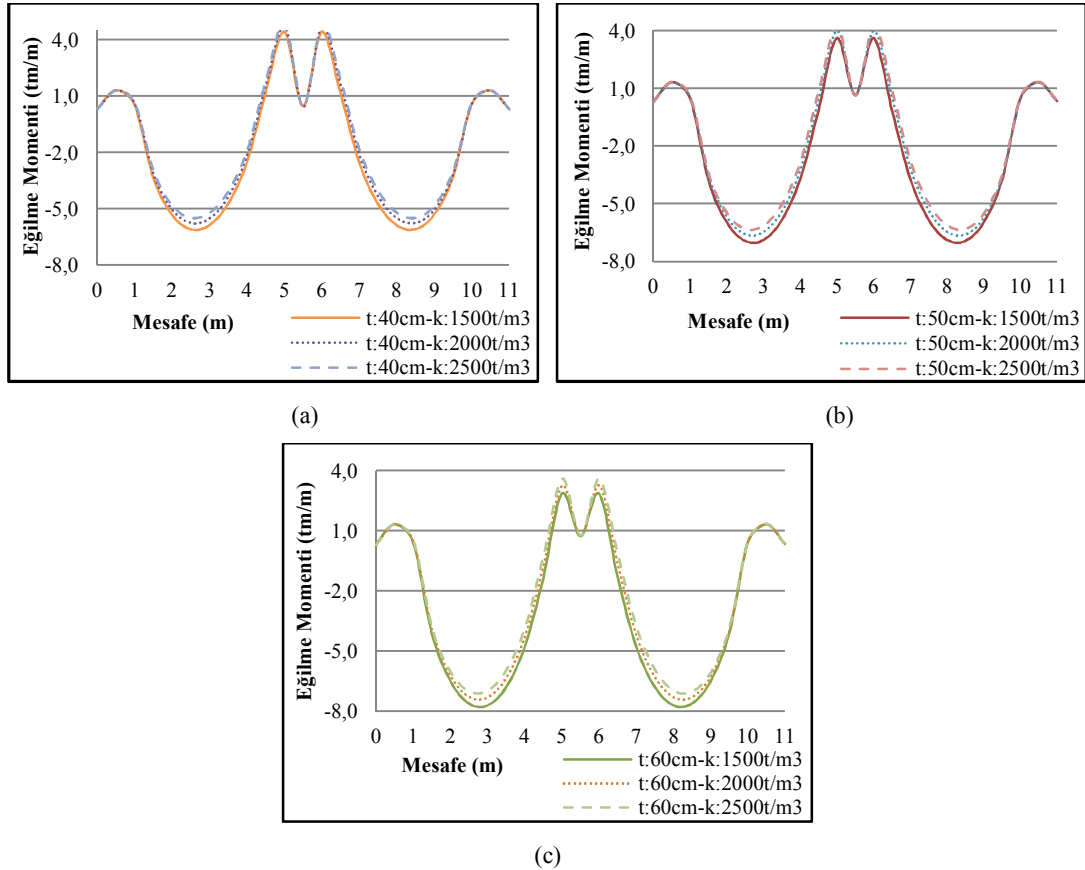
Şekil 6.10.a. grafiği incelendiğinde birim mesh genişliği 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 olduğu durumlarda analiz opsiyonu yapı-zemin ayrı analiz iken oluşan gerilmelerin sırasıyla 9 t/m^2 , 8.94 t/m^2 , 8.72 t/m^2 , 8.86 t/m^2 , 8.63 t/m^2 , 8.58 t/m^2 olduğu tespit edilmiştir. Yapı-zemin tam etkileşim durumunda iken oluşan gerilmeler sırasıyla 8.9 t/m^2 , 8.68 t/m^2 , 8.61 t/m^2 , 8.61 t/m^2 , 8.53 t/m^2 , 8.48 t/m^2 olmuştur.

Şekil 6.10.b. grafiği incelendiğinde birim mesh genişliği 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 olduğu durumlarda analiz opsiyonu yapı-zemin ayrı analiz iken oluşan gerilmelerin sırasıyla 9.52 t/m^2 , 9.51 t/m^2 , 9.18 t/m^2 , 9.4 t/m^2 , 9.06 t/m^2 , 9 t/m^2 olduğu tespit edilmiştir. Yapı-zemin tam etkileşim durumunda iken oluşan gerilmeler sırasıyla 9.41 t/m^2 , 9.23 t/m^2 , 9.08 t/m^2 , 9.13 t/m^2 , 8.96 t/m^2 , 8.9 t/m^2 olmuştur.

Şekil 6.10.c. grafiği incelendiğinde birim mesh genişliği 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 olduğu durumlarda analiz opsiyonu yapı-zemin ayrı analiz iken oluşan gerilmelerin sırasıyla 9.96 t/m^2 , 9.99 t/m^2 , 9.58 t/m^2 , 9.87 t/m^2 , 9.42 t/m^2 , 9.37 t/m^2 olduğu tespit edilmiştir. Yapı-zemin tam etkileşim durumunda iken oluşan gerilmeler sırasıyla 9.86 t/m^2 , 9.7 t/m^2 , 9.48 t/m^2 , 9.58 t/m^2 , 9.33 t/m^2 , 9.27 t/m^2 olmuştur.

6.1.3. Eğilme momentleri

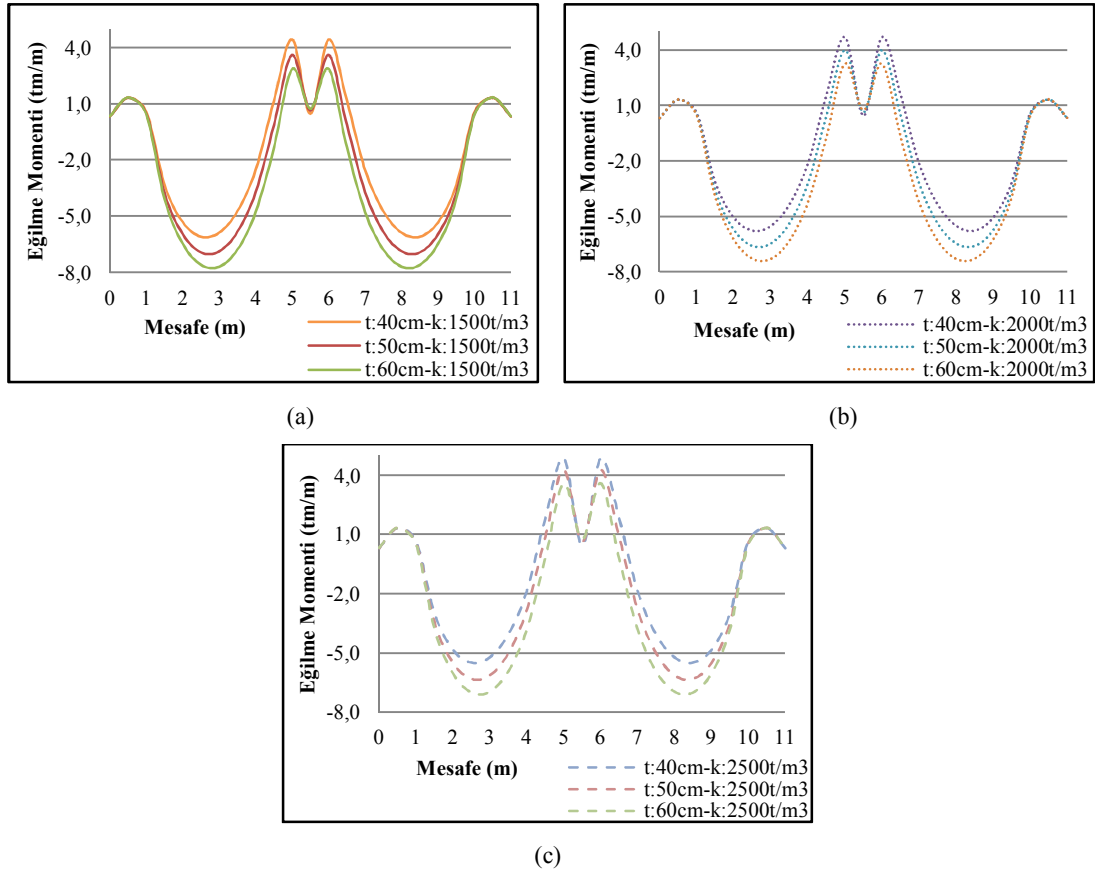
Şekil 6.11. a, b, c.'de sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen A aksı eğilme momenti diyagramları görülmektedir.



Şekil 6.11. Değişen yatak katsayısı ve sabit temel kalınlığı durumlarına A aksı moment diyagramları.

Buna göre temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 2.5 m mesafesinde (moment diyagramı 1. pik noktası) oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -6.08 tm/m , -5.73 tm/m , -5.46 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 2.5 m mesafesinde (moment diyagramı 1. pik noktası) oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -6.92 tm/m , -6.56 tm/m , -6.28 tm/m olmuştur. Analiz temel kalınlığı 60 cm iken tekrar edildiğinde, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 2.5 m mesafesinde (moment diyagramı 1. pik noktası) oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -7.59 tm/m , -7.25 tm/m , -6.97 tm/m olmuştur.

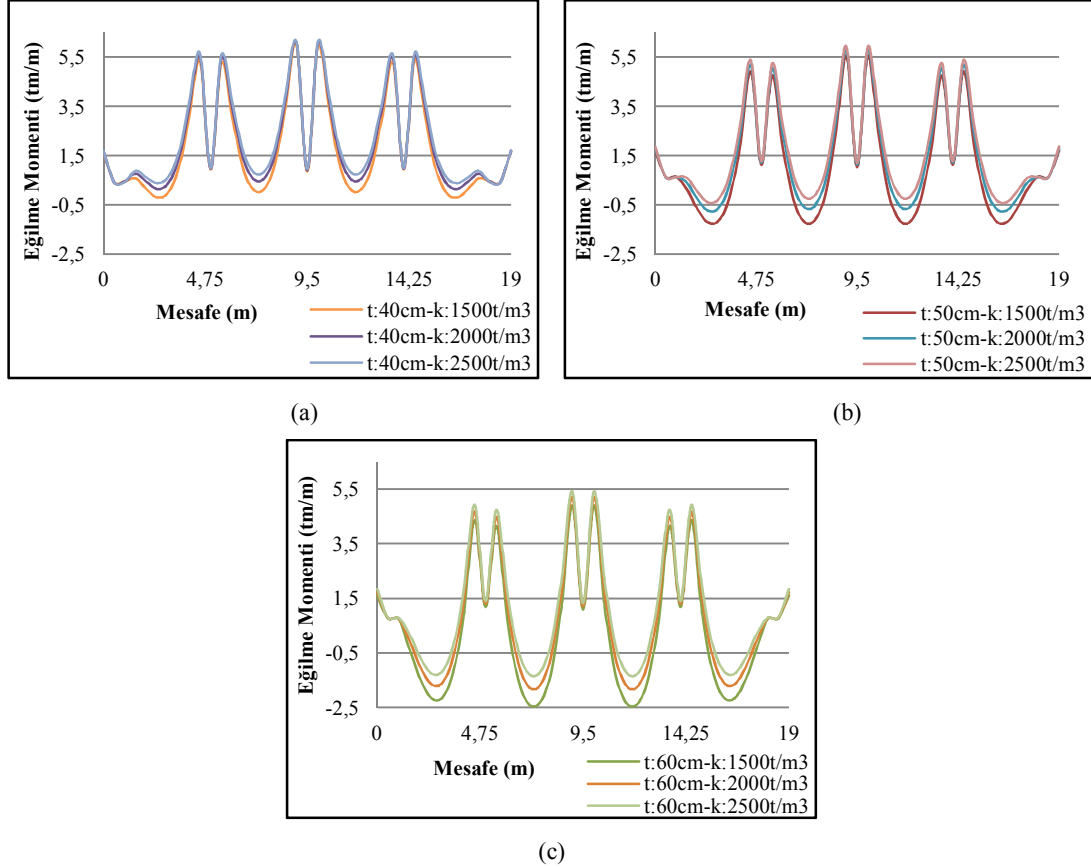
Şekil 6.12. a, b, c.'de ise sırasıyla yatak katsayısı değerlerinin 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda elde edilen A aksı eğilme momenti diyagramları değişen temel kalınlığına bağlı olarak görülmektedir.



Şekil 6.12. Değişen temel kalınlığı ve sabit yatak katsayısı durumlarına A aksı moment diyagramları.

Yatak katsayısı 1500 t/m^3 iken, temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda 2.5 m mesafesinde (moment diyagramı 1. pik noktası) oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -6.08 tm/m , -6.92 tm/m , -7.59 tm/m olmuştur. Yatak katsayısı 2000 t/m^3 iken, temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda 2.5 m mesafesinde (moment diyagramı 1. pik noktası) oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -5.73 tm/m , -6.56 tm/m , -7.25 tm/m olmuştur. Aynı şekilde analiz yatak katsayısı 2500 t/m^3 iken yapıldığında, temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda 2.5 m mesafesinde (moment diyagramı 1. pik noktası) oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -5.46 tm/m , -6.28 tm/m , -6.97 tm/m olmuştur.

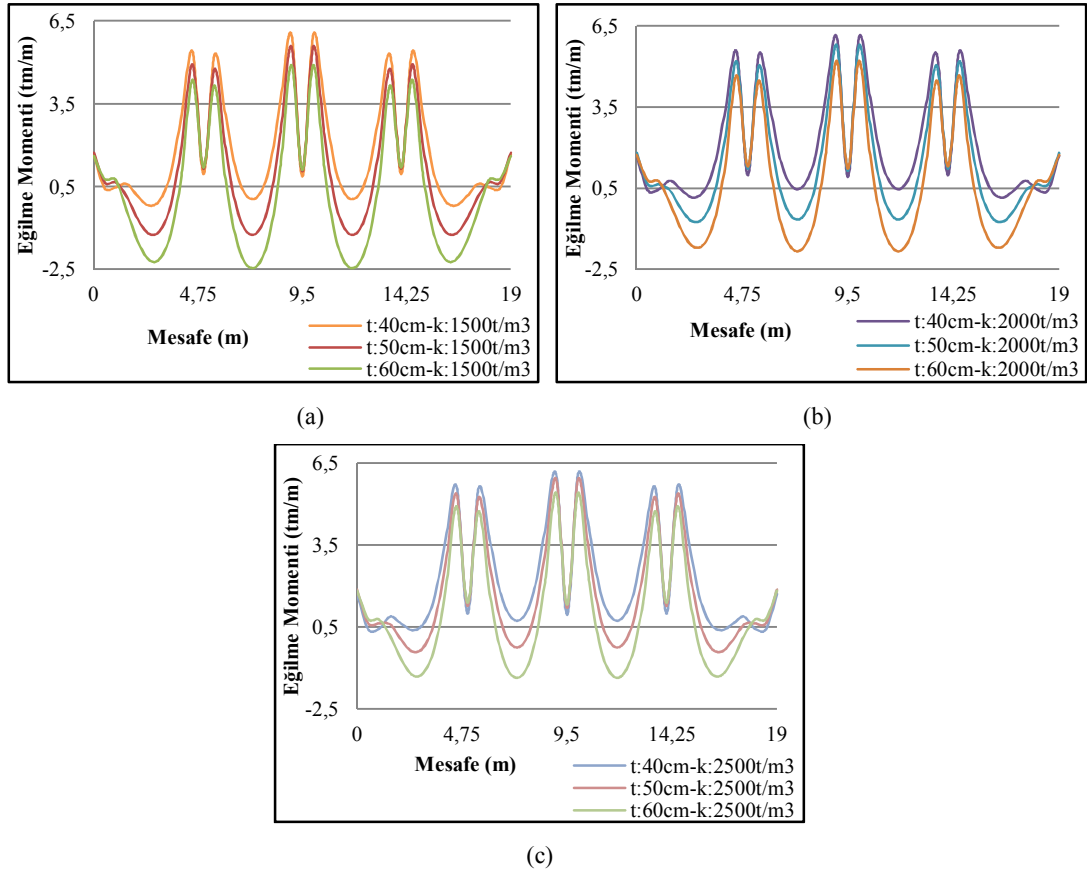
Şekil 6.13. a, b, c.'de sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen 1 aksı eğilme momenti diyagramları görülmektedir.



Şekil 6.13. Değişen temel kalınlığı ve sabit yatak katsayısı durumlarına 1 aksı moment diyagramları.

Karşılaştırma pozitif moment oluşan 4.5 m mesafesinde yapıldığında temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 5.39 tm/m, 5.56 tm/m, 5.67 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 4.5 m mesafesinde oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.93 tm/m, 5.2 tm/m, 5.39 tm/m olmuştur. Analiz temel kalınlığı 60 cm iken tekrar edildiğinde, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 4.5 m mesafesinde oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.38 tm/m, 4.69 tm/m, 4.94 tm/m olmuştur.

Şekil 6.14. a, b, c.'de sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen 1 aksı eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Karşılaştırma pozitif moment oluşan 4.5 m mesafesinde yapılacaktır.



Şekil 6.14. Değişen yatak katsayısı ve radye temel kalınlığı durumlarına 1 aksı moment diyagramları.

Buna göre temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 4.5 m mesafesinde oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 5.39 tm/m, 5.56 tm/m, 5.67 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 4.5 m mesafesinde oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.93 tm/m, 5.2 tm/m, 5.39 tm/m olmuştur. Analiz temel kalınlığı 60 cm iken tekrar edildiğinde, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda 4.5 m mesafesinde oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.38 tm/m, 4.69 tm/m, 4.94 tm/m olmuştur.

Diyagramlar incelendiğinde temel kalınlığı arttıkça M_x momenti değerinin arttığı görülmüştür. Temel kalınlığı arttığında temel ağırlığı artacağı için M_x momenti de artacaktır.

Yatak katsayısı arttığında ise M_x momenti değerinde düşme olduğu tespit edilmiştir. Yatak katsayısı arttığında taban basıncı artacak, bunun sonucunda M_x momentinde azalma gerçekleşecektir.

6.1.4. Nokta bazında eğilme momenti ve donatı alanları

Şekil 6.1.'de gösterilen 25, 287 ve 800 numaralı noktalarda farklı analiz durumlarında M_x (tm/m) momentinde ve A_{sx} (cm²/m) donatı alanlarındaki değişim incelenmiştir.

Şekil 6.15.a.'da sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan moment değerleri aşağıdaki şekildedir. Temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -3.42 tm/m, -3.23 tm/m, -3.08 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -3.86 tm/m, -3.68 tm/m, -3.54 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 60 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -4.19 tm/m, -4.03 tm/m, -3.89 tm/m olmuştur.

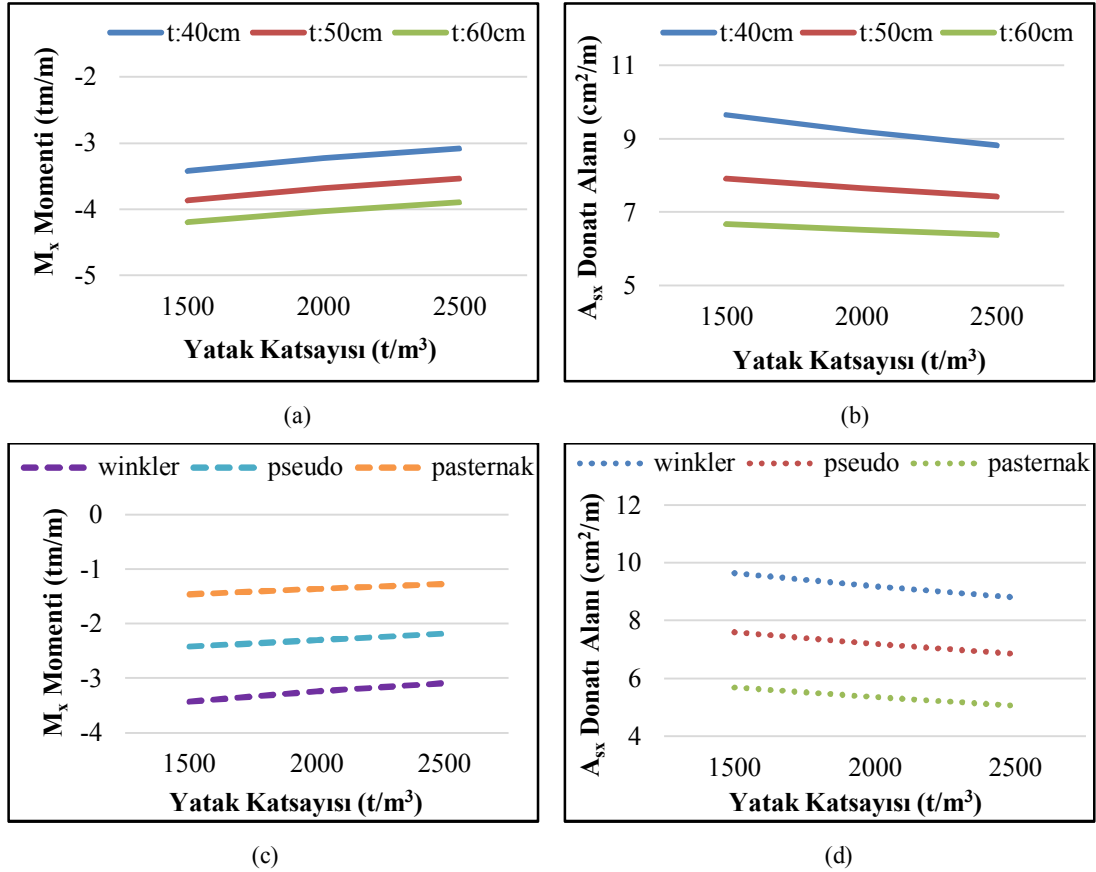
Şekil 6.15.b.'de sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen A_{sx} donatı alanı diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan donatı alanı değerleri aşağıdaki şekildedir. Temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 9.66 cm²/m, 9.2 cm²/m, 8.82 cm²/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 7.92 cm²/m, 7.65 cm²/m, 7.42 cm²/m olmuştur. Temel kalınlığı 60 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu

durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 6.68 cm²/m, 6.52 cm²/m, 6.37 cm²/m olmuştur.

Şekil 6.15.c.'de sırasıyla winkler yayları düzenleme opsiyonunun “Winkler Hipotezi”, “Pseudo Couple Method” ve “Pasternak” olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan moment değerleri aşağıdaki şekildedir. Winkler Hipotezi'ne göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -3.42 tm/m, -3.23 tm/m, -3.08 tm/m olmuştur. “Pseudo” yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -2.41 tm/m, -2.29 tm/m, -2.17 tm/m olmuştur. “Pasternak” yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -1.45 tm/m, -1.35 tm/m, -1.26 tm/m olmuştur.

Şekil 6.15.d.'de sırasıyla Winkler yayları düzenleme opsiyonunun “Winkler Hipotezi”, “Pseudo Couple Method” ve “Pasternak” olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan donatı alanı değerleri aşağıdaki şekildedir.

Winkler Hipotezi'ne göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 9.66 cm²/m, 9.2 cm²/m, 8.82 cm²/m olmuştur. “Pseudo” yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 7.62 cm²/m, 7.22 cm²/m, 6.87 cm²/m olmuştur. “Pasternak” yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 5.71 cm²/m, 5.37 cm²/m, 5.08 cm²/m olmuştur.



Şekil 6.15. (a) 25 nolu nokta M_x momenti değişimi. (b) 25 nolu nokta A_{sx} donatı alanı değişimi. (c) 25 nolu nokta M_x momenti değişimi. (d) 25 nolu nokta A_{sx} momenti değişimi.

Şekil 6.16.a.'da sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan moment değerleri aşağıdaki şekildedir. Temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 2.75 tm/m, 3.11 tm/m, 3.33 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 1.56 tm/m, 2.07 tm/m, 2.44 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 60 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 0.4 tm/m, 0.96 tm/m, 1.4 tm/m olmuştur.

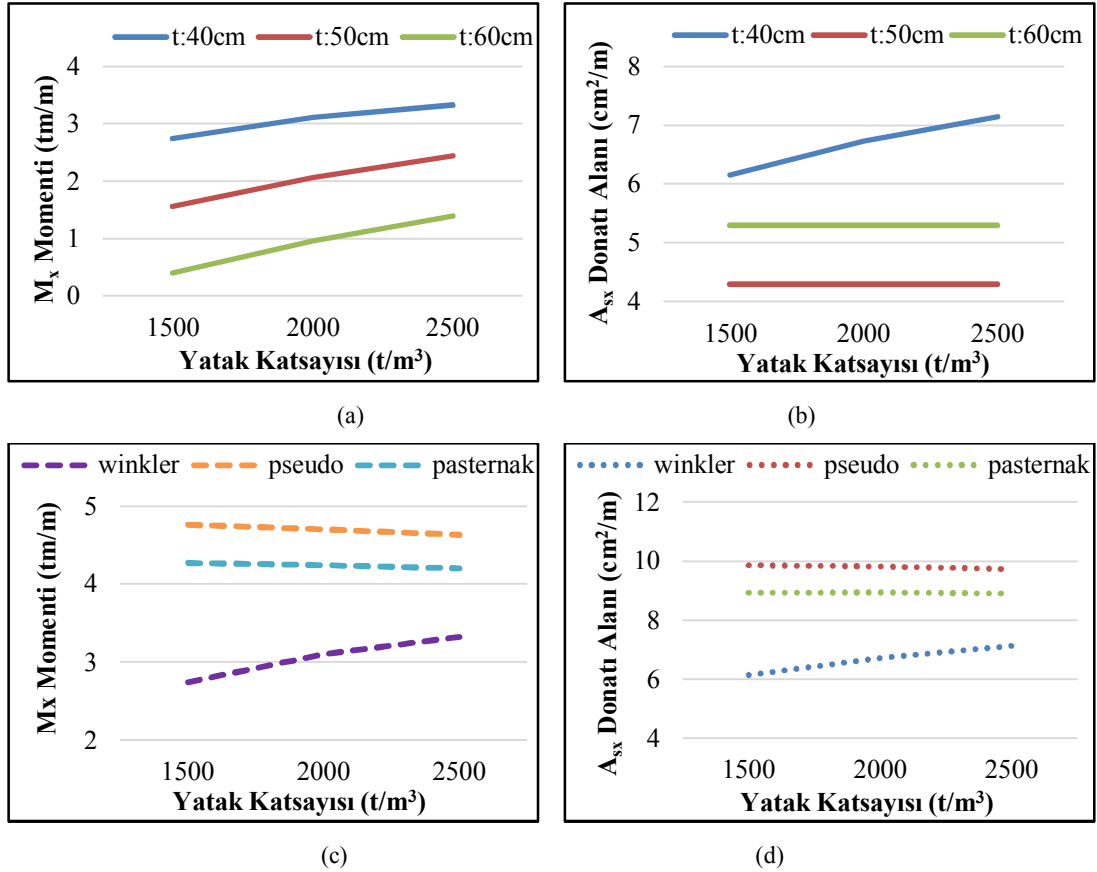
Şekil 6.16.b.'de sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen A_{sx} donatı alanı diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan donatı alanı değerleri aşağıdaki şekildedir. Temel kalınlığı 40 cm iken, yatak

katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 6.16 cm²/m, 6.73 cm²/m, 7.15 cm²/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 4.3 cm²/m, 4.3 cm²/m, 4.3 cm²/m olmuştur. Temel kalınlığı 60 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 5.3 cm²/m, 5.3 cm²/m, 5.3 cm²/m olmuştur.

Şekil 6.16.c.'de sırasıyla Winkler yayları düzenleme opsiyonunun "Winkler Hipotezi", "Pseudo Couple Method" ve "Pasternak" olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan moment değerleri aşağıdaki şekildedir. Winkler Hipotezi'ne göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 2.75 tm/m, 3.11 tm/m, 3.33 tm/m olmuştur. "Pseudo" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.77 tm/m, 4.71 tm/m, 4.64 tm/m olmuştur. "Pasternak" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.28 tm/m, 4.25 tm/m, 4.21 tm/m olmuştur.

Şekil 6.16.d.'de sırasıyla Winkler yayları düzenleme opsiyonunun "Winkler Hipotezi", "Pseudo Couple Method" ve "Pasternak" olduğu durumlarda elde edilen A_{sx} donatı alanları diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan donatı alanı değerleri aşağıdaki şekildedir.

Winkler Hipotezi'ne göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 6.16 cm²/m, 6.73 cm²/m, 7.15 cm²/m olmuştur. "Pseudo" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 9.88 cm²/m, 9.84 cm²/m, 9.75 cm²/m olmuştur. "Pasternak" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanları değeri sırasıyla, 8.95 cm²/m, 8.96 cm²/m, 8.92 cm²/m olmuştur.



Şekil 6.16. (a) 287 nolu nokta M_x momenti değişimi. (b) 287 nolu nokta A_{sx} donatı alanı değişimi. (c) 287 nolu nokta M_x momenti değişimi. (d) 287 nolu nokta A_{sx} momenti değişimi.

Şekil 6.17.a.'da sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan moment değerleri aşağıdaki şekildedir. Temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -4.26 tm/m , -3.84 tm/m , -3.51 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -5.41 tm/m , -4.92 tm/m , -4.55 tm/m olmuştur. Temel kalınlığı 60 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -6.42 tm/m , -5.92 tm/m , -5.52 tm/m olmuştur.

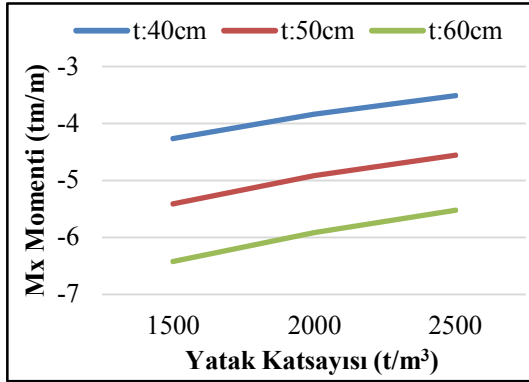
Şekil 6.17.b.'de sırasıyla temel kalınlığının 40 cm, 50 cm, 60 cm olduğu durumlarda elde edilen A_{sx} donatı alanı diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan donatı alanı değerleri aşağıdaki şekildedir. Temel kalınlığı 40 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m^3 , 2000 t/m^3 , 2500 t/m^3 olduğu durumlarda oluşan donatı alanı

değeri sırasıyla, 8.66 cm²/m, 7.76 cm²/m, 7.09 cm²/m olmuştur. Temel kalınlığı 50 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 8.31 cm²/m, 7.55 cm²/m, 6.98 cm²/m olmuştur. Temel kalınlığı 60 cm iken, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 7.95 cm²/m, 7.31 cm²/m, 6.82 cm²/m olmuştur.

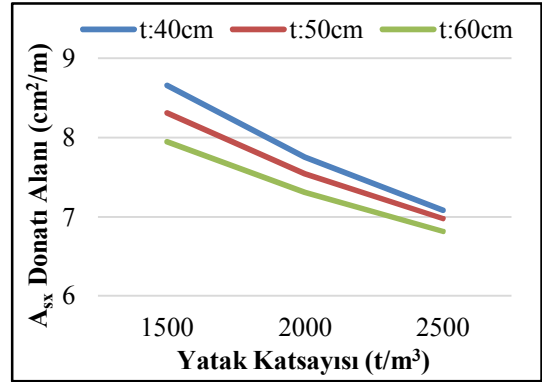
Şekil 6.17.c.'de sırasıyla Winkler yayları düzenleme opsiyonunun "Winkler Hipotezi", "Pseudo Couple Method" ve "Pasternak" olduğu durumlarda elde edilen M_x eğilme momenti diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan moment değerleri aşağıdaki şekildedir. Winkler Hipotezi'ne göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -4.26 tm/m, -3.84 tm/m, -3.51 tm/m olmuştur. "Pseudo" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -2.2 tm/m, -2.08 tm/m, -1.98 tm/m olmuştur. "Pasternak" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, -2.09 tm/m, -2 tm/m, -1.92 tm/m olmuştur.

Şekil 6.17.d.'de sırasıyla Winkler yayları düzenleme opsiyonunun "Winkler Hipotezi", "Pseudo Couple Method" ve "Pasternak" olduğu durumlarda elde edilen A_{sx} donatı alanları diyagramları görülmektedir. Farklı analiz durumlarında oluşan donatı alanı değerleri aşağıdaki şekildedir.

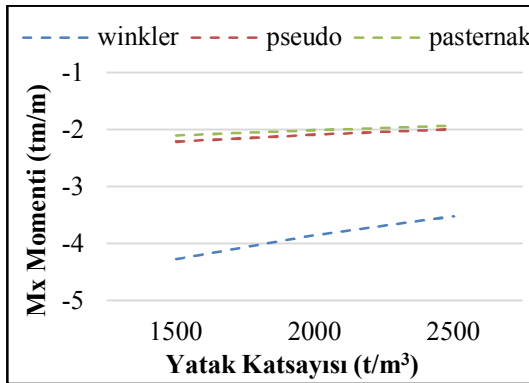
Winkler Hipotezi'ne göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 8.66 cm²/m, 7.76 cm²/m, 7.09 cm²/m olmuştur. "Pseudo" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan eğilme momenti değeri sırasıyla, 4.87 cm²/m, 4.45 cm²/m, 4.12 cm²/m olmuştur. "Pasternak" yöntemine göre analizde, yatak katsayısı 1500 t/m³, 2000 t/m³, 2500 t/m³ olduğu durumlarda oluşan donatı alanı değeri sırasıyla, 4.47 cm²/m, 4.15 cm²/m, 3.9 cm²/m olmuştur.



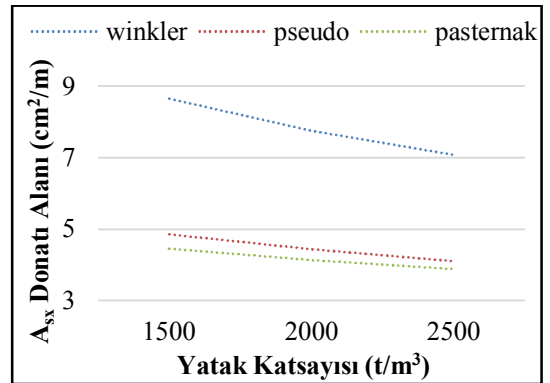
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6.17. (a) 800 nolu nokta M_x momenti değişimi. (b) 800 nolu nokta A_{sx} donatı alanı değişimi. (c) 800 nolu nokta M_x momenti değişimi. (d) 800 nolu nokta A_{sx} momenti değişimi.

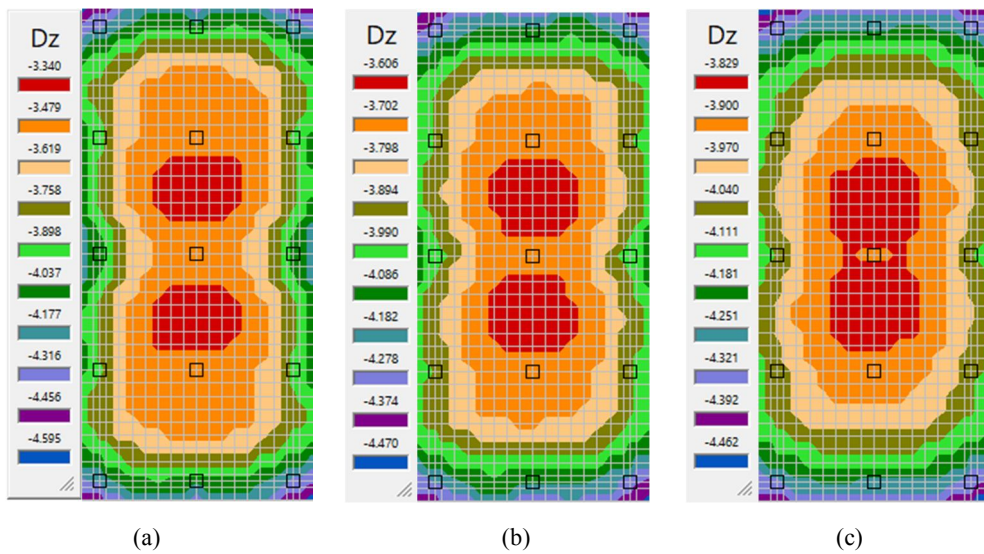
6.2. SpMats Analiz Sonuçları

6.2.1. Deplasmanlar

Şekil 6.18.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. Orta kısımdan köşe noktalara doğru artmakta olan deplasman değeri en düşük olduğu noktalarda -3.340 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -4.595 cm değerini almaktadır.

Şekil 6.18.b.'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. Diyagram incelendiğinde en düşük deplasman değerinin olduğu noktalarda -3.606 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -4.470 cm değerini almaktadır.

Şekil 6.18.c.'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. Diyagram incelendiğinde en düşük deplasmanın olduğu noktalarda değer -3.829 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -4.462 cm değerini almaktadır. Temel kalınlığı değiştirilerek bu parametrenin deplasman dağılımları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Temel kalınlığı arttıkça oluşan deplasmanlar genel anlamda azalmaktadır. Ancak oluşan en düşük deplasman değeri temel kalınlığı arttıkça artmaktadır.

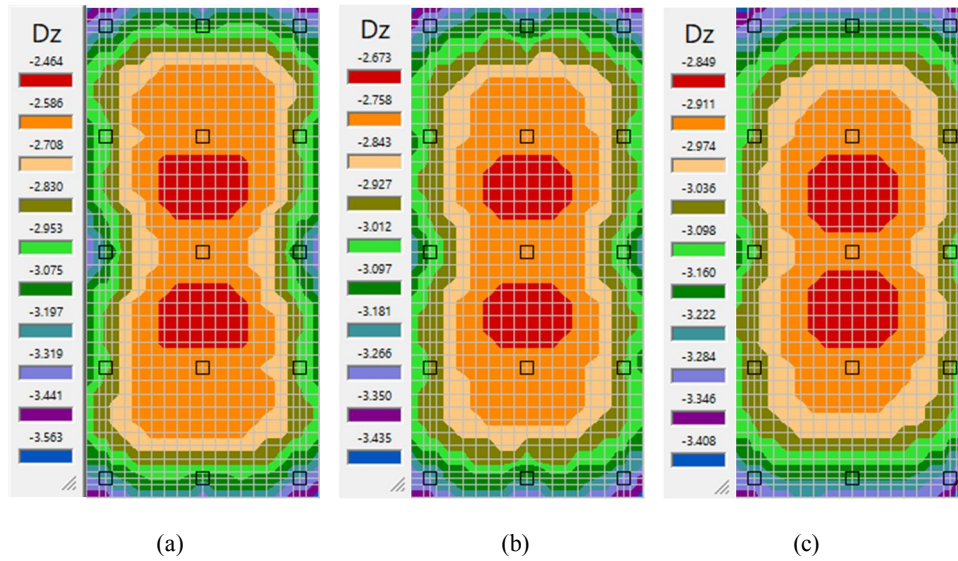


Şekil 6.18. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan deplasman diyagramları (cm) (yatak katsayısı $k_0=1500$ t/m³).

Şekil 6.19.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. Orta kısımdan köşe noktalara doğru artmakta olan deplasman değeri en düşük olduğu noktalarda -2.464 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -3.563 cm değerini almaktadır.

Şekil 6.19.b.'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. Diyagram incelendiğinde en düşük deplasman değerinin olduğu noktalarda -2.673 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -3.345 cm değerini almaktadır.

Şekil 6.19.c.'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. Diyagram incelendiğinde en düşük deplasmanın olduğu noktalarda değer -2.849 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -3.408 cm değerini almaktadır.

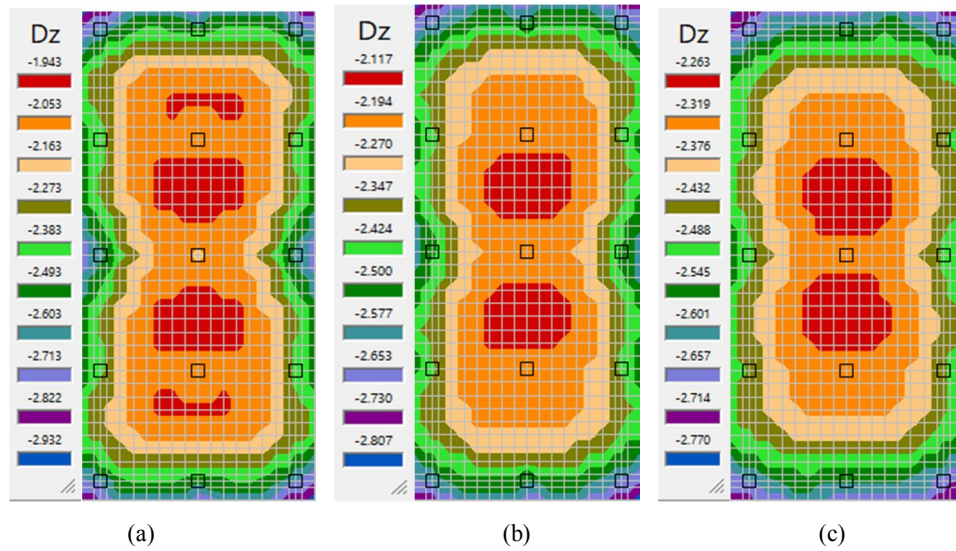


Şekil 6.19. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan deplasman diyagramları (cm) (yatak katsayısı $k_o=2000$ t/m³).

Şekil 6.20.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. Orta kısımdan köşe noktalara doğru artmakta olan deplasman değeri en düşük olduğu noktalarda -1.943 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -2.932 cm değerini almaktadır.

Şekil 6.20.b.'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. Diyagram incelendiğinde en düşük deplasman değerinin olduğu noktalarda -2.117 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -2.807 cm değerini almaktadır.

Şekil 6.20.c.'de görülen diyagramda ise temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. Diyagram incelendiğinde en düşük deplasmanın olduğu noktalarda değer -2.263 cm, en yüksek olduğu noktalarda ise -2.770 cm değerini almaktadır.



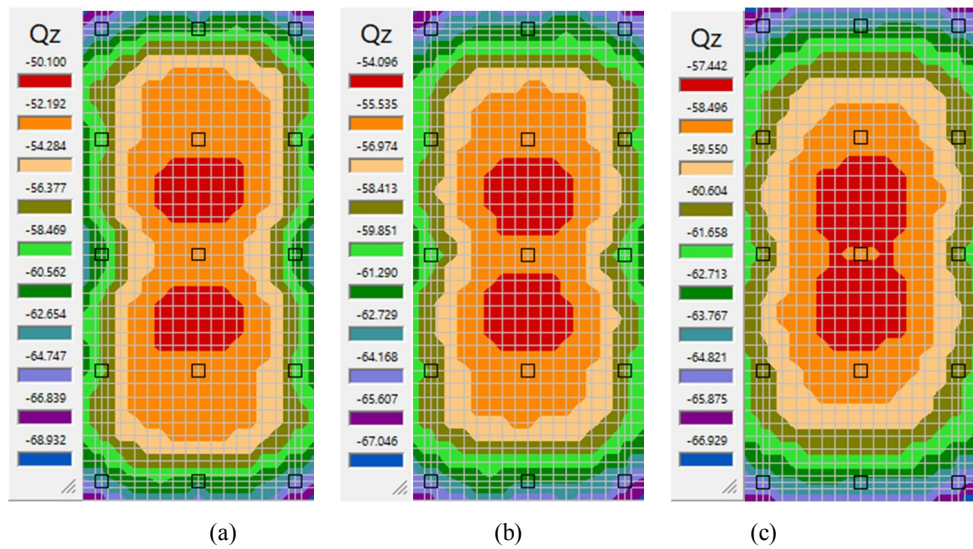
Şekil 6.20. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan deplasman diyagramları (cm) (yatak katsayısı $k_0=2500 \text{ t/m}^3$).

6.2.2. Taban basınçları

Şekil 6.21.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -50.1 kN/m², en yüksek değer ise -68.932 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.21.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -50.1 kN/m², en yüksek değer ise -68.932 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.21.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -54.09 kN/m², en yüksek değer ise -67.046 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

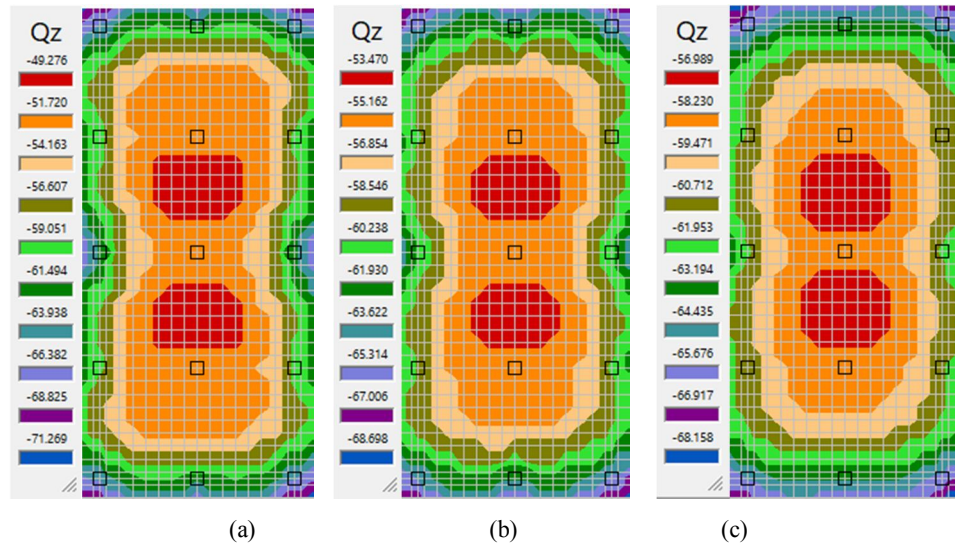


Şekil 6.21. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan taban basıncı diyagramları (kN/m²) (yatak katsayısı $k_0=1500$ t/m³).

Şekil 6.22.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -49.276 kN/m², en yüksek değer ise -71.269 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.22.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -53.47 kN/m², en yüksek değer ise -68.698 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.22.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -56.989 kN/m², en yüksek değer ise -68.158 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

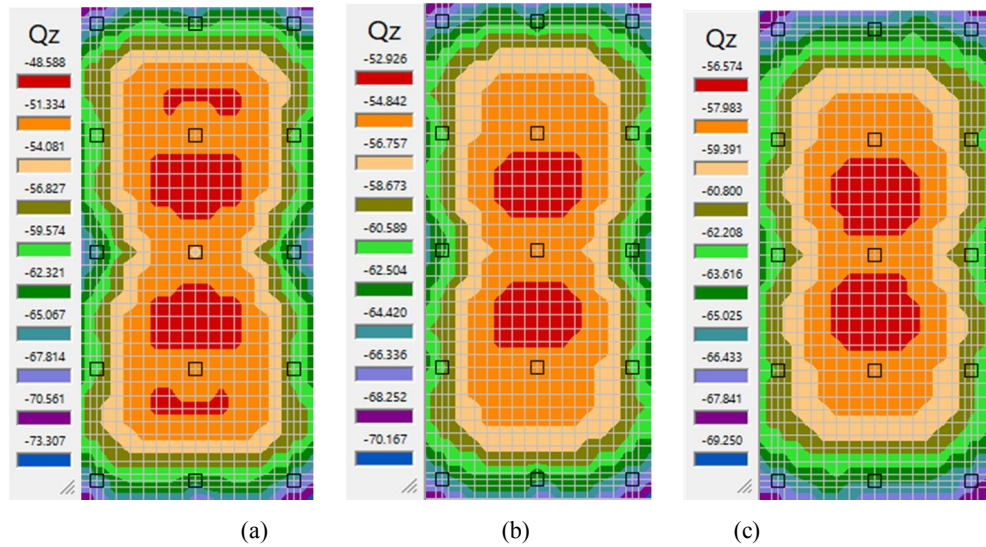


Şekil 6.22. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan taban basıncı diyagramları (kN/m²) (yatak katsayısı $k_0=2000$ t/m³).

Şekil 6.23.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -48.588 kN/m², en yüksek değer ise -73.307 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.23.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -52.926 kN/m², en yüksek değer ise -70.167 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.23.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesinde temel altında oluşan taban basıncı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük taban basıncı değeri -56.574 kN/m², en yüksek değer ise -69.250 kN/m² olduğu tespit edilmiştir.



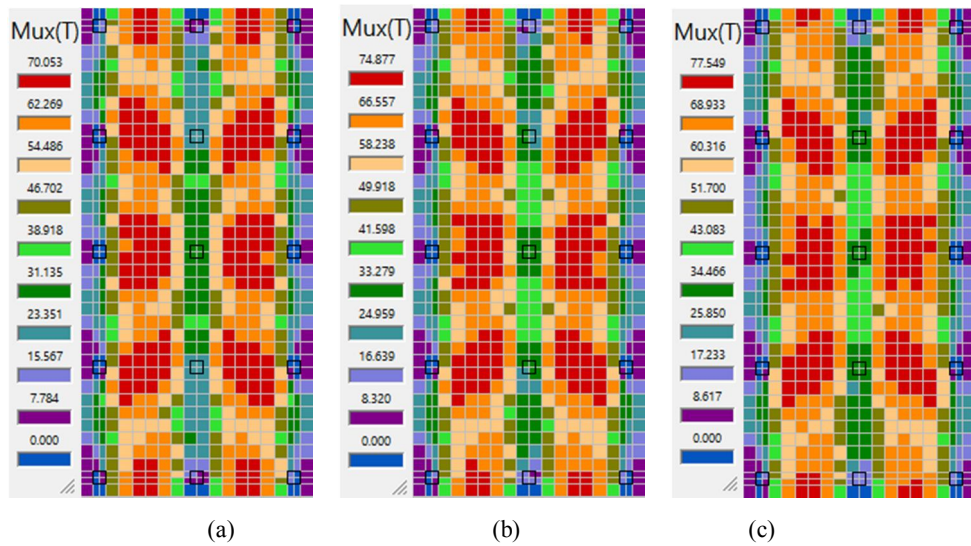
Şekil 6.23. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan taban basıncı diyagramları (kN/m²) (yatak katsayısı $k_0=2500$ t/m³).

6.2.3. Eğilme momentleri

Şekil 6.24.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 7,784 kNm, en yüksek değerinin ise 70,053 kNm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.24.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 8,320 kNm, en yüksek değerinin ise 74,877 kNm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.24.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 8,617 kNm, en yüksek değerinin ise 77.549 kNm olduğu tespit edilmiştir.

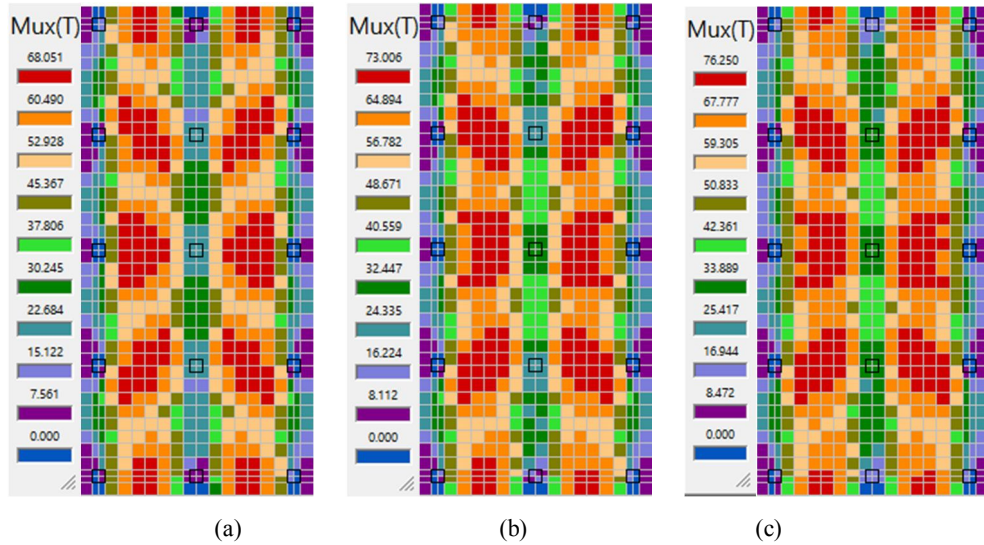


Şekil 6.24. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan M_x momenti diyagramları (kNm) (yatak katsayısı $k_0=1500$ t/m³).

Şekil 6.25.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 7,561 kNm, en yüksek değerinin ise 68,051 kNm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.25.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 8,112 kNm, en yüksek değerinin ise 73,006 kNm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.25.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 8,472 kNm, en yüksek değerinin ise 76,250 kNm olduğu tespit edilmiştir.

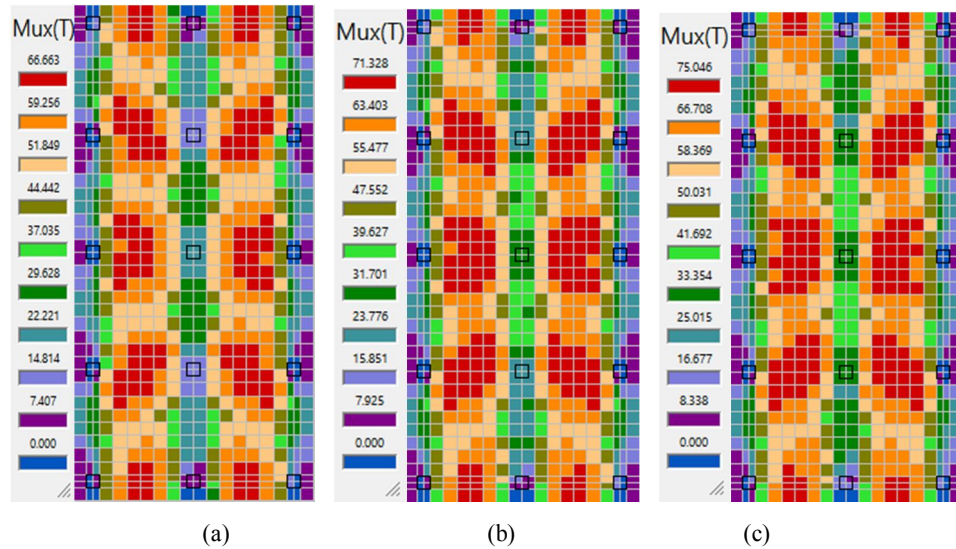


Şekil 6.25. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan M_x momenti diyagramları (kNm) (yatak katsayısı $k_0=2000$ t/m³).

Şekil 6.26.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 7,407 kNm, en yüksek değerinin ise 66,663 kNm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.26.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 7,925 kNm, en yüksek değerinin ise 71,328 kNm olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.26.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan M_x momenti diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük moment değerinin 8,338 kNm, en yüksek değerinin ise 75,046 kNm olduğu tespit edilmiştir.



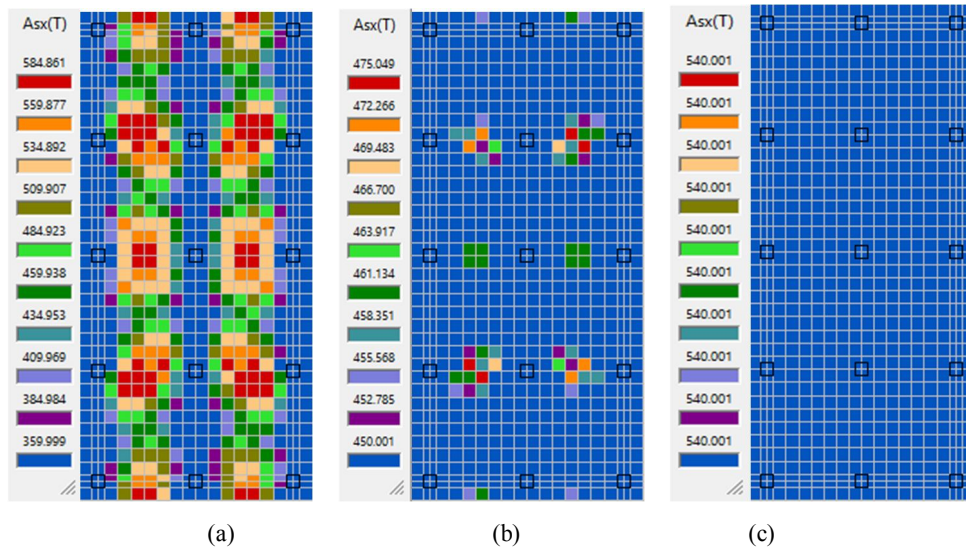
Şekil 6.26. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan M_x momenti diyagramları (kNm) (yatak katsayısı $k_0=2500$ t/m³).

6.2.4. Donatı alanları

Şekil 6.27.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 359.99 mm², en yüksek değerinin ise 584.861 mm² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.27.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 450 mm², en yüksek değerinin ise 475.049 mm² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.27.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 1500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 359.99 mm², en yüksek değerinin ise 584.861 mm² olduğu tespit edilmiştir.

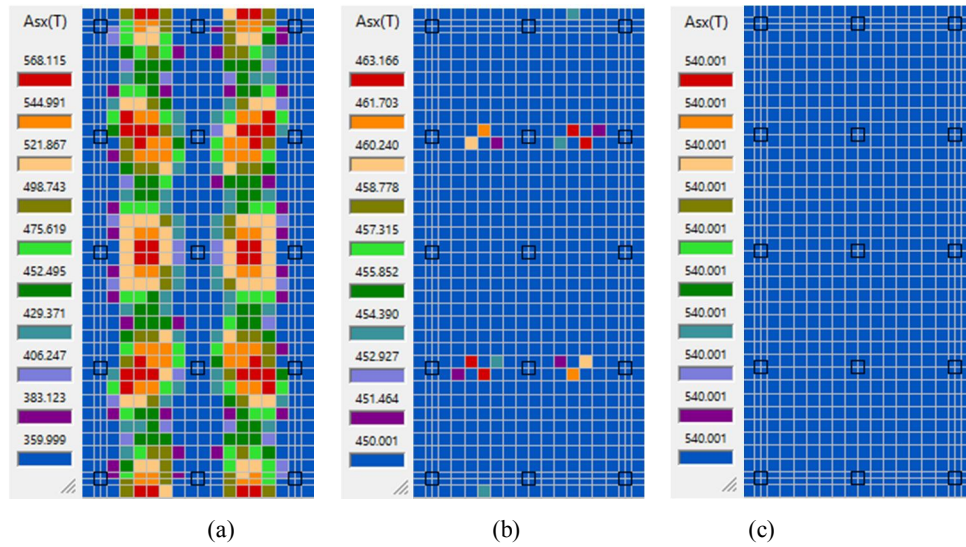


Şekil 6.27. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramları (mm²) (yatak katsayısı k_o=1500 t/m³).

Şekil 6.28.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 359.99 mm², en yüksek değerinin ise 568.115 mm² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.28.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 450 mm², en yüksek değerinin ise 461.166 mm² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.28.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2000 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 540 mm², en yüksek değerinin ise 540 mm² olduğu tespit edilmiştir.

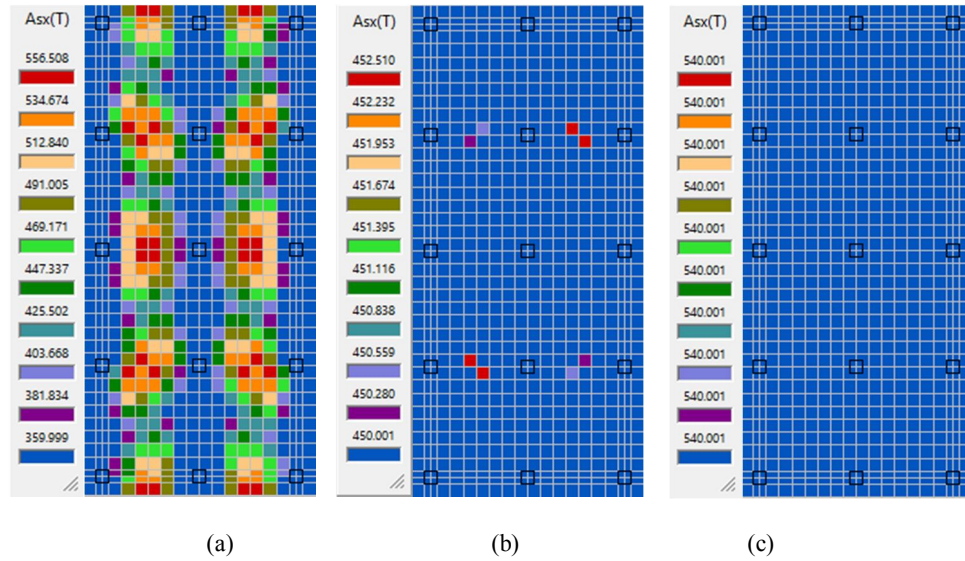


Şekil 6.28. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramları (mm²) (yatak katsayısı k_o=2000 t/m³).

Şekil 6.29.a.'da görülen diyagramda temel kalınlığı 40 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 359.99 mm², en yüksek değerinin ise 556.508 mm² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.29.b.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 50 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 450 mm², en yüksek değerinin ise 452.51 mm² olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 6.29.c.'de görülen diyagramda temel kalınlığı 60 cm, yatak katsayısı 2500 t/m³'tür. G yüklemesi altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramı şekilde görüldüğü gibi olup en düşük donatı alanı değeri 540 mm², en yüksek değerinin ise 540 mm² olduğu tespit edilmiştir.

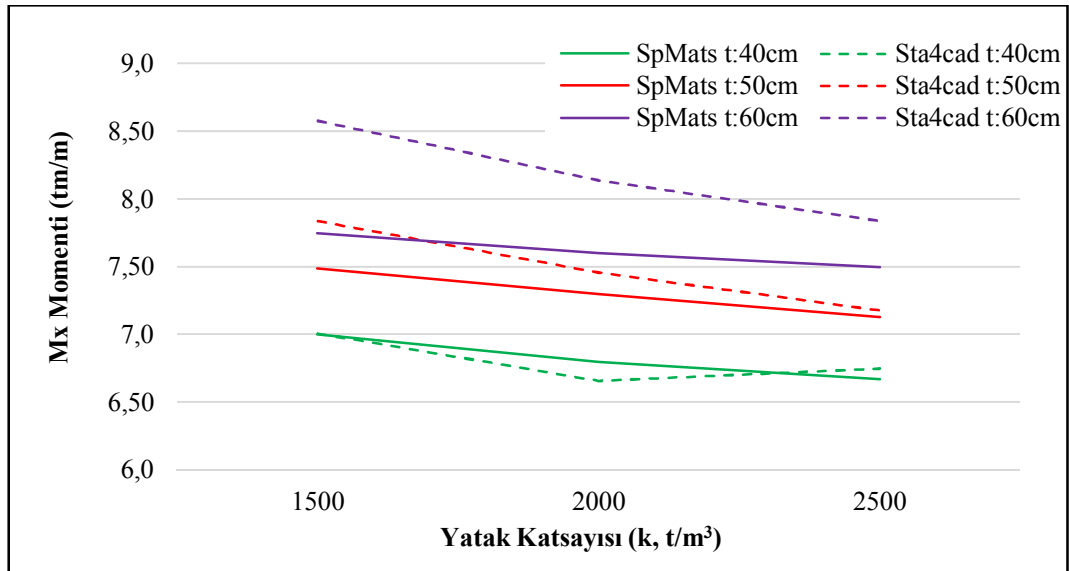


Şekil 6.29. (a) Temel kalınlığı 40 cm, (b) Temel kalınlığı 50 cm, (c) Temel kalınlığı 60 cm durumlarında temel altında oluşan A_{sx} donatı alanı diyagramları (mm²) (yatak katsayısı k_o=2500 t/m³).

6.3. Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları

Şekil 6.30.'da spMats ve STA4CAD programlarında analiz sonucu oluşan M_x momenti sonuçları görülmektedir.

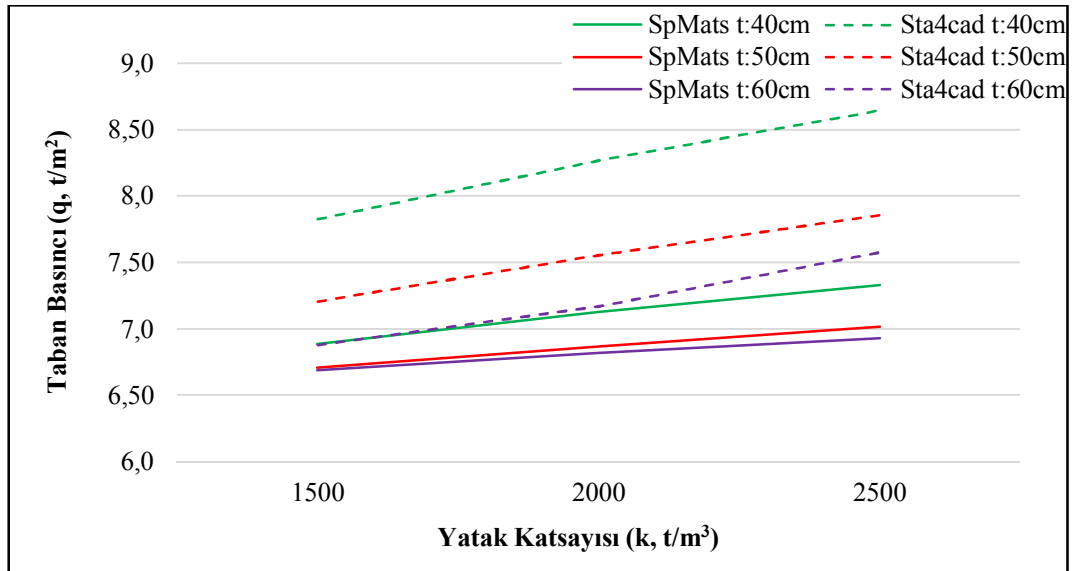
Sonuçlar incelendiğinde programlarda kendi içinde değişimler birbirine yakın olsa da, spMats programında M_x momenti değerlerinde önemli ölçüde düşüş gözlemlenmiştir. Buradan STA4CAD programında yapılan bir temel tasarımı güvenli tarafta kalınacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 6.30. Farklı temel kalınlığı ve yatak katsayısı durumunda her iki yazılımda oluşan M_x momenti sonuçlarının karşılaştırılması.

Şekil 6.31.'de spMats ve STA4CAD programlarında analiz sonucu oluşan taban basıncı (t/m^2) sonuçları görülmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde momentte olduğu gibi taban basıncı sonuçlarında da programlarda kendi içinde değişimler birbirine yakın çıkmıştır. Ancak düz çizgilerin grafikteki konumuna bakılırsa aynı şekilde spMats programında taban basıncı değerlerinde önemli ölçüde düşüş gözlemlenmiştir. STA4CAD programında yapılan bir temel tasarımda güvenli tarafta kalınacağı taban basıncı sonuçları incelendiğinde de anlaşılmıştır.



Şekil 6.31. Farklı temel kalınlığı ve yatak katsayısı durumunda her iki yazılımda oluşan taban basıncı sonuçlarının karşılaştırılması.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yatak katsayısı temel tasarımında önemli bir parametredir. Piyasada yapılan zemin etütlerinde basit abaklar ve tablolardan elde edilen yatak katsayısı değerinin kullanımı analiz sonuçlarını önemli derecede etkilemektedir. Yapılacak olan binanın niteliğine göre hata göz ardı edilebilse de oturmaların önemli olduğu yüksek katlı binalarda mutlaka detaylı saha çalışması ve deneyler ile belirlenmesi gerekmektedir.

Yapılan analizler sonucunda; temel kalınlığı arttığında taban basınçlarının düştüğü, yatak katsayısı arttığında ise taban basınçlarının arttığı görülmüştür. Temel kalınlığının taban basınçları değişimine etkisinin yatak katsayısına göre daha fazla olduğu ulaşılan bir başka sonuçtur.

Temel kalınlığı arttığında, + momentlerin azaldığı, - momentlerin arttığı tespit edilmiştir. Yatak katsayısı arttığında ise + momentlerin arttığı, - momentlerin azaldığı gözlemlenmiştir. Gerekli olan donatı alanlarının ise momentle doğru orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Ancak temel kalınlığı arttıkça gerekli olan donatı miktarı momentle paralel olarak değişse de, yönetmelik gereği gerekli olan minimum donatı alanı temel kalınlığı arttıkça artacaktır.

Winkler yayları düzenleme opsiyonu değiştirilerek analizleri tekrarlandığında, momentlerde opsiyonlar arasında %30'lara varan değişimler gerçekleşmiştir. Opsiyonların analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. STA4CAD ve spMats sonuçları karşılaştırıldığında, spMats programındaki sonuçlara en yakın sonuçları veren yöntem "Pseudo Coupled Method" olmuştur. Tasarım yapılırken optimum çözüm olarak Pseudo Couple Method opsiyonu öne çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Çapar, Ö.F., Demirtaş O. S., Özden G. 2009. Zemin taşıma gücünün yapı temellerinin maliyetine etkisi, 3. Geoteknik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 193-204.
- [2] Kılıç, A.N., Sert S. 2014. Üst yapı modellemesinin yayılı temel analizinde etkisi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 2. Özel Konulu Sempozyumu, 335-338.
- [3] Kılıç, A.N., Sert S. 2012. Yayılı temel analizinde yükleme şeklinin etkisi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Ondördüncü Ulusal Kongresi.
- [4] Önalp, A., Tanaydın, M.O., Sert S. 2010. Üst yapı-temel etkileşiminde rijitliğin önemi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onüçüncü Ulusal Kongresi, 603-612.
- [5] Kahraman, S., Özden, G., Mısır S., Girgin, S.C. 2008. Yapı-zemin etkileşiminin yapısal tasarımdaki rolü, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 28-37.
- [6] Kahraman, S., Mısır İ. S., Özden G. 2007. Sabit ve değişken yatak katsayısı yaklaşımlarının yapı davranışına etkisi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 217-228.
- [7] Siyahi, B., Çetin K. Ö., Bilge H.T. 2013. Geoteknik deprem mühendisliği açısından zemin-temel-yapı etkileşimine kritik bakış, 5. Geoteknik Sempozyumu.
- [8] Civelek, S., Laman M., Baskın İ.C., Bildik S. 2013. Temel tasarımında parametre seçimi ve optimizasyon, 5. Geoteknik Sempozyumu.
- [9] Avcı, B., Gürbüz, A. 2015. Yüzeysel temellerin yatak katsayısı ile tasarımı, 6. Geoteknik Sempozyumu.
- [10] Karaca, Z., Kasımzade, A.A., Ak M. 2007. Zemin fiziksel parametreleri ile zemin yatak katsayıları arasındaki bağlantı ve zemin yapı etkileşiminde uygulama, Yapı Zemin Etkileşimi Konferansı, 213-217, İstanbul.
- [11] Arel, E., Önalp, A., Duran İ.B. 2016. Zemin-temel-yapı ilişkisinin 3 boyutta analizi, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi, 399-404.
- [12] Amasralı, S., 2013 STA4CAD V13.1 Paket Programı.

- [13] Önalp, A., Sert, S. 2010. Geoteknik Bilgisi 3 Bina Temelleri, Genişletilmiş baskı, İstanbul, Birsen Yayınevi, 426 s.
- [14] Sert, S., 2003. Alüvyon ortamda kazıklı yayılı temellerin üç boyutlu analizi, Doktora tezi, 137 sayfa, Sakarya Üniversitesi FBE, Sakarya.
- [15] Holtz, R.D., Kovacs, W.D., Sheahan, T.C. 2015. Geoteknik mühendisliğine giriş, ikinci basımdan çeviri, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., 857 sayfa, İstanbul.
- [16] Yılmaz, H.R., 2004. Temel inşaatı, Birsen yayınevi, 207 sayfa, İstanbul.
- [17] Kılıç, A.N., Sert, S. 2015. Üst yapı modellemesinin yayılı temel analizinde etkisi, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi FBE, Sakarya.
- [18] Avcıoğlu, O., Orakdöğen, E. 2015. Vlasov zeminine oturan yapıların zaman tanım alanında analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Denizli.
- [19] Ordemir, İ., 1984. Foundation engineering, METU, Ankara.
- [20] Das, B.M., 1995, Principles of foundation engineering, Third Edition, PWS Publishing Company.
- [21] Terzaghi, K.V., 1955. Evaluation of coefficient of subgrade reaction, Geotechnique, Vol. 5, No. 4, p.p. 297-326.
- [22] Vesic, A.B., 1961. Beams on elastic subgrade and Winkler's hypothesis, Proc. 5 th. Int. Conf. on Soil Mech. Found. Engrg., Paris, p.p. 845-850.
- [23] Pasternak, P. L., 1954. On a new method of analysis of an elastic foundation by means of two foundation constants, Gosudarstvennoe izdatelstro liberaturi po stroitelstvu arkhiterture, Moscow (in Russian).
- [24] Filonenko-Borodich, M. M., 1940. Some approximate theories of the elastic foundation, Uchenyie Zapiski Moskovskogo Gosudarstvennoho Universiteta Mekhanika, 46, p.p. 3-18 (in Russian).
- [25] Hetenyi, M., 1946. Beams on elastic foundations, The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.
- [26] Vlasov VZ, Leont'ev UN A., 1966. Beams Plates and Shells on Elastic Foundations. Israel Programme for Scientific Translations, Kudüs, Israel.
- [27] Scott, R. F., 1981. Foundation Analysis: Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, NJ 07632.

ÖZGEÇMİŞ

Yunus ÇÖMLEKÇİOĞLU, 18.10.1992 de Kocaeli' de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kocaeli' de tamamladı. 2010 yılında Kocaeli Anadolu Lisesi' nden mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2014 yılında Lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geoteknik anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2014 yılında başladığı, İzmit ilçesinde statik proje müellifliği, işini halen sürdürmektedir.